



Nina Wessberg

Ympäristöturvallisuus

| Ympäristöriskien arvioinnin osaaminen
| ja haasteet

Ympäristöturvallisuus

Ympäristöriskien arvioinnin osaaminen ja haasteet

Nina Wessberg

ISBN 978-951-38-6902-1 (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 978-951-38-6903-8 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2007

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

VTT, Tekniikankatu 1, PL 1306, 33101 TAMPERE
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 3282, 020 722 3499, 020 722 3493

VTT, Tekniikankatu 1, PB 1306, 33101 TAMMERFORS
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 3282, 020 722 3499, 020 722 3493

VTT Technical Research Centre of Finland,
Tekniikankatu 1, P.O. Box 1306, FI-33101 TAMPERE, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 3282, +358 20 722 3499, +358 20 722 3493

Toimitus Maini Manninen

Edita Prima Oy, Helsinki 2007

Wessberg, Nina. Ympäristöturvallisuus. Ympäristöriskien arvioinnin osaaminen ja haasteet [Environmental safety. Challenges and trends of environmental risk assessment] Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2374. 38 s. + liitt. 8 s.

Avainsanat risk assessment, risk analysis, environmental risk, competence, future

Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli:

1. määritellä ympäristöriskien arvioinnin sisältö ympäristöturvallisuuden toimintakentässä
2. selvittää VTT:n sisäinen ympäristöriskien arviointiin liittyvä osaaminen ja kehittymishaasteet
3. tunnistaa ympäristöriskien arvioinnin ja ympäristöturvallisuuden tutkimukseen ja soveltamiseen liittyvät tulevaisuuden tarpeet ja tarpeiden aiheuttamat kehittymishaasteet.

Ympäristöriskien arvioinnilla tarkoitetaan haittalähteen/vaaran tunnistamisen, altistusreitit/kulkeutumisen ja altistujien/vastaanottavan ympäristön määrittämisen sekä riskien merkityksen arvioinnin ja riskien hallinnan suunnittelun muodostamaa prosessia. VTT:ssä on ennako-odotusten mukaisesti paljon osaamista, jota voidaan hyödyntää ympäristöriskien arvioinnissa. Riskien arvioinnin kvalitatiivisten ja kvantitatiivisten menetelmien kehittäminen ja soveltaminen ovat VTT:n vahvoja osaamisalueita. Lisäksi yksittäisistä osaamisalueista VTT:ssä korostuu maaperämallinnuksen osaaminen. Sen sijaan ilma- ja vesipuolen osaaminen ei ole vahvaa VTT:ssä, joten siihen liittyvät tiedon ja osaamisen tarpeet kannattaa hankkia VTT:n ulkopuolisten osaajien kanssa verkottumalla.

Tutkimuksen tuloksena on ymmärretty, että ympäristöriskien arvioinnin keskeisiä haasteita ovat:

1. olemassa olevan tiedon (erityisesti mallintamisen, mittauksen ja monitoroinnin sekä annos-vastetiedon) hyödyntäminen ympäristöriskien arvioinnissa
2. monialainen asiantuntijayhteistyö riskien arvioinnissa
3. ympäristöriskien merkityksen arvioinnin kehittäminen
4. ympäristöriskien arvioinnin tulosten hyödyntäminen yritysten ja muiden organisaatioiden päätöksenteossa.

Selvityksen johtopäätöksenä suositellaan ympäristöriskien arvioinnin kokonaisuuden kehittämistä erillisen tutkimuksen hankekokonaisuuden avulla. Tutkimushankkeen yhteydessä pystyttäisiin kokoamaan todellinen osaaminen VTT:n sisältä ja ulkopuolisilta yhteistyökumppaneilta ja soveltamaan olemassa olevaa tietoa konkreettisissa riskin arvioinnin tapauksissa. Käytännön työ loisi toimintatapoja tiedon löytymiseen ja hyödyntämiseen. Tämä on tärkeää, koska odotettavissa on, että erityisesti lainsäädännön vaatimusten kautta ympäristöriskien arvioinnista muodostuu nykyistä suuremmassa määrin rutiininomaista toimintaa, jolloin valmis toimintatapa on hyödyllinen.

Wessberg, Nina. Ympäristöturvallisuus. Ympäristöriskien arvioinnin osaaminen ja haasteet [Environmental safety. Challenges and trends of environmental risk assessment] Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2374. 38 p. + app. 8 p.

Keywords risk assessment, risk analysis, environmental risk, competence, future

Abstract

VTT has prepared a roadmap of “Environmental safety – challenges and trends of environmental risk assessment”, the aim of which was to: 1) define the content of environmental risk assessment, 2) clarify the knowledge of environmental risk assessment in VTT, and 3) identify the future challenges and trends in environmental risk assessment.

By “environmental risk assessment” we mean a process which consists of risk source, pathway and dose-response identification and analysis, as well as the planning of the risk management. VTT has a large base of knowledge concerning the assessment process, especially in qualitative and quantitative risk assessment methods and soil pathway modelling. The knowledge concerning air and water pathway modelling is not as strong, however, and networking outside of VTT is therefore recommended.

Future challenges and trends in environmental risk assessment indicate that VTT would be well-advised to further develop the knowledge in the environmental risk assessment process to be applicable especially in the following areas:

1. the knowledge of modelling, measuring, monitoring and dose-response
2. multi-scientific knowledge
3. environmental risk evaluation, and the
4. risk management decision-making process.

Especially new legislation will demand that an environmental risk assessment becomes an integral and routine part of planning, construction, renovation and other kinds of projects. According to this investigation, it is recommended that VTT establishes a research project where a model of the environmental risk assessment process is developed and tested, so that the demands of the future routine cases could be addressed.

Alkusanat

VTT järjesti ympäristöaiheisten hankkeiden ideointityöpajan 7.–8.9.2005 Kuopiossa. Tässä tilaisuudessa sai alkunsa ympäristöturvallisuus- ja ympäristöriskien arviointi-aihealueen kehittäminen VTT:ssä ja tämän raportin lähtökohtana ollut VTT:n rahoittama tutkimusprojekti. Projektin ydinryhmään kuuluivat (suluissa VTT:n osaamiskeskus):

Nina Wessberg, projektipäällikkö, (Riskienhallinta ja käyttövarmuus)
Riitta Molarius, (Riskienhallinta ja käyttövarmuus)
Sirke Ajanko-Laurikko, (Päästöjen hallinta)
Ulla-Maija Mroueh, (Päästöjen hallinta)
Kati Tillander, (Rakenteellinen toimivuus)
Hanna-Kaisa Huhta, (Kuljetusvälineet)
Auli Kuusela-Lahtinen, (Rakentamisen prosessit ja yhdyskuntien teknologiat)
Juhani Korkealaakso, (Rakentamisen prosessit ja yhdyskuntien teknologiat)
Terhi Kling, (Rakentamisen prosessit ja yhdyskuntien teknologiat)
Jukka Sassi, (Kuljetusvälineet).

VTT:n ympäristötiimin Hämeenlinnassa 31.8.–1.9.2006 järjestetyn ideointityöpajan kautta ydinryhmään tulivat mukaan myös:

Anu Kapanen, (Bioprosessointi)
Tuuli Järvi, (Liikenne ja logistiikka)
Riitta Korhonen, (Energiajärjestelmät).

Ympäristötiimi on VTT:n sisällä toimiva ympäristöosaamisen kehittämisen ja markkinoinnin edistämiseen keskittyvä työryhmä.

Työpajan suunnittelussa oli lisäksi mukana Totti Könnölä (Tuotantotalous ja innovaatiot).

VTT:n Strategisen tutkimuksen puolesta hanketta ja tätä raporttia on kommentoinut tutkimusprofessori Veikko Rouhiainen.

Kaikki tässä mainitut ovat työpanoksellaan vaikuttaneet tämän tutkimuksen tuloksiin ja tähän raporttiin.

Tampereella 31.1.2007

Tekijät

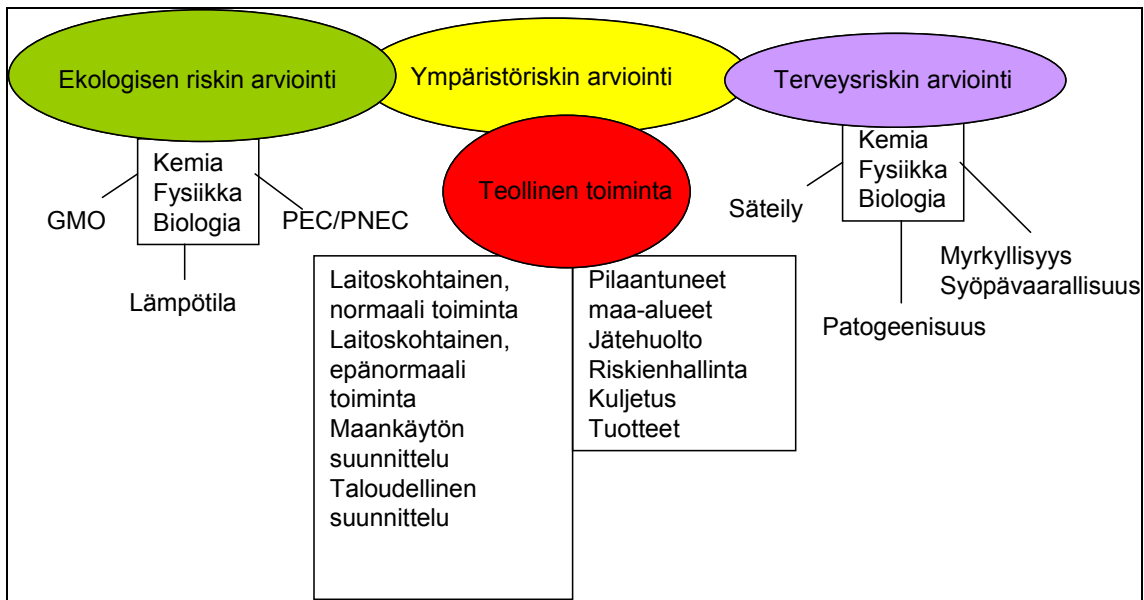
Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	5
Alkusanat.....	6
1. Johdanto.....	9
2. Tavoite.....	13
3. Kohteen kuvaus.....	13
4. Rajaukset.....	13
5. Menetelmät.....	14
5.1 Osaamiskartoitus.....	14
5.2 Haastattelut.....	14
5.3 Työpaja.....	15
5.4 Muut menetelmät.....	15
6. Tulokset.....	16
6.1 Ympäristöriskien arvioinnin ja ympäristöturvallisuuden tehtäväkenttä.....	16
6.2 Osaaminen VTT:ssä.....	18
6.3 Osaaminen muualla.....	23
6.4 Ympäristöriskien arvioinnin trendit ja tulevaisuuden näkymät.....	25
6.4.1 Riskien arvioinnin menetelmät.....	25
6.4.2 Prosessiturvallisuus.....	27
6.4.3 Sädökset.....	28
6.4.4 Poikkitieteellinen yhteistyö.....	29
6.4.5 Kemikaalien hallinta.....	29
6.4.6 Maaperä.....	29
6.4.7 Muut teemat.....	30
6.5 VTT:n osaaminen ja tulevaisuuden haasteet.....	31
6.6 Tulosten tarkastelu.....	33
7. Johtopäätökset.....	34
8. Yhteenveto.....	36
Lähdeluettelo.....	37
Liitteet	
Liite 1: TEKES Ympäristöturvallisuus-sektorikuvaus ja VTT:n osaaminen	
Liite 2: VTT:n osaaminen, yksityiskohdat osaamisesta ja haasteet työpajan tuloksina	

1. Johdanto

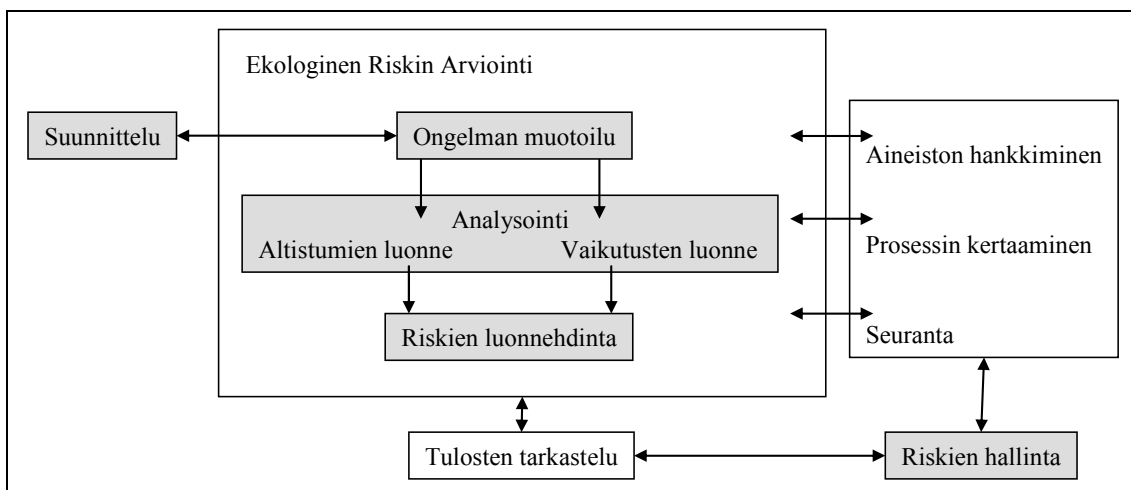
Riskien arviointi on riskien ennaltaehkäisyyn ja hallinnan lähtökohta. Riskien arvioinnin perimmäinen tavoite on tuottaa tietoa päätöksentekoon, jossa päätetään, ovatko riskit hyväksyttäviä vai eivät. Riskien arvioinnissa tunnistetaan ja analysoidaan mahdolliset riskit, jotta niiden ennaltaehkäisyyn ja hallintaan voitaisiin tarvittaessa ryhtyä. Ympäristöriskien arviointi on ympäristöturvallisuuden lähtökohta. Tunnistamalla ympäristöriskit, arvioimalla ne ja niiden hallinnan tarpeet luodaan ympäristöturvallisuuden tilan syntymisen edellytykset.

Euroopan ympäristötoimisto (EEA) määrittelee ympäristöriskien arvioinnin terveystriskin (*health risk*), ekologisen riskin (*ecological risk*) ja teollisen toiminnan (*industrial use*) ympäristöriskien arviointeihin (Fairman 1993–2004, 3, s. 2).



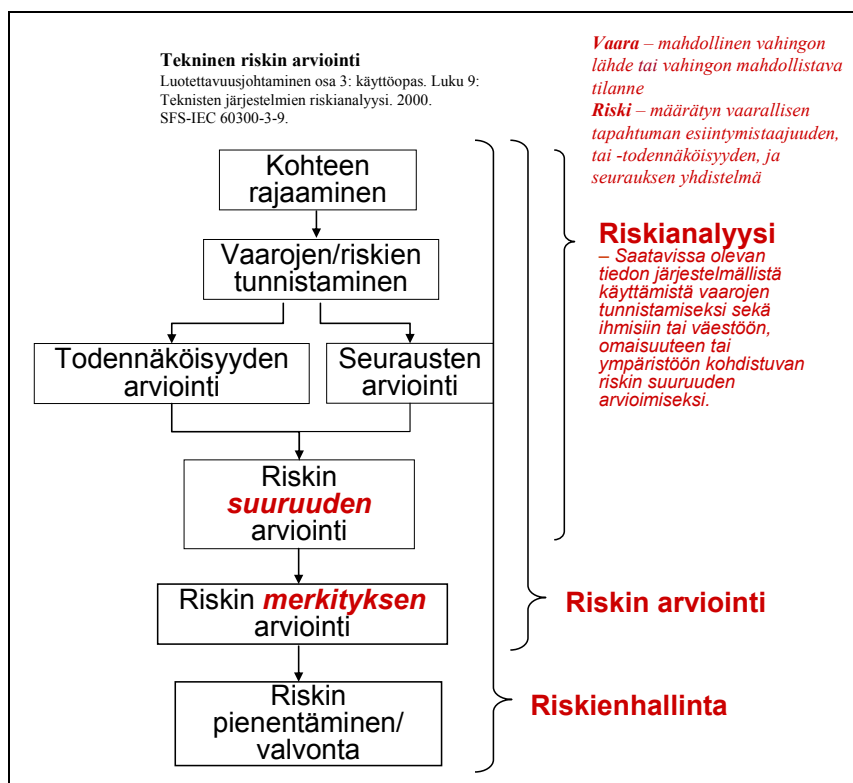
Kuva 1. Ympäristöriskien arvioinnin erilaiset lähestymistavat (Fairman 1993–2004, 3, s. 2).

Ympäristöriskien arviointi voi olla ekologista riskin arviointia, terveystriskien arviointia tai teolliseen toimintaan liittyvää teknistä riskien arviointia. Nämä eri näkökulmat sisältävät joitakin käsitteellisiä eroavuuksia, jotka saattavat aiheuttaa vaikeuksia ympäristöriskien arvioinnin sisällön ymmärtämisessä. Kuvassa 2 on esitetty ekologisen riskin arvioinnin sisältö, kuten se USA:n ympäristötoimiston (Environmental Protection Agency EPA) mukaan määritellään. Ekologisen riskin arvioinnin tavoitteena on luonnehtia annos-vastesuhteita eli altistumista ja vaikutusta (Calow 1998). Terveystriskin arvioinnin prosessi noudattelee ekologisen riskien arvioinnin periaatteita.



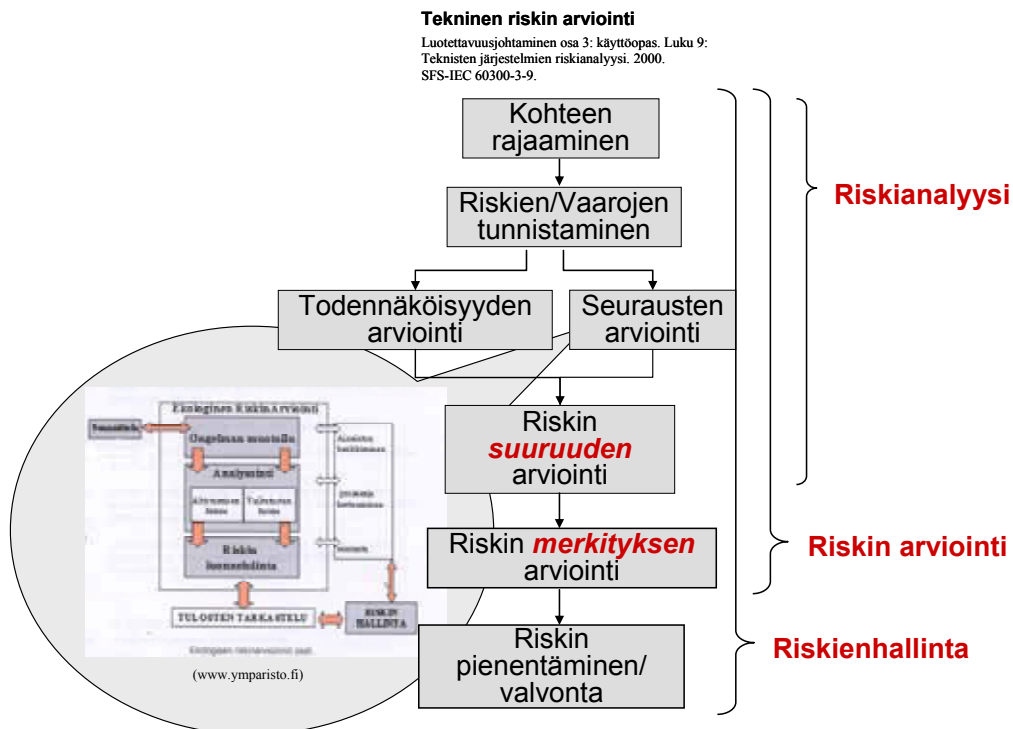
Kuva 2. Ekologisen riskin arvioinnin osat (www.ymparisto.fi).

Kuvassa 3 on esitetty teknisen riskin arvioinnin sisältö. Teknistä riskin arviointia sovelletaan ympäristöriskien arvioinnissa esimerkiksi teollisuuslaitoskohtaisissa ympäristöriskianalyseissa. Tällaisen analyysin tavoite on tunnistaa teolliseen prosessiin liittyviä häiriötilanteita eli vaaroja. Vaarat ovat vahingon lähteitä, esimerkiksi kemikaalisäiliöt, tai vahingon mahdollistavia tilanteita, esimerkiksi aineen siirtäminen säiliöstä toiseen. Kun vaaralle määritetään sen esiintymisen todennäköisyys ja seurausten vaikutukset, saadaan riski määritettyä (SFS-IEC 60300-3-9 2000).



Kuva 3. Teknisen riskin arvioinnin prosessi (SFS-IEC 60300-3-9, 2000).

Ekologisen riskin ja terveystriskin arvioinneissa määritetään riski annos-vasteen kautta syntyvän *vaikutuksen* täsmennyksellä. Teknisessä riskin arvioinnissa riski määritetty vaarallisen *tapahtuman* tai tapahtumaketjun kautta. Käytännössä ekologinen riskien arviointi ja terveystriskin arviointi tuottavat tietoa teknisen riskin arvioinnin seurausten arvioinnin vaiheeseen, kuten esitetään kuvassa 4. Riskin suuruus määritetään todennäköisyyden ja seurausten vakavuuden arvioimisen kautta. Sekä riskin seurauks- että todennäköisyysarvio vaikuttavat riskin merkityksen eli hyväksyttävyyden arvioimiseen.

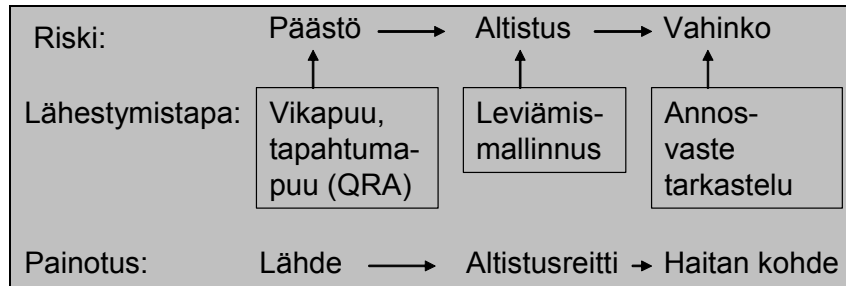


Kuva 4. Ekologisen riskin arvioinnin ja teknisen riskin arvioinnin suhde. Ekologisen riskien arvioinnin kohdalle voitaisiin sijoittaa myös terveystriskin arvioinnin prosessi.

Terveystriskin ja ekologisen riskin arvioinnit ovat riskien hallinnan tiedon tarpeisiin tähtäviä arviointeja. Niiden tavoitteena on kontekstivapaa tieteellinen tieto (*science*). Näiden riskien arviointien avulla yritetään määrittää tilanteesta ja paikasta riippumattomia ohjearvoja ja ohjeita riskien hallitsemiseksi ja tieteelliseksi tiedoksi riskien johtamisen käytännön päätöksentekoon (*decision making*). Teollisen toiminnan tasolla sen sijaan arvioidaan ja hallitaan riskejä johonkin aikaan ja paikkaan sidotusti, esimerkiksi yksittäisen teollisuuslaitoksen aiheuttamat ympäristöriskit ja niiden ennaltaehkäisy ja haittojen minimointi.

Kun ekologisten riskien ja terveystriskien arvioinnin näkökulma sekä teknisen teollisen toiminnan riskien arvioinnin näkökulma yhdistetään, saadaan kuvan 5 mukainen näkemys ympäristöriskien arvioinnin sisällön kokonaisketjusta. Ympäristöriskien arvioinnin kokonaisketju muodostuu riskin lähteen, riskin seurausten mallintamisen ja annos-vaste-tarkastelujen muodostamasta kokonaisuudesta. Pollardin ja Guy'n laatimaan kuvaan

voitaisiin vielä lisätä riskien hallintaan, päätöksentekoon ja riskikommunikaatioon liittyvät näkökulmat ketjun loppuun (katso kuva 7). VTT:n toimeksiantojen ja tutkimusten yhteydessä saatujen kokemusten valossa on havaittu, että ympäristöriskien arvioinnit painottuvat yleensä johonkin ketjun kohtaan. Tarvittaessa koko ketju tulisi voida hyödyntää, mutta se on osoittautunut haasteelliseksi.



Kuva 5. Ympäristöriskien arvioinnin kokonaisketju (Pollard ja Guy 2001). Ketjun loppuun voitaisiin vielä kirjata riskienhallintaan, päätöksentekoon ja riskikommunikaatioon liittyvät näkökulmat.

Ympäristöriskien arviointi on tärkeä osa ympäristöturvallisuutta. Riskit täytyy ensin tunnistaa, jotta ne voidaan arvioida ja suunnitella toimenpiteet niiden hallitsemiseksi. Riskien hallinnalla saavutetaan turvallisuutta. Hankkeen alkuvaiheessa ympäristöturvallisuuden sisällöksi määriteltiin kuvan 6 mukaiset elementit aseteltuna ympäristöriskien arvioinnin kokonaisketjumalliin. Kuvan 6 sisältö on tarkentunut hankkeen aikana määrittelemään ympäristöriskien arvioinnin sisältöä (katso kuva 7).

Ympäristöturvallisuuden elementtejä			
Safety + security			
Turvallisuutta uhkaavia tekijöitä (riskilähteet)	Altistusreitit	Altistujat	Turvallisuuden saavuttamisen keinoja (hallintakeinot)
Luonnon onnettomuudet <ul style="list-style-type: none"> tulva salama myrsky maanjäristys epidemiat, tartuntataudit 	Ilma <ul style="list-style-type: none"> ilman saastuminen kasvihuoneilmaston voimistuminen 	Vaikutukset ihmisten ja eläinten terveyteen ja hyvinvointiin <ul style="list-style-type: none"> aineet melu, haju tärinä, lämpö, työhygieniat esteettiset tekijät, maisema, virkistyskäyttö rakennettu ympäristö, aineellinen omaisuus 	Ennaltaehkäisevä toiminta <ul style="list-style-type: none"> lainsäädäntö: YVA, lupa- ja ilmoitusmenettelyt, kemikaalivalvonta, ympäristövalvonta, ympäristöriskilainsäädäntö ympäristöjohtamisjärjestelmät, päästöseuranta ympäristötekniikka: jätevesien puhdistus, ilmansuojelutekniikat, jätehuolto ja kierrätystoiminta, melunTORjunta, monitorointi Riskianalyysit ja riskien hallinta <ul style="list-style-type: none"> vaarojen tunnistaminen (laitoskohtainen ja yleisempi) riskien arviointi Riskiviestintä <ul style="list-style-type: none"> sosiaalinen tieto (risk perception) tieteellinen tieto
Päästöt <ul style="list-style-type: none"> Ympäristön jatkuva kuormittaminen <ul style="list-style-type: none"> liikenne energiantuotanto teollinen toiminta maatalous kotitaloudet Häiriöt ja onnettomuudet <ul style="list-style-type: none"> teollisuusonnettomuudet kuljetusonnettomuudet pienemmät häiriöpäästöt terrorismi tulipalot 	Maaperä ja pohjavesi <ul style="list-style-type: none"> maaperän pilaantuminen pohjaveden pilaantuminen 	Ekologiset vaikutukset <ul style="list-style-type: none"> ekologisen monimuotoisuuden kutistuminen ekologiset muutokset 	Luonnonvarojen käyttö <ul style="list-style-type: none"> kestävä kehitys kierrätys, uusiokäyttö uusiutuvien luonnonvarojen käytön edistäminen
Luonnon resurssien käyttö	Vesistöt <ul style="list-style-type: none"> joet järvet meret vesihuolto 	BAT	Päästökauppa
Vesirakentaminen	Ravinto	Kriisinhallinta	Kriisiviestintä
Tulokaslajit	Lajien häviäminen	Kriisiviestintä	Ympäristön ennallistamistoimet
	Eroosio		

Kuva 6. Ympäristöturvallisuuden elementtejä.

2. Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli:

1. määrittellä ympäristöriskien arvioinnin sisältö ympäristöturvallisuuden toimintakentässä
2. selvittää VTT:n sisäinen ympäristöriskien arviointiin liittyvä osaaminen ja kehittymishaasteet
3. tunnistaa ympäristöriskien arvioinnin ja ympäristöturvallisuuden tutkimukseen ja soveltamiseen liittyvät tulevaisuuden tarpeet ja tarpeiden aiheuttamat kehittymishaasteet.

3. Kohteen kuvaus

Tutkimuksen kohteena oli VTT:n ympäristöriskien arviointiin liittyvä osaaminen, rajoitetusti VTT:n ulkopuolisten tahojen ympäristöriskien arvioinnin osaaminen sekä ympäristöriskien arvioinnin ja -turvallisuuden tutkimukseen ja soveltamiseen liittyvien tulevaisuuden tarpeiden selvittäminen.

4. Rajaukset

Tarkastelussa on keskitytty ympäristöriskien arvioinnin toiminta-alueeseen. Riskien hallintatoimenpiteiden toteuttaminen on rajattu selvityksen ulkopuolelle, mutta suunnitelmat riskien hallitsemiseksi ja näiden suunnitelmien arviointi ovat mukana selvityksen kohdennuksessa.

5. Menetelmät

5.1 Osaamiskartoitus

VTT:n tiimipäälliköille, teknologiajohtajille ja -päälliköille lähetettiin sähköpostikysely, jossa tiedusteltiin ympäristöriskien arviointiosaamista. Vastaajia pyydettiin täyttämään viestin liitteenä ollut taulukko, jossa kysyttiin ympäristöriskin analysointiin liittyvää tai sitä tukevaa osaamista, mahdollisia tulevaisuuden osaamisia ja osaamistarpeita sekä osaamisen kehittymishaasteita. Lisäksi tiedusteltiin henkilöresursseja ja julkaisuja sekä kansainvälisiä tutkijavaihtoja. Kyselyyn saatiin yhteensä 44 vastausta.

5.2 Haastattelut

Haastattelut toteutettiin teemahaastattelun (Eskola ja Suoranta 2000, Hirsjärvi ja Hurme 2004) tyyliin. Haastattelurunko muodostui kahdesta teemasta:

1. ympäristöriskien arvioinnin nykyosaaminen
2. ympäristöriskien arvioinnin kehittymishaasteet (kansalliset ja kansainväliset vaatimukset), mitä tarvittaisiin lisää (mistä oltaisiin valmiita maksamaan) ja yhteistyötarpeet.

Tutkimuksessa haastateltiin seuraavia henkilöitä ja tahoja:

- Ympäristöasioista vastaava Hilikka Leino-Forsman, Teknologiateollisuus ry.
- Ylitarkastaja Anna-Maija Pajukallio, Ympäristöministeriö (YM)
- Ylitarkastaja Eliisa Irpola, Suomen ympäristökeskus (SYKE)
- Janne Kankkunen ja Jouni Tuomisto, Environmental Research Assessment Centre ERAC (Kuopion yliopisto, Kansanterveyslaitos KTL, Geologian tutkimuskeskus GTK)
- Hengitysliitto
- Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus (STTV)
- Vakuutusyhtiö
- Johtaja Juhani Anhava, Pöyry Oyj
- Toimitusjohtaja Esko Rossi, Esko Rossi Oy
- Riskinarviointiryhmän vetäjä Kari Koponen, Golder Associates Oy
- Toimialapäällikkö Kimmo Järvinen, Ramboll Finland Oy.

5.3 Työpaja

Hankkeessa järjestettiin VTT:n sisäinen työpaja 23.5.2006. Työpajakutsu lähetettiin sähköpostilla tiimipäälliköille, teknologiajohtajille ja -päälliköille sekä muille osaamiskartoituksen yhteydessä tietoon tulleille tahoille VTT:ssä. Työpajaan osallistui 24 henkilöä.

Työpajassa työstettiin aamupäivä kuvassa 7 (s.17) esitettävää ympäristöriskien osaamis- ja tehtäväkenttää. Iltapäiväksi jakaannuttiin työstämään tarkemmin kolmea eri asiakokonaisuutta: 1) ympäristöriskien analysoinnin kokonaisketjun hallinnan menetelmät, 2) ympäristöriskien seurausten leviämisen mallintaminen ja 3) annos-vaste-tarkastelut, diagnostiikka ja analytiikka ympäristöriskien arvioinnissa.

5.4 Muut menetelmät

Tutkimuksessa hyödynnettiin Internetiä tutkimuslaitosten ja mahdollisten muiden yhteistyökumppanien etsimiseen sekä trendeistä ja tulevaisuuden haasteista kertovan tiedon hankintaan. VTT:n Tietopalvelu teki suuntaa antavan selvityksen ympäristöriskien arvioinnin trendeistä ja tulevaisuuden näkymistä.

VTT:n julkaisurekisteristä saatiin luettelo ympäristöriskien arviointiin liittyvistä VTT:läisten julkaisuista. Luettelon perusteella määritettiin ympäristöriskien arvioinnin volyyymiä VTT:ssä.

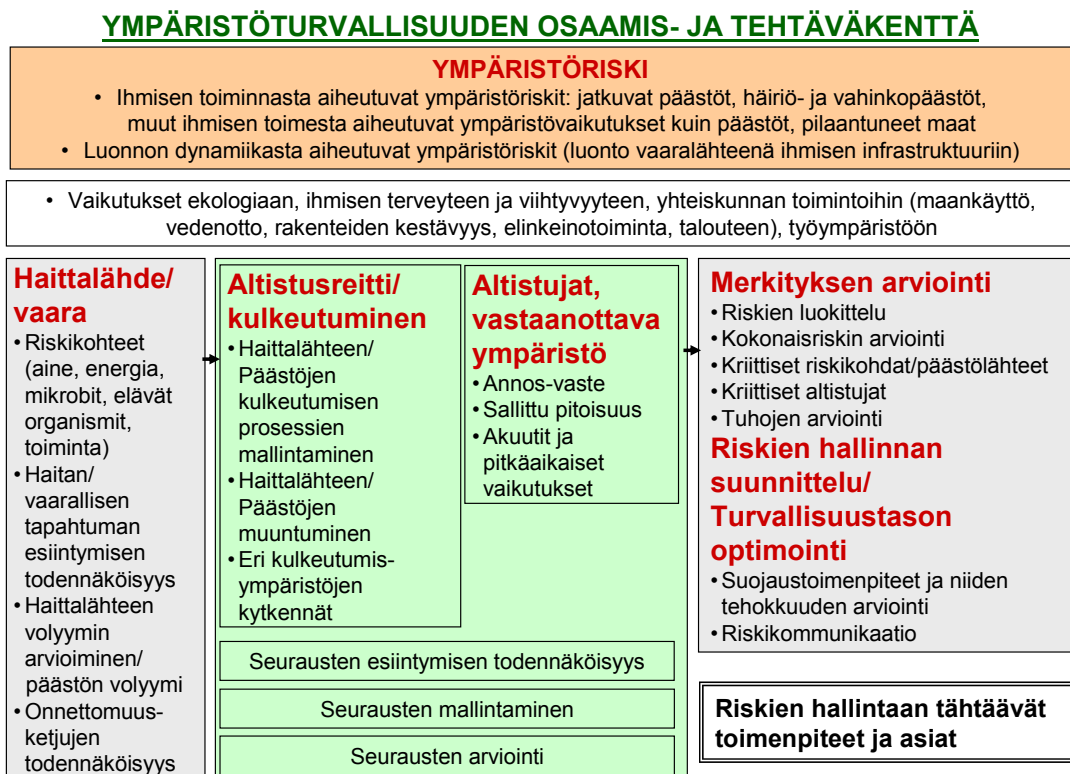
Tekes järjesti 21.11. 2006 Tampereella (Tekes-työpaja Tre) ja 1.12.2006 Helsingissä työpajat (Tekes-työpaja Hki) liittyen valmisteilla olevaan turvallisuusalan tutkimus- ja kehitysohjelmaan¹. Tampereen työpajaan osallistui noin 50 henkeä ja Helsingin työpajassa oli noin 300 osanottajaa. Työpajatyöskentely hyödynnettiin yritysnäkökulman saamiseksi ympäristöriskien arvioinnin tulevaisuuden haasteisiin.

¹ Tekes valmistelee parhaillaan turvallisuuden aihealueeseen keskittyvää teknologiaohjelmaa, jossa yhteinä turvallisuuden sektorina käsitellään ympäristöturvallisuutta. Ympäristöturvallisuussektoriin Tekes katsoo kuuluvaksi sekä tahalliset (security) että tahattomat (safety) uhkat, joiden hallitsemiseen liittyvät toimet ovat: valmius, tiedonhankinta, uhkakuvan ja vaaran arviointi, ilmaisu ja tunnistaminen, suojautuminen, jälkihoito ja ennaltaehkäisy.

6. Tulokset

6.1 Ympäristöriskien arvioinnin ja ympäristöturvallisuuden tehtäväkenttä

Työpajatyöskentelyn tuloksena viimeisteltiin kuvassa 7 esitetty näkemys ympäristöturvallisuuden ja ympäristöriskien osaamis- ja tehtäväkentästä ympäristöriskien arvioinnin kokonaisketjussa. Ympäristöriski on ekologisen riskin arvioinnin näkökulmasta katsottuna annos-vastevaikutus, ja teknisen riskin arvioinnin näkökulmasta katsottuna vahingon lähteen tai vahingon mahdollistavan tilanteen esiintymisen todennäköisyyden ja seurausten yhdistelmä. Puhekielessä ympäristöriski mielletään usein synonyymiksi termeille ympäristövaikutus, ympäristöhaitta, ympäristöongelma ja niin edelleen.



Kuva 7. Ympäristöriskien arvioinnin osaamis- ja tehtäväkenttä sekä ympäristöriskien arvioinnin kokonaisketju.

Ympäristöriski käsitetään sekä ihmisen toiminnasta aiheutuvaksi että luonnon dynamiikasta aiheutuvaksi uhkaksi. Ihmisen toiminnasta johtuva uhka puolestaan voi olla sekä tahallista (security) että tahatonta (safety).

Ympäristöriskin vaikutukset voivat kohdistua luonnonympäristöön (ekologiaan), ihmisen terveyteen, ihmisten viihtyvyyteen tai yhteiskunnan toimintoihin, kuten maankäyttöön, vedenottoon, rakenteiden kestävyteen, elinkeinotoimintaan tai talouteen.

Ympäristöriskien arvioinnilla puolestaan tarkoitetaan haittalähteen/vaaran tunnistamista, altistusreitien/kulkeutumisen ja altistujien/vastaanottavan ympäristön määrittämistä sekä riskien merkityksen arviointia ja riskien hallinnan suunnittelua. Riskien hallinnan suunnittelu pitää sisällään päätöksentekoprosessin, jossa muun muassa arvioidaan erilaisten suojaustoimenpiteiden tehokkuutta. Riskikommunikaatiossa huolehditaan riskien ja niiden hallinnan viestittämisestä eri sidosryhmätahoille. Se ei varsinaisesti ole riskien arviointia, mutta riskikommunikaation vaatimukset kannattaa kuitenkin pitää mukana riskien arvioinnin prosessissa siitä syystä, että ne vaikuttavat riskin seurausten ja vakavuuden arviointiin. Toisaalta varautumalla esimerkiksi kriisiviestinnän vaatimuksiin jo riskien arvioinnin vaiheessa luodaan kriisiviestinnälle onnistumisen mahdollisuudet. Riskikommunikaation suunnittelu on siis osa riskien hallinnan suunnittelua. Varsinaiset riskien hallintaan tähtäävät toimenpiteet eivät kuuluneet tämän selvityksen piiriin, mutta ne ovat tärkeä osa ympäristöturvallisuuden muodostumista.

Ympäristöturvallisuus muodostuu riskien tunnistamisen ja arvioinnin perusteella toteuttavasta riskien hallinnasta, mutta myös prosessien luontaisesta turvallisuudesta, kuten laite- ja ainevalinnat, henkilöstön/ihmisten turvallisuushakuisuus ynnä muut prosessin sisäiset tekijät.

Ympäristöriskien arvioinnissa näyttää korostuvan aina käytännössä se kokonaisketjun elementti, jonka osaja on kulloinkin kyseessä; esimerkiksi riskilähteen tunnistajat keskittyvät riskien tunnistamiseen, jolloin seurausten arviointi saattaa jäädä heikommalle, mallintajat ja mittajat ymmärtävät ympäristöriskien arvioinnin mallintamisena ja mittaamisena, annos-vastetarkastelijat puolestaan keskittyvät annos-vasteanalytiikkaan ja niin edelleen. Parhaassa tapauksessa riskin arvioinnin painotukset määräytyvät tietysti tarpeen mukaan, mutta on myös inhimillistä, että tarve synnytetään osaamisen ja mielenkiinnon perusteella. Ympäristöriskien merkityksen arviointi on puutteellista ehkä juuri siksi, että yleensä ympäristöriskejä ja niiden arviointia ei nähdä kuvan 7 mukaisena kokonaisuutena, vaan keskitytään siihen mitä osataan ja korostetaan sen merkitystä; käytetään tunnettuja malleja tai sovelletaan tiedossa olevia raja-arvoja.

Merkityksen arviointi voi olla puutteellista myös sen vuoksi, että se on vaikeampaa kuin mallien ja raja-arvojen käyttö. Usein ei ole tietoa tai ei ole yleisesti määritelty, mikä on hyväksyttävä riskitaso. Mittaustuloksia on helppo verrata ohjearvoon tai laskennallisen mallin tulos on helppo esittää. Monimutkaisessa maailmassa on usein paljon vaikeampi arvioida, mikä on tuloksen merkitys. Yksinkertaisia, yleisesti hyväksyttäviä numeroarvoja pidetään myös luotettavina; tulosten perusteella esitettyyn asiantuntija-arvioon on helpompi luottaa. Kuitenkin pitäisi hyväksyä myös se, että kaikkea ei tarvitse eikä edes pystyä esittämään numeroina.

Kaikissa kohteissa ei tarvita samantasoista ja yksityiskohtaista riskinarviointia. Joissain riittää, että vaaralähteet on tunnistettu ja merkittävimmät vaarat ovat hallinnassa. Joissakin kohteissa taas vaaran merkityksen arviointi ei ole helppoa tai muista syistä tarvitaan hyvinkin yksityiskohtaista arviointia ja tutkimusta. Asteittainen tai vaiheittainen eteneminen on usein ainoa tilaajan hyväksymä vaihtoehto suorissa toimeksiannoissa. Tutkimushankkeissa pystytään paremmin tarkastelemaan riskien arvioinnin kokonaisuutta.

6.2 Osaaminen VTT:ssä

VTT:n osaamiskartoituksen tuloksena kirjattiin 67 erilaista ympäristöriskiosaamista VTT:ssä, ja tunnistettiin noin 25 ympäristöriskien arvioinnin kehittämiseen tähtäävää haastetta.

Varsinaista riskianalyysiosaamista tai siihen verrattavaa kokonaisketjun hallintaa osataan VTT:ssä varsin vähän; osaamiskartoituksen perusteella vain kuusi ilmoitettua osaamisaluetta viittasi tämänlaatuiseen osaamiseen (taulukko 1). Riskien arvioinnin kokonaisketjun hallintaan tähtäävää VTT:n osaamista on hyödynnetty esimerkiksi yrityksissä, kunnissa ja valtionhallinnossa.

Taulukko 1. VTT:n osaaminen ja haasteet liittyen ympäristöriskien arvioinnin kokonaisketjun hallintaan.

Osaaminen	Haasteet
Ympäristöriskianalyysi, vaaralähteen tunnistaminen (Riskien hallinta ja käyttövarmuus ²)	Ympäristöriskianalyysin hyödyntäminen päätöksenteossa
Elinkaarianalyysit (Päästöjen hallinta, Järjestelmäkehitys, Energiajärjestelmät)	
Ympäristönäkökohdat (Järjestelmäkehitys)	
Päätösanalyysit (Päästöjen hallinta, Systeemitutkimus, Energiajärjestelmät)	
Kvantitatiivinen riskianalyysi, todennäköisyysmallit, tilastolliset menetelmät, systeemianalyysi, asiantuntija-arviomenetelmät (Systeemitutkimus, Energiajärjestelmät)	Riskitietoinen päätöksenteko Monialainen asiantuntijayhteistyö Kompleksisten järjestelmien riski- ja luotettavuustarkastelut
Maaperän, jätteiden ja sivutuotteiden maarakennuskäytön ja sedimenttien haitta-aineiden riskien arviointi ja hallinta (Päästöjen hallinta)	Osaamisen laajempi soveltaminen, mm. kemikaaliriskien hallintaan

Suurin osa VTT:n riskien arviointi -osaamisesta on keskittynyt johonkin tiettyyn aihealueeseen. Taulukkoon 2 on koottu VTT:n osaamista ja tunnistettuja haasteita jaoteltuna

² VTT:n osaamiskeskus.

eri aihealueille. Liitteessä 1 on lisäksi lueteltu VTT:n osaaminen Tekesin turvallisuusohjelman valmistelun ympäristöturvallisuuden sektorikuvauksen antamalla toiminta-alueilla.

Taulukko 2. VTT:n osaaminen ja haasteet liittyen ympäristöriskien arviointiin aihealueittain.

Osaaminen	Haasteet
<p>Jätteet</p> <p>Jätteiden maarakennuskäytön, kaatopaikkasijoituksen ja käsittelyprosessien riskien arviointi ja hallinta, jätteiden karakterisointi ja liukenevien haitta-aineiden päästöjen kokeellinen tutkimus, annos-vastetarkastelut, terveysvaikutukset, elinkaariarviointit, suojaustoimenpiteet (Päästöjen hallinta, Bioprosessointi)</p> <p>Pohjavesien suojausrakenteet, kaatopaikkarakenteet (Yhdyskunnat ja infrastruktuuri/Geotekniikka)</p> <p>Jätepolttoaineiden näytteenotto, mittaukset, luokittelu, työhygieniä (Polttoainejalosteet)</p> <p>Rakennusjätteiden käsittely työmailla, rakennusliikkeiden ympäristöjärjestelmät (Liiketoiminnat ja prosessit)</p>	<p>Pitkän aikavälin ennakointi.</p>
<p>Rakennukset, infrastruktuuri</p> <p>Rakennusten toimivuuspuutteiden ja vaurioiden ongelmat (Liiketoiminnat ja prosessit)</p> <p>Rakennusten sisäilman laatu ja hallinta, terveysvaikutukset (Sisäilmasto ja talotekniikka)</p> <p>Rakenteiden kestävyysarviointi poikkeuksellisissa kuormitustapauksissa (Rakenteellinen toimivuus)</p> <p>Rakentamisen ja olosuhteiden muutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön (painumat, siirtymät, sortumat yms.) (Yhdyskunnat ja infrastruktuuri)</p> <p>Maanjäristyksestä aiheutuvan kuormituksen vaikutus rakenteisiin, numeerinen simulointi (Rakenteellinen toimivuus).</p> <p>Rakennetun ympäristön elinkaari pohjainen ja alueellinen päästöjen arviointi ja mallinnus (Yhdyskunnat ja infrastruktuuri)</p> <p>Meteorologisten ja geofysikaalisten ääri-ilmiöiden esiintyminen ja vaikutukset (Rakenteellinen toimivuus)</p>	<p>Ilmastonmuutoksen vaikutukset.</p> <p>Ääri-ilmiöiden tilastollinen analyysi.</p> <p>Ilmastonmuutoksen vaikutus ääri-ilmiöiden yleisyyteen.</p>
<p>Liikenne</p> <p>Liikennejärjestelmien ympäristövaikutukset ja arviointi, päästöjen inventointi ja mallintaminen, altistujien määrittäminen GIS-analyysiä käyttäen (Liikenne ja logistiikka)</p> <p>Tieliikenteen ajoneuvojen energian kulutus ja siitä aiheutuvat ympäristöpäästöt, päästöjen karakterisointi ja vähentämiseen liittyvä teknologiaosaaminen (Päästöjen hallinta)</p> <p>Liikenteen biopolttonesteen elinkaaritarkastelut (energiataseet, kasviuonekaasupäästöt) (Energiajärjestelmät)</p> <p>Meriliikenteen ympäristövaikutukset (Kuljetusvälineet)</p> <p>Sedimenttien haitta-aineiden riskien arviointi ja hallinta (Päästöjen hallinta)</p>	

<p><u>Voimalaitokset</u></p> <p>Voimalaitosten päästöjen hallinta kokonaistarkastelulla (massa- ja energiatase, IPPC-tarkastelut) (Prosessikemia, Energiajärjestelmät)</p> <p>Poltossa syntyvien pienhiukkaspäästöjen mittausta ja mallintaminen (Päästöjen hallinta, Energiajärjestelmät)</p> <p>Poltossa syntyvien päästöjen mallintaminen virtauslaskennalla tai kemian mallinnuksella (Prosessikemia)</p> <p>Dieselvoimaloiden ympäristöpäästöt ja niiden vähentäminen (Päästöjen hallinta)</p>	<p>Raskaiden laskentamenetelmien käyttö toiminnan tukena.</p> <p>Pienhiukkasten, kaasujen ja lämpötilan in-situ-mittaus.</p>
<p><u>Ydinvoima</u></p> <p>Ydinvoimalaitoksen fissiotuotteiden kulkeutumisen kokeellinen arviointi ja laskennallinen mallinnus (Päästöjen hallinta)</p> <p>Ydinjätteiden loppusijoitustilan kemia ja fysiikka, radioaktiivisten aineiden vapautuminen kallioperään (Ydinenergia)</p> <p>Ydinjätteiden loppusijoitusjärjestelmän teknisten päästöesteiden tekniikka ja toimintakyky, pohjaveden virtaus, aineiden kulkeutuminen ja lämpötilavaikutusten mallinnus, loppusijoitustilan massavirrat (Ydinenergia)</p> <p>Ydinvoiman tuotannon ympäristövaikutusten mallintaminen, todennäköisyyspohjainen arviointi, radioaktiivisen ilmakehäpäästön leviämisen ja vaikutusten nopea ennustaminen onnettomuustapauksissa numeerisen säädäntä avulla, radioaktiivisten aineiden kulkeutuminen ja säteilyannokset (Ydinenergia)</p> <p>Syvien biosfäärien geomikrobiologiset ja geokemialliset prosessit ydinjätteiden loppusijoituksessa (molekyylibiologiset menetelmät: PCR-DGGE, qPCR, mikrosiru) (Bioprosessointi, Kvantitatiivinen biologia, bionanomateriaalit ja anturit)</p> <p>Ydinvoimalaitoksen vakavaan onnettomuuteen liittyvän radioaktiivisen lähdetermin laskennallinen mallinnus, todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin PSA vaihe 2. alkuaineanalytiikka erilaisista ympäristönäytteistä (Ydinenergia)</p>	<p>Kaasunkehityksen riskit ja radionuklidien kulkeutuminen.</p> <p>Korkea-aktiivisen jätteen loppuvarastointiin liittyvät mikrobiologiset riskit ja monitorointi.</p>
<p><u>Tulipalot</u></p> <p>Tulipalot, palaminen, palamisreaktiot, päästöt ja sammuttaminen sekä ympäristövaikutukset, kvantitatiivinen riskianalyysi, todennäköisyysperustainen mallintaminen, tilastolliset menetelmät (Rakenteellinen toimivuus, Rakentamisen tuoteteknologia ja tiedonhallinta)</p>	
<p><u>Vaaralliset aineet</u></p> <p>Vaarallisten aineiden varastoinnin, käsittelyn ja kuljetusten aikaisten onnettomuustilanteiden riskien ja ennakoivien turvatoimenpiteiden analysointi (Ydinenergia)</p>	
<p><u>Melu</u></p> <p>Melun mallinnus ja leviäminen, melun häiriövaikutuksen arviointi (Älykkäät koneet, Lääkekehityksen biotekniikka)</p>	<p>Ympäristöakustiikan brändäys.</p>

<p><u>Vesi</u></p> <p>Vesipäästöjen mallinnus (Päästöjen hallinta)</p> <p>Ympäristövesien monitorointi ja spesiespitoisuuksien kvantitointi (Prosessikemia)</p> <p>Ekologiset vaikutukset vedessä (Yhdyskunnat ja infrastruktuuri)</p> <p>Vesiliuosten kemian laskenta (Prosessikemia)</p>	<p>On-line-, in-situ-mittaukset kentällä.</p> <p>Raskaiden laskentamenetelmien käyttö toiminnan tukena.</p>
<p><u>Maaperä ja pohjavesi</u></p> <p>Maaperän haitta-aineiden ympäristöriskien arviointi ja hallinta (Päästöjen hallinta, Bioprosessointi)</p> <p>Veden virtauksen ja haitta-aineiden kulkeutumisen mallinnus (Rakentamisen prosessit ja yhdyskuntien teknologiat)</p> <p>Geokemiallinen mallinnus, kulkeutuminen, monitorointi, inversiomenetelmät (Rakentamisen prosessit ja yhdyskuntien teknologiat)</p> <p>Maa- ja pohjarakentamisen sekä liikenneperäisen tärinän syntymisen ja leviämisen mallinnus, vaikutukset (Yhdyskunnat ja infrastruktuuri, Rakenteellinen toimivuus)</p>	<p>Tärinän leviämisen ja vaikutusten pienentämisen teknologiat.</p>
<p><u>Mittaukset, monitorointi yleensä</u></p> <p>Optiset mittalaitteet, esim. satelliittien otsonimittalaite, savukaasuanalysaattorit, kaasujen mittaus, laivojen päästövesien mittaus (Optinen instrumentointi)</p> <p>Prosessipäästöjen mittaukset, hajuselvitykset (Päästöjen hallinta)</p> <p>Ympäristön monitorointi satelliittikuvilla, mm. metsäpalot, kasvillisuuden tuhot, aerosolin optinen tiheys, hyperspektraalinen kuva-aineisto (Tietämysjärjestelmät)</p> <p>Reaktorimittakaavan bioteknisten prosessien mittaus (kaasuanalysaattorit, HPLC-laitteet, mRNA-mittaustekniikat, proteiinianalyysit, NMR, LSMS-laitteet, kaasukromatografia, spektrofotometrit, entsyymaattiset mittausrobotit (Solutehdas))</p>	<p>Hyödyntäminen ympäristömittauksiin.</p>
<p><u>Analytiikka</u></p> <p>NMR-analytiikka ja malliainesyntetiikka (Prosessikemia)</p> <p>Haitta-aineiden spesifinen näytteenkäsittely immuno-SPE:llä ja analysointi (Lääkekehityksen biotekniikka)</p> <p>Nukleiinihappoanalytiikka, geeniekspression osoittaminen VTT-TRAC-menetelmällä (Lääkekehityksen biotekniikka)</p> <p>Pienmolekyylien, esim. myrkkyjen, pikamääritys homogeenisellä immunotestillä (Lääkekehityksen biotekniikka)</p> <p>Biohajoavuus ja ekotoksisuus, kataboliset geenit haitta-aineiden monitoroinnissa (qPCR, mikrosirutekniikat) (Bioprosessointi, Kvantitatiivinen biologia, bionanomateriaalit ja anturit)</p>	<p>Esim. haitallisten mikrobien osoitus, mikrobien muodostamien haitallisten aineiden synteessin osoittaminen RNA-tasolla, eri ympäristötekijöiden (päästöt jne.) vaikutus luonnonvaraisten eliöiden geenien ilmenemiseen (käyttö indikaattoreina?).</p> <p>Käyttökohteet ympäristöanalytiikassa.</p> <p>Biohajoavuuden ja ekotoksikologian hyödyntäminen yritysten toiminnassa.</p>

<u>Muut, ehkä hyödynnettävissä olevat</u>	
Kosteusvauriomikrobien detektointi, identifiointi ja karakterisointi, haittamikrobien hallintakeinot (Elintarvikkeiden biotekniikka).	Haittamikrobien karakterisointi terveysvaikutuksissa.
Siirtogeenisen ohran riskien arviointi luonnossa (PCR-analytiikka ym.), molekyylibiologiset menetelmät, kasvien metabolian muokkaus (Solutehdas)	
Organisaation toiminnan arviointi (Tuotantotalous ja innovaatiot)	
Uuden teknologian käytettävyys (Jokapaikan tietotekniikka)	
Valmistusmenetelmien optimointi ympäristöriskien kannalta (Tuotantojärjestelmät)	
Ympäristöriskien hallinta kunnossapidon ja käyttöomaisuusinvestointien keinoin (Riskien hallinta ja käyttövarmuus)	
Ympäristöystävälliset uudet pinnoitteet ja pintakäsittelyt (Uudet materiaalit)	Pinnoitteiden kehittäminen ympäristöriskit minimoiden, nanopartikkelien terveysvaikutusten arviointi.
Apros-prosessisimulointialusta (Virtuaalimallit ja käyttöliittymät)	Haitallisten mikrobien hallinta elintarvikkeissa, rehuissa ja niiden tuotannossa.
Mikrobien hyödyntäminen ja hallinta elintarvikeprosesseissa, kokonaisketjun hallinta ja päätöksenteko, vaaralähde ja merkityksen arviointi (Elintarvikkeiden biotekniikka)	Bakteerien, hiivojen ja homeiden tunnistaminen ja jäljittäminen sormenjälkiteknikoiden avulla.
Nanomateriaalien tuotannossa syntyvien päästöjen mittaus ja turvallisuusarviointi (Päästöjen hallinta)	Biofilmien estäminen ja eliminointi elintarvikeprosesseissa.
Tiedon louhinta ja hallinta (Tietämysjärjestelmät)	

Haittalähteen ja vaarojen tunnistamisen yhteydessä voidaan erottaa kaksi erilaista lähestymistapaa: 1) haittalähde/vaara/riski on tunnettu, 2) haittalähde/vaara/riski pitää tunnistaa toiminnoista. Jälkimmäiseen tilanteeseen on olemassa omat työvälineensä eli erilaiset riskianalyysit.

Kulkeutumisreitien määrittämisessä VTT:stä löytyy osaamista maaperän ja pohjavesien osalta, mutta aineiden ja muiden haittalähteiden kulkeutuminen pintavesissä ja ilmassa osataan huonommin. Puuttuvia osaamisia on joissakin tapauksissa täydennetty käyttämällä VTT:n ulkopuolisia yhteistyökumppaneita, joita ovat esimerkiksi Ilmatieteen laitos, Työterveyslaitos ja Geologian tutkimuskeskus (GTK).

Annos-vasteosaamista VTT:stä löytyy suoto-, tehdas- ja valumavesien, ekotoksisuustestien, sisäilman terveysvaikutusten ja jätevesien raskasmetallipitoisuuksien määrittämisessä.

Kehittämishaasteet asetettiin VTT:n sisäisessä kyselyssä riskien merkityksen arvioinnin ja riskien hallinnan kehittämiseen. Näyttää kuitenkin siltä, että VTT:ssä ei osata hakea

riskien arvioinnin kokonaisketjun osaamista oman väen keskuudesta. Suuri haaste onkin tunnistaa VTT:n sisäisen osaamisen hyödyntämismahdollisuudet eri osaajien välillä.

VTT:stä löytyy ympäristöriskien arviointiin liittyviä erityisvahvuuksia ainakin seuraavilta osa-alueilta:

- Meriturvallisuus
- Liukoisuus, liukoisuusmallinnus, biohajoavuus ja ympäristömyrkyllisyys
- Jätehuollon vaaralähteet
- Pienhiukkaspäästöjen karakterisointi
- Maa- ja pohjaveden geokemiallinen kulkeutumismallinnus
- Mittausten ja mallinnusten integrointi
- Vaaralähteen tunnistaminen ja merkityksen arviointi
- Matemaattinen osaaminen.

Osaamiskartoituksessa tuli ilmi, että ainakin 8 VTT:läistä on ollut tutkijavierailulla ulkomailta ympäristöriskien arvioinnissa hyödynnettävillä osa-alueilla. Neljä vierailua koski biotekniikkaa (USA:ssa yliopistot ja MIT, Hollannissa Wageningen yliopisto), yksi pilaantuneita maita (USA), kaksi päätös- ja luotettavuusanalyysiä (OECD ja JRC) ja yksi vierailu pienhiukkasia (USA). Yksi romanialainen tutkija on vierailut Suomessa maanjäristysanalyysin aihealueelta. Vierailut ovat tapahtuneet vuosina 1996–2006, ja ne ovat olleet kestoltaan kuukaudesta neljään vuoteen.

Sähköpostikyselyn avulla saatiin listattua 126 kansainvälisessä yhteydessä julkaistua ympäristöturvallisuuden alaan kuuluvaa artikkelia. VTT:n julkaisurekisteristä puolestaan löytyi 177 ympäristöriskien arviointiin viittaavaa 2000-luvulla kirjoitettua julkaisua (kotimaiset ja ulkomaiset).

6.3 Osaaminen muualla

Kuopion yliopiston ympärille on muodostunut merkittävä ympäristöriskien arvioinnin osaamiskeskittymä Suomessa. Kuopion yliopistossa on ihmisen terveyteen ja ympäristön hyvinvointiin profiloitunut laitos (Ympäristötieteiden laitos), ekologiaan keskittynyt laitos (Ekologisen ympäristötieteen laitos) sekä farmakologiaan ja toksikologiaan keskittynyttä tutkimusta (Farmakologian ja toksikologian laitos). Lisäksi Kuopion yliopistokampuksella toimivat ympäristöriskien arvioinnin kannalta merkitykselliset Kansanterveyslaitos (KTL) ja Geologian tutkimuskeskus (GTK). Kuopion yliopisto, KTL ja GTK muodostavat yhdessä ympäristöriskien arvioinnin keskuksen (ERAC – Environmental Research Assessment Centre). KTL:n erityisosaamista on ympäristön kemiallisten, biologisten ja fysikaalisten haittatekijöiden aiheuttamien terveysvaikutusten ja -riskien arviointi.

Muita ekologisen riskin ja terveystriskin arvioinnin kannalta merkille pantavia yliopisto- ja ovat Jyväskylän yliopisto (Bio- ja ympäristötieteiden laitos), Joensuun yliopisto (Biotieteiden tiedekunta), Oulun yliopisto (Lääketieteen tiedekunta ja Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, Tuotantotalouden osasto) ja Helsingin yliopisto (Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos Viikissä ja Ympäristöekologian laitos Lahdessa) sekä Tampereen teknillinen yliopisto (Bio- ja ympäristötekniikan laitos).

Merkittäviä toimijoita ekologisen riskin ja terveystriskin arvioinnissa ovat myös Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja alueelliset ympäristökeskukset. SYKEN kemikaaliyksikön tehtävänä on arvioida kemikaaleista ja geenitekniikalla muunnetuista organismeista ympäristölle aiheutuvia riskejä sekä edistää näiden riskien hallintaa ja vähentämistä. Yksikkö tarjoaa kemikaaleihin liittyviä neuvonta- ja tietopalveluja. SYKE toimii myös ympäristöhallinnon asiantuntijalaitoksena ympäristön pilaantumiseen liittyvien riskien arvioinnissa.

Yhteiskuntatieteellisten ympäristövaikutusten osalta tutkimusta löytyy ainakin seuraavista laitoksista: Tampereen yliopisto (Yhdyskuntatieteiden laitos, ympäristöpolitiikka), Helsingin yliopisto (Ympäristöpolitiikka), Oulun yliopisto (Kasvatustieteellinen tiedekunta), Turun yliopisto (Sosiologian laitos), Turun kauppakorkeakoulu (Tulevaisuuden tutkimuskeskus), Jyväskylän yliopisto (ympäristöjohtaminen ja ympäristösosiologia) ja Joensuun yliopisto (Yhteiskuntatieteellinen osasto).

Selvityksessä esiin tulleita ympäristöriskien arviointeja tekeviä tai niihin tietoa tuottavia yrityksiä ovat Pöyry Oy, Ympäristötutkimus Biomark Oy (esim. biologiset analyysipalvelut ja toksisuustestit), Ekolab Environmental (ekotoksisuus- ja biohajoavuustestit), Lantmännen Analycen (ekotoksisuustestit, biohajoavuus, bioakkumulaatio), Ewica Laboratoriot Oy (mm. myrkyllisyystutkimukset), Ramboll ja Golder Associates sekä muita konsulttitoimistoja, kuten erityisesti seurausten mallintamisen osalta YVA Oy ja Luode Consulting³.

Ulkomaisista toimijoista tärkeimpiä ovat EU:n ympäristötoimisto (European Environment Agency EEA) ja USA:n ympäristötoimisto (U.S. Environmental Protection Agency EPA), EU:n tuleva kemikaalivirasto on myös jatkossa merkittävä (nyt IPTS/JRC). VTT:llä on myös olemassa kansainvälisiä yhteistyökumppaneita ympäristöriskien arvioinnin alueella, mutta niitä ei kartoitettu tässä selvityksessä.

³ Selvityksessä esiin tulivat myös seuraavat konsulttitoimistot: Biota Oy, Insinööritoimisto Ecobio Oy, Inspecta Sertifiointi Oy, Proventia Solutions Oy, Qualitas Fennica Oy, Sirium Oy Suomen IP-tekniikka Oy, Satafood Kehittämisyhdistys ry, WSP Environmental Oy.

6.4 Ympäristöriskien arvioinnin trendit ja tulevaisuuden näkymät

6.4.1 Riskien arvioinnin menetelmät

Riskien arvioinnin menetelmien kehittämistarpeiden yhteydessä keskeisiksi tavoitteiksi nousevat mittaus- ja valvontajärjestelmät (monitorointi), mallinnuksen ja ympäristöriskien arvottamiseen liittyvien uusien palvelukonseptien kehittämisen kasvavat tarpeet (Tekes 2005, Tekes-työpaja Tre). Ympäristömittaus- ja monitorointi kattavat seuraavat osa-alueet (Vanhanen ym. 2006):

- Ilmanlaatumittaukset
- Päästömittaukset
- Sisävesimittaukset
- Merivesimittaukset
- Maaperä- ja pohjavesimittaukset
- Säteilymittaukset
- Biologisten uhkien seuranta
- Sää.

Ympäristöriskien arvioinnin kehittämisen kannalta mittaus- ja monitorointipalveluiden kehittäminen kohtaa haasteita kahdesta näkökulmasta:

1. Mittauksen ja monitoroinnin kehittäminen niin, että ne palvelvat nykyistä paremmin ympäristöriskien arviointia ja hallintaa.
2. Ympäristöriskien arvioinnin kehittäminen niin, että sen avulla saavutettavan tiedon perusteella voidaan entistä paremmin toteuttaa ja kehittää mittaus- ja monitorointitekniikkaa.

Esimerkiksi päästöjen ja vaarallisten aineiden leviämisen arvioiminen mallintamalla on mahdotonta ilman tietoa vallitsevasta säästä ja sen todennäköisestä kehittymisestä alueellisesti (Vanhanen ym. 2006). Toisaalta esimerkiksi teollisuuslaitoksen mahdollisten häiriöpäästöjen tai pilaantuneen maaperän kunnostamisesta aiheutuvien mahdollisten ympäristövaikutusten tunnistamiseen tähtävää mittaustekniikkaa ei voida suunnitella ja toteuttaa, jos ei ensin ole tunnistettu toiminnoista aiheutuvaa ympäristöriskiä ja arvioitu sitä.

Mittaus- ja monitorointitekniikkojen kehittämisen ohella tärkeää olisi kehittää mittauksissa saatavan tiedon hyödyntämistä. Protokollat ja tiedonsiirtomenetelmät ovat viime aikoina kehittyneet huomattavasti nopeammin kuin niiden mahdollistamat sovellukset ympäristötiedon jakamiseen tiedon sovelluskohteisiin (Vanhanen ym. 2006). Tiedon käsittelyssä keskeistä on raakatiedon siirtäminen ja jalostaminen niin, että se on loppu-

käyttäjän hyödynnettävissä erilaisissa päätöksentekotilanteissa sekä viranomaisten että yritysten prosesseissa.

Ympäristömittaus- ja monitorointimarkkinoiden painopiste on selkeästi siirtymässä kiinteistä laboratoriolaitteista ja -mittauksista paikallisiin kenttämittauksiin, linjamittauksiin ja prosessinohjaukseen sekä päätöksenteon tukemiseen (Vanhanen ym. 2006). Yhteiskunnan turvallisuuden hallinnan kannalta keskeistä olisi kehittää esimerkiksi infrastruktuurissa toimivien yritysten ja viranomaisten keskinäistä tiedon vaihtoa automaattiseksi. Erityiskohteina mainitaan kemikaalikuljetusten seurannan ja teollisuuslaitosten prosessi- ja mahdollisen muun valvontatiedon automaattinen hyödyntäminen ensinnäkin onnettomuustapausten hallinnassa, mutta myös tarkastuksia korvaavana ja täydentävänä menettelynä (Pesonen 2006). Tämä edellyttäisi teknisten järjestelmien kehittämistä tietojen automaattiseen siirtämiseen ja käsittelyyn, mutta myös ympäristöriskien arviointia siitä näkökulmasta, että osataan valita siirrettäviksi tiedoiksi oikeat tiedot ja osataan käsitellä ne ympäristöturvallisuuden kannalta hyödynnettävään muotoon sekä yrityksen sisäisissä että ulkoisten sidosryhmien tarpeissa.

Ympäristöriskien arvottamisella tarkoitetaan riskien merkityksen arviointia, jonka puitteissa ekologisen ja terveydellisen merkityksen arvioinnin rinnalle yhä tärkeämmäksi on noussut yhteiskunnallisen merkityksen arviointi (mm. Vanhanen ym. 2006). Yhteiskunnallisella merkityksellä tarkoitetaan ihmisten viihtyisyyteen ja yhteiskunnan toimintoihin, kuten vedenottoon ja maankäyttöön, liittyvien uhkatekijöiden merkitystä.

Riskien merkityksen arviointi on ympäristöriskien arvioinnissa erityisen haasteellista, sillä numeerisen eksaktin tiedon saaminen kohteista on usein vaikeaa, resursseja vaativaa tai jopa mahdotonta. Laadullisen tiedon hyödyntäminen riskien arvioinnissa siis korostuu. Sumeitten mallinnusmenetelmien hyödyntämisestä saattaisi olla tässä yhteydessä apua.

Ympäristöriskien arviointia ei tulisi pitää kunnostusmenetelmänä, vaan erityisesti riskien ennaltaehkäisyyn toimintatapana (Haastattelu Koponen). Riskien arvioinnin tekeminen ennen haitan ilmaantumista tulisi nykyistä tehokkaammin liittää yritystoiminnan ja yhdyskuntien suunnitteluun (kaavoitus, liikenteen suunnittelu). Riskien arvioinnin proaktiivista luonnetta tulisi siis korostaa.

Ympäristöriskien aiheuttamien pitkäaikaisvaikutusten arvioinnissa on tällä hetkellä puutteita, jotka vaatisivat tutkimusta (Haastattelu Rossi). Erityisesti ekologisen riskin laskennallinen mallinnus on puutteellista (Haastattelu Koponen). Ilman tätä tietoa riskien merkitystä on vaikea määrittää. Lisäksi haasteeksi ympäristöriskien merkityksen arvioinnissa nousee ympäristöriskien arvottaminen rahassa (Haastattelu vakuutusyhtiö). Ympäristövahingot tilastoidaan vakuutusyhtiön tilastoissa esinevahingoiksi, jolloin erityisesti ympäristövahinkoa aiheuttaneet tapaukset eivät erotu. On hyvä kuitenkin muistaa, että

ympäristövaikutuksia voi olla hyvin vaikeaa arvottaa rahassa. Kehittymishaaste saattaisikin olla, että asioiden arvottamisjärjestelmä toimisi muiden kuin rahallisten mittareiden perusteella.

EU-tasolla on ehdotettu yhtenäisen ”työkalupakin” luomista, josta voitaisiin valita sopivia yhteisesti hyväksytyjä menetelmiä riskien arviointiin (Haastattelu Pajukallio ja Shape-Risk 2006). Riskien arviointien toimintatapoihin tulisi liittää elinkaaritarkastelun elementtejä, jotta toiminnan koko elinkaari saataisiin tarkastelun piiriin.

6.4.2 Prosessiturvallisuus

Ympäristöriskien arvioinnin ja ympäristöturvallisuuden hallinnan tarpeita löytyy erityisesti infrastruktuurin (energiahuolto, vesihuolto, jätevesihuolto, liikenne, tietoliikenne) sekä prosessiteollisuuden (metsäteollisuus, kemianteollisuus, voimalaitokset) toiminta-alueilta (Sundquist 2006). Ainakin kemikaaliturvallisuuden hallinnan kannalta ympäristöriskien arvioinnin merkitys korostuu kuitenkin myös kappaletavarateollisuudessa ja palvelujen tuotannossa.

Yhteiskunnan vaatimukset laadukkaan elinympäristön saavuttamisesta ja säilyttämisestä kasvavat (Tekes-työpaja Hki). Esimerkiksi teollisuustoiminnasta aiheutuvia ympäristöturvallisuutta vaarantavia häiriöitä ei sallita. Tällaisten häiriöiden uhkaa kasvattavat kuitenkin teollisuuden toimintojen tuottaminen yhä pienemmällä henkilöstömäärällä, kasvavat ulkoistamisen paineet sekä laitoksen ympäristöstä aiheutuvat uhkat, kuten terrorismi, ilkivalta ja ilmastonmuutoksen voimistamat luonnonvoimat, esimerkiksi tulvat, myrskyt tai kuivuus.

Teollisuuden on tehtävä viranomaistarpeisiin hyvin monenlaisia riskiselvityksiä, joiden raakatiedon lähteet ovat yhteisiä (kemikaali-, ympäristö- ja työsuojelulainsäädännön vaatimukset, Haastattelu Rossi). Tiedon hankinta näihin selvityksiin aiheuttaa päällekkäisistä toiminnoista johtuen paikoin resurssien tuhlausta. Riskien arvioinnin käytäntöjä tulisi tehostaa niin, että yritykset pystyisivät keräämään eri riskien arviointeihin tarvittavan tiedon keskitetysti yhtenäisen tietokannan kautta.

Teollisuuslaitokset monimutkaistuvat erityisesti säätö- ja ohjelmistotekniikan kautta. Häiriöitä tapahtuu harvoin, samoin tuotannon seisokit pyritään minimoimaan, jolloin poikkeavien tilanteiden hallinnan kokemusta ei saada normaalin toiminnan yhteydessä. Tämä kasvattaa työtehtävistä erillisen koulutuksen tarvetta, ja ennen kaikkea riskien tunnistamisen, arvioinnin ja hallinnan kehittämistä mahdollisten häiriötilanteiden varalle.

Häiriötilanteista aiheutuvien ympäristöriskien arvioinnin tulee tulevaisuudessa antaa nykyistä enemmän tietoa teollisen prosessin hälytysten priorisointiin ja oikeiden korjaavien toimenpiteiden mallintamiseen (Tekes-työpaja Hki). Tehtaiden toimintojen ulkoistamisen aiheuttamien ympäristöriskien hallitsemiseksi olisi kehitettävä toimintatapoja. Tutkimuksen ja kehityksen haaste on siten prosessiturvallisuuden ja riskien arvioinnin palvelumallien kehittäminen nykyistä tehokkaammiksi.

Suomalainen teollisuus on jo nyt varsin kansainvälistä, mutta globalisaatio vahvistuu jatkossa entisestään. Suomessa käytössä olevien riskin arviointimenetelmien ja toimintatapojen siirtäminen ulkomailla sijaitsevien yksiköiden toimintatapoihin on suuri haaste. (Haastattelu Anhava)

6.4.3 Säädökset

Ympäristöriskien arvioinnin tarpeet tulevat tulevaisuudessa kasvamaan EU:n vesipuitte-direktiivin ja REACH-säädösten myötä (Haastattelu Leino-Forsman). Erityisesti pk-yritykset tullevat tarvitsemaan tulevaisuudessa apua ympäristöriskien arviointiin, sillä esimerkiksi prosessien onnettomuusriskien ennaltaehkäisyyn tähtäävät riskianalyysitarpeet laajenevat suurista teollisuuslaitoksista myös pienempiin laitoksiin ja yrityksiin. Ongelma on myös, että viranomaiset eivät tunne teollisia prosesseja riittävästi. REACH-säädös tulee korostamaan erityisesti kemikaalien altistumisarvioita (Haastattelu Koponen).

Pilaantuneiden maiden osalta riskien arviointitarpeet tulevat kasvamaan tulevien uusien säädösten myötä (niin sanottu PIMA-asetus, Haastattelu Pajukallio). Toimijat ovat valmiita maksamaan riskien arvioinneista, jos tulosten avulla säästetään esimerkiksi maaperän kunnostamiskustannuksissa. EU:n maaperänsuojelustrategia ja direktiiviehdotus kattavat laajasti maaperään liittyvät riskit: peittyminen, eroosio, orgaanisen aineksen väheneminen, suolaantuminen, tiivistyminen ja pilaantuminen. Nämä jaotellaan myös seuraaviin pääryhmiin: peittyminen, maatalouteen liittyvät uhkat ja pilaantumiseen liittyvät uhkat.

Ympäristöturvallisuuteen saattaa olla tulossa myös uusia säädöksiä. Ainakin erillisen turvallisuusdirektiivin laatimista, vesipuitte-direktiivin tapaan, on ehdotettu (Shape-Risk 2006). Erillinen turvallisuusdirektiivi voisi kattaa esimerkiksi nykyisten suuronnettomuusvaarojen torjuntaan keskittyvän Seveso-direktiivin, ympäristöasioiden hallintaan keskittyvän IPPC-direktiivin ja pölyräjähdysvaarallisten tilojen hallintaan keskittyvän Atex-direktiivin asia-alueet.

6.4.4 Poikkitieteellinen yhteistyö

Tutkimuslaitosten tulisi tulevaisuudessa yhä enemmän keskittyä omiin vahvoihin osaamisalueisiinsa ja verkottua muiden osaajien kanssa niin, että yksi tutkimuslaitos ei yritä toteuttaa koko ympäristöriskien arvioinnin kokonaisketjun ja osaamiskentän kokonaisuutta yksin (Haastattelu Leino-Forsman, SITRA 2002). Tutkimuslaitosten välisen hedelmällisen yhteistyön avulla resurssit tulisivat tehokkaasti ja monipuolisesti hyödynnettyiksi (Haastattelu Pajukallio).

Yhteistyön lisäämiselle ympäristöriskien arvioinnissa on tarvetta eri osapuolten, kuten kansalais- ym. järjestöjen, vaikutusmahdollisuuksien parantamiseksi riskien hallintaa koskevassa päätöksenteossa sekä yhteisten toimintalinjojen kehittämiseksi eri hallinnon sektoreiden, asiantuntijalaitosten ja elinkeinoelämän välillä (Haastattelu Irpola).

6.4.5 Kemikaalien hallinta

OECD korostaa kemikaalien hallinnan palvelujen kasvavaa kysyntää. Tämä trendi vahvistuu esimerkiksi Euroopassa tulevan REACH-lainsäädännön kautta.

CBRNE-aineisiin (Chemicals, Biological substances, Radioactive substances, Nuclear substances, Explosive substances) liittyvien uhkien torjunta on kemikaalien hallinnan keskeinen haaste (Tekes-työpaja TRE). Puutteet kemikaalien vaaraominaisuustiedoissa ovat suurin kehittämistä vaativa sektori (Haastattelu Irpola). Saattaisi olla hyvä panostaa myös radioaktiivisen laskeuman tilanteeseen, siihen varautumisen kehittämiseen (SITRA 2002).

Kemikaalien rekkakuljetukset lisääntyvät tulevaisuudessa edelleen (Tekes-työpaja Hki). Kuljetusten ympäristöturvallisuuden kehittämiseksi esitetään muun muassa tietoteknisiä ratkaisua, joiden avulla esimerkiksi viranomaiset olisivat reaaliajassa tietoisia kuljetusten kemikaalien laadusta. Liikenne- ja viestintäministeriö on viime aikoina panostanut VAKSU-järjestelmän (Vaarallisten Aineiden Kuljetusten Suunnittelujärjestelmä) kehittämiseen.

6.4.6 Maaperä

Pilaantuneiden maiden (PIMA) riskin arviointia ovat hallinneet raja-arvot (Haastattelu Pajukallio). Käytännössä pilaantuneiden maiden riskien arviointi on ollut lähinnä vertailua haitta-ainepitoisuuksien ja yleisten ohjearvojen välillä. Paikoin ohjearvot ovat jopa saattaneet ohjata riskien arvioinnin tuloksia, ja viranomaisten on ollut vaikea hyväksyä

niistä poikkeavia ratkaisuja, vaikka esimerkiksi altistusreittiä ei ole tunnistettu. Ympäristöriskien arvioinnin kokonaisketjua ei siis ole osattu hyödyntää kokonaisuudessaan. Myös riskien arviointiselvitysten järjestelmällisessä dokumentoinnissa on ollut puutteita. Sedimenttien osalta riskien arviointia on tehty Suomessa vielä vähän, eikä sedimenttien pilaantuneisuudelle ole olemassa raja-arvoja.

Pilaantuneiden maiden riskinarviointi on käytännössä aina tapauskohtaista ja sen merkitys tulee entisestään korostumaan tulevaisuudessa (Haastattelu Järvinen). Maaperän pilaantumisen vaaraa aiheuttavien tekijöiden ottaminen huomioon jo suunnitelmia tehtäessä tulee tulevaisuudessa korostumaan erityisesti tieliikennehankkeissa ja muissa yhteiskunnan rakenteisiin liittyvissä hankkeissa. Jatkossa riskinarviointi ja -hallinta tulevat arkipäiväistymään ja muuttumaan rutiininomaisiksi toiminnoiksi osaksi kaikenlaisia hankkeita. Riskin arvioinnin erityislaatuisuus vähenee, ja turvallisuuden tavoittelusta riskien arvioinnin keinoin tulee rutiinia, joka on olennainen osa hankkeiden suunnittelua.

Prosessiteollisuudessa tullaan tulevaisuudessa nykyistä enemmän integroimaan eri tehtaita yrityskauppojen kautta yhteen (Tekes-työpaja Hki). Tässä yhteydessä saattaa olla, että tarpeet ympäristövästuiden selvittämiseen kiinteistökauppojen yhteydessä tulevat kasvamaan. Selvitykset ja selvitystarpeet keskittyvät yleensä maaperän ja pohjaveden pilaantuneisuuden selvittämiseen ja sen merkityksen arvioimiseen.

6.4.7 Muut teemat

Riskiviestinnän ja riskitietoisien päätöksenteon haasteita tuodaan esiin useassa yhteydessä (SITRA 2002, USA EPA, Shape-risk 2006). Ilmaston muutos ja siitä aiheutuvat ekologiset muutokset sekä maahan ja meriin liittyvät muutokset ovat edelleen keskeisiä tulevaisuuden tutkimusteemoja (Tekes 2005, EU 2006). Kehittämisen kohteiksi nostetaan muutosten monitoroinnin, ennaltaehkäisyyn ja vähentämisen tekniikoiden kehittäminen. EU:n seitsemännen puiteohjelman työohjelmaluonnoksissa ehdotetaan yksityiskohtaisiksi tutkimusteemoiksi GIS-työkalujen hyödyntämistä ympäristö- ja terveystutkimuksessa, myrskyjen, kuivuuden, lumivyöryjen ja muiden luonnon katastrofien hallinnan sekä pilaantuneiden maiden arvioinnin kehittämistä (EU 2006).

Globaalilla tasolla vesivarat ja niiden alueellinen niukkuus nostavat vesihuollon ja jäteveden käsittelyn keskeisiksi kehittämiskohteiksi. Lisäksi jätehuollon kehittäminen on yhteiskunnallisesti tärkeää. Patogeenien ja haitallisten mikrobin poisto hengitysilma- suodatintekniikoiden ja -järjestelmien avulla erityisesti bioterrorismin uhkan torjunnassa nostetaan keskeiseksi kehittämisen kohteeksi. Uusien teknologioiden riskien arviointien kehittämisen alueelta keskeisiksi kehittämisen kohteiksi nostetaan nanoteknologian ja geenitekniikalla muunnettujen organismien riskien arviointien kehittäminen. (Tekes 2005, Tekes-työpaja Tre ja Hki)

6.5 VTT:n osaaminen ja tulevaisuuden haasteet

VTT:ssä on ennako-odotusten mukaisesti paljon osaamista, jota voidaan hyödyntää ympäristöriskien arvioinnissa. Ympäristöriskien arviointi tulee tulevaisuudessa korostumaan erityisesti uusien säädösten paineiden alla. EU:n vesipuitedirektiivi, maaperän suojelun puitedirektiivi, kaivosjätedirektiivi ja REACH-säädökset sekä PIMA-asetus tulevat kasvattamaan ympäristöriskien arvioinnin rutiininomaista kysyntää.

Tulevan tutkimuksen ja kehityksen haasteiksi aineisto nostaa ainakin seuraavat asiat:

Riskien arvioinnin menetelmät:

- poikkitieteellisuuden tarve riskien arvioinnissa ja tutkimuslaitosten keskittyminen oman osaamisensa vaalimiseen
- koko riskien arvioinnin ketjun hyödyntäminen ympäristöriskien arvioinnissa
- in-situ-mittaukset, on-line-mittaukset sekä mittausten ja monitoroinnin hyödyntäminen riskien arvioinnissa ja hallinnassa
- annos-vastetiedon tuottaminen ja analytiikan soveltaminen prosesseissa käytännön riskien arvioinnissa
- mallintamisen kehittäminen niin, että raskaiden laskentamenetelmien ongelmat, mallintamisen hitaus ja suuret taloudelliset kustannukset saataisiin hallintaan
- ekologisten laskennallisten riskien arvioinnin kehittäminen
- kompleksisten järjestelmien riskien arviointi
- pitkän aikavälin ennakointi
- ilmastonmuutokseen sopeutumista palveleva riskien arviointi
- uusien teknologioiden riskien arviointi, kuten nanoteknologia ja geenitekniikalla muunnellut organismit.

Riskitietoinen päätöksenteko, riskiviestintä ja riskien merkityksen arviointi:

- riskien arvioinnin hyödyntäminen päätöksenteossa yritystasolla ja muissa organisaatioissa
- riskien arvioinnin kehittäminen riskiviestintää palvelevaksi
- käyttökelpoisen riskien arviointi -tiedon tuottaminen (sellaista tietoa, jota tarvitaan päätöksenteossa ja joka kiinnostaa kansalaisia)

- ekologista riskiä ja terveysriskiä kuvaavan tiedon rinnalle tulisi tuottaa yhteiskunnan toimintojen ja ihmisen viihtyvyyden kannalta merkityksellistä tietoa ympäristöriskien arvioinnissa hyödynnettäväksi
- riskien merkityksen arvioinnin tehostaminen ja todentaminen, esimerkiksi sumeaa mallinnusta hyödyntäen.

Yhteiskunnan vaatimukset:

- säädösten tuomat haasteet riskien arviointiin: erityisesti kemikaalihallinto (REACH) ja pilaantuneet maat (PIMA)
- ympäristöriskien arvioinnin hyödyntäminen kansainvälisten yritysten riskien hallinnan yhtenäistämässä eri toimipaikoilla maailmanlaajuisesti niin, että yhteiskuntavastuullisen yritystoiminnan edellytykset paranevat
- prosessiturvallisuuden haasteisiin vastaaminen riskien arvioinnilla.

Erityisesti luonnon dynamiikasta aiheutuvien ja uusien teknologioiden ympäristöriskien arvioinnin kannalta on haasteellista kehittää pitkän aikavälin ennakointia. Pitkän aikavälin riskien käsittelyn tekee mielenkiintoiseksi riskin todennäköisyyslementin käsittely. Tällaisissa riskeissä emme aina voi määritellä riskiä esiintymistiheyden perusteella.

Keskeisimmiksi ympäristöriskien arvioinnin kehittämisen kannalta näistä haasteista nousevat:

1. olemassa olevan tiedon (erityisesti mallintamisen, mittauksen ja monitoroinnin sekä annos-vastetiedon) tehokas hyödyntäminen ympäristöriskien arvioinnissa
2. poikkitieteellinen/monialainen asiantuntijayhteistyö riskien arvioinnissa
3. ympäristöriskien merkityksen arvioinnin kehittäminen
4. ympäristöriskien arvioinnin tulosten tehokas hyödyntäminen yritysten ja muiden organisaatioiden päätöksenteossa.

Edellä esitetyt tavoitteet voidaan saavuttaa hankkeissa konkreettisten riskien arvioinnin tapausesimerkkien kautta, joissa kussakin on kyseessä oma ympäristöriskinsä ja ympäristönsä, esimerkiksi prosessiteollisuuden yksikkö tai pilaantunut maa. Haasteena hankkeen eteenpäin viemisessä on löytää sopivat tapaukset, joissa ympäristöriskien arvioinnin kokonaisketjun toimintakonseptia kehitettäisiin. Koska ympäristöriskien arvioinnista on tulevaisuudessa tulossa erityisesti lainsäädännön vaatimusten kautta rutiininomaista toimintaa, on erittäin tärkeää, että kehitetään toimiva ympäristöriskien arvioinnin toimintamalli.

6.6 Tulosten tarkastelu

VTT:n osaamisen selvittäminen pääosin sähköpostikyselyllä saattoi tuottaa vajavaisen tuloksen. Lisäksi tulosten kattavuutta rajoitti vain tiettyjen tahojen haastattelemineen. Aineistolähtöisyyden näkökulmasta tulokset ovat kuitenkin käyttökelpoisia ympäristö-riskien arvioinnin kehittämiseen tähtäävän tutkimuksen suuntaamisessa.

7. Johtopäätökset

Tutkimuksen tuloksena on ymmärretty, että ympäristöriskien arvioinnin keskeisiä haasteita ovat:

1. olemassa olevan tiedon (erityisesti mallintamisen, mittauksen ja monitoroinnin sekä annos-vastetiedon) hyödyntäminen ympäristöriskien arvioinnissa
2. monialainen asiantuntijayhteistyö riskien arvioinnissa
3. ympäristöriskien merkityksen arvioinnin kehittäminen
4. ympäristöriskien arvioinnin tulosten hyödyntäminen yritysten ja muiden organisaatioiden päätöksenteossa.

Lisäksi uudet säädökset (vesipuitedirektiivi, REACH- ja PIMA-asetus, kaivosjätedirektiivi, pohjavesidirektiivi, maaperänsuojelun puitedirektiivi) tulevat kasvattamaan ympäristöriskien arvioinnin rutiininomaista tarvetta. Säädösten edellyttämien riskien arviointien kautta turvallisuuden tavoittelusta riskien arvioinnin keinoin tulee rutiinia, joka on olennainen osa kaikenlaisia hankkeita jo hankkeiden suunnittelusta alkaen.

Ympäristöriskien arvioinnin hyödyntämisen tehostaminen päätöksenteossa edellyttää, että riskien arvioinnilla pystytään tuottamaan sellaista tietoa, joka on hyödyllistä päätöksenteon kannalta. Tämän saavuttamiseksi haittalähteen/vaaran tunnistamisen ja riskienhallinnan suunnittelun ja päätöksenteon välillä tulisi olla selkeä yhteys. Riskitietoisesta päätöksenteosta ja riskien arvioinnin tulosten hyödyntämisen kulmakiveksi muodostuu riskikommunikaatio, joka on riskien arvioinnin tulosten ymmärtämisen ja ylipäänsä riskitiedon kulun perusta.

Myös ympäristöriskien merkityksen arvioinnin kehittäminen on riskitietoisesta päätöksenteosta kehittämisessä tärkeää. Kompleksisten järjestelmien ja monialaista asiantuntijayhteistyötä vaativien riskinarviointien toteuttaminen vaatii myös monialaista merkitysten arviointia: ekologisten riskien, terveystieteiden ja yhteiskunnallisten riskien huomioimista.

Olemassa olevan tiedon hyödyntämisen tehostamisen tarpeet koskettavat koko ympäristöriskien arvioinnin ketjua haittalähteen/vaaran tunnistamisesta merkityksen arvioinnin kautta päätöksentekoprosesseihin. Erityistä tehostamisen tarvetta havaittiin tutkimuksen aineiston puitteissa kuitenkin olemassa olevan mittaus-, monitorointi- ja mallinnustiedon sekä annos-vastetiedon soveltamisen vajavaisuudessa; olemassa oleva tieto ja tiedon tarpeet eivät kohtaa käytännössä. Toisaalta erityisesti annos-vastetiedon saatavuudessaakin on puutteita.

Keskeiseksi haasteeksi aineiston pohjalta muodostui myös eri tutkimuslaitosten osaamisten hyödyntäminen tutkimuslaitosten yhteistyössä. Liian usein yksi tutkimuslaitos yrittää hallita koko ympäristöriskien arvioinnin ketjun, vaikka eri osaajien osaamisten yhdistämisellä päästäisiin korkeatasoisempaan lopputulokseen. VTT:n tutkimustoiminnan kehittämisessä tulisi selvityksen perusteella suunnata voimavaroja erityisesti sellaisien toimintatapojen ja tekniikoiden kehittämiseen, joilla ympäristöriskien kokonaisketjun soveltaminen olisi nykyistä houkuttelevampaa.

Riskien arvioinnin kvalitatiivisten ja kvantitatiivisten menetelmien kehittäminen ja soveltaminen ovat VTT:n vahvoja osaamisalueita. Näiden alueiden kehittämiseen kannattaisi panostaa nimenomaan siitä näkökulmasta, että saataisiin menetelmiä ja toimintatapoja ympäristöriskitietoisien päätöksenteon avuksi sekä julkisella että yksityisellä päätöksenteon tasolla. Keskeinen haaste tässä on yhdistää VTT:n eri osaamiskeskusten osaaminen.

Yksittäisistä osaamisalueista VTT:ssä korostuu maaperämallinnuksen osaaminen. Sen sijaan ilma- ja vesipuolen osaaminen ei ole vahvaa VTT:ssä, joten siihen liittyvät tiedon ja osaamisen tarpeet kannattaa hankkia VTT:n ulkopuolisten osaajien kanssa verkottamalla. Lisäksi huomattavaa on, että VTT:ssä olevaa tiedon louhinnan osaamista ei ole osattu hyödyntää ympäristöriskien arvioinnissa riittävästi.

Yhtenä haasteena nousi esiin myös VTT:n osaamisen kansainvälinen markkinointi. Esimerkiksi Suomen lähialueilla riskinarvioinnin osaaminen on vasta kehittymässä ja kysyntää riskien arvioinnin osaamisesta on. Ympäristön pilaantuminen aiheuttaa lähialueilla paljon riskinarvioinnin tarpeita. Haasteena ovat rahoituksen hankinta ja kansainvälinen kilpailu. Myös kansainvälisiin tutkimushankkeisiin osallistumisen tärkeyttä ja kansainvälisten kontaktien luomista näissä hankkeissa kannattaa edelleen painottaa.

Selvityksen tuloksena esitetään tarve rakentaa tutkimus- ja kehityshanke, jossa ympäristöriskien arvioinnin tapausesimerkkien kautta kehitetään ympäristöriskien arvioinnin kokonaisketjun toimintamallia (ks. kuva 7, s. 17). Tutkimushankkeen avulla kehitettäisiin VTT:n sisäisen osaamisen nykyistä tehokkaampaa hyödyntämistä, osaamisen kehittämistä ympäristöriskien arvioinnissa ja vahvistettaisiin verkottumista VTT:n ulkopuolisten osaajien kanssa.

8. Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli:

1. määritellä ympäristöriskien arvioinnin sisältö ympäristöturvallisuuden toimintakentässä
2. selvittää VTT:n sisäinen ympäristöriskien arviointiin liittyvä osaaminen ja kehittymishaasteet
3. tunnistaa ympäristöriskien arvioinnin ja ympäristöturvallisuuden tutkimukseen ja soveltamiseen liittyvät tulevaisuuden tarpeet ja tarpeiden aiheuttamat kehittymishaasteet.

Ympäristöriskien arvioinnilla tarkoitetaan haittalähteen/vaaran tunnistamisen, altistusreitin/kulkeutumisen ja altistujien/vastaanottavan ympäristön määrittämisen sekä riskien merkityksen arvioinnin ja riskien hallinnan suunnittelun muodostamaa prosessia. VTT:ssä on ennako-odotusten mukaisesti paljon osaamista, jota voidaan hyödyntää ympäristöriskien arvioinnissa. Riskien arvioinnin kvalitatiivisten ja kvantitatiivisten menetelmien kehittäminen ja soveltaminen ovat VTT:n vahvoja osaamisalueita. Lisäksi yksittäisistä osaamisalueista VTT:ssä korostuu maaperämallinnuksen osaaminen. Sen sijaan ilma- ja vesipuolen osaaminen ei ole vahvaa VTT:ssä, joten siihen liittyvät tiedon ja osaamisen tarpeet kannattaa hankkia VTT:n ulkopuolisten osaajien kanssa verkottumalla.

Tutkimuksen tuloksena on ymmärretty, että ympäristöriskien arvioinnin keskeisiä haasteita ovat:

1. olemassa olevan tiedon (erityisesti mallintamisen, mittauksen ja monitoroinnin sekä annos-vastetiedon) hyödyntäminen ympäristöriskien arvioinnissa
2. monialainen asiantuntijayhteistyö riskien arvioinnissa
3. ympäristöriskien merkityksen arvioinnin kehittäminen
4. ympäristöriskien arvioinnin tulosten hyödyntäminen yritysten ja muiden organisaatioiden päätöksenteossa.

Selvityksen johtopäätöksenä suositellaan ympäristöriskien arvioinnin kokonaisuuden kehittämistä erillisen tutkimuksen hankekokonaisuuden avulla. Tutkimushankkeen yhteydessä pystyttäisiin kokoamaan todellinen osaaminen VTT:n sisältä ja ulkopuolisilta yhteistyökumppaneilta ja soveltamaan olemassa olevaa tietoa konkreettisissa riskien arvioinnin tapauksissa. Käytännön työ loisi toimintatapoja tiedon löytymiseen ja hyödyntämiseen. Tämä on tärkeää, koska odotettavissa on, että erityisesti lainsäädännön vaatimusten kautta ympäristöriskien arvioinnista muodostuu nykyistä suuremmassa määrin rutiininomaista toimintaa, jolloin valmis toimintatapa on hyödyllinen.

Lähdeluettelo

Calow, P. (ed.). 1998. Handbook of environmental risk assessment and management. Blackwell, Oxford.

Eskola, J. ja Suoranta, J. 2000. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Vastapaino, Tampere.

EU 2006. EU:n 7. puiteohjelman valmisteluun liittyvä tiedotus.
http://cordis.europa.eu/fp7/home_en.html

Fairman, R., Mead, C. D. ja Williams, P. W. 1993–2004. Environmental Risk Assessment – Approaches, Experiences and Information Sources. Environmental Issues Report No 4. European Environment Agency.

Haastattelut:

- Ympäristöasioista vastaava Hilikka Leino-Forsman, Teknologiateollisuus ry.
- Ylitarkastaja Anna-Maija Pajukallio, Ympäristöministeriö (YM)
- Ylitarkastaja Eliisa Irpola, Suomen ympäristökeskus (SYKE)
- Vakuutusyhtiö
- Johtaja Juhani Anhava, Pöyry Oyj
- Toimitusjohtaja Esko Rossi, Esko Rossi Oy
- Riskinarviointiryhmän vetäjä Kari Koponen, Golder Associates Oy
- Toimialapäällikkö Kimmo Järvinen, Ramboll Finland Oy.

Hirsjärvi, S. ja Hurme, H. 2004. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Yliopistopaino, Helsinki.

Pesonen, J. 2006. Rakennetun infrastruktuurin turvallisuus ja sen huoltovarmuuden turvaamiseen prsutuva liiketoiminta. Selvitys Tekesille. Ajeco Oy, Espoo.

Pollard, S. ja Guy, J. (ed.). 2001. Risk Assessment for Environmental Professionals. A publication of the Chartered Institution of Water and Environmental Management.

SFS-IEC 60300-3-9. 2000. Luotettavuusjohtaminen, osa 3: käyttöopas. Luku 9: teknisten järjestelmien riskianalyysi.

Shape-Risk 2006. <http://shaperisk.jrc.it/index.html>.

Sitra 2002. Riskien hallinta Suomessa. Esiselvitys.
<http://www.sitra.fi/Julkaisut/raportti23.pdf>.

Sundquist, M. 2006. Prosessi- ja valmistusteollisuuden turvallisuus. Selvitys Tekesille. SundCon Oy, Helsinki.

Tekes 2005. Innovaatioista hyvinvointia. Painopisteet tulevaisuuden rakentamiseksi. <http://www.tekes.fi/julkaisut/sisaltolinjaukset2005.pdf>.

Tekes-työpaja Tre. Turvallisuuden alan tutkimus- ja kehitysohjelman valmisteluun liittyvä Tekesin järjestämä työpaja Tampereen VTT:llä 21.11.2006.

Tekes-työpaja Hki. Turvallisuuden alan tutkimus- ja kehitysohjelman valmisteluun liittyvä Tekesin järjestämä työpaja Helsingin Messukeskuksessa 1.12.2006.

USA EPA. EPA ORD (Office of Research and Development) Strategic Plan. <http://epa.gov/osp/strtplan/documents/final.pdf>.

Vanhanen, J., Mikkanen, P., Nikula, J. ja Hiltunen, J. 2006. (Luonnos) Ympäristömittausten ja -monitoroinnin arvoketjujen tuotteistaminen. Gaia Consulting Oy. Sitra, Helsinki.

www.ymparisto.fi. 2006. Suomen ympäristöhallinnon Internet-sivusto.

Liite 1: Tekes. Ympäristöturvallisuus-sektorikuvaus ja VTT:n osaaminen

Tekes valmistelee vuosina 2006–2007 Turvallisuuden T&K -ohjelmaa, jonka yhtenä alaluokana määritellään ympäristöturvallisuus. Ympäristöturvallisuuden sektorikuvauksen valmistelun mukaan ympäristöturvallisuuteen kuuluvat: valmius, tiedonhankinta, uhkakuva ja vaaran arviointi, ilmaisu ja tunnistaminen, suojautuminen, jälkihoito ja ennaltaehkäisy. Seuraavassa on jaoteltu VTT:n ympäristöriskien arviointiin liittyvä osaaminen Tekesin ympäristöturvallisuuden sektorikuvauksen sisällön mukaisesti. Suluissa on mainittu kyseinen VTT:n osaamiskeskus.

Valmius

Tiedonhankinta

Tiedon louhinta ja hallinta (tk101)

Uhkakuva ja vaaran arviointi

Ympäristöriskianalyysi, vaaralähteen tunnistaminen (tk3071)

Kvantitatiivinen riskianalyysi, todennäköisyysmallit, tilastolliset menetelmät, systeemi-analyysi, asiantuntija-arviomenetelmät (tk1051, tk5051)

Elinkaarianalyysit (tk5044, tk3053, tk5051)

Ympäristönäkökohdat (tk3053, tk5051)

Päätösanalyysit (tk5044, tk1051, tk5051)

Rakennusten toimivuuspuutteiden ja vaurioiden ongelmat (tk2074)

Rakennusten sisäilman laatu ja hallinta, terveysvaikutukset (tk2064)

Rakenteiden kestävyysarviointi poikkeuksellisissa kuormitustapauksissa (tk2011)

Rakentamisen ja olosuhteiden muutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön (painumat, siirtymät, sortumat yms.) (tk2051)

Rakennetun ympäristön elinkaari- ja alueellinen päästöjen arviointi ja mallinnus (tk2053)

Meteorologisten ja geofysikaalisten ääri-ilmiöiden esiintyminen ja vaikutukset (tk2014)

Maanjäristyksestä aiheutuvan kuormituksen vaikutus rakenteisiin, numeerinen simulointi (tk2014).

Liikennejärjestelmien ympäristövaikutukset ja arviointi, päästöjen inventointi ja mallintaminen, altistusten määrittäminen GIS-analyysiä käyttäen (tk3026)

Meriliikenteen ympäristövaikutukset (tk3034)

Tieliikenteen ajoneuvojen energian kulutus ja siitä aiheutuvat ympäristöpäästöt, päästöjen karakterisointi ja vähentämiseen liittyvä teknologiaosaaminen (tk5042)

Ydinvoimalaitoksen fissiotuotteiden kulkeutumisen kokeellinen arviointi ja laskennallinen mallinnus (tk5047)

Ydinjätteiden loppusijoitustilan kemia ja fysiikka, radioaktiivisten aineiden vapautuminen kallioperään (tk5016)

Ydinjätteiden loppusijoitusjärjestelmän teknisten päästöesteiden tekniikka ja toimintakyky, pohjaveden virtaus, aineiden kulkeutuminen ja lämpötilavaikutusten mallinnus, loppusijoitustilan massavirrat (tk5017)

Ydinvoiman tuotannon ympäristövaikutusten mallintaminen, todennäköisyyspohjainen arviointi, radioaktiivisen ilmakehäpäästön leviämisen ja vaikutusten nopea ennustaminen onnettomuustapauksissa numeerisen säädäntä avulla, radioaktiivisten aineiden kulkeutuminen ja säteilyannokset (tk5015)

Syvien biosfäärien geomikrobiologiset ja geokemialliset prosessit ydinjätteiden loppusijoituksessa (molekyylibiologiset menetelmät: PCR-DGGE, qPCR, mikrosiru) (tk4043, tk4012)

Ydinvoimalaitoksen vakavaan onnettomuuteen liittyvän radioaktiivisen lähde-termin laskennallinen mallinnus, todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin PSA (Probabilistic Safety Analysis?) vaihe 2. alkuaineanalytiikka erilaisista ympäristönäytteistä (tk5013)

Vesipäästöjen mallinnus (tk5044)

Ekologiset vaikutukset vedessä (tk2051)

Vesiliuosten kemian laskenta (tk5061)

Haitta-aineiden kulkeutumismallinnus maaperässä ja pohjavedessä (tk2081)

Geokemiallinen mallinnus, kulkeutuminen, monitorointi, inversiomenetelmät (tk2082)

Maa- ja pohjarakentamisen sekä liikenneperäisen tärinän syntymisen ja leviämisen mallinnus, vaikutukset (tk205, tk2014)

Tulipalot, palaminen, palamisreaktiot, päästöt ja sammuttaminen sekä ympäristövaikutukset, kvantitatiivinen riskianalyysi, todennäköisyysperustainen mallintaminen, tilastolliset menetelmät (tk2012, tk2044)

Vaarallisten aineiden varastoinnin, käsittelyn ja kuljetusten aikaisten onnettomuustilanteiden riskien ja ennakoivien turvatoimenpiteiden analysointi (tk5015)

Mikrobien hyödyntäminen ja hallinta elintarvikeprosesseissa, kokonaisketjun hallinta ja päätöksenteko, vaaralähde ja merkityksen arviointi (tk4053)

Melun mallinnus ja leviäminen, melun häiriövaikutuksen arviointi (tk3046, tk4036)

Organisaation toiminnan arviointi (tk3014)

Uuden teknologian käytettävyys (tk1031)

Siirtogeenisen ohran riskien arviointi luonnossa (PCR-analytiikka ym.), molekyylibiologiset menetelmät, kasvien metabolian muokkaus (tk4022)

Nanomateriaalien tuotannossa syntyvien päästöjen mittaaminen ja turvallisuusarviointi (tk5047)

Ilmaisu ja tunnistaminen

Jätteiden hallinta, jätteiden karakterisointi ja liukenevien haitta-aineiden päästöjen koellinen tutkimus, annos-vastetarkastelut, terveysvaikutukset, suojaustoimenpiteet (tk5044, tk4043)

Jätepolttoaineiden näytteenotto, mittaukset, luokittelu, työhygieniat (tk5034)

Poltossa syntyvien pienhiukkaspäästöjen mittaaminen ja mallintaminen (tk5047)

Poltossa syntyvien päästöjen mallintaminen virtauslaskennalla tai kemian mallinnuksella (tk5063)

Ympäristövesien monitorointi ja spesiespitoisuuksien kvantitointi (tk5062)

Optiset mittalaitteet, esim. satelliittien otsonimittalaite, savukaasuanalysointilaitteet, kaasujen mittaaminen, laivojen päästövesien mittaaminen (tk6063)

Prosessipäästöjen mittaukset, hajuselvitykset (tk5046)

Ympäristön monitorointi satelliittikuvilla, mm. metsäpalot, kasvillisuuden tuho, aerosolin optinen tiheys, hyperspektraalinen kuva-aineisto (tk1013, tk1014)

Reaktorimittakaavan bioteknisten prosessien mittaaminen (kaasuanalysointilaitteet, HPLC-laitteet, mRNA-mittaustekniikat, proteiini-analyysit, NMR, LSMS-laitteet, kaasukromatografia, spektrofotometri, entsyymiatteet mittausrobotit (tk4024))

NMR-analytiikka ja malliainesyntetiikka (tk5066)

Haitta-aineiden spesifinen näytteenkäsittely immuno-SPE:llä ja analysointi (tk4034)

Nukleiinihappoanalytiikka, geeniekspression osoittaminen VTT-TRAC-menetelmällä (tk4034)

Pienmolekyylien esim. myrkkyjen pikamääritys homogeenisellä immunotestillä (tk4034)

Biohajoavuus ja ekotoksisuus, kataboliset geenit haitta-aineiden monitoroinnissa (qPCR, mikrosirutekniikat) (tk4043, tk4012)

Kosteusvauriomikrobien detekointi, identifointi ja karakterisointi, haittamikrobien hallintakeinot (tk4054, tk4052).

Apros-prosessisimulointialusta (tk1064, tk1065)

Suojautuminen

Jätteiden ympäristövaikutusten suojaustoimenpiteet (tk5044)

Pohjavesien suojausrakenteet, kaatopaikkarakenteet (tk2054)

Jälkihoito

Ennaltaehkäisy

Rakennusjätteiden käsittely työmailla, rakennusliikkeiden ympäristöjärjestelmät (tk2073, tk2072)

Tieliikenteen ajoneuvojen ympäristöpäästöjen vähentäminen (tk5042)

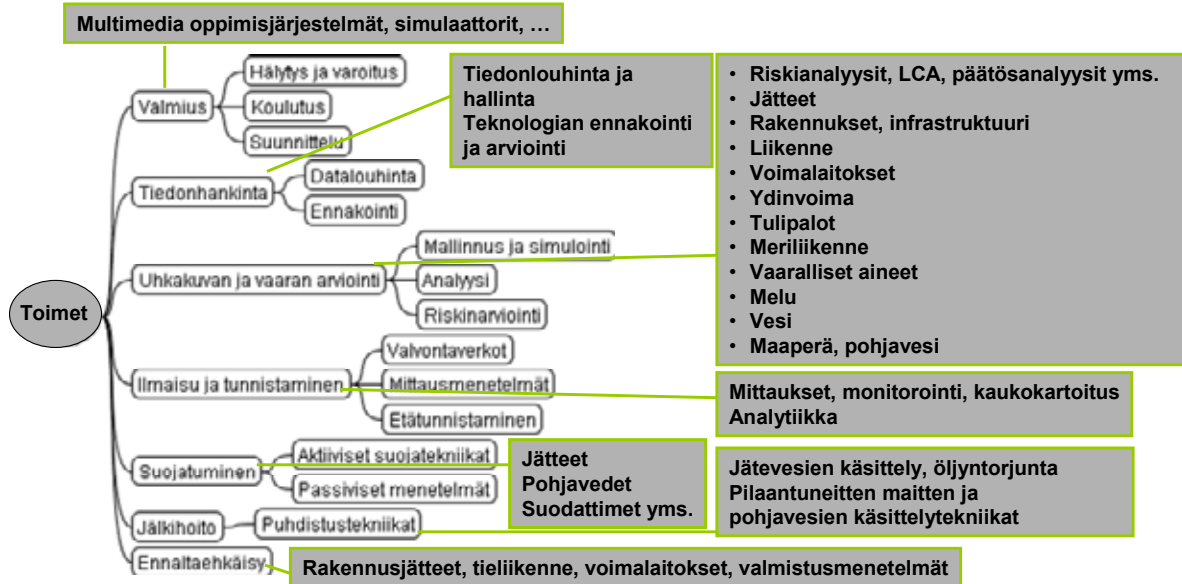
Voimalaitosten päästöjen hallinta kokonaistarkastelulla (massa- ja energiatase, IPPC-tarkastelut) (tk5061)

Dieselvoimaloiden ympäristöpäästöt ja niiden vähentäminen (tk5041)

Valmistusmenetelmien optimointi ympäristöriskien kannalta (tk3063)

Ympäristöriskien hallinta kunnossapidon ja käyttöomaisuusinvestointien keinoin (tk3072)

Ympäristöystävälliset uudet pinnoitteet ja pintakäsittelyt (tk2035)



Kuva 1.1. VTT:n osaaminen Tekesin turvallisuusohjelman valmistelun ympäristöturvallisuus-sektorialueilla.

Liite 2: VTT:n osaaminen, yksityiskohdat osaamisesta ja haasteet työpajan tuloksina

Seuraavassa on lueteltu VTT:n sisäisessä työpajassa (23.5.2006) esiin nostettuja yksityiskohtaisia osaamisia ja työkaluja, jotka ovat käytettävissä VTT:n sisäisesti.

- Onnettomuustaaajuuden laskuri (esim. Krakat (TK3072))
- Pienoismallikokeet, laboratoriotason kokeet, esim. öljynkerääjän toiminta
- Asiantuntijahaastattelut
- Laboratorio: mm. liukoisuuskokeet
- Liukoisuusmallit (mitä liukenee maaperään, oma sovellus yleisestä mallista)
- Elinkaariarviointiohjelma (tie- ja maarakenteet, sedimenttien käsittelysovellus (melkein valmis))
- Terveysriskin arviointiohjelmat (Caltox, Risk Human, Lead Spread, EPA:n lyijymalli)
- Ekoriskin arviointi (ekologinen riski, ei käytetty oikeasti)
- Merkkiainekoe maaperässä, on-line-kuvaus merkkiaineen kulkeutumisesta (esim. suolavedellä, maaperän johtavuus)
- Aerobisen ja anaerobisen biohajoavuuden testausmenetelmät, mikrobiaktiivisuusmääritysmenetelmät, biohajoamisen simulaatiolaitteistot
- Ekotoksisuustestit; esim. akuutti toksisuus
- Molekyylibiologiset menetelmät ja laitteistot mikrobiologisiin tutkimuksiin
- Riskianalyysitekniikat, esim. HAZOP, POA, toiminnalliseen kuvaukseen perustuva SARA, häiriöpäästöjen riskianalyysin suositukset
- TK 3034: öljyn ja kemikaalien leviämismallit meressä (pintakalvon muodostavat aineet), Sykessä
- TK 3045, 3046: melulähteiden mallinnukseen tarkat 3D-mallit, siirtoteiden mallinnukseen kaupallisia itsetehtyjä malleja (vähemmän tarkkoja), melun vaikutusarviointiin on myös malleja (sekä omia että ostettuja)
- TK 2044 (+TK 2012): FDS-malli tulipalojen ja savun leviämisen mallintamiseen rakennuksissa (osittain itse kehitetty, vapaassa jakelussa), Aloft-malli savun kulkeutumisen mallintamiseen laajemmalla alueella, muutaman kilometrin säteellä, Masifire-malli (VTT:llä kehitetty)

- TK 1013, TK 1014: ympäristöriskien seurausten todentamiseen käytettäviä menetelmiä (päivittäistä monitorointitietoa, metrien tarkkuudella): http://websrv2.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/Kaynnissa/MASI/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Seminaarit/Vuosiseminaari_2006/16_Parmes_web.pdf
- TK 2051, TK 2052: TOUGH-ohjelmisto yhdisteiden kulkeutumisen mallintamiseen kyllästyneessä ja kyllästymättömässä maaperässä (Kalifornian yliopistossa kehitetty); GMS (groundwater modeling system, kaupallinen malli): mukana epävarmuustarkastelua; kallioperämalleja
- TK 3071, 3076: Raskaiden kaasujen leviämis-, räjähdys- ja lämpösäteilymalli (Riskwit) (itse kehitetty), 2D-malli maaperän ja pohjaveden haitta-aineiden kulkeutumiseen, EPA:n freeware-mallit
- TK 501: DETRA: maa- ja pintavesimalli radioaktiivisten ja reaktiivisten aineiden kulkeutumiseen, sisältää epävarmuusanalyysin; ARANO, SILAM: ilmakehässä tapahtuva leviäminen lähi- ja kaukokulkeutumisena; FEFTRA: pohjaveden ja haitta-aineiden kulkeutuminen ottaen huomioon lämpötilan, suolapitoisuuden ym. vaihtelut; CFD-mallit tulipalojen mallinnukseen; räjähtämisen simulointimalli
- TK 3045, 3046: välinekapasiteetti: mittausvälineet melun lähteiden, siirtoteiden ja vasteiden määrittämiseen
- TK 2044 (+TK 2012): savukaasunäytteen ottoon soveltuvat välineet
- TK 3026: LIPASTO. VTT:ssä kehitetty liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. Järjestelmä sisältää vuotuiset päästöjen määrän inventoinnit liikennemuodoittain sekä ajoneuvojen yksikköpäästöt. Lisätietoja <http://lipasto.vtt.fi>.

Missä voitaisiin olla hyviä, haasteet?

- Tuotteiden ja prosessien elinkaariarviointi, kokonaisuuden hallinta (kaikki mahd.), LCA-ketju
- Mittaustiedon hyödyntäminen riskien hallinnassa, häiriöiden havaitseminen, ennalta varoittava monitorointijärjestelmä
- Prosessiteollisuuden prosessien mittaus ja tulkinta
- Virtausmallintaminen sään ääri-ilmiöiden yhteydessä, esim. vesivoiman, voimalaitospatojen riskit (Fortum, energiayhtiöt)
- Mittauksen, mallintamisen ja arvioinnin yhdistäminen: tiedon hallinta
- Sensoriverkkojen kehittyminen, itseorganisoituvat sensorit, tietokoneiden laskentatehon parantuminen, ...

- Ympäristöriskien analysoinnin kokonaisketjun hyödyntämispotentiaali (kaikki, joilla kriittisiä riskikohteita, esimerkiksi kaikki toiminnot, joihin liittyy valvomo)
- Uusien teknologioiden riskien arviointi ja ennakointi, esim. nanoteknologiat
- Mallinnus on aivan liian hidasta
- TK 3034: ruoppaustoiminnan aiheuttaman samentumisen mallintaminen
- TK 3045, 3046: erityyppisten melulähteiden vaikutusarviointi puutteellista
- TK 2044 (+TK 2012): pitkäaikaismallinnus tulipaloihin (haitta-aineiden vapautuminen rakenteista), sammutusjäteveden mallintaminen (koostumus, kulkeutuminen)
- TK 2051, TK 2052: geostatistiikka, inversiot, epävarmuusarviot haitta-aineiden kulkeutumiseen maaperässä
- TK 3071, 3076: suurten pitoisuuksien kulkeutumisen mallintaminen maaperässä ja pintavedessä
- TK 501 (+TK205): bentoniitin käyttäytymisen kokeellisen ja teoreettisen osaamisen kehittäminen: hydroterminen, mekaaninen, biologinen ja kemiallinen kytkentä (suunnitelmissa).

Tekijä(t) Wessberg, Nina		
Nimeke Ympäristöturvallisuus Ympäristöriskien arvioinnin osaaminen ja haasteet		
Tiivistelmä Tutkimuksen tavoitteena oli: <ol style="list-style-type: none">1. määrittellä ympäristöriskien arvioinnin sisältö ympäristöturvallisuuden toimintakentässä2. selvittää VTT:n sisäinen ympäristöriskien arviointiin liittyvä osaaminen ja siihen liittyvät kehittämissaasteet3. tunnistaa ympäristöriskien arvioinnin ja ympäristöturvallisuuden tutkimukseen ja soveltamiseen liittyvät tulevaisuuden tarpeet ja tarpeiden aiheuttamat kehittymishaasteet. <p>Ympäristöriskien arvioinnilla tarkoitetaan haittälähteen/vaaran tunnistamisen, altistusreitit/kulkeutumisen ja altistujien/vastaanottavan ympäristön määrittämisen sekä riskien merkityksen arvioinnin ja riskien hallinnan suunnittelun muodostamaa prosessia. VTT:ssä on ennako-odotusten mukaisesti paljon osaamista, jota voidaan hyödyntää ympäristöriskien arvioinnissa. Riskien arvioinnin kvalitatiivisten ja kvantitatiivisten menetelmien kehittäminen ja soveltaminen ovat VTT:n vahvoja osaamisalueita. Lisäksi yksittäisistä osaamisalueista VTT:ssä korostuu maaperämallinnuksen osaaminen. Sen sijaan ilma- ja vesipuolen osaaminen ei ole vahvaa VTT:ssä, joten siihen liittyvät tiedon ja osaamisen tarpeet kannattaa hankkia VTT:n ulkopuolisten osaajien kanssa verkottamalla.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena on ymmärretty, että ympäristöriskien arvioinnin keskeisiä haasteita ovat:</p> <ol style="list-style-type: none">1. olemassa olevan tiedon (erityisesti mallintamisen, mittauksen ja monitoroinnin sekä annos-vastetiedon) hyödyntäminen ympäristöriskien arvioinnissa2. monialainen asiantuntijayhteistyö riskien arvioinnissa3. ympäristöriskien merkityksen arvioinnin kehittäminen4. ympäristöriskien arvioinnin tulosten hyödyntäminen yritysten ja muiden organisaatioiden päätöksenteossa. <p>Selvityksen johtopäätöksenä suositellaan ympäristöriskien arvioinnin kokonaisuuden kehittämistä erillisen tutkimuksen hankekokonaisuuden avulla. Tutkimushankkeen yhteydessä pystyttäisiin kokoamaan todellinen osaaminen VTT:n sisältä ja ulkopuolisilta yhteistyökumppaneilta ja soveltamaan olemassa olevaa tietoa konkreettisissa riskien arvioinnin tapauksissa. Käytännön työ loisi toimintatapoja tiedon löytymiseen ja hyödyntämiseen. Tämä on tärkeää, koska odotettavissa on, että erityisesti lainsäädännön vaatimusten kautta ympäristöriskien arvioinnista muodostuu nykyistä suuremmissa määrin rutiininomaista toimintaa, jolloin valmis toimintatapa on hyödyllinen.</p>		
ISBN 978-951-38-6902-1 (nid.) 978-951-38-6903-8 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinumero 3666
Julkaisu-aika Maaliskuu 2007	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 38 s. + liitt. 8 s.
Projektin nimi Ympäristöriskien arvioinnin kokonaisketju		Toimeksiantaja(t) VTT
Avainsanat risk assessment, risk analysis, environmental risk, competence, future		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374

Author(s) Wessberg, Nina		
Title Environmental safety Challenges and trends of environmental risk assessment		
Abstract VTT has prepared a roadmap of “Environmental safety – challenges and trends of environmental risk assessment”, the aim of which was to: 1) define the content of environmental risk assessment, 2) clarify the knowledge of environmental risk assessment in VTT, and 3) identify the future challenges and trends in environmental risk assessment. By “environmental risk assessment” we mean a process which consists of risk source, pathway and dose-response identification and analysis, as well as the planning of the risk management. VTT has a large base of knowledge concerning the assessment process, especially in qualitative and quantitative risk assessment methods and soil pathway modelling. The knowledge concerning air and water pathway modelling is not as strong, however, and networking outside of VTT is therefore recommended. Future challenges and trends in environmental risk assessment indicate that VTT would be well-advised to further develop the knowledge in the environmental risk assessment process to be applicable especially in the following areas: 1. the knowledge of modelling, measuring, monitoring and dose-response 2. multi-scientific knowledge 3. environmental risk evaluation, and the 4. risk management decision-making process. Especially new legislation will demand that an environmental risk assessment becomes an integral and routine part of planning, construction, renovation and other kinds of projects. According to this investigation, it is recommended that VTT establishes a research project where a model of the environmental risk assessment process is developed and tested, so that the demands of the future routine cases could be addressed.		
ISBN 978-951-38-6902-1 (soft back ed.) 978-951-38-6903-8 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (soft back edition) 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number 3666
Date March 2007	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 38 p. + app. 8 p.
Name of project Ympäristöriskien arvioinnin kokonaisketju		Commissioned by VTT
Keywords risk assessment, risk analysis, environmental risk, competence, future		Publisher VTT P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 20 722 4374

VTT Tiedotteita - Research Notes

- 2355 Poikkimäki, Jyrki & Koivisto, Tapio. Uusien liiketoimintamahdollisuuksien strateginen innovointi. 2006. 72 s.
- 2356 Hemmilä, Kari & Heimonen, Ismo. Ikkunoiden energialuokituksen pilotointi. 2006. 55 s. + liitt. 15 s.
- 2357 Mäkinen, Tuula, Soimakallio, Sampo, Paappanen, Teuvo, Pahkala, Katri & Mikkola, Hannu. Liikenteen biopolttoaineiden ja peltoenergian kasvihuonekaasutaseet ja uudet liiketoimintakonseptit. 2006. 134 s. + liitt. 19 s.
- 2358 Orantie, Kalervo, Ritola, Jouko & Kronlöf, Anna. Kalliotilojen ruiskutettavat vesitiiviit komposiittirakenteet. 2006. 61 s. + liitt. 88 s.
- 2359 Malm, Timo & Hämäläinen, Vesa. Turvallisuustietoinen koneiden ja tuotantolinjojen modernisointiprosessi. 2006. 36 s. + liitt. 15 s.
- 2360 Kovanen, Keijo, Heimonen, Ismo, Laamanen, Jarmo, Riala, Riitta, Harju, Riitta, Tuovila, Hanna, Kämppi, Reima, Sääntti, Jaakko, Tuomi, Timo, Salo, Suvi-Päivikki, Voutilainen, Risto & Tossavainen, Antti. Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt. Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus. 2006. 57 s. + liitt. 6 s.
- 2361 Kumpulainen, Lauri, Laaksonen, Hannu, Komulainen, Risto, Martikainen, Antti, Lehtonen, Matti, Heine, Pirjo, Silvast, Antti, Imris, Peter, Partanen, Jarmo, Lassila, Jukka, Kaipia, Tero, Viljainen, Satu, Verho, Pekka, Järventausta, Pertti, Kivikko, Kimmo, Kauhaniemi, Kimmo, Lågländ, Henry & Saaristo, Hannu. Verkkovisio 2030. Jakelu- ja alueverkkojen teknologiavisio. 2006. 89 s.
- 2362 Koponen, Pekka, Kärkkäinen, Seppo, Farin, Juho & Pihala, Hannu. Markkinahintasiigneihin perustuva pienkuluttajien sähkönkäytön ohjaus. Loppuraportti. 2006. 66 p. + app. 8 p.
- 2363 SAFIR. The Finnish Research Programme on Nuclear Power Plant Safety 2003-2006. Final Report. Ed. by Hanna Rätty & Eija Karita Puska. 2006. 379 p. + app. 98 p.
- 2364 SAFIR. The Finnish Research Programme on Nuclear Power Plant Safety 2003-2006. Executive Summary. Ed. by Eija Karita Puska. 2006. 36 p. + app. 33 p.
- 2365 Kirkinen, Johanna, Hillebrand, Kari & Savolainen, Ilkka. Turvemaan energiakäytön ilmastovaikutus – maankäyttöskenaario. 2007. 49 s. + liitt. 2 s.
- 2366 Häkkinen, Tarja, Nuutinen, Maaria, Pulakka, Sakari, Porkka, Janne, Vares, Sirje, Laitinen, Ari, Vesikari, Erkki & Pajari, Matti. VTT Digitalo. Tavoitteena kestävä rakennus ja moderni työympäristö. 2007. 88 s. + liitt. 12 s.
- 2367 Kivisaari, Sirkku, Paavola, Teemu, Pyykkö, Virpi & Saranummi, Niilo. ProViisikon tulosten arviointi. 2007. 40 s. + liitt. 5 s.
- 2368 Technology roadmap of security research. Rouhiainen, Veikko (ed.). 2007. 33 p.
- 2369 Googlen mainokset ja muita sosiaalisen median liiketoimintamalleja. Kangas, Petteri, Toivonen, Santtu & Bäck, Asta (toim.). 2007. 59 s.
- 2370 Huhta, Hanna-Kaisa, Rytönen, Jorma & Sassi, Jukka. Estimated nutrient load from waste waters originating from ships in the Baltic Sea area. 2007. 58 p. + app. 13 p.
- 2374 Wessberg, Nina. Ympäristöturvallisuus. Ympäristöriskien arvioinnin osaaminen ja haasteet. 2007. 38 s. + liitt. 8 s.

Julkaisu on saatavana

VTT
PL 1000
02044 VTT
Puh. 020 722 4404
Faksi 020 722 4374

Publikationen distribueras av

VTT
PB 1000
02044 VTT
Tel. 020 722 4404
Fax 020 722 4374

This publication is available from

VTT
P.O. Box 1000
FI-02044 VTT, Finland
Phone internat. + 358 20 722 4404
Fax + 358 20 722 4374