

alara

2 2011

AJANKOHTAISTA SÄTEILY- JA YDINTURVALLISUUDESTA



FUKUSHIMA ylitti uhkakuvat

- 6 Fukushima käynnisti kriisitoimet Suomessakin
- 12 Fukushima jättää jäljet elintarvikevalvontaan
- 13 Hyökyaalto ylitti uhkakuvat
- 15 Laskeuman vaikutuksia voidaan lieventää
- 17 50 vuotta ihmisen radioaktiivisuusmittauksia Lapissa
- 20 Jalokaasua ydinkoekiellon valvontaan
- 22 Tuleva ydinjätedirektiivi noudattaa Suomen mallia
- 25 Ydinjäte kapselit sijoitetaan ehjään kalliolohkoon
- 28 Tšekin säteilyviranomaiselta löytyy nuoria osaajia



JALOKAASU KSENON AUTTAA PALJASTAMAAN YDINKOKEEN.

Jyväskylä Yliopisto



SUOMI ON YDINJÄTEHUOLLON EDELLÄKÄVIJÄ.

Jussi Partanen/Posiva Oy

JOKA NUMEROSSA:

- 3 PÄÄKIRJOITUS
- 4 LYHYESTI
- 30 KYSY SÄTEILYSTÄ – SÄTEILYTIEDEEN PROFFA VASTAA
- 31 UUDET JULKAISUT

JÄRISYTTÄVÄ meininki

Suomen jääkiekkomenestys tai ainakaan **Antero Mertarannan** selostus ei jätä ketään kylmäksi. Ihanaa, Leijonat, ihanaa!

Helpolla mestaruus ei tullut, ei ainakaan fanittajalle. Välillä peli näytti pelkältä kiekon kускаamiselta ja turhien jäähyjen ottamiselta. Valmennusjohto kuitenkin myhäili rauhallisen ja tyynen näköisenä, ja myös pelaajat olivat iloisia optimistisia ja luottavaisia.

Mitä tiukemmaksi peli kävi, sitä tehokkaammin leijonamiehistö tsemppasi. Välierämatsi Venäjää vastaan ilma-veivimaaleineen antoi voimaa ja itseluottamusta koko turnauksen voittoon. Siinä vaiheessa uskoin jo maailmanmestaruuteen.

Vuoden ensimmäisessä Alarassa muistelimme 25 vuoden takaista Tšernobylin onnettomuutta ja sen opetuksia. Emme siinä vaiheessa osanneet aavistaa, mikä meitä odotti seuraavalla aukeamalla.

Alara ykkönen, *Alara-ichi*, oli juuri menossa painoon, kun ensin alkoi tulla ilmoituksia isosta maanjäristyksestä Japanissa, sitten vieläkin isommasta tsunamista, ja hyvin pian sen jälkeen koko maailma tiesi, että Fukushima ydinvoimalaitoksella ei kaikki ole kunnossa. Se tieto käynnisti myllytyksen: Säteilyturvakeskus siirtyi tehostettuun valmiuteen, suunnitellut työt jäivät toistaiseksi, valmiustilanteen työvuoroista tehtiin lista, ja telttavuoteita kuskattiin valmiuskeskukseen – eikä kukaan aavistanut, kuinka kauan tämä kaikki kestää.

Nyt *Alara-ni* (kakkonen) kertoo, mitä Fukushimassa tapahtui. Se, miten tässä lopulta käy, jää vielä nähtäväksi. Tilanne Fukushimassa on edelleen vakava, mutta onneksi vakaa.

Kuulin sattumalta kahden nuoren keskustelevan Japanin ydinvoimalaitoksista, ja keskustelun idea oli, että ei ole hätää, kun jäähditys pelaa. Tämä lienee merkki siitä, että Suomessa Fukushima-viestintä onnistui. Hyvin



Joona Martikka

valmistautuneellekin tulee yllätyksiä: Säteilyturvakeskuksen nettisivut kaatuivat, kun yhtäkkiä käyttäjiä oli tuhansia. Tilanteen ollessa päällä ei ole aikaa mittaviin korjaustoimiin, vaan tehdään mitä voidaan, ja olihan meillä Twitter ja Facebook.

Minulle sattui huhtikuussa kaksi päivystysvuoroa, eli elämä oli pelkkää Fukushimaa kaksi viikkoa vuorokauden ympäri. Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n tilannekatsaukset herättivät ainakin kerran yössä, ja jännitys ja jatkuvasti muuttuva tilanne pitivät valveilla muuten. Oli näiden päivystysten välissä yksi väliviikko, mutta sen käytin rentouttavasti omien töiden hoitamiseen virkamatkailleen Wienissä ja Genevessä.

Ulkomaiset kollegani eivät olleet läheskään yhtä mitavasti tekemisissä Fukushima tapauksen kanssa, välttämättä eivät ollenkaan. On hienoa, että Suomessa Fukushima onnettomuuden hoitamiseen nimettiin kunnon joukkue. Ja niin kuin Leijonat sanoivat, myös he, jotka eivät nyt pelanneet, ovat osa meininkiä. Valmiusorganisaatio pelaa suurella sydämellä, ja meininki on mahtavaa, vaikka joskus väsyttääkin.

Elina Martikka

Elina Martikka 24.5.2011

Fukushimaydinturvakokouksenpääaiheena

Fukushiman ydinvoimalaonnettomuus nousi ydinturvallisuussopimuksen (Convention on Nuclear Safety, CNS) viiden tarkastelukokouksen pääaiheeksi. Kokous oli Wienissä huhtikuussa.

Tarkastelukokouksen merkittävintä asiaa oli päätös järjestää ydinturvallisuussopimuksen historian ensimmäinen teema-kohtainen kokous. Kokous pidetään elokuussa 2012, ja siinä käsitellään Fukushiman opetuksia.

Fukushima-kokousta varten jokaisen sopimuksessa mukanaolevan maan on laadittava raportti toimenpiteistä, joihin maassa on onnettomuuden perusteella ryhdytty. Säteilyturvakeskus (STUK) tulee koostamaan Suomen raportin voimayhtiöiltä jo pyydetyistä selvityksistä, niiden perusteella työ- ja elinkeinoministeriölle laaditusta STUKin arviosta ja tulossa olevien EU:n stressitestien asiakirjoista.

Tarkastelukokouksen osallistujamaita oli pyydetty sisällyttämään Fukushiman onnettomuuden tuomia näkökulmia maa-

kohtaisiin esityksiinsä. Toimenpiteet olivat niin alkutekijöissään, että useat maat esittivät lähinnä suunnitelmiaan tuleviksi selvitystoimiksi.

STUKin pääjohtaja **Jukka Laaksonen** raportoi kokoukselle EU-maiden valvontaviranomaisten ryhmittymän WENRAN ja Suomen toimenpiteistä Fukushiman onnettomuuden johdosta. Suomen delegaatioon kuuluivat STUKin lisäksi TVO:n ja Fortumin edustajat.

Suomen kansallinen esitys sai hyvän vastaanoton. Kysymyksiä esitettiin uusien laitosten vaaditusta suunnitteluasteesta rakentamislupavaiheessa ja automaation luvituksesta Olkiluoto 3 -projektissa. Tietoa haluttiin myös radioaktiivisten jätteen hallinnasta, onnettomuusanalyysimallien kokeellisesta verifiomisesta ja sähkömagneettisiin ilmiöihin, kuten auringonpurkauksiin, varautumisesta. Osallistujia kiinnostivat myös Loviisan yhtiöiden säteilyannokset, käyttöluopien uusintaperiaatteet ja käyvien laitosten va-

rautuminen lentokonetörmäyksiin.

Suomen hyväksi käytännöiksi kirjattiin vakavien onnettomuuksien hallintaan liittyvät laitosmuutokset, jatkuvat laitosparrannukset ja kehittynyt viranomaisinfrastruktuuri.

Haasteiksi todettiin samat asiat, jotka Suomen esityksessä kerrottiin; ydinvoimalalla työskentelevien osaamisen ylläpito, varautuminen uusien laitosten rakentamiseen, YVL-ohjeuudistus, turvallisuusasioiden ja turvajärjestelyjen yhteensovittaminen, laitosten ikääntymisen hallinta, automaation luvitus ja Olkiluoto 3 -projektin loppuunsaattaminen.

Ensi vuoden Fukushima-kokouksen yhteydessä järjestäydytään myös kuudetta ydinturvallisuussopimuksen tarkastelukokousta (vuonna 2014) varten. Luvassa on myös keskustelua menettelysääntöjen muutoksista kokousten tehostamiseksi ja itse sopimukseen mahdollisesti tarvittavista muutoksista. ♦

Säännöstöpäällikkö Pekka Salminen, STUK



Suomen ydinvoimaloissa ei välittömiä parannustarpeita

Suomalaisissa ydinvoimalaitoksissa ei ole tullut esiin sellaisia uusia uhkatekijöitä tai puutteita, jotka vaatisivat välittömiä turvallisuusparannuksia, toteaa Säteilyturvakeskus (STUK) Fukushiman onnettomuuden johdosta tekemässään selvityksessä. STUK teki selvityksen työ- ja elinkeinoministeriön pyynnöstä.

”Johtopäätös on melko luonteva, koska ydinvoimalaitosten turvallisuutta arvioidaan meillä vähintään kymmenen vuoden välein”, toimistopäällikkö **Jorma Sandberg** totesi selvityksen julkistamistilaisuudessa.

STUK on tehnyt Olkiluodon laitostyösköille 1 ja 2 turvallisuusarvioinnin viimeksi käyttöluopien uusimisen yhteydessä

vuonna 1997 ja väliarvioinnin yhteydessä 2009. Loviisan yksiköille 1 ja 2 turvallisuuden arviointi on tehty viimeksi käyttöluopien uusinnan yhteydessä 2007.

Fortumin, TVO:n ja Fennovoiman periaatepäätöshakemuksissa esitetyille uusille ydinvoimalaitostyösköille STUK teki alustavat turvallisuusarviot 2009.

Voimayhtiöiden on silti annettava lisäselvityksiä varautumisesta poikkeuksellisiin luonnonolosuhteisiin, kuten voimakaisiin maanjäristyksiin, korkeisiin tulviin sekä äärimmäisiin pakkasiin ja helteisiin. Yhtiöt selvittävät myös, miten ydinvoimaloiden sähkönsaanti turvataan onnettomuustilanteissa.

Eurooppalaisten valvontaviranomais-

ten foorumit ENSREG ja WENRA ovat määritelleet aikataulun ja sisällön Euroopan ydinvoimaloiden niin sanotuille stressitesteille. Ne koskevat lähinnä varautumista luonnononnettomuuksiin ja sähkönsyötön ongelmiin.

Stressitestien toteuttaminen on kansallisen viranomaisen vastuulla, lisäksi muut maat tekevät vertaisarvioinnin.

STUK arvioi stressitestien tuloksia ja lisäselvityksiä kokonaisuutena ja päättää niiden perusteella tarvittavista muutoksista Suomen ydinvoimaloissa. Yleiskäsitys tarvittavista parannuksista pyritään saamaan tämän vuoden aikana.

STUK ottaa Fukushiman kokemukset ja selvitysten tulokset huomioon kehittä-

täessään ydinturvallisuussäännöstöä. Kokemukset huomioidaan myös kansallisen ydinturvallisuustutkimusohjelman SAFIR2014 hankkeiden painotuksissa.

”Kovin suuria muutoksia ei tarvita. Äärimmäiset luonnonilmiöt ovat jo mukana SAFIR-tutkimusohjelmassa”, Sandberg totesi.

Suomessa on myös selvitetty ydinvoimaloiden varautumista ihmisen tahallisuudesta toiminnasta johtuviin ulkoisiin uhkiin. Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n arviointiryhmä vieraili Suomessa kesällä 2010 ja antoi suosituksia esimerkiksi terrori-iskuihin varautumisesta.

”Niitä on myös noudatettu”, STUKin pääjohtaja Jukka Laaksonen totesi. ♦

Oikaisu

Toimitukselta menivät millit, megat ja petat sekaisin Alaran 1/2011 jutussa Kyöstymän onnettomuudesta (Alara 1/2011, s. 18–19 Lähihistorian mahdolltomuuksia: Kyöstymän onnettomuus salattiin yli 20 vuotta).

Painoon menneessä versiossa väitettiin, että onnettomuuden aiheuttaman laskeuman määräksi on arvioitu 2–50 millicurieta, joka vastaa 74–1 850 becquerelia. Oikeat lukumäärät ovat kuitenkin 2–50 megacurieta, joka vastaa 74–1 850 petabecquerelia. Kyse oli siis huomattavasta laskeumasta.

Jutussa luki myös, että ”yleinen arvio kokonaisannoksesta on 20 millicurieta eli

noin neljännes Tšernobylin vastaavasta.” Tarkoituksena oli kertoa, että yleinen arvio Kyöstymän onnettomuuden aiheuttamasta kokonaispäästöstä on 20 megacurieta, joka on noin neljännes Tšernobylin vastaavasta.

Edelleen jutussa kerrottiin, että ”yhteensä noin 10 000 ihmistä asui alueella, missä säteilyannos ylitti kaksi curieta neliökilometrille strontium-90:ää.” Jutussa olisi pitänyt sanoa, että kyseisellä alueella radioaktiivinen laskeuma ylitti kaksi curieta neliökilometrille strontium-90:tä.

Toimitus pahoittelee virheitä ja lupaa olla vastaisuudessa huolellisempi. ♦



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

ScanStockPhoto



Fukushiman onnettomuus

Teksti Sini Silvàn

FUKUSHIMA käynnisti kriisitoimet Suomessakin

Vartijoita Fukushima 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 lähetystövirkaillat puhuivat ydinvoimalaitoksista", lähetystöneuvos **Teemu Turunen** kertoo.

Niin Säteilyturvakeskuksen (STUK)



valmiuspäällikkö **Hannele Aaltonen** kuin Ilmatieteen laitoksen päivystäjä saivat tiedon tapahtumasta luonnononnettomuuksien varoitusjärjestelmän kautta. "Järjestelmää ei ole tarkoitettu varoittamaan 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 nettisivuilla 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 asiantuntijoi- ta iltauutisiin 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 soittaa lomamatkalle Aasiaan menossa olleet ihmiset. Heitä kehoitettiin seuraamaan ulkoministeriön ohjeita.



"Fukushiman opithuomioidaan 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 säteilyarviointiryhmä.

"Myöhemmin valmiusorganisaatiota jouduttiin laajentamaan edelleen ja perustamaan säteilyneuvontaryhmä, jota



Säätilan ennustamista laskeuma-arviota varten 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 kielin tulkin, joka käänsi netin japaninkielistä tietoa. Aktiivisessa seurannassa oli myös Japanin NHK-televisiokanavan kansainvälinen lähetys, josta saatiin tieto virallisista voimayhtiöiden ja viranomaisten tiedotustilaisuuksista.

Japanin suomalaisille joditabletteja

Jo lauantaina pidettiin ulkoministeriössä ministeriön valmiuspäällikkö **Pasi Tuomisen** ensimmäinen tiedotustilaisuus, jossa STUKin tilannejohtaja Reiman oli mukana.

"Ulkoministeriö pyysi STUKilta päivittäin uhka-arvion", Reiman kertoo.

Arvio pahimmasta mahdollisesta tilanteesta tehtiin päivittäin analyysien perusteella. Sen pohjalta keskusteltiin, pitäisikö tehdä jotain Japanissa asuvien suomalaisten suhteen.

Suomen Japanin-suurlähetystöön lä-

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 mittausten tueksi myös Ilmatieteen laitoksen radioaktiivisuuden mittausasemil-



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

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 uhkakuvista”, 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 tiedotuspäivystäjänä 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 stresstestejä suunnittelevaan työryhmään.

Hän korostaa, että se tapa, jolla reakt-

STUK TEKİ ANALYYSIEN POHJALTA PÄIVITTÄIN ARVION PAHIMMASTA MAHDOLLISESTA TILANTEESTA.

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 kiertoihin. 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 työovereitaan 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-



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. ♦

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

Säteilyturvakeskus merkittävä tietolähde

Säteilyturvakeskuksen uutisseurannan analysointi kertoo, että STUK sai Fukushima tapahtumien takia erittäin paljon mediaosumia. Uutisseurantaa analysoinut M-brain Oy seurasi tiedotusvälineiden netissä julkaisemia Fukushimaa onnettomuutta käsitelleitä 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 mielipidetä 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 tyyne 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. Apteekit 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, japanilaisviranomaisien 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. Kasvipäriset 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 hätäjähdytykseen 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 laitteiden 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 reaktori-paineastian kautta suojarakennukseen. Ykkös- ja kolmosyksiköillä vetyä päätyi suojarakennuksen ulkopuolelle reaktorirakennuksen yläkertaan aiheuttaen rakennuksia vaurioittaneet vetyräjähdykset. Kakkosyksiköllä tapahtui ilmeisesti vetyräjähdys reaktorirakennuksen alaosaan 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 tiivistesten 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-



minen on aloitettu sieltä. Saatujen kokeusten 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 varavomajärjestelmien 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 ydinennergian 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.

FUKUSHIMA TOI ESIIN TURVALLISUUSJÄRJESTELMIEN RIIPPUVUUDEN SÄHKÖSTÄ.

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 riittävästi 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 laitoihin, 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 sisälle, 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 pystytä puhdistamaan, voidaan asettaa käyttö- ja kulkurajoituksia. Kaikkein vaikeimmissa tapauksissa asukkaat voidaan joutua siirtämään pois. Näin kävi Tšernobylin lähiympäristön asukkailla.

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 Fukushiman onnettomuuden seurauksena.

Maahan laskeuduttuaan radioaktiiviset aineet kulkeutuvat normaaliin maaperän aineiden kiertoon. Kasveihin voi juuriotien 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-aineita, tai joista ne saadaan pois raaka-aineiksi valmistettaessa. Näin käy esimerkiksi sokekerin 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 viljelyssä 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 Fukushiman onnettomuuden seurauksena suuri haaste. ❖

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

50 VUOTTA ihmisen radioaktiivisuusmittauksia Lapissa

Ydinkokeet ja Tšernobylin onnettomuus näkyvät yhä saamelaisten muita suurempana radioaktiivisuutena. Sen sijaan Fukushiman onnettomuus ei näkynyt tämän kevään mittauksissa.

Vuonna 1955 havaittiin, että USA:n ja Neuvostoliiton vety-pommikokeilujen seurauksena maapallolle oli levinnyt radioaktiivinen laskeuma.

Tieto herätti Helsingin yliopiston biokeemian laitoksen dosentti **Jorma K. Miettisen** mielenkiinnon. Hän keräsi ensimmäisten lumisateiden tultua Unioninkatu 35:n parkkipaikalta muutaman säkillisen lunta ja sulatti sen laboratoriossa. Haihdutusjäännös osoittautui erittäin radioaktiiviseksi, ja Miettinen kirjoitti löydöstään uutisen *Helsingin Sanomiin*.

Uutinen herätti suurta huomiota ja johdatti toimenpiteisiin: esimerkiksi Säteilyturvakeskusta edeltänyt Säteilyfysiikan laitos sai rahoitusta toimintansa vakiinnuttamiseen.

Poronlihassa enemmän radioaktiivisia aineita

Suomessa ryhdyttiin mittaamaan elintarvikkeiden ja kasvien radioaktiivisuutta sekä Etelä- että Pohjois-Suomesta kerätyistä näytteistä. Mittausten perusteella tiedettiin, että radioaktiivinen laskeuma oli Helsingin seudulla suurin piirtein sama kuin pohjoisessakin.

Maailmalla ensimmäiset vihjeet villipo-



Säteilyturvakeskuksen mittausautossa on laitteisto suoria gammaspektrometrisiä mittausta varten. Kuorma-autossa käytetään HPGe-puolijohdeilmaisimia ja taustasuojaa, joka koostuu lyijytuolista (paino noin 1 000 kiloa) ja ilmaisinta ympäröivästä suojasta (paino noin 500 kiloa). Mittaus kestää tavallisesti noin 17 minuuttia.



Keväällä 1966 mitattiin Sevettijärvellä kolttasaamelaisia. Kuvassa oikealla on Sevettijärven terveysisär ja keskellä Tua Rahola, joka vastasi mittauksista vuosina 1966–2005.

ron lihan kohonneista radioaktiivisten aineiden pitoisuuksista oli saatu Alaskasta. Suomessa elintarviketutkimukset osoittivat, että poronliha sisälsi 50 kertaa enemmän radioaktiivisia aineita kuin naudanliha. Porojen saama radioaktiivinen annos oli peräisin jäkälästä. Se on hidas kasvava eikä sillä ole juuria, vaan se imee ravinteet ja radioaktiivisuuden suoraan ilmasta.

Näytteissä havaittiin cesiumin isotooppia 137, joka pitkän puoliintumisaikansa (30 vuotta) takia oli – ja on edelleen – säteilyannoksen kannalta merkittävin keinotekoinen radioaktiivinen aine luonnossamme.

Lapin-projekti alkoi vuonna 1960, jolloin selvitettiin aluksi saamelaisten ruoankulutusta ja kerättiin jäkälä- ja poronäytteitä.

Ensimmäiset ihmisen radioaktiivisuuseli niin sanotut kokokehomittaukset tehtiin Inarissa 1961. Saamelaisten päätoimisten poronhoitajamiesten keskimääräinen cesiumaktiivisuus oli 9 000 becquerelia ja muiden miesten 4 300 becquerelia.

PROJEN SAAMA RADIOAKTIIVINEN ANNOS ON PERÄISIN JÄKÄLÄSTÄ.

querelia. Saamelaisilla poronhoitajanaishilla keskimääräinen cesiumaktiivisuus oli 4 400 ja muilla naisilla 2 000 becquerelia.

Erot helsinkiläiseen vertailuryhmään olivat merkittäviä: vertailuryhmässä keskimääräinen cesiumaktiivisuus oli miehillä 300 ja naisilla 120 becquerelia.

Korkeimmat lukemat saavutettiin vuonna 1965, kaksi vuotta ilmakehässä tehtävien ydinkokeiden kieltämisen jälkeen. Tuolloin saamelaisten poronhoitajamiesten keskimääräinen cesiumaktiivisuus oli 45 000 becquerelia.

Tšernobyl aiheutti lukemiin uuden piikin

Kokokehomittauksia tehtiin Pohjois-Lapissa vuosittain aina vuoteen 1977 as-

FUKUSHIMAN LASKEUMA EI VAIKUTA SUOMALAIS- TEN KESKIMÄÄRÄISEEN SÄTEILYANNOKSEEN.

ti. Seuraavat mittaukset tehtiin vuonna 1986 hieman ennen Tšernobylin onnettomuutta. Niissä lukemat olivat laskeutuneet noin kymmenesosaan huippuvuoteen 1965 verrattuna.

Tšernobylin onnettomuus nosti jälleen lukemia: cesiumin isotooppia 137 oli enimmillään syksyllä 1987 lähes 12 000 becquerelia.

Pohjois-Lapin väestölle aiheutui vuonna 1987 ruoan mukana saadusta cesium-137:stä keskimäärin 0,4 millisievertin suuruinen säteilyannos. Tänä vuonna säteilyannos tulee olemaan 0,02 millisievertin luokkaa, joka on vain pieni osa keskimääräisestä vuosittaisesta 3,7 millisievertin säteilyannoksestamme.

Tšernobylin tapahtumien jälkeen vuosittaisia mittauksia jatkettiin vuoteen 1998 asti. Sen jälkeen mittauksia on tehty 3–5 vuoden välein.

Määrät jatkavat laskuaan

Inarin ja Utsjoen paliskuntien poronhoitajia mitattiin kuuden vuoden tauon jälkeen tänä keväänä. Mittaukset suoritettiin Ivalossa Säteilyturvakeskuksen ja Helsingin yliopiston radiokemian laboratorion yhteistyönä. Kutsukirje lähetettiin noin 200 henkilölle, joista 120 saapui mittaukseen.

Tällä mittauskerralla ryhmän keskimääräinen cesiumaktiivisuus oli noin 740 becquerelia. Se oli keskimäärin noin puolet vähemmän kuin edellisellä mittauskerralla vuonna 2005, joten radioaktiivisuuden lasku jatkuu yhä.

Kuitenkin saamelaisten poronhoitajien saama radioaktiivisuuden määrä on edelleen suurempi kuin muilla suomalaisilla.

Fukushima ei näkynyt mittauksissa

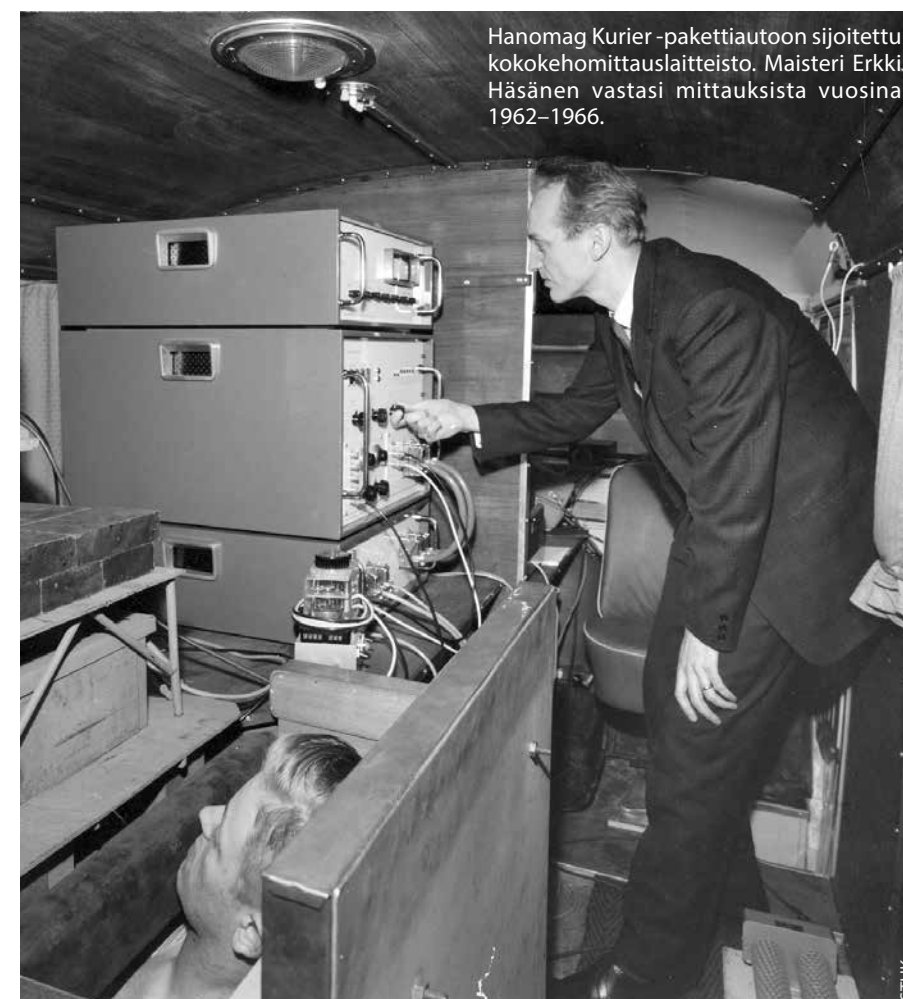
Japanin Fukushima ydinvoimalassa tapahtuneen onnettomuuden seurauksena ilmaan pääsi radioaktiivista jodia ja cesiumia. Niitä on havaittu myös Suomessa. Meillä määrät ovat kuitenkin olleet hyvin pieniä: esimerkiksi Helsingissä tähän mennessä havaittu cesium-137:n laskeuma on noin tuhannesosa Tšernobylin onnettomuuden jälkeen tulleesta laskeumasta.

Vaikka hengittämässämme ilmassa onkin ollut hyvin pieniä määriä Fukushimasta peräisin olevia radioaktiivisia aineita, näin alhaisista pitoisuuksista aiheutuvat annokset ovat pieniä eivätkä käytännössä näy nousuna suomalaisten vuosittain saamassa keskimääräisessä säteilyannoksessa.

Ivalossa mitatuissa poronhoitajissa ei nähty merkkejä lyhytikäisistä jodin isotoopista 131 tai cesiumin isotoopista 134, jotka olisivat olleet peräisin Fukushimasta. ♦

PirkkoHölttä on Helsingin yliopiston radiokemian laboratorion tutkija. Maarit Muikku on laboratorion johtaja Säteilyturvakeskuksessa Tutkimusjarymparistovalvonta-osaston Ymparistötutkimus-yksikossa.

CESIUM-137 ON SÄTEILYANNOKSEN KANNALTA MERKITTÄ- VIN KEINOTEKOINEN RADIOAKTIIVINEN AINE SUOMESSA.



Hanomag Kurier -pakettiautoon sijoitettu kokokehomittauslaitteisto. Maisteri Erkki Häsänen vastasi mittauksista vuosina 1962–1966.

Ihmisen radioaktiivisuuden mittaus

Ihmisen kehossa olevien radioaktiivisten aineiden määrittämiseen käytetty tärkein menetelmä on suora gammaspektrometrinen ihmismittaus. Siinä elimistössä olevat radioaktiiviset aineet määritetään kehon ulkopuolella olevilla säteilynilmaisimilla. Tutkimushenkilöitä ei altisteta ionisoivalle säteilylle.

Suorilla mittausmenetelmillä voidaan havaita vain sellaiset aineet, jotka lähettävät gammasäteilyä. Säteilyn energian tulee olla niin suuri, että säteily ei kokonaan absorboitu elimistöön, vaan osa siitä pääsee kehon ulkopuolelle ja voidaan siten havaita.

Elimistöön joutuneet, pelkästään alfa- tai beetasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet on mitattava epäsuoralla menetelmällä. Niiden määrät mitataan eritteistä, yleensä virtsanäytteistä.

JALOKAASUA ydinkoekiellon valvontaan

Jyväskylän yliopisto ja Säteilyturvakeskus ovat kehittäneet menetelmän puhtaiden ksenonkalibroitinäytteiden valmistamiseen. Näytteiden avulla maanalaiset ydinkokeet tullaan havaitsemaan nykyistä tarkemmin ja luotettavammin.



Jyväskylän yliopiston kiihdytinlaboratorion uusi hiukkas-kiihdytin, nimeltään MCC30/15, vihittiin käyttöön marraskuussa 2010. Se palvelee lähinnä laitteistoa, jota käytetään myös ksenonnäytteiden valmistukseen.

Jyväskylä Yliopisto

Saarella keskellä Tyyntä valtamerta kuriiripalvelun lähetti oikaisee palmumetsikön läpi radionuklidiaseman pihalle. Tutkija odottelee aseman ulkopuolella saapuvaa pakettia. Paketissa on pieni grafiittikalvo, joka sisältää satatuhatta atomia radioaktiivista jalokaasua, ksenonia. Satatuhatta atomia on tavattoman vähän, kaksikymmentä grammaa miljoonasosan miljoonasosan miljoonasosaa. Kalvossa on silti tarpeeksi ksenonia ydinkoekielloa valvovan huippuherkän mittausjärjestelmän kalibrointiin.

Grafiittikalvon lisäksi paketti sisältää sertifikaatin, jossa lukee: University of Jyväskylä, Finland. Tutkija vilkaisee sertifikaattia ja siirtää kalvon pinseteillä pieneen säiliöön, laittaa säiliön uuniin ja säätää lämpötilan. Hetken päästä näyte on höyrystynyt. Ksenonatomit ovat nyt vapaina säiliön sisällä ja höyrystyneet hiiliatomit takertuneet säiliön seinämiin. Tutkija painaa nappia, ja kaasunkäsittelyjärjestelmä imaisee ksenonin mittalaitteen syövereihin. Valvontalaitteen kalibrointi on alkanut.

Vaikka edellä kuvattu skenaario on vielä kuvitelmaa, se voi hyvinkin olla totta jo lähitulevaisuudessa. Jotta maanalaiset ydinkokeet pystyttäisiin havaitsemaan entistä tehokkaammin ja varmemmin, on tärkeää, että havainnointilaitteet pystytään kalibroimaan tarkasti. Tähän prosessiin tarvitaan puhtaita ja hyvin määriteltyjä referenssinäytteitä, jotka mahdollistavat jalokaasulaitteistojen vasteiden tarkan määrittämisen.

Seurantajärjestelmä valvomaan ydinkoekiellon toteutumista

Kattava ydinkoekieltosopimus (Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty, CTBT) kieltää kaikki ydinräjähtykset. Sopimus avattiin allekirjoituksia varten New Yorkissa

1996, ja se tulee voimaan, kun viimeinen sen liitteessä luetelluista 44 maasta on ratifioinut sopimuksen. Tähän mennessä 35 liitteessä mainittua maata on sopimuksen ratifioinut. Suomi on yksi näistä maista.

Vuonna 1996 perustettiin myös komissio, joka valmistautuu sopimuksen noudattamisen valvontaan sen voimaantulon jälkeen. Yksi sen tärkeimmistä tehtävistä on rakentaa maailmanlaajuinen seurantajärjestelmä, joka havaitsee ydinräjähdysten missä ja milloin tahansa.

Valvontajärjestelmällä tarkkaillaan erityisesti räjähdyksessä vapautuvaa energiaa ja radioaktiivisia aineita. Valmistuttuaan valvontaverkkoon kuuluu 321 pysyvää asemaa, joista 80 mittaa ilmanäytteiden radioaktiivisuutta.

Ydinräjähdyksessä ilmaan vapautuu radioaktiivisia aineita. Valvontajärjestelmässä ilmanäytteitä mittaavista asemista puolet havaitsee myös radioaktiivista jalokaasua ksenonia. Erityisesti maanalaisen ydinkokeiden havaitsemisessa ksenon on tärkeä, koska kiinteät räjähdys tuotteet pidättyvät helposti maaperään.

Seisminen aineisto (missä tärisi ja milloin) yhdessä ilmapirtausten mallinnusten kanssa kertoo, mistä havaittu radioaktiivinen ksenon mahdollisesti on peräisin.

Ksenon auttaa paljastamaan ydinkokeen

Käytännössä maanalaisen ydinkokeiden havaitseminen perustuu ksenonin tiettyihin isotooppiin ja isomeereihin.

Isotoopeiksi kutsutaan atomin ytimiä, joissa on sama määrä protoneita ja eri määrä neutroneita. Isomeeri on tällaisen isotoopin pitkäikäinen virittynyt tila. Eri isotooppeja ja isomeerejä syntyy esimerkiksi raskaiden ydinten fissionuessa ydinräjähdyksessä.

Havaitsemisen ja tunnistamisen lisäksi valvonta-asemien olisi kyettävä mittaamaan näytteistä myös radioaktiivisten aineiden suhteelliset pitoisuudet, koska

ydinvoimalaitos ja ydinpommi tuottavat toisistaan poikkeavia suhteita. Ksenonin isomeerin ^{133m}Xe ja isotoopin ^{133}Xe pitoisuuksien suhde on tärkeässä osassa maanalaisen ydinräjähtyksen tunnistuksessa.

Jotta maanalaiset ydinkokeet voitaisiin havaita luotettavasti, mittauslaitteistot pitäisi kalibroida myös puhtaalla ksenonin isomeerillä ^{133m}Xe . Se taas edellyttää isomeerin ja isotoopin erottamista toisistaan, jota aikaisemmin ei osattu tehdä. Vuonna 2009 Jyväskylän yliopiston kiihdytinlaboratoriossa kuitenkin saavutettiin läpimurto isomeerin erottelussa. Kiihdytinlaboratoriossa osataan nyt valmistaa puhtaita isomeerisiä ksenonnäytteitä. Missään muualla ei ole vastaavaa tietotaitoa.

Näytteitä Jyväskylästä maailmalle

Tyypillinen sadantuhannen ^{133m}Xe -atomin näyte valmistuu kiihdytinlaboratoriossa vajaassa puolessa tunnissa. Teollisen ksenonnäytteiden tuotanto ydinkoekieltosopimuksen valvonnan tarpeisiin käynnistetään, kunhan kiihdytinlaboratorion laajennus saadaan valmiiksi.

Tulevaisuudessa näytevalmistusten aikatauluttaminen on aiempaa joustavampaa: Marraskuussa vihitty uusi hiukkas-kiihdytin tulee palvelemaan pääasiassa laitteistoa, jota käytetään myös näytteiden valmistukseen.

Laboratorion laajennuksen yhteydessä tuotantolaitteisto muuttuu väljempiin tiloihin. Lisätila mahdollistaa laitteiston parantamisen muun muassa siten, että se kykenee jatkossa laskemaan näyttöseen istutettujen ionien tarkan lukumäärän. Tällä on suuri merkitys absoluuttisten laitteistokalibrointien kannalta, koska tulevaisuudessa kalibrointilaitteen ominaisuudet tunnetaan erittäin tarkasti myös absoluuttisessa mielessä.

Ksenonprojekti on malliesimerkki siitä, miten perustutkimukselle voi löytyä yllättäviäkin käytännön sovellutuksia. ❖

Erikoistutkija Kari Peräjärvi, tutkija Jani Turunen ja laboratorion johtaja Harri Toivonen työskentelevät Säteilyturvakeskuksessa. Erikoistutkija Heikki Penttilä, tutkijatohtori Tommi Eronen, lehtori Ari Jokinen ja professori Juha Äystö työskentelevät Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella.

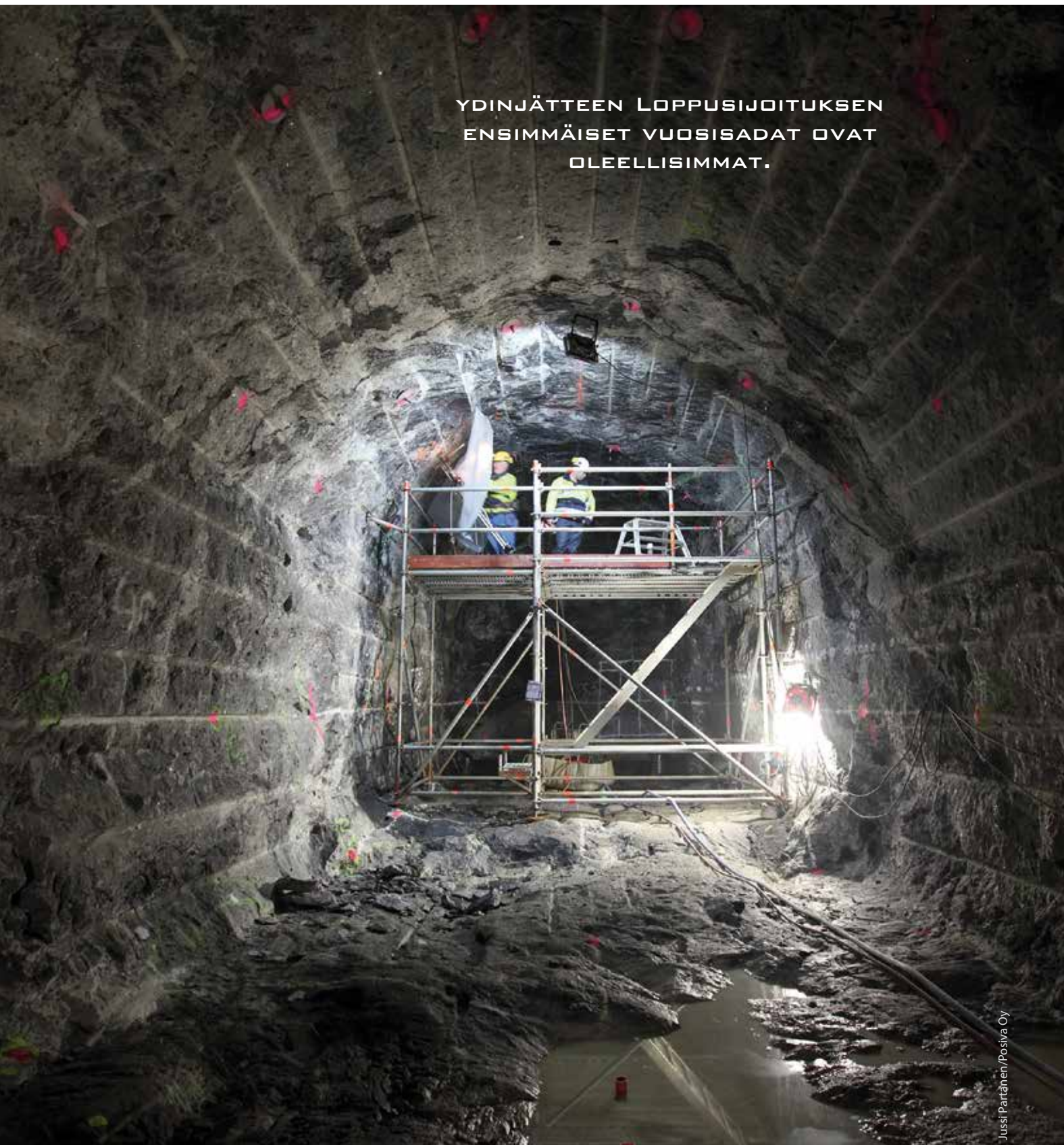
Perustutkimuksesta käytännön sovellukseksi

Ksenonnäytteiden valmistus perustuu Jyväskylän yliopiston kiihdytinlaboratoriossa 1980-luvulla kehitettyyn ioniohjaintekniikkaan.

Radioaktiiviset ksenonytimet tuotetaan fissiolla, joka saadaan aikaan pommittamalla protoneilla joko urania tai toriumia. Kohtiosta ulos pysäytyskammioon lentävät fissiotuotteet ovat ionisoituneita. Kohtion ulkopuolella tuotteet pysäytetään virtaavaan heliumkaasuun, joka kuljettaa ne ulos pysäytyskammiosta. Osa tuotteista on kammiosta ulos tullessaan edelleen varattuja ioneja, ja ne erotetaan neutraalista pysäytyskaasusta sähkökenttien avulla. Samalla ionit myös kiihdytetään 30 kilovoltin jännitteellä.

Muodostetusta ionisuihkusta erotetaan massan ja varauksen suhteen perusteella isomeeriset ^{133m}Xe -ionit, ensin dipolimagneetilla ja sitten kaikkiaan kolmella eri tavoin toimivalla ioniloukulla. Puhdistuksen jälkeen ne istutetaan kiinteään materiaaliin, kuten alumiiniin tai grafiittiin.

Menetelmän massaerottelukyky riittää ^{133m}Xe :n ja ^{133}Xe :n erottamiseen toisistaan. Tämä saavutus on samalla uusi massapuhdistuksen maailmanennätys. Menetelmässä käytettävä ioniloukkusekvenssi on kiihdytinlaboratorion tutkijan Tommi Eronen keksintö. Arvostettu tiedelehti New Scientist raportoi työn tuloksista 10.4.2010 ilmestyneessä numerossaan.



Tuleva ydinjätedirektiivi noudattaa Suomen mallia

Ydinjätehuollon järjestämisessä Suomi voi edelläkävijämaana näyttää mallia, kun EU käsittelee tulevaa ydinjätedirektiiviä. Direktiivin keskeisenä ajatuksena on, että EU:ssa tuotettu ydinjäte pitää käsitellä ja loppusijoittaa siinä maassa, missä se on syntynyt.

Euroopan komission viime marras-kuussa antama direktiiviehdotus radioaktiivisen jätteen käsittelystä on ensimmäinen EU-tason säädös ydinjätehuollosta. Ehdotuksen tarkoituksena on asettaa vähimmäiskriteerit ydinjätehuollon järjestämiselle jäsenmaissa.

”Direktiiviehdotuksen käsittely ministerineuvostossa saadaan ilmeisesti loppuun lähikuukausina”, toteaa työ- ja elinkeinoministeriön teollisuusneuvos **Riku Huttunen**.

”Ydinenergiaa koskevat asiat kuuluvat Euratom-sopimuksen piiriin, joten neuvosto päättää direktiivistä yksinään, ja aikataulu voi näin olla melko ripeä – Euroopan parlamentti antaa vain lausuntonsa asiasta.”

Ehdotuksen mukaan EU:n jokaisella ydinjätteitä tuottavalla maalla pitää olla politiikka jätteiden käsittelyyn ja loppusijoitukseen. Ydinjätteitä saisi siirtää varastoitavaksi tai loppusijoitettavaksi kahden EU-maan välillä vain erillissopimuksella.

”EU:lla on asiassa selvä linja, joka noudattaa myös Suomen näkemystä: Jokainen maa huolehtikoon omista ydinjätteistään”, Huttunen sanoo.

”Suomen ydinenergialain lisäys vuodelta 1994 kieltää ydinjätteiden viennin ja tuonnin. Monissa maissa, esimerkiksi Ranskassa, on samantyyppinen tuontia ja vientiä kieltävä lainsäädäntö kuin Suomessa.”

Huttusen mukaan tällaisen direktiivin tarpeesta on puhuttu pitkään. EU:n 27 jäsenmaasta 14 on ydinvoimavaltioita, ja niiden ydinjätehuollon taso vaihtelee hyvinkin paljon. Tällä hetkellä EU:lla ei ole valtuuksia valvoa, miten maat hoitavat ydinjätehuoltonsa. Ydinjätedirektiivi on velvoittava, joten komissiolla on jatkossa valvontaoikeus, ja se voi haastaa jäsenvaltion oikeuteen, ellei direktiiviä noudateta.

Suomi ja Ruotsi päättäneet loppusijoituspaikoista

Ydinjätehuollon kustannukset on Suomessa yksiselitteisesti säilytetty voimayhtiöille. Niiltä kerättävät tarvittavat varat ovat valtion ydinjätehuoltorahaston

hoidossa. Valtioneuvosto teki jo vuonna 1983 periaatepäätöksen, jonka mukaan käytetyn polttoaineen loppusijoitusvalmius saavutetaan 2020.

”Suomessa ajatuksena on, että kun linjaus on tehty, niin siinä pysytään. Ei ole jääty odottamaan, että jokin ihmeellinen tekninen ratkaisu tulisi ja poistaisi kaikki ongelmat, vaan on lähdetty ratkaisemaan ongelmat nykytiedoilla”, Huttunen sanoo.

”Minusta on terve periaate, että tuottaja maksaa jätehuollon ja vastaa loppusijoituksesta samalla kun rahoitus on varmistettu rahaston kautta. Muussa tapauksessa voi syntyä ongelmia. Britanniasa jouduttiin valtion tuella pelastamaan ydinvoimaoperaattori British Energy muun muassa ydinjätehuollon varmistamiseksi.”

Käytetyn polttoaineen loppusijoituspaikkoja koskeissa päätöksissä ollaan pisimmällä Suomessa ja Ruotsissa. Posiva jättää ensi vuonna Olkiluodon loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksen. Laitoksen on tarkoitus olla käyttövalmiina vuonna 2020. Ruotsissa Svensk Kärnbränslehantering jätti rakentamislupahakemuksen Forsmarkiin tulevalle loppusijoituslaitokselle tämän vuoden maaliskuussa. Ruotsin laitos valmistuneen Suomen laitoksen jälkeen.

Ranskassa ydinjätteitä jälleenkäsittämään, mikä vähentää niiden tilavuutta,

SUOMESSA YDINJÄTEHUOLLON RAHOITUS ON VARMISTETTU RAHASTON KAUTTA.

mutta ei mitenkään poista loppusijoituksen tarvetta. Siellä loppusijoitukselle tutkitaan Buren aluetta; päätös paikkaa tehdään arviolta vuonna 2015. Saksassa todennäköinen loppusijoituspaikka on Gorleben, missä paikkatutkimuksia jatketaan. Muissa EU-maissa kaikki on auki loppusijoituspaikan suhteen.

Posivan osoitettava ratkaisujen turvallisuus

”Jo valtioneuvoston periaatepäätöksessä on katsottu, että loppusijoittamalla ydinjätteet peruskallioon voidaan saavuttaa hyvä turvallisuus”, sanoo johtaja **Risto Paltemaa** Säteilyturvakeskuksen Ydinjätteiden ja ydinmateriaalien valvonta-osastolta.

”Tämänkokoiset hankkeet vaativat pitkän kehitystyön. On mahdotonta rinnan viedä monta eri teknistä ratkaisua eteenpäin; jossain vaiheessa on valittava, mihin panostetaan”, Paltemaa toteaa.

Olkiluodon loppusijoituslaitoksessa on tarkoitus tehdä mahdolliseksi jätteen palauttaminen käyttöön ainakin niin kauan kun laitos on käytössä. Mikäli lähimmän sadan vuoden aikana pystytään kehittämään ydinjätteiden kierrätystä niin paljon, että on taloudellisesti järkevää avata loppusijoitustunnelit ja ottaa jäte käyttöön, se on täysin mahdollista.

Ydinjätelaitoksen suunnittelu vaatii paljon pitkäjänteistä tutkimustyötä – etenkin, kun laitos on ensimmäinen lajiaan maailmassa. Ydinjätehuolto-yhtiö Posivan kuuluu osoittaa, että suunnitella oleva laitos on turvallinen ja perustella tekniset ratkaisunsa. Täten ylivoimaisesti suurin osa tarvittavasta tutkimustyöstä kuuluu Posivalle tai sen taustalla oleville voimalaitosyhtiöille.

Yhtiöiden tekemän tutkimustyön ohessa Suomessa on julkisrahoitteinen Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT), jonka puitteissa tutkimusta on tehty vuodesta 1987 lähtien.

”KYTin tehtävänä on kasvattaa alan



Harriet Öster

”Monessa maassa käytetty polttoaine on siirretty välivarastoon, eikä poliittinen tahto ole riittänyt jätehuollon kestävään suunnitteluun”, sanoo teollisuusneuvos Riku Huttunen työ- ja elinkeinoministeriöstä.

asiantuntemusta Suomessa ja tuottaa selaista viranomaistyötä tukevaa tutkimusta, joka ei suoraan liity Posivan tehtäviin”, Paltemaa toteaa.

”KYTin puitteissa tutkitaan muun muassa vaihtoehtoisia teknisiä ratkaisuja ydinjätteen loppusijoitukselle, mutta myös sellaista, joka vahvistaa luottamusta valittuun menetelmään.”

Radioaktiivisuus laskee alussa nopeasti

”Perusasia loppusijoituksessa on, että käytetyn ydinpolttoaineen radioaktiivisuus pienenee nopeasti, kun se on poistettu reaktorista”, Paltemaa sanoo.

”Vuoden päästä noin kuudeskymmenesosa radioaktiivisuudesta on jäljellä. Siinä vaiheessa, kun ydinjäte välivarastoinnin jälkeen loppusijoitetaan, radioaktiivisuus on jo laskenut kahteen promilleen alkuperäisestä.”

”Loppusijoitus rakennetaan 100 000 vuodeksi, mutta siitä ensimmäiset vuosisadat ovat oleelliset. Jotkut uraanin

halkeamistuotteista liukenevat helposti veteen ja voisivat levitä ympäristöön, joten niitä varten on kuitenkin oltava pitkäaikaiset turvallisuusrakenteet.”

”Pahimmassakin tapauksessa, radioaktiivisen vuodon sattuessa, vahinko jäisi hyvin paikalliseksi maaperässä ja vedessä”, Paltemaa toteaa.

Loppusijoituslaitoksen rakentamislupaa varten tarvitaan vielä paljon tutkimustuloksia, muun muassa jätekapselien kuparin korroosiosta ja muista muutoksista syvällä kalliossa sekä täyteaineena ja puskurina käytetyn bentoniittisaven ominaisuuksista eri olosuhteissa. Bentonitti paisuu kastuessaan ja estää näin pohjaveden tunkeutumisen kapseliin asti.

Ruotsissa syntyi viime vuonna kohu, kun tutkimusryhmä esitti, että kupari korrodoi luolaolosuhteissa paljon luultua nopeammin. Toistaiseksi yksikään monesta tutkimusryhmästä ei ole pystynyt toistamaan ruotsalaistutkimusta samoin tuloksin. ❖



Harriet Öster

”Loppusijoittaminen kallioon on hyvä menetelmä, koska on hyvät perusteet sille, että radioaktiiviset aineet pystytään pitämään paikoillaan”, sanoo johtaja Risto Paltemaa Säteilyturvakeskuksesta.

Ydinjättekapselit sijoitetaan ehjään kalliolohkoon

Käytetyn ydinpolttoaineen sopivin loppusijoituspaikka Suomen oloissa on murtumavyöhykkeiden ympäröimä, ehjä kalliolohko syvällä peruskalliossa. Paikan tärkeitä ominaisuuksia ovat pohjaveden riittävän hidas virtausnopeus kalliossa ja veden alhainen suolaisuus.

Suunniteltaessa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta peruskallioon noudatetaan moniesteperiaattia. Geologisesti otollinen kallioperä täydentää ihmisten rakentamaa ydinjätteiden loppusijoituslaitosta. Jos tekniset ratkaisut jostakin syystä pettävät, kallion pitää estää ydinjätteitä leviämästä ympäristöön.

Suomen kallioperä on iältään 1 300–2 700 miljoonaa vuotta, eli maapallon vanhimmasta päästä, ja sen seisminen aktiivisuus on hyvin vähäistä. Kallioperä on rakenteeltaan kiinteä, kova ja kiteinen. Se on kuitenkin myös hauras, joten vuosimiljoonien aikana siihen on eri syistä syntynyt murtumia.

”Ydinjätteiden loppusijoituspaikkaa varten valmiiksi rikkonaisuudessa kallio-

perässä on etsitty mahdollisimman ehjiä kalliolohkoja murtumavyöhykkeiden välistä”, sanoo ylitarkastaja, geologi **Ari Luukkonen** Säteilyturvakeskuksesta (STUK).

”Tällaisen ratkaisun turvallisuus perustuu siihen, että uudet jännitteet purkautuvat vanhoja rikkonaisuusvyöhykkeitä pitkin. Esimerkiksi jääkausi aiheuttaa ainakin pystysuuntaisia liikkeitä kalliossa. Jäämassa painaa kallioperän satoja metrejä alaspäin, ja paine purkautuu jään suolaessa. Jos paine ei ole tasaisesti jakautunut, kallio liikkuu vyöhykkeitä pitkin ehjien lohkojen ympäriltä.”

Ydinjätteiden loppusijoituspaikaksi valittu Olkiluodon saari on suurten siirtovyöhykkeiden ympäröimä ja sekin rikkonaisuusvyöhykkeiden läpäisemä.

”Loppusijoitusyhtiö Posivan tehtävänä on murtumien välistä löytää kalliossa tarpeeksi eheitä lohkoja, jotka muiltakin ominaisuuksiltaan soveltuvat loppusijoituspaikoiksi. Loppusijoitusta suunnitellaan useaan tällaiseen lohkoon, muu osa kallioista on tarkoitus välttää”, Luukkonen toteaa.

Kallioperää tutkittu 70-luvulta asti

Geologian tutkimuskeskus (GTK) on valtion asiantuntijavirastona tutkinut Suomen kallioperän soveltuvuutta ydinjätteiden loppusijoitukseen 1970-luvulta lähtien sekä yritysten toimeksiannosta että julkisella rahoituksella. STUK on valvontaviranomaisena seurannut tutkimuksia ja ollut mukana lausunnonantajana. Val-

tioneuvo teki periaatepäätöksen korke-aktiivisen jätteen sijoituspaikkatutkimusten aloittamisesta vuonna 1983.

”Laajan seulonnan jälkeen jäljellä oli 1980-luvun lopussa viisi mahdollista paikkakuntaa loppusijoituslaitokselle; Kuhmo, Hyrynsalmi, Sievi, Äänekoski ja Eurajoki, myöhemmin myös Loviisan Hästholmen”, sanoo GTK:n tutkimusprofessori **Ilmo Kukkonen**.

”Koska kallioperästä on paljastunut vain muutamia prosentteja, tarvittiin kalliota kuvaavia geofysikaalisia mittauksia esimerkiksi lentäen. Lisäksi kairattiin tutkimusreikiä ja otettiin näytteitä.”

Ydinvoimalakunnissa laitokseen suh-
tauduttiin muita ehdokaskuntia myönteisemmin. Niistä Posiva esitti Eura-
joen Olkiluotoa. Periaatepäätös loppusi-
joituslaitoksen rakentamisesta Olkiluo-
toon tehtiin vuonna 2001. Kalliotutki-
mukset siellä siirtyivät sen jälkeen var-
mentavaan tarkasteluun. Posiva ryhtyi
rakentamaan maanalaista Onkalo-tutki-
mustilaa, josta on tarkoitus tulla osa 400
metrin syvyyteen sijoitettavasta loppusi-
joituslaitoksesta.



”Loppusijoitustutkimuksiin osallistuvilla tahoilla on hyvin vastuullinen näkökulma asioihin”, GTK:n tutkimusprofessori Ilmo Kukkonen sanoo.

LOPPUSIJOITUSTILAN ON KESTETTÄVÄ JÄÄTYMISTÄ.

Kallioperää luodattu kilometrien syvyyteen

”Posiva ja sen käyttämät asiantuntijat ovat tutkineet kallioperää hyvin monipuolisesti. Rako- ja hiertovyöhykkeitä on paikannettu, eri kivilajien sijainti on mallinnettu, ja vettä johtavat vyöhykkeet ovat pitkäaikaisessa seurannassa. Olkiluodon tutkimuksista on tehty satoja paksuja raportteja, ja lisää on tulossa”, Kukkonen toteaa.

Uutena menetelmänä GTK ja Posiva ovat käyttäneet seismistä heijastusluotausta tutkittaessa Olkiluodon kallioperän sisäisiä rakenteita. Seismisillä aalloilla on erittäin hyvä erotuskyky: Heijastusluotauksella voidaan mallintaa kallion rakenteita monen kilometrin syvyyteen ja tiedoista luoda kolmiulotteinen tietokonekuva.

”On myös tärkeää selvittää pohjaveden virtaus, koska mahdollisen vuodon sattuessa ydinjätettä voisi levitä ympäristöön pohjaveden mukana”, Kukkonen toteaa.

”Lisäksi pohjaveden kemiallinen koostumus on tärkeä, jotta voidaan varmistaa, että olosuhteet kuparisten ydinjättekapselien pinnalla ovat mahdollisimman pelkistävät.”

”Käytetyn polttoaineen loppusijoituspaikan pitää siis olla sen verran syvällä, että ilman happi ei tunkeudu alas ja haheta kuparikapselia. Korroosion välttämiseksi vedessä ei myöskään saisi olla liikaa liuenneita suoloja. Suomen kallioperässä suolaiset pohjavedet tulevat vastaan 500–1 000 metrin syvyydessä. Täten paras paikka loppusijoitukselle on 400–600 metrin syvyydessä.”

Jääkauden ikirouta ylettyi ainakin 150 metriin

GTK on tutkinut olosuhteita syvällä Suo-

men kallioperässä Outokumpuun vuonna 2005 kairatun 2,5 kilometriä syvän tutkimusreiän avulla.

”Outokummussa olemme tutkineet syvällä kallioperän rakovyöhykkeissä olevia suolaisia vesiä. Tulokset osoittavat, että ne eivät ole tekemisissä ilman tai pintavesien kanssa, vaan ovat pysyneet paikoillaan jopa miljoonien vuosien ajan. Vesissä oleva bakteerikantakin on hyvin erikoistunut”, Kukkonen sanoo.

”Jääkauden aikana jään alla paineessa oleva vesi voi tunkeutua kallioperään. Toisaalta jäätikön paine tiivistää rakovyöhykkeitä, mikä vähentää pohjaveden liikkettä. Kun jäätikkö sulaa, paine poistuu ja suuria määriä hyvin suolatonta vettä vapautuu. On mahdollista, että kallioperämme makeat pohjavedet muutama sataan metriin asti ovatkin juuri sulanutta jäätikkövettä.”

Kukkosen mukaan Outokummussa iki-



”Vaativuutena on, että turvallisuusnäkökohtiin perustuen kalliota pystytään luokittelemaan loppusijoitukseen kelpaaviin ja kelpaamattomiin osiin”, toteaa STUKin ylitarkastaja Ari Luukkonen.

PARAS PAIKKA LOPPUSIJOITUKSELLE ON 400–600 METRIN SYVYYDESSÄ.



Jussi Partanen/Posiva Oy

routa on jääkauden aikana ylettynyt noin 150 metrin syvyyteen. Jäätikköolosuhteet ovat kuitenkin vaihdelleet, joten tuloksesta ei voida tehdä johtopäätöksiä siitä, miten syvälle ikirouta ylettyisi Olkiluodossa tulevan jääkauden aikana.

”Ikirouta vaikuttaisi veden virtaukseen. Loppusijoitustila ei ilmeisesti kuitenkaan jäädy, koska radioaktiivisuus kehittää lämpöä”, Kukkonen sanoo.

Jääkautta ja ikiroutaa ajatellen STUK toisaalta vaatii, että rakennetun loppusijoituspaikan on kestävä jäätymistä.

”Loppusijoitus näyttää olevan välttämätön ratkaisu, mutta vielä on paljon selvitettävää. Yhteiskunnan kannalta olisi kuitenkin paljon vaarallisempaa jättää ydinjätteet loppusijoittamatta”, Kukkonen toteaa. ❖

KALLIOSTA ETSITÄÄN EHEITÄ JA MUUTENKIN SOPIVIA LOHKOJA MURTUMIEN VÄLISTÄ.

Posiva kehittää kallion sopivuuden luokittelu- järjestelmää

Ympäröivä kallioperä on ydinjätelaitoksen tärkeä osa. Valtioneuvoston asetuksen mukaan maanalaisen laitoksen kallioperä on luokiteltava pitkäaikaisturvallisuuden kannalta. Tämä tarkoittaa, että Posivan on esitettävä toimiva luokittelujärjestelmä ensi vuonna jätettävässä Olkiluodon ydinjätelaitoksen rakennuslupahakemuksessa.

”Vaativuutena on, että turvallisuusnäkökohtiin perustuen kalliota pystytään luokittelemaan loppusijoitukseen kelpaaviin ja kelpaamattomiin osiin”, toteaa STUKin ylitarkastaja Ari Luukkonen.

”Hyväksyttävän kallion pitää olla vakaa ja tiivis, pohjaveden virtauksen pitää olla sopiva, ja kemiallisten olosuhteiden pitää olla oikeat.”

Kehitteillä olevalla luokittelujärjestelmällä on Luukkosen mukaan toistaiseksi kolme helposti todettavaa kriteeriä. Vuotoveden virtauksen avoimissa tunneleissa ja loppusijoitusreiässä tulee olla rajattu. Suurempiin rikkonaisuusvyöhykkeisiin pitää olla riittävä varoetäisyys: loppusijoitusreiästä noin 10 metriä murtovyöhykkeen sydämeen. Yksittäiseen rakoon pitää loppusijoitusreiästä olla puolen metrin etäisyys.

Vaatimukset vaikuttavat suoraan laitoksen käyttöasteeseen. Loppusijoituspaikan tunneleille Posiva pyrkii saamaan noin 80 prosentin käyttöasteen. STUK valvoo ja tarkastaa, että Posivan luokittelujärjestelmä täyttää laissa mainitut suotuisat kallio-ominaisuudet.

TŠEKin SÄTEILY-VIRANOMAISELTA löytyy nuoria osaajia

Tšekin tasavallan ja Suomen säteilyviranomaisorganisaatiot ovat yllättävän samankaltaiset. Ydinmateriaalivalvonnan haasteissa kuitenkin on eroja.

Tšekkiläiset **Adam Pavlik** ja **Onřej Štastný** ovat töissä Tšekin tasavallan ydinturvallisuusviranomaisen (SUJB) palveluksessa. Organisaatio vastaa Suomen Säteilyturvakeskusta (STUK). Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n stipendi toi Pavlikin ja Štastnýn kahden kuukauden virkamiesvaihtoon STUKiin helmi-maaliskuuksi.

Nuoret miehet ehtivät vierailla niin Loviisan ydinvoimalaitoksessa kuin STUKin laboratorioissa. He pääsivät tutustumaan myös VTT:n toimintaan. Ohjelmaan kuului myös käynti Olkiluodossa tutustumassa uuden reaktorin rakennustyöhön ja ydinjätteen loppusijoituslaitoksen tutkimustilaan Onkaloon.

Kaikkien aikojen nuorin toimistopäällikkö

Sekä Onřej Štastný että Adam Pavlik ovat tarkastajia ja lähes päivälleen yhtä vanhoja, 29-vuotiaita. Štastný on opiskellut ydintekniikkaa ja Pavlik radiokemiaa. Pavlik on edennyt virastossaan kaikkien aikojen nuorimmaksi toimistopäälliköksi. Ydinmateriaalitoimiston päällikkö hänestä tuli, kun vanhempia virkamiehiä siirtyi tehtäviin ulkomaille ja IAEA:n palve-

luksen.

”Käytännössä Tšekin säteilyviranomaisorganisaatiossa on nyt paljon vanhaa kaartia ja sen lisäksi nuoria osaajia. Siltä väliltä työntekijöitä on erittäin vähän”, Pavlik kertoo.

”Nyt onkin satsattu uusien ihmisten palkkaamiseen, jotta osaamista saadaan siirrettyä nuoremmille.”

Samat tehtävät, eri painotukset

Tšekin viranomainen vastaa ydin- ja säteilyturvallisuudesta sekä ydinmateriaalivalvonnasta.

”Virastolla on Säteilyturvakeskukseen verrattuna hyvin samanlainen asema ja tehtävät”, Pavlik toteaa.

STUKissa on ydinjätteiden ja ydinmateriaalin valvonnalle oma osastonsa, jossa on ydinmateriaalitoimisto. Tšekin viranomaisella vastaavan osaston nimi on englanniksi käännettynä *Department of Non-Proliferation* ja Pavlikin johtaman ydinmateriaalitoimiston *Division of Nuclear Non-Proliferation*. Nimet viittaavat siis ydinsulkusopimukseen, ja valvonnan painopiste onkin ydinmateriaalin ei-rauhanomaisen käytön estämisessä. Ydinmateriaalitoimistoa vastaavat yksiköt on myös kemial-

listen ja biologisten materiaalien ei-rauhanomaisen käytön estämiselle.

Tarkastuksiin tarvitaan kirjallinen lupa STUKin tapaan Tšekin viranomainen valvoo ydinmateriaalin käyttöä tarkastusten ja lupamenettelyn avulla. Tarkastustoitinnassa näkyvät maiden erot.

”Me tarvitsemme kirjallisen luvan leimoineen tarkastuskäynnin tekemiseen”, Pavlik kertoo.

Luvan myöntää viranomainen itse. ”Tarkastuskäynnistä on myös ilmoitettava, mutta ei välttämättä ennakoon”, Štastný kertoo.

Kun tarkastukseen on viralliset lupa-paperit ja siitä on ilmoitettu, voidaan työ muuten tehdä vapaasti.

Ydinvoimalaitoksissa valvonta poikkeaa suomalaisesta siten, että tarkastuksia tehdään ainoastaan yhdessä IAEA:n ja EU:n tarkastajien kanssa. Käytetyn polttoaineen erilaisesta varastointitavasta johtuen sen valvonnassa käytetään erilaisia menetelmiä kuin Suomessa.

Tšekin tasavallassa tarkastuskäynnit ovat maksutonta valtionhallinnon toimintaa. Suomessa taas luvanhaltija joutuu maksamaan luvasta ja tarkastuksista.

Luvattomien kuljetusten estäminen ykkösasioita

Ydinmateriaalien määriä tilastoidaan ja valvotaan myös kansainvälisten sopimusten nojalla. Viranomainen valvoo ydinmateriaalin tuontia ja vientiä sekä niihin liit-

Tšekinydinvoimaviranomaisen nuoretasiantuntijat Adam Pavlik ja Onřej Štastný nauttivat silminnähten kahden kuukauden vierailusta STUKissa. Suomalaiset kirpeät pakkaset olivat tšeikeille kokemus sinänsä, samoin käveleminen jäällä Helsingin Lauttasaaren merenranta-alueilla.



tyviä lupia.

”Euroopan unionin rajojen ja markkinoiden avauduttua luvattomien ydinmateriaalikuljetusten valvonta on tullut yhä haasteellisemmaksi”, Pavlik toteaa.

EU:n sisäisiä rajoja ei enää samassa mielessä voi valvoa kuin esimerkiksi Suomen ja Venäjän välistä unionin ulkorajaa.

Ydinmateriaalia useilla yrityksillä

Toisin kuin Suomessa, Tšekin tasavallassa on lisäksi lukuisia teollisuusyrityksiä ja muita tahoja, joilla on hallussaan pienempiä tai suurempia määriä ydinmateriaalia.

”Jos Tšekin tasavallassa on noin 170 yritystä, joilla on hallussaan ydinmateriaalia teollisuustoiminnan käyttöön, on niitä vastaavasti Suomessa noin 12”, Pavlik sanoo.

Pieniä määriä vanhaa ydinmateriaalia löytyy lisäksi silloin tällöin vanhoista varastoista ja koululaboratorioista. Usein-kaan kyse ei ole vaarallisista määristä, mutta väriin käsiin se ei saisi joutua.

Kokemusta uraanikaivoksista

Nuorilla tšekiasiantuntijoilla on erityisesti uraanikaivosten osalta ollut annettavaa keskusteluissa suomalaisviranomaisen kanssa. Siinä missä Suomessa aloitel-

laan uraanikaivostoimintaa, on tšeikeillä jo kokemuksia jaettavanaan.

Uraanikaivokset ovat Adam Pavlikin ja Onřej Štastnýn mukaan monitahoinen

kysymys niin säteilysuojelun, kaivosteollisuuden monien ympäristövaikutusten kuin esimerkiksi ydinmateriaalinvalvonnan kannalta. ❖

Lisää ydinvoimaa suunnitteilla

Kymmenen miljoonan asukkaan Tšekin tasavallassa on kuusi ydinreaktoria. Dukovanyn voimalaitoksessa on neljä Loviisan tyyppistä neuvostoliittolaisten suunnitelmien mukaan rakennettua reaktoria (VVER 440). Näistä kaksi on saanut uuden lisenssin 20 käyttövuoden jälkeen. Temelinin voimalaitoksessa on kaksi suurempaa mutta yhtä lailla venäläistyyppistä reaktoria (VVER 1000). Uusien reaktorien rakentamisesta on käyty keskustelua. Temeliiniin olisi tarkoitus rakentaa kaksi uutta reaktoria ja myöhemmin yksi myös Dukovanyn.

”Rakentamispäätöksistä kiistellään”, Adam Pavlik kertoo.

Vuonna 2005 Tšekin tasavallassa lähes 60 prosenttia sähköstä tuotettiin hiilellä, ydinvoimalla 30 prosenttia ja maakaasulla vajaan 6 prosenttia. Hiilen käyttöä haluttaisiin vähentää ympäristösyistä. Toisaalta pohditaan, onko tarpeen rakentaa uutta ydinvoimaa, jos sähköä viedään ulkomaille. Ydinvoimalaitokset kuuluvat yhtiölle, jonka pääomistaja on valtio.

”Ydinvoimayhtiöiden tuotto merkitsee erittäin merkittävää tulolähdettä valtion budjetissa”, Štastný huomauttaa.

Valtion tulot tippuisivat merkittävästi, kun raha ohjautuisi pitkän rakentamisvaiheen, 10–15 vuoden ajan, uusien reaktorien rakentamiseen.

”Tämä on poliittinen kysymys”, Pavlik sanoo.

”Yleinen suhtautuminen ydinvoimaan periaatteellisesti on (ainakin ennen Fukushima onnettomuutta) ollut hyvä. Ydinvoimalaitoksia on pidetty turvallisina, ja niillä on ollut merkittävä työllistävä vaikutus alueella.”

”Työtehtävät ydinvoimalaitoksissa ovat olleet myös paremmin palkattuja muihin tehtäviin nähden”, Onřej Štastný vahvistaa.



säteilytieteen
professori
vastaa

Kysy ja kommentoi! Voit lähettää STUKiin kysymyksiä tai palautetta sinua askarruttavasta säteily- tai ydin- turvallisuutta koskevasta aiheesta osoitteesta: www.stuk.fi/sateilytietoa/ukk/fi_FI/lomake/ tai lähettää sähköpostia osoitteeseen: palaute@stuk.fi.

Vapautuiko Islannin tulivuorenpurkauksissa ilmakehään maankuoressa olevia radioaktiivisia aineita?

Islannissa on kautta historian tapahtunut tulivuorenpurkauksia, joiden tuloksena koko maa on enemmän tai vähemmän vulkaanisen laavan peitossa. Islannissa tehty luonnonsäteilyn kartoitukset ovat osoittaneet, että säteilytasot ovat huomattavasti pienempiä kuin muualla Euroopassa, Suomesta nyt puhumattakaan. Tämä osoittaa, että maan uumenista tullut laava- ja tuhka-aines sisältää vain erittäin pieniä määriä luonnon radioaktiivisia aineita. Tämän vuoksi ei myöskään ilmassa pieninä pitoisuuksina oleva vulkaaninen tuhka lisää ilman radioaktiivisuutta.

Voisi jopa sanoa, että esimerkiksi Helsingissä liikenteen nostattama katupöly lisää luonnon radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia ilmassa enemmän kuin juuri tapahtunut tulivuorenpurkaus Islannissa.

Pitääkö Japanin onnettomuuden jälkeen täällä Suomessa välttää syömästä esimerkiksi kalaa tai äyriäisiä, jos ei tiedä, miltä alueelta ne on pyydetty? Onko esimerkiksi sushin syöminen edelleen turvallista? Ja kuinka isolta alueelta meri on saastunut?

Japanin onnettomuuden takia ei ole syytä rajoittaa kalan tai äyriäisten syöntiä. Japanista EU:n alueelle tulevien elintarvikkeiden radioaktiivisuutta valvotaan. Onnettomuusalueen läheisiltä rannikkoalueilta pyydettyjen kalojen ja äyriäisten radioaktiivisten aineiden pitoisuudet on mitattava jo Japanissa. EU:n rajavalvonnassa tarkistetaan, että tuontierien mukana on todistukset siitä, että pitoisuudet alittavat voimassa olevat raja-arvot. Lisäksi EU-maissa tehdään pistokokeina mittauksia myös muualta Japanista tuleville elintarvikkeille. Sushin syöminen on säteilyn suhteen turvallista.

Meren saastumisen laajuutta ei vielä tässä vaiheessa pystytä arvioimaan. Radioaktiivisia aineita on päässyt runsaita määriä meriveteen, jossa ne kulkeutuvat merivirtojen mukana ja laimenevat. Tilanne on pahin onnettomuusalueen lähirannikolla. Tilannetta seurataan jatkuvasti ottamalla näytteitä sekä merivedestä että meren eliöistä laajalla alueella.



Grímsvötn-tulivuorenpurkauksen aiheuttama pyörrepilvi, jossa on pölyä ja tuhkaa. Kuva on otettu Skaftafellin kansallispuiston pohjoispuolelta 22.5.2011, päivä tulivuorenpurkauksen jälkeen.



Näkymä Skaftafellin kansallispuiston alueelta Grímsvötn-tulivuorelle päin purkauksen jälkeisenä aamuna 22.5.2011.



JULKAISIJA
Säteilyturvakeskus ■ www.stuk.fi

PÄÄTOIMITTAJA
Elina Martikka, Säteilyturvakeskus,
elina.martikka@stuk.fi

TOIMITUSSIHTEERI
Päivi Männikkö, Stellatum Oy,
paivi.mannikko@stellatum.fi

KUSTANTAJA
Stellatum Oy, Purotie 1 B,
03800 Helsinki, www.stellatum.fi

TILAUKSET JA OSOITTEENMUUTOKSET
Osoitteenmuutosta tehdessäsi muista ilmoittaa lehden nimi.
Tilaaajapalvelu/Alara
PL 115, 30101 Forssa
puh. 03 4246 5301
tilaaajapalvelu@stellatum.fi, www.stellatum.fi

TILAUSHINNAT SUOMESSA 2011
(neljä numeroa/vuosi)
Kestotilaus 43 € (laskutusväli 12 kk), 12 kk:n
määräaikaistilaus 46 €, irtonumero 12,50 €.

Hinnat ovat voimassa vuonna 2011 Suomeen tehtyihin tilauksiin. Kestotilauksena tilattu lehti toimitetaan tilaajalle tilausjakso kerrallaan ilman eri uudistusta, kunnes tilaaja joko muuttaa sen määräaikaiseksi tai irtisanoo tilauksen. Tilauksen hinta on tilausjakson alussa voimassa oleva hinta, joka on painettu lehteen. Kestotilauksen voi irtisanoa ennen uuden tilausjakson alkua. Jos tilaaja irtisanoo kestotilauksensa tilausjakson alkamisen jälkeen, on hän velvollinen maksamaan irtisanomisen voimaantumiseen saakka lähetetyt lehdet. Jos laskutusjakso tai maksuerä on maksettu ennen irtisanomisen voimaantumista, tilaus päätetään maksetun jakson loppuun. Osoitetietoja käytetään ainoastaan Stellatum Oy:n omassa toiminnassa.

ASIAKASREKISTERI
Rekisterikuvaus ja -seloste ovat nähtävissä Stellatum Oy:n tiloissa. Tilaaajan tietoja käytetään asiakassuhteen ylläpitoon ja hoitoon. Yhteydenotot tulee tehdä kirjallisina ja allekirjoitetuina em. osoitteeseen tai henkilökohtaisesti rekisterinpitäjän luona. Tilaaaja voi kieltää tietojensa käytön markkinointitarkoituksiin ja markkinatutkimuksiin ilmoittamalla asiasta tilaajapalveluun.

20. vuosikerta
ISSN 1235-1970

TAITTO
Annu Pörhönen, Stellatum Oy

PAINOTYÖ
Hämeen Kirjapaino Oy



Aikakauslehtien liiton jäsenlehti

Kansikuva: Lehtikuva/Reuters/Kyodo



Säteilyturvakeskuksen julkaisut ovat sähköisessä muodossa STUKin kotisivuilla osoitteessa www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/

OHJEET

ST 2.1

Sädehoidon turvallisuus

TUTKIMUSRAPORTIT

STUK-B 127

Ydinturvallisuus.

Neljännesvuosiraportti 4/2010.

Kainulainen E. (toim.)

STUK-B 128

Implementing nuclear non-proliferation in Finland. Regulatory control, international cooperation and the Comprehensive

Nuclear-Test-Ban Treaty.
Annual report 2010.

STUK-B 129

Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta.

Vuosiraportti 2010.

Kainulainen E. (toim.)

STUK-B 130

Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat.

Kolmannesvuosiraportti 3/2010.

Weltner A. (toim.)

Alara nyt myös verkossa

Alaraa voi nyt lukea myös netissä sähköisenä näköislehtenä osoitteessa www.alara.fi

Kirjaudu palveluun antamalla tilausnumerosi, joka on painettu lehden takakannen osoitekenttään.

Lue ajankohtaista asiaa säteily- ja ydinturvallisuudesta – tilaa Alara!

♦ www.stellatum.fi

♦ tilaaajapalvelu@stellatum.fi

♦ puhelin: 03 4246 5301

Tilaushinnat Suomessa 2011 (neljä numeroa vuodessa):
kestotilaus 43 € (laskutusväli 12 kuukautta),
12 kuukauden määräaikaistilaus 46 €.

ProInfo-verkkopalvelu säteilyn käyttäjille

Säteilyturvakeskuksen (STUK) ProInfo-verkkopalvelu, www.stuk.fi/proinfo, on tarkoitettu kaikille työssään säteilyä käyttäville. Se on arvokas tietolähde muun muassa terveydenhuollossa, teollisuudessa, kaivosalalla ja ilmailualalla työskenteleville.

ProInfosta löydät

- säteilyn käyttöön ja luonnonsäteilyyn liittyvät haku- ja ilmoituslomakkeet
- ohjeita turvalliseen työskentelyyn
- koulutusorganisaatiot, jotka järjestävät pätevöittävää koulutusta säteilyn käytöstä vastaaville johtajille
- opastusta, miten seurata altistusta, jonka esimerkiksi radon aiheuttaa maanalaisissa tiloissa työskenteleville tai avaruussäteily lentohenkilöstölle
- tietoa säteilyn käytön vaatimuksista ja laeista sekä STUKin valvontamenettelyistä
- uutisia

ProInfo-verkkopalveluun pääset osoitteella www.stuk.fi/proinfo tai STUKin etusivulla (www.stuk.fi) olevasta pudotusvalikosta.

© STUK | Sivuaika | Lähellä palveluita