

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND (v)

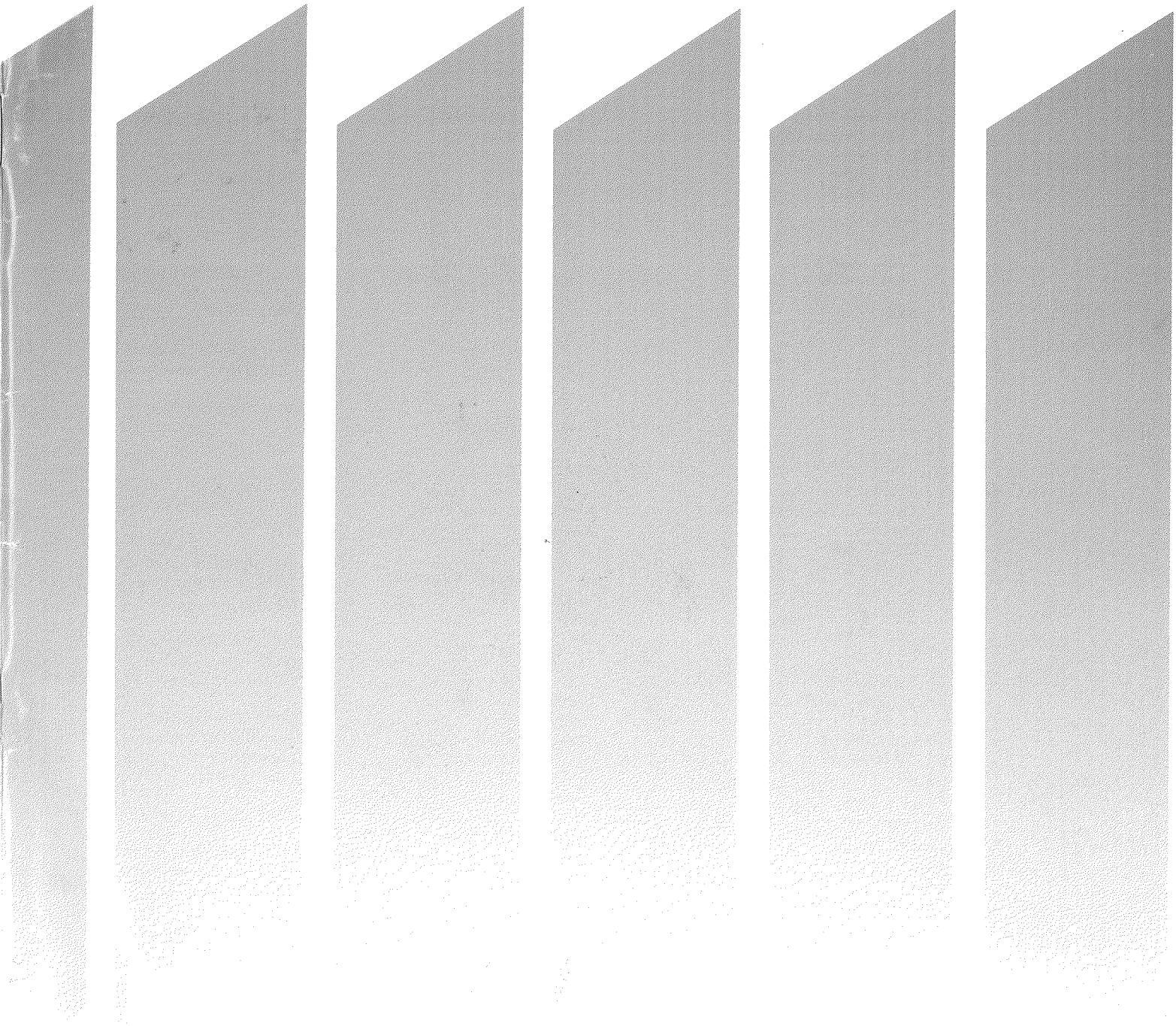


ATS

YDINTEKNIikka

3/93

vol. 22



ATS

YDINTEKNIikka

3/93, vol. 22

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura —
Atomtekniska Sällskapet i Finland r.y.

TOIMITUS

Päätoimittaja
Tkt Seppo Vuori
VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio
PL 208
02151 Espoo
P. 90-4565067

Erikoistoimittaja
FK Osmo Kaipainen
Teollisuuden Voima Oy
Annankatu 42 C
00100 Helsinki
P. 90-61802522

Erikoistoimittaja
FL Risto Paltemaa
Säteilyturvakeskus
PL 268
00101 Helsinki
P. 90-7082380

Toimitussihteeri
DI Olli Nevander
IVO International Oy
01019 IVO Rajatorpantie 8
P. 90-5082613

JOHTOKUNTA

Pj. Tkt Rainer Salomaa
TKK/Teknillisen fysiikan laitos
Otakaari 2
02150 Espoo
P. 90-4513199

Vpj. Tkl Eero Patrakka
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
P. 938-3811

Rahastonhoitaja DI Seija Hietanen
VTT/Metallilaboratorio
PL 26
02151 ESPOO
(90) 456 6897

Sihteeri DI Petra Lundström
IVO International Oy
01019 IVO
(90) 508 5422

Jäs. DI Pekka Louko
IVO International Oy
01019 IVO
P. 90-5082454

Jäs. Tkl Rauno Rintamaa
VTT/Metallilaboratorio
PI 26
02151 Espoo
P. 90-4566879

Jäs. DI Olli Vilkkamo
Säteilyturvakeskus
PL 268
00101 Helsinki
P. 90-7082372

TOIMIHENKILÖT

Yleissihteeri DI Aarno Keskinen
IVO International Oy
01019 IVO
(90) 5082535

Kans.väl.asioiden.siht.
DI Jorma Aurela
ENS
Monbijoustrasse 5
P.O.Box 5032
CH-3001 Bern
Schweiz

Ekskursios sihteeri
DI Tapio Saarenpää
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
P. 938-3814312

SISÄLTÖ

Pääkirjoitus	1
Eduskunta päätti — tosiasiat jäivät	2
Ydinvoimalaonnettomuuden mahdollisuudet ja mittasuhteet	3
Onnettomuuden hallinta Olkiluodon laitoksella .	5
Säteilyturvakeskuksen varautuminen säteily- vaaratilanteisiin	8
Kaukokulkeutumisen ennustaminen säteily- tilanteessa	10
Valtakunnallinen toiminta- valmius ydinonnetto- muuksissa	13
Kansainvälinen varautuminen onnettomuuksiin ja yhteistoiminta	15
Menetelmä ympäristön säteily- annosten arvioimiseen reaktorionnettomuus- tilanteessa	17
Joditabletit ja ydinturma ..	21
Alueellinen pelastuspalvelu- valmius ydinvoimalaitos- onnettomuudessa	23
Valmiutta Loviisan voimalaitoksella	26
Lyhyesti maailmalta	28
English abstracts	30

Professori Antti Vuorinen on Säteilyturvakeskuksen pääjohtaja, p. 90-70821.

ATS YDINTEKNIikka (22) 3/93

Varautuminen onnettomuuteen — pelastuspalvelu

Vuoden 1993 numeroiden teemat ovat:

- 1/93 Jätteiden käsittely
- 2/93 Ihminen käytön turvallisuustekijänä
- 3/93 Varautuminen onnettomuuteen — pelastuspalvelu
- 4/93 Ekskursio — Keski-Eurooppa

Vuosikerran tilaushinta muilta kuin ATS:n jäseniltä: 200 mk

Ilmoitushinnat: 1/1 sivua 2000 mk
1/2 sivua 1400 mk
1/3 sivua 1000 mk

Toimituksen osoite:

ATS Ydintekniikka
c/o Olli Nevander
IVO International Oy
01019 IVO Rajatorpantie 8
p. 90-508 2613 (suora)
telefax 90-508 3404

Lehdessä julkaistut artikkelit edustavat kirjoittajien omia mielipiteitä, eikä niiden kaikissa suhteissa tarvitse vastata Suomen Atomiteknillisen Seuran kantaa.

ISSN-0356-0473

Ydinvoimalaitos- onnettomuus — tarvitaanko pelastuspalvelua



Tiedotusvälineiden kannalta normaalisti toimiva ydinvoimalaitos ei ole uutisaihe. Laitokset toimivat varsin luotettavasti ja niitä on ympäri maailmaan. Kuitenkin aina silloin tällöin tapahtuu jotain, joka menee helposti ykkösuutiseksi ja säilyy sellaisena muutaman päivän ajan. Useimmiten nämä tapahtumat poistuvat nopeasti uutiskentästä jättämättä pysyviä jälkiä.

Eräät tapahtumat, onnettomuudet Harrisburgissa USA:ssa ja Tshernobylistä Ukrainassa, ovat kuitenkin syöpyneet monen ihmisen mieleen pitkäksi ajaksi ja julkisuuden huomio kohdistuu näihin yhä uudelleen ja uudelleen. Voidaan kysyä, onko tähän todellista aiheutta.

Ydinvoimalaitokset ovat suuria teollisuuslaitoksia, joissa on teknillisiä laitteita, rakenteita, putkistoja ja elektroniikkaa. Vuosihuoltotöiden aikana laitosalueella on työntekijöitäkin kuin pienessä kaupungissa. Ei siis ole ihme, että siellä myös vuosittain sattuu eriasteisia teknillisiä häiriöitä. Tähän on varauduttu laitosten rakenteessa, suojausjärjestelmässä ja käyttötoiminnassa.

Ryhdyttäessä rakentamaan ydinvoimalaitoksia nelisenkymmentä vuotta sitten nähtiin tarve poikkeuksellisiin toimenpiteisiin turvallisuuden varmistamiseksi laitoksissa ja niiden ympäristössä. Jo 1950-luvulla tehdyt analyysit osoittivat, että suuren reaktorin sydämeen kertyvät radioaktiiviset aineet on pystyttävä pidättämään polttoaineessa. Niiden leviäminen ympäristöön aiheuttaisi liian suuren uhkan ympäristön asukkaiden terveydelle ja ympärivälle luonnolle.

Lähes 7000 reaktorivuoden aikana on vain yhden kerran tapahtunut se, mitä ydinvoimalaitoksella ei milloinkaan saisi tapahtua. Tshernobylin tuhoisaan onnettomuuteen on syyksi osoitettu karkeat periaatteelliset ja käytännön laiminlyönnit turvallisuusasioiden hoidossa. Onnettomuuden tapahduttua ilmeni myös, että valmistautuminen tällaisen tilanteen hoitoon oli lähes kaikissa tärkeissä asioissa kovin puutteellista.

Suomessa, kuten useimmissa muissakin maissa, ydinvoimalaitosten rakennetta, suojausjärjestelmiä ja käyttöä koskevia vaatimuksia on kehitetty silmällä pitäen sitä, että terveysvaikutusten syntyminen onnettomuuksien yhteydessä pystytään estämään.

Korkeaan turvallisuustasoon päästään monin toisistaan riippumattomin varmistusmenetelmin. Lisäjärjestelyinä on katsottu tarpeelliseksi toistaiseksi varautua myös laitokselta tapahtuvaan päästöön ympäristössä, vaikka tätä mahdollisuutta pidetäänkin hyvin pienenä. Tehokkaana pelastustoiminnan avulla voidaan myös terveyteen kohdistuvat myöhäisvaikutukset rajoittaa vähäisiksi.

Suomessa on tarkkaan tutkittu ympäristöuhkaa omien voimalaitostemme lisäksi myös naapurimaissamme toimivien ydinvoimalaitosten kannalta. Näitten tutkimusten tuloksena ollaan vakuuttuneita siitä, että ydinvoimalaitokset eivät uhkaa akuutisti kansalaistemme terveyttä. Tehokkailla, varsin yksinkertaisilla ja myös lyhytaikaisilla vastatoimenpiteillä voidaan myös terveyteen kohdistuvat myöhäisvaikutukset rajoittaa vähäisiksi.

Vakavan ydinvoimalaitosonnettomuuden mahdollisesti sattua lähialueillamme meihin kohdistuvat menetykset olisivat pahimmassakin tapauksessa lähinnä aineellisia. Tärkeimmät näistä olisivat säteilyannosten välttämiseksi toteutettavat puhdistustyöt ja maankäytön rajoitukset.

Ydinvoimalaitosten kehitystyö pyrkii turvallisuuden osalta yhä luotettavampiin rakenteisiin ja onnettomuuden estämismenetelmiin, sekä häiriötilanteiden hallintaan. Vaihtoehtoisena linjana tutkitaan mahdollista paluuta pienempiin yksikkökokoihin tarkoituksella yksinkertaistaen päätyä vielä suurempaan varmuuteen vakavien onnettomuuksien estämisessä. Ääritapauksena on täydellisen varmaan suojarakennukseen sijoitettu kohtalaisen pieni reaktori. Tällöin suunnittelussa on tavoitteeksi myös asetettu mahdollisuus sijoittaa laitos asutokeskuksien välittömään läheisyyteen ilman ympäristöä koskevia valmiusvaatimuksia.

Mahdollisesti vuosisadan vaihteeseen mennessä selviää, löytyykö ehdot täyttäviä teknistaloudellisia kevyitä ratkaisuja. Pelastuspalveluvalmiudet ovat tärkeä osa sitä moniasteista turvallisuusjärjestelmää, jonka ansiosta Suomessa tuotetaan nykyaikaisilla ydinvoimalaitoksilla turvallisesti tällä hetkellä noin kolmannes käyttämästämme sähköenergiasta.



EDUSKUNTA PÄÄTTI — TOSIASIAT JÄIVÄT

Suomen ydinenergialaki säädettiin 1980-luvun puolivälissä perustuslain säätämisyjärjestyksessä. Tämä osoittaa, miten poikkeuksellisesta menettelystä oli kyse, kun eduskunta 24. syyskuuta äänesti valtioneuvoston tekemästä viidettä ydinvoimalaitosta koskevasta periaatepäätöksestä.

Voimayhtiöt olivat jättäneet uutta ydinvoimalaitosta koskevan hakemuksensa toukokuussa 1991. Valtionhallinnossa tehtiin puolen-toista vuoden aikana perusteellinen selvitystyö, jonka pohjalta valtioneuvosto teki myönteisen periaatepäätöksensä tämän vuoden helmikuussa. Ydinenergialain mukaisesti päätös alistettiin eduskunnan vahvistettavaksi.

Hakemuksen käsittelyä läheltä seuranneena voi epäröimättä väittää, että kansanedustajilla oli käytettävissään kaikki tarvittavat asiatiedot positiivisen päätöksen tekemiseksi. Että eduskunnan enemmistö siitä huolimatta äänesti ydinvoimaa vastaan, ei tapahtunut tosiasioiden vuoksi, vaan niistä huolimatta. Tosiasia on nimittäin, että elintasomme perustuu teollisuuteen, jonka keskeisiin toimintaedellytyksiin kuuluu kilpailukykyisen sähkön saanti.

Teollisuus ei voi jäädä kädet ristissä odottamaan ihmeitä tapahtuvaksi, vaan sen on ryhdyttävä valmistelemaan perusvoiman lisähankintaa vaihtoehtoisella tavalla. Muut kyseeseen tulevat tuotantomuodot eivät valitettavasti ole ympäristön kannalta kuitenkaan niin suositeltavia kuin ydinvoima.

Eduskunnan kielteinen periaatepäätös merkitsi masentavaa päätöstä yli kymmenen vuotta jatkuneille ponnisteluille, joihin on osallistunut satoihin nouseva joukko ATS:n jäseniä. He kaikki ovat tehneet parhaansa, jotta esteet uuden ydinvoimalaitoksen rakentamiselle poistuisivat. Ei ollut heidän vikansa, että päätös oli toinen: tosiasioita ei kuunneltu.

Maamme sähköstä tuotetaan ydinvoimalla lähes 30 %, ja ydinvoima on merkittävin yksittäinen sähkön hankintalähde. Ydinvoima-alalla työskentelevät tietävät tämän, ja he tietävät myös tekevänsä tulevaisuudessakin tärkeää työtä maamme hyvinvoinnin eteen. Nykyisten ydinvoimalaitosten jatkuva turvallinen ja tehokas käyttö on haaste meille kaikille. Sitä paitsi — ATS:n jäsenistö uskoo, että uuteen ydinvoimalaitoshankkeeseen palataan taas muutaman vuoden kuluttua.

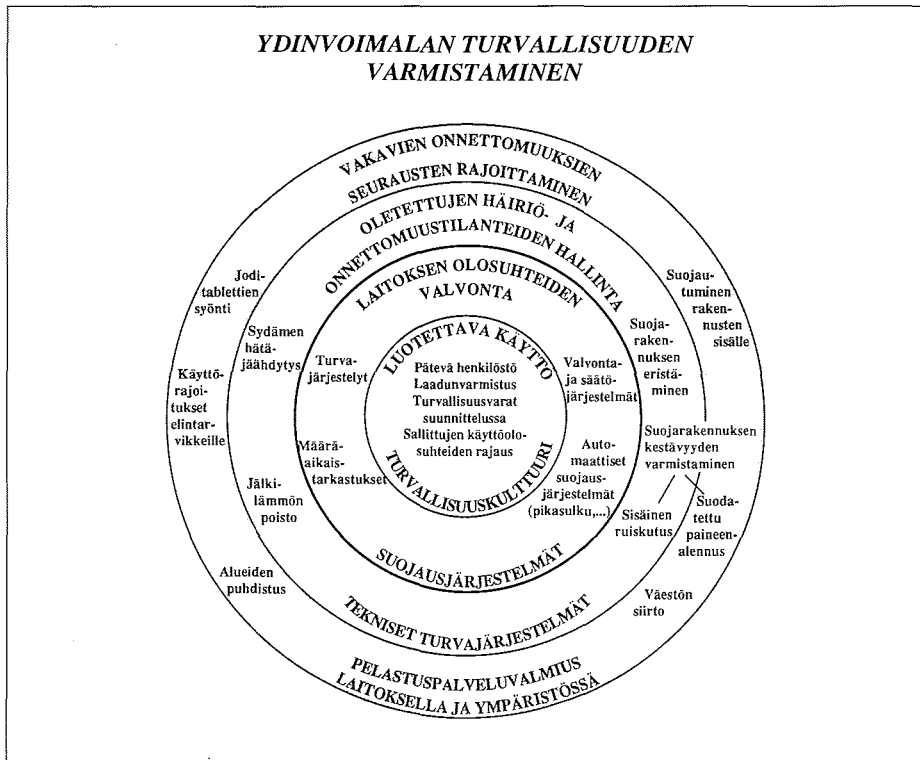
DI Eero Patrakka on Teollisuuden Voima Oy:n koulutustoimiston päällikkö ja ATS:n varapuheenjohtaja, p. 938-381 3500.

Seppo Vuori, VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio
Reino Virolainen, Säteilyturvakeskus

Ydinvoimalaonnettomuuden mahdollisuudet ja mittasuhteet



Ydinvoimaloiden suunnittelussa tavoitteena on pyrkiä kaikkiin toimenpitein estämään onnettomuuksia ja rajoittamaan niiden seurauksia. Nämä varotoimenpiteet toteutetaan usealla peräkkäisellä tasolla käyttäen automaattisia turvajärjestelmiä, hätäjähdytysjärjestelmiä sekä viime kädessä toimenpiteitä ja järjestelmiä voimalan suojarakennuksen tiiveyden säilyttämiseen myöskin äärimmäisissä onnettomuusolosuhteissa. Kaikesta huolimatta varaudutaan lisäksi sekä laitoksen sisäisesti että ulkopuolella toteutettavilla pelastuspalvelun toimenpiteillä rajoittamaan onnettomuustilanteiden väestölle ja ympäristölle aiheuttamia haittoja.



Ydinvoiman tuotannon merkittävimäksi potentiaaliseksi haittatyyppi on jo kaupallisten reaktorilaitosten varhaisessa kehitysvaiheessa tiedostettu laitosten käyttöön liittyvät onnettomuusmahdollisuudet. Tästä syystä laitosten suunnittelussa tavoitteena on pyrkiä kaikkiin toimenpitein estämään onnettomuuksia ja rajoittamaan niiden seurauksia. Mahdollisimman korkeaan turvallisuustasoon pyritään useilla peräkkäisillä varmennuskeinoilla.

Turvallisuuden varmistaminen

Suunnittelu-, valmistus-, rakennus- sekä käyttövaiheissa noudatetaan poikkeuksetta korkeita laatuvaatimuksia, mitkä vielä varmennetaan turvallisuusviranomaisten riippumattomilla tarkistuksilla. Näin pyritään vähentämään turvallisuutta uhkavien tilanteiden syntymahdollisuuksia.

Koska vaaratilanteiden syntymistä ei kuitenkaan voida täysin eliminoida, ydinvoimalalaitokset on varustettu moninkertaisilla turvajärjestelmillä, jotka toisaalta jatkuvasti tarkkailevat laitoksen tilaa mitta-laitteiden avulla ja toisaalta käynnistävät automaattisesti tarvittavat suojaustoimennot syntyneen häiriötilanteen etenemisen keskeyttämiseksi ja laitoksen palauttamiseksi turvalliseen tilaan. Tärkein tämän tyyppinen toimenpide on reaktorin pikasukku.

Siltä varalta, että laitosta ei näiden järjestelmien avulla saada normaaliin hallittuun pysäytystilaan reaktorit varustetaan turvallisuuksijärjestelmin, jotka estävät, rajoittavat tai lieventävät onnettomuuden haitallisia seurauksia. Viime kädessä radioaktiivisten aineiden vapautumista ympäristöön pyritään ehkäisemään tiiviillä suojarakennuksella. Esimerkki tällaisesta turvajärjestelmästä onnistuneesta toiminnasta on Yhdysvalloissa 1979 tapahtunut Harrisburgin reaktorionnettomuus, jossa päästöt ympäristöön jäivät merkitykseltään vähäisiksi, vaikka itse reaktori vaurioituiinkin pahasti.

Konkreettinen esimerkki suojaustoimenpiteiden epäonnistumisesta on laajalla alueella ympäristöä saastuttanut Tshernobylin reaktorionnettomuus. Kyseistä reaktorityyppiä käytetään ainoastaan entisen Neuvostoliiton alueella ja onnettomuus aiheutui teknisesti epäedullisten ominaisuuksien lisäksi joukosta tietoisia virheitä, jotka saattoivat laitoksen erittäin epäedullisiin olosuhteisiin. Vakavia onnettomuuksia on lisäksi sattunut sotilaallisissa laitoksissa (esimerkiksi Windscale) sekä tutkimus- ja prototyyppireaktoreissa, jotka kuitenkin eroavat rakenteensa ja turvallisuustavoitteidensa puolesta täysin nykyisistä sähköntuotantoon käytetyistä ydinvoimalaitostyypeistä.

Maailmalla olevissa lähes 500 ydinvoimalaitoksessa sattuu luonnollisesti vuosittain runsaasti erilaisia käyttöhäiriöitä, joista ei yleensä aiheudu vaurioita reaktoreille eikä päästöjä ympäristöön. Kansainväliset organisaatiot (IAEA ja OECD/NEA) pitävät kuitenkin tärkeänä välittää avoimesti kokemukset näistä pienistäkin häiriöistä jäsenmaitensa käyttöön, jotta laitoksia käytettäessä ja uusia suunniteltaessa ja rakennettaessa vastaavan kaltaisia onnettomuuksien syntyyn johtavia tapah-tumia ja syitä voitaisiin mahdollisimman pitkälle välttää.

Onnettomuusmahdollisuudet

Erilaisia onnettomuusmahdollisuuksia on periaatteessa rajaton määrä ja niiden välisiä eroavuuksia aiheuttavat alkusyiden ohella eri turvajärjestelmien vioittumisten määrä. Valtaosa tilanteista on sellaisia, joissa turvajärjestelmät pystyvät takamaan reaktorilaitoksen olosuhteiden pysymisen normaalilla alueella ja radioaktiivisten aineiden vuotoa ympäristöön ei tapahdu. Välialueelle asettuvat sellaiset häiriötilanteet, joissa reaktorin polttoaine vaurioituu jossain määrin, mutta tilanne säilyy ympäristöpäästöjen kannalta täysin hallinnassa ja reaktori voidaan lyhyehkön seisoikin jälkeen palauttaa normaaliin toimintaan.

Varsinaisiin onnettomuustilanteisiin joudutaan silloin, kun lähes kaikki turvajärjestelmät pettävät. Näissäkin tilanteissa valtaosassa tapauksia viimeinen vapautumisesta radioaktiivisten aineiden ympäristöpäästöille — suojarakennuksen säilyminen riittävän tiiviinä — pystyy estämään onnettomuuden vakavat ympäristöseuraukset, vaikkakin taloudelliset tappiot ovat huomattavat reaktorin tullessa pitkäaikaisesti tai lopullisesti käyttökelvottomaksi.

Eri reaktorityypeille on olemassa kullekin tyyppisiä perussyitä onnettomuuksien syntymiselle. Kaikille reaktorityypeille yhteinen syy on se, että reaktorisydämessä kehittyvä lämpö radioaktiivisten hajoamisen kautta vielä pitkään ketjureaktion pysähtymisen jälkeen. Lämmöntuotto on ensitunteina muutamia prosentteja reaktorin tehosta ja tulee ongelmattoman pieneksi vasta useiden päivien tai viikkojen kuluttua. Häiriötilanteissa reaktorisydämen jäähtymisen jatkuminen riittävän kauan häiriötilanteen jälkeen on välttämätöntä, jotta reaktorin polttoaine ei ylikuumenisi ja vaurioituisi sekä lopulta sulaisi. Niinpä esimerkiksi Lovisan ja Olkiluodon kaltaisissa kevytvesireaktoreissa on erityiset moninkertaisesti varmennetut hätäjäähdytysjärjestelmät, jotka huolehtivat jäähdytysveden määrän ja kierrätyksen riittävydestä myös normaali-järjestelmien toiminnan lakkaamisen jälkeen.

Tshernobylin ydinvoimalaitoksen kaltaisissa reaktoreissa on edellä kuvatusta poikkeava toisentyypinen mahdollisuus vakavan onnettomuuden käynnistymiseen, koska laitoksen reaktorifysikaalisista ominaisuuksista johtuen sen tehonkehitys ei tietyissä olosuhteissa luontaisesti alenekaan riittävän nopeasti itsestään. Tästä reaktorityypistä puuttuu ominaisuus, joka itsestään alentaa ketjureaktion nopeutta jäähdytteen tiheysmuutoksista johtuvien takaisinkytkentöjen takia riippumatta teknisten pikasulkujärjestelmien käynnistymisestä. Tällöin on olemassa mahdollisuus, että reaktorin teho nousee wyörynomaisesti olennaisesti normaalia tasoa korkeammalle. Vaikka teho tässäkin reaktorityypissä lopullisesti alkaa itsestään laskea, ehtii reaktorisydän pahasti vaurioitua. Juuri tällainen tapahtumakulku aiheutti Tshernobylin onnettomuuden. Onnettomuuden jälkeen on myös tämän tyyppisten laitosten turvallisuusominaisuuksia parannettu ja täysin vastaavan tilanteen syntymistä uudelleen ei pidetä kovin todennäköisenä.

Ydinvoimalaitoksia suunniteltaessa tutkitaan monenlaisia onnettomuuksia, joita laitokselle saattaisi sattua. Laitos ja sen turvajärjestelmät pyritään mitoittamaan niin, ettei reaktori näiden onnettomuuksien sattuessa vaurioidu edellyttäen, että asianmukaiset varajärjestelmät toimivat suunnitellulla tavalla. Laitoksen toimintaa tällaisissa oletetuissa onnettomuustilanteissa selvitetään teoreettisilla laskentamalleilla, joiden käyttökelpoisuus pyritään huolellisesti varmistamaan laajoissa kansainvälisenä yhteistyönä toteutettavissa kokeellisissa tutkimuksissa.

Käytännössä on osoittautunut, että noin parinkymmenen tyyppionnettomuuden tutkiminen käyttäen pessimistisiä oletuksia sekä laskentamallien että onnettomuutta pahentavien lisävikojen osalta antaa myös kokonaisuudessaan kattavan kuvan laitoksen selviytymisestä erilaisista onnettomuustilanteista.

Todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi

Käytännössä ei voida sulkea täysin pois sellaisia onnettomuustapahtumia, joissa useat toisiaan varmistavat turvajärjestelmät pettävät, mistä seuraa reaktorin paha vaurioituminen. Reaktorionnettomuuksien aiheuttamien ympäristöriskien systemaattinen ennustaminen tehdään todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin avulla, joka on monivaiheinen tehtävä. Aluksi kartoitetaan laajasti häiriötilanteisiin johtavia syitä ja tapahtumia. Alkusyöt kartoitetaan tutkittavan laitoksen omien käyttökokemusten perusteella, joita täydennetään sekä vastaavan tyyppisten laitoksien kokemuksilla että ydinvoimaloiden käytöstä maailmanlaajuisesti saaduilla kokemuksilla.

Todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin ensimmäisen tason tavoitteena on selvittää laitoksen turvajärjestelmien luotettavuutta, mikä kattaa sekä turvajärjestelmien toiminnan lämpö- ja virtaustekniikan analysoinnin että järjestelmien vikaantumistodennäköisyyden arvioinnin. Häiriötilanteista johtuvien alkutapahtumien luonteen mukaisilla tapahtumakäivioilla selvitetään erilaiset onnettomuusmahdollisuudet eli onnettomuusketjut. Onnettomuusketju syntyy, kun alkutapahtuman lisäksi useat toisiaan varmentavat järjestelmät vioittuvat alkutapahtuman jälkeen, eikä reaktorin jälkilämpöä kyetä poistamaan riittävän tehokkaasti. Yhdistelemällä onnettomuuksien eri alkutapahtumien ja turvajärjestelmien epäonnistumisten todennäköisyydet saadaan kokonaisnäkemys todennäköisyydestä, jolla reaktorisydän voi vaurioitua vakavasti. Tällaisista onnettomuuksista aiheutuvat radioaktiivisten aineiden päästöt ja ympäristöseuraukset ovat voimakkaasti riippuvaisia laitoksen teknisistä yksityiskohdista. Aihepiiriin kohdistetaan jatkuvasti varsin laaja tutkimuspanos ja sitä suoritetaan laajana kansainvälisenä yhteistyönä.

Sekä teoreettisen että kokeellisen tutkimuksen kautta saadaan luoduksi entistä luotettavampi kuva vakavien reaktorionnettomuuksien fyysikaaliskemialliseen kulkuun vaikuttavista ilmiöistä ja tekijöistä. Tutkimuksen avulla voidaan hankkia tarvittavat taustatiedot selvitetäessä, onko jokin käytössä oleva ydinvoimalaitos haavoittuva tietyille vakavissa reaktorionnettomuuksissa syntyville olosuhteille ja miten suojarakennuksen säilyminen tiiviinä näissäkin olosuhteissa voidaan taata sopivien teknisten järjestelmien tai aktiivisten toimenpiteiden avulla. Uusien reaktorilaitosten osalta voidaan jo alkuperäisessä mitoituksessa ja osajärjestelmien keskinäisen sijoittelun valinnalla vaikuttaa laitoksen mahdollisuuksiin selviytyä

myös vakavista reaktorionnettomuuksista ilman merkittäviä päästöjä ympäristöön.

Viimeisenä vaiheena analysoitaessa reaktorionnettomuuksien aiheuttamia ympäristöriskkejä on selvittää laskennallisesti radioaktiivisten aineiden päästöjen leviämistä ympäristössä ja niistä aiheutuvia säteilyannoksia sekä ulkoisten että sisäisten altistusmuotojen kautta. Todella vakavia seurauksia voi aiheutua ainoastaan hyvin epäedullisissa sää- ja ympäristöolosuhteissa.

Pelastuspalvelun vastatoimenpiteet

Tässä lehden numerossa erityisaiheena olevan pelastuspalvelun tavoitteena on pyrkiä lievittämään tai rajoittamaan onnettomuuksien aiheuttamia seurauksia ympäröivälle väestölle, mikäli kaikista varotoimenpiteistä huolimatta joudutaan tilanteeseen, jossa huomattavia määriä radioaktiivisia aineita on vapautunut ympäristöön tai tällaisen tilanteen syntyminen vaikuttaa uhkaavalla. Pelastuspalveluun kuuluvat vastatoimenpiteet voidaan jakaa kahteen pääluokkaan sen mukaan, pyritäänkö torjumaan välittömästi ilmeneviä terveyshaittoja vai pitkällä aikavälillä aiheutuvaa säteilyaltistusta ja samalla viivästyneenä ilmeneviä terveyshaittoja.

Tärkein suojautumistapa välittömiä vaikutuksia vastaan on suojautuminen sisäoleoissa asunnoissa. Suojautumista voidaan tarvittaessa tehostaa esimerkiksi haikutumalla erityisiin väestösuojiin, mikäli viranomaiset katsovat onnettomuuden vakavuuden sitä edellyttävän. Suomalaisen laitosten osalta tehostettuun suojautumiseen on varauduttu 20 km säteellä laitoksista. Mikäli päästön tapahtumishetki on luotettavaasti ennakoitavissa, samoin kuin leviämisuunta, voidaan lähellä laitosta harkita suoritettavaksi väestön tilapäinen suojaväistö hyvissä ajoin ennakkoon. Joditabletteja ennen altistusta nauttimalla voidaan pienentää kilpirauhaseen kohdistuvaa säteilyaltistusta, mikäli kyseessä on onnettomuus, jossa merkittäviä määriä radioaktiivista jodia on vapautunut ympäristöön. Joditableteilla ei ole vaikutusta muista aineista, kuten jalokaasuista, aiheutuvan altistukseen eikä muihin elimiin kohdistuvaan säteilyaltistukseen. Pidemmällä aikavälillä voidaan joutua asettamaan elintarvikkeiden käytölle rajoituksia tai turvautumaan väestön pitkäaikaisempaan siirtoon pois saastuneelta alueelta, kunnes säteilyn taso joko luonnollisesti tai puhdistustoimien avulla on laskenut riittävän alhaiseksi.

Myös erilaisten vastatoimenpiteiden tehokkuutta seurausten lievittäjänä voidaan tutkia käyttäen todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin menetelmiä.

Tkt Seppo Vuori on VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorion turvallisuusustekniikan jaoston johtava tutkija, p. 456 5067.

Ylitarkastaja Reino Virolainen on säteilyturvakeskuksen luotettavuusjaoksen päällikkö, p. 90-70821.

ONNETTOMUUDEN HALLINTA OLKILUODON LAITOKSELLA



Artikkelissa kuvataan onnettomuuden hallintaa TVO:n laitosyksiköllä. Onnettomuuden hallinta tapahtuu kolmella tasolla: Laitoksen suunnittelun perustana olleiden häiriöiden ja onnettomuuksien hallinta tapahtuu pääosin laitoksen automaation ja turvallisuusjärjestelmien avulla. Suunnittelun ulkopuolisten onnettomuustilanteiden hallinta taas tapahtuu hätätilanneohjeiden mukaisin ohjaajien toimenpitein. Viimeisenä onnettomuuden hallintakeinona pyritään vakavan reaktorionnettomuden jo tapahtunutta rajoittamaan sen ympäristöseurauksia.

ONNETTOMUUKSIEN HUOMIOONOTTAMINEN LAITOSSUUNNITTELUSSA

Radioaktiivisten aineiden pääsy ydinvoimalaitoksesta ympäristöön on estetty useiden peräkkäisten esteiden avulla:

- Uraanipolttoaine on keraamisina pelletteinä, jotka sitovat itseensä suurimman osan uraanin radioaktiivisista halkeamistuotteista.
- Polttoainepelletit on pakattu zirkoniumseoksesta valmistettuihin kaasutiiviisiin putkiin.
- Reaktorin sydän koostuu polttoainesauvojen muodostamista nipuista, joita jäähdyttävä vesi ympäröi.
- Reaktorin sydän on sijoitettu teräksessä valmistettuun paineastiaan, jonka seinämän paksuus on noin 15 cm.
- Paineastia on sijoitettu esijännitetystä betonista valmistettuun suojarakennukseen, jonka ulkoseinän paksuus on hieman yli metrin. Seinän sisään on valettu 5 mm paksuinen teräksinen tiivistepelti, jonka ansiosta suojarakennuksen painetta kantava ulkoseinä on kaasutiivis. Lisäksi paineastiaa ympäröi kahden metrin paksuinen betonivaippa, joka vaimentaa reaktorista tulevan suoran säteilyn.
- Suojarakennus sijaitsee puolestaan reaktorirakennuksessa, joka pidetään il-

mastointijärjestelmien avulla lievästi alipaineisena. Reaktorirakennuksen poistoilmavirtaus kulkee suodattimien kautta.

Onnettomuuden hallinta tarkoittaa sitä, että onnettomuustilanteissa pyritään mahdollisimman moni edellä mainituista radioaktiivisuuden leviämistä estävistä rajoista pitämään eheänä. Tämä tavoite on laitoksen suunnittelussa otettu huomioon seuraavilla tavoilla:

- Reaktorin fysikaaliset ominaisuudet ovat sellaiset, että ne luonnostaan pyrkivät vastustamaan tehon kasvua. Mikäli jokin ulkoinen häiriö saa aikaan pienen reaktoritehon nousun, on tuloksena polttoaineen lämpötilan ja jäähdytteen sisältämän höyrymäärän kasvu. Nämä ilmiöt puolestaan pyrkivät vähentämään uraanipolttoaineessa tapahtuvien fissioiden määrää. Näin itse luonnonlait takaavat, ettei kevytvesireaktorin teho pääse karkaamaan hallitsemattomaan kasvuun.
- Laitoksen normaalin käynnin aikana säätöjärjestelmät valvovat ja ohjaavat prosessia. Nämä järjestelmät pystyvät eliminoimaan pienten sisä- ja ulkopuolisten häiriöiden vaikutukset prosessiin siten, ettei itse laitoksen käyttö vaarannu. Mikäli häiriö on niin paha, etteivät pelkät säätöjärjestelmät riitä eliminoimaan sen vaikutuksia, reaktorin suojausjärjestelmän tehtävä on estää häiriön kehittyminen vakavammaksi. Lievemmissä tapauksissa tähän voi riittää reaktoritehon alentaminen pääkiertopumppujen nopealla alaspäinohjauksella. Pahemmissa häiriötilanteissa reaktori sammutetaan pikasulkujärjestelmän avulla ampumalla säätösauvat sydämeen hydraulisesti.

— Laitoksen saattamiseen turvalliseen tilaan häiriön tai onnettomuuden jälkeen ovat käytettävissä erityiset turvallisuusjärjestelmät. Nämä on jaettu neljään osajärjestelmään, joista kahden toiminta on riittävää saattamaan laitos turvalliseen tilaan kaikissa onnettomuustilanteissa, aina ns. suunnittelun perusonnettomuuksiin saakka. Hätäjäähdytys- ja jälkilämmönpoistojärjestelmien osalta tällainen suunnittelun perusonnettomuus on suurimman paineastiaan liittyvän putkilinjan katkos suojarakennuksen sisäpuolella.

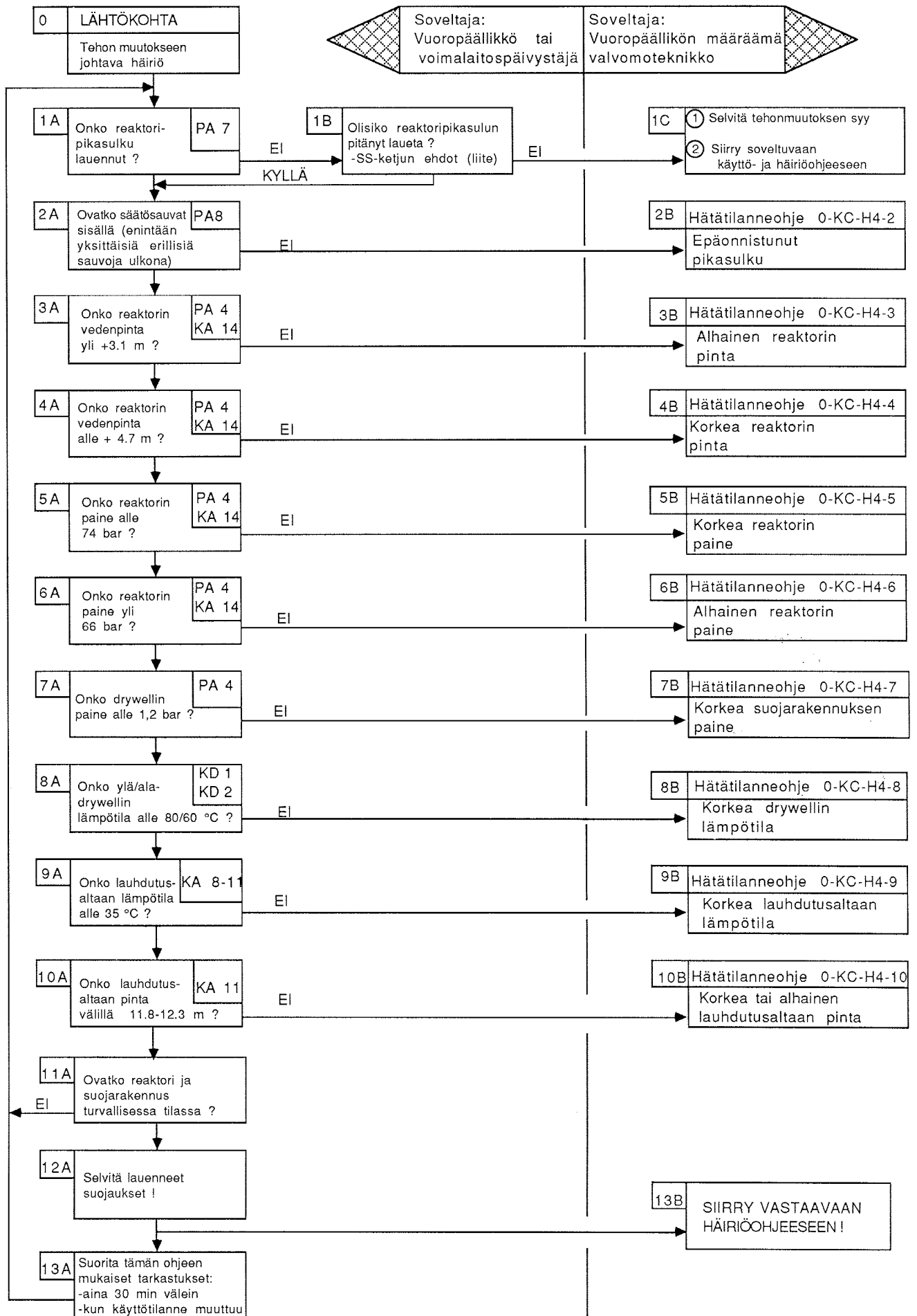
— Turvallisuusjärjestelmien osajärjestelmät ovat toisistaan riippumattomia ja fyysisesti eroteltuja, niin ettei esimer-

kiksi tulipalo yhden osajärjestelmän tiloissa voi vaikuttaa muihin osajärjestelmiin. Kutakin turvallisuusjärjestelmien neljästä osajärjestelmästä voidaan tarvittaessa syöttää erillisestä varavoimadieselistä. Näin turvallisuusjärjestelmät voivat toteuttaa tehtävänsä myös siinä tapauksessa, että laitoksen yhteydet ulkoiseen sähköverkkoon menetetään.

- Turvallisuustoiminnot on automatisoitu pitäen tavoitteena ns. 30 minuutin sääntöä. Tämä tarkoittaa, ettei laitoksen saattamiseksi turvalliseen tilaan häiriön tai onnettomuuden jälkeen vaadita käyttöhenkilökunnan toimenpiteitä ensimmäisen puolen tunnin aikana. Periaatteessa tämä aika on käyttöhenkilökunnan käytettävissä tilanteeseen perehtymistä ja tarvittavista jatkotoimenpiteistä päättämistä varten. Näin voidaan pienentää kiireisiin toimenpiteisiin aina liittyvän inhimillisen virheen mahdollisuutta.

SUUNNITTELUOPERUSTEIDEN ULKOPUOLISET ONNETTOMUUSTILANTEET

Normaalisti helpostikin hallittavissa oleva häiriö laitoksen toiminnassa voi kehittyä todelliseksi onnettomuudeksi, mikäli suojaus- tai turvallisuusjärjestelmät eivät häiriön jälkitilanteessa toimi suunnitellulla tavalla. Tällaisessa tapauksessa vaaditaan käyttöhenkilökunnan puuttumista tapahtumien kulkuun, jotta reaktorisydämen vaurioituminen voitaisiin estää. Tällaista suunnitteluperusteiden ulkopuolisissa tilanteissa tapahtuvaa toimintaa varten on laadittu erityiset hätätilanneohjeet. Hätätilanneohjeiden tehtävänä on systematisoida käyttöhenkilökunnan toimintaa ja varmistaa, että laitoksen järjestelmiin sisältyvä koko onnettomuudenhallintapotentiaali tulee hyväksikäytetyksi. Hätätilanneohjeiden mukaisten toimenpiteiden oikea-aikainen käynnistäminen edellyttää, että suunnitteluperusteiden ulkopuoliseen tilaan joutuminen voidaan havaita mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tätä varten muutamille turvallisuuden kannalta tärkeimmille suureille on määritelty rajat, joiden ylittyminen on merkinä siitä, että kyseessä on ainakin odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä vakavampi tilanne. Tällaisen turvallisuuden kannalta keskeisen suuren epänormaalin käyttäytymisen, "oireen", tultua havaituksi ryhdytään soveltamaan vastaavan oireen mukaan nimettyä hätätilanneohjetta kyseisen suureen palauttamiseksi normaalille vai-



Häiriön seurantaohjeen tarkastuskaavio. Kielteinen vastaus jonkin turvallisuudelle tärkeän suureen arvoa koskevaan kysymykseen merkitsee "oiretta", jonka hoitoon on olemassa erityinen häätätilanneohje.

teluvälille. Tästä käytettävasta johtuen hätätilanneohjeistoa kutsutaan oirepohjaiseksi.

Oirepohjaisen hätätilanneohjeen etu on siinä, että sitä voidaan soveltaa onnettomuustilanteen hallintaan, vaikka alkuvaiheessa ei olisikaan täyttä selvyyttä siitä, minkälainen häiriö laitoksella on tapahtunut. Itse hätätilanneohjeeseen sisältyvien tarkastusten tulokset määräävät sitten ne korjaavat toimenpiteet, joihin käyttöhenkilökunnan tulee ryhtyä. Korjaavat toimenpiteet voivat olla esimerkiksi dieselsähkön siirto naapuriyksiköltä turvallisuusjärjestelmien tarpeisiin tätä varten rakennettua kiinteätä kaapeliyhteyttä hyväksi käyttäen, turvallisuusjärjestelmien laitteiden käynnistäminen laitoksen leluhuoneista tai kytkinlaitoksilta käsin jne.

Korjaaviin toimenpiteisiin käytettävissä oleva aika vaihtelee riippuen kyseessä olevasta häiriöstä. Reaktorin sammutuksen epäonnistuessa täysin voi aikaa olla käytettävissä vain joitakin minutteja, syöttöveden menetystilanteessa noin puoli tuntia ja jälkilämpöpoiston menetystilanteessa useita tunteja.

Hätätilanneohjeisiin sisältyy paljon tarkastustoimenpiteitä, jotka koskevat mm. eri laitteiden tilaa tai joidenkin suureiden arvoja. Tarkastusten vaatima tieto on saatavissa valvomon näyttölaitteilta, mutta lisäksi ollaan parhaillaan ottamassa käyttöön tietokonepohjaista SPDS- (Safety Parameter Display System) järjestelmää, jossa halutun hätätilanneohjeen vaatima tieto on kerralla saatavissa monitorin näytölle.

VAKAVIEN ONNETTOMUUKSIEN SEURAUSTEN LIEVENTÄMINEN

Mikäli suunnittelun ulkopuolisessa onnettomuustapauksessa laitosta ei saada palautetuksi turvalliseen tilaan hätätilanneohjeiden mukaisillakaan toimenpiteillä, saattaa tuloksena olla vakava reaktorionnettomuus. Tällöin reaktorisydämeen syntyy huomattavia vaurioita, ja esteettä kehittyessään onnettomuus voi uhata myös suojarakennuksen cheyttä ja tiiveyttä. Vakavan reaktorionnettomuuden syntymisen alkaessa näyttää ilmeiseltä onnettomuuden hallintatoimin pyrittävä turvaamaan suojarakennuksen painetta kantavan ulkokuoren cheys ja tiiveys. Hätätilanneohjeet sisältävät viitteitä siitä, miten paljon ohjeissa kuvattuihin korjaaviin toimenpiteisiin on käytettävissä aikaa. Näiden aikarajojen ylittyessä hätätilanneohjeet neuvovat käynnistämään vakavaan reaktorionnettomuuteen varautumistoimenpiteet. Näistä toimenpiteistä on olemassa oma hätätilanneohjeensa, jossa puolestaan on tarpeelliset viittaukset valmiussuunnitelman mukaisen toiminnan käynnistämiseksi. Koska vakaviin reaktorionnettomuuksiin varautuminen ei ole kuulunut TVO:n laitosyksiköiden alkupe räisiin suunnittelutavoitteisiin, on tätä varten toteutettu vuosina 1988-89 joukko laitosmuutoksia (ks. esim. ATS Ydintekniikka n:o 3/88). Vakavien onnettomuuksien varalta rakennetut järjestelmät on

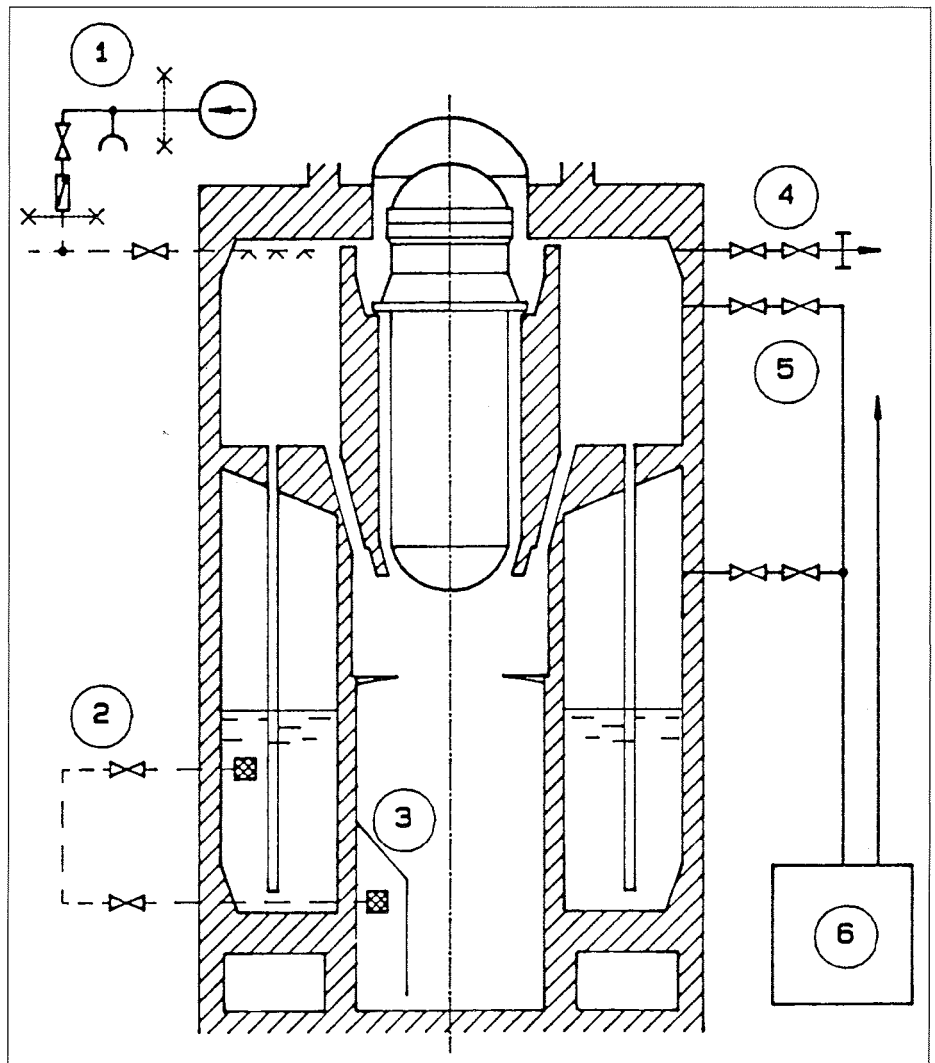
pyritty saattamaan mahdollisimman riippumattomiksi laitoksen muista järjestelmistä. Niinpä järjestelmien toimintaan ei liity automatiikkaa, eivätkä laitteet tarvitse toimiakseen sähkönsyöttöä laitoksen normaaleilta sähköjärjestelmiltä. Vakavien onnettomuuksien hallinnan kannalta välttämättömät mittaukset saavat sähkönsyöttönsä erilliseltä, vain tätä tarkoitusta varten rakennetulta järjestelmältä. Tarvitavat venttiilioperaatiot suoritetaan joko käsin tai siirrettävän arillisen aggregaatin tuottaman sähkön avulla. Vakavien onnettomuuksien hallintatoimenpiteitä ovat mm. Reaktorin paineen alennus, jotta voidaan pienentää suojarakennuksen kuormituksia aineastian mahdollisessa puhkisulamistilanteessa.

- Reaktorin alapuolisen tilan tulvitus lauhdutusaltaan vedellä suojarakennuksen alaosaan olevien läpivientien suojaamiseksi.
- Suojarakennuksen vesitäyttö ulkopuolisesta lähteestä palovesijärjestelmää hyväksi käyttäen.

— Hallittu suojarakennuksen paineen alennus erityisen suodattimen kautta.

Näiden hallintatoimenpiteiden avulla voidaan täysimittaisessa sydämensulamisonnettomuudessakin rajoittaa pitkäaikaista ympäristön kontaminoitumista aiheuttavien radioaktiivisten aineiden päästö valtionneuvoston päätöksen 395/91 edellyttämälle tasolle (Cs-137 -päästö alle 100 TBq). Jalokaasupäästöjä ei voida suodattamalla pienentää, mutta päästöä viivästyttämällä jalokaasujen aiheuttama suora säteilyannos voidaan pitää tasolla, joka ei aiheuta akuutteja terveyshaittoja ympäristön väestölle, vaikka mitään suojaamista ei edellytettäisikään toteutettavaksi.

DI Seppo Koski on Teollisuuden Voima Oy:n reaktoriturvallisuusjaoksen päällikkö, p. 938-381 3220.



Vakavan reaktorionnettomuuden lieventämiseksi v. 1988-89 asennetut järjestelmät.

1. Suojarakennuksen vesitäyttö
2. Reaktorin alapuolisen tilan tulvitus.
3. Suojarakennuksen alaosan läpivientien suojaus
4. Suojarakennuksen ylipainesuojaus
5. Suojarakennuksen suodatettu paineenalennus
6. Suodatin

SÄTEILYTURVAKESKUKSEN VARAUTUMINEN SÄTEILYVAARATILANTEISIIN



Säteilyturvakeskuksen valmius-toiminnan tärkein tavoite on ylläpitää valmiutta normaalista poikkeavien säteilytilanteiden varalta. Tällaisessa tilanteessa keskus kokoaa ja käsittelee säteilytilannetiedot, ja antaa niiden perusteella säteilysuojelutoimenpiteitä koskevat suositukset. Tähän pystyäksemme on mahdollisen uhkatilanteen toiminta ja resurssit suunniteltava jo normaaliaikana. Vaaratilanteissa Säteilyturvakeskukset vaaditaan asiantuntemuksen lisäksi ripeyttä arvioida tilanne ja sen merkitys suomalaisten säteilyturvallisuudelle, jotta toiminta häiritsevien vaikutusten minimoimiseksi saadaan käynnistettyä ajoissa.

SÄTEILYVAARATILANTEET JA TILANTEIDEN SEURAUKSET

Säteilyvaara voi aiheutua onnettomuudesta tai sodankäynnistä. Koko maapalloa koskeva laskeumatilanne voi syntyä vain laajamittaisen ydinaseiden käytön seurauksena. Muissa onnettomuustilanteissa, joissa ympäristöön voi vapautua suuria määriä radioaktiivisia aineita, tapahtuman vakavat seuraukset ulottuvat korkeintaan muutaman sadan kilometrin etäisyydelle.

Jos tilanne on vakava, joudutaan tekemään suojelutoimenpiteitä. Suojelutoimenpiteillä pyritään estämään kokonaan säteilyn välittömät vaikutukset (säteilysairaus, pian tapahtuva kuolema) ja vähentämään myöhäisvaikutusten määrää (syöpä ja perinnölliset vaikutukset). Vastatoimenpiteillä suojataan ihmiset niin hyvin kuin se käytännöllisesti on mahdollista ja perusteltua. Koska suojaustoimenpiteillä on laajat seurauksivaikutukset koko yhteiskunnan toimintaan, tulee ennen niihin ryhtymistä varmistaa, että niillä saavutetaan enemmän hyötyä kuin haittaa ja että saavutettu hyöty on maksimaalinen.

Vakavassa tilanteessa ensimmäinen toimenpide on ihmisten suojautuminen sisätiloihin, joditablettien nauttiminen sekä karjan ja sen tarvitseman rehun suoja-

minen. Sisällesuojautuminen kestää siihen asti, kunnes radioaktiivinen pilvi on poistunut ja ilma puhdistunut, todennäköisesti korkeintaan pari päivää.

Akuuttivaiheen jälkeiset toimenpiteet vaihtelevat tilanteen mukaan. Saastunut alue pyritään puhdistamaan mahdollisimman tarkoin. Väestö tai osa siitä voidaan joutua siirtämään väliaikaisesti pois puhdistustoimien ajaksi. Tänä aikana annetaan oleskelua ja kulkua koskevia rajoituksia. Mikäli puhdistustoimet eivät ole riittävät, voidaan maa- ja vesialueiden käytölle joutua antamaan useita vuosia kestäviä tai jopa pysyviä rajoituksia. Myöhäisvaiheessa kehoon joutuu radioaktiivisia aineita elintarvikkeiden mukana. Altistusta pienennetään antamalla elintarvikkeiden käyttörajoituksia, joihin vaikuttaa paitsi elintarvikkeen aktiivisuuspitoisuus myös se kuinka paljon elintarviketta käytetään, voidaanko aktiivisuutta vähentää eri ruoanvalmistusmenetelmillä sekä onko saatavilla puhtaampia, korvaavia elintarvikkeita. Myös elintarviketuotantoa muuttamalla ja suuntaamalla uudelleen voidaan radioaktiivisten aineiden määrää vähentää elintarvikkeissa.

VALPPAUTTA TARVITAAN

Sopimukset ilmoitusvelvollisuudesta

Jotta tarpeelliset toimenpiteet voitaisiin tehdä ennen kuin tilanne muuttuu vakavaksi, tarvitaan tieto uhkaavasta tilanteesta mahdollisimman aikaisin. Suomi on allekirjoittanut tätä varten IAEA:n yleissopimuksen ydinonnettomuuden paikaisesta ilmoittamisesta. Suomella on sen lisäksi kahdensivuliset sopimukset Pohjoismaiden, Neuvostoliiton ja Saksan kanssa. Nykyisin Venäjä vastaa Neuvostoliiton sopimuksen velvoitteista. Suomessa Säteilyturvakeskus on toimivaltainen viranomainen näiden sopimusten soveltamisessa. Valtioiden välisten sopimusten lisäksi viime vuonna Suomi yhdessä Pohjoismaiden ja Saksan kanssa hankki satelliittiasemat Suomen lähialueen ydinlaitoksille (Sosnovyi Bor, Kuola ja Murmansk). Satelliittiasemien avulla saadaan ilmoitukset poikkeuksellisista tapahtumista suoraan ilman, että tieto kulkisi ensin Moskovan kautta.

Käytännössä ilmoitustaso on matalampi kuin sopimuksissa määritellyt. Erityisesti Pohjoismaiden välillä tietoja vaihdetaan usein myös sellaisten tapahtumien yhteydessä, jotka eivät edellytä virallisia ilmoituksia naapurimaille. Tällaisia tapauksia ovat muun muassa sellaiset pienet tapahtumat, jotka kuitenkin herättävät suurta

mielenkiintoa tiedotusvälineissä ja väestön keskuudessa. Eräs esimerkki "tiedotusmyllästä" on kesällä 1990 Kuolan yläpuolella leijunut omituisen muotoinen pilvi, joka oli normaali sääilmio. Uutinen pilvestä levisi kansainvälisissä tiedotusvälineissä ja sitä seurasi oli valtava puhe- lujen määrä Euroopasta ja Yhdysvalloista.

Valtakunnallinen säteilyvalvonta

Suomen säteilytilannetta valvotaan jatkuvasti. Valvontaan osallistuvat Säteilyturvakeskuksen lisäksi sisäasiainministeriö, puolustusvoimat ja Ilmatieteen laitos. Ulkoisen säteilyn mittauspisteitä on kaiken kaikkiaan yli 450, joista 200 asemalla mittaus on jatkuvaa ja tulokset ovat käytettävissä samanaikaisesti useassa eri paikassa. Muilla ulkoisen säteilyn valvontasemilla mittauksia tehdään määräajoin.

Ilman radioaktiivisuusvalvontaa tehdään 20 paikkakunnalla. Ilmassa olevat hiukkaset kerätään suodattimelle, joka analysoidaan laboratoriossa. Menetelmä on hyvin herkkä ja sillä havaitaan erittäin pienet määrät radioaktiivisia aineita. Osaan kerääjistä on asennettu myös hälytysjärjestelmä, joka varoittaa poikkeuksellisista radioaktiivisten aineiden määristä. Tarvittaessa voidaan ylemmistä ilmakerroksista ottaa myös näytteitä pilven radioaktiivisuuspitoisuuksien määrittämiseksi. Puolustusvoimat ottaa näyttöt esimerkiksi Säteilyturvakeskuksen pyynnöstä.

Jos radioaktiivinen laskeuma uhkaa Suomea, säteilytilannetta valvotaan tehostetusti, jolloin seurataan tarkasti ulkoisen annosnopeuden arvoja sekä ilman radioaktiivisuuspitoisuuksia. Tarvittaessa tehostetaan myös elintarvikkeiden valvontaa ja lähetetään kenttäpartioita kartoittamaan tilannetta.

Tehostettu toiminta varauduttu käynnistämään milloin tahansa

Säteilyturvakeskuksen on oltava joka hetki valmiina vastaanottamaan ilmoitus mahdollisesti uhkaavasta tilanteesta. Päivystysryhmä koostuu 12 säteilyasiantuntijasta, joista kukin on viikon kerrallaan päivystysvuorossa. Viikonloppuisin ja arkipäivinä päivystystä lisätään vielä Säteilyturvakeskuksen valmius- ja tiedotusyksiköiden päivystäjillä. Säteilytason huomattava poikkeama tai ilmoitus onnettomuudesta käynnistää toiminnan 15 minuutissa kaikkina vuorokauden aikoina. Teknisiin apuvälinein (hakulaitein ja NMT-puhelimen) Säteilyturvakeskuksen

henkilökunnasta yli 40 henkilöä on tavoitettavissa parilla puhelinoitolla.

Ensimmäisiä toimenpiteitä tiedon saatua on tarkistaa tiedon todenperäisyys sekä selvittää säättilanne. Olennaista on selvittää, mitä onnettomuuspaikalla on tapahtunut ja saada ennuste tilanteen kehittymisestä. Jos kysessä on radioaktiivisten aineiden päästö ilmaan, tarvitaan kulkutusennusteet nopeasti. Näiden tietojen perusteella muodostetaan arvio siitä, tarvitseeko jossakin päin Suomea valmistautua käynnistämään suojelutoimet. Pienimmissäkin "hässäkkä"-tilanteissa tarvitaan useita, jopa useita kymmeniä henkilöitä mukaan tilanteen hoitoon, jotta arvio pystytään tekemään nopeasti ja välittämään se eteenpäin tietoa tarvitseville.

VALMIUSTILANTEISSA KOROSTUU TIEDON TARVE

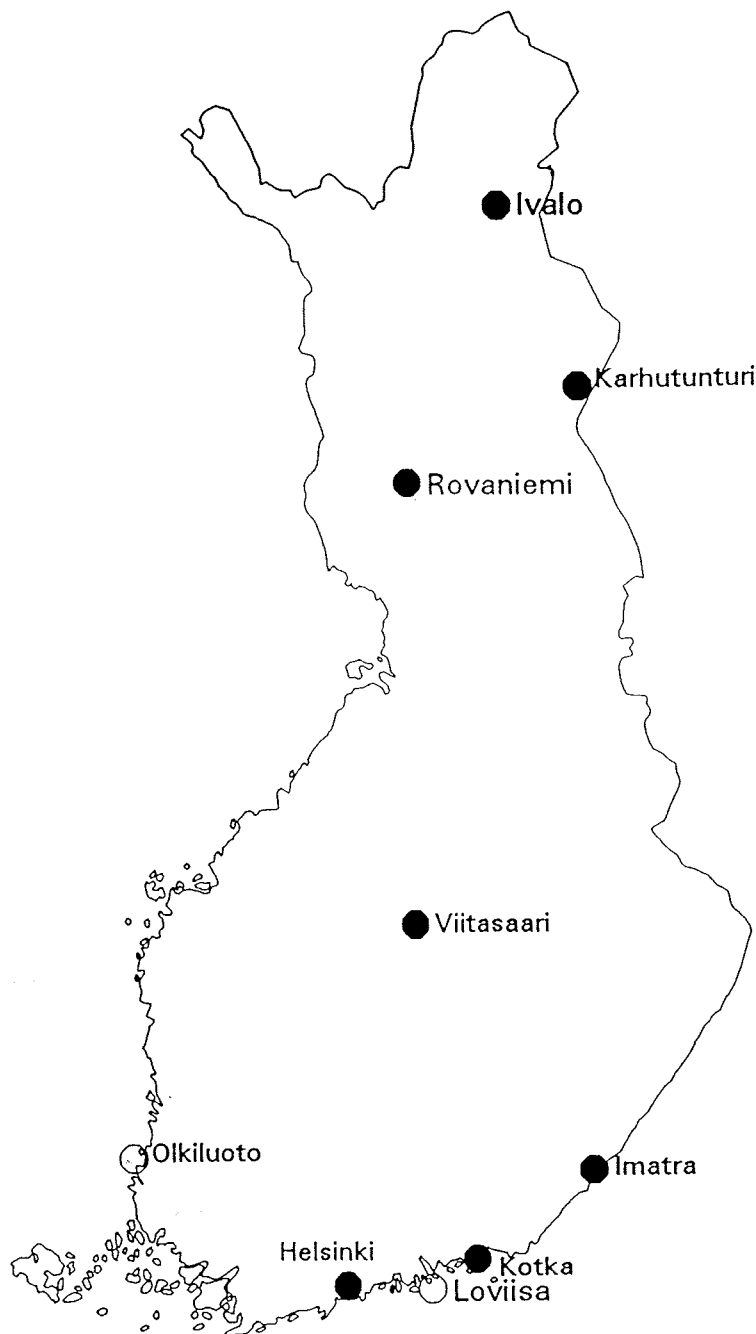
Erityisesti tiedonkulkuun kohdistuu kaikissa valmiustilanteissa — oli kysymyksessä todellinen vaaratilanne tai ei — valtava paine. Niin viranomaiset, asiantuntijajalittokset kuin kansalaisetkin tarvitsevat nopeasti tietoa tapahtumasta ja sen seurauksesta. Tekninen kehitys on helpottanut tiedonkulkua, mutta toisaalta se on myös lisännyt nopeusvaatimuksia.

Kun Säteilyturvakeskukseen saapuu viesti poikkeuksellisesta tapahtumasta ja viestin sisältö on sen laatuinen, että se vaatii asian informoimista, lähetetään multifax-lähetys viranomaisille tieto tilanteesta. Vastaanottajia on keskushallinto, ministerit, säteilyvalvontaviranomaiset, ja tarvittaessa myös aluehälytyskeskukset ja 52 eri puolella Suomea toimivaa paikallislaboratoriota.

Tapahtumasta informoidaan välittömästi myös tiedotusvälineitä. Väestö saa tarvittavaa tietoa lisäksi mm. Säteilyturvakeskukseen puhelinvälityksellä (Säteilyuutiset 9700-8877; 3,30 mk/min + ppm), joka voi vastaanottaa sata puhelua kerrallaan. Säteilyturvakeskus päivittää myös tekstitelevisioiden Säteilysuojelusivuja (195-197). Näiden avulla halutaan pienentää keskuksen tulevien huolestuneiden kansalaisten puhelujen määrää ja vapauttaa mahdollisimman monet asiantuntijat hoitamaan tilannetta.

TIILANTEIDEN VARALLE TARVITTAAN KOULUTUSTA

Vaaratilanteissa ei ole aikaa vitkastella. Jotta toiminta olisi mahdollisimman tehokasta, tarvitaan etukäteissuunnittelua,



Säteilyturvakeskus seuraa ilman radioaktiivisuuspitoisuuksia yhdeksällä paikkakunnalla. Ilmassa olevat hiukkaset kerätään suodattimelle, joka analysoidaan laboratoriossa. Menetelmällä havaitaan erittäin pienet muutokset säteilytilanteessa. Osassa keräjiä on myös hälytysjärjestelmä, joka varoittaa poikkeuksellisesta radioaktiivisten aineiden määrästä jo keräysvaiheessa.

kuinka tilanteessa pystytään hoitamaan kaikki meille annetut tehtävät ja kuinka ne hoidetaan niin hyvin kuin mahdollista. Kiiretilanteessa on ohuttu helposti jokin tärkeä seikka. Senpä vuoksi tarvitaan myös yksityiskohtaisia toimintaohjeita sekä taustamateriaalia ja apuvälineitä päätöksenteon tueksi.

Suunnitelmia ja ohjeita testataan myös harjoituksissa, joita järjestetään säännöllisesti. Niissä harjoitellaan myös viranomaisten yhteistyötä toimia poikkeuksellisessa tilanteessa. Lisäksi valmius- ja varautumisasiasta järjestetään koulutusta eri henkilöstöryhmille. Tärkeä osa valmiussuunnittelua on niin valmiusharjoituksista kuin oikeista tilanteista saatujen kokemusten hyödyntäminen.

Suomessa on panostettu varautumiseen, vaikka todennäköisyys sille, että koko "arsenaalia" jouduttaisiin käyttämään on häviävän pieni. Meillä ei kuitenkaan ole varaa tuudittautua pelkästään toivomaan, ettei mitään vakavaa koskaan tapahdu.

FK Hannele Aaltonen työskentelee Säteilyturvakeskukseen valmiuspäällikkönä, puh. 90 -7082 467.

KAUKOKULKEUTUMISEN ENNUSTAMINEN SÄTEILYTILANTEESSA

Ilmatieteen laitos osallistuu säteilyvalvontaan. Laitoksen tehtävänä on arvioida ja ennustaa säättilanne ja radioaktiivisten aineiden kulkeutuminen ja leviäminen ilmakehässä sekä ylläpitää ja kehittää laskentamenetelmiä valmiuden ylläpitämiseksi. Lisäksi laitos pitää yllä ilman radioaktiivisuuden mittausturvastoa.

Normaalin säähavainto- ja sääennustusaineistonsa lisäksi Ilmatieteen laitoksella on kehitetty ilmapitoisuuden kulkeutumisen arviointiin trajektorimalli sekä ilmapitoisuuksien ja laskeuman arviointiin lähileviämismalli YDINO. Yhteistyössä Valtion teknillinen tutkimuskeskuksen ydinvoimatekniikan laboratorion kanssa on kehitetty kaukokulkeutumismalli TRADOS. Viime vuosina on panostettu kaukokulkeutumismallin edelleen kehittämiseen ja luoto siitä operatiiviseen käyttöön soveltuva ohjelmisto. Seuraavana askeleena olisi tehokkaan lähi- ja mesoskaalan leviämismallin kehittäminen.

Trajektori-, lähileviämisen ja kaukokulkeutumismallit

Radioaktiivisten aineiden kulkeutumista ilmakehässä voidaan ennustaa ilmahiuksien ratakäyrien eli trajektoreiden avulla. Ilmatieteen laitoksen kehittämä kolme-dimensionaalinen trajektorimalli on sovitettu keskustietokoneelle ja päivystävien meteorologien jokapäiväisessä käytössä olevalle meteorologin työasemalle, jolla ovat myös monipuoliset säähavainnot ja -ennusteet. Näin saadaan muutamassa minuutissa yleiskuva ilmapirtauksista ja säättilanteesta.

Aineiden sekoittumista ja hajaantumista ilmakehässä kuvataan matemaattis-fysikaalisilla leviämismalleilla. Laitoksessa on kehitetty lähileviämismalli Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaonnettomuuksien varalta, mutta mallia voidaan käyttää myös maamme läheisyydessä sijaitseville ydinvoimaloille (Leningrad, Kuola, Forsmark ja Ignalina). Lähileviämismalli soveltuu vain 100 kilometrin etäisyydelle voimalaitoksesta. Ohjelmisto on tehty sel-laiseksi, että päivystävä meteorologi pystyy nopeasti suorittamaan alustavat laskelmat (ympäri vuorokauden). Laskenta-

tulokset viestitetään tiedonsiirtona suoraan Säteilyturvakeskuksen keskustietokoneelle annoslaskelmia (OIVA) varten. Päästötietojen tarkentuessa asiantuntijat suorittavat lisälaskelmia.

Kaukokulkeutumismallilla voidaan laskea aineiden leviäminen satojen, jopa parin tuhannenkin kilometrin etäisyydelle, jolloin kuitenkin ennusteen luotettavuus heikkenee olennaisesti. Kaukokulkeutumismallin operatiivinen käyttö edellyttää erityisasiantuntemusta.

Ilmatieteen laitos ja Valtion teknillinen tutkimuskeskus kehittivät 1980-luvun alussa yhteistyönä radioaktiivisten aineiden leviämisen ja tilastollisten väestöannosten arviointiin tarkoitettua kaukokulkeutumisen ja annoslaskentamallin (Transport, dispersion and dose model TRADOS). Mallissa laskettiin ilmapitoisuuden aikakeskiarvoja sekä kuiva- ja märkäpöistymän suuruutta valituille radionuklidiryhmille. Näistä laskettiin edelleen alueelliset ulkoisen säteilyn annosnopeudet sekä eri annosteiden kautta kertyvät väestöannokset tarkastelualueella. Malli oli tarkoitettu tutkimuskäyttöön tilastollisia, laajoja alueita koskevia riskianalyysijä ja yksilö- ja väestöannosten arviointeja varten.

Pelastuspalvelun käyttöön soveltuva operatiivinen kaukokulkeutumismalli

Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuus vuonna 1986 ja sen jälkeiset kansainväliset mallivertailut sekä kaukokulkeutumismallien kehittyminen osoittivat selvästi, ettei olemassa oleva malli soveltunut kovin hyvin operatiiviseen käyttöön. Erityisesti vanhan sääennustusmallin hilakoko (150kmx150km) ei täyttänyt operatiivisen onnettomuusmallin laskentatarkkuudelle asetettuja vaatimuksia. Lisäksi mallin osien sijainti erikseen laitosten keskuksilla teki käytöstä hidasta ja hankalaa.

Yhteispohjoismaisen hienohilaisen sääennustusmallin (High Resolution Limited Area Model, HIRLAM; hilakoko 55kmx55km) kehittäminen loi mahdolli-

suuden lisätä laskentatarkkuutta paremman erottelukyvyn ja lisäparametrien muodossa. HIRLAM-malli otettiin Suomessa käyttöön vuonna 1989 ensimmäisenä Pohjoismaissa.

Kaukokulkeutumismallin uusiminen kansainvälistä kehitystyötä, tarkempaa sääaineistoa ja uusia keskustietokonejärjestelmiä vastaavaksi on tehty vuosina 1991-93 kauppa- ja teollisuusministeriön rahoituksella. Tavoitteena oli luoda Ilmatieteen laitokselle operatiivinen pelastuspalvelun käyttöön soveltuva yhtenäinen laskentamalli. Leviämistietojen lisäksi voidaan säteilytilanteessa laskea Ilmatieteen laitoksen tietokoneella myös alustava arvio annosnopeuksista. Samalla suunniteltiin uudelleen trajektorin laskenta, leviämispärametrien arvioinnin fysikaaliset perusteet ja meteorologisen tietokannan rakenne.

Meteorologinen tietokanta

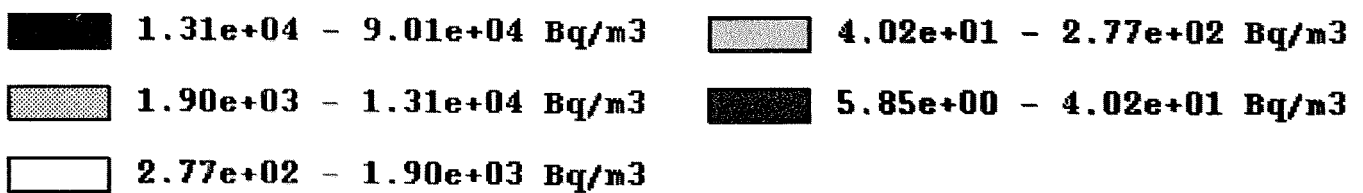
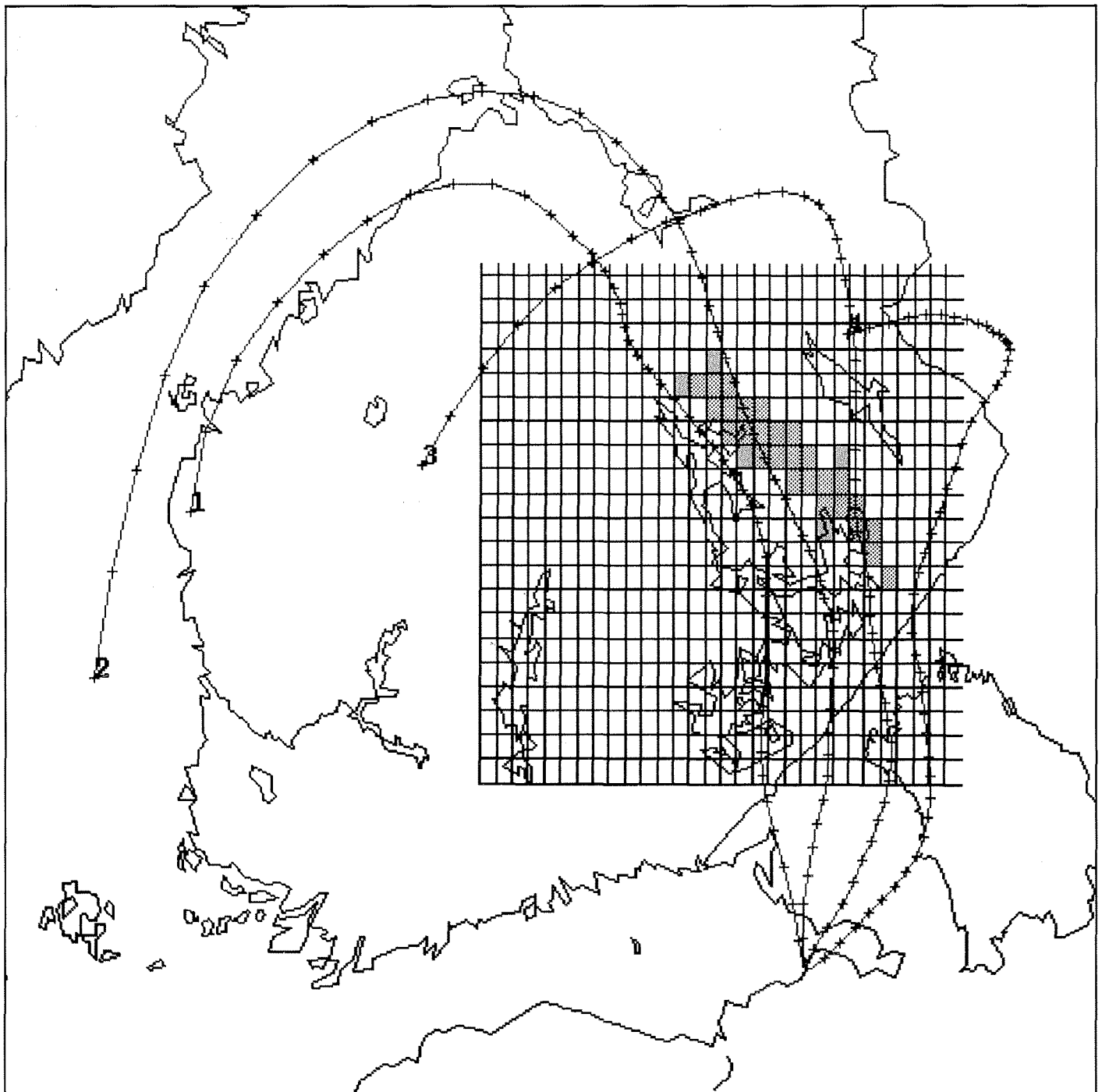
Oleellinen osa kehitystyötä oli malliin liit-tävä oma meteorologinen tietokanta. Ilmatieteen laitoksen numeerisen HIRLAM-mallin ennusteen pituus on kaksi vuorokautta. Uusi ennuste laaditaan neljästi päivässä. Tästä numeerisesta aineistosta, joka käsittää suuren joukon erilaisia sääilmiöihin liittyviä fysikaalisia suureita, poimitaan TRADOS-mallin tarvitsemat suureet. Laskenta-alue kattaa lähes puolet HIRLAMin alueesta. Se ulottuu länsi-itäsuunnassa Islannista Uralille ja pohjois-eteläsuunnassa Novaja Zemljalta Italiaan.

Operatiivisesti on käytettävissä tuorein numeerinen sääennuste. Vanhempaa sääaineistoa on saatavissa suoraan tietokannasta noin kuukausi taaksepäin. Varsinainen arkistotietokanta on talletettu DAT-kaseteille.

Leviämislaskenta

TRADOS-mallissa käytetään kolmiulotteista trajektorimallia. Trajektorit voidaan laskea ajallisesti eteen- ja taaksepäin. Lähtöpiste ja korkeus voidaan valita vapaasti laskenta-alueelta. Trajektori-

Kaukokulkeutumismallilla TRADOS laskettu leviämisenennuste kuvitteelliselle radioaktiiviselle päästöille. Kuvassa näkyvät neljä ajallisesti peräkkäistä ilmatrajektoria sekä annoslaskentamallin laskentaruudukko. Väritetyt ruudut esittävät radioaktiivisen jodin (I-131) ilmapitoisuuskeskiarvoja hengityskorkeudella (2m) 24 tunnin kuluttua päästöstä. Laskelmat on suoritettu todellisella HIRLAM-sääennustusaineistolla. Päästöajaksi on oletettu 16.8.1993 klo 18-19 ja päästö määräksi 4x10E17 Bq. Tulosten mukaan suurimmat ilmapitoisuudet saattavat ylittää 10 kBq/m³ Suomessa. Vallitsevat sääolosuhteet olivat kulkeutumisen aikana varsin stabiilit. Sadetta esiintyi kulkeutumisreitillä 24-30 tunnin kuluttua päästöstä pilven ollessa Itä-Suomen päällä.



malli muodostaa itsenäisen kokonaisuuden, jota voidaan käyttää ilman leviämispärametrien laskemista. Säteilytilanteessa mallia voidaan käyttää ilmavirtausten kartoittamiseen tai päästön kulkeutumisreitien selvittämiseen, mikäli tiedetään päästölähde.

Yksittäisten trajektorien lisäksi mallilla voidaan laskea trajektoreita samaan kuvaan eri korkeuksilta, päästöajoilta tai lähtöpaikoilta. Trajektorin epätarkkuutta kuvataan ns. verhotrajektoreilla, jolloin lähtöpistettä siirretään tietty matka kuhunkin pääilmansuuntaan. Trajektorien skaalattu keskietäisyys kertoo kunkin trajektorin pisteen kohdalla, etääntyvätkö trajektorit vai lähestyvätkö ne toisiaan. Tätä voidaan käyttää niiden tilanteiden nopeaan tunnistamiseen, joissa kulkeutumisolosuhteet vaativat erityistä huomiota tai lisätarkastelua.

Märkäpoistuma on yleensä tehokkain poistomekanismi partikkelisidonnoisilla nuklideille, kuten cesiumille. Sen sijaan kuivalaskeuma voi osuhteista riippuen olla tehokkaampi puhdistusmekanismi kaasumaisille aineille. Jalokaasuihin tai orgaaniseen jodiin ei puolestaan kumpikaan poistomekanismi vaikuta. TRADOS-mallissa määrätään laskeuman arviointia varten kullekin trajektoripisteelle pilven horisontaalista ja vertikaalista hajontaa, sekoituskorkeutta, termistä tasapainotilaa (stabiilisuutta) sekä märkäpoistuman tehokkuutta (sateen esiintymistä ja voimakkuutta) kuvaavat parametrit.

Tshernobylin onnettomuuden aikana suurimmat laskeuma-arvot osuivat Euroopassa alueille, joilla esiintyi samanaikaisesti voimakasta sadetta. Sateen laadulla (rintama- tai kuurottainen sade) oli myös merkitystä laskeuman suuruudelle. Laskeumamäärien paikalliset erot selittyvät suurelta osin sateen ja radioaktiivisen pilven ajallisesta yhteenosumisesta. Mallituksen kannalta ongelma on kaksijakoinen, toisaalta sateen ja päästöpilven samanaikaisen esiintymisen oikea-aikainen ennustaminen ja toisaalta itse märkäpoistumaprosessin mallittaminen. TRADOS-mallissa pyritään huomioimaan sekä laaja-alaisen rintamasateen että rintamiin liittyvien kuurosateiden vaikutus.

Ilmahiukkasten ohella mallilla voidaan tarkastella myös raskaiden partikkelien kulkeutumista. Painovoiman vaikutukset partikkelit joutuvat keskenään eri kerroksiin ja siten erilaisiin ilmavirtauksiin. Tällöin samalta korkeudelta lähtevät partikkelit voivat päätyä hyvinkin kaukana toisistaan oleville alueille.

Ilmapitoisuudet, laskeuma ja annokset

TRADOS-mallin annoslaskenta- ja seurausvaikutusosassa radioaktiivisen päästöpilven horisontaalista hajontaa käsitellään gaussilaisen teorian mukaan. Lähteen lähellä päästöpilveä käsitellään myös vertikaalisuunnassa gaussilaisen diffuusion avulla. Kauempana lähteestä vertikaalista sekoittumista kuvataan ilmakehän pintakerroksen ns. turbulენტtiseen K-teoriaan pohjautuvien tasapainoprofiilien avulla.

Sekoituskorkeuden (stabiiliuden) muutuksessa pilvi jaetaan sekoituskorkeuden ylä- ja alapuoliseen osaan. Pilven eri kerroksia ei mallissa kuljeteta erikseen vaan ne seuraavat koko ajan samaa trajektoria, mikä ei ole fysikaalisesti täysin realistista. Märkäpoistuman annetaan poistaa radioaktiivisia aineita koko pilvestä, myös sekoituskerroksen yläpuolisista osista. Kuivapoistuma poistaa ainoastaan maanpinnan kanssa kosketuksissa olevasta osasta.

Mallissa pyritään kuvaamaan lähinnä laaja-alaisen rintamasateen ja rintamiin liittyvien kuurosateiden vaikutusta radioaktiivisten aineiden poistumiseen ilmakehästä. Varsinaisten mesoskaalan ilmiöiden, kuten konvektiivisen kuurosateen esittäminen ei ole mahdollista nykyisellä parametrisoinnilla. Radionuklidien ilmapitoisuudet maanpinnan läheisessä ilmakerroksessa ja vastaava kuiva- ja märkäpoistuman aiheuttama laskeuma maanpinnalla määrätään kullekin aika-askeleelle tasavälisessä (esim. 0.5 astetta x 0.5 astetta) hilakoossa. Ilmapitoisuudet ovat tunnin keskiarvoja. Laskeuman kertymistä summataan kussakin hilapisteessä erikseen.

Ulkoisen yksilöannosnopeus lasketaan suoraan päästöpilvestä sekä laskeumasta peräisin olevien ulkoisten annosnopeuksien summana. Kokonaisannoksia laskettaessa otetaan huomioon myös päästöpilvestä hengityksen kautta kertyvä kehonsisäinen altistus. Operatiiviseen sovellukseen otetaan mukaan vain ulkoisen annosnopeuden ja mahdollisesti yksilöannoksen laskenta. Tilastolliseen sovellukseen sisältyvän Suomen väestöjakauman avulla voidaan näistä edelleen arvioida väestölle aiheutuva annoskertymä. Vastaavasti voidaan arvioida myös muiden annosteiden (esim. ravintotiennosten) aiheuttama väestöannoskertymä.

Mallin käyttöliittymät

Mallin meteorologista tietokantaa ylläpidetään ja trajektori- ja leviämismallia käytetään Ilmatieteen laitoksen VAX-keskoneella. Tämän osan UNIX-pohjaisen käyttöliittymän koeversio otettiin laitoksella käyttöön kesällä 1993. Käyttöliittymä sisältää tiedostot mm. Euroopan ydinvoimaloista ja tärkeimmistä ydinlaitoksista valtioittain. Ilmatieteen laitoksen omien säteilyvalvonta- ja ilmanlaatuasemien lisäksi tiedostoihin on otettu mukaan myös sisäasiainministeriön ja Säteilyturvakeskuksen säteilyvalvonta-asemat.

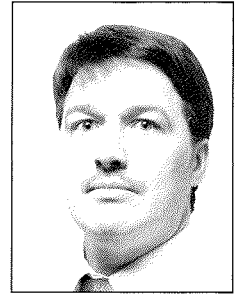
Ilmapitoisuus-, laskeuma- ja annosmallia voidaan käyttää UNIX-käyttöliittymän avulla sekä Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa että Ilmatieteen laitoksella. Käyttöliittymässä on valmiina lähdetiedot eri tyyppisille päästöille ja eri nuklidijakaumille. Käyttöliittymän kautta voidaan näyttöruudulla tarkastella kartta-pohjalla sekä trajektoreita että ilmapitoisuus- ja laskeumatuloksia laskentahila- tai isoviivaesityksinä. Valitut kuvat voidaan tulostaa paperille värillisinä tai mustavalkoisina.

TRADOS-mallin kaikkia osia voidaan joutua käyttää samalta työasemalta, mutta kahden eri käyttöliittymän kautta. Operatiivisen UNIX-työasemalla toimivan (X-Windows- ja OSF/Motif-pohjaisen) graafisen käyttöliittymän ohjelmointi on vielä kesken. Tämän yhteisen käyttöliittymän avulla on tarkoitus ajaa mallia ja tarkastella trajektoreita, ilmapitoisuuksia, laskeuma-alueita ja annosnopeuksia. Kuvien esitysmuoto pyritään saamaan havainnolliseksi ja viranomaisten tarpeita vastaavaksi.

Myös yhteispohjoisissa valmiusharjoituksissa on leviämismallilaskelmien tulosten esittämistä standardin puuttuminen todettu kuvien tulkintaa ja päätöksentekoa vaikeuttavaksi tekijäksi. Tältä osin onkin käynnistynyt pohjoismainen yhteistyö BER-11-projektin puitteissa. Graafisten moduulien suunnittelu pyritään saamaan valmiiksi vuoden vaihteessa.

Ylimeteorologi Anna Liisa Savolainen toimii Ilmatieteen laitoksella erityistilanteiden tulosryhmän päällikkönä, puh. 1929 605, ja meteorologi Ilkka Valkama mallikehitystehtävissä, puh. 7581 323.

VALTAKUNNALLINEN TOIMINTAVALMIUS YDINONNETTOMUUKSISSA



Pelastuspalvelun kannalta ydinonnettomuuksiin liittyvät uhkakuvat eivät ole olennaisesti muuttuneet vaikka kylmän sodan aikakausi on näillä näkymin ohi, sillä ydinaseiden uhka on olemassa vielä vuosikymmeniä ja ydinvoimalaitosten uhkakuva pelastuspalvelun osalta tulee säilymään niin kauan kun ydinreaktoreita käytetään rauhanomaisiin ja sotilaallisiin tarkoituksiin. Ydinvoimalaitosten osalta pelastuspalvelun uhkakuvat lähtevät siitä, että ydinvoimalaitoksessa voi tapahtua onnettomuus, jonka seurauksena ilma-kehään vapautuu radioaktiivisia aineita siinä määrin, että niiltä joudutaan suojautumaan

VARAUTUMINEN YDINONNETTOMUUKSIIN

Varautumisen painopistealueita on muuttettu normaaliolojen onnettomuusvalmiuden suuntaan entisen lähinnä ydinsotaan varautumisen sijaan. Syyinä ovat olleet lähialueidemme, lähinnä entisen Neuvostoliiton alueen ydinvoimalaitokset, sukellusveneet ja laivareaktorit. Varautumisessa otetaan tietysti huomioon kotimaiset ydinvoimalaitokset. Aikaisemmin varautumisen ensisijainen painopiste oli yksittäisen ydinräjähteen laskeumatilanteen hallinta ja pahimmassa tapauksessa ydinsodan seurausten lievittäminen.

Valtakunnalliset säteilyvalvontaviranomaiset ja laitokset: sisäasiainministeriö, pääesikunta, Säteilyturvakeskus ja Ilmatieteen laitos vastaavat säteilyvalvonnan valtakunnallisesta järjestämisestä. Säteilyvalvonta on parhaiten organisoitu osa säteilyvaaratilanteisiin varautumisen osa-alueista. Muu toiminta valtakunnan tasolla säteilyvaaratilanteiden pelastuspalvelun osalta perustuu pääosin eri viranomaisten normaalin lainsäädännön puitteissa harjoittamaan toimintaan, joka säteilyvaaratilanteissa alistetaan tilannetta johtavan viranomaisen avuksi. Tilanteissa, joissa tarvitaan valtakunnallista johtoa johdon määräämisestä vastaa sisäasiainministeriön pelastusylivoimajohtaja.

Läänin alueella lääninhallitus on johtava viranomainen, joka koordinoi läänin alueella tapahtuvaa toimintaa. Tarvittaessa lääninhallitus voi asettaa pelastustoiminnan johtajan. Tämän on ajateltu tapahtuvan tilanteissa, joissa tarvitaan läänin alueella keskitettyä johtoa.

Kunnat ovat vastuussa varautumistoimista kunnan alueella normaali- ja poikkeusoloissa. Käytännössä vastuuviranomainen on kunnan palopäällikkö.

Suomalainen suunnittelujärjestelmä säteilyonnettomuuksien varalle jakautuu kahden osaan: varautuminen kotimaisiin ydinvoimalaitosonnettomuuksiin ja varautuminen muihin säteilyvaaratilanteisiin. Kotimaisiin ydinvoimalaitosonnettomuuksiin varautuminen perustuu nykyisin kahden varautumisalueen käyttöön.

Varautumisalueelle I, joka ulottuu noin 20 kilomerin päähän voimalaitoksilta, tulee laatia erityiset pelastuspalvelusuunnitelmat ydinonnettomuuden varalle ja niiden mukaista toimintaa tulee harjoitella säännöllisen välein.

Varautumisalue II ulottuu nykyisin 100 km saakka voimalaitoksilta ja siellä tulee erityisin suunnitelmin tehostaa valvontaa mahdollisen onnettomuuden jälkeen ja varautua tarjoamaan apua varautumisalue I:lle. Uusimpien suunnitelmien mukaan varautumisalue II esitetään laajennettavaksi koko maan alueelle, koska muualla maassa laadittavat yleisen pelastuspalvelun suunnitelmat sisältävät erityistä koulutusvelvollisuutta lukuunottamatta jo lähes kaiken sen, mitä nykyisin vaaditaan varautumisalue II:lta.

SUOJAUTUMINEN

Suojautuminen säteilytilanteissa on periaatteiltaan yksinkertaista. Kansalaisten omatoimiselta suojelulta odotetaan suojautumistilanteissa hyvin paljon. Tämä edellyttää, että säteilyltä suojautumisen periaatteet tunnetaan ja niiden mukaan osataan toimia. Perussuojautumisvaihtoehto on sisälle suojautuminen, joka omakotitalossakin antaa vähintään kaksinkertaisen suojan ulkona olevaan verrattuna. Sisälle suojautumiseen liittyvien ohjeiden lisäksi erityisenä suojautumiskeinona käytettävien joditablettien hankinnasta on annettu ohjeita ja määräyksiä. Yritysten ja laitosten tulee hankkia määrärausten mukaan kaikille työntekijöille ja keskimääräiselle asiakasmäärälle (tai vastaava) joditabletit. Talosuojelussa, joka

koskee väestönsuojelulain mukaan kaikkia asuintaloja joissa on vähintään viisi huoneistoa, on annettu ohjeet hankkia joditabletit kaikille suojattaville. Muualla on annettu suositus huolehtia omatoimisesti riittävä määrä tabletteja (omakotitalot, kesämökkit ym.).

VARAUTUMISEN PERUSTEET

Normaalista poikkeavassa säteilytilanteessa sovellettavia lakeja ovat tilanteen laadusta, laajuudesta ja sen aiheuttamista uhkista riippuen mm. palo- ja pelastustoimesta annettu laki, väestönsuojelulaki, ydinenergialaki, sekä elintarvikkeita koskeva lainsäädäntö.

Lähtökohtana on, että samat viranomaiset ja laitokset huolehtivat toiminnasta ydinonnettomuustilanteissa normaali- ja poikkeusoloissa. Ydinonnettomuustilanteissa toimintaa on voitava tehostaa tarvittaessa vastaavalla tavalla.

Normaalista poikkeava säteilytilanne edellyttää säteilyvalvontaa sekä muita sellaisia toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on pienentää säteilyn haitallisia vaikutuksia. Näiden toimenpiteiden suunnittelusta ja toimeenpanosta vastaavat asianomaiset viranomaiset oman toimialansa puitteissa.

Toiminta säteilytilanteissa järjestetään viranomaisten välisenä yhteistyönä siten, että eri viranomaisten osuudet järjestelmässä täydentävät toisiaan muodostaen yhtenäisen kokonaisuuden.

SÄTEILYVALVONNAN OSAPUOLET JA TOIMEENPANO VIRANOMAISET

Säteilyvalvonnan havaintotoimintaan osallistuvia viranomaisia ja laitoksia ovat: sisäasiainministeriö, puolustusvoimat, Säteilyturvakeskus, Ilmatieteen laitos ja Helsingin yliopiston seismologian laitos

Säteilyvalvonnan kannalta keskeiset valtakunnalliset toimeenpanoviranomaiset ja heidän tehtävänsä on esitetty seuraavassa taulukossa. Normaalioloissa toimenpiteisiin ryhdytään säteilyvalvontatietojen ilmoitusjärjestelmän ja Säteilyturvakeskuksen toimenpidesuosituksen pohjalta. Poikkeusoloissa valtakunnallista väestönsuojelutoimintaa johtaa sisäasiainministeriön johtokeskus, lääneissä läänin johtokeskus ja kunnassa kunnan johtokeskus.



Valtakunnalliset toimeenpanoviranomaiset.

Toimeenpanoviranomainen	Toimenpiteet
Sisäasiainministeriö (poikkeusoloissa)	SM:n johtokeskus Suojautuminen ja muut väestönsuojelu- ja pelastustoimenpiteet
Pääesikunta	Puolustusvoimien sisäiset toimenpiteet
Sosiaali- ja terveysministeriö	Yleinen väestön terveyden turvaaminen
Maa- ja metsätalousministeriö	Maataloustuotantoon kohdistuvat rajoitukset ja sen jatkuvuuden turvaamistoimenpiteet
Kauppa- ja teollisuusministeriö	Elintarvikkeiden jalostusta, jakelua ja nautintakelpoisuutta koskevat määräykset

VIRANOMAISTEN YHTEISTOIMINTA

Normaalioloissa viranomaisten yhteistoiminta järjestetään säteilyturvaneuvottelukunnan (säteilylaki 7§) puitteissa. Normaali poikkeavissa säteilytilanteissa sisäasiainministeriö kutsuu tarvittaessa koolle yhteistyöryhmän, jossa ovat edustettuina tarpeelliset ministeriöt ja keskusvirastot. Yhteistyöryhmän tehtävänä on:

- käsitellä tilanteen edellyttämien toimenpiteiden yhteensovittamista,
- käsitellä toimintaan osallistuvien viranomaisten toimivallan ylittävät asiat ja valtioon kohdistuvat vaatimukset,
- sopia ulkoasiainministeriön kautta tapahtuvasta tiedottamisesta ja sovittaa yhteen tiedotustoimintaa kotimaassa ja ulkomailla.

Sisäasiainministeriön tehtävänä on huolehtia yhteistyöryhmän toiminnan suunnittelusta ja harjoituksista.

Poikkeusoloissa toimintaa johdetaan johtokeskuksista, ja viranomaisten yhteistoiminta järjestetään niiden kautta.

SÄTEILYVALVONNAN SUUNNITTELU

Säteilyvalvonta suunnitellaan jo normaalioloissa ja osa valvonnasta toimii jatkuvasti. Poikkeusoloja varten tulee laatia säteilyvalvonnan suunnitelmat. Keskushallintoa varten suunnitellaan asian- tuntija- ja yhteistoiminta siten, että kukin viranomainen tai muu julkinen yhteisö, jonka toimialaan kuuluu säteilyvalvonta- tehtäviä, suunnittelee säteilyvalvontatoimintansa. Suunnitelmien tulee sisältää tarpeelliset tiedot viranomaisen tai julkisen yhteisön toiminnasta mahdollisissa säteilytilanteissa.

Säteilyvalvonnassa tarvittavat laitteet ja välineet on kunkin valvontaan osallistuvan itse hankittava. Erityistä huomiota on kiinnitettävä poikkeusoloissa tarvittaviin viestiyhteyksiin ja niiden varmistamiseen. Sisäasiainministeriö vastaa viestiyhteyksien kehittämisestä. Säteilyvalvontavälineistöä ja sen käytöstä sekä huollosta antaa Säteilyturvakeskus tarvittaessa ohjeita.

FM Janne Koivukoski työskentelee sisäasiainministeriössä pelastusosaston ylitarkastajana päävastuullisena ydinvoimalaitosten pelastuspalvelusta ja valtakunnallisesta säteilyvalvonnasta, p. 90-1602962.

Varautuminen ydinlaitos- ja säteilyonnettomuuksiin on ollut pitkään osa laajaa säteily- ja ydinturvallisuuden alalla harjoitettavaa kansainvälistä yhteistyötä. Tshernobylin ydinvoimalaitoksessa 1986 tapahtuneen vakavan onnettomuuden jälkeen yhteistyötä tehostettiin ja lisättiin huomattavasti monilla alueilla. Tutkimus- ja tiedonvaihtohankkeita käynnistettiin, valmiusjärjestelyjen ja -toiminnan oppaita laadittiin, järjestettiin kansainvälisiä koukousia ja kursseja ja annettiin kansainvälistä apua onnettomuustilanteiden hallinnassa ja vastatoimenpiteiden toteuttamisessa. Erityisen nopeasti pystyttiin saamaan aikaan merkittävät kansainväliset sopimukset ydinonnettomuuksien pikaisesta ilmoittamisesta sekä avunannosta ydin- ja säteilyonnettomuustilanteissa. Vähän myöhemmin otettiin käyttöön kansainvälinen ydinlaitostapah- tumien vakavuutta ja turvallisuusmerkitystä kuvaava asteikko helpottamaan yleisölle tiedottamista. Viime vuosina on myös järjestetty kansainvälisiä harjoituksia sovittujen järjestelyjen tehostamiseksi, toiminnan edelleen kehittämiseksi ja eri osapuolien toiminnan yhteensovittamiseksi.

KANSAINVÄLINEN VARAUTUMINEN ONNETTOMUUKSIIN JA YHTEISTOIMINTA

KANSAINVÄLISET ONNETTOMUUSILMOITUS- JA AVUNANTOSOPIMUKSET

Tshernobylin onnettomuutta ja siitä aiheutunutta monien maiden alueille levinnyttä radioaktiivisten aineiden päästöä seurasi kiihkeä maailmanlaajuinen tiedotustoiminta. Aluksi tapahtumasta ei saatu pariin päivään mitään tietoa, ja vaikka kansainvälinen tiedonvälitys eri maiden välillä oli myöhemmin erittäin vilkasta, se ei pystynyt tyydyttämään vallitsevaa tiedontarvetta. Tapahtuman luonne ja sen vaikutukset selvisivät vasta vähitellen. Monissa maissa, varsinkin niissä joissa ei käytetä ydinenergiaa, varautuminen yllättäen esiin tulleen tilanteen hallintaan tuntui olevan puutteellista. Tämä osoitti, että on välttämätöntä varautua kansainväliseen yhteistoimintaan ydinonnettomuuksien varalta. Kansainvälinen sopimus ydinonnettomuuksien pikaisesta ilmoittamisesta 'Convention on Early Notification of a Nuclear Accident' astuikin voimaan jo samana vuonna kuin Tshernobylin onnettomuus tapahtui, vuonna 1986, ja sopimus hätäavusta ydinonnettomuudessa tai muunlaisessa säteilyvaaratilanteesta 'Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency' vuonna 1987.

Onnettomuusilmoitus- ja hätäapusopimusten piirissä on lähes sata maata. Näiden joukossa ovat käytännöllisesti katsoen kaikki ydinvoimaa käyttävät maat. Toisaalta on todettava, että näin monien maiden järjestelyjen tehokudessa on luonnollisesti eroja. Kansainväliset järjestöt voivat myös liittyä sopimuksiin. Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA toimii sopimusten toimeenpanon yhteydenpitopaikkana.

Kansainvälisten yleissopimusten lisäksi on tehty eri maiden keskinäisiä sopimuksia tai ilmoitusjärjestelmiä. Esimerkiksi Euroopan yhteisön jäsenmailla on oma tiedonvälitysjärjestelmänsä onnettomuus-tilanteiden varalta. Suomi liittyi kansainväliseen onnettomuusilmoitus sopimukseen vuonna 1987 ja hätäapusopimukseen vuonna 1990. Suomi on tehnyt kahdenväliset sopimukset Pohjoismaiden, Neuvostoliiton ja hiljattain myös Saksan kanssa onnettomuusilmoituksista ja ydinlaitoksia koskevista muista tiedonvaihdoista. Venäjä vastaa nykyisin Neuvostoliiton kanssa tehdyn sopimuksen toimeenpanosta. Kyseinen sopimus kattaa kansainvälistä sopimusta vastaavien tapahtumien lisäksi ilmoitukset alle 300 kilometrin etäisyydellä rajasta havaituista epätavallisen kor-

keista säteilyarvoista, mikäli niillä saattaa olla merkitystä toisen sopimusmaan säteilyturvallisuudelle. Sopimuksen tiedonvaihto-osa koskee myös edellä mainitulla alueella olevien ydinlaitosten suunnittelu-tietoja ja niiden käyttökokemuksia. Pohjoismaiden kanssa solmitut sopimukset edellyttävät tiedottamista kaikista sellaisistakin tilanteista, joilla saattaa olla vaikutuksia laitoksen ulkopuolella ja joka antaa aiheen tiedottaa yleisölle tai valmiuden kohottamiseen.

Kansainvälinen yleissopimus onnettomuusilmoituksista edellyttää maata, jossa onnettomuus tapahtuu, ilmoittamaan siitä ja antamaan nopeasti tietoja tapahtumasta. Ilmoitus on tehtävä, jos onnettomuudesta aiheutuu tai saattaa aiheutua sellainen kansainvälisen rajan ylittävä radioaktiivisten aineiden päästö, jolla voi olla merkitystä toisen maan säteilyturvallisuudelle. Sopimuksen piiriin kuuluvat ydinreaktorit, ydinpolttoainekierto ja ydinjätteiden käsittelyyn liittyvät laitokset, ydinpolttoaineen tai ydinjätteiden kuljetus ja varastointi, radioisotooppien valmistus, käyttö, varastointi, hävittäminen ja kuljetus sekä radioisotooppien käyttö avaruusesineiden voimanlähteenä. Muistakin ydinonnettomuuksista voidaan sopimuksen puitteissa ilmoittaa. Ilmoitukset on tehtävä onnettomuuden vaikutusten kohteeksi joutuneille maille ja/tai IAEA:lle. Myös hätäapusopimus edellyttää tietojenvaihtoa apua pyytävän ja apua tarjoavien maiden tai kansainvälisten järjestöjen kesken.

KÄYTÄNNÖN VARAUTUMIS- JÄRJESTELYT

Sopimusten mukainen tiedonvälitys edellyttää, että sopimusmailla ja IAEA:lla on käytössään jatkuvasti toimintavalmiit tiedonvälitysyhteydet. Kukin sopimukseen liittynyt maa on ilmoittanut IAEA:lle yhteydenpito-organisaation ja -kanavat ja sen, millaista apua ne voisivat onnettomuus-tilanteessa antaa. IAEA on välittänyt tiedot sopimusmaille. Se toimii keskeisenä tiedonvälityspaikkana onnettomuus-tilanteessa. Hoitaakseen sopimusten edellyttämät tehtävänsä IAEA on perustanut pienen valmiusyksikön toimipaikkansa Wienissä.

IAEA:n kaltaisen yhteyskanavan hyödyllisyys todettiin käytännössä, kun pyydettyä kansainvälistä asiantuntija- ja laiteapua pystyttiin nopeasti järjestämään Goi-aniassa Brasiliassa vuonna 1987 tapahtuneen säteilyonnettomuuden selvittämiseksi ja vastatoimenpiteiden suorittamiseksi.

Onnettomuudessa voimakkaasti radioaktiivinen käytöstä poistettu sairaalan säteilylähde joutui asiantuntemattomien sivulisten käsiin. Seurauksena oli neljän ihmisen kuolema, useiden sairastuminen ja kaupungin joidenkin osien saastuminen. Myöhemmin IAEA välitti ja antoi lääketieteellistä apua San Salvadorissa vuonna 1989 säteilytyslaitoksessa tapahtuneen onnettomuuden uhrien auttamiseksi. Tässä tapauksessa oli aluksi vaikeuksia yhteydenpidossa, joka tarvittiin avuntarpeen selville saamiseksi ja avun toimittamiseksi, koska San Salvador ei ollut allekirjoittanut kansainvälisiä onnettomuusilmoitus- ja hätäapusopimuksia. Onnettomuudessa laitoksen kolme työntekijää sai suuren säteilyannoksen ja seurauksena oli yhden työntekijän kuolema.

Kansainväliset järjestöt ovat muodostaneet yhteistyökomitean ydinonnettomuuksiin varautumiseksi. Tarkoituksena on käyttää olemassa olevia voimavaroja mahdollisimman tehokkaasti ja välttää päällekkäistä työtä. IAEA:n lisäksi muita mukana olevia YK:n järjestöjä ovat mm. Maailman ilmatieteen järjestö WMO, Maailman terveysjärjestö WHO, ja YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestö FAO.

Tehdyt onnettomuusilmoitus- ja hätäapusopimukset edellyttävät laajaa tiedonvaihtoa onnettomuus-tilanteessa. Maan, jossa onnettomuus tapahtuu, ja IAEA:n tulee antaa tietoja onnettomuuslaitoksesta, tapahtuman luonteesta, ajankohdasta ja paikasta niille maille, joihin onnettomuuden vaikutukset voivat ulottua, sekä onnettomuus-tilanteiden hallinnassa kyseeseen tuleville kansainvälisille järjestöille. Tiedot voidaan toimittaa muihin maihin suoraan tai IAEA:n välityksellä. IAEA välittää saamansa tiedot, mikäli joitakin niistä ei ole annettu luottamuksellisuina. Aluksi riittävät yleiset tiedot tapahtumasta, mutta sitä mukaa kuin on mahdollista, onnettomuusmaan on varauduttava antamaan yksityiskohtaisempia tietoja vaikutuksien arvioimiseksi mm. onnettomuuden syystä, tapahtuneesta päästöstä, leviämisolosuhteista, ympäristömittausten tuloksista ja suoritetuista tai suunnitelluista vastatoimenpiteistä väestön suojaamiseksi ja päästön ajallisesta kehittymisestä.

Suomessa Säteilyturvakeskus (STUK) vastaa kansainvälisten sopimusten edellyttämästä ilmoittamisesta ja tiedonvaihdosta ydinonnettomuuksissa. Päivätyöajan ulkopuolella tietojen vastaanottamiseen on varauduttu Ilmatieteen laitoksen jatkuvasti miehitetyn päivystysyksikön ja STUK:n päivystysjärjestelyjen avulla. →

Varmistaakseen tiedonsaannin Suomi on hankkinut satelliittivälitteiset telexyhteydet lähellä Suomea sijaitseviin Venäjän ydinlaitoksiin. Näitä yhteyksiä Sosnovy Borissa ja Kuolassa sijaitseviin ydinvoimalaitoksiin sekä Murmanskin ydinalusten tukialueelle kokeillaan säännöllisesti. Kielivaikeuksien välttämiseksi ilmoitus onnettomuudesta tehdään painamalla etukäteen sovitun, tapahtuman luonnetta kuvaavan numerokoodin nappia.

TIEDONVÄLITYS ON HAASTAVA TEHTÄVÄ

Onnettomuustilanteissa on varauduttava hoitamaan varsin laajaa ja ajoittain kii-reellistä tiedonvaihtoa kansainvälisten onnettomuusilmoitus- ja hätäapupöytäkirjojen puitteissa. Tiedonvälitykseen voidaan käyttää puhelinta, teleksiä, telefaksia, sähköpostia ja WMO:n maailmanlaajuis-ta viestiverkkoa Global Telecommunicati-on System (GTS). Viimeksimainittu sopii erityisesti IAEA:n käyttöön sen lähettäessä suuria määriä mittaustietoja lukuisille vastaanottajille.

IAEA on laatinut ohjeen kansainvälisestä tiedonvälityksestä ydinlaitos- tai säteily-onnettomuustilanteissa 'Guidance on International Exchange of Information and Data Following a Major Nuclear Accident or Radiological Emergency'. Ohjeen tarkoituksena on varmistaa, että kaikki tilanteen hallintaan ja mahdollisiin vastatoimenpiteisiin vaikuttava oleellinen tieto kerätään järjestelmällisesti ja välitetään edelleen nopeasti, mutta välitetään tiedonvälityksen tukkeutumista vähemmän tärkeän tiedon tulvalla. IAEA pyrki myös siihen, että sen kautta välitettävä tieto on peräisin luotettavista lähteistä. Epäselvyyksien välttämiseksi on annettu yksityiskohtaiset ohjeet välitettävän tiedon sisällöstä ja muodosta. Tiedonkäsittelyn helpottamiseksi IAEA on suunnitellut koodijärjestelmän, jota voidaan käyttää onnettomuustilanteiden tiedonvälitykseen. Se vähentää esimerkiksi eri kielten käyttämisestä johtuvia vaikeuksia, määrittellee käytettävät yksiköt ja pyrkii ilmaisemaan asiat lyhyellä mutta yksikäsitteisellä tavalla.

KANSAINVÄLISET TOIMINTA-HARJOITUKSET

Käytännön harjoitukset ovat tärkeä osa ydinonnettomuuksiin varautumisessa. Kansainvälisen toiminnan muodostuttua merkittäväksi osaksi suunnitelmia on muutaman viime vuoden aikana nähty tarpeelliseksi myös kansainvälisten onnet-

tomuusvalmiusharjoitusten järjestäminen. Harjoituksilla voidaan lisätä valmiutta toimia tehokkaasti onnettomuustilanteessa. Tähän vaikuttaa sekä osallistujien harjaantuminen normaalitilanteista poikkeavien tehtävien suorittamiseen että mahdollisuus kehittää suunnitelmia harjoituksista saatavien kokemusten pohjalta. Harjoituksilla voidaan lisätä tietoa muiden maiden toiminnasta mahdollisessa onnettomuustilanteessa ja tarvittaessa yhtenäistää tai muulla tavoin paremmin sovittaa toiminnat yhteen. Tshernobylin onnettomuutta seuranneiden tapahtumien perusteella on arvioitu, että kansainvälisen uutistiedottamisen ollessa nopeaa ja laajaa - kuten on odotettavissa ydinonnettomuuksissa — eri maiden toisistaan poikkeava toiminta tilanteen hallitsemiseksi ja katkokset tiedonkulussa aiheuttavat hämmennystä ja huolestuneisuutta yleisön keskuudessa.

IAEA on testannut onnettomuusilmoitusjärjestelmän toimivuutta lähettämällä koeilmoituksia kaikille ilmoitusjärjestelmään liittyneille maille. Omaa valmiustoitintaansa IAEA on harjoitellut kaksi kertaa ulkopuolisten osanottajien kanssa. Ensimmäiseen harjoitukseen vuonna 1990 osallistui viisi maata ja neljä Yhdistyneiden Kansakuntien muuta järjestöä pitämällä yhteyttä harjoitusalan välityksellä. Harjoituksen perusteella IAEA:n toimintaohjeita täsmennettiin ja muutettiin. Toinen vastaavanlainen harjoitus pidettiin vuonna 1992.

Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestön OECD:n ydinenergiajärjestö NEA aloitti 1990 ydinlaitosonnettomuuksien pelastuspalveluharjoituksia koskevan yhteistyöhankkeen. Hankkeessa välitetään harjoitusten suunnittelusta, suorittamisesta ja arvioinnista eri maissa saatuja kokemuksia ja järjestetään kansainvälisiä harjoituksia. Kansainvälisten harjoitusten tarkoituksena on osaltaan kartoittaa niitä pelastustoiminnan alueita, jotka koskettavat naapurimaita ja kansainvälisiä järjestöjä ja joita parempi yhteistyö ja toiminnan yhteensovittaminen hyödyttäisi. Harjoitusten kautta toivotaan myös välittyvän näkemys eri maiden suunnittelun lähtökohdista ja painotuksista sekä niiden tavasta varautua ydinlaitosonnettomuudessa tarvittavaan toimintaan. Tämän toivotaan puolestaan lisäävän eri maiden keskinäistä ymmärrystä ja toiminnan yhteensovittamista sekä antavan virikkeitä kunkin maan omien järjestelyiden kehittämiseen.

Ensimmäinen edellä mainitun hankkeen harjoitus, INEX 1, järjestettiin keväällä

1993. Harjoitukseen osallistui 16 maata eri ajankohtina käyttäen samaa harjoitus-tilannetta, jossa kahden maan välisen rajan lähellä sijaitsevassa ydinvoimalaitoksessa tapahtuu naapurimaan puolellekin leviävään päästöön johtava onnettomuus. Osa maista harjoitteli toimintaa onnettomuusmaan, osa naapurimaan ja osa molempien olosuhteissa. Harjoitus oli luonteeltaan johtamis- ja päätöksentekoharjoitus, johon ei kuulunut toimintaa kentällä. Kukin maa laati toiminnastaan raportin ja kokemuksista keskusteltiin yhteisessä kokouksessa. Myöhemmin laaditaan näiden perusteella yhteenvetoraportti.

Suuria kansainvälisiä harjoituksia useammin ovat useat maat järjestäneet kahden naapurimaan yhteisiä ydinonnettomuus-harjoituksia.

POHJOISMAILLA OMAT YHTEIS-HARJOITUKSET

Pohjoismailla on ollut käynnissä vuosina 1990—93 yhtenä ydinturvallisuuden yhteistyöohjelman osana onnettomuuksiin varautumista käsittelevä projekti (BER). Se koostuu kuudesta osasta, joista yksi käsittää yhteispohjoismaisen ydinonnettomuusharjoituksen. Harjoituksen ensimmäinen vaihe NORA järjestettiin tammikuussa 1993. Tällöin kaikki viisi pohjoismaata osallistuivat samanaikaisesti yhteiseen harjoitukseen, jossa oletettiin kahden ydinkäyttöisen aluksen törmäyksen toisiinsa Norjan rannikolla. Toinen aluksista suuntasi kulkunsa Islannin ohi ja toinen kohti Pietaria. Harjoitustapahtumat oli pyritty suunnittelemaan siten, että ne koskettivat kaikkia osanottajamaita. Erityisesti oli pyritty järjestämään eri maiden välisiä yhteydenottoja herättäviä tilanteita. Siitä huolimatta harjoituksen aikana eri maiden välinen yhteistoiminta tilanteen hallinnassa ja toimintalinjojen yhteensopivuuden selvittäminen jäi verrattain vähäiseksi. Laajan yhteisen harjoituksen järjestäminen oli kuitenkin sinänsä merkittävä hanke pohjoismaisen yhteistyön kannalta. Kansallinen toiminta harjoituksessa sujui hyvin. Pohjoismaisen harjoituksen toinen osa suoritetaan kuskakin maassa erikseen. Tässä jälkimmäisessä osassa on kyseessä onnettomuuden alkuvaihetta seuraava laskeumatilanne.

FT Riitta Hänninen on säteilyturva-keskuksen ydinturvallisuusosaston ylitarkastaja, p. 90-7082377.

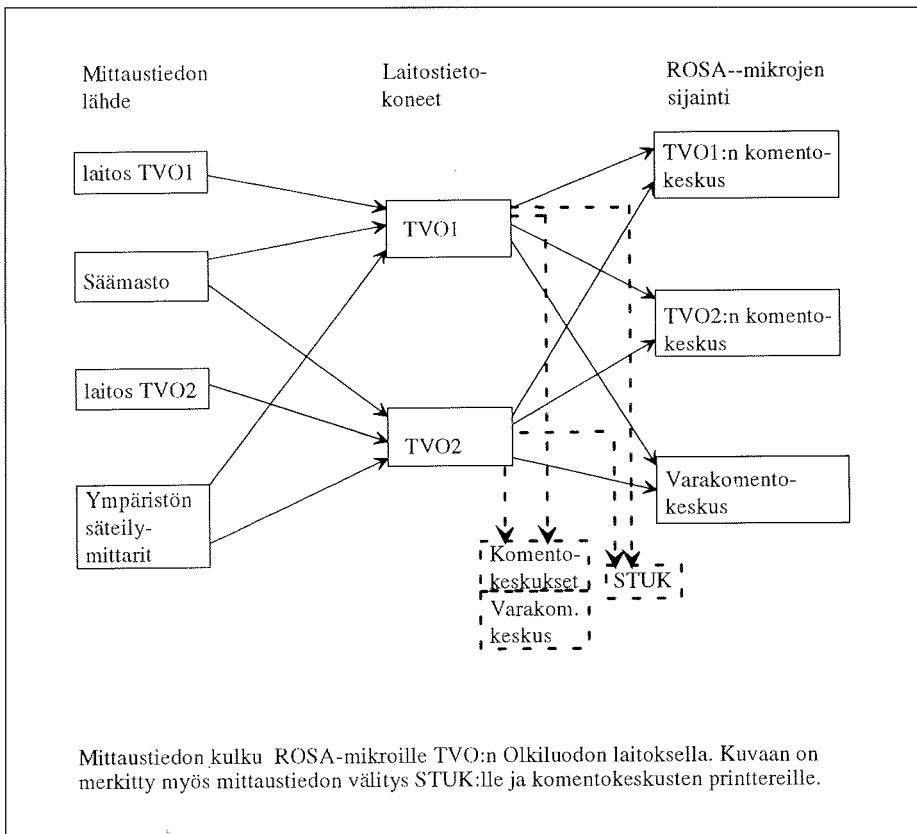
MENETELMÄ YMPÄRISTÖN SÄTEILYANNOSTEN ARVIOIMISEEN REAKTORIONNETTOMUUSTILANTEISSA

Onnettomuustilanteessa ydinvoimalaitoksen valmiusorganisaatiolla on velvollisuus antaa pelastustoimintaa johtavalle viranomaiselle suosituksia siitä, millaisia toimenpiteitä tarvittaisiin voimalaitoksen ympäristön ihmisten suojaamiseksi, jos onnettomuus aiheuttaa radioaktiivisen päästön. Suositukset pitäisi mieluummin antaa jo ennen päästön alkamista. Suojaustoimenpiteet valitaan sen mukaan, kuinka suuriksi ympäristössä saatavien säteilyannosten arvioidaan muodostuvan. Annosarvion tekemiseen tarvitaan tietoja, tai niiden puuttuessa arvioita päästöstä ja päästön aikana vallitsevasta säästä.

Voimalaitoksen valmiusorganisaatiolla on alusta lähtien ollut käytettävissään käsilaskumenetelmät annosarvioiden tekoon. Yksityiskohtaiset ohjeet laskumenetelmistä sisältyvät valmiussuunnitelmaan. Käytettävissä ovat myös etukäteen tehtyjen laitoskohtaisten onnettomuusanalyysien tulokset. Näihin sisältyvät tiedot monien esimerkkionnettomuuksien aiheuttamista päästöistä ja ympäristön säteilyannoksista. Käsilaskuja tai onnettomuusanalyysien tuloksia voidaan monissa tapauksissa pitää riittävän tarkkoina annosarviota tehtäessä, koska etukäteen on yleensä ottaen hyvin vaikea arvioida, tuleeko päästöä, ja jos, niin kuinka paljon.

Olkiluodon OSART-tarkastuksessa keväällä 1986 annettiin suositus, että TVO:n tulee selvittää mahdollisuuksia hankkia tietokonepohjainen annosarviointijärjestelmä onnettomuustilanteita varten. Taustana tässä oli se, että USA:ssa monilla ydinvoimalaitoksilla on tällainen järjestelmä. STUK:n Loviisassa suorittaman vastaavan tarkastuksen tuloksena myös IVO:lle annettiin samanlainen suositus.

OSART:in jälkeen TVO:ssa aloitettiin tietokonepohjaisten järjestelmien kartoitus. Kotimaista valmiista ja voimalaitoskäyttöön sopivaa järjestelmää ei ollut saatavilla. Ulkomaisen tarjonnan selvittämiseksi lähetettiin kysely 20:een tutkimuslaitokseen tai yliopistoon, sekä 16:lle kaupalliselle toimittajalle. Suurimpaan osaan kyselyistä saatiin vastaus. Lisäksi käytiin tutustumassa ruotsalaisten järjestelmiin. Seuraavaksi laadittiin järjestelmän alustava spesifikaatio, jonka pohjalta saatiin hinta- ja muita tietoja joiltakin ulkomaisilta toimittajilta. Tässä vaiheessa TVO:n ja IVO:n välille oli jo muodostunut tiivis yhteistyö. Neljään amerikkalaiseen järjestelmään käytiin vielä tutustumassa. Potentiaalisten toimittajien joukossa oli myös VTT, jonka ARANO-oh-



Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitoksille on kehitetty reaaliaikainen ympäristön säteilyannosten laskentajärjestelmä ROSA. Tällä lähialuemallilla voidaan tehdä ennusteita historiallisissa, nykyhetkessä tai tulevaisuudessa, minkä lisäksi se toimii automaattisessa ja reaaliaikaisessa online-tilassa käyttäen suoraan laitoksella mitattuja lähtötietoja.

jelmaa (Assessment of Risks of Accidents and Normal Operation at nuclear power plant) oli paljon testattu ja käytetty onnettomuuksien seurausten laskentaan. ARANO:n katsottiin siten myös voivan olla pohjana voimalaitoskäyttöön sopivalle reaaliaikamallille. Yksilöidyt tarkoukset pyydettiin Studsvikin EMMA-ohjelmasta ja VTT:ltä. Joulukuussa 1989 IVO ja TVO tilasivat yhdessä järjestelmän ohjelmiston VTT:ltä. Kaikki järjestelmät, joihin oli tutustuttu, olisivat vaatineet runsaasti "räätälöimistä", mikä on helpompaa kotimaisen toimittajan kanssa. VTT:n tapauksessa katsottiin myös lopputulokseen voitavan vaikuttaa enemmän kuin valmiimpaan EMMA:an. Ohjelmistolle annettiin nimeksi ROSA, joka tulee sanoista reaktorionnettomuuksien säteilyannosten arviointi.

JÄRJESTELMÄLTÄ TOIVOTTUJA OMINAISUUKSIA

Projektin suunnitteluvaiheessa koottiin yhteen niitä ominaisuuksia, joita pidettiin tärkeinä laitoskäytössä. Tärkeimpinä yleisistä ominaisuuksista pidettiin helppokäyttöisyyttä ja nopeutta. Nämä koros-

tuivat erityisesti olemassa olevien ohjelmien käyttäjiltä saaduissa kommentissa. Nopeutta painottaa myös se, että tilanteen alussa suojaustoimenpiteiden suositteleminen on voimalaitoksen vastuulla, mutta myöhemmin STUK voi olla ensisijainen suositusten antaja. Johtuen näistä syistä ja rajoittumisesta voimalaitoksen lähiympäristöön (20 km:n säteellä) yksinkertaista suoraviivaista päästön leviämismallia pidettiin voimalaitoskäyttöön parempana kuin realistisemmän näköisiä tuloksia antavia ja pidemmän laskenta-ajan vaativia malleja, joissa päästövana voi mutkitella.

Voimalaitoksen säämaston mittarien ja kiinteiden säteilymittarien, erityisesti päästöä osoittavien piippumittarien, antamien tulosten automaattinen luenta nopeuttaa järjestelmän käyttöä ja vähentää inhimillisten virheiden mahdollisuuksia. Tätä ominaisuutta useimmissa tutustumisen kohteena olleissa järjestelmissä ei ollut, koska toteutus on aina voimalaitoskohtainen ja lisää tarvittavan ohjelmointityön määrää.

Pääpaino järjestelmässä tulee olla ennusteiden tekemisessä, mutta jo tapahtuvan päästön automaattinen laskenta piippumittarien lukemien perusteella haluttiin mukaan, koska tällainen online-toiminta jos mikään on helppokäyttöisyyttä.

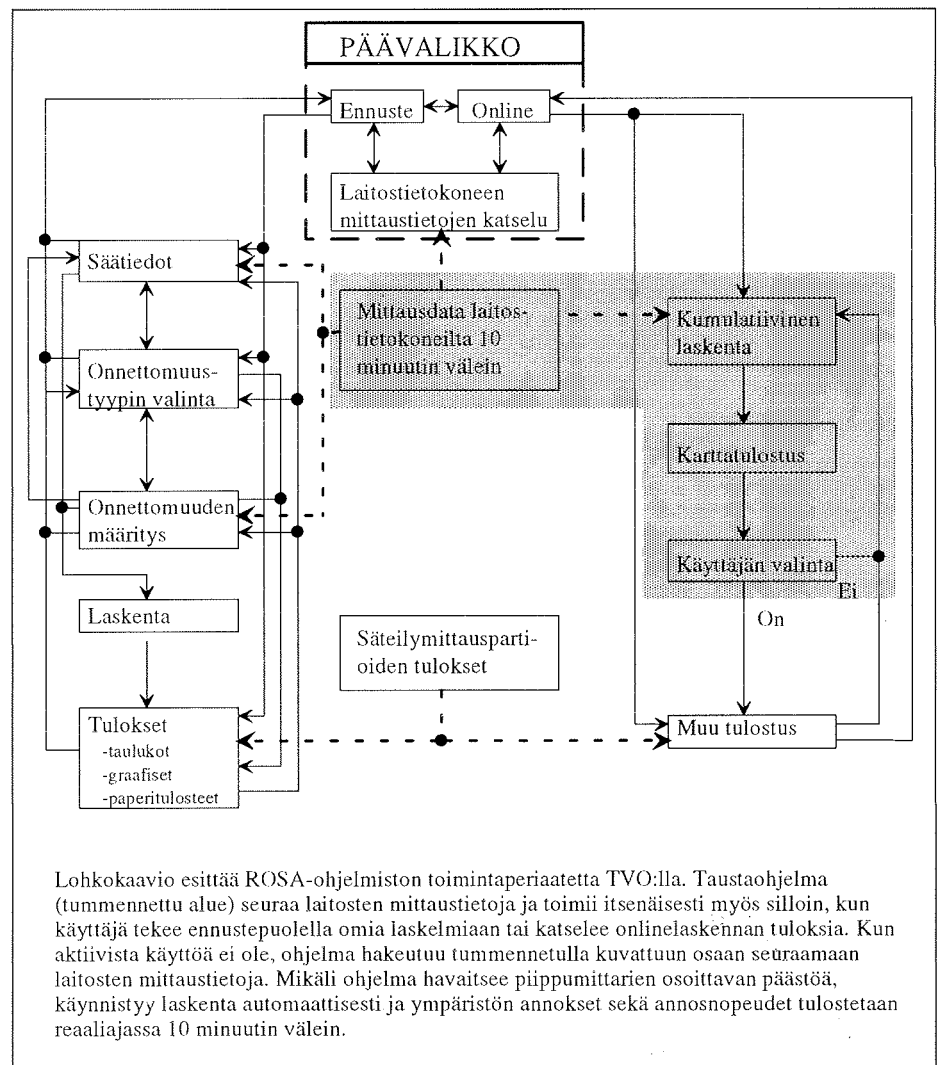
Ohjelman pitäisi olla varmatoiminen siinä mielessä, ettei se kaadu käyttäjän tekemiin virheisiin. Olemassa olevien järjestelmien demonstraatioissa oli nähty ohjelmien jumittumisia ja kaatumisia.

Erityisesti ohjelmointityön helpottamiseksi pyrittiin aluksi löytämään ohjelmointijä käyttöympäristöt, jotka olisivat sopineet molemmille tilaajille. Koska IVO oli tältä osin sitoutunut VAX-ympäristöön, mitä TVO taas ei lainkaan käyttänyt, jouduttiin tästä tavoitteesta luopumaan ja käyttämään täysin erilaisia ohjelmointiympäristöjä. Lisäksi tilaajien taholta vaadittiin, että ohjelman käyttö tapahtuu pelkästään näppäimistön avulla, jolloin graafiseen käyttöliittymään sopiva hiiri-ohjaus piti korvata muilla rutiineilla.

Ennen projektin aloitusta oli lisäksi tuotu esille eräitä piirteitä, joista kuitenkin luovuttiin. Näistä mainittakoon tuulensuunnan kääntymisen päästöilven leviämisen aikana ja tulosten automaattinen korjaus ympäristömittaustulosten perusteella, mitä pidettiin vaikeasti toteutettavana.

ROSA-MALLIN TOIMINTAPERIAATE

ROSA-malli perustuu olennaisesti ARANO-malliin, joka on ollut kauan VTT/YDI:n käytössä reaktorionnettomuuksien seurausten arviointimallina. ARANO:lla on osallistuttu myös kahteen kansainväliseen koodivertailuun, joissa mallinusta on voitu varmentaa. Leviämisosaltaan ROSA on lähialuemalli, joka on pyritty tekemään käyttäjäystävälliseksi



ja nopeaksi siten, että sen käytössä ei tarvita erillisiä manuaaleja. TVO:lla ohjelma on kytketty laitos-tietokoneeseen siten, että säämastosta, laitoksesta sekä ympäristön säteilymittareilta mitattu data välitetään 10 minuutin välein ROSA:lle. Mittaustiedot tallennetaan liukuvasti kahden vuorokauden ajalta kirjoittamalla usein vanhimman päälle ja niitä voi katsella niille varatusta näytöstä. ROSA-mikrot sijaitsevat kummankin laitoksen komentokeskuksessa ja kolmas varakomento-keskuksessa. Mikrojen sähkönsyötöt ovat riippumattomia toisistaan. Neljäs mikro on toimistorakennuksessa käytettävissä siten, että sille voidaan tarvittaessa syöttää simuloitua mittaustietoa. Loviisan voimalaitoksella mittaustiedot välittyvät vain erilliseen valvomossa toimivaan online-versioon, mutta muualla ennusteita voidaan tehdä ilman automaattista mittaustietojen välitystä.

ROSA toimii kahdessa erillisessä toimintamuodossa yhtä aikaa. Käyttämällä laitos-tietokoneen lähettämää mittaustietoa ROSA laskee taustalla koko ajan mahdollista päästöä ja sen aiheuttamaa säteilyannosta ja -annosnopeutta ympäristössä. Samanaikaisesti käyttäjä voi ennustepuolella tehdä omia laskelmiaan syöttämällä haluamansa lähtötiedot. Online- ja ennustemoodeihin liittyvät lähtötiedot ja

tulokset pidetään erillään ja niitä voi katsella tulostuspuolen valinnaisilla tavoilla.

Online-tilassa laskentaa jatketaan periaatteessa kahden vuorokauden ajan päästön alkuehdestä, jolloin päästön jatkuessa käynnistyy uusi kahden vuorokauden jakso. Mikäli jokin laskentaan vaikuttava mittaustieto puuttuu yli kahden tunnin ajalta, ohjelma siirtyy seuraamaan siihen mennessä päässeen radioaktiivisen aineen aiheuttamaa annos- ja annosnopeuden kertymistä 24 tuntia eteenpäin. Mikäli päästö alkaa tällä välin uudelleen, nollataan tulokset ja kerrytetään vain päästöä jakson loppuun. Sekä online että ennusteen edellisen laskentakerran lähtötiedot ja tulokset ovat aina tallella ja katseltavissa. Tuntia vanhempia mittaustietoja ei käytetä laskennassa.

TVO:lla ROSA käynnistyy automaattisesti, kun virta kytketään päälle. Ohjelman käyttö on joustavaa siten, että ohjelma sietää näppäilyvirheitä sekä vääriä syötteitä virheentarkistusrutiinin ansiosta. Käyttäjällä voi valita toimintatilan päävalikosta. Onlinepuolella voidaan katsoa vain tuloksia tai laitoksen mittaustietoja. Ennustepuolella voidaan vapaasti siirtyä lähtötietojen syötöstä tulosten katseluun ja päinvastoin. Käyttäjällä voi palata näytössä mihin tahansa kohtaan menettä-

mättä jo kerran annettua syötettä. Ohjelma käyttää jossain määrin syötteiden oletusarvoja.

Ennustetilassa käyttäjä voi suorittaa laskeutaa menneessä ajassa, nykyhetkessä tai tulevaisuudessa. Jos käyttäjä on ennustetilassa ja uusi onlinelaskennan tulos on laskettu, ilmoittaa ohjelma siitä äänimerkillä, mutta käyttäjä voi jatkaa ennustetilaa käyttöö. Jos sensijaan ollaan onlinetilaa uusimpien tulosten katselussa ja uusi onlinelaskennan tulos valmistuu samanaikaisesti, päivittyy senhetkinen näyttö uusimman tuloksen mukaiseksi.

Jos näppäimistöön ei ole koskettu ennustepuolella kahteen tuntiin, siirtyy ohjelma automaattisesti online-laskennan tulosten näyttämiseen.

PÄÄSTÖN MÄÄRITTELY

Online-tilassa päästö määritellään automaattisesti ilman käyttäjän valintoja piipumittarien virtausnopus- ja säteilytasolukemien perusteella. Päästökorkeudeksi oletetaan tällöin aina 100 metriä. Päästökasojen lukumäärää ei ole rajoitettu, mutta uusi online-laskenta alkaa aina viimeistään kahden vuorokauden kuluttua päästön alusta.

Ennuste-tilassa käyttäjä voi valita joko ennakoita määriteltujen mallionnettomuuskien tai täysin vapaasti syötettävän päästön väliltä. Mallionnettomuusnäyttöihin tulee myös suoraan eräitä laitoksen mittaritietoja ja päästöä voidaan myös skaalata tiettyjen parametrien avulla. Täysin vapaasti määritely päästö ilmoitetaan joko nuklideittain, joita on kaikkiaan 84 tai nuklidiryhmittäin osuutena inventaarista. Päästökasojen määrä on TVO-versiossa rajoitettu kahteen ja kummallakin jaksolla voi olla kaksi erisuurta päästökorkeutta. Päästön tapahtuessa alle 60 metrin korkeudelta siihen liitetään automaattisesti rakennusten laimentava sekoitusvaikutus. IVO:n mallionnettomuuksissa on päästökasjoja enemmän, joita kuitenkin haluttaessa voidaan yhdistellä. Valmiiksi ohjelmoidut mallionnettomuudet voidaan jaotella seuraavasti:

- 1) Jäähdytteenmenetysonnettomuus
 - edelleen jaotus vakavuuden mukaan (pieni LOCA, suuri LOCA)
 - vakava onnettomuus (sydämen sulaminen)
- 2) Primäärisekundäärivuoto
 - höyrytimen primääriskollektorin vuoto
 - höyrytimen tuubikatko
- 3) Polttoainekäsittelyonnettomuus
- 4) Vaurio
 - kaasunkäsittelyjärjestelmässä
 - nestemäisten jätteiden käsittelyjärjestelmässä
 - putkilinjassa suojarakennuksen ulkopuolella
- 5) WASH-1400 päästöt

LEVIÄMIS- JA ANNOSLASKUT

ARANO:n leviämismalli poikkeaa huomattavasti muista perinteisistä Gaussin malleista siinä, että pystysuuntainen sekoittuminen lasketaan diffuusioyhtälön avulla, jolloin kuivadeposition vaikutuksesta pilven vertikaaliprofiili muuttuu etäisyyden funktiona. Myöskin suoraan pilvestä tuleva ulkoinen säteily lasketaan suoraan pilven pitoisuusjakautumaan perustuen. Gaussin mallissa pilven muoto otetaan pilvigamma-annoksia laskettaessa sen sijaan huomioon korjauskertoimien avulla. Leviäminen oletetaan suoraviivaiseksi ja olosuhteiden oletetaan pysyvän samanlaisina kuin alkuhetkellä. Kuivadeposition lisäksi mahdollinen sade käsitellään siten, että jos alussa sataa niin aina leviämisen aikana sataa. Reaaliaikamalli käyttää 10 minuutin keskimääräisiä sää-tietoja, joten pitkässä päästössä leviämisolosuhteet voivat muuttua tällä aika-astelella siten, että kukin 10 minuutin päästö noudattaa jakson alkuhetken sää-tä. Leviämistilannetta kuvaavina parametreinä käsitellään tuulensuunta ja -nopeus, stabiilius ja sateen esiintyminen.

Tulokset talletetaan napakoordinaatioon tietyllä etäisyysjaotuksella. Online-tilassa laskentahetki määräytyy alkuhetken mukaan, aikavälin ollessa 10 minuuttia, kun päästöä tapahtuu ja kaikki tarvittava lähtötieto on saatavilla. Jos lähtötietoja osittain puuttuu tapahtuu tulosten

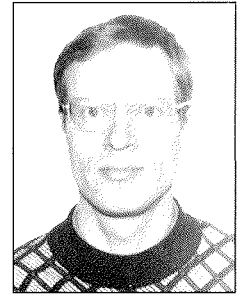
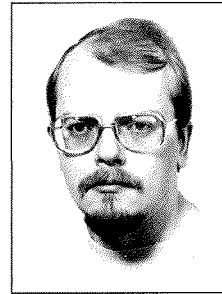
päivitys enintään 20 minuutin välein. Ennustepuolella käyttäjä voi antaa annoslaskennan tarkasteluohjelmien ajat. Altistusreitteinä ovat: ulkoinen säteily suoraan pilvestä sekä maahan laskeutuneesta aktiivisuudesta sekä hengityksestä pilven ohikulun aikana. Näistä lasketaan aikuisen yksilöannos, lapsen kilpirauhasannos hengityksestä ja näiden annosnopeudet sekä efektiivinen väestöannos. Tyypillinen laskenta-aika yhden päästökasojen ja -korkeuden tapauksessa on noin 15 sekuntia.

TULOSTUS

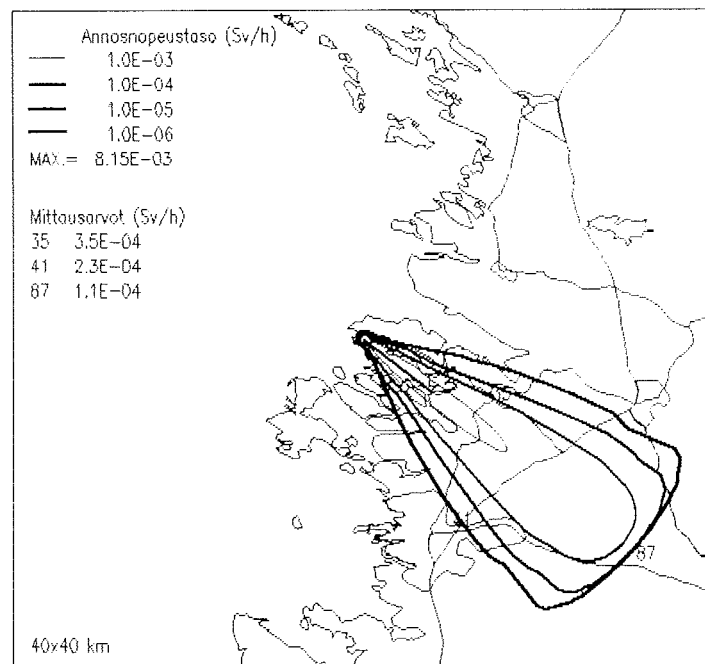
Tuloksia voidaan katsella joko graafisessa tasa-arvokäyräesitys muodossa karttapohjalla tai rivimuodossa. Tulokset esitetään joko komponentteittain tai summana siten, että esimerkiksi ulkoinen annosnopeus on summa pilvestä ja laskeumasta tulevasta ulkoisesta säteilystä. Karttapohjia on kolmea kokoa 5*5, 15*15 ja 40*40 km. Ohjelma sovitaa neljä tasa-arvokäyrää karttapohjalle. Lisäksi käyttäjä voi asettaa ylimmän käyrän tason, jonka jälkeen ohjelma sovitaa muut tasot kerta-luokan välein. Taulukkotulostuksessa annos- ja annosnopeus esitetään määrättyissä etäisyyspisteissä vapaasti valittavassa leviämisuunnassa. Myös maksimien etäisyys ja suunta ilmoitetaan. Kaikista näistä tulostuspuolen näytöistä saa pape-rikopion printterille A4-kokoon. Tulos-

```
Laskettu 8.57 19/08/1993 TVO Ennuste
SYDÄMENSULAMISONNETTOMUUS; HALL. 362-PÄÄSTÖ DRYWELLISTA
Pikasulun ajanhetki klo 10.00
Päästön alkuhetki klo 20.00
Päästön loppuhetki klo 21.00
Etäisyys (km) .2 1.0 5.0 10.0 20.0
Annos(Sv) klo 21.00 Suunta 130 astetta
Efekt. annos 7.9E-03 7.4E-03 1.5E-03 5.1E-04 0.0E+00
Pilvestä 7.9E-03 7.0E-03 1.4E-03 4.8E-04 0.0E+00
Laskeumasta 2.4E-07 8.3E-06 4.7E-06 1.5E-06 0.0E+00
Hengityksestä 3.7E-05 3.6E-04 7.4E-05 2.4E-05 0.0E+00
Kilpir. lapsi 1.2E-03 1.2E-02 2.1E-03 6.5E-04 0.0E+00
Annosnopeus(Sv/h) klo 21.00 Suunta 130 astetta
Ulkoinen 7.6E-03 7.1E-03 1.9E-03 1.1E-03 0.0E+00
Pilvestä 7.6E-03 7.1E-03 1.9E-03 1.1E-03 0.0E+00
Laskeumasta 3.5E-07 1.2E-05 9.7E-06 5.6E-06 0.0E+00
Hengityksestä 3.7E-05 3.8E-04 1.0E-04 5.4E-05 0.0E+00
Kilpir. lapsi 1.2E-03 1.2E-02 2.9E-03 1.5E-03 0.0E+00
Maksimit:Efekt. annos 8.53E-03 Sv; .7 km, 130 ast
Ulk. annosnop. 8.15E-03 Sv/h; .7 km, 130 ast
```

ROSA:n eräs taulukkomuotoinen tulostus matriisikirjoittelulta. Ylimpänä lyhyt kuvaus päästöstä ja laskentatiedoista. Alaosassa ennusteen annokset ja annosnopeudet komponentteittain maksimiannoksen suunnassa annetuilla ajanhetkillä.



Laskettu 8.57 19/08/1993 TVO
Ennuste Ulk. ann.nop. 21.00
SYDÄMENSULAMISONHETTUUS; HALL. 362-PAASTÖ DRYWELLISTÄ



ROSA:n pääkarttaphjatulostus matriisikirjoittimelta. Tulostettu ulkoinen annosnopeus klo 21. Ympäristön ulkoisen säteilytason mittaustulokset ja paikat näytetään karttaphjalla. Tunnin päästää seuraava pilvi on ehtinyt 15 km:n päähän.

ROSA:n online-toiminto otettiin käyttöön Olkiluodossa keväällä 1993.

KANSAINVÄLINEN TILANNE

Nykyisin reaaliaikamalleja on runsaasti eri puolilla maailmaa. Malleja on tehty onnettomuuden eri aikaskaaloja varten viranomais- tai laitospäätöksiin kattavaan leviämisen aina lähialueelta kaukokulkeutumiseen asti. Käyttöympäristöt vaihtelevat pienistä PC-koneista työasemien kautta Cray-koneisiin, mikä kuvaa ohjelmien käyttötarkoitusten kirjavuutta. CEC:n parhaillaan kehitystyön alla oleva reaaliaikamalli RODOS (real-time online decision support system) tulee suunnitelmien mukaan olemaan varsin monipuolinen ohjelmisto, jonka kehityksen osallistuu 18 eurooppalaista tutkimuslaitosta; mukana myös organisaatioita Ruotsista ja IVY-maista. Malli saa tosiaikaisesti säätietoa sekä säteilymittaustietoja ja se sisältää leviämisen lähialueelta kaukokulkeutumiseen ja sillä voidaan käsitellä varsinaisen annoslaskennan lisäksi vastatoimenpiteiden vaikutusta terveysvaikutuksiin ja taloudellisiin menetyksiin.

tussivuihin sisältyy lyhyt informaatio laskenta-tilanteesta sekä laskennan ajanhetki, jonka avulla samaan laskentaan kuuluvat tulostussivut voidaan kytkeä toisiinsa.

Erillisessä tulostusnäytössä voidaan ohjelmalle syöttää säteilymittausparttioiden tuloksia ennalta määrättyihin koordinaattipisteisiin liittyen. Näistä viisi suurinta lukemaa näkyvät myös karttaphjalla, jolloin mitattuja ulkoisia annosnopeuksia voidaan verrata vastaaviin laskettuihin arvoihin. Myös päästötiedoista on oma tulostusnäyttö, joka on hyödyllinen etenkin online-laskennassa käytetyn päästön tiedostamiseksi.

KÄYTTÖ LAITOKSELLE

Ohjelmistoa on testattu tilaajien toimesta jo vuodesta 1990 lähtien ja siten sen lopullinen versio on hioutunut pitkäjänteisen ja vuorovaikutteisen kehitystyön tuloksena. ROSA otettiin käyttöön Olkiluodossa keväällä 1992 online-toimintaa luu-
kuunnottamatta. Käyttöönottokoulutukses-

sa todettiin, että henkilöt, jotka eivät aikaisemmin ole tutustuneet ROSA:an, oppivat sen käytön eli nappulatekniikan nopeasti ja ongelmitta. Päästön ennustamiseen liittyviä ongelmia tietokone ei tietenkään voinut poistaa, vaan siinä tarvitaan edelleen ihmistä konetta ohjaamassa. ROSA:n potentiaalisia käyttäjiä ovat Olkiluodossa valmiusorganisaation säteily-suojelupäälliköt ja mittauspäälliköt. Näihin tehtäviin on nimetty yhteensä yhdeksän vaihtoehtoista henkilöä, joista onnettomuustilanteessa yksi voisi käyttää ROSA:a. Samanaikaisesti myös joku valmiusorganisaation tukiryhmään nimetyistä kuudesta turvallisuusasioita hoitavasta henkilöstä voisi käyttää ROSA:a.

ROSA:a voidaan käyttää apuna valmiusharjoitusten suunnittelussa ja nuottien teossa ja sillä on tehty onnettomuusanalyysiin liittyviä ympäristön annoslaskuja, koska ROSA on nopein ja kätevin TVO:n käytettävissä olevista lyhyen aikavälin annosten laskentaan soveltuvista ohjelmista. "Tilannekäytössä" ROSA oli 26.10.1992 pidetyssä palo- ja valmiusharjoituksessa.

DI Jukka Rossi työskentelee tutkijana VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorissa, p. 90-4565061.

DI Eero Schulz on TVO:n turvallisuustoimiston säteilyturvallisuusjaoksen päällikkö, p. 938-3811.



JODITABLETIT JA YDINTURMA

Ydinturmassa vapautunut radioaktiivinen jodi muodostaa hengitettynä riskin ihmisen kilpirauhaselle. Se voi aiheuttaa hyvänlaatuisia tai pahanlaatuisia kilpirauhaskasvaimia sekä ääritapauksissa kilpirauhasen vajaatoimintaa. Tätä vastaan voi suojautua ottamalla joditabletti heti kun päästö saapuu. Lapsille suoja on tärkeämpi kuin aikuisille. Joditablettia ei pidä ottaa, jos altistus on vähäinen, koska silloin haitta voi olla suurempi kuin hyöty. Jodi ei suojaa ulkoiselta säteilyltä.

Vakavassa ydinturmassa ympäristöön saattaa päästä suuriakin määriä radioaktiivisia aineita. Lähialueen väestö voi silloin altistua huomattaville säteilyannoksille. Päästöpilven kulkiessa tuulen mukana myös kauempana asuvat ihmiset voivat saada merkittäviä säteilyannoksia.

Yksi päästöpilven tärkeimpiä aineita on radioaktiivinen jodi. Helposti haihtuvana aineena se pääsee kaasun muodossa hengitysilman mukana keuhkoihin, joista se imeytyy nopeasti verenkiertoon. Verenkierrosta taas suuri osa jodista kulkeutuu kilpirauhasen. Näin voi kilpirauhaselle aiheutua huomattava säteilyannos onnettomuuden alkuvaiheessa, jos hengitysilmassa on suuri määrä radioaktiivista jodia. Myöhemmin jodi voi kulkeutua ihmiseen ravinnon kautta.

Kilpirauhanen on kohtalaisen herkkä säteilyvauriolle. Suuren säteilyannoksen seurauksena saattaa ajan kanssa kehittyä kilpirauhasen vajaatoiminta. Pienempikin säteilyannos voi aiheuttaa kilpirauhaskasvaimia. Näistä suurin osa ovat kuitenkin hyvänlaatuisia. Myös pahanlaatuisista eli syöpäkasvaimista valtaosa on "kilttejä", hyvin erilaistuneita ja hitaasti kasvavia. Niiden hoidossa saavutetaan erinomaiset tulokset, ja ne johtavat harvoin kuolemaan. Silti niiden merkitystä ei pidä vähätellä. Valkovenäjällä on Tshernobylin ydinturman jälkeen lasten kilpirauhassyöpätapausten määrä lisääntynyt dramaattisesti. Kun aikaisemmin on todettu noin neljä tapausta vuodessa, määrä on nyt noussut kymmenkertaiseksi.

Milloin jodi olisi otettava?

Kilpirauhasta voi suojata kehoon pääseeltä radioaktiiviselta jodilta ottamalla välittömästi suun kautta suuri annos ei-radioaktiivista ("kylmää") jodia. Tällöin radioaktiivinen jodi laimenee, koska se on määrältään vähäpätöinen suojaaksi annettavaan jodiannokseen verrattuna. Lisäksi suuri jodiannos lamauttaa kilpirauhasen tilapäisesti kyllästyttämällä sen jodin-kuljetuksen.

Jotta joditabletista olisi hyötyä, se on otettava välittömästi kun päästö saapuu. Tämä onkin yleensä mahdollista, koska varoitusaikaa on useita tunteja, jos esimerkiksi on kyseessä n.s. hallittu päästö lähialueen ydinvoimalasta. Kauempaa tulevastakin, suuresta päästöstä voidaan myös toivoa olevan tietoa etukäteen, ainakin siinä vaiheessa kun se on jo matkalla.

Tabletin voi ottaa myös muutama tunti ennen altistusta. Jälkikäteen otettuna sen suojavaikutus vähenee nopeasti. Viiden tunnin viiveen jälkeen suoja on enää 50%. Puolen vuorokauden jälkeen tablettia ei kannata enää ottaa.

Kerta-annoksen antama suoja säilyy lähes täydellisenä noin vuorokauden. Sen jälkeen suojavaikutus vähenee. Päästöpilven saapuessa altistus hengityksen kautta kestää vain muutaman tunnin. Tämän jälkeen pilvi kulkee ohi tai tulee laskeumana maahan. Sen takia jodiannosta ei yleensä tarvitse toistaa. Jos päästö uusiutuu tai jatkuu massiivisena, tilanne voi olla toisin. Tällöin saatetaan suosittelua ettei annos toistetaan vuorokauden tai kahden kuluttua. Silloin tulee kuitenkin jo kyseeseen muitakin suojoitustoimia, kuten kriittisten ryhmien siirtäminen alueelta pois.

Maahan laskeutunut jodi voi saastuttaa elintarvikkeita kuten kasviksia, pintavettä ja maitoa. Tästä radiojodi häipyä vasta hajoamisen kautta. Tärkeimmän radioaktiivisen jodi-isotoopin puoliintumisaika on kahdeksan päivää. Ilman suojoitustoimia elintarvikkeista saatavat radiojodiannokset voivat olla melkoiset. Meidän oloissamme paras tapa suojautua tästä on rajoittaa saastuneiden elintarvikkeiden käyttöä ja toimittaa puhdasta ruokaa saastumattomilta alueilta. Joditablettien käyttö ensisijaisena suojana elintarvikkeiden sisältämää radiojodia vastaan ei voida pitää suotavana. Jos ylimääräistä jodia käytetään pitemmän aikaa, haittavaikutusten riski nousee huomattavasti.

Jodin haittavaikutuksia ei pidä unohtaa

Kun pohditaan, kannattaako jossakin tilanteessa käyttää joditabletteja, täytyy punnita odotettua hyötyä mahdollista haittaa vastaan. Hyöty on selvä, jos välitettävissä oleva kilpirauhasannos on suuri. Kerta-annoksesta odotettavat haittavaikutukset taas ovat harvinaiset ja yleensä lievät. Jodiyliherkkyys on yksi tärkeimpiä. Tavallisesti se ilmenee lievänä, ohimenevänä ihottumana, mutta myös vakavat, sairaalahoitoa vaativat reaktiot ovat mahdollisia. Jos ihminen tietää olevansa jodille yliherkkä, hänen ei pidä ottaa joditablettia.

Myrkkystruuma saattaa elpyä ylimääräisen jodinsaannin seurauksena. Myös kyhmystruumaan liittyy pieni kilpirauhasen liikatoiminnan riski joditabletin jälkeen. Pitkittyneeseen käyttöön liittyy joillakin ihmisillä myös kilpirauhasen vajaatoiminnan riski. Henkilöille, jotka sairastavat tai ovat sairastaneet jotakin kilpirauhas-tautia, joditabletin käyttö ei ole perusteltu, koska haitan riski on, vaikkakin pieni, kuitenkin suurempi kuin saavutettava hyöty. Ääritapauksessa, jossa kilpirauhasen arvioitu säteilyannos uhkaa rauhasen toimintaa, ratkaisu voi olla toinen.

Normaalin jodinsaannin merkitys

Tärkeä näkökohta, kun pohditaan joditabletteista odotettavaa hyötyä ja haittaa, on väestön jodinsaanti. Väestö, jonka jodinsaanti on puutteellinen, voi saada laskeumatilanteessa radiojodista yli kaksinkertaisen kilpirauhasannoksen verrattuna väestöön, jonka jodinsaanti on riittävä. Toisaalta joditablettien käyttöön liittyvä kilpirauhastoiminnan häiriöiden riski on paljon suurempi väestössä, jossa esiintyy jodinpuutetta. Lisäksi täydelliseen suojaan tarvittava annos "kylmää jodia" on tällaisessa väestössä huomattavasti suurempi. Suomalaiset ovat tässä suhteessa edullisessa asemassa, koska jodisuolan käytön ansiosta Suomen väestön jodinsaanti on Euroopan parhaimpia.

Lapsen kilpirauhanen on herkempi kuin aikuisen

Lapsella kilpirauhasen kasvainriski on samalla annoksella noin kaksinkertainen aikuiseseen verrattuna. Lisäksi pienen lapsen kilpirauhasannos voi laskeumatilanteessa nousta moninkertaiseksi aikuiseseen nähden. Tämän takia lapset ovat kriittinen ryhmä, joka ensisijaisesti tarvitsee suojausta, jos suuri päästö uhkaa. →

Varhaisinta imeväisikää lukuunottamatta lapset ovat kaikkein vähiten ongelmallinen ryhmä joditablettien suhteen. He hyötyvät joditabletista muita enemmän, eikä vakavia sivuvaikutuksia juuri ole odotettavissa. Haittavaikutuksille altistavat kilpirauhastaudit ovat siinä iässä harvinaisia. Yliherkkyysreaktiot ovat mahdollisia mutta yleensä lieviä.

Joditabletti ja raskaus

Jodi kulkeutuu vapaasti äidin verenkierron läpi sikiöön. Tämä koskee luonnollisesti sekä radioaktiivista jodia että suojaksi annettavaa "kylmää" jodia. Raskauden ensimmäisen kolmanneksen aikana kehittyvä kilpirauhanen ei vielä sido jodia lainkaan; se ei siis vahingoitu radiojodista eikä jodiytimäärä myöskään vaikuta siihen. Sen sijaan odottavan naisen kilpirauhastoiminta on vilkastunut, ja tämän takia hän on vakavassa päästölantanteessa itse korostetusti jodisuojaan tarpeessa.

Raskauden toisen kolmanneksen aikana sikiön oma kilpirauhastoiminta alkaa, ja se tulee loppuraskauden aikana yhä tärkeämmäksi. Tällöin sikiön kilpirauhanen on herkkä äidin kautta saadulle radioaktiiviselle jodille, ja se on suojattavissa antamalla äidille "kylmää" jodia. Toisaalta äidin ylisuuri jodinsaanti tässä vaiheessa saattaa aiheuttaa kilpirauhasen toimintahäiriötä lapsessa. Käytännössä joditablettista kerta-annoksena ei ole odotettavissa ongelmia, ja jos uhkana on merkitsevä säteilyannos kilpirauhaselle, joditabletista on varmasti enemmän hyötyä kuin haittaa. Aiheetonta käyttöä sekä annoksen toistamista tulee kuitenkin välttää.

Vastasyntyneet lapset ja imettävät äidit

Välttömästi synnytyksen jälkeen kilpirauhasen toiminta vilkastuu voimakkaasti. Silloin kilpirauhasen saattaa sitoutua yli 90% verenkiertoon joutuneesta radiojodista. Ilmiö on hyvin lyhytaikainen. Jo viikon ikäisellä lapsella tilanne on palautunut. Vastasyntynyt saa näinollen radiojodista huomattavasti suuremman kilpirauhasannoksen kuin viikon ikäinen lapsi. Toisaalta vastasyntyneen on myös tässä vaiheessa poikkeuksellisen herkkä jodin kilpirauhasta lamaavalle vaikutukselle. Lisäksi lyhytaikainenkin kilpirauhastoiminnan vajeus tässä iässä saattaa vaurioittaa kehittyvää keskushermostoa. Tositilanteessa vastasyntyneet todella tarvitsevat jodisuojaan, mutta annostelun suhteen pitää olla tarkka, ja annoksen toistoa pitää välttää.

Jos äidin verenkiertoon pääsee radioaktiivista jodia, huomattava osa siitä kulkeutuu äidinmaitoon. Äidille ajoissa annettu joditabletti suojaa hänen kilpirauhastaan ja samalla maitoon kulkeutuessa se suojaa lasta maidon kautta saadulta radiojodilta. Sen sijaan se ei ehdi suojata lasta hengityksen kautta saadulta radiojodilta, vaan lapselle täytyy antaa erikseen jodia ennen laskeuman saapumista. Imettämistä ei pidä keskeyttää.

Tablettien varastointi ja annostus

Jotta joditabletin voisi ottaa lyhyen ajan sisällä siitä, kun tulee tieto että radioaktiivinen laskeuma uhkaa, tabletteja pitää olla saatavilla siellä missä ihmiset oleskelevat. Jos on kyseessä huomattava päästö, on myös mahdollista että kehoitetaan ihmisiä suojautumaan muutamiksi tunneiksi sisätiloihin. Siinä tilanteessa on myöhäistä juosta ulkona hakemassa joditabletteja, koska silloin voi altistua säteilylle josta jodi ei suojaakaan.

Uusien ohjeiden mukaan taloihin, joissa on vähintään viisi asuntoa, tulee varata jokaiselle asukkaalle neljä joditablettia. Niinikään neljä tablettia henkilöä kohden on varattava työpaikoille, kouluihin, päiväkoteihin sekä sairaaloihin ja muihin laitoksiin. Tabletteja saa myös ostaa apteekkeista kotivarastoon. Tabletit on uusittava viiden vuoden välein, koska ne murenevat vanhetessaan ja annostelu vaikeutuu. Jodipitoisuus on kuitenkin riittävä vähän vanhemmissakin tableteissa.

Aikuisen annos on 1 tabletti, 1—12-vuotiaan lapsen annos 1/2 tablettia ja 1 viikon—1 vuoden ikäisen lapsen annos 1/4 tablettia kerta-annoksena. Alle viikon ikäisen lapsen annos on vielä tästä puolet.

Jodia ei pidä ottaa omin päin

Päätelmä siitä, onko tabletista odotettavissa enemmän hyötyä kun haittaa, edellyttää tarkkaa arviota uhkaavasta kilpirauhasannoksesta. Tämän arvion pystyy tekemään ainoastaan säteilyturvakeskus. Sen takia tablettia ei pidä ottaa omin neuvoin, vaan asiassa tulee noudattaa viranomaisten suositusta. Yhden ihmisen riski saada turhaankin otetusta joditablettista merkitsevää haittaa on hyvin pieni, mutta jos viisi miljoonaa ihmistä ottaa joditabletin ilman syytä, haittavaikutuksia ilmenee varmasti, ja osa voi olla vakaviakin.

Erittäin herkkien analyysimenetelmien ansiosta havaitaan silloin tällöin pieniä määriä radioaktiivista jodia ilmassa. Tämä ei suinkaan tarkoita, että terveys olisi uhattuna ja joditabletti pitäisi ottaa. Joditabletin käyttö on aiheellinen vasta saasteen ollessa todella merkitsevä. Esimerkiksi Tshernobylin turman jälkeen Suomeen saapunut jodipäästö ei millään alueella ollut läheskään niin suuri, että joditablettien käyttö olisi ollut aiheellista.

On hyvä pitää mielessä, että jodi suojaa ainoastaan kilpirauhasta ja sitäkin vain radiojodista aiheutuvalta sisäiseltä säteilyltä. Se ei suojaa muita elimiä eikä se suojaa kilpirauhastakaan ulkoiselta säteilyltä, jota päästöstä aina myös aiheutuu. Ajoissa otettuna jodi on pahassa laskeumatilanteessa hyvä suoja kilpirauhaselle, mutta mikään ihmelääke kaikkia säteilyn haittavaikutuksia vastaan se ei suinkaan ole.

LL Wendla Paile työskentelee erikoistutkijana Säteilyturvakeskuksessa, tutkimus- ja palveluosastolla, biologisen dosimetrian laboratoriossa, p. 90-708 2239
Tämä artikkeli on aikaisemmin julkaistu ALARA-lehdessä n:o 3/92.

ALUEELLINEN PELASTUSPALVELUVALMIUS YDINVOIMALAITOSONNETTOMUUDESSA

Vastuu mahdollisen onnettomuuden pelastuspalvelutoimenpiteistä on Suomessa paloviranomaisilla. Voimalaitoksen valmiussuunnitelman ja viranomaisten toteuttaman pelastuspalvelun tulee olla yhteensopivat. Pelastustoiminnan johtajana toimii ydinvoimalaitoksen sijaintialueen aluepalopäällikkö tai hänen sijaisensa, kuitenkin laajoissa onnettomuustilanteissa sisäasiainministeriö voi ottaa kokonaisjohtovastuun. Säteilyturvakeskuksen rooli on erittäin tärkeä, koska sieltä saadaan asiantuntijoiden suositukset pelastuspalvelutoimenpiteiksi. Väestölle ohjeet tarpeellisista pelastuspalvelutoimista annetaan radion välityksellä, joten on tärkeää, että mahdollisessa onnettomuustilanteessa noudatetaan viranomaisten antamia ohjeita. Ydinvoimalaitosonnettomuuden pelastuspalveluharjoituksia järjestetään säännöllisesti yhteistyössä voimalaitoksen, lääninhallituksen, sisäasiainministeriön, säteilyturvakeskuksen ja muiden yhteistoimintaviranomaisten kanssa.

PERUSTEET VARAUTUMISELLE

Varautumisvastuu ydinvoimalaitosonnettomuuksiin kuuluu Suomessa paloviranomaisille. Sisäasiainministeriön pelastusastaston antaman ohjeen 1027/710/85 mukaan ydinvoimalaitosonnettomuus kuuluu palo- ja pelastustoimesta annetun lain 1:n 3 momentissa tarkoitettuihin onnettomuustyyppeihin. Palo- ja pelastustoilain kautta on saatu riittävät valtuudet tilanteen kokonaisjohtamiselle. Tämän ohjeen mukaisesti alueelliset ja kunnalliset paloviranomaiset ovat yhteistyössä lääninhallituksen pelastustoilain kanssa laatineet pelastustoilain tarpeelliset suunnitelmat ja toimintaohjeet.

Nämä erityissuunnitelmat koskevat pelastustoilain sellaisissa onnettomuuksissa, joista voi aiheutua säteilyvaaraa ympäristön väestölle. — Kunnan sekä palo- ja pelastustoilain yhteistoimintaluon yleist pelastuspalvelusuunnitelmat kattavat toiminnan muissa onnettomuuksissa esim. tulipalotilanteissa.

Suunnittelussa on pelastustoilain ensisijaiseksi tavoitteeksi määritelty väestön suojaaminen säteilyn välittömiltä vaikutuksilta. Samalla pyritään myös pienentämään mahdollisia säteilyn aiheuttamia myöhäisvaikutuksia.

Ydinvoimalaitosonnettomuus saattaa edellyttää kuitenkin myös terveysolojen valvontaa, elintarvikkeiden käytön valvontaa ja muita sellaisia toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on pienentää osaltaan myöhäisempiä haittavaikutuksia. Näiden toimenpiteiden suunnittelusta ja toimeenpanosta vastaavat asianomaiset viranomaiset. Pelastuspalvelusuunnitelmien sekä voimayhtiön lupaehtojen mukaisen ydinvoimalaitosta koskevan valmiussuunnitelman tulee olla keskenään yhteensopivat.

Keskeisin asia viranomaisten toimintavalmiutta luotaessa on nimenomaan tämä pelastussuunnitelma ydinvoimalaitosonnettomuuden varalta, käytännössä toiminnan johtamissuunnitelma.

SUUNNITELMAN SISÄLTÖ

Suunnitelma muodostuu seuraavista pääkohdista:

Johdanto-osassa on esitetty perusteet suunnittelulle, määritelty varautumisalueet (varautumisalue I = 0-20 km ja II = 20-100 km voimalasta) sekä esitetty pelastustoilain velvoitetut viranomaiset ja heidän tehtävänsä.

Ilmoitukset ja hälyttäminen käsittelee häätailmoituksen vastaanottoa ja eri viranomaisten hälyttämistä ja määrittelee voimalaitoksen velvollisuuden häätailmoituksen tekoon. Johtaminen osassa määrittelee pelastustoilain johtajan määräytyminen. "Pelastustoilain johtajana toimii Rauman yhteistoimintaluon aluepalopäällikkö tai hänen varamiehensä ellei lääninhallitus tai sisäasiainministeriö toisin määrää." Pelastustoilain johtaja tekee päätökset mm. väestön hälyttämisestä ja toimintaohjeiden antamisesta, luon eristämistä ja kulkurajoituksista, säteilymittauksesta, kaluston ja varusteluon käyttöön otosta, suojautumismääräysten antamisesta, suojaväestön suorittamisesta sekä pelastustoilain lopettamisesta.

Mikäli johtovastuu siirretään lääninhallituksen tai sisäasiainministeriön tasolle, huolehtii Rauman yhteistoimintaluon aluepalopäällikkö edelleen soveltuvin osin johtamissuunnitelmassa mainituista tehtävistä.

Voimalaitosalueella toimintaa johtaa valmiuspäällikkö, kunnes asianomainen viranomainen ottaa johtovastuun. Ydinteknisten ja säteilysuojeluasioiden johtovastuu on laitoksen valmiuspäälliköllä.

Johtopaikkana toimii Rauman kaupungin johtokeskus, jonne kokoontuu pelastustoilain johtajan apuna toimiva johtoelin. Johtoelimen muodostavat keskeisten yhteistoimintaviranomaisten johtavat viranhaltijat. Aluejohtokeskus on varustettu tarpeellisilla viestiyhteyksillä.

Viestiyhteyksistä ja johtokeskuksen viestija muun avustavan henkilöstön toiminnasta vastaa Rauman aluehälytyskeskuksen hälytysmestari.

Säteilyvalvonnan suunnittelu ja toteuttaminen sekä näiden tietojen välittäminen on olleellinen osa ydinvoimalaitosonnettomuuden pelastuspalvelua. Oikean tilannekuvan luominen ja täten väestöön kohdistuvan todellisen riskin selvittäminen perustuu merkittävästi juuri säteilytietoihin.

Vastuu säteilyvaaran nopeasta havaitsemisesta ja tilannekuvan luomisesta kuuluu voimayhtiölle ja paikallisille pelastuspalveluviranomaisille. Säteilyvaaran luon selvittämisestä huolehtivat voimayhtiö ja säteilyturvakeskus. Paloviranomaiset huolehtivat tarvittaessa tarkemmasta mittaus-toiminnasta ennakkoon suunnitelluilla mittausreiteillä. Johtoelimen säteily-

mittaustoimisto huolehtii säteilytilanteen seurannasta ja pitää yllä säteilyn tilannekuvaa. Johtoelimen alaiset Rauman kaupungin säteilymittauspartiot (4 kpl) suorittavat mittaustoimiston käskyjen mukaan tarvittavat tarkemmat mittaukset maastossa. Merialueella mittaukset suorittaa poliisin ja Pirskerin merivartioaseman veneyksiköt.

Säteilymittaustoimisto välittää kaikki mitaustiedot voimalaitokselle ja säteilyturvakeskukseksi, laatii määräväläin pelastustoiminnan johtajalle yhteenvedot säteilytilanteesta ja lähettää ne myös ennalta muille sovituille yhteistoimintaviranomaisille.

Kuntien kiinteät säteilyvalvonta-asetat suorittavat mittauksia noudattaen pelastustoiminnan johtajan määräyksiä sekä ennakkoon annettuja ohjeita. Varautumisalueella I Eurajoen ja Luvian johtoelimet perustavat tarvittaessa omat säteilymittauspartionsa ja varautumisalueella II partioiden perustamisesta vastaavat yhteistoiminta-alueiden keskuskunnat (palolaitokset).

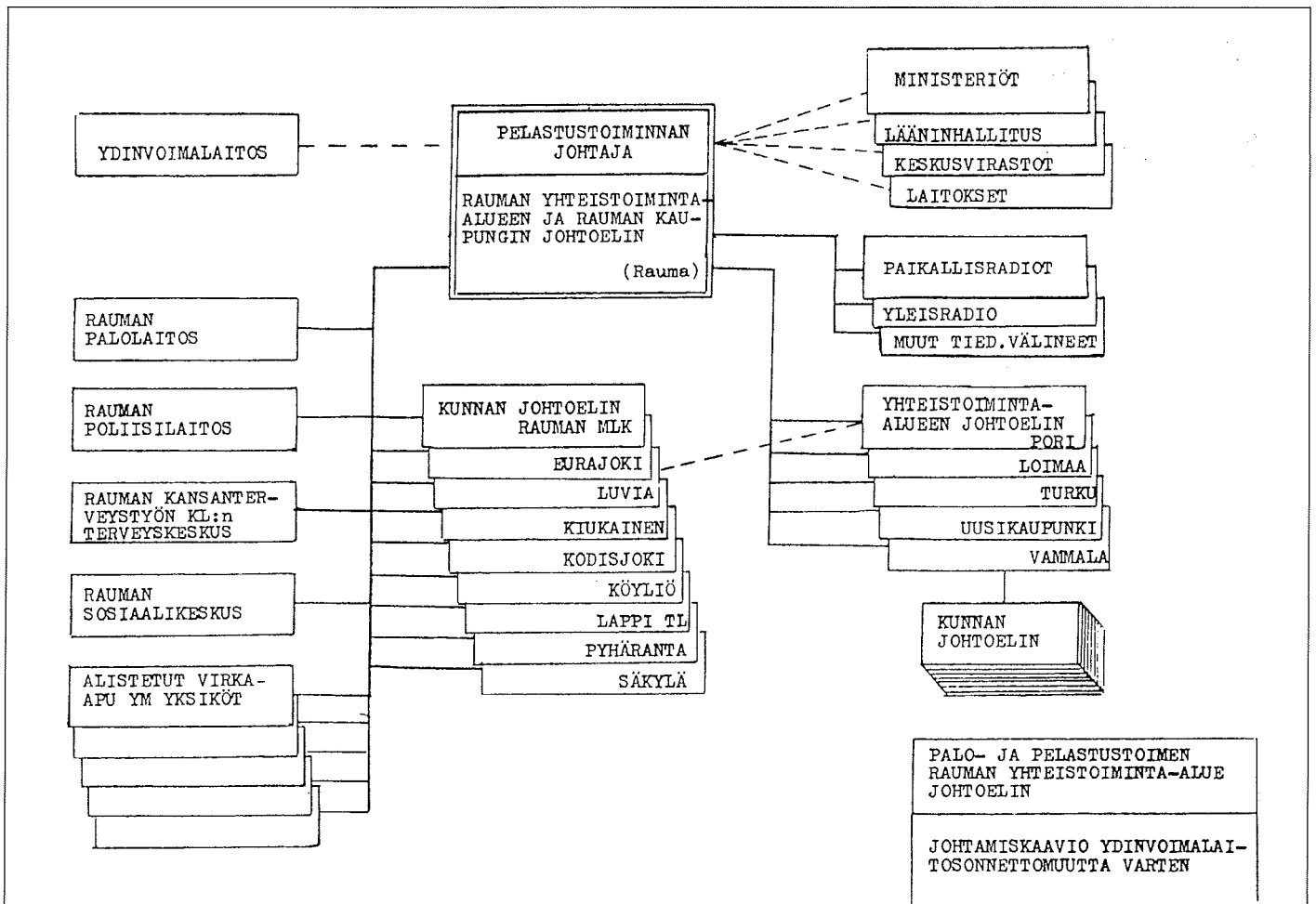
Puolustusvoimat huolehtii lentomittausten suorittamisesta sekä tarvittavan virkaapuyppynnön mukaisesta muusta toiminnasta. Säteilyturvakeskus voi lähettää onnettomuuspaikalle oman tarkempiin analyyseihin pystyvän yksikkönsä. Näidenkin mittaustulokset kootaan keskitetysti mittaustoimistossa.

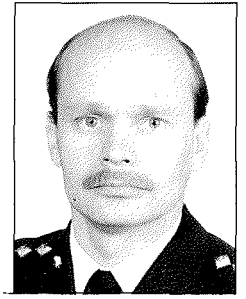
Väestön hälyttämisestä ja suojautumisohjeiden antamisesta päättää pelastustoiminnan johtaja. Voimalaitoksen valmiuspäällikkö päättää voimalaitoksen alueen hälyttämisestä.

Mikäli tilanne sitä edellyttää, pelastustoiminnan johtaja määrää annettavaksi yleisen hälytysmerkin alueelle, jossa väestö voimalaitoksen tai säteilyturvakeskuksen asiantuntijoiden arvon mukaan joutuu todennäköisesti säteilylle alttiiksi. Hälytysmerkki annetaan kuntien kiinteillä hälyttimillä, jotka on I varautumisalueella ministeriön määräyksen mukaisesti toteutettu.

Yleistä hälytysmerkkiä täydentävät suojautumisohjeet annetaan Yleisradion valtakunnan verkon ja paikallisradioiden lähetysten kautta. Tarvittaessa jokaisessa kunnassa täydentävät yleistä hälytystä hälytyspartiot. Partiot antavat yleisen hälytysmerkin lisäksi tarvittavia suojautumisohjeita väestölle.

Suojautumistoimenpiteinä käytetään saatujen suosituksen perusteella alueen eristämistä ja kulkurajoituksia. Poliisi huolehtii eristämisestä pelastustoiminnan johtajan määräysten mukaisesti. Tilanteen niin edellyttäessä annetaan yleinen hälytysmerkki, mikä etukäteisohjeiden mukaisesti velvoittaa väestöä siirtymään sisätiloihin ja kuuntelemaan radiota, jonka välityksellä viranomaiset antavat pelastuspalvelutiedotteita ja ohjeita väestölle. Mikäli tilanne edellyttää, pelastustoiminnan johtaja määrää toimeenpantavaksi suojaväestön uhanalaisella alueella. Ohjeet suojaväestöstä annetaan radion välityksellä. Suojaväestöön on varauduttavaa ensisijaisesti vain varautumisalueella I.





Terveydenhuollosta vastaa johtoelimeen kuuluva lääkäri sekä hänen alaisuudessaan varautumisalueiden I ja II terveyskeskukset erikseen terveyskeskuskohtaisesti laadittujen toimintaohjeiden mukaan.

Lääkinnällisinä toimenpiteinä ovat joditablettien jakelu, säteilylle altistuneiden seulonta, henkilöiden puhdistus, ensiapu ja -hoito, sairaankuljetus ja tarvittava sairaanhoito. Joditabletteja varataan varautumisalueen I väestölle n. 100.000 kpl. Terveyskeskusten valvontaosastot suorittavat tarvittaessa näytteenottoa elintarvikkeista ja eläinten rehuista sekä tutkivat talousveden.

Tiedottamisesta alueellisesti ja paikallisesti vastaa pelastustoiminnan johtaja, jonka apuna toimii tiedotuspäällikkö ja tiedotustoimisto. Tiedotuspäällikkö vastaa väestölle annettavien toimintaohjeiden laadinnasta ja tarvittavien radiotiedotteiden tekemisestä. Mikäli tilanne edellyttää keskitettyä valtakunnallista tiedottamista (mielestäni aina ydinvoimalaitosonnettomuudessa), huolehtii siitä valtioneuvoston tiedotusyksikkö yhteistoiminnassa asianomaisten keskushallintoviranomaisten kanssa.

Koulutus ja suunnitelman ylläpito kuuluu seurantaryhmälle, jonka muodostavat lääninhallituksen pelastustoimiston edustaja sekä varautumisalueiden aluepalopäälliköt.

Tämän pelastustoiminnan yleissuunnitelman mukaan on lisäksi laadittu kunta-kohtaiset varautumista koskevat suunnitelmat sekä viranomaisten omia toimintaohjeita annettujen ohjeiden sekä harjoituksissa esiin tulleiden tarpeiden mukaisesti.

TOIMINNAN KUVAUS

Ilmoitus onnettomuudesta

Onnettomuuden uhatessa voimalaitos tekee hätäilmoituksen aluehälytyskeskukselle, joka tekee tarpeelliset ennalta laadittujen toimintaohjeiden mukaiset eri viranomaisten ja organisaatioiden hälytykset. Osan hälytyksistä määrää pelastustoiminnan johtaja suoritettavaksi.

Johtamisjärjestelmän luominen

Viranomaiset nostavat heti toimintavalmiuttaan. Rauman johtokeskus miehittää ja saatetaan toimintakuntoon.

Virka-aikana johtokeskus on toimintavalmiudessa noin puolessa tunnissa, muina aikoina noin tunnin kuluttua.

Johtajan määräyksestä hälytetään tarpeelliset varautumisalueiden aluepalopäälliköt, kuntien palopäälliköt ja johtoryhmät toimintavalmiuteen. Kuntien ja alueiden johtokeskukset miehitetään.

Tilannekuvan luominen ja ylläpito

Tilanteesta annetaan selvitys johtoryhmälle ja lääninhallitukselle. Jatkuvalla yhteydenpidolla valmiuspäällikön ja säteilyturvakokeskuksen kanssa varmistetaan oikean tilannekuvan säilyminen. Pelastustoimintojen johtamisen ja suorittamisen kannalta tämä "kolmiyhteys" on ratkaisevan tärkeä. Harjoituksissa toiminta näiden yhteistoimintahojen kesken on ollut hyvin sujuvaa. — Tilannekuvan perusteella toimialajohtajat määräävät tarvittavat varautumiset.

Yleisölle tiedottaminen ja tarvittaessa varoittaminen

Tiedottaja laatii välittömästi ensimmäisen pelastuspalvelutiedotteen sattuneesta tapahtumasta. Nopealla ja oikealla, tosiasioihin perustuvalla tiedottamisella on tavoitteena saada ihmiset seuraamaan tilannetta sekä noudattamaan myöhemmin mahdollisesti annettavia suojautumisohteja. Tiedotteet annetaan Suomen Yleisradion kaikkien kanavien kautta, mukaanlukien televisio, sekä myös paikallisradioiden välityksellä. Valmius pelastuspalvelutiedotteiden antoon Suomessa on hyvä. Ns. RDS-järjestelmän käyttöönoton myötä tilanne vielä aivan lähiaikoina paranee.

Pelastuspalvelutoimenpiteet

Riippuen tilanteen kehittymisestä toteutetaan säteilyturvakokeskuksen antamien suositusten mukaiset suojautumistoimenpiteet. Alue eristetään poliisin toimesta, järjestetään säteilymittaustoiminta johtoelimeen kuuluvan säteilymittaustoimiston toimesta, varoitetaan tarvittaessa väestöä säteilyvaarasta ja annetaan tarvittaessa yleisölle määräys suojautua sisätiloihin. Koko ajan pyritään pitämään väestö tietoisena tilanteen kehittymisestä jatkuvalla tiedotuksella.

Tarvittaessa jaetaan väestölle uhanalaisella alueella joditabletit ja annetaan ohjeet niiden nauttimisesta. Mikäli tilanne sitä edellyttää, suoritetaan uhanalaisen väestön suojaväistö. Tätä varten perustetaan

kokoontumiskeskukset ja sovitaan Tampereen kaupungin pelastuspalvelun kanssa siirtyvän väestön vastaanottamisesta. Omaehtoinen siirtyminen suojaväistöä sallitaan ja tarvittaessa järjestetään kuljetukset johtoelimen kautta keskitetysti.

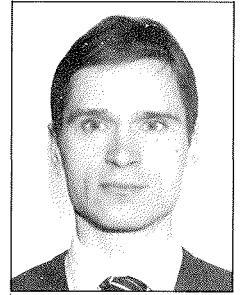
Kaikki pelastustoimet sopeutetaan onnettomuustilanteeseen. Tavoitteena voimalaitoksen osalta on, että jopa sydämen sulamisonnettomuudessa voimalaitoksella toimitaan siten, että mahdollisesti tapahtuva paineen nousu ei missään olosuhteissa pääse rikkomaan suojarakennusta. Painetta poistetaan tarvittaessa TVO:lla olevan suodatinjärjestelmän kautta ja mikäli tämä on mahdotonta, avaamalla muita venttiileitä. Paineen poiston yhteydessä mahdollisesti vapautuvalta säteilyltä suojataan väestö toteuttamalla tarpeelliset pelastuspalvelutoiminnot.

HARJOITTELU JA KOKEMUKSET

Teollisuuden Voiman ydinvoimalaitosten onnettomuuksien varalta harjoitellaan säännöllisesti. Vuosittain järjestetään palokuntien yhteisiä paloharjoituksia, joihin pyritään liittämään myös voimalaitoksen valmiusharjoittelua sekä pelastuspalvelutoimintaa. Suurempia pelastuspalveluharjoituksia, joihin ottavat osaa kaikki pelastuspalvelusuunnitelmassa mainitut yhteistoimintaviranomaiset, toteutetaan vähintään kerran kolmessa vuodessa. Nämä harjoitukset ovat keskimäärin yhden virkapäivän kestäviä. Vuonna 1990 toteutettiin varsin mittava, kaikkiaan puolitoistavuorokautta kestänyt suurharjoitus, joka osoitti, että suunniteltu pelastuspalvelujärjestelmä on toimiva kokonaisuus. Parhaiten tällä järjestelmällä kyettiin varoittamaan väestöä sekä toteuttamaan alueelliset pelastuspalvelutoimet. Suurimmat puutteet todettiin olevan ylempien viranomaisten informoinnissa sekä julkisessa tiedottamisessa erityisesti paikallisradioille ja lehdistölle. Näihin asioihin on pyritty saamaan parannusta suunnitelmaa eräin osin täydentämällä ja uusimalla.

Lopuksi toteaisin, että ydinvoimalaitoksessa sattuva pienikin uhka aiheuttaa aina merkittävän tiedon tarpeen ja tositalanteessa olemmekin varautuneet hyvin etupainotteiseen toimintaan.

Hannu Koivuviita on Rauman kaupungin pelastuslaitoksen palopäällikkö, p. 938-8220522.



VALMIUTTA LOVIISAN VOIMALAITOKSELLA

“Valmiusjärjestelyillä tarkoitetaan ydinvoimalaitosten rajoittamiseksi tarvittavia toimenpiteitä ydinlaitoksessa, sen alueella, muussa paikassa tai kulkuvälineessä, jossa ydinen energian käyttöä harjoitetaan” määritellään ydinen energialaissa.

Valmiusjärjestelyihin kuuluu valmiussuunnitelma, valmiusorganisaation toimintatilat, -välineet ja ohjeet sekä valmiuskoulutus; tavoitteena on jatkuva valmius ydinvoimalaitoksen turvallisuutta vaarantaviin tilanteisiin. Voimayhtiön vastuualue rajoittuu ydinvoimalaitokseen ja voimayhtiön omistamaan maa-alueeseen laitospaikalla. Viranomaiset huolehtivat pelastuspalvelusta tämän alueen ulkopuolella. Koska valmiusjärjestelyt ja erityisesti pelastuspalvelu koskee ympäristöä ja “tavallisia ihmisiä”, nämä asiat ovat julkisessa ydinvoimakeskustelussa keskeisesti esillä.



VALMIUSLUOKAT

Ydinvoimalaitoshäiriöt voivat aiheuttaa merkittäviä ympäristövaikutuksia. Huomattavasti todennäköisempää on kuitenkin, että seuraukset rajoittuvat voimalaitoksen sisälle. Kuhunkin tilanteeseen tulisi reagoida oikeassa mittasuhteessa. Jotta hälytykset ja ilmoitukset tehtäisiin tilanteeseen sopivassa laajuudessa, on määriteltävä seuraavat valmiusluokat:

ERIKOISTILANNE
VALMIUSTILA
LAITOSHÄTÄTILA
YLEISHÄTÄTILA

Erikoistilanteesta ilmoitetaan STUK:lle ohjeen YVL 1.5 mukaisesti, mutta valmiuden kohottamista ei edellytetä. Tällaisia tilanteita voidaan odottaa sattuvan vuosittain.

Valmiustilassa hälytetään voimalaitosalue, IVOn valmiusorganisaatio ja STUK. Pelastuspalveluviranomaisia ei hälytetä,

koska tällaista tarvetta varten on korkeammat valmiusluokat. Koska tiedotusvälineet arvannevat nopeasti, että jotain on tapahtumassa, niin johtaviin pelastusviranomaisiin otetaan yhteyttä; näin heillä on tilaisuus valmistautua kysymyksiin “miksi ette ole määränneet evakuointia?” “oletteko saaneet nopeasti oikeata tietoa?”.

Laitoshätätilassa hälytetään edellisten lisäksi yhteistoimintaalueen pelastuspalvelun johtoryhmä koolle. Yleishätätilassa hälytetään pelastuspalveluorganisaatiot kokonaisuudessaan.

Valmiusluokan määrää voimalaitoksen vuoro- tai valmiuspäällikkö. Valmiusluokitus on eri asia kuin IAEA:n International Nuclear Event Scale, joka sekkin on käytössä Suomessa. Erityisesti julkiselle sanalle tarkoitettu INES-luokitus kuvaa tapahtuman vakavuutta ja ja se arvioidaan jälkikäteen.

Vastaavanlainen valmiusluokitus on voimassa mm. USA:ssa, jossa yli 100 ydinvoimalaitosyksikköä tuottaa sähköä; siellä valmiustiloja julistetaan vuosittain kymmenkunta, laitoshäätätiloja yksi tai ei yhtään; yleishätätilaa ei ole vielä koskaan julistettu, koska tämä valmiusluokitus otettiin käyttöön vasta TMI-onnettomuuden jälkeen.

ATS-ydintekniikan lukijat tietävät hyvin, että ydinvoimalaitosonnettomuuksien todennäköisyys on hyvin pieni, mutta kuitenkin nolaa suurempi. Niinpä meidän tulee olla yötäpäivää varautuneena tilanteisiin, joita emme koe ehkä koskaan.

VALMIUSORGANISAATION TOIMINTA

Alkuvaiheessa valmiusorganisaatio käsittelee paikalla olevan henkilöstön; hälytyksen jälkeen valmiusorganisaatio muodostetaan valmiussuunnitelman mukaan.

Valmiusorganisaation tehtäväalueet ja esimies/alais-suhteet noudattelevat normaaliaikaista organisaatiota; valmiusorganisaation muodostamisella tähdätään siihen, että avainvakanssit voidaan miehittää satunnaisena ajankohtana nopeasti ja pitkäaikaisesti. Kaikki laitospaikalla olevat IVOlaiset kuuluvat valmiusorganisaatioon.

Valmiussuunnitelma sisältää valmiusorganisaation toimintaohjeet siinä laajuudessa kuin on tarkoituksenmukaista. On odotettavissa, että vakavat tilanteet sisältävät yllättäviä piirteitä kuten TMI:n ja Tshernobylin onnettomuuksissa on todettu.

Valmiusorganisaation johto avustajineen toimii voimalaitoksen väestönsuojassa sijaitsevassa johtokeskuksessa. Laitosyksiköiden ohjaus säilyy kuitenkin valvomoissa ja vuoropäälliköt pysyvät tehtävissään; johtokeskus pyrkii takaamaan heille keskittymisrauhan (todettakoon, että



TMI-2:n valvomossa oli kriittisillä hetkillä 60 henkeä ja operaattorit tekivät virheitä).

Johtokeskuksesta käsin seurataan laitos- ja säteilytilannetta sekä johdetaan valmiusorganisaation toimintaa. Henkilöresurssit ohjataan tilanteen ja mahdollisuuksien mukaan; tarvittaessa hankitaan lisäresursseja. Tiedotus uutisvälineille ohjataan sopivaan paikkaan Loviisassa ja/tai Helsingissä. Myyrmäessä toimiva IVO International vertaa tilannetta onnettomuusanalyysiin sekä arvioi näiden perusteella tulevaa kehitystä ja mahdollisia vastatoimenpiteitä.

Johtokeskuksessa on runsaat ja monipuoliset viestiyhteydet. Prosessitietokoneen päätteeltä voidaan seurata käytännöllisesti katsoen kaikkia mitattavia laitosparametrejä ja näistä laskettuja suureita sekä seurata näiden kehitystä; samoin voidaan seurata mm. hälytyksiä ja kriittisiä turva-toimintoja. Johtokeskuksesta hoidetaan yhteydet Säteilysurvakeskukseen, pelastustoiminnan johtoryhmään ja IVO Internationaliin sekä IVO:n viestintään Helsingissä. Yhteydenpidon tehostamiseksi nimetään yhteyshenkilöitä; prosessitietokone raportoi automaattisesti sekä STUK:een että Myyrmäkeen.

VALMIUSKOULUTUS

Valmiusorganisaatio tarvitsee monipuolista osaamista. Valmiusorganisaation hälytyslista ja miehitysjärjestys on laadittu siten, että normaaliaikainen työ ja siihen saatu koulutus antaisi mahdollisimman hyvät valmiudet toimimaan valmiusorganisaatiossa. Tätä pätevyyttä täydennetään valmiuskoulutuksella. Siitä tunnetuin osa on vuosittainen valmiusharjoitus; tätä reaaliaikaista yhteistoimintaharjoitusta täydennetään aihekohtaisella koulutuksella, joka on saanut nimekseen Sievert-päivät. Valmiusharjoituksessa tarkastetaan, että paitsi paperit niin myös asiat ovat kunnossa, ja tuodaan esille mahdolliset kehityskohteet. Valmiusharjoituksen laitos-tilannetta kuvataan yleensä simulaattorilla; simulaattorin kehityksen ansiosta

tätä simulointia voidaan jatkaa aikaisempaa kauemmin, vaikka reaktorissa olisi sekä vettä että höyryä. Operaattorit voivat kuulua "maaliryhmään" (= kouluttajat), mutta useimmiten he ovat olleet "pelaajia", jotka eivät tiedä tilannetta etukäteen. Yleensä harjoitustilanteeseen ei ole suoraan sopivaa ohjetta, jottei valvomo tai mikään muukaan yksikkö pystyisi itsenäisellä toiminnalla ratkomaan ongelmiaan; täten osallistuvat organisaatiot joutuvat toimimaan yhteistyössä. Kouluttajat kuvaavat säteilytilanteen harjoitussuunnitelman mukaisena ja valvovat, ettei simulaattoritoiminta ajaudu riskiriitään säteilytilanteen kanssa. Harjoitusmotivaation kannalta on tärkeää, että "pelaajilla" on mahdollisimman vapaat kädet. Suunniteltu tapahtumaketju olettaakin operaattoreiden tekevän parhaansa.

Harjoitukseen kuulumattomat henkilöt kuvataan "muu maailma" kouluttajien toimesta. Tällaisia roolihenkilöitä ovat olleet "lähinaapuri", "redaktör NN", "tuotantojohtaja", "pelastusylijohtaja", "ympäristöministeri" ja monet muut. "Muu maailma" -kouluttajat - lisäävät todellisuuden tuntua; - ohjaavat "pelaajia" harjoitussuunnitelmaan kuuluviin tehtäviin; - voivat pyytää "pelaajia" raportoimaan toiminnastaan, jolloin kouluttajat pystyvät paremmin pitämään harjoituksen käsissään.

Ensi vuoden pääharjoituksessa 18.5. järjestetään IVO:n valmiusharjoitus ja vironomaisten pelastuspalveluharjoitus yhdessä. Näin laajoja harjoituksia järjestetään noin kolmen vuoden välein. Vuoden 1991 harjoituksen kenties merkittävin opetus oli, että harjoituksen valmistautumisessa on yllättävän paljon tekemistä. Suunnitelmat, ohjeet sekä toimintatilat ja välineet tulee tarkastaa hyvissä ajoin!

TkL Klaus Sjöblom on Loviisan voimalaitoksen turvallisuusinsinööri, p. 915-550 431.

Lyhyesti maailmalta

Iso Britannian (ja Euroopan) eräs vanhimmista ydinvoimalaitoksista lopettaa toimintansa. Trawsfynyddin kaksiyksikköinen kaasujäähdytteinen grafiittimoderoitu 2×195 MW laitos on tuottanut sähköä jo 26 vuotta ja nyt se on päätetty poistaa käytöstä taloudellisista syistä. Laitoksen muutaman vuoden jatkoaika olisi vaatinut kalliita korjauksia, joita ei olisi voitu kattaa sähkön myyntituloilla. Reaktoripaineastiat ovat lisäksi merkittävästi haurastuneet neutronisäteilyssä.

NucNet 20.7.1993

Israel aloittaa ensimmäisen ydinvoimalaitoksensa hankinnan valmistelut heti lähi-idän rauhansopimuksen tultua voimaan. Israel Electric Corporation vastaa hankkeen koordinoinnista. Laitos sijoitetaan mahdollisesti Negevin Shivtaan.

Nucleonics Week 26.8.1993

Kiinassa on valittu jo kahdeksan paikkakuntaa, joille suunnitellaan tai ollaan jo rakentamassa ydinvoimalaitoksia. Kiinan talouden nopea kasvu vaatii runsaasti sähköenergiaa, jonka hankintaan ydinvoima nähdään parhaana vaihtoehtona. Kiina on jo sopinut kahden venäläisen VVER 1000 MW ydinvoimalaitosyksikön rakentamisesta Liaoningiin.

NucNet 10.6.1993

Kiinan toinen ydinvoimalaitosyksikkö on valmistumassa. Daya Bay 1 PWR 950 MW Framatome-yksikkö tehtiin kriittiseksi heinäkuun lopulla ja kytkettiin verkkoon elokuun aikana. Daya Bay 2-yksikkö valmistuu puoli vuotta myöhemmin. Laitos sijaitsee Hong Kongin lähellä. Kiinan ensimmäinen ydinvoimalaitos, Qinshan, otettiin käyttöön alkuvuonna.

NucNet 28.7.1993

Liettuan ydinturvaviranomaisen (VATESI) avuksi on perustettu kansainvälinen kuusijäseninen neuvontakomitea, jossa on Liettuan lisäksi edustajat Ruotsin, Suomen ja Saksan ydinturvaorganisaatioista, ja myöhemmin myös Ukrainasta ja Venäjältä. Komitea auttaa VATESIA vaikeissa päätöksentekotilanteissa ja kokoontuu kerran vuosineljänneksellä. Vastavuoroisesti osallistujat saavat yksityiskohtaista tietoa Ignalinan jättimäisen ydinvoimalan toiminnasta.

NucNet 7.6.1993

Maailmassa oli vuoden 1992 lopussa 424 käytössä olevaa ydinvoimalaitosyksikköä ja 72 oli rakenteilla. Uusia yksiköitä valmistui em. vuonna 6: Ranskaan, Kanadaan, Japaniin ja Intiaan. Ydinsähköä tuotetaan suhteellisesti eniten Ranskassa eli 79 % koko sähköntuotannosta. Toisena on Liettua yli 60 % ja kolmantena Belgia 59 %. Seuraavina Slovakia 49 %, Unkari 46 %, Etelä-Korea 43 % ja Ruotsi 43 %. Ydinvoimalaitosten käyttökokeemus on 6 500 reaktorivuotta.

Nucleonics Week 19.8.1993

Ranskan uraanikaivostyöntekijöillä on kasvanut keuhkosityöpärisiä todetaan äsken valmistuneessa tutkimuksessa. Tutkimusta pidetään merkittävänä pitkästä aikajaksoista johtuen. Tutkitun ryhmän keskimääräinen kaivostyöskentelyaika oli 14,5 vuotta. Tulos on vertailukelpoinen asumiseen asunnossa, jossa ilman radonpitoisuus on 500–1 000 Bequerel/m³.

Nucleonics Week 17.6.1993

Romanian raskaan veden tuotantolaitoksen koekäytössä sattuneessa paineastiariäjähdyksessä sai kolme työntekijää surmansa. Räjähdyksessä tapahtui tarkastettaessa erään prosessisäiliön tiiveyttä painetypellä. Raskaan veden tuotantolaitos tuottaa raskasta vettä mm. CANDU-reaktoriin, jollainen on maassa rakenteilla ja valmistuu vuoden kuluttua (Cernavoda 1).

NucNet 8.7.1993

Ruotsin ydinturvaviranomaisen (SKI) vaatimuksesta Ringhalsin PWR-ydinvoimalaitosyksiköissä tehdyissä tarkastuksissa on löydetty vakavia säröjä. Ringhals 2-yksikön reaktoripaineastian kannen säätösauvaläpivientien kiinnityshitseistä on löydetty useita kehäsuuntaisia halkeamia. Hitti on nikkeli-teräseosta, ei kuitenkaan 600-seosta, josta läpiviennit on valmistettu. Ringhals 3 ja 4 PWR-yksiköt joutuvat uusintatarkastuksiin seuraavissa seisoikeissa.

Nucleonics Week 10.6.1993

Ruotsin Storumanin kunta maan pohjoisosassa hyväksyy soveltuvuustutkimuksen aloittamisen koskien käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitosta. Tutkimuksessa selvitetään geologisia, teknillisiä, kuljetus- ja sosiaalisia näkökohtia ja se kestää vuoden. Muut mahdolliset kunnat miettivät vielä kannanottoaan. Tutkimuk-

sen perusteella valitaan yksi tai kaksi aluetta lopullisiin valintaselvityksiin. Korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoitus tehdään 500 metrin syvyydelle kallio-perään ja se aloitetaan aikaisintaan vuonna 2010.

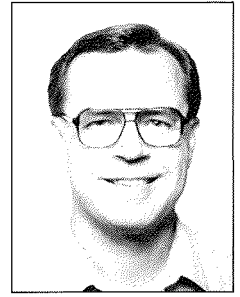
NucNet 9.7.1993

Ruotsin vanhin ydinvoimalaitosyksikkö pidetään pois käytöstä vielä vuoden. Oskarshamn 1 BWR 462 MW Asea Atom-yksikkö valmistui vuonna 1972 ja se on ollut pysäytettynä ns. imusihtiongelman aiheuttamien muutosten vuoksi jo vuoden 1992 syyskuusta lähtien. Lisäksi löydettiin reaktoriveden puhdistusjärjestelmän putkista läpiulottuvia säröjä, jotka korjattiin 400 kohteessa. Yksikkö aiotaan nyt samantien nykyaikaistaa tekeillä mittavia laitosmuutoksia. Työt alkavat miljoonien kruunujen tutkimus- ja testiohjelmalla. Laitosmuutoksia tullaan tekemään primääripiirissä, syöttövesijärjestelmässä ja turbiineissa. Lisäksi yksikön vesikemiaa parannetaan säröjä aiheuttaneen sulfiittiongelman poistamiseksi. Muutokset on hyvä toteuttaa nyt johdettua teollisuuden vähäisestä sähköntarpeesta matalasuuhdanteesta ja jatkuvasti hyvästä vesivoimatilanteesta.

Ruotsin Ringhals 2 PWR 917 MW Westinhouse-yksikön korjausseisokki jatkuu loka-marraskuuhun. Reaktoripaineastian kannen läpivientien säröjen aiheuttajasta ei ole vielä saatu varmuutta. Yhtenä mahdollisuutena pidetään valmistusvirhetä. Säröjen korjaustapaa ei ole vielä päätetty. Säröt havaittiin touko-kesäkuussa vuosihuollon yhteydessä Ruotsin ydinturvaviranomaisen (SKI) määräämissä erikoistarkastuksissa. Ranskan laitoilla oli aiemmin löydetty vastaavia säröjä.

Nucleonics Week 12.8.1993

Ruotsin ydin- ja säteilyturvaviranomaiset, SKI ja SSI, ovat huolestuneita Oskarshamn 1-yksikön suunnitellun peruskorjauksen suurista työntekijöiden säteilyannoksista. Oskarshamn 1-yksikön ”normaalit” vuosittaiset säteilyannokset ovat korkeat (3,7 manSv 1992) eli kolminkertaiset verrattuna esimerkiksi laitoksen kolmosyksikköön. Viranomaiset tulevat erityisesti valvomaan dekontamointeja, joilla puhdistetaan korjattavan alueen putkistoja. Lisäksi huolenaiheena on valvomohenkilöstön ammattitaidon säilymi-



nen kahden vuoden mittaisen käyttökatkoksen ajan (syyskuusta 1992 kesään 1993).

Nucleonics Week 19.8.1993

Saksan 25 ydinvoimalaitosyksiköllä sattui vuonna 1992 seitsemän alimman vakuusluokan 1 (INES) tapahtumaa. Vakavampia tapauksia ei sattunut ollenkaan. Viranomaiselle raportoitujen kaikkien, myös 0-luokan, tapausten määrä oli 223.

Nucleonics Week 12.8.1993

Sveitsin ydinturvaviranomaisen pääjohtaja Roland Naegelin ilmoittaa maan viiden ydinvoimalaitosyksikön toimineen turvallisesti vuonna 1992. Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) tarkasti 15 laitostapahtumaa, joista yksikään ei ollut vakava. Edellisenä vuonna tapahtumia oli 17.

Nucleonics Week 15.7.1993

Sveitsin kaikki viisi ydinvoimalaitosyksikköä on nyt varusteltu onnettomuuden varalta. Viimeisenä Gösengin laitos sai suojarakennuksen suodatetun tuuletusjärjestelmän. Tarvittavat laitosmuutokset tehtiin Sveitsin ydinturvallisuusomaisen (HSK) vaatimuksesta Ranskan, Suomen, Saksan, Ruotsin ja Alankomaiden tapaan.

NucNet 25.8.1993

Ukrainan Tshernobylin onnettomuusyksikön sarkofagisuunnittelun tarjouskilpailun voitto meni Ranskaan. Tarjouksessa ehdotetaan rakennettavaksi uusi suojarakennelma kattamaan vanhan sarkofagin. Suojarakennuksessa ryhdyttäisiin purkamaan onnettomuusreaktoria pala palalta käyttäen robotteja yms. kauko-ohjattavia välineitä. Purkaminen kestäisi vaon kahdeksan vuotta. Ukraina ryhtyy seuraavassa vaiheessa hakemaan toteuttajia em. suunnitelmalle sekä kansainvälistä rahoitusta.

NucNet 24.6.1993

USA:n Three Mile Island 2-onnettomuusreaktorin puhdistus on saatu päätökseen. Puhdistuksen viimeinen vaihe oli onnettomuudessa kerääntyneen tritium-pitoisen vähäaktiivisen veden haihduttaminen ilmaan, koska tritiumia ei voida suodattaa. Vettä haihdutet-

tiin kaikkiaan noin 9 000 kuutiometriä. Lähistön asukkaan saama säteilyannos vuonna 1991 aloitetusta haihdutuksesta on laskennallisessa pahimmassa tapauksessa alle 0,01 millisievertiä. Keskimäärin asukkaiden saama säteilyannos vastaa kahden tunnin ulkonaoleskelusta saatua luonnonsäteilyannosta. Onnettomuusreaktori on paketoituna, koska suojarakennuksessa on vielä kiinteää aktiivisuutta, ja se puretaan yhdessä käyvän TMI 1-yksikön kanssa usean kymmenen vuoden kuluttua.

TMI Community Report, Volume 6, Issue 2, kesä 1993

USA:n ydinvoimalaitosten ulko-ovet vahvistetaan. Maan ydinturvaviranomainen (NRC) on päättänyt vaatia voimayhtiöitä vahvistamaan ydinvoimalaitosten ulkoovien ja porttien lujuuksia. Ovien tulee estää autolla tapahtuva rikollinen sisään-tunkeutuminen, mahdollisesti räjähteiden kanssa. Vahvistamisen kustannuksiksi lasketaan noin miljoona dollaria laitosta kohden. Esimerkiksi betoniset ovisuojat täyttäisivät vahvistusvaatimukset. Vaatimus juontuu helmikuussa 1993 TMI-1 yksiköllä tapahtuneesta sisäntunkeutumisesta.

Nuclear Engineering International
September 1993

Venäjä ja Kiina neuvottelevat kiinalaisten halusta rakentaa itselleen ydinvoimalaitoksia Venäjän alueelle Siperian Itkurskiin noin 250 km Venäjän-Mongolian rajalta ja Vladivostokiin. Laitokset maksettaisiin sähkölaskuina. Reaktorit olisivat 500—600 MW teholuokkaa ja valinta tehdään VVER-, passiivisesti turvallisen VPBER-600- tai maanalaisen reaktorityypin välillä.

Nucleonics Week 15.7.1992

Venäjän ydinpolttoainetehda Electrostal, joka sijaitsee Moskovan lähellä, valmistaa vuodessa noin miljoona UO₂-polttoainesauvaa. Tuotanto riittää kuvainnollisesti noin 30 reaktorin (1 000 MW) käynnissä pitämiseen. Electrostal parantaa valmistuksen laatua ja ilmoittaa nyt polttoaineen hafnium-pitoisuuden alentamisesta alle 0,01 prosenttiin ja polttoainesauvan suojaajuoren valmistusnaarmujen maksimisyvyudeksi 35 10⁻⁶m entisen 50 10⁻⁶m sijaan. Polttoaineen vaurioaste käytössä oli ennen jopa 0,0005 % luokkaa. Parannukset nostavat polttoaineen käyttöaikaa kahdesta kolmeen vuo-

teen VVER 1000-yksiköissä ja kolmesta neljään vuoteen VVER 440-yksiköissä (tulevaisuudessa viisi vuotta). Pitkäikäisten VVER-polttoainesauvojen suojaajuoriin tullaan käyttämään uutta zirkonium-niobium-tina-rauta seosmetallia E-635. RBMK-reaktorien yhä jatkuviin polttoainesuojakuoriongelmiin etsitään edelleen ratkaisua. Tavoitena on alle 0,0002 % vaurioaste.

Nuclear Fuel 16.8.1993

Ins. Pekka Lehtinen on Säteilyturvakeskukseen ydinturvallisuusosaston tarkastaja, puh. 90-70821.

English abstracts:

The decision of Finnish Parliament: new NPP to Finland

Patrakka (page 2)

The building of the fifth nuclear reactor to Finland was put to the vote according to the Nuclear Law in Finnish Parliament at 24 September. The result of this vote was 107 against and 90 for nuclear power. This means that the building of the fifth reactor unit is not started before new vote, which could take place earliest after 3 years. The most important factor behind the result was that many members of the Parliament had before the elections promised to be against nuclear power. However, the Finnish industry is not giving up the hope to get new nuclear unit in Finland.

Possibility and extent of reactor accidents

Vuori, Virolainen (page 3)

The basic design objective for nuclear power plants is to aim at preventing accident situations which might lead to major releases of radioactive substances into the environment. The approach is based on multilevel defense-in-depth safety philosophy relying among others on redundant protection systems, multiple release barriers and several independent engineered safety features. For the utmost unlikely situation where all technical and procedural precautions fail, the emergency preparedness measures both inside and outside of the plant are planned to provide the last resort to mitigate the off-site consequences due to major releases.

Accident management at the TVO plant

Koski (page 5)

The article deals with accident manage-

ment at the TVO plant. The subject is treated on the following levels:

- Coping with design basis accidents with the help of engineering safety features
- Management of accidents beyond design using the symptom based emergency operating procedures
- Mitigation of the consequences of severe reactor accidents.

WE ARE PREPARED FOR RADIOLOGICAL HAZARDS

Aaltonen (page 8)

The Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety (STUK) is the central authority and research institute of the radiological monitoring organizations in Finland. In emergency, the role of STUK is to collect all data available connected to the accident causing radiological situation and the results of environmental monitoring. Basing on this knowledge together with the meteorological information the exposure to the Finnish population is estimated and recommendations for appropriate protective measures are given by STUK. In order to successfully perform all tasks in an exceptional situation the planning of how to cope with the situations has to be done beforehand. Besides thorough knowledge of possible sources, a preparedness of readiness for taking action on any time of day is necessary in order to be able to minimize harmful effects caused by the situation.

THE ROLE OF FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Savolainen, Valkama (page 10)

The Finnish Meteorological Institute is

responsible for the dispersion forecasts for the radiation control in Finland. In addition to the normal weather forecasts the duty forecaster has the work station based three dimensional trajectory model and the short range dispersion model YDINO at his disposal. For expert use the operational long range transport, dispersion and dose model TRADOS is available.

The TRADOS, developed by the The Finnish Meteorological Institute and by the Technical Research Centre of Finland, includes a meteorological data base that utilizes the numerical forecasts of the High Resolution Limited Area Model (HIRLAM) weather prediction model. The transport is described by three-dimensional air-parcel trajectories. For each time step the integrated air concentrations as well as dry and wet deposition for selected groups of radionuclides are computed. In the operational emergency application only external dose rates are computed. In the statistical version also individual and population dose estimates via several external and internal pathways can be made.

The TRADOS is currently run under two separate user interfaces. The trajectory and dispersion model interface includes ready-made lists of the nuclear power plants and other installations. The dose model has a set of release terms for several groups of radionuclides. There is also a graphical module that enables the computed results to be presented in grid or as isolines.

A new graphical user interface and presentation lay-outs redesigned as visual and end-user friendly as possible and with the aim of possible adoption as a Nordic standard will be installed in the near future.

EMERGENCY PREPAREDNESS IN FINLAND

Koivukoski (page 13)

Although the menace of nuclear war still persist, the focus in national emergency preparedness in Finland is presently on emergencies involving nuclear installations. The nuclear power plants, nuclear submarines and other installations in the former USSR are a major reason for this. In this article the main features and organisation of emergency preparedness in Finland is described.

INTERNATIONAL CO-OPERATION IN EMERGENCY PREPAREDNESS

Hänninen (page 15)

The accident at the Chernobyl nuclear power plant in 1986 showed that international co-operation in the area of emergency preparedness should be strengthened. Important international conventions were adopted subsequently. In this article international conventions and corresponding bilateral agreements of Finland and their practical application is described. Exchange of information and international emergency exercises are also discussed.

SYSTEM FOR OFFSITE DOSE ASSESSMENT DUE TO REACTOR ACCIDENTS

Schulz, Rossi (page 17)

The real-time offsite dose assessment system ROSA has been developed for the Loviisa and Olkiluoto nuclear power plants. In the prediction mode this local scale model can be used in history, at present time or in the future, in addition to this it works in the automatic and real-time online mode employing directly the measured data from the power plant.

IODINE TABLETS IN A NUCLEAR CATASTROPHE

Wendla Paile (page 21)

In case of a nuclear catastrophe, inhalation of radioactive iodine may constitute a risk for the human thyroid gland. It may induce benign or malignant thyroid tumours and, in extreme situations, even hypofunction of the thyroid. It is possible to protect oneself against these effects by taking a tablet of "cold" iodine immediately at the arrival of the fallout. The protection is more important for children than for adults. If the exposure is small, iodine tablets should not be used, because the detriment from side effects may be greater than the benefit achieved.

Iodine offers no protection from external radiation.

THE LOCAL ARRANGEMENTS FOR RESPONDING TO NUCLEAR EMERGENCIES

Koivuviita (page 23)

In Finland, the responsibility for emergency actions, in case there is danger for off-site consequences, is given to the local fire departments. It is important that the actions of the local authorities and actions of the nuclear power plant are well coordinated. Also the role of nuclear regulatory body, the Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety (STUK) is important, especially in giving recommendations for countermeasures. In this article, actions and responsibilities on the local level in emergency preparedness are described.