



Poliisit etsivät maanjäristyksen ja tsunamin uhreja Minamisoman kaupungissa noin 30 kilometriä Fukushima ydinvoimalasta pohjoiseen 28.3.2011.





FUKUSHIMA käynnisti kriisitoimet Suomessakin

Vartijoita Fukushiman ydinvoimalan pääportin lähellä 13.4.2011.



VOA Photo S. Herman

Fukushiman ydinvoimalaitoksen onnettomuudet Japanissa seurasivat perjantaina 11. maaliskuuta 2011 Sendain maanjäristystä ja sen jälkeistä tsunamia. Suomessa reagoitiin nopeasti. Kun maanjäristys tapahtui aamulla kello 7.46, reilun puolen tunnin kuluessa oli ulkoministeriön kriisiorganisaatio käynnistetty ja tilannekuvahuone täydessä toiminnassa.

Ensimmäiset viestit Suomen Tokion-suurlähetystöstä ulkoministeriöön tulivat kirjaimellisesti pöytien alta sinne maanjäristykseltä suojautuneilta virkailijoilta kello 8.23 perjantaiamuna.

”Jo silloin lähetystövirkailijat puhuivat ydinvoimalaitoksista”, lähetystöneuvos **Teemu Turunen** kertoo.

Niin Säteilyturvakeskuksen (STUK)



STUKin johtoryhmä kokoaa yhteisen tilannekuvan ja tekee johtopäätökset tarvittavista toimista.

Teuvo Parvainen/STUK

valmiuspäällikkö **Hannele Aaltonen** kuin Ilmatieteen laitoksen päivystäjä saivat tiedon tapahtumista luonnononnettomuuksien varoitusjärjestelmän kautta.

”Järjestelmää ei ole tarkoitettu varoitamaan säteilystä, mutta ensi havainto

tuli sitä kautta seismisestä tapahtumasta ja tsunamista”, ylimeteorologi **Markku Seppänen** Ilmatieteen laitokselta kertoo.

Perjantaina tilannetta seurattiin STUKissa. Kello 17.40 julkaistiin STUKin netisivuilla valmiuspäällikkö Hannele Aal-

tosen mukaan tieto, että tilanne on huolestuttava.

Ulkoministeriöstä oltiin yhteydessä STUKiin jo perjantaina.

”Ulkoministeriössä kriisivalmius saatiin nopeasti käyntiin. Tajuttiin, et-

Haastateltavilla oli kysyntää

Heti Fukushima onnettomuuden alettua media otti aktiivisesti yhteyttä Säteilyturvakeskukseen (STUK) tietojen ja haastattelujen saamiseksi. Alkuun toimittajat päästettiin kameroiden kanssa STUKin valmiuskeskukseen.

”Sitten hyvin nopeasti tilanne muuttui niin, että tiedotusvälineistä haluttiin aikaeron takia heti aamulla ensitietoja, tehtiin puhelinhaastatteluja. Haluttiin myös asiantuntijoita iltaututisiin haastateltaviksi”, tilanteenjohtaja Lasse Reiman kertoo.

”Kaikki alkoi tosi hektisesti heti”, tiedotuspäivystäjänä toiminut tarkastaja **Markku Koskelainen** vahvistaa.

Tiedotuspäivystykseen tuli noin 25–40 puhelua päivittäin. Lisäksi päivystäjän oli seurattava tilannetta ja pidettävä lokia tapahtumista. Pian STUKissa sovittiin, kuka antaa lausuntoja missäkin mediassa.

”Aluksi soitot tulivat valtaosin medialta. Tiistaista 15.3. alkaen soittajat olivat huolestuneita kansalaisia.”

Jo lauantaista 12.3. alkaen jokaiseen STUKista lähetettyyn tiedotteeseen lisättiin tieto, ettei päästöistä ole vaaraa Suomessa.

Seuraavaksi alkoivat soitella lomamatkalle Aasiaan menossa olleet ihmiset. Heitä kehoitettiin seuraamaan ulkoministeriön ohjeita.



Sini Silván

”Fukushiman opit huomioidaan valmiussuunnitelmassa”, STUKin valmiuspäällikkö Hannele Aaltonen sanoo.



Japanilaisten tyyni suhtautuminen katastrofiin pysäytti, kertoo ylitarkastaja Helinä Korpela STUKista.

tä ydinturmaan liittyy nyt tietämystä ja osaamista, jota meillä ei ole”, lähetystöneuvos Turunen sanoo.

STUKin valmiustoimintaa tehostettiin lauantaina

”Perjantaina käsitys oli, että tilanne on huolestuttava”, STUKin valmiuspäällikkö

Aaltonen sanoo.

Lauantaina aamupäivällä Aaltonen kutsui lisää väkeä töihin. Samalla tuli tieto myös Fukushima Dai-ichin reaktorissa 1 tapahtuneesta vetyräjähdyksestä.

Valmiustoimintaa tehostettiin, koska siihen oli tarvetta: ulkoministeriö, muut viranomaiset, yrityselämä, suomalaiset sekä tiedotusvälineet tarvitsivat tietoa. Valtioneuvosto piti onnettomuutta seuraavalla viikolla kaksi istuntoa, joissa muun muassa STUKin alustuksen pohjalta arvioitiin tilannetta.

”Oli välttämätöntä, että seurattiin tarkasti tilannetta. Odotuksia oli paljon”, STUKin tilanteenjohtaja **Lasse Reiman** arvioi.

”STUKin asiantuntijat tiesivät tarkkaan, mitä tehdä, tällaista on suunniteltu ja harjoiteltu”, Aaltonen kertoo.

Valmiusorganisaatioon perustettiin tilannearvioryhmä, joka oli paikalla myös öisin. Lisäksi perustettiin lehdistökeskus ja säteilyarvointiryhmä.

”Myöhemmin valmiusorganisaatiota jouduttiin laajentamaan edelleen ja perustamaan säteilyneuvontaryhmä, jota



Säätilan ennustamista laskeuma-arviota var-
ten hankaloitti se, että tsunami tuhosi myös
havaintojärjestelmiä, Ilmatieteen laitoksen
ylimeteorologi Markku Seppänen toteaa.

on aiemmin käytetty vain harjoituksissa”, Aaltonen sanoo.

STUKin valmiusorganisaatiossa onnettomuutta ja sen etenemistä seurattiin koko ajan. Tilannearvio- ja säteilyarviointiryhmät tekivät skenaarion siitä, mitä pahimmillaan voisi tapahtua, ja mitä säteilyseurauksia voi tulla.

STUK hankki avuksi myös japanin kiel-
len tulkin, joka käänsi netin japaninkie-
listä tietoa. Aktiivisessa seurannassa oli
myös Japanin NHK-televisiokanavan
kansainvälinen lähetys, josta saatiin tieto
virallisista voimayhtiöiden ja viranomais-
ten tiedotustilaisuuksista.

Japanin suomalaisille joditabletteja

Jo lauantaina pidettiin ulkoministe-
riössä ministeriön valmiuspäällikkö **Pasi
Tuomisen** ensimmäinen tiedotustilai-
suus, jossa STUKin tilannejohtaja Rei-
man oli mukana.

”Ulkoministeriö pyysi STUKilta päivi-
tän uhka-arvion”, Reiman kertoo.

Arvio pahimmasta mahdollisesta tilan-
teesta tehtiin päivittäin analyysien perus-
teella. Sen pohjalta keskusteltiin, pitäisi-
kö tehdä jotain Japanissa asuvien suoma-
laisten suhteen.

Suomen Japanin-suurlähetystöön lä-

Omia mittauksia Japanissa

Finnair pyysi Säteilyturvakeskukselta päivittäistä uhkakuva-arviota ja päätti Japaniin lentä-
misestä sen perusteella.

Yhteistyö toimi molemmin puolin. Säteilyturvakeskuksen tutkija **Petri Smolander** kertoo,
että Tokion kentältä saatiin omia mittaustuloksia lähettämällä mittalaitteita koneiden mu-
kana Japaniin. Hän ja tutkija **Tero Karhunen** lähtivät nopealla varoitusajalla Helsinki-Van-
taan lentokentälle mittaamaan Finnairin Tokiosta Suomeen lentämiä koneita. Smolander kä-
vi myös itse Japanissa, mistä näin saatiin omakohtaisia mittaustuloksia.

Tuloksissa näkyi merkkejä radioaktiivisuudesta erityisesti silloin, kun vuorokauden ajan
tuuli Fukushimasta kohti Tokiota. Havainnot tehtiin moottorista ja sisäilman kiertosuodatti-
mesta. Ulkoisen säteilyn annosnopeus oli niissä kaksinkertainen normaaliin verrattuna, mi-
kä on sekin hyvin vähäinen määrä.

Helsinki-Vantaan lentokentällä matkustajat kulkivat herkästi säteilyä havaitsevan mittaus-
portin läpi.

”Suuri osa matkustajista ei tiennyt mittauksista mitään, laite on niin huomaamaton. Osa
matkustajista oli mittauksien jälkeen selvästi huojentuneita”, Smolander arvioi.



hetettiin jo lauantaina suuri määrä joditabletteja, ja ne jaettiin suomalaisille. Mikäli tablettien nauttiminen olisi ollut tarpeen, siitä olisi laitettu tekstiviesti yhteystiedot antaneille suomalaisille. Menettelyyn oli hankittu sosiaali- ja terveysministeriön lupa.

Ilmatieteen laitos tärkeänä tukena

Säteilyarvioinnissa STUK teki yhteistyötä Ilmatieteen laitoksen kanssa. Laitos alkoi tehdä arvioita siitä, miten mahdollisesti ilmakehään joutuva radioaktiivinen aine kulkeutuisi.

Laskeuma-arvioinnissa merkitystä on muun muassa onnettomuusaikaan vallinneella säätilalla ja päästön lähtökorkeudella.

”Me emme normaalisti tuota Japanin alueelta sääennusteita. Ongelma oli toisaalta myös se, että tsunamin tuhottua infran se tuhosi myös havaintojärjestelmiä”, ylimeteorologi Markku Seppänen kertoo.

Myös Suomeen 7–10 päivässä tulleet hiukkaset olivat leviämismallin mukaan odotettuja. Mittauksia tehtiin STUKin mittauksen tueksi myös Ilmatieteen laitoksen radioaktiivisuuden mittausasemil-

la ja ilmaluotaimilla. Mittausasemien tulosten analysoinnin yhteydessä havaittiin hyvin pieniä määriä Fukushimaa lähteneitä radioaktiivisia hiukkasia. Pitoisuudet olivat kuitenkin niin vähäisiä, että niillä ei ollut minkäänlaisia terveydellisiä vaikutuksia.

Ilmatieteen laitoksella ja STUKilla on käytössään yhteinen järjestelmä, jossa eri lähteistä tulevat tiedot voidaan yhdistää samalle karttapohjalle suositusten tueksi. Fukushima tapahtumat paljastivat kehittämistarpeita sekä sää- ja leviämismallitulosten tuotantomenetelmissä että tulosten jakelussa, kun tapahtumapaikka on normaalin laskenta-alueen ulkopuolella.

Säteilyarvioinnissa suuria haasteita

STUKin säteilyarviointiryhmän johdossa toimi valtaosan ajasta Tutkimus- ja ympäristövalvonta -osaston johtaja **Tarja K. Ikäheimonen**. Ryhmässä oli mukana myös erikoistutkija **Roy Pöllänen** Turva-teknologia-laboratoriosta.

”Kun päästöistä ei ole tietoa, lähdetään liikkeelle uhkakuvasta”, Roy Pöllänen kertoo. Tilannetta ei siis missään tapauksessa aliarvioida.

Pöllänen muistuttaa myös säteilyarvioinnin haasteista: Ensimmäiset lueumat ulkoisen säteilyn annosnopeuksista saatiin laitosten ympäristön geigermitareista, jotka eivät paljasta esimerkiksi alfasäteilyä. Niinpä annoksia jouduttiin myös arvioimaan.

Säteilyn aiheuttaman sisäisen annoksen suuruus riippuu siitä, mikä radionuklidi on kyseessä, miten radioaktiiviset aineet kehoon joutuvat – hengittämällä vai ravinnon kautta – ja minne aineet kehossa kertyvät.



Aluksi puhelut tulivat medialta, myöhemmin myös kansalaisilta, kertoo tiedotuspäivittäjänä ollut STUKin tarkastaja Markku Koskelainen.

”Annosarvioita tehdessä pitää aina olla valppaana oikeasta suuruusluokasta.”

Valmiusorganisaation johtoryhmä valmisti STUKin suositukset säteilyarviointiryhmän ja tilannearvioryhmien tietojen perusteella.

Annosnopeudet ja taustasäteily ovat Japanissa pienempiä kuin Suomessa, koska maaperä ei sisällä uraania ja radonia. Kun lähtötaso on hyvin pieni, tuhatkertainen annosnopeus normaaliin verrattuna on yhä lähellä nollaa.

Tapahtunutta ei voi vähätellä

Fukushiman tapahtumia ja niiden vaikutuksia puidaan vielä pitkään.

”Tällä voi olla vaikutuksia Suomen ja Euroopan ydinvoimaloihin”, sanoo STUKin tilanteenjohtaja Lasse Reiman, joka kuuluu Euroopan ydinvoimalaitosten stresseistä suunnittelevaan työryhmään.

Hän korostaa, että se tapa, jolla reakt-



”Kun päästöjä ei tiedetä, lähdetään liikkeelle uhkakuvista”, STUKin erikoistutkija Roy Pöllänen sanoo.

**STUK TEKII ANALYYSIEN POHJALTA
PÄIVITTÄIN ARVION PAHIMMASTA
MAHDOLLISETILANTEESTA.**

FUKUSHIMAN ONNETTOMUUDEN OPIT TULEVAT NÄKYMÄÄN VALMIUSSUUNNITTELUSSA.

toreita Fukushimaa edelleen jäähdytetään, on täysin väliaikainen. Suojarakennuksista on päässyt ilmakehään päästöjä. Tavoitteena on, että jäähdytysjärjestelmät saadaan jatkossa suljettuihin kierroihin. Väliaikainen tilanne kestää useita kuukausia. Japanilaisilla on kuitenkin motivaatiota hoitaa asia – ja tehdä töitä hankalissakin olosuhteissa.

”Kattavaa tietoa ei ole. Kuitenkin viimeisimpien tietojen mukaan laskeuma on hyvinkin suuri tietyillä alueilla. Infrastrukturi tuhoutui myös laajalta alueelta täysin”, valmiuspäällikkö Hannele Aaltonen luonnehtii katastrofin seurauksia.

Aaltonen kiittää työtovereitaan venymisestä.

”Jos kaikki olisi tapahtunut paljon lähempänä, olisi tilanne voinut olla Suomen kannalta hyvin paljon pahempi. Fukushimaa oppeja tullaan vielä ottamaan huomioon valmiussuunnitelmassa.”

”Tällaisissa tilanteissa on paljon, mistä pitää ottaa opiksi”, myös ulkoministeriön lähetystöneuvos Teemu Turunen arvioi. Tässä tapauksessa oli ehkä onni onnetto-



”Osaa Suomeen palanneista lentomatkustajista säteilymittaus huojensi selvästi”, STUKin tutkija Petri Smolander kertoo.

muudessa, että juuri joulukuussa Tokion suurlähetystössä oli pidetty suuri harjoitus. Siinä tekijöinä olivat suuri maanjäristys, tsunami ja suuri ydinvoimaonnettomuus. Tapahtumakeskus oli ajateltu 10 kilometrin etäisyydelle todellisesta.

”Se oli suorastaan jopa pelottavaa”, Turunen sanoo. ❖

Säteilyturvakeskus merkittävä tietolähde

Säteilyturvakeskuksen uutisseurannan analysointi kertoo, että STUK sai Fukushimaa tapahtumien takia erittäin paljon mediaosumia. Uutisseurantaanalysointi M-brain Oy seurasi tiedotusvälineiden netissä julkaisemia Fukushimaa onnettomuutta käsitteleviä uutisia onnettomuuden alusta 11.3. maaliskuun loppuun.

Edellisten 12 kuukauden aikana STUK oli saanut keskimäärin 300 mediaosumaa kuukausitasolla. Fukushimaa myötä STUK mainittiin kotimaan seurannassa 2 150 kertaa ja kansainvälisesti 290 kertaa. Maaliskuussa mediaosumia tuli siis 7,5-kertaisesti verrattuna edellisen 12 kuukauden keskiarvoon.

Uutisista jopa 80 prosentissa STUK mainittiin tai se oli kommentoijana. Noin kolmanneksessa STUK oli ensisijaisena tai ainoana kommentoimassa tapahtumia Japanissa tai kertomassa niiden vaikutuksesta Suomessa. Sävy STUKia kohtaan oli 97 prosentissa jutuista neutraali. Negatiivista sävyä tuli etupäässä tiedotuksesta, ennen kaikkea nettisivujen kaatumisesta lauantaina 12.3. muutamiksi tunneiksi.

Erityisesti maakuntalehdet uutisoivat ahkerasti, usein STT:n uutisia välittämällä. Valtakunnallisista medioista *Helsingin Sanomat* ja *Ilta-Sanomat* julkaisivat eniten juttuja Fukushimaa. Suurin osa artikkeleista oli uutisointia tapahtumista, vain vajaat kolme prosenttia mielipidettä ilmaisevia artikkeleita.

Japanilaisten tyyneys pysäytti

Ylitarkastaja Helinä Korpela STUKin Säteilyn käytön turvallisuus -osastolta matkusti onnettomuuden toisella viikolla Japaniin antamaan asiantuntija-apua suurlähetystölle.

”Työ oli tilanteen seuraamista, raportointia suurlähetystölle ja Japanissa olevien suomalaisten ja sinne tulossa olevien kysymyksiin ja sähköposteihin vastaamista.”

Juuri tuolloin suurlähetystö oli muuttanut tilapäisesti turvallisuussyistä pois Tokiosta Hiroshimaan, jossa kaikki vaikutti täysin normaalilta ja rauhalliselta. Myös japanilaisten tyyni suhtautuminen oli pysäyttävää.

”Kun ihmisiä haastateltiin televisioon, he sanoivat, että meidän pitää oppia tapahtuneesta eikä pidä joutua epätoivoon”, Korpela kertoo. ”Se ihmetytti, etteivät japanilaiset ryhtyneet omin päin syömään joditabletteja. He luottivat siihen, että viranomaiset hoitavat asian. Appteikit eivät myöskään myyneet siellä joditabletteja ilman reseptiä.”

Riisinistutusta Katorin kaupungissa Pohjois-Japanissa.

Fukushima jättää jäljet elintarvikevalvontaan



Elintarvikkeiden valvonnassa Fukushima tuntuu todennäköisesti vielä vuosia ja vuosikymmeniä. Vaikka pelisäännöt ovat nyt voimassa vain kesään, on kyse pitkän aikavälin seurauksista, Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran ylitarkastaja Ulla Karlström arvioi.

Japanista tuodaan Suomeen pääasiassa ei-eläinperäisiä tuotteita: soijaa, riisiä, teetä ja hiukan alkoholia. Kalaa tai muita eläinperäisiä tuotteita ei ole juurikaan tuotu Suomeen ennen onnettomuuttakaan.

Japanista tuotavia elintarvikkeita koskee EU:n komission asetus. Jos tuote on peräisin Fukushimasta tai sen lähialueilta, japanilaisviranomaisten on annettava sen mukana analyysitodistus, joka kertoo, että tuote on tutkitusti turvallinen. Todistuksen on tultava tuote-erän mukana.

Analyysitodistusta ei vaadita tuotteilta, jotka on tuotettu ennen onnettomuutta tai Fukushiman ja sen 12:n lähialueen ulkopuolelta. Toisaalta niissä on oltava todistus siitä, että ne ovat tuotettu muualla tai aikaisemmin.

Niistä tuotteista, joissa on japanilaisten

analyysitodistus, tutkitaan pistokokeena 10 prosenttia. Muista tuotteista tutkitaan pistokokein 20 prosenttia. Kasviperäiset tuotteet tutkitaan Tullilaboratoriossa ja mahdolliset eläinperäiset tuotteet Säteilyturvakeskuksessa.

Radioaktiivisia tuotteita ei havaittu

Tähän mennessä missään EU:n jäsenmaassa ei ole havaittu tuotetta, joka olisi jäänyt valvonnassa kiinni. Toisaalta tuotteet kuljetetaan usein laivoilla, joiden matka kestää kuusi viikkoa.

Suomessa ei ole kuitenkaan tehty vielä yhtään tutkimusta, ja koko EU:n alueella pistokokeena tehtäviä tutkimuksia on tehty kymmeniä tai ehkä nyt jo satoja.

Pelisäännöt ovat voimassa vain kesään asti.

”Tällä hetkellä ei ole siis havaittu mi-

tään, mutta voidaan ajatella, että nyt näiltä kriittisiltä alueilta sato tai satomahdollisuudet ovat huuhtoutuneet mereen tai pilaantuneet. Jos taas maaperä on saastunut, seuraukset ovat pitkän aikavälin seurauksia, joita on tarkasteltava 30–50 vuotta eteenpäin”, Karlström toteaa.

Edelleen Tšernobylin onnettomuuden vaikutuksena EU:ssa on asetus, jonka nojalla tutkitaan EU:n ulkopuolelta tuotavia tuotteita. Samanlainen pysyvä asetus saattaa jäädä muistoksi Fukushimastakin.

Euroopassa on jo kertaalleen kiristetty elintarvikkeiden säteilyraja-arvoja, koska japanilaisten raja-arvot olivat eurooppalaisia tiukempia. Osa kiristyksistä ei ollut edes relevantteja, koska esimerkiksi maitotuotteita ei tuoda EU:n alueelle Japanista, mutta muutokset tehtiin harmonisoinnin vuoksi. ♦

HYÖKYAALTO ylitti uhkakuvat

Japanin itärannikolla tapahtui 11.3.2011 klo 15:46 Japanin aikaa voimakas maanjäristys, jonka seurauksena valtakunnan sähköverkko kaatui laajalta alueelta. Alueella sijainneet Fukushima Dai-ichin, Fukushima Dai-nin, Onagawan ja Tokain ydinvoimalaitokset menivät maanjäristyksessä pikasulkuun. Fukushima Dai-ichilla sähkönsyöttö siirtyi ulkoisen verkon menetyksen myötä laitoksen dieselgeneraattoreille. Tästä alkoi tapahtumaketju, jonka seurauksena Japanissa tapahtui maailman vakavin ydinvoimalaonnettomuus 25 vuoteen.

Maanjäristys ei tämänhetkisen tiedon perusteella aiheuttanut ydinvoimalaitoksille merkittäviä vahinkoja. Tilanne muuttui Fukushima Dai-ichin ydinvoimalaitoksella huolestuttavaksi tunti maanjäristyksen jälkeen, kun maanjäristyksen aiheuttama yli kymmenmetrinen hyökyaalto iski laitospaikalle, tuhosi merivesipumput ja varavoimageneraattorit sekä aiheutti ilmeisesti lisäksi vesivahinkoja sähkönsyöttöön ja hätäjäähdytykseen tarvittaville laitteille.

Vaihtosähkön menetys johti polttoaineaurioon

Onnettomuushetkellä tuotannossa olivat laitosyksiköt 1–3. Vaihtosähkön lisäksi ne menettivät lämpönielun eli kyvyn siirtää lämpöä suojarakennuksen lauhdutusaltaista mereen. Tämän jälkeen ne saivat poistettua jälkilämpöä sähköstä riippumattomilla järjestelmillä; ykkösyksikössä eristyslauhduksella ja kakkos- sekä kolmosyksiköissä höyryturpiinikäyttöisellä apusyöttövesipumpulla. Ilman laitteen ohjaukseen tarvittavaa akkusähköä

ja lauhdutusaltaan vähitellen lämmitessä näiden järjestelmien toiminta lakkasi joidenkin tuntien kuluttua, jolloin reaktorit jäivät kokonaan ilman vedensyöttöä.

Kun jäähdytys ei toiminut, voimayhtiö teki viranomaisen kehotuksesta poikkeuksellisen päätöksen pumpata palopumpuilla merivettä reaktoreihin vakavan polttoaineaurion ehkäisemiseksi. Reaktorien paineen alentaminen kesti kuitenkin niin pitkään, että reaktorisydämet ehtivät kaikilla kolmella laitosyksiköllä vaurioitua päästään radioaktiivisia aineita ja vetyä reaktorin reaktoripaineastian kautta suojarakennukseen. Ykkös- ja kolmosyksiköillä vetyä päätyi suojarakennuksen ulkopuolelle reaktorirakennuksen yläkertaan aiheuttaen rakennuksia vaurioittaneet vetyräjähdys. Kakkosyksiköllä tapahtui ilmeisesti vetyräjähdys reaktorirakennuksen alaosassa sijaitsevan suojarakennuksen märkätilassa.

Päästöt jatkuvat yhä

Päästöt – tosin merkittävästi alkuvaihet-

ta pienempinä – jatkuvat tätä kirjoitettaessa edelleen ilmaan ja veteen. Kokonaisilmapäästöjen perusteella tapahtuma on luokiteltu INES-asteikon vakavimpaan eli seitsemänteen luokkaan, mutta tarkkaa päästöarviota joudutaan vielä odottamaan. Tällä hetkellä arvioidaan, että jodin ja cesiumin päästöt ovat noin 10–20 prosenttia Tšernobylin onnettomuuden päästöistä; muista nuklideista ei kunnollisia arvioita vielä ole.

Fukushima Dai-ichin yksiköissä 1–3 reaktoreihin syötettyä vettä vuotaa suojarakennuksiin ilmeisesti ainakin pääkiertopumppujen tiivisteiden kautta. Laitoksen ulkopuolelle tapahtuvien päästöjen lopettamiseksi on alettu rakentaa järjestelmää, jolla vettä kierrätetään suljetulla kierrolla reaktorirakennukseen asennettavan lämmönvaihtimen kautta. Lämmönvaihdinta jäähdyttävän sekundäärikierron vesi puolestaan luovuttaa lämpönsä ulos rakennettavan jäähdytystornin kautta ilmakehään.

Ykkösyksikkö on kärsinyt vetyräjähdyksissä vähiten, joten järjestelmien rakenta-



Fukushiman onnettomuus

Fukushima Dai-ichin ydinvoimalaitos ennen onnettomuutta.

Tokyo Electric Power Co., TEPCO

**HYÖKYAALLON KORKEUS YLITTI
SELVÄSTI SUUNNITTELU-
PERUSTEESI OTETUN ARVON.**

minen on aloitettu sieltä. Saatujen kokemusten jälkeen samaa menettelyä on tarkoitettu soveltaa myös kakkos- ja kolmosyksiköille, joiden suojarakennuksen vauriot kuitenkin saattavat asettaa työlle lisähaasteita.

Reaktorirakennusten polttoainealtaiden tilaa on toistaiseksi ylläpidetty syöttämällä niihin vettä joko laitoksen omia järjestelmiä tai betoninpumppausajoneuvoja käyttäen.

Erilaisia ja moninkertaisia järjestelmiä

Fukushima Dai-ichin ydinvoimalaitoksen yksiköt edustavat vanhaa ydinvoimalaitossuunnittelua ajalta, jolloin laitosten suunnitteluperusteet ja esimerkiksi vikasietoisuusvaatimukset eivät vielä olleet vakiintuneet. Niiden huonona puoleena on epätasaisuus eri uhkien ja niitä vastaan suunniteltujen turvallisuusjärjestelmien mitoituksessa. Toisaalta tällaisissa yksiköissä on useita teknisesti erilaisia, osin vaihtosähköstä riippumattomia järjestelmiä.

Uudemmissa laitoksissa eri toiminta-

periaatteisiin perustuvia järjestelmiä on usein vähemmän, mutta niiden vikasietoisuutta on parannettu lisäämällä moninkertaisuutta ja erottelua. Riippuvuus sähkön saannista on uudemmilla laitoksilla suurempi kuin vanhimmilla. Toisaalta uusilla laitoksilla täydellisen sähkön menetyksen todennäköisyys on pyritty saamaan mahdollisimman pieneksi varavojärjestelmien sijoittelulla ja osittaisella erilaistamisella.

Osassa kaikkein uusimpia ydinvoimalaitoksissa on jälleen tarjolla passiivisia, sähköstä riippumattomia järjestelmiä, kuten eristyslauhdutin. Niillä voidaan pienentää reaktorisydämen vaurioitumisen riskiä täydellisen sähkönmenetyksen tapauksessa.

Suunnitteluperusteiden ylittymiseenkin varauduttava

Fukushiman ydinvoimalaitoksen järjestelmien oli osoitettu täyttävän kaikki turvallisuusvaatimukset realistisina pidettyjen ulkoisten uhkien varalta. Onnettomuus johtui siitä, että rantaan iskeneen hyökyaallon korkeus ylitti selvästi suunnitteluperusteeksi otetun arvon. Tällaisesta, tietyn rajan jälkeen tapahtuvasta merkittävästä tilanteen vakavoitumisesta käytetään nimitystä cliff edge -ilmiö.

Suomessa noudatettavan ajattelun mukaan suunnitteluperusteiden systemaattinen täyttäminen ei riitä, vaan myös suunnitteluperusteiden ulkopuolisia ilmiöitä on tutkittava, jotta mahdolliset cliff edge -ilmiöt tulevat mahdollisimman hy-

**JODIN JA CESIUMIN PÄÄSTÖJEN
ARVIOIDAAN OLEVAN NOIN
10-20 PROSENTTIA TŠERNOBYLISTÄ.
MUISTA NUKLIDEISTA EI OLE VIELÄ ARVIOITA.**

vin havaituiksi ja niihin voidaan varautua. Haasteena on tietty epämääräisyys, joka on ongelma erityisesti maissa, joissa on paljon keskenään kilpailevia ydinvoimaoperaattoreita tai ydinenergian käyttö on voimakkaasti politisoitunutta. Tällaisessa tilanteessa voimayhtiöillä ei välttämättä ole halua järjestelyihin, joihin ei ole ehdotonta, juridisesti yksiselitteistä velvoitetta. Myös viranomaisen voi olla vaikea varmistautua siitä, että kaikkia luvanhaltijoita kohdellaan tasapuolisesti, mikäli turvallisuuden arviointi edellyttää selvien kriteerien lisäksi ilmiöiden syvällistä tapauskohtaista arviointia.

Aina on parannettavaa

Fukushiman onnettomuuden jälkeen jatkuvan parantamisen periaatteen soisi saavan nykyistä vahvemman jalansijan kaikissa ydinvoimaa käyttävissä maissa.

Vaikka monessa esiin nousseessa ongelmassa voidaan todeta asioiden Suomesa olevan kohtalaisen hyvällä tolalla, turhaan itsetyytyväisyyteen ei ole varaa tuudittautua. Onnettomuuden jälkeen työ- ja elinkeinoministeriö on pyytänyt Säteilyturvakeskukselta selvitystä siitä, millaiset valmiudet Suomen ydinvoimalaitoksilla on selvittää nykyiset suunnitteluperusteet ylittävistä ulkoisista uhkista.

Tietoa mahdollisista ydinturvallisuuden parantamiskohteista tulee vuosittain noin tuhannen raportoidun ydinlaitostapahtuman tai havainnon muodossa. Mikäli tätä kokemusmassaa analysoidaan riittävän huolellisesti ja tarvittavat turvallisuusparannukset tehdään heti, seurauksiltaan vakavasta onnettomuudesta ei periaatteessa pitäisi aiheutua sen suurempaa muutostarvetta kuin jostain pienemmästä tapahtumasta, joka nostaa samat heik-

koudet esiin.

Fukushiman onnettomuus on nostanut esiin suunnitteluperusteet ylittävän ulkoisen uhan seuraukset ja turvallisuusjärjestelmien sähköriippuvuuden. Tekniikan lisäksi nyt on syytä arvioida kriittisesti myös ydinturvallisuudesta vastaavien ja sitä valvovien organisaatioiden toimintaa. Mikäli onnettomuuden seurauksena nähdään tarpeelliseksi tehdä parannuksia laitoksiin, olisivatko samat muutostarpeet olleet johdettavissa jo aiemmin tiedossa olleesta käyttökokemustiedosta? Jos olisivat, miksi muutokset ovat jääneet tekemättä, ja onko ydinturvallisuusorganisaatioiden toiminnassa näiltä osin tarvetta parannuksiin? ❖

Riku Mattila on ylitarkastaja Säteilyturvakeskuksen Ydinvoimalaitosten valvonta-osastolla.

Teksti Tarja K. Ikäheimonen

Laskeuman vaikutuksia voidaan lieventää

Vakavassa ydinvoimalaonnettomuudessa radioaktiivisia aineita voi päästä ilmaan ja levitä ympäristöön. Ennen päästöpilven ylikulkua ihmisten ja eläinten altistumista ja ruoan saastumista voidaan vähentää huomattavasti, mikäli ihmiset suojautuvat sisäile, kotieläimiä pidetään sisätiloissa ja koko elintarviketuotantoa ja rehua suoja-

Vakavan ydinvoimalaonnettomuuden pitkäaikaisvaikutuksia on mahdollista lieventää.

taan. Suojelu- ja puhdistustoimilla voidaan myös lieventää laskeuman pitkäaikaisvaikutuksia.

Sisätilat helppo puhdistaa

Heti onnettomuuden jälkeen on tärkeää puhdistaa ihmisten asuinympäristö, kuten kodit, koulut, sairaalat, kaupat ja työpaikat sekä näitä yhdistävät kulkureitit.

Rakennusten sisätilat on helppo puhdistaa tehokkaalla siivouksella. Ulkopintoja sen sijaan voi olla hankala saada puhtaiksi, vaikka ensimmäiset sateet huuhtovatkin osan radioaktiivisista aineista pois.

Rakennusten välittömästä läheisyydestä, leikkikentiltä ja koulupihoilta voidaan joutua poistamaan maan pintakerros kasveineen. Tiet voidaan pestä ja harjata tai niiden pintaa poistaa tai peittää.

Alueille, joita ei voida tai pystytty puhdistamaan, voidaan asettaa käyttö- ja kulurajoituksia. Kaikkein vaikeimmissa tapauksissa asukkaat voidaan joutua siirtämään pois. Näin kävi Tšernobylin lähiympäristön asukkaille.

Puhdas juomavesi olennaista

Juomaveden puhtaus on olennaista. Laskeumatilanteessa pintavedet saattavat saastua, jolloin joudutaan joko siirtämään pohjaveden käyttöön, muuttamaan vedenottoa paikkaa tai varmistamaan, että radioaktiiviset aineet jäävät vedenpuhdistuslaitoksilla puhdistusprosessiin. Koska radioaktiiviset aineet laimenevat yleensä suureen vesimäärään, pintavesien saastuminen jää lieväksi.

Kotieläintuotannossa tärkeintä on saada eläimille puhdasta rehua ja juomavettä: Näin niiden tuottama liha, maito tai munat saadaan melko nopeasti puhtaiksi radioaktiivisista aineista.

Viljelty maa toipuu nopeammin

Viljelykasveille ensimmäinen laskeuman jälkeinen satokausi on hankalin. Laskeuman tuloajankohta vaikuttaa paljon eri kasvien saastumiseen. Pahiten saastuvat suorasta laskeumasta kasvien maan

pinnan yläpuolella olevat osat. Näin on käynyt Japanissa Fukushima onnettomuuden seurauksena.

Maahan laskeuduttuaan radioaktiiviset aineet kulkeutuvat normaaliin maaperän aineiden kiertoon. Kasveihin voi juuri riiton kautta kulkeutua osa näistä aineista, osa taas ei rikastu näin juuri lainkaan. Myös maaperän koostumus vaikuttaa eri aineiden sitoutumiseen.

Pienehköillä palstoilla maaperä saadaan puhdistettua melko helposti lähes kokonaan poistamalla ylin maanpinta. Pelloilla syvältä kyntäminen siirtää syvemmälle ja laimentaa maahan joutuneita radioaktiivisia aineita. Lannoituksen lisääminen voi joissain tapauksissa vähentää kasvien radioaktiivisten aineiden juuriottoa.

Laskeumaa seuraavina vuosina viljelykasveiksi voidaan valita sellaisia, jotka joko eivät rikasta helposti laskeuma-ainetta, tai joista ne saadaan pois raaka-aineiksi valmistettaessa. Näin käy esimerkiksi sokerin ja alkoholin valmistuksessa. Vaihtoehtona on myös viljellä energiantuotantoon käytettäviä kasveja. Pahimmassa tapauksessa koko sato voidaan joutua hylkäämään.

Elintarvikkeille, juomavedelle ja rehuille voidaan EU:ssa ottaa käyttöön väliaikaiset pitoisuusrajat, joiden ylittyessä kyseisiä tuotteita ei saa käyttää tai myydä. Tällöin tavoitteena on, että ihmisten elintarvikkeista saama kokonaisaltistus ensimmäisenä onnettomuuden jälkeisenä vuonna jää alle yhden millisievertin.

Metsissä vaikutus tuntuu kauan

Metsät ovat yleensä ravinneköyhiä ja karuja, ja siksi laskeuma vaikuttaa niissä paljon pitempään kuin viljellyssä maassa. Sienissä, marjoissa ja riistassa aktiivisuuspitoisuudet voivatkin pysyä suurina kauan. Samoin sisävesikalat rikastavat herkästi joitain radioaktiivisia aineita. Järvisä vaikutukset voivat olla pitkäaikaisia järven ravinnepitoisuudesta, koosta ja valuma-alueesta riippuen. Vielä 25 vuotta Tšernobyl-onnettomuuden jälkeen laskeuman

cesiumia on suomalaisissa sienissä, metsämarjoissa ja järvien petokaloissa.

Itse metsätalouteen laskeumalla on pienempi vaikutus. Runkopuuaines pysyy melko puhtaana, ja oikealla lannoituksella ja hakkuuajankohdalla tilannetta voidaan vielä parantaa.

Minne jätteet?

Monista edellä kuvatuista toimenpiteistä syntyy suuria määriä jätettä, jonka radioaktiivisuustaso voi olla hyvin vaihteleva. Jätehuollon ratkaisut tällaisessa tilanteessa ovatkin erittäin haastavia.

Jätteiden lajittelu, edelleen käyttö tai väliaikainen ja lopullinen sijoittaminen vaativat huolellista suunnittelua ja monien yhteiskunnan eri tahojen yhteistyötä. Tämä tulee olemaan Japanille Fukushima onnettomuuden seurauksena suuri haaste. ❖

Tarja K. Ikäheimonen on Säteilyturvakeskuksen Tutkimus ja ympäristövalvonta -osaston johtaja.