

alard

1 2007

AJANKOHTAISTA SÄTEILY- JA YDINTURVALLISUUDESTA

TEOLLISUUSNEUVOS RIKU HUTTUNEN

YDINVOIMA SÄILYY
KANSALLISENA RATKAISUNA

ALARA

1 2007

A J A N K O H T A I S T A S Ä T E I L Y - J A Y D I N T U R V A L L I S U U D E S T A

JULKAISIJA

Säteilyturvakeskus

www.stuk.fi

TOIMITUS

PL 14, 00881 Helsinki

Puhelin (09) 7598 8210, faksi (09) 755 3738

alara@stuk.fi

PÄÄTOIMITTAJA

Elina Martikka

elina.martikka@stuk.fi

TOIMITUSSIHTEERI

Riikka Laitinen-Sorvari

riikka.laitinen-sorvari@stuk.fi

TOIMITTAJA

Leena Hietanen

leena.hietanen@stuk.fi

KUSTANTAJA

Stellatum Oy

Upseerinkatu 1, 02600 Espoo

puh. (09) 5421 0100

TILAUKSET JA OSOITTEENMUUTOKSET

Stellatum Oy/Tilaaajapalvelu

puh. (09) 5421 0100

tilaaajapalvelu@stellatum.fi

www.stellatum.fi

TILAUSHINNAT SUOMESSA

Alara ilmestyy neljä kertaa vuodessa.

Kestotilaus 39 € (laskutusväli 12 kk),

määräaikaistilaus 44 € (kesto 12 kk),

irtonumero 12,50 €.

Kestotilauksena tilattu lehti tulee tilaajalle tilausjakso kerrallaan ilman eri uudistusta, kunnes tilaaja joko muuttaa sen määräaikaiseksi tai lopettaa tilauksen. Tilauksen hinta on tilausjakson alussa voimassa oleva hinta, joka on painettu lehteen. Tilauksen voi keskeyttää ennen tilausjakson loppua. Peruutus on tehtävä vähintään kaksi viikkoa ennen uuden tilausjakson alkamista. Mikäli peruutus ei saavu määräaikaan mennessä, laskutetaan tilaajan saamat lehdet. Tilausehdot löytyvät lehden joko kaisesta numerosta. Osoitetietoja ei käytetä muussa kuin Stellatum Oy:n omassa toiminnassa.

ASIAKASREKISTERI

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

TAITTO

Annu Pörhönen/Stellatum Oy

15. vuosikerta ISSN 1235-1970

PAINOTYÖ

Forssan Kirjapaino Oy, Forssa 2007

Kannen kuva: Hannu Virtanen



Aikakauslehtien liiton jäsenlehti



ALARA KITEYTTÄÄ SÄTEILYSUOJELUN PÄÄPERIAATTEET

ALARA – As Low As Reasonably Achievable

Säteilytoiminnasta aiheutuvat yksittäisten ihmisten säteilyannokset, säteilylle altistuvien ihmisten lukumäärä ja poikkeavaan säteilyaltistukseen johtavien tilanteiden todennäköisyydet on pidettävä niin pieninä kuin käytännöllisin toimin on mahdollista.

Pääkirjoitus	3
Uutiset	4
Teollisuusneuvos Riku Huttunen: Ydinvoima säilyy kansallisena ratkaisuna	6
Säteilylähde sulii terässulatossa	9
Turvateknologiaa säteilyuhkan torjuntaan	10
Tapaus Litvinenko	12
Olkiluoto 3 -projekti opettaa	15
Pikkupojan muistoja kenkäröntgenistä	18
Kuolan ydinjätepesäke siivotaan kansainvälisellä rahoituksella	20
SAFIR-ohjelmat kasvattavat uutta osaaajasukupolvea	22
Uudet julkaisut	25
Kuvantamistutkimus lähtee hyvästä lähetteestä	26
NOTE-tutkimushankkeella selvitetään säteilyn vaikutuksia	28
Kysy säteilystä – Säteilytieteen professori vastaa	30

EI ENÄÄ PELKKÄ JÄSEN VAAN OSA EUROOPAN UNIONIA

Maanpuolustuskurssilla ymmärsin, kun puhuimme huoltovarmuudesta, että Suomi ei enää kahdentoista EU-jäsenyyvuoden jälkeen ole pelkästään EU:n jäsen vaan osa Euroopan unionia! Mitä Euroopan unioni merkitsee rauhan ja ydinenergiakysymysten osalta?

1800-luvun puolivälin filosofi ja visionääri Victor Hugo haaveili "Euroopan yhdysvalloista", jossa vaalittaisiin rauhaa ja humanistisia ihanteita. Toisin kävi. Kaksi maailmansotaa romutti Hugon visiot vuosisadaksi. Miten kansojen välinen vihanpito Euroopassa saadaan loppumaan ja rauha syntymään entisten vihamiesten välille? Sata vuotta myöhemmin valtiomiehet Adenauer, Churchill et al. esittivät ajatuksen kansojen yhteiseen etuun pohjautuvasta yhteiskuntajärjestyksestä, jonka perustana olisivat yhteiset periaatteet ja tasavertaisuus. Eurooppa-päivänä 9. toukokuuta 1950 Ranskan ulkoministeri Schuman ehdotti Euroopan hiili- ja teräsyhteisön perustamista. Aiemmin keskenään sotineiden maiden hiili- ja terästuotanto sai yhteisen "korkean viranomaisen". Sodassa käytetyistä raaka-aineista tuli sovinnon ja rauhan väline.

Euroopan yhdentymispyrkimykseen liittyi myös Euroopan atomienergiayhteisön, Euratomin, perustaminen. Kuudella perustajavalttiolla (Saksa, Belgia, Ranska, Italia, Luxemburg ja Alankomaat) oli pulaa energiasta, ja ydinenergian avulla pyrittiin riippumattomuuteen tuontienergiasta. Koska ydinenergiaan investointi oli yksittäisille valtioille liian suuri, perustettiin yhdessä Euratom. Euratom-sopimuksen tavoitteena on edistää ydinteollisuutta Euroopassa, varmistaa jäsenvaltioille mahdollisuus hyötyä atomienergian kehittämisestä ja taata energianjakelu. Perustamissopimuksella varmistetaan myös väestön turvallisuutta ja estetään siviilikäyttöön tarkoitettujen ydinainesten siirtäminen sotilaallisiin tarkoituksiin.

Näiden sopimusten pohjalta syntyi nykyinen EU (tosin hiili- ja teräsyhteisön perustamissopimus päättyi 2002), joka on laajentunut kuudesta jäsenvaltiosta 27 jäsenvaltion suuruiseksi.

Yhteisen mielipiteen muodostaminen näin monen jäsenen kesken onkin melkoinen haaste. Viime vuoden viimeisen puoliskon Suomi oli EU:n puheenjohtajamaa. Kauppa- ja teollisuusministeriön teollisuusneuvos Riku Huttusen haastattelussa kerrotaan, kuinka puheenjohtajuuskausi meni ja miten energia- ja ydinturvallisuuskysymykset nähdään EU:ssa nyt.

Ydinenergiakeskusteluun (ainakin näin vaalivuonna) liitetään vahvasti ilmasto- ja ydinenergian käytön osuus ilmastostrategiassa. Uuden ydinvoimalaitoksen rakentaminen keskusteluttaa tavalla jos toisella, myös Alarassa. Eurooppalaisesta näkökulmasta meidän "Nordic co-operation" voi vaikuttaa oudolta, kun Pohjanlahden toiselle puolelle rakennetaan maailman suurinta ydinlaitosta ja toisella puolella ydinlaitoksia puretaan.

Jottei upottaisi liian syvälle EU-lonkeroihin... Viisi vuotta sitten Alara 1/2002 kertoi huolestuttavia uutisia Venäjältä Andrejevin lahdelta, "ydinjätteiden epäonnistuneelta hautausmaalta". Toimittajamme selvitti, mitä Andrejevin lahdelle kuuluu nyt. Artikkelini Litvinenkon säteilymurhasta, jossa murha-aseena käytettiin poloniumia, on kuin uuden ajan salapoliisitarina. Lisäksi Alarassa on vielä paljon muuta ajankohtaista ja säteilevää luettavaa. Muistathan lähettää Alaralle palautetta sähköpostiosoitteeseen alara@stuk.fi.



Helsinki 13.3.2007 Elina Martikka



Kuva Niina Stolt

LENINGRADIN YDINVOIMALAITOKSEN TURVALLISUUTTA
KEHITETTY YHDESSÄ 15 VUOTTA

YDINTURVALLISUUDEN MERKITYS KOROSTUU LÄHIALUEYHTEISTYÖSSÄ

Yhteistyökumppanit yksituumaisina. Neuvonpidossa Erik Ulfstedt, Leningradin ydinvoimalaitoksen Valeri Lebedev ja STUKin Jukka Laaksonen.



Suomalaiset ovat tehneet yhteistyötä venäläisten kanssa Leningradin ydinvoimalaitoksen turvallisuuden parantamiseksi jo 15 vuotta. Yhteistyön luovuttiin jatkuvan Sosnovyi Borissa järjestetyssä ydinturvallisuusseminaarissa.

Lähialueyhteistyötä on tehty ulkoministeriön rahoituksella Suomen rajan lähellä sijaitsevien venäläisalueiden kehittämiseksi. Tärkeä sija yhteistyössä on ollut Sosnovyi Borissa sijaitsevan Leningradin ydinvoimalaitoksen ja Kuolan ydinvoimalaitoksen turvallisuuden kehittämisellä.

Lähialueyhteistyön eri muotoihin suunnattuja rahoja on tarkoitus supistaa puoleen huippuvuosista. Ydinturvallisuusyhteistyö säilyy kuitenkin yhtenä priorisoituna alueena, johon siihen kohdistuvat supistukset eivät ole ainakaan niin suuria kuin muuta yhteistyötä koskevat leikkaukset, lupasi seminaarissa Suomen ulkoministeriötä edustanut ulkoasiainneuvos, suurlähettiläs Erik Ulfstedt.

”Ydinturvallisuusyhteistyö on jatkossa yksi lähialueyhteistyön kolmesta kärkialasta”, Ulf-

stedt täsmensi. Ulkoministeriö on lähialueyhteistyön rahoittaja. Ydinturvallisuusyhteistyötä koordinoi Säteilyturvakeskus (STUK). Mukana yhteistyössä on myös useita suomalaisia yrityksiä.

STUKin koordinoimaan ydinturvallisuusyhteistyöhön käytettiin vuonna 2006 kaikkiaan kaksi miljoonaa euroa. Suurin kohde oli Leningradin ydinvoimalaitos 730 000 eurolla, kertoi toimistopäällikkö Heikki Reponen STUKista.

Yhteistyö on ollut tuloksekasta. Rosenergoatomon tekniikasta vastaavan varajohtajan Sergei Adamtshikin mukaan häiriöiden määrä laitoksella on 15 vuoden aikana laskenut huomattavasti. Leningradin ydinvoimalaitos pärjää häiriötilastoissa nykyisin hyvin kansainvälisissä vertailuissakin.

Leningradin ydinvoimalaitoksella viranomaisasiantuntijana toimiva Vadim Hromov tähdensi, että Suomen Säteilyturvakeskus on avannut Leningradin laitokselle ovet länteen. Samalla läntiset yhteistyöosapuolet ovat päässeet STUKin avulla Venäjälle.

Seminaarin puheenjohtaja, Leningradin

ydinvoimalaitoksen voimalaitospäällikkö Valeri Lebedev toi esiin lukuisia käytännön parannuksia, joita voimalaitoksella on saatu aikaan yhteistyön ansiosta. Hänen mukaansa yhteistyöllä on myös merkitystä, kun Leningradin ydinvoimalaitoksen vanhoja reaktoreita aletaan korvata uusilla.

KONKREETTISIA TULOKSIA

Säteilyturvakeskuksen pääjohtaja Jukka Laaksonen kiitteli yhteistyön tuloksia. Hän korosti, että yhteistyön ansiosta laitos on entistä turvallisempi.

Laaksonen myös uskoi, että yhteistyöllä on päättäjien ja kansalaisten tuki molemmissa maissa. Hän piti hyvänä sitä, että ydinturvallisuusyhteistyö näyttää säilyvän lähialueyhteistyössä tärkeässä asemassa eikä sen jatko ole uhattuna.

”Lähellä Suomen ydinalueita sijaitsevan laitoksen turvallisuus on tärkeä asia Suomessa”, Laaksonen tähdensi.

Laaksonen luetteli seminaarissa useita yhteistyön käytännön tuloksia, jotka ovat parantaneet konkreettisesti turvallisuutta. Esimerkiksi putkien kunnon tarkastamisessa, merivesiputkien korroosiosuojauksessa, laitoksen paloturvallisuudessa ja fyysisessä turvallisuudessa on päästy hyviin tuloksiin.

AINUTLAATUISTA YHTEISTYÖTÄ

Leningradin ydinvoimalaitoksen kansainvälisten asioiden johtaja Anatoli Kirithsenko painotti sitä, että 15-vuotinen yhteistyö on kansainvälisestikin harvinainen esimerkki siitä, miten voimalaitos on tehnyt molempien osapuolten kannalta hyödyllistä yhteistyötä toisen maan viranomaisen kanssa.

Seminaarin päätössanat lausunut Lebedev vakuutti, että Suomi saa tietoja uusien reaktorien rakentamishankkeesta. Hän myös vakuutti, että uudet reaktorit ovat yhtä turvallisia kuin länsimaiset vastaavat reaktorit.

Viisitoistavuotisseminaariin osallistui kuu-tisenkymmentä henkilöä. Venäläisistä suurin osa edusti Leningradin ydinvoimalaitosta, mutta edustettuina olivat myös Kuolan ydinvoimalaitos ja Venäjän ydinturvallisuusviranomainen. Suomesta mukana oli parisenkymmentä henkeä ulkoministeriöstä, Säteilyturvakeskuksesta ja suomalaisista yrityksistä, jotka ovat osallistuneet yhteistyöhankkeisiin.

Jarmo Lehtinen



YDINMURTAJA KULKI, TIETO EI

Venäläinen, maailman suurin ydinkäyttöinen jäänmurtaja 50 let Pobedy, "50 vuotta voitosta" lähti helmikuun alussa Pietarin telakalta koeajolle Suomenlahdelle suunnatakseen sieltä edelleen kohti Murmanskia. Suomen ja Venäjän kahdenvälisen sopimuksen perusteella venäläisten viranomaisten olisi pitänyt ilmoittaa Säteilyturvakeskukselle murtajan matkasta. Sopimuksen mukaista ilmoitusta STUKiin ei kuitenkaan tullut.

Suomen ja Venäjän välinen sopimus edellyttää, että maiden viranomaiset informoivat toisiaan sellaisista ydinlaitoksista, jotka si-

jaitsevat korkeintaan 300 kilometrin päässä yhteisestä rajasta. Tällaisia ydinlaitoksia ovat myös ydinkäyttöiset jäänmurtajat.

Suomessa Pääesikunta saikin etukäteen ilmoituksen "50 vuotta voitosta" -aluksen koeajosta. Silti lähialueilla tapahtuvasta ydinaktiiviteetista pitää saada myös STUKiin sopimuksen mukainen ilmoitus.

STUK onkin nyt ottanut yhteyttä Venäjän viranomaisiin saadakseen tietoja "50 vuotta voitosta" -aluksesta ja sen koeajosta sekä varmistaakseen, että jatkossa vastaavilta informaatiokatkoksilta vältytään.

"50 vuotta voitosta" on maailman suurin ydinkäyttöinen murtaja. 25 000 tonnin laivassa on 138 hengen miehistö ja alus pystyy murtamaan jopa 2,8 metrin paksuista jäätä.



MERKKI JOTA EI PITÄISI NÄHDÄ

Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA on kehittänyt uuden säteilyvaaramerkin täydentämään entisiä. Punaisen merkin on tarkoitus kertoa jokaiselle sen näkeväälle, että nyt ollaan vaarassa ja on syytä poistua paikalta.

Uusi merkki ei korvaa jo käytössä olevia keltapohjaisia varoitusmerkkejä. Tämän näkee vasta, kun on avannut yhden suojuksen, luukun tai oven liikaa ja on liian lähellä isoa säteilylähdettä.

Merkkiä on kehitetty kansainvälisenä yhteistyönä ja viestin ymmärrettävyyttä on testattu yhdessätoista maassa. Erityisenä kohde-ryhmänä ovat olleet lukutaidottomat ihmiset, erityisesti lapset.

STUK TUPLASI PAIKALLISTARKASTAJIEN MÄÄRÄN OLKILUODOSSA

Vuoden 2007 alusta alkaen Olkiluodon ydinvoimalaitosyksiköiden käyttöä ja kunnossapitoa sekä uuden yksikön suunnittelua ja rakentamista on valvonut neljä Säteilyturvakeskuksen paikallistarkastajaa.

Olenainen osa suomalaista ydinvoimalaitosten turvallisuusjärjestelmää on laitospaikalla tehtävä viranomaisvalvonta. Valvonnan aukottomuutta laitoksilla turvaavat paikallistarkastajat.

Olkiluodon uudet tarkastajat, Lasse Kuosa ja Petri Pihlaja, keskittyvät Olkiluoto 3:n asioihin.

HAASTATELTAVANA



Energiassa yhdistyy moni konkreettinen ja ajankohtainen ratkaisu kysymykseen koko elinympäristön tulevaisuudesta, pohtii Riku Huttunen.

TEOLLISUUSNEUVOS RIKU HUTTUNEN

Ydinvoima säilyy kansallisena ratkaisuna

Euroopan unioni pyrkii entistä yhtenäisempään esiintymiseen energiakysymyksissä. Komission vuoden alussa julkistama toimenpidepaketti korostaa ilmastomuutoksen torjunnan välttämättömyyttä. Suhtautuminen ydinvoiman käyttöön ja ydinturvallisuuden järjestäminen säilyvät kuitenkin jatkossakin kansallisesti ratkaistavina asioina, teollisuusneuvos Riku Huttunen kaupp- ja teollisuusministeriöstä korostaa.

Teollisuusneuvos Riku Huttunen aloitti kaupp- ja teollisuusministeriön energiahallinto- ja ydinenergiaryhmän vetäjänä vuoden 2005 alussa. Tätä ennen hän toimi neljä vuotta Suomen EU-edustustossa Brysselissä. KTM:ään Huttunen oli tullut jo vuonna 1992 kauppaosastolle hoitamaan kilpailu- ja valtiontukikysymyksiä.

”Brysselissä vastuualueenani olivat teollisuus-, kilpailu- ja energiapolitiikka. Halusin vaihtaa näkökulmani energiakysymyksiin myös Suomessa. Pienen mutkan jälkeen tulinkin energiaosastolle jatkamaan Jussi Mannisen tehtäviä.”

Osin Huttusen kansainvälisestä työkokemuksesta johtuen silloisen ydinenergiaryhmän toimiala laajeni energiahallintoon. Näin se sai tehtäväkseen vastata energiaasioista myös esimerkiksi EU:ssa.

Mikä sai kansantaloustieteilijän kiinnostumaan energiakysymyksistä?

”Mikä nykymaailmassa olisi tärkeämpää kuin energia? Siinä yhdistyy moni konkreettinen ja ajankohtainen ratkaisu kysymyseen koko elinympäristön tulevaisuudesta. Miten Suomen energiahuolto hoidetaan puhumattakaan EU:n energiahuollosta? Miten suhtaudutaan globaalisti fossiilisten polttoaineiden käyttöön? Jo yksin nämä ovat äärimmäisen merkittäviä ja motivoivia kysymyksiä”, Huttunen korostaa.

Hän laskee puolet työpanoksestaan kulu- ydinenergian parissa ja toisen puolen ryhmän muissa tehtävissä.

”Vaikken koulutukseni puolesta hallitsekaan ydinteknologiaa, en koe jääväni pu-

laan niissäkään asioissa. KTM:n näkökulma on pitkälti energiapolitiittinen. Teknistä asiantuntemusta löytyy muualta, esimerkiksi STUKista. Toki meillä on vastuamme siitä, että kaikki oleelliset asiat tulevat otetuiksi huomioon ja ymmärretyiksi päätöksiä tehtäessä. Itselläni on halu oppia kaiken aikaa, vaikkei minusta ydininsinööriä tulekaan.”

EU-PUHEENJOHTAJUUS LISÄSI TYÖMÄÄRÄÄ

Suomen EU-puheenjohtajuus viime vuoden loppupuoliskolla tuntui myös Huttusen työtehtävissä.

”Toimin EU-neuvoston alaisen ydinalatyöryhmän puheenjohtajana. Yksin tässä tehtävässä kävin noin joka toinen viikko vetämässä kokouksen Brysselissä. Lisäksi oli muita kokouksia ympäri Eurooppaa. Energia-asiat olivat keskeisesti esillä kaikissa EU-huippukokouksissa ja kansainvälisissä yhteyksissä.”

”Odotimme alun perin varsin hiljaista puheenjohtajuuskautta. Se osoittautui kuitenkin aivan toisenlaiseksi. Erityisesti energian ulkosuhteisiin liittyvä työ ja valmistelu oli tiivistä. Tavoitteenamme oli saada EU puhumaan entistä enemmän yhdellä äänellä. Itse asiassa Lahden koko huippukokous keskittyi siihen, että EU olisi yhtenäinen ja johdonmukainen energiakysymyksissään. Mielestäni tässä onnistuttiinkin varsin hyvin, vaikka jälkikäteen yksituumaisuus onkin rakoillut.”

Ulkosuhteiden lisäksi Suomella oli energiakysymyksissä kolme keskeistä osa-aluetta, joissa EU:n toivottiin etenevän. Niiden

esiin nostamista auttoi Suomen oma edistyskyky kyseisissä asioissa.

”Jo yksin ilmastomuutoksen takia on li- sättävä energiatehokkuutta. Toiseksi on li- sättävä uusiutuvien energialähteiden käyt- töä. Kolmanneksi tarvitaan toimivat ener- giamarkkinat EU:n sisällä. Näissä asioissa Suomella on vähintäänkin esimerkin kaut- ta annettavaa EU:lle. Puhumattakaan ydin- energiasta, missä olemme monessa suhtees- sa ajankohtainen edelläkävijämaa”, Huttu- nen toteaa.

YDINTURVALLISUUS TOIMII KANSALLISELLA TASOLLA

EU:lla on varsin rajallinen rooli ydinener- giaratkaisuissa. Huttusen mielestä voidaan aiheellisesti kysyä, tulisiko EU:n roolia näis- sä kysymyksissä edes vahvistaa.

”Ei EU:n sääntely kaikissa asioissa ole tar- peellista. Jäsenvaltioilla, jotka käyttävät ydinenergiaa, on sitä varten jo kattava lain- säädäntö. Se lähtee pitkälti kansainvälisis- tä ydinenergian käyttöä koskevista yleisso- pimuksista. Muutama vuosi sitten EU:ssa käytiin osin kiivaskin keskustelu ydintur- vallisuu- ja ydinjätehuoltoa koskevista di- rektiiveistä. Tuolloin päädyttiin siihen, ettei niitä hyväksytty.”

”Asiaan on kaksi näkökulmaa. Kansalli- sesta näkökulmasta esimerkiksi Suomi ei kaipaa tässä asiassa eurooppalaista lainsä- däntöä. Komission näkökulmasta puoles- taan jonkinasteinen minimiharmonisointi saattaisi patistaa esimerkiksi uusia jäsenval- tioita parantamaan ydinturvallisuuttaan ja edistämään ydinjätehuollon kehittämistä.”

JOS MAAILMALLA SATTUU YKSIKIN VAKAVA ONNETTOMUUS, SE ROMAHDUTTAA YDINENERGIAN SUOSION KAIKKIALLA.

Euratomin roolin vahvistaminen kansainvälisissä yhteyksissä merkitsisi nimenomaan komission vallan lisäämistä ydinenergian käyttöön ja ydinmateriaalien valvontaan liittyvissä kysymyksissä, Huttunen katsoo. Hänen mielestään kyse on kuitenkin komission omista pyrkimyksistä ilman, että niillä olisi jäsenvaltioiden tuki takanaan.

”Komissio haluaa vahvistaa rooliaan kaikissa energiakysymyksissä. Niissä on kuitenkin pitkälti kyse hajautetusta toimivalasta ja kansallisesti päätettävistä asioista. On hyvin hankalaa mennä sopimaan, että komissio puhuu kaikissa yhteyksissä koko EU:n puolesta. Monesti puhemiehen rooli on pikemminkin kulloisellakin puheenjohtajavaltioilla.”

OLKILUODON RAKENNUSHANKE HERÄTTÄÄ KIINNOSTUSTA

Olkiluotoon rakenteilla oleva Suomen viides ydinreaktori herättää suurta mielenkiintoa maailmalla. Se on ensimmäinen läntiseen teollisuusmaahan pitkästä ajasta nouseva uusi ydinvoimalaitosyksikkö. Huttusen mukaan myös kauppa- ja teollisuusministeriössä on viimeiset kaksi vuotta vierailut niin alan asiantuntijoita, virkamiehiä kuin poliitikkojakin tutustumassa hankkeeseen.

”Ministeriössä vierailleita on kiinnostanut etenkin kaksi asiaa: miten uutta reaktoriyksikköä koskeva päätös ja luvitus on toteutunut sekä se, miten ydinjätehuolto hoidetaan. Lisäksi meiltä kysellään, kuinka Suomen kansa on näinkin positiivinen ydinenergian suhteen.”

Suomen ydinenergiainsäädäntö on sikäli varsin erityislaatuinen, että täällä eduskunta vahvistaa valtioneuvoston periaatepäätöksen ydinvoimalaitosyksikön rakennusluvasta. Luvitusprosessi kokonaisuudessaan on Huttusen mielestä moneen muuhun maahan verrattuna hyvin jäsenneily ja selkeä, vaikka viekin aikaa.

”Käytetyn polttoaineen loppusijoituksessa puolestaan olemme edenneet jo konkreettiselle tasolle. Loppusijoitusluovaa tietystä mielessä jo rakennetaan ja hankkeella on uskottava toteutusaiakaus. Geologi-

set edellytykset loppusijoitukselle ovat toki erilaiset eri maissa. Lisäksi monessa maassa lähdetään siitä, että käytetty polttoaine käsitellään ja hyödynnetään uudelleen.”

”Ratkaisu, jota myös mielellämme esittelemme, on ydinjätehuollon ja laitosten käytöstä poiston rahoitusjärjestelmämme. Meillä on ydinjätehuoltorahasto, johon on kerätty ja kerätään varoja tässä tarkoituksessa. Näin emme ole sen lupauksen varassa, että ydinvoimaoperaattorit joskus tulevaisuudessa maksavat ydinjätehuollon kustannukset.”

ILMASTONMUUTOS LISÄÄ YDINVOIMAN KÄYTTÖÄ

Huoli ilmastomuutoksesta on palauttanut ydinvoiman osaksi varteenotettavaa energiapalettia monessa sellaisessakin maassa, jossa sen käytöstä oltiin jo valmiita luopumaan. Sillä on oma keskeinen sijansa myös Euroopan komission vuoden alussa julkistamassa energiapaketissa, jonka lähtökohta on kasvihuonekaasujen vähentäminen kaikin tavoin.

Komission mukaan kukin jäsenvaltio päättää itse, haluaako se käyttää ydinsähköä. Komissio kuitenkin suosittelee, että jos ydinsähkön osuus pienenee, vähennys on korvattava muilla hiilidioksidipäästöiltään vähäisillä energialähteillä.

”Keskustelu monessa Euroopan maassa on kääntynyt siihen suuntaan, että vähintäänkin pyritään korvaamaan olemassa olevat ydinvoimalaitokset aikanaan uusilla laitoksilla. Iso-Britannia on tästä hyvä esimerkki. Ranskalaiset aikovat rakentaa uusia laitoksia ja USA:ssa on suuria suunnitelmia ydinvoimatuotannon lisäämiseksi.”

”Ratkaisujen tulee lähteä siitä, että ydinturvallisuus hoidetaan parhaalla mahdollisella tavalla. Se on varmasti jokaisen maan yhteinen etu. Tiedetään, että jos maailmalla sattuu yksikin vakava onnettomuus, se romahduttaa ydinenergian suosion kaikkialla. Ydinturvallisuuden ohella voidaan edellyttää myös ydinjätekuuymyksen ratkaisemista kussakin maassa.”

Huttunen uskoo, että ydinvoima on osa

suomalaistakin energiapalettia vielä pitkään. Ydinvoiman lisärakentaminenkaan tuskin jää viidenteen reaktoriyksikköön.

”Ydinvoimalle on vaikea nähdä kustannustehokkaita vaihtoehtoja lähitulevaisuudessa. Fossiilisten polttoaineiden hinnat ovat nousseet trendinomaisesti eikä uusiutuvia energialähteitäkään ole ihan halvalla saatavissa. Kuudes ydinvoimalaitosyksikkö auttaisi monessa asiassa.”

YDINMATERIAALIN LEVIÄMINEN MAAILMALLA HUOLESTUTTAA

Enemmän kuin ydinvoiman turvallisuudesta Huttunen on huolissaan ydinaseiden ja ydinmateriaalin joutumisesta uusiin ja väärin käsiin. Pohjois-Korean ydinkokeet ja epäilyt Iranin pyrkimyksistä koettelevat ydinsulkusopimuksen toimivuutta.

”Pohjois-Korea onkin jo irtautunut sopimuksesta. Iran on siinä mukana, mutta on toinen kysymys, toimiiko maa sopimuksen mukaisesti. Iran vetoaa johdonmukaisesti siihen, että sillä on oikeus rauhanomaiseen ydinenergian käyttöön. Esimerkiksi erilaisen pakotteiden asettamisessa törmätään helposti käytännön ongelmiin. Näin jo yksin siitä syystä, että Iran on erittäin tärkeä öljyn tuottajamaa.”

”Missään tapauksessa nämä eivät ole helppoja asioita kansainväliselle diplomaatialle. Kansainvälisellä atomienergiajärjestöllä IAEA:lla on ensiarvoisen tärkeä rooli ydinmateriaalien valvonnassa. Onkin hienoa, että tuo rooli on tunnustettu aina Nobelin rauhanpalkintoa myöten.”

Kansallisella tasolla Huttunen antaa kiitosta STUKin toiminnalle. Maailmalla on helppo esiintyä ydinturvallisuuden puolesta, kun kotimaan asiat ovat kunnossa.

”STUKin toiminta on kansainvälistä huipputasoa. Myös hallinnollisesti asiat ovat Suomessa hyvällä mallilla. Kaikilla ydinenergian kanssa toimivilla osapuolilla on omat selkeät roolinsa. STUK on sosiaali- ja terveysministeriön eikä KTM:n alainen virasto. Näin ollen voimme toimia rakentavassa yhteistyössä keskittyen ydinalan asiakysymyksiin.”



SÄTEILYLÄHDE SULI TERÄSSULATOSSA

Outokumpu Stainless Oy:n Tornion terässulatossa joutui viime vuoden loppupuolella amerikiomia sisältävä säteilylähde sulatukseen. Lähde päätyi sulattoon ulkomailta tuodun kierrätysmetallin mukana. Tapahtuma ei aiheuttanut merkittävää säteilyaltistusta työntekijöille, vaan annokset jäivät korkeintaan joihinkin kymmeniin mikrosieverteihin. Myös tehtaan valmistamat tuotteet olivat puhtaita.

Outokummun sulatolla on käytössä ajanmukaiset kierrätysmetallin säteilymittausjärjestelmät mahdollisten säteilylähteiden varalta. Amerikiumlähdettä mittarit eivät kuitenkaan havainneet, sillä amerikiumin (Am-241) lähettämä pienienenerginen gammasäteily vaimenee helposti, kun lähde on peittyneenä muun metallin alle. Tällaisessa tilanteessa lähdettä on käytännössä mahdoton havaita millään säteilymittarilla. Sen vuoksi amerikiumlähteitä on myös muualla maailmalla joutunut sulatukseen. Suomessa tapaus oli kuitenkin ensimmäinen.

Tornion tehtaalla lähteen olemassaolo havaittiin vasta siinä vaiheessa, kun metalli oli jo sulatettu ja sulan massan pinnalta kuonaa poistavaan laappakoneeseen asennettu säteilymittari hälytti. Tehtaalla on käytössä menettelytapaohjeet tällaisen tilanteen varalta, ja niiden mukaisesti työntekijöille määrättiin hengityssuojaimet käyttöön ja tapahtuneesta ilmoitettiin Säteilyturvakeskukseen. Sulatolla on käytössä radionuklidin tunnistamiseen soveltuva mittalaite, jonka avulla lähde tunnistettiin Am-241:ksi.

AMERIKIUMIA EI PÄÄSSYT HENGITYSILMAAN

Säteilyturvakeskus kävi havaintoa seuraavana päivänä varmistamassa osaltaan säteilytilanteen sulatossa. Normaalisti taustasäteilystä poikkeavaa säteilyä ei havaittu lukuun ottamatta kyseisen sulatuserän kuonaa, joka oli siirretty säilytykseen muualle tehdasalueella. Vaikka oli erittäin todennäköistä, että tapahtuneesta ei ollut aiheutunut merkittävää säteilyaltistusta työntekijöille, altistuksen mahdollista suuruutta arvioitiin tarkemmin selvityksin. Säteilyaltistusta olisi voinut aiheutua siitä, että amerikiomia olisi kulkeutunut hengityksen mukana elimistöön.

Amerikiomia ei kuitenkaan ollut päässyt leviämään esimerkiksi työtilojen hengitysilmaan, lukuun ottamatta hyvin vähäisiä määriä pölyn ja roiskeiden mukana, sillä amerikiom höyrystyy noin 2600 celsius-asteen lämpötilassa ja sulaneen metallin lämpötila oli huomattavasti alhaisempi, noin 1600 celsius-astetta. Amerikiom siis pysyi sulan mukana ja sitoutui kuonaan.

Yksi tapahtumahetkellä työvuorossa olleista työntekijöistä kävi silti Säteilyturvakeskuk-

sessä kokokehomittauksessa ja kahdelle työntekijöistä järjestettiin virtsankeräys radionuklidianalyysia varten. Näissä mittauksissa ei löydetty amerikiomia. Muiden tehtyjen mitausten (pinnoille laskeutuneesta pölystä ja hengityssuojaimista) perusteella arvioitiin, että työntekijöiden altistukset ovat voineet olla korkeintaan joitakin kymmeniä mikrosievertejä.

RADIOAKTIIVISUUTTA HAVAITTIIN VAIN KUONASSA

Merkittävin tapahtuman seuraamus on kuonaerä, johon amerikiom on sitoutunut. Kuonan aktiivisuuspitoisuus on noin 200 becquereliä grammassa ja sitä on yhteensä noin 120 tonnia. Kuona on toistaiseksi varastoitu tehdasalueelle ja toiminnan harjoittaja selvittää parhaillaan eri loppusijoitusmahdollisuuksia. Varastoitu kuona on ulospäin hyvin heikosti säteilevää (voidaan havaita säteilymittarilla vain aivan pinnasta mitattuna) eikä siitä aiheudu vaaraa työntekijöille tai kenellekään muulle.

Tapahtumalla ei ollut kovin merkittävää vaikutusta sulaton toimintaan kokonaisuudessaan, esimerkiksi tuotantoa ei tarvinnut keskeyttää. Kuitenkin tapahtuman johdosta jouduttiin tekemään muun muassa huomattava määrä jatkomittauksia sen varmistamiseksi, että tehtaalla lähtevät tuotteet ovat puhtaita. Kyseisen sulatuserän teräksessä ei havaittu amerikiomia.

Kirjoittaja Mika Markkanen toimii Säteilyturvakeskuksessa Säteilyn käyttö teollisuudessa -toimiston päällikkönä.

TURVATEKNOLOGIAA SÄTEILYUHKAN TORJUNTAAN

Säteilyturvakeskuksen uusi tutkimusyksikkö, Turvateknologian laboratorio, tutkii ja kehittää säteilymittausmenetelmiä, joilla saadaan nopeasti tietoa uhkaavasta vaarasta. Sovellusalueita ovat säteilyn rikollisen käytön havaitseminen, onnettomuus-tilanteet ja laboratorioanalytiikka.

STUKin liikkuvaa mittaustaloratoriota kutsutaan sarvien vuoksi Sonniksi. On sillä toki virallinenkin tehtävänimike: Sophisticated ON-site Nuclide Identification. Sen avulla saadaan selville, mitä nuklideja on ilmassa tai muualla ympäristössä ja kuinka paljon.



Syksyllä 2006 maailmaa hätkähdytti uutinen Litvinenkon murhasta, jossa käytettiin polonium-210-lähdettä. Se on alfasäteilijä, joka on erittäin vaikea löytää mittauksin. Ilmassa alfahiukkaset etenevät vain muutaman senttimetrin. Säteilevien aineiden tunnistamiseen tarvitaan yleensä laboratoriomittauksia, radiokemiaa ja spektrometriä. Uhatilanteissa on kuitenkin kyettävä nopeaan analyysiin paikan päällä. Tämä asettaa suuria vaatimuksia näytteenotolle, mittaukselle ja analyysille. Reaaliaikaiselle mittausjärjestelmälle on kysyntää. Tarvitaan uutta tekniikkaa sekä näytteenottoon että näytteiden analyysiin. Turvateknologian laboratorion (TTL) haasteena on muun muassa kehittää tällaiset laitteet ja analyysiohjelmit.

TTL:n tehtäviin kuuluu perinteisen säteilyturvallisuuden lisäksi tiede ja teknologia, jota voidaan käyttää hyväksi turvallisuusjärjestelmissä, laboratorioanalyysissä ja kenttämittauksissa.

Yksikössä pyritään tunnistamaan teknistieteelliset ongelmat, joiden ratkaisu parantaa turvallisuutta yhteiskunnassa. Uudistunutta mittaus- ja analyysitekniikkaa hyödynnetään muun muassa STUKin valmiustoiminnassa, valtakunnallisessa säteilyvalvonnassa, ydinmateriaalivalvonnassa sekä muiden turvallisuusviranomaisten säteilymittaustoiminnassa. Lisäksi sillä on suuri merkitys tilannekuvan muodostamisessa, jos joutuisimme säteilyvaaratilanteeseen.

STUK vastaa uuden laboratorion voimin yhteiskunnan uusiin tarpeisiin. Painopisteet pohjautuvat valtioneuvoston tuoreeseen Yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisen strategiaan ja Euroopan unionin turvallisuustutkimuksen ohjelmaan. Näissä edellytetään viranomaisten välillä tehokasta yhteistyötä.

YKSI PLUS YKSI PLUS YKSI ON ENEMMÄN KUIN KOLME

TTL:n tutkimus- ja kehitystyö suunnataan ensisijaisesti ainetta rikkomattomaan analyysiin. Gammaspektrometrian osaaminen on STUKissa varsin korkeatasoista, ja alfaspektro-

metriassa olemme juuri saavuttamassa maailman kärjen. Röntgenspektrometrialla voimme paikata muiden analyysien jättämiä aukkoja. Erilaisten spektrometrinen analyysien summa kertoo enemmän kuin yksittäisistä analyyseistä voisi päätellä. Siirrämme informaatiota analyysistä toiseen. Tässä tapauksessa yksi plus yksi plus yksi on paljon enemmän kuin kolme.

Nykyaikainen kenttämittaustekniikka tuottaa suuren määrän mittaustietoa – tyypillisesti spektrin muutamassa sekunnissa – mittajan liikkua autolla moottoritiellä tai helikopterilla ilmassa. Datavirta on sata megata-

vua tunnissa. Tämä tietomassa on käsiteltävä heti, siirrettävä kentältä johtokeskukseen ja saatava kartalle reaaliajassa.

TTL:ssä on innovatiivinen ilmapiiri. Nuoret tutkijat suunnittelevat, rakentavat, ohjelmoivat ja laskevat – vanhempien kokemuksen tukemana. Tuotamme säteilyturvateknologiaa omiin sovelluksiimme ja kumppaniemme käyttöön. Teemme yhteistyötä suomalaisten yritysten kanssa. Osaamiselle etsimme kaupallisia sovelluksia. Viime kädessä niistä hyötyy jokainen osapuoli – eniten kuitenkin koko yhteiskunta parantuneen turvallisuuden kautta.

ESIMERKKEJÄ TUTKIMUS- JA KEHITYSPROJEKTEISTA

KENTTÄMITTAUKSET

Turvajärjestelyissä tarvitaan liikkuvaa säteilymittauskalustoa, joka tuottaa analyysitulokset välittömästi paikan päällä. STUK on rakentanut tähän tarkoitukseen Sonnin, liikkuvan laboratorion, jolla voidaan selvittää säteilyvaara suurilla alueilla.

Radioaktiivisten aineiden hyvää havaitsemis- ja tunnistuskykyä tarvitaan myös kannettaviin laitteistoihin. Tämä tarkoittaa kevyttä gammaspektrometriä, joka kulkee helposti yhden ihmisen mukana. Kaupallisia laitteistoja on kyllä saatavilla, mutta ne ovat joko liian monimutkaisia käyttää tai tuottavat väärää hälytyksiä luonnonsäteilyn vaihdellessa. Ne soveltuvatkin siksi ensisijaisesti vain säteilyasiantuntijoiden käyttöön. Turvallisuussovelluksiin suunnittelemme täysin automatisoidun ja helppokäyttöisen asiantuntijajärjestelmän, joka osaa käsitellä havaintonsa oikein kenttäolosuhteissa. Prototyypin tuotteistamiseen etsimme yhteistyökumppania yritysmaailmasta.

KOKEELLINEN YDINFYSIIKKA

Suomi tukee kaikin voimin kansainvälistä yhteisöä pyrkimyksessä estää ydinaseiden leviäminen. Vuonna 1996 solmittuun kattavaan ydinkoekieltosopimukseen (CTBT) kuuluu kansainvälinen valvontaverkko, jonka yksi tärkeä osa on jalokaasujen monitorointijärjestelmä. Äskettäisestä Pohjois-Korean ydinkokeesta on tehty mittauksia, jotka viittaavat ksenon-päästöön. Jotta ydinkoe voidaan luotettavasti erottaa reaktorien päästöistä, on tunnistettava useita ksenonin isotooppeja: ^{131m}Xe , ^{133}Xe , ^{133m}Xe ja ^{135}Xe . Näiden keskinäinen suhde paljastaa päästölähteen. Ydinfysikaalinen data ei kaikilta osin ole riittävän tarkkaa oikeaan tulkintaan kaikissa olosuhteissa. Tätä osa-aluetta tutkimme yhdessä muun tiedemaailman kanssa. Tuloksilla voi olla merkittävä vaikutus kansainvälisen monitorointijärjestelmän tietojenkäsittelyyn.

VERKOSTOITUMINEN

Verkostoituminen kansallisesti ja kansainvälisesti on välttämätöntä, sillä omat resurssimme eivät riitä vaativimpien ydinfysikaalisten kokeiden toteuttamiseen. Teemme turvallisuutta tukevaa ydinfysiikkaa yhdessä Jyväskylän yliopiston kanssa ja spektrin analyysiä ja tiedon hallintaa Teknillisen korkeakoulun kanssa. Pidämme yllä kiinteää yhteistyötä kansainvälisesti. Suuntaamme omat resurssimme sellaiseen tutkimukseen, joka palvelee yhteiskunnan turvallisuustarpeita.

TAPPAUS LITVINENKO

Säteilymurha Lontoossa syksyllä 2006. Uskomatonta, mutta totta. Englannin säteilyturvallisuusviranomainen HPA (Health Protection Agency) vahvisti marraskuussa 2006, että entisen neuvostoagentin Aleksandr Litvinenkon kuolema johtui säteilyaltistuksesta. Myrky oli poloniumia, sen isotooppia 210, jota Litvinenko sai tappavan annoksen ilmeisesti ravinnon kautta. Säteily ei tappanut heti, vaan oireet alkoivat vasta päivän tai muutaman kuluttua - pahoinvointia, verenvuotoa ja hiusten lähtö. Tekijöillä oli aikaa kadota.

STUKIN TOIMET BRITANNIAN MYRKYTYSTAPAUKSEN JÄLKEEN

Joulukuussa 2006 Finnairin koneessa Moskovan kentällä havaittiin radioaktiivisten aineiden lähettämää säteilyä. Poloniumiako? Varsin pian selvisi, että kyseessä oli säteilylähteen laillinen kuljetus, josta ei ollut vaaraa matkustajille. STUK oli kuitenkin konetta vastassa Helsinki–Vantaan-lentokentällä, jotta asiasta saatiin varmuus.

Poloniumkohun seurauksena STUKissa valmistauduttiin sekä ihmismittauksiin että ympäristön kontaminaatiomittauksiin. Kehossa olevaa Po-210:tä ei voida mittauksella havaita kehon ulkopuolelta, vaan se on mitattava eritteistä. Sosiaali- ja terveysministeriön kanssa sovittiin tiedottamisesta terveyskeskuksille virtsan keräysjärjestelyä ja neuvontaa varten.

Yhteydenottoja STUKiin tuli useita kymmeniä. Neuvoa kysyivät niin yksittäiset henkilöt, työntekijäjärjestöt kuin työnantajatkin. Useissa tapauksissa tarkka kuvaus henkilöiden Lontoossa oleskelusta ja matkareiteistä johti siihen, että jatkotoimenpiteitä ei tarvittu.

Yhden suomalaisen lentohenkilön sekä kuuden suomalaisen Lontoossa kävijän virtsa tutkittiin mahdollisen altistumisen poissulkemiseksi. Kaksi näistä henkilöistä tavoitettiin

brittivoranomaisilta saadun tiedon perusteella. Kuuden henkilön virtsan Po-210-pitoisuus oli alle havaitsemisrajan. Yhden henkilön virtsan pitoisuus oli noin 0,01 becquereliä litrassa (Bq/l). Henkilö on tupakoitsija, eikä tämä pitoisuus siten ole normaalista poikkeava.

MITTAAMINEN ON TARKKAA PUUHAA

Mittauksiin käytettiin kahta eri menetelmää. Nestetuikelaskentaan perustuvalla seulontamenetelmällä tulokset saadaan parissa tunnissa. Määrittäysraja on noin 1,0 Bq/l. Tarkempi menetelmä on poloniumin saostaminen hopealevylle ja näin saadun preparaatin alfa-spektrometrinen mittaaminen. Tulokset saadaan vuorokauden kuluessa, ja määrittäysraja on 0,01 Bq/l.

Pieni määrä poloniumia voidaan havaita ai-noastaan eritteistä, mutta erittäin suuri, lähes tappava Po-210-määrä, voidaan havaita myös kehon ulkopuolelta sen lähettämän heikon gammasäteilyn takia.

Eläinkokeiden perusteella on arvioitu, että ruuan tai juoman kautta saatuna tappava annos on 10 nanogrammaa kiloa kohden. Ihminen voi kuolla noin yhdestä mikrogrammasta, jonka aktiivisuus on 170 megabecquereliä. Polonium imeytyy tehokkaasti suolistosta elimistöön. Vaihtelu on kuitenkin suurta (10–80 %). Tästä syystä ihmisen tappavaa annosta ei voida määrittää tarkoin.

Brittivoranomaiset eivät ole julkistaneet murhassa käytettyä myrkkymäärää.

OLONIUMIA ON PIENIÄ MÄÄRIÄ KAIKKIALLA

Po-210 kuuluu luonnon uraanisarjaan, joten sitä esiintyy hajoamissarjan tuotteena pieniä määriä lähes kaikkialla: ilmassa, maaperässä, vesissä, kasveissa ja eläimissä. Po-210 hajoaa alfasäteilyn kautta pysyväksi lyijy-206-isotopiksi. Radioaktiivinen aine polonium on tun-

nettu jo kauan. Marie Curie löysi sen pikivälkkeestä vuonna 1898. Polonium on ensimmäisen alkuaine, joka löydettiin sen radioaktiivisuusominaisuuden avulla.

Yhdysvalloissa poloniumia käytettiin energialähteenä ensimmäisissä satelliiteissa. Myös entinen Neuvostoliitto käytti poloniumia avaruusohjelmassaan vielä 1970-luvulla. Avaruussovelluksissa sen ovat korvanneet pitkäikäiset säteilylähteet plutonium-238 ja strontium-90.

Nykyään poloniumia käytetään teollisuudessa staattisen sähkön poistamiseen. Sovelluksia ovat muun muassa maalaus, kalvojen pinnoitus ja valokuvaus.

TUPAKOITSIJOIDEN PITOISUUDET SUUREMPIA KUIN MUIDEN

Ihmisen virtsanäytteessä voidaan havaita ravinnosta ja tupakoinnista peräisin olevaa poloniumia. Tyypillinen vaihteluväli on 0,002–0,01 becquereliä litrassa. Tupakointi sekä runsaasti poloniumia sisältävä ravinto, kuten poronliha, kala ja äyriäiset, kasvattavat pitoisuuksia.

Altistumistapa, eli onko aine saatu hengitettynä, ravinnosta vai rikkoontuneen ihon kautta, vaikuttaa poloniumin käyttäytymiseen kehossa, samoin sen erittymistapaan ja nopeuteen.

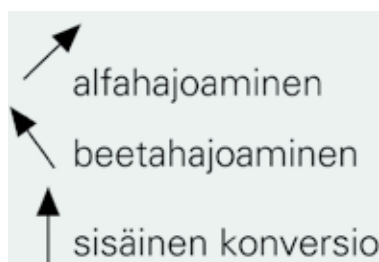
Noin puolet elimistöön joutuneesta poloniumista poistuu muutaman ensimmäisen vuorokauden aikana lähinnä ulosteen mukana. Jäljelle jäävän aineen biologinen puoliintumisaika vaihtelee välillä 30–50 päivää. Se poistuu ulosteen ja virtsan mukana.

Elimistössä polonium kerääntyy pehmytkudoksiin, kuten maksaan, keuhkoihin, munuaisiin ja luuytimeen. Kehossa oleva Po-210 menettää alfasäteilyjänä koko energiansa lähiympäristöönsä. Tämä aiheuttaa solukuolemaa ja lopulta kudosvaurioita.

POLONIUMIN VALMISTUKSEEN TARVITAAN REAKTORI

Poloniumia voidaan tuottaa riittävän suuri-tehoisella tutkimusreaktorilla. Jotta poloniumia voitaisiin valmistaa grammoja vuodessa, tarvitaan 10–100 megawatin reaktori. Lisäksi tuotannon on oltava jatkuva prosessi. Suuria tutkimusreaktoreita on monissa maissa, esimerkiksi Venäjällä. Vertailun vuoksi: Suomessa valtion omistaman Espoon Otaniemessä sijaitsevan reaktorin (FiR 1) teho on 250 kilowattia, joten sillä voitaisiin tuottaa poloniumia vain pieniä määriä.

Poloniumia saadaan aikaan, kun reaktorin avulla säteilytetään vismuttia (Bi) neutronivuossa. Stabiili vismutti Bi-209 sieppaa neutronin ja muuttuu hiukan raskaammaksi, mut-



ta radioaktiiviseksi ytimeksi Bi-210. Se muuntuu poloniumiksi beetahajoamisen kautta. Uusien ytimien määrä voidaan laskea, kun tunnetaan reaktorin ominaisuudet. Säteilytyksessä syntyvä polonium on vielä erotettava vismutista kemiallisesti.

LUONNOSSA ESIINTYVÄ POLONIUM-210

Polonium on happiryhmään kuuluva metallinen alkuaine, jonka kaikki 31 isotooppia ovat radioaktiivisia. Polonium-210 on alfasäteilijä, jonka puoliintumisaika on 138,3 päivää. Po-210 lähettää myös gammasäteilyä, mutta sen tuotto on vähäistä.

Po-210 kuuluu luonnon uraanisarjaan (U-238), joten sitä esiintyy hajoamissarjan tuotteena pieniä määriä ilmassa, maaperässä, vesissä, kasveissa ja eläimissä.

MAAPERÄ

Kaikki maaperän mineraaliaines sisältää jonkin verran uraania. Uraanipitoisuus vaihtelee alueittain paljon. Keskimääräinen U-238 -pitoisuus on suomalaisessa maaperässä 40 becquereliä kiloa kohti (Bq/kg). Sora-aineksessa on myös Po-210:tä keskimäärin noin 40 Bq/kg, koska mineraalikeiden sisällä Po-210 on normaalisti tasapainossa U-238:n kanssa.

PINTAILMA

Maapallon pintailmassa Po-210:n määrä on arviolta 50 mikrobequereliä kuutiossa ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$), mutta alueellinen vaihtelu on suurta. Ulkoilman Po-210:n on arvioitu aiheuttavan noin 0,4 mikrosievertin vuotuisen säteilyannoksen.

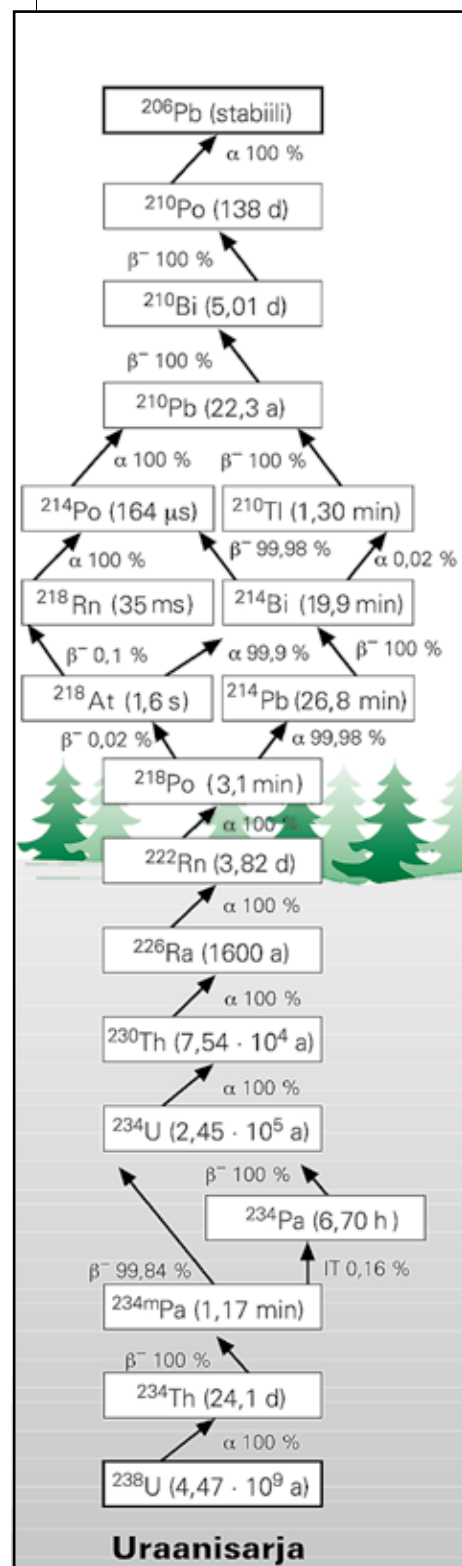
HENGITYSILMA

Radon (Rn-222) on U-238-sarjan kaasumainen välivaihe. Radonin terveysriskit aiheutuvat sen lyhytikäisistä hajoamistuotteista Po-218 ja Po-214. Po-210:tä muodostuu vasta huomattavan ajan kuluttua, ja hajoamistuotteet kiinnittyvät hiukkasiin ja rakenteisiin. Sisäilman Po-210 aiheuttaa ihmiselle mitättömän säteilyannoksen verrattuna radonin muiden hajoamistuotteiden aiheuttamaan annokseen.

TALOUSVESI

Keskimääräinen Po-210-pitoisuus suomalaisessa talousvedessä on maaperäkaivoissa 0,007 becquereliä litrassa (Bq/l), porakaivoissa 0,05 Bq/l ja verkostovedessä 0,003 Bq/l. Jos suomalainen juo 700 litraa vettä vuodessa, saa hän veden kautta keskimäärin 7 becquereliä Po-210:tä, mikä aiheuttaa 0,01 mSv:n vuotuisen annoksen. Porakaivoveden käyttäjille poloniumia suurempi huolenaihe on radon, jota saatetaan olla vedessä jopa 10 000 Bq/l. Porakaivoveden käyttäjän vuotuinen säteilyannos kaikista talousveden radioaktiivisista aineista on keskimäärin 0,4 mSv. Poloniumin osuus tästä on 0,04 mSv.

Po-210 on uraanisarjan viimeinen radioaktiivinen aine. Se hajoaa pysyväksi aineeksi, lyijy-206-isotoopiksi (Pb-206). Nuklidin nimen viereen on merkitty puoliintumisaika. Kuva STUK



ELINTARVIKKEET

Elintarvikkeissa Po-210 on yksi merkittävimmistä säteilyannosta aiheuttavista luonnon nuklideista. Suomalaiset saavat ravinnossaan poloniumia noin 50 becquereliä vuodessa. Tästä aiheutuva vuotuinen säteilyannos on 0,06 millisievertiä. Joissakin elintarvikkeissa Po-210:tä esiintyy keskimääräistä enemmän. Tällaisia ovat muun muassa poronliha, kala ja äyriäiset. Paljon poronlihaa syövä henkilö voi saada Po-210:stä 0,7 mSv vuotuisen annoksen.

TUPAKKA

Tupakassa on huomattavia määriä Po-210:tä, koska sekä tupakkakasvin juuristo että tupakan lehdet ottavat hanakasti poloniumia ympäristöstä. Tupakkaviljelmää lannoitetaan yleensä poloniumia sisältävillä fosfaattilannoitteilla. Tupakan Po-210-pitoisuuteen vaikuttaa tupakkalaji, viljelyalue sekä lannoitteen määrä ja

laatu. Tupakoitsijoiden virtsasta on määritetty noin kaksinkertaisia Po-210-pitoisuuksia tupakoimattomiin verrattuna. Askin tupakkaa päivässä polttava henkilö saa tupakasta 0,1 mSv:n vuotuisen säteilyannoksen. Poloniumin saanti on keskimäärin 30 becquereliä vuodessa.

POLONIUMIN HAVAITSEMINEN IHMISESTÄ JA YMPÄRISTÖSTÄ

Jos epäillään ihmisen altistumista poloniumille, ovat radiokemian menetelmät tarkin ja luotettavin tapa todentaa polonium näytteestä. Annosarviota varten kerätään vähintään yhden vuorokauden ajalta virtsanäyte. Nestetuikelauskennalla tulos saadaan muutamassa tunnissa. Sen sijaan näytteen valmistus alfaspektrometriaa varten ja näytteen mittaus analyysineen kestää noin vuorokauden halutusta määritysrajasta riippuen. Kannettava gammaspektrometri on nopein tapa todeta ja tunnistaa tap-

pava poloniummäärä. Laboratorio-olosuhteissa gammamittauksin voidaan todeta ihmisestä noin 1 MBq aktiivisuus.

Alfapintakontaminaatiolaitteilla voidaan todeta erilaisilta pinnoilta aktiivisuus, joka on noin 1–10 Bq/cm². Mittausten vaikeutena on monitoroitavan alueen laajuus. Kohde voi olla satoja neliömetrejä. Pyyhintänäytteenotto on vakiintunut menetelmä kontaminaation toteamiseen. Analyysi tehdään laboratoriossa.

Ilman radioaktiivisuusmittaus on STUKin standarditekniikkaa. Laitteilla saadaan 30 minuutissa 1–10 m³ näyte, johon ilmassa leijuvat hiukkaset takertuvat. Näyte voidaan mitata kentällä alfaspektrometrillä, jollainen on esimerkiksi STUKin säteilymittausautossa, SONNissa. Pitoisuus alle 1 Bq/m³ voidaan todeta helposti.

SÄTEILYN LYHYT OPPIMÄÄRÄ

alfasäteily	Alfahiukkasista koostuva säteily, joka on radioaktiivisen aineen (esim. radon-222) lähettämää voimakkaasti ionisoivaa hiukkassäteilyä. Alfahiukkanen rakentuu kahdesta protonista ja kahdesta neutronista. Alfasäteily ei ole kovin läpitunkevaa. Alfasäteily on vaarallista, jos sitä lähettävää ainetta joutuu elimistöön.
becquerel (Bq)	Aktiivisuuden mittayksikkö, joka tarkoittaa yhtä radioaktiivista hajoamista sekunnissa. Esimerkiksi elintarvikkeiden radioaktiivisten aineiden pitoisuudet ilmaistaan becquereleina massa- tai tilavuusyksikköä kohti (Bq/kg tai Bq/l).
biologinen puoliintumisaika	Aika, jonka kuluessa puolet kehossa olleesta radioaktiivisesta aineesta on erittynyt pois. Yhden biologisen puoliintumisaajan kuluttua radioaktiivista ainetta on kehossa jäljellä puolet alkuperäisestä määrästä, kahden puoliintumisaajan jälkeen yksi neljäsosa, kolmen puoliintumisaajan jälkeen yksi kahdeksasosa jne. Jokaisella radioaktiivisella aineella/yhdisteellä on oma sille ominainen biologinen puoliintumisaika.
gammasäteily	Radioaktiivisen aineen (esim. koboltti-60) lähettämää ionisoivaa säteilyä, joka ei ole hiukkassäteilyä vaan sähkömagneettista aaltoliikettä. Gammasäteily on hyvin läpitunkevaa, joten gammalähteet on sijoitettava suojavaippaan tai ympäröivät suojaavilla rakenteilla.
puoliintumisaika	Aika, jonka kuluessa radioaktiivisen aineen määrä vähenee puoleen radioaktiivisen hajoamisen seurauksena eli puolet aineesta muuttuu muuksi aineeksi. Jokaisella radioaktiivisella aineella on sille ominainen puoliintumisaika.
sievert (Sv)	Säteilyannoksen yksikkö, jolla ilmaistaan säteilyn aiheuttamaa terveydellistä haittaa. Kerrannaisyksiköt: mSv = 1/1000 sievertiä ja µSv = 1/1000000 sievertiä.

OLKILUOTO 3 -PROJEKTI OPETTAA

Olkiluoto 3 -hanke etenee vaikeuksista huolimatta. Hankkeesta ovat oppineet kaikki osapuolet – myös valvova viranomainen, STUK. Laitoksen turvallisuudesta ei vaikeuksista huolimatta ole tingitty. Projektin ympärille virinnyt keskustelu turvallisuuskulttuurista on ollut hyvää.



KESKEISTÄ ON YMMÄRRYS OMAN TYÖN TURVALLISUUSMERKITYKSESTÄ LAITOKSEN RAKENTAMISESSA.

Olkiluoto 3 -projektin eteneminen näyttää nyt varsin erilaiselta kuin vuosi sitten. Esimerkiksi kokonaisaikataulu on tarkentumassa, kun alihankkijoiden ja laitostoimittajan aikataulut on pystytty kytkemään toisiinsa. Tämä on ehdottomasti merkki siitä, että aikataulut pitävät jatkossa paremmin. STUKille kasvava työmäärä on haaste – lääkkeitä tähän on pohdittu ja osin myös toteutettu.

Ensimmäiset vuodet ovat sisältäneet haasteita ja ongelmia. Viallisia tuotteita on jouduttu korjaamaan ja osin valmistamaan uudelleen. Lisäksi tuotteiden kelpoisuutta on jouduttu osoittamaan myös testeillä ja analyysillä. Ongelmilla ei siten ole ollut vaikutusta laitoksen turvallisuuteen. Sen sijaan ne ovat vaikuttaneet laitoksen rakennuskustannuksiin ja toteutusaikatauluun.

Perusongelmana on ollut uuden ydinvoimalaitoksen suunnittelun ja rakentamisen aloittaminen alalla pitkään vallinneen taun jälkeen. Asioita joudutaan opettelemaan uudelleen. Uusia alihankkijoita joudutaan kouluttamaan korvaamaan alalta poistunutta osaamista.

BETONIA JA TURVALLISUUSKULTTUURIA

Projektin haasteet konkretisoituivat pohjalaitoksen betoniin liittyvässä tutkimuksessa. Tutkimuksessa tuli selvästi esiin, että OL3-projekti on monisäikeinen alihankkijoiden ketju, ja pitkien alihankintaketjujen hallinta ei onnistu ilman selkeitä vaatimuksia. Alihankkijoilla ei ollut sopimusten tekohetkellä täyttä selvyyttä ydinvoimalaitostoimituksiin liittyvistä erityisvaatimuksista. Laadunhallinta ei esimerkiksi kaikilta osin täyttänyt ydinlaitoksen vaatimuksia. Tämä ilmeni muun muassa viranomaiselle toimitettujen aineistojen puutteellisuutena.

Olenainen tutkimuksen tulos on, että se aloitti myös keskustelun ydinvoimalaitoksen suunnittelun ja rakentamisen turvallisuuskulttuurista. Keskeistä on ymmärrys oman työn turvallisuusmerkityksestä ja sen liittymisestä laitoksen rakentamiseen. Tämän ymmärryksen mukana tulee vastuuntunto laadukkaasta työstä ja käsitys ohjeiden noudattamisen tärkeydestä. Tutkintaraportti ja käyty keskustelu antoivat hyvät eväät hyvän turvallisuuskulttuurin kehittämiselle kaikissa projektissa

mukana olevissa organisaatioissa.

Tutkinta johti moniin muihinkin toimenpiteisiin. STUKissa haluttiin TVO:n ja laitostoimittajan esittävän yhteisen näkemyksenä projektin asiantuntemuksen riittävydestä sekä turvallisuudesta ja hallitusta toteutuksesta. Vastineessa todettiin, että projektin johtoon on palkattu ydinvoimalaitosprojektien hallinnan asiantuntemusta ja TVO:n ja laitostoimittajan välistä yhteistyötä on tiivistetty. Kokeen ”ykkösketjun” saaminen projektin johtoon alusta alkaen olisi ollut hyvin tärkeää, vaikkei aikaisempaa projektin johtoa voikaan pitää vastuullisena kaikista pieleen menneistä asioista.

Myös STUKin toiminnasta löydettiin kehitettävää. STUKissa on muun muassa kerrattu ydinlaitoksen laadunhallinnan erityispiirteitä, keskusteltu turvallisuuskulttuurista ja laadittu menettelyt organisaatioiden toiminnan arvioimiseksi. Myös tiedonkulkua on kehitetty.

UUDET RATKAISUT HAASTEELLISIA TOTEUTTAA

Viime vuonna reaktorilaitoksen työmaalla tehtiin suojarakennuksen ensimmäisiä perustusten päälle tulevia rakenteita. Tänä vuonna työt ovat käynnistyneet myös muiden rakennusten osalta. Alkuvuodesta tehtiin laitoksen tärkeimmät ja hankalimmat valut suojarakennuksen seinän ja pohjalaatan nurkan alueella.

Työmaalla aloittanut ranskalainen rakennusliike ja laitostoimittaja ovat saaneet työssä viimein aikataulutettua. Turbiinilaitoksen rakennukset ovat edenneet reaktorilaitosta pidemmälle ja turbiinirakennus valmistunee tämän vuoden aikana. Eriaikainen valmistaminen luo omat haasteensa laitoksen käyttöönotolle.

Työmaan toiminnan lisääntyessä STUK on myös lisännyt resursseja Olkiluotoon. Syksyllä ja alkuvuodesta laitospaikalla aloitti kaksi uutta paikallistarkastajaa.

Laitoksen pääkomponenttien valmistuksessa on noussut esiin yllättävän paljon haasteita. Syitä on monia, mutta keskeisiä tekijöitä ovat olleet muun muassa uudenlaisen suunnittelun ja valmistustekniikan soveltaminen sekä kokemattomuus joillakin valmistuspaikoilla. Reaktoripainesäiliö valmistetaan Japa-

nissa Mitsubishi Heavy Industries -tehtaalla. STUKin tarkastajat valvovat valmistusta kuu-kausittaisilla tarkastuskäynneillä. Valmistus on edennyt hyvin japanilaista tarkkuutta noudattaen, mutta joitakin hitsisaumoja on jouduttu korjaamaan.

Ranskassa valmistettavat reaktorin jäähdytysvettä kierrättävät pääkiertolinjat ovat haasteellisia valmistettavia. Putkien materiaalille on asetettu tiukat ultraäänitarkastuksiin perustuvat raekokovaatimukset. Näitä ei pystytty täyttämään ja putkia ollaan valmistamassa uusiksi. Tämä johtuu osin muuttuneesta suunnittelusta: putkitakeiden taonta ja lämpökäsittely on hankaloitunut. Vaikka uudet suunnitteluratkaisut ja valmistustekniikat ovatkin tuoneet mukanaan uusia ongelmia, on niiden käyttö turvallisuuden takia perusteltua. Uusien tekniikoiden ansiosta saadaan muun muassa kestävämmät materiaalit, vähennettyä hitsien määrää sekä tarkastettavuudeltaan parempia materiaaleja.

STUKIN TYÖMÄÄRÄ KASVAA, TOIMINTAA ON TEHOSTETTAVA

STUKin Olkiluoto 3:n valvontaan käyttämä työmäärä on vuosi vuodelta kasvanut ja kasvaa edelleen tänä vuonna. Kokonaismäärä on jo nyt lähes 80 henkilötyövuotta. Viime vuoden aikana käsiteltyyn toimitettujen aineistojen määrä kaksinkertaistui.

Järjestelmien, laitteiden ja rakenteiden yksityiskohtaisten suunnitteluaineistojen hyväksyntä on edelleen suurin työsaara. Keskeistä suunnitelmien arvioinnissa on rakentamislupavaiheessa esitettyjen turvallisuusperiaatteiden toteutumisesta varmistuminen. Rakentamisen valvonta työmaalla lisääntyy töiden käynnistyessä muidenkin kuin suojarakennuksen osalta. Pääkomponenttien sisäosien kokoonpano etenee, ja myös muiden komponenttien valmistus alkaa.

Kasvava työmäärä asettaa haasteita resursien käytölle. Olenneimpia näistä ovat valvonnan kohteiden priorisointi turvallisuusmerkityksen perusteella sekä asiakirjatarkastuksen tehostaminen muun muassa tarkastajien työnjakoa selkeyttämällä. STUKin hyväksymille tarkastuslaitoksille annettiin lisävaltuuksia tarkastaa ja valvoa rakentamista sekä mekaanisten ja sähkölaitteiden suunnitte-

lua ja valmistusta. Seuraavat kaksi vuotta lie-
nevät työmäärältään suurimmat. Asiantunti-
joiden sitoutuminen työhön on merkillepan-
tavaa, ja ihmisten jaksamiseen on kiinnitettä-
vä erityistä huomiota.

OLKILUOTO 3 KIINNOSTAA KOTIMAASSA JA ULKOMAILLA

Yhteistyö TVO:n ja laitostoimittajan kanssa on
sujunut asiallisesti ja rakentavasti, vaikka me-
diassa osapuolet helposti asetetaankin vas-
takkain. Toiminnan on kaikkien osalta oltava
läpinäkyvää ja tuloksista ja havainnoista on
viestittävä avoimesti. Olennaista kuitenkin on,
että STUK käsittelee julkisuudessa vain laitok-
sen turvallisuutta.

Lisäksi maailmalla on kiinnostus ydinvoi-
malaitosrakentamista kohtaan kasvanut. Täs-
tä syystä muut maat ovat olleet meihin usein
yhteydessä. Esimerkiksi USA ja Iso-Britannia
valmistautuvat uusien laitosten rakentami-
seen, joten Suomen laitossuunnittelu ja vi-
ranomaisvalvonta kiinnostavat.

KRITIIKKIÄ TULEE, JOSKUS SYYTTÄKIN

Kritiikkiä STUKin toimintatapoja kohtaan ovat
esittäneet etenkin laitostoimittajan ranskalai-
set edustajat. Syypäitä projektin ongelmiin
ja viipeisiin haetaan kaikkialta, mikä on ym-
märrettävää niiden määrän sekä taloudellisen
vaikutusten takia. On myös esitetty, että
laitoksen rakentaminen Ranskaan olisi ollut
merkittävästi helpompaa kuin Suomeen. STU-
Kin valvonnan periaatteissa ei kuitenkaan ole
mitään poikkeuksellista. Suunnittelun on oltava
hyväksytty ennen toteutusta. Totta kuiten-
kin on, että erityisesti mekaanisten laitteiden
valvonta on perusteellisempaa kuin monen
muun maan vastaavan viranomaisen. Valmis-
tuskokemukset huomioon ottaen on valvon-
tamme kuitenkin täysin perusteltua.

Projekti on myös osoittanut, että STUKin
valvontakäytännöissä ja vaatimuksissa on vir-
taviivaistamisen varaa. Tämä johtuu pääosin
siitä, että menettelyt ja vaatimukset on kehi-
tetty toiminnassa olevien yksiköiden valvon-
taan, eivätkä ne sellaisenaan sovellu etenevän
projektin valvonnan ja toteutuksen tarpeisiin.
Vaikka toimintaa on virtaviivaistettu, ei vaa-
ditusta turvallisuustasosta ja sen varmistumi-
sen riittävydestä saatikka oikea-aikaisuudes-



ta ole tingitty – eikä tingitä jatkossa.

STUKissa kehitellään parhaillaan vaatimuk-
sia, joilla kytketään suunnittelun hyväksyntä
muihin projektin vaiheisiin. Olennaista siinä
on löytää turvallisuusmerkityksen perusteel-
la oikeat valvontapisteet, jolloin suunnitte-
lu on mahdollista arvioida ajoissa ja tarvitta-
essa ehditään vaikuttaa toteutukseen. Vaati-
musten pohdinta on hedelmällistä pohjatyötä

myös juuri alkaneelle säännöstöuudistukselle.
Uudistuksen myötä nuotit ovat selvillä myös
mahdollista uutta ydinvoimalaitoksen raken-
nushanketta varten.

*Kirjoittaja Petteri Tiippa on STUKin Ydin-
voimalaitosten valvonta -osaston Projektit-
toimiston päällikkö.*

PIKKUPOJAN MUISTOJA KENKÄRÖNTGENISTÄ

STUKin ylitarkastaja Erkki Rantanen muistaa, vaikkakin hatarasti, olleensa pikkupoikana kenkäostoksilla äitinsä kanssa. Kengän sopivuutta testattiin kenkäröntgenlaitteella, jollainen on nyt päätynyt myös STUKin dosimetrialaboratorioon tutkittavaksi.

Ylitarkastaja Erkki Rantanen (vas.) ja dosimetrialaboratorion erikoistutkija Markku Tapiovaara tutkivat 1950-luvun kenkäröntgenlaitetta STUKissa. Rantasella on laitteesta myös muistikuvia vuosikymmenten takaa.





Kenkäröntgenlaitteilla oli 1950-luvulla pari kolme valmistajaa. Laitteiden käyttö katsottiin tarpeettomaksi säteilyn käytöksi ja ne kiellettiin. Siten myös laitteiden valmistus loppui.

Siitä on 50 vuotta aikaa, en ollut muistaakseni vielä koulussa silloin”, Rantanen muistelee kengänostoa.

Rantanen kertoo, että laitteeseen laitettiin jalka kenkineen.

”Äiti ja myyjä katsoivat ja näkivät jalan, itse en muista nähneeni”, sanoo Rantanen ja epäilee olleensa liian pieni.

Säteilyturvakeskukseen otti lokakuussa yhteyttä henkilö, joka halusi päästä eroon vintiltään löytyneestä Röboy-kenkäkaupparöntgenlaitteesta.

Laitte oli jo osoittanut olevansa kovaa tekoa. Se oli ollut säilytyksessä piharakennuksen laholla vintillä. Laitetta vintiltä hakenut mies tipahti lattian läpi ja ote laitteesta herposi. Laitte tuli näin pomppien rappusia alas – eikä päällisin puolin mennyt silti miksikään. 37 kiloa painanut laite herätti huomiota myös paikallisessa matkahuollossa startatessaan matkalke kohti STUKia.

Erkki Rantanen pohtii, että STUKiin tuotu kenkäröntgenlaitte näyttää nyt pienemmältä, kuin mikä oli muistikuva laitteesta vuosikymmenten takaa.

”Tai ehkä olin itse silloin niin pieni, metriä lyhyempi kuin nyt.”

Röntgensäteilyä käytettiin varsin yleisesti jalkineiden sovittamiseen. Röntgenkuvas saattoi olla vaikuttava myyminenestämiskeino, mutta jalkineiden valinnassa läpivalaistusta tuskin oli hyötyä. Usein röntgenlaitteen käyttökoulutus oli puutteellista ja siten sekä asiakas, että myyjä saattoivat joutua todelliseen vaaraan. Kaikkein alkeellisimmat laitteet 1930-luvulla aiheuttivat jopa akuutin palovamman tai lapsen jalan kehityshäiriön. Lähde: Säteily ja turvallisuus, Toivonen, Rytömaa, Vuorinen.

KYMMENIÄ KENKÄRÖNTGENLAITTEITA SUOMALAISSA KENKÄKAUPOISSA

Oi aikoja, oi tapoja. 1950-luvulla kenkien sopivuutta tarkastettiin kenkäröntgenlaitteilla. Nyt ajatus hymyilyttää ja kauhistuttaa, kun turhia röntgensäteitä halutaan välttää. Ken-

käröntgen oli sotien jälkeinen innovaatio ja aikansa tuote, moni suurten ikäluokkien ihminen sen saattaa vielä muistaa.

Professori Erkki Vauramo oli 1950-luvun lopulla yksi tuolloin vastaperustetun Säteilyfysiikan laitoksen, Säteilyturvakeskuksen edeltäjän, neljästä säteilysuojaustarkastajasta.

”Silloin alkuun inventoitiin olemassa olevaa laitekantaa, mitä säteilylaitteita Suomessa oli käytössä. Apua saatiin sähköstarkastusvirastosta.”

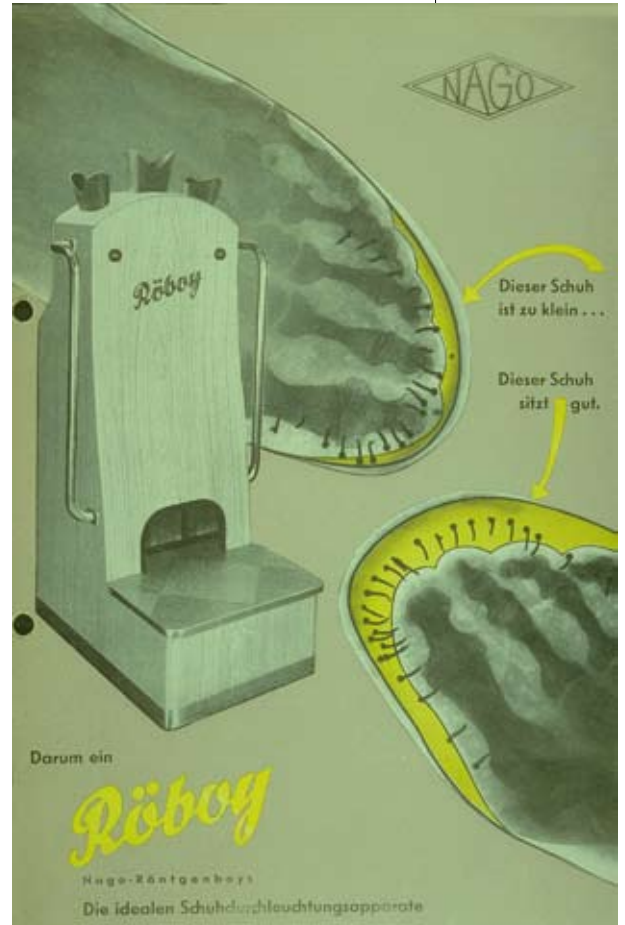
Tarkastajille tulikin vastaan useita kymmeniä kenkäröntgenlaitteita. Vauramo kertoo, että tarkastuksen yhteydessä käytiin pari kolme laitetta läpi. Kenkäröntgen katsottiin kuitenkin kansainvälisen käytännön mukaisesti myös Suomessa tarpeettomaksi säteilyn käytöksi ja sen käyttö kiellettiin.

Vauramo arvioi, että suuresta ikäluokasta löytyy varmasti useita ihmisiä, jotka muistavat käyttäneensä näitä laitteita. Laitteissa oli röntgenputki, jolla läpivalaisu suoritettiin. Kuva näkyi fluoresoivalla levyllä, jota katsottiin kiikarin tapaisella, silmiä suojaavalla laitteella.

”Siinä näkyi kengänranta sekä varpaiden luut. Sama mikä tiedetään, kun painetaan kengän kärkeä sormilla.”

Vauramon mukaan laitteista saatu säteilyannos oli sairaanhoidossa käytettyjä säteilyannoksia pienempi. Säteilylähteet olivat laitteissa hyvin suojattuja eikä Vauramo katso laitteiden aiheuttaneen suurta vaaraa. Systemaattista tutkimusta niiden vaikutuksista ei kuitenkaan tehty.

”Myös laitteiden valmistus loppui, kun käyttö loppui. Laitteita oli sekä keskieuropalaisia belgialais-ranskalaisia sekä amerikkalaisia. Valmistajia oli pari kolme.”



Professori (h.c.) Erkki Vauramon oma ura jatkui Säteilyfysiikan laitokselta sairaalamaailmaan, ensin Tampereen yliopistolliseen sairaalaan, sitten Helsingin terveystieteiden sairaalaan, josta hän jäi eläkkeelle. Vauramo tekee edelleen aktiivisesti töitä Teknillisessä korkeakoulussa Otaniemessä, jossa hän on ollut eri tehtävissä jo 27 vuotta.

KUOLAN YDINJÄTEPESÄKE SIIVOTAAN KANSAINVÄLISELLÄ RAHOITUKSELLA

Kansainvälisen rahoituksen avulla ydinjätteiden käsittelytyö Kuolan niemimaalla on päässyt käyntiin. Andrejevin lahden ydinsukellusveneiden jätevaraston alueella on infrastruktuuri rakennettu kuntoon. Jonkin verran matala-aktiivisia jätteitä on jo käsitelty, mutta ydinpolttoaineen ja muun vaikean jätteen käsittely on vasta suunnitteilla.

Andrejevin lahti oli Neuvostoliiton ydinsukellusvenelaivaston ydinjätteiden päävarastoalue, mutta jätettä on varastoituna muuallakin. Ydinjätevarastojen osittain jopa katastrofaalisen huono kunto nostettiin kansainväliseen tietoisuuteen 1990-luvun puolivälissä.

Jätevarastojen saamiseksi kuntoon on luvattu rahaa sekä kansainvälisten organisaatioiden kautta että eri maiden kahdenvälisillä sopimuksilla Venäjän kanssa. Suurin kertaussumma tuli vuonna 2002, kun G8-maiden kokouksessa Kanadassa luvattiin yhteensä peräti 20 miljardia dollaria lähimmän 10 vuoden aikana Venäjän aseriisuntaan. Venäjä on arvioinut Andrejevin lahden siivoustyön maksavan noin 150 miljoonaa dollaria.

”Rahoitus on nyt kunnossa ja työt ovat

käynnissä. Niiden alkuun päästiin hiukan hitaammin kuin oli toivottu, mutta seuraavien 5–10 vuoden sisällä voidaan jätteiden käsittelyn ja varastoinnin suhteen saada huomattavan paljon hyvää aikaan”, sanoo STUKin ydinjätetoimiston päällikkö Risto Paltemaa.

Venäjällä on rakennettu kaikkiaan noin 250 ydinsukellusvenettä, joista pari sataa on poistettu käytöstä. Poistetuista aluksista noin 120 on kuulunut Pohjoiseen laivastoon. Niitä on aikoinaan huollettu Murmanskin ja Arkangelin alueen laivastotukikohdissa. Nyt niitä säilytetään ja puretaan samalla alueella. Monissa tukikohdissa säilytetään käytettyä ydinpolttoainetta ja muuta radioaktiivista jätettä.

Paltemaan mukaan suuri osa sukellusveneistä on eriasteisesti purettu. Ydinreaktorit ja ydinpolttoaine muodostavat romutettaes-

Severodvinskin varuskuntakaupungissa Arkangelin lähellä kapean salmen molemmin puolin on kaksi telakkaa, joissa sekä rakennetaan että puretaan muun muassa sukellusvenettä. Purettaessa ydinsukellusvenettä reaktoriosa poistetaan varastointia varten, sukellusvene pilkotaan palasiksi ja metalliosat lähetetään sulattamolle.

sa suurimman ongelman. Pohjoisen laivaston purettavissa sukellusveneissä oli kaikkiaan yli 200 ydinreaktoria – useimmissa aluksissa niitä oli kaksi.

YDINPOLTTOAINETTA SÄILIÖISSÄ TAIVASALLA

Andrejevin lahden tukikohta rakennettiin aikoinaan pelkästään ydinjätteiden käsittelyä ja varastointia varten. Varaston ydinjättesäilytykseen rakennetuissa vesialtaissa todettiin 1980-luvun alussa vuotoja. Käytetty polttoaine siirrettiin silloin tilapäisratkaisuna altaista suuriin, betonilla täytettyihin maanalaisiin tankkeihin.

Tukikohdan alueella oli lisäksi rakennukset keski- ja matala-aktiiviselle jätteelle, katamattomia ulkoarastoja sekä kolme huono-

Ydinsukellusveneen keskusohjauspöytä Severodvinskin Zvezdotsjka-telakan museossa on koristettu punalipuin. Tätä sukellusvenemallia telakalla rakennettiin 26 kappaletta vuosina 1975 – 1997.



kuntoista maanalaista varastotankkia neste-mäiselle jätteelle. Alue hylättiin vuonna 1984 ja vuosien varrella sen kunto on huonontunut entisestään.

”Laivastolla ei ole ollut kovin pitkäjänteistä politiikkaa jätteiden suhteen. Kylmän sodan aikana sotilaallinen aktiviteetti oli tärkeämpää kuin muut asiat, kuten jätehuolto”, Paltemaa muotoilee.

Nyt pyritään saattamaan tukikohta-alue kuntoon ja jätteet eristettyä ympäristöstä. Jätevarastolla ei ole sellaista onnettomuusriskiä, että siitä aiheutuisi vaaraa esimerkiksi naapurimaissa Norjassa ja Suomessa. Paikallisesti jätevarasto voi kuitenkin aiheuttaa merkittäviä ympäristöongelmia.

”Vielä viisi vuotta sitten osa reaktoripolttoaineesta säilytettiin ulkona varaston vieressä, mutta nyt sille on rakennettu uusi väliaikainen varasto, joten enää reaktorijäte ei viru taivasalla”, sanoo Paltemaa. ”Vanhan varaston purku ja käytetyn ydinpolttoaineen siirtäminen asianmukaisiin varastotiloihin on tehtävistä toimenpiteistä kaikkein vaikein, ja sitä vasta suunnitellaan.”

INFRASTRUKTUURI VALMISTUMASSA

Ydinpolttoainetta on vanhan ja uuden varaston lisäksi vielä osin purkamatta reaktoreissa. Reaktoreista purettavana on parhaillaan 25 yksikköä ja kokonaan purkamatta vielä on noin 35. Reaktoreita tyhjennetään polttoaineesta muun muassa Nerpan telakalla Murmanskin lähellä ja Severodvinskissa Arkangelin lähellä. Telakoilla on laitteet reaktoreiden polttoaineen poistoon ja sen varastointiin hyväksyttävissä oloissa, vaikka lisää tilaa ja säiliöitä tarvitaankin.

”Saksalaisella rahoituksella rakennetaan parhaillaan Saida-lahden alueelle varasto kokonaisille reaktoriosastoille. Osastoja varastoidaan sellaisinaan 50–70 vuotta, jotta säteilytaso laskee, ja puretaan vasta sitten”, Paltemaa sanoo.

Andrejevin lahden tukikohdan alueella on Paltemaan mukaan viime vuosina rakennettu infrastruktuuri aika valmiiksi vaikeampia puhdistusoperaatioita varten.

”Tiet on rakennettu kuntoon. Työntekijöiden sosiaalitytöt ovat valmiit, samoin laboratoriotilat. Vanhoja, ei-aktiivisia, huonokuntoisia

rakennuksia on purettu ja ulkona olleet polttoainesäiliöt on saatu hätäaputyönä tilapäisvarastoon. Lisäksi on tehty kartoitusta ja valmistelutyötä jatkoa varten”, hän luettelee.

”Tällä hetkellä käsitellään jo matala-aktiivista materiaalia. Vie kuitenkin aikaa ennen kuin päästään vaikeisiin kohteisiin. Polttoaineen käsittelyä vasta suunnitellaan. Kun on kyse ydintekniikasta, sekä viranomaiskäsitteily että turvallisuustoimenpiteet etenevät hitaasti.”

”Käytännön työ on tehty pääosin venäläisin voimin, mutta paikalla käy väkeä monesta maasta. Kun pienellä alueella on monenlaisia kumppaneita, asiat etenevät hitaasti. Andrejevin lahti on edelleen sotilasaluetta, mistä johtuen turvallisuusluvan saanti joka käynnin yhteydessä kestää 45 vuorokautta, vaikka olisi käynyt alueella äskettäin”, Paltemaa kertoo. ”Lisäksi työskentelyolosuhteet ovat varsin karut, etenkin talvella.”

SUOMI MUKANA YMPÄRISTÖRAHASTON KAUTTA

Ydinjätteiden siivoamistalkoissa suurin yksittäinen rahoittaja on Yhdysvallat, joka mainitussa G8-maiden kokouksessa löi pöytään 10 miljardin dollarin lupauksen Venäjän aseistariisuntaan. Rahojen käyttöä ohjataan maiden kahdenkeskisellä sopimuksella ja osa varoista menee juuri ydinsukellusveneidensä jätteiden siivoamiseen.

Tämän peliavauksen jälkeen useat muut G8-ryhmän maat ovat tehneet vastaavat kahdenkeskiset sopimukset Venäjän kanssa. Suu-

ria rahoittajia ovat Saksa, Iso-Britannia, Kanada ja Italia. Lähialueelta Norjalla on suurin kahdenkeskinen rahoitussopimus. Se on myöntänyt yli 100 miljoonaa dollaria Luoteis-Venäjän ydinjätteiden hoitoon. Ruotsi on hankkeessa mukana pienemmässä määrin.

Suomella ei ole tästä hankkeesta sopimusta Venäjän kanssa, mutta maamme on mukana rahoittajana Pohjoisen ulottuvuuden ympäristörahaston kautta. Rahasto rahoittaa hakemuksesta ympäristöhankkeita Luoteis-Venäjän alueella. Varoja on 150 miljoonaa euroa ydinjätehankkeisiin ja 80 miljoonaa muihin ympäristöhankkeisiin. Rahastoa hallinnoi Euroopan kehitys- ja jälleenrakennuspankki EBRD.

”Suomi on toistaiseksi maksanut 12 miljoonaa euroa Pohjoisen ulottuvuuden ympäristörahastolle. Siitä 2 miljoonaa euroa on tarkoitettu ydinjätehankkeisiin ja 10 miljoonaa muihin ympäristöhankkeisiin. Lisäksi Suomi on luvannut 6 miljoonaa euroa lisää rahastoon”, sanoo ulkoasiainneuvos Erik Ulfstedt ulkoasiainministeriön itäosaston pohjoisen ulottuvuuden yksiköstä. Syynä Suomen varsin pieneen osuuteen on halu keskittää rajatut varat.

”Suomen linja on, että lähialueyhteistyössä keskitytään hankkeisiin Luoteis-Venäjän ydinvoimaloissa. Kun teemme yhteistyötä Sosnovyi Borin ja Kuolan ydinvoimaloiden kanssa, meidän on tuskin tarpeen panostaa kahdenkeskisellä sopimuksella myös ydinsukellusvenehankkeisiin”, Ulfstedt sanoo.

"Nyt kun Loviisan käyttöluvan jatko on ajankohtainen, ikääntymisenhallintaprojekti on hyödyllinen", SAFIR-ohjelman johtoryhmän puheenjohtaja, STUKin Ydinvoimalaitosten valvonta -osaston apulaisjohtaja Marja-Leena Järvinen sanoo.



YDINVOIMA IKÄÄNTYY, HAASTEESEEN VARAUDUTAAN TUTKIMUKSELLA

SAFIR-OHJELMAT KASVATTAVAT UUTTA OSAAJASUKUPOLVEA

SAFIR-ydinturvallisuusohjelma saatiin päätökseen – hyvillä arvosanoilla. Samalla annettiin tilaa uudelle tutkimusohjelmalle, SAFIR2010:lle. Ohjelmien ytimenä on varmistaa ydinturvallisuusasioiden vankka osaaminen ja siirtää sitä nuoremmalle sukupolvelle.

Ydinvoimaloiden ikääntyminen edellyttää jatkuvaa tutkimustoimintaa. Tutkimus tukee nykyisten voimaloiden turvallista käyttöä ja samalla valmistaudutaan mahdollisiin tuleviin laitoksiin.

SAFIR-hankkeiden perustehtävänä on varmistaa, että kun yllättäviä turvallisuusasioita tulee esiin, viranomaisella on käytettävissään riittävästi asiantuntemusta: asiantuntijoita, laskentamenetelmiä ja koelaitteita turvallisuuskysymysten selvittämiseksi viipymättä.

”Ohjelma ei palvele ainoastaan viranomaisita vaan koko kotimaista ja ulkomaista ydinturvallisuusyhteisöä ja yhteiskuntaa”, ohjelman johtaja Eija Karita Puska VTT:ltä korostaa.

Asiantuntemus syntyy tutkimusohjelmissa, joissa sitä siirretään edelleen sukupolvelta toiselle myös konkreettisen tekemisen kautta. Puska arvioi, että asiantuntemus ei pysy silti pelkän viiden miljoonan euron ja 40 henkilötyövuoden vuosittaisella tutkimusohjelmpanoksella, vaan asiantuntijat käyttävät taitojaan myös muissa erillisissä tehtävissä.

”Ohjelma on kokonaisuus, joka on enemmän kuin 34 projektin summa.”

Ydinturvallisuusohjelmilla on keskeinen rooli kansainvälisten OECD/NEA:n hankkeiden tiedonvaihdon foorumina. Näin esimerkiksi Suomessa kansallisten tutkimusten tuloksina syntyneitä matemaattisia laskentamalleja voidaan vertailla kansainvälisesti.

”Nämä tutkimukset ovat kalliita. Suomi hyötyy kansainvälisistä tutkimuksista, sillä maa on pieni ja osuus kustannuksiin laskeaan osuutena BKT:sta”, SAFIR-ohjelman johtoryhmän puheenjohtaja, STUKin Ydinvoimalaitosten valvonta -osaston apulaisjohtaja Marja-Leena Järvinen huomauttaa.

Suomalaisten voimaloiden näkökulmasta keskeistä on esimerkiksi se, miten SAFIR-ohjelman eri osaamisalueiden tutkimustuloksia on hyödynnetty Olkiluodon uuden voimalan arvioinnissa.

”Ikääntymisenhallintaprojekti on puolestaan erityisen hyödyllinen nyt, kun Loviisan käyttöluvan jatko on ajankohtainen”, Järvinen sanoo.

VASTAUKSIA TÄSMÄONGELMIIN

SAFIR-tutkimusohjelmien suunnitteluun ovat osallistuneet STUK, voimayhtiöt, VTT ja korkeakoulut. Tutkimuksien tulokset on myös saatu hyötykäyttöön. Osa tutkimusaiheista vaatii jatkuvaa tutkimusta. Nopeammasta tutkimusprosessista voi nostaa esimerkiksi lyijyttömään elektroniikkaan siirtymisen. Tutkimuksessa selvitettiin, miten muutos vaikuttaa esimerkiksi korjaustoimintaan ja testauksiin. Toisena esimerkkinä on tutkimus siitä, miten palo etenee niin sanotuissa palamattomissa kaapeleissa ydinvoimalaitoksessa.

OSAAMISEN SIIRROSSA MYÖS ONNISTUTTU

Järvinen osoittaa hankkeen tuoneen selkeitä tuloksia: 545 julkaisua, kuusi väitöskirjaa, yksi lisensiaattitason tutkimus sekä 17 korkeakoulututkimintaa.

”Tämä on hyvä merkki siitä, mitä tutkimuksella on saatu aikaan, yksi mittareista.”

”Ydinturvallisuuden osalta asiantuntija ei ole henkilö, joka osaa käyttää jotain laskentaohjelmaa tai koelaitetta, vaan henkilö, joka pitkäaikaisen kokemuksen perusteella pystyy ymmärtämään tutkittavat ilmiöt ja niiden syyt sekä niihin liittyvät epävarmuudet”, Eija Karita Puska jatkaa.

SAFIR-HANKKEILLA JATKUVUUTTA

SAFIR-ydinturvallisuusohjelman päätösseminaari pidettiin tammikuussa. Samalla aloitettiin uutta nelivuotista SAFIR2010-ohjelmaa. Uuden ohjelmakauden ydinalueita ovat reaktorifysiikka ja polttoaine, reaktoripiirien eheys, termohydrauliikka sekä onnettomuusanalyysit. Hieman pienemmillä panoksilla tutkimuskohteina ovat myös ihminen ja organisaatio, automaatio ja valvomo sekä riskitietoiset menetelmät eli laitoksen mallintaminen todennäköisyyspohjaisella turvallisuusanalyysillä (PSA). Lisäksi tutkitaan rakennusteknisestä turvallisuutta, jossa otetaan huomioon esimerkiksi mahdolliset tulvat ja ilmasto.

”Uudet projektit ovat päässeet käyntiin vuoden 2007 alusta”, Marja-Leena Järvinen kertoo.

Parhaillaan odotetaan lopullisia rahoituspäätöksiä, joita tekevät sekä päärahoittaja Valtion ydinjäterahasto (VYR) että hankkeen muut rahoittajat.

Osa hankkeista, kuten lentokonetörmäystestit, jatkuvat edelleen. Samoin monet asiantuntijat jatkavat työtään. Järvinen kertoo, että SAFIR2010-ohjelman myötä ollaan periaatteellisesti siirtymässä projektiluontoisempaan toimintatapaan ja vuosittaiseen hankeluun. Mikäli projektit jatkuvat seuraavalle

SAFIR LYHYESTI

SAFIR-tutkimusohjelmissa (Safety of nuclear power plants – Finnish national research programme) kehitetään ydinteknistä asiantuntemusta ja koulutetaan uusia asiantuntijoita. Ohjelman avulla rakennetaan ja pidetään yllä ydinteknistä osaamista ja seurataan ja kehitetään systemaattisesti ydinturvallisuutta.

- ◆ Kauppa- ja teollisuusministeriön asettama ohjelma, jota koordinoi VTT.
- ◆ Säteilyturvakeskuksella (STUK) voimakas rooli johtoryhmässä, jossa myös Teollisuuden Voima Oy (TVO), Fortum Oyj, Tekes, Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) sekä Teknillinen korkeakoulu (TKK) ja Lappeenrannan teknillinen yliopisto (LTY).
- ◆ Kustannukset ovat noin viisi miljoonaa euroa vuodessa. Hankkeita vuosittain 20–24.
- ◆ Päättäneen ohjelman kokonaiskustannukset ovat 19,7 miljoonaa euroa, 148 henkilötyövuotta.
- ◆ Rahoitus pääosin voimayhtiöiden lakisääteisistä maksuista. Tutkimusraportti www.vtt.fi/safir.
- ◆ SAFIR-ohjelman projektit ovat liittyneet ydinteknisen perusosaamisen varmistamiseen ja siirtoon nuorelle sukupolvelle, laitosten ikääntymiseen, uusien laitosten rakentamiseen, organisatorisiin ja inhimillisiin tekijöihin sekä uudistuksiin eri tekniikan alueilla.
- ◆ Tutkimuskohteina reaktoriturvallisuuteen liittyvät asiat: reaktorisydän, polttoaine, reaktoripiiri ja rakenneturvallisuus, prosessiturvallisuustoiminnot, termohydrauliikka, vakavat onnettomuudet, automaatio, inhimilliset ja organisatoriset tekijät ja todennäköisyyspohjaiset tarkastelut.
- ◆ Vuosina 2007–2010 tutkimus jatkuu SAFIR2010-ohjelmassa.

TASON PITÄÄ OLLA KANSAINVÄLISESTI KORKEA. JOISSAKIN ASIOISSA OLEMME MYÖS ETURINTAMASSA.

vuodelle, niistä esitetään hankehaussa päivitetty hankesuunnitelma. Hankehaku vuodelle 2008 on syyskuussa.

TEORIAA JA KÄYTÄNTÖÄ

”Lentokonetörmäyshankkeesta on tullut tutkimusohjelman sisäänheittotuote, vaikka se on vain yksi kahdeskymmenesosa koko ohjelmasta”, Eija Karita Puska toteaa.

Vuonna 2004 käynnistetyllä projektilla on tutkittu lentokonetörmäysten ilmiöitä. Kokeilla varmennetaan laskentamenetelmiä, joilla selvitetään, kestääkö ydinvoimalan suojarakennus matkustajakoneen törmäyksen.

VTT:llä Otaniemessä tehdyt törmäyskokeet ovat kansainvälisestikin merkittäviä, sillä vastaavia kokeita ei ole toteutettu muualla.

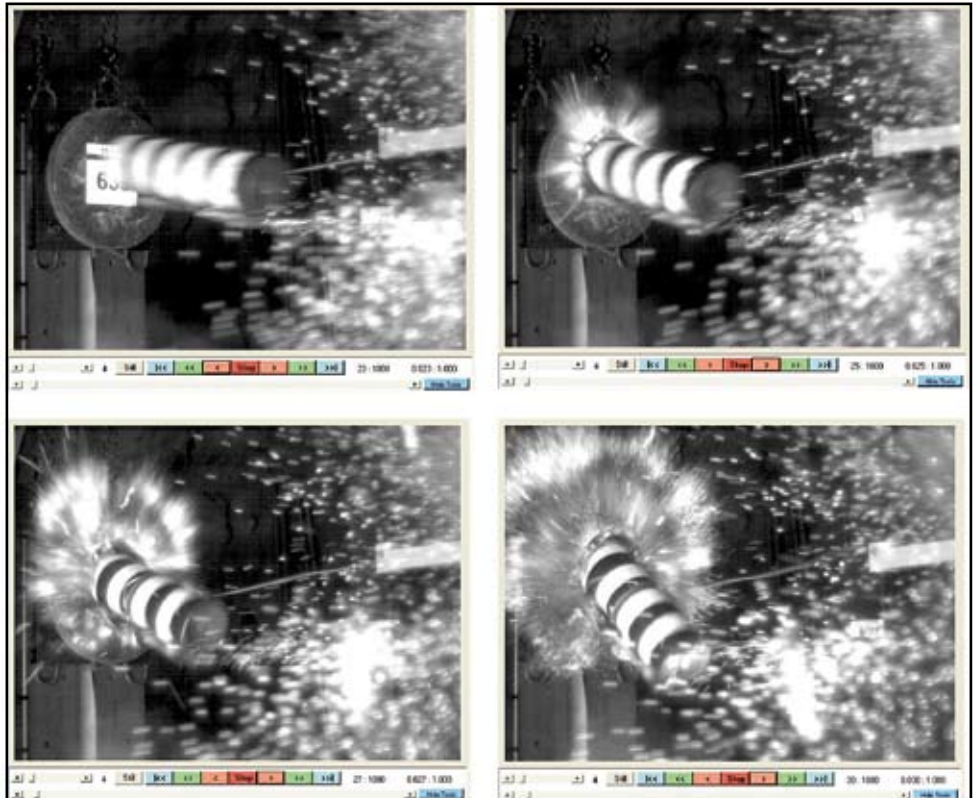
”Kokeissa voidaan kiihdyttää varsin iso massa, sata kiloa, tutkimuksen kannalta tarpeelliseen nopeuteen 100–200 metriä sekunnissa. Nyt on pystytty tekemään myös polttoaineen leviämiseen ja palamiseen liittyviä nestetarkasteluja. Kokonaisuudessaan Otaniemen tiimi alkaa olla aika huimaa tasoa”, Eija Karita Puska kertoo.

Tarkoituksena on varmistaa ja parantaa laskentamenetelmiä, joilla mahdollisen törmäyksen vaikutuksia voidaan luotettavasti arvioida. Avainidea löytyy sanoista *soft impact*, joka tarkoittaa, että tutkimuksessa tarkastellaan matkustajakoneen törmäysvaikutuksia. Aiemmin tehdyistä lentokonetörmäystesteistä näyttävin on useamman vuoden takainen USA:laisen Sandian koe, jossa hävittäjä kiihdytettiin päin betoniseinää.

”Tärkeintä on kuitenkin ohjelman kokonaisuus ja erityisesti kotimaisen osaamisen turvaaminen”, Puska toteaa.

KIITETTÄVÄT ARVOSANAT

Kansainvälinen asiantuntijaryhmä arvioi SAFIR-hankkeen viime keväänä. Arvioijina olivat



Lentokonetörmäyskokeilla selvitetään, kestääkö ydinvoimalan suojarakennus matkustajakoneen törmäyksen. VTT:llä Otaniemessä tehdyt törmäyskokeet ovat kansainvälisestikin merkittäviä. Vastaavia kokeita ei ole toteutettu muualla.

David Diamond, Helmut Schulz sekä Ami Rastas, kaikki erittäin kokeneita ammattilaisia. Kauppa- ja teollisuusministeriö tilasi arvion.

”Saimme siitä kiitettävän arvosanan, erittäin hyvän arvion”, Marja-Leena Järvinen sanoo.

”Laki edellyttää ydinvoimalaitosten turval-

lisuudelta kansainvälisesti korkeaa tasoa. Se on ehdotonta, vaikka olemme pieni maa. Tason pitää olla kansainvälisesti korkea, joissakin asioissa olemme myös eturintamassa.”

OHJEET

ST 1.3

Warning signs for radiation sources

ST 9.4

Yleisöesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteistojen säteilyturvallisuus

TUTKIMUSRAPORTIT

STUK-A220

Tietokonetomografialaitteiden käytön optimointi

Karppinen J, Järvinen H.
Helsinki 2006.

STUK-B-YTO 251

Säteily- ja ydinturvallisuus.
Neljännesvuosiraportti 3/2006
Kainulainen E. (toim.)

STUK-YTO-TR 217

Systematic analysis and prevention of human originated common cause failures in relation to maintenance activities at Finnish nuclear

power plants.
Laakso K.

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



MITÄ MIELTÄ ALARASTA?

Palaute on meille ensiarvoisen tärkeää, jotta voisimme kehittää Alaraa lukijoiden toivomaan suuntaan. Toivommekin teidän - arvoisat lukijamme - kertovan meille, mikä Alarassa on hyvää ja mikä huonoa. Kerro meille myös, minkälaisia juttuja haluaisit Alarasta erityisesti lukea.

Arvomme kaikkien viimeistään 4.5.2007 vastanneiden kesken Alara-businessolkalaukun. Artikkeleihin johtaneista juttuvinkeistä palkitsemme myös laukulla.

Viestin voit lähettää sähköpostiosoitteeseen alara@stuk.fi. Voit lähettää palautetta myös postitse: Säteilyturvakeskus/Alara, PL 14, 00881 Helsinki.

Edellisessä arvonnassa Alara-laukun sai Tuomo Saarinen, Rusko.

Lue ajankohtaista asiaa säteily- ja ydinturvallisuudesta – tilaa Alara!

♦ www.stellatum.fi ♦ tilaajapalvelu@stellatum.fi

♦ puhelin: (09) 5421 0100

Hinnat Suomessa 2007, 4 numeroa vuodessa: kestopilaus 39 € (laskustusväli 12 kuukautta), määräaikaistilaus 44 € (12 kuukautta).

KUVANTAMISTUTKIMUS LÄHTEE HYVÄSTÄ LÄHETTEESTÄ



”Kaikki todellisuudessa hoitoon vaikuttamattomat kuvantamistutkimukset kannattaa jättää tekemättä”, dosentti Anu Alanen Varsinais-Suomen Kuvantamiskeskuksesta korostaa.

Valtakunnallisten Lääkäripäivien 2007 Säteilysuojelukoulutuksessa korostui tietokonetomografia-tutkimusten yleistymisestä seuraava kasvava säteilyaltistus. Esiin nostettiin lasten erilainen herkkyys säteilylle, heidän kohdallaan esimerkiksi juuri TT-tutkimuksia tulee välttää. Myös oikeanlaisella läheteellä on merkitystä, jotta tehty tutkimus palvelee potilaan hoitoa.

Dosentti Anu Alanen kävi läpi hoitotakuuseen liittyviä suosituksia kuvantamiskäytännöistä.

”Hyvät käytännöt säästävät potilaita, hoitoketjuissa on vain oikeita tutkimuksia, säteilyä joudutaan käyttämään vähemmän.”

Hoitotyötä tekeviltä lääkäreiltä vaaditaan osaamista kuvantamisasioista, mutta myös radiologeilta tarvitaan osaamista kliinisistä asioista.

”Tarvitaan yhteistyötä, radiologi ei ole lausuntoautomaatti”, Alanen tiivisti.

TERVEITÄ NUORIA EI KUVATA TURHAAN

Äärimmäinen esimerkki turhista kuvauksista on omaa luokkaansa. Erään ammattikorkeakoulun sirkuslinjalla oli joitakin vuosia sitten sisäänpääsykokeet, joissa pääsykokeeseen hakijoilta edellytettiin lausuntoa rankakuvista. Alanen kertoo, että aiheesta käytiin pitkä ja tiukka keskustelu koulun ja radiologien kesken.

”Ei nuoria terveitä ihmisiä kuvata siksi, että he kenties pääsisivät sirkuskoulun pääsykokeisiin.”

Esimerkiksi automaattiset kontrollit, joihin voidaan kirjoittaa lähete vuoden päähän, tai tutkimukset, joita kirjoitetaan ”varmuuden vuoksi” ovat turhia. Jokaisen tutkimuksen täytyy olla perusteltu. Terveitä jäseniä ei kuvata vertailun vuoksi – verrokkikuvia löytyy kyllä esimerkiksi Internetin kuvapankeista.

Koulutuksessa nousi useaan kertaan esille myös hyvän lähetteen merkitys. Lähette kertoo potilaasta tärkeät, ajantasaiset tiedot. Esimerkkipotilaan kohdalla kuvat olivat niin erilaiset aiempiin verrattuna, että heräsi kysymys, onko kyse edes samasta potilaasta. Lähette ei kertonut, että potilaalle oli kuvausten välillä ehditty tehdä sydämensiirto.

Lähette kuvaa potilasta ja hänen oireitaan riittävästi ja kertoo, mihin kysymykseen haetaan vastausta. Näin radiologi pystyy arvioimaan, voiko pyydetyllä toimenpiteellä vastata tähän kysymykseen. Näin yksi tärkeimmistä asioista lähetteessä on lähettävän lääkärin yhteystieto, johon tarvittaessa voidaan ottaa yhteyttä.

LASTEN SÄDETUTKIMUKSISSA VAADITAAN ERITYISTÄ TARKKUUTTA

"Lapset ovat säteilylle herkempiä, heidän kohdallaan tutkimuksissa tulee noudattaa erityistä harkintaa", dosentti, lastenradiologi Kirsi Lauerma HUS-Röntgenistä korosti.

Lasten kohdalla kynnysarvo, jolla säteilyllä voi olla jossain määrin syöväälle altistava vaikutus, on aikuisia matalampi. Lapsilla riski lisääntyy jo 10–50 millisievertin (mSv) annoksesta, kun aikuisilla vastaava on 50–100 mSv.

"Älkää tehkö lasten TT-kuvauksia ainakaan pään alueella", Lauerma ohjeisti.

STUKin nettisivuilta löytyy lasten röntgentutkimuksien ohjeita, vielä tarkemmat ohjeet ovat Lauerman mukaan sinne tulossa.

"Myönteistä on, että lasten kohdalla pieni annos säteilyä riittää läpäisemään kohteen. Kuvattavat alueet ovat myös pieniä."

Toisaalta lapsilla sädeherkät elimet ovat lähellä ihon pintaa. Sädeherkkiä ovat sukurauhaset, punainen luuydin, paksusuoli, keuhkot, virtsarakko, rintarauhaset, maksa, ruokatorvi, kilpirauhanen ja silmät.

Lauerma korosti hyvää taustaselvitystä: onko muita kuvantamismahdollisuuksia, vaikuttaako sädetutkimus diagnoosiin tai hoitoon.

"Onko nyt oikea hetki tehdä röntgentutkimus, onko röntgentutkimus jo tehty?"

Lasten kohdalla vaaditaan erityistä ammattitaitoa, jotta säteilyä ei käytetä yhtään enemmän, kuin on tarpeen. Ammattitaitoa on myös se, että saa lapsen pysymään kuvattaessa paikoillaan. Silloin säteilyannos ei kasva siksi, et-

Dosentti Anu Alanen Varsinais-Suomen Kuvantamiskeskuksesta sekä sairaalafyysikko FT, Mika Kortetniemi, Fyysiko-Medicae Oy:stä.



tä tutkimus täytyy tehdä kahteen kertaan.

Erityisesti lapsilla on huolehdittava asianmukaisesta säteilysuojainten käytöstä, esimerkkinä rintarauhasen suojaaminen.

"Kitarisakuvia ei kannata ottaa lainkaan", Lauerma mainitsi esimerkkinä.

Käytännössä kitarisat poistetaan, jos ne ovat kroonisesti tulehtuneet tai aiheuttavat kuorsausta. Kuvat eivät näin vaikuta hoitoon.

"Silti kitarisakuvauksia tehdään Etelä-Suomessa kaksi päivässä", Lauerma harmitteli.

TT-TUTKIMUSTEN KASVAVA SÄTEILYALTISTUS

Tietokonetomografiatutkimusten osuus radiologisista tutkimuksista on kasvanut keskussairaalatasolla 10–15 prosenttiin, mutta osuus kokonaissäteilyaltistuksesta on jopa 60–75 prosenttia. TT:n suosio on perusteltua, sillä kuvausmenetelmällä saadaan korkealaatuisia ja tarkkoja kuvia eri suunnista, kuvilla on hyvä hyödynnettävyys. Suurten säteilyannosten vuoksi tutkimuksen tarve tulee kuitenkin miettiä tarkkaan.

"Tietyn säteilyaltistuksen aiheuttama riski potilaalle riippuu osaltaan myös sukupuolesta ja iästä. Lapsella riski on huomattavasti suurempi, jopa kolminkertainen verrattuna aikuisiin ja naisilla riski on suurempi kuin miehillä", sairaalafyysikko FT, Mika Kortetniemi, Fyysiko-Medicae Oy:stä kertoi.

TT-tutkimuksessa röntgenputki kiertää potilasta kuvaustasossa, jolloin potilasta säteilytetään eri suunnilta. Tällöin säteilyjakauma kuvausalueella poikkeaa selvästi perinteises-

tä röntgenkuvauksesta. Syvällä oleviin elimiin kohdistuu TT:ssä suhteessa suurempi säteilyannos.

"Pienempi koko merkitsee pienempää vaimennusta, joten lapset saavat suhteessa enemmän syvälle menevää annosta kuin paksumat aikuiset."

Kortetniemi suositteli teknisten optimointimenetelmien tehokasta hyödyntämistä kaikissa tutkimuksissa. Esimerkiksi mA-modulaatio ja matalien annosten low dose -protokollat voivat pienentää annosta jopa kymmeniä prosentteja. Pääperiaatteena optimoinnissa on annoksen minimointi siten, että kuvanlaatu on vielä diagnoosin tekemisen kannalta riittävän hyvä.

Potilasta suojellaan myös säteilysuojilla. Kortetniemi nosti esiin esimerkiksi vismittisuoja. Kivessuojiksi on olemassa lyijykuppeja.

"Tässä tarvitaan myös potilaiden ohjeistusta, minkä elimen ympärille kuppi asetetaan.

Uusien TT-laitteiden ja kasvavien tutkimusmäärien myötä myös röntgenhuoneen rakenteelliset lisäsuojaukset saattavat olla tarpeen:

"Lisää lyijyä seinisiin."

Lääkäripäivien säteilysuojelukoulutuksen tavoitteena oli antaa lähettävälle lääkärille perustiedot kuvantamistutkimuksen säteilyriskeistä ja siitä, miten niihin voi vaikuttaa. Hyvä keino on välttää turhia tutkimuksia, joita arvioidaan olevan jopa 30 prosenttia kaikista tutkimuksista. Koulutuksen järjestäjänä oli Suomen Radiologiyhdistys.

PUITEOHJELMASSA ON ALKANUT TUTKIMUSHANKE,
JOSSA SELVITETÄÄN SÄTEILYN VAIKUTUKSIA

SÄTEILEE NAAPURIIN ASTI



Säteilyturvakeskuksen tutkimusjohtaja Sisko Salomaa vastaa Euroopan laajuisen säteilytutkimuksen koordinoinnista.

Itä-Helsingissä sijaitseva Säteilyturvakeskus (STUK) näyttää ulkoa miltä tahansa korkealta rakennukselta, mutta sen sisällä säteilee. Täällä tutkitaan matkapuhelimen säteilyvaikutuksia, ehkäistään radonin terveyshaittoja ja valvotaan ydinturvallisuutta. Syyskuussa STUKissa alkoi EU-hanke NOTE (Non-targeted effects of ionising radiation), joka saattaa muuttaa tähänastista käsitystä ionisoivan säteilyn vaikutuksista. STUKin tutkimusjohtaja Sisko Salomaa koordinoi neljä vuotta kestävästä tutkimushanketta.

”Perinteisesti on ajateltu, että säteily aiheuttaa haittoja vain siinä yksittäisessä solussa, johon se osuu”, Salomaa taustoittaa.

Tiedetään varmasti, että ionisoiva säteily vaurioittaa solun tumaa dna:ta ja aiheuttaa siinä mutaatioita, joiden seurauksena ihmi-

nen voi sairastua syöpään. Tiedetään myös, että mutaatiot voivat siirtyä sukupolvelta toiselle. Mutta vasta pikkuhiljaa on selvinnyt, että säteily saattaa vaikuttaa elimistössä myös muihin kuin säteilyä saaneisiin soluihin. Tutkijat kutsuvat ilmiötä naapurisoluvaikutukseksi.

”Solut keskustelevat keskenään, jolloin viesti kulkee osuman saaneesta solusta naapurisolun tai -solukkaan. Niissäkin voi tapahtua mutaatioita, solukuolemia tai vaikkapa jakautumiskykyisten solujen ennenaikaista erilaistumista”, Salomaa sanoo.

NOTE-hankkeen tarkoitus on selvittää naapurisoluvaikutuksen mekanismeja ja sitä, lisääkö tai vähentääkö ilmiö riskiä sairastua syöpään.

JOS ALTISTUU VAIN VÄHÄN

Pienten säteilyannosten vaikutuksia ei ole aiemmin juurikaan tutkittu. Suurien säteilymäärien haittoista on sen sijaan näyttöä esimerkiksi Tshernobylin alueelta. Vallalla on ajatus, että syöpäriski kasvaa samassa määrin kuin ihminen altistuu säteilylle.

”Säteilysuojelujärjestelmämme on rakennettu tämän ajattelun mukaan”, Salomaa kertoo.

Säteilysuojelussa on lähdetty liikkeelle myös siitä oletuksesta, etteivät vähäiset säteilymäärät aiheuta muita sairauksia kuin syöpää tai perinnöllisiä haittoja. NOTE-hankkeessa tutkitaan, voiko säteily olla syynä esimerkiksi sydän- ja verisuonitauteihin.

Sydän- ja verisuonitaukeissa on osittain ky-

Oleg Belyakov pitää Suomea hyvänä paikkana tehdä säteilytutkimusta.

se solutason tulehduksesta, jolloin säteily välittäjäaineiden kautta saattaa vaikuttaa näiden tautien syntyyn. Hiroshiman ja Nagasakin atomipommitusten uhreilla on todettu syövän lisäksi sydän- ja verisuonisairauksia, Salomaa perustelee.

Uhkakuvia ajatellessa ei tule heti mieleen, että säteilyllä on myös hyviä vaikutuksia. Esimerkiksi naapurisoluvaikutuksessa voi pohjimmiltaan olla kyse elimistön omasta puolustautumisjärjestelmästä.

”NOTE-hankkeessa selvitämme, voiko solujen keskinäinen viestintä aiheuttaa suojaavia vaikutuksia. Eli viestikö osuman saanut solu naapurilleen, että täällä on nyt säteilyä ja siihen pitää varautua?”

MENETELMÄT KEHITTYVÄT

NOTE-hankkeessa on mukana 19 tutkimuslaitosta Euroopasta ja Kanadasta. Euroopasta osallistuvat Suomen lisäksi Britannia, Belgia, Irlanti, Unkari, Saksa, Italia ja Norja. Kyseessä on ensimmäinen kerta, kun suomalaiset koordinoivat integroitua hanketta EURATOM-tutkimuksen 6. puiteohjelmassa.

”STUKissa on tutkittu säteilybiologiaa 70-luvulta lähtien”, Sisko Salomaa kertoo.

STUK tutkii hankkeessa naapurisoluvaikutusta. Tutkimusta johtaa Pietarista kotoisin oleva erikoistutkija Oleg Belyakov, jolla on vakuuttava ”säteilytausta”. Hän istuu STUKin laboratoriossa mikroskoopin äärellä. Laboratorion tiloissa on puhtaanvalkoista ja hyllyillä komeilee kymmeniä koeputkia. Belyakov vertailee mikroskoopin läpi keinotekoisia kudoksia ja etsii viljelmästä naapurisoluvaikutuksia.

”Tässä näkyy muutos, Belyakov osoittaa täplää kolmiulotteisesta kuvasta. Tämä solu ei ole saanut säteilyä, mutta silti siinä on silmin havaittava piste. Naapurisoluvaikutuksen havaitseminen on tullut mahdolliseksi tekniikan kehittyessä. Myös NOTE-hankkeessa pyritään kehittämään parempia välineitä ja menetelmiä.”

”Läpimurto säteilytutkimuksessa tapahtui 1990-luvun lopulla. Microbeam-laitteistolla pystyttiin kohdistamaan säteily yhteen soluun ja seuraamaan sen vaikutuksia naapurisoluissa. Englantilainen Kevin Prise, joka on mukana myös tässä hankkeessa, pystyi osoittamaan, että solut viestivät keskenään”, Sisko

Salomaa kertoo.

Säteilytutkimuksen kärkejoukkoihin kuuluvilla Saksalla ja Britannialla on merkittävä rooli myös NOTE-hankkeessa.

SÄTEILYÄ ON OLLUT AINA

Entä muuttuuko maailmamme, jos pienten säteilymäärien todetaan olevan luultua vaarallisempia?

”Käytännön vaikutukset näkyisivät säteily-suojelujärjestelmässä. Jos ionisoiva säteily aiheuttaa myös muita sairauksia kuin syöpää, se pitää ottaa huomioon riskien arvioinnissa. Me voimme aloittaa asian selvittämisen, mutta lopullista vastausta NOTE-hanke ei anna”, Salomaa sanoo.

Suomalaiset saavat eniten säteilyä kotonaan, sillä huoneilmassa piilevä hajuton ja väritön radon on pahin säteilyn aiheuttaja. Ai-



na tätä ei tiedosteta, vaikka radon aiheuttaa keuhkosyöpää.

”Säteilyaltistuksessa on paljon eroja asuinpaikasta ja asuintalosta riippuen. Radon on ongelma pientaloissa, etenkin jos rakennus on tiivis, ilmanvaihto ei toimi ja rakennuksessa on maavarainen laatta. Harjuaalueilla radonia on enemmän kuin muualla, koska siellä maaperästä hajoaa uraania.”

Lisäksi ihminen altistuu maaperän ja rakennusmateriaalien gammasäteilyille, taivaasta tulevalle kosmiselle säteilylle sekä röntgensäteilylle lääkäritutkimuksessa. Nykyisin ihmisiä askarruttaa myös, saavatko he haitallista säteilyä kännyköistä. Matkapuhelinten vaikutuksiin ei kuitenkaan keskitytä NOTE-hankkeessa. Lisätietoja: www.note-ip.org.

Haastattelu on julkaistu myös Tekesin Euroopan tiede ja teknologia -lehdessä 1/2007.

NOTE LYHYESTI

Säteilyturvakeskuksen (STUK) koordinoima laaja integroitu hanke NOTE (Non-targeted effects of ionising radiation) käynnistyi syyskuussa 2006. Hankkeen tavoitteena on selvittää epäsuorien soluvaikutusten mekanismeja, miten ne vaikuttavat syövän annosvasteeseen pienillä annoksilla ja voivatko ne toimia mekanismeina muiden sairauksien kuin syövän synnyssä. Lisäksi pyritään selvittämään, mitkä tekijät modifioivat epäsuoria soluvaikutuksia ja arvioida niiden merkitystä säteilynsuojelulle.

Uudet tutkimustulokset viittaavat siihen, että riskiparadigmaa olisi laajennettava ottamaan huomioon sekä perinteiset DNA-vauriot että epäsuorat soluvaikutukset, erityisesti solujen välisen kommunikaation ja kudostason vaikutukset. Epäsuorilla soluvaikutuksilla saattaa olla huomattavaa merkitystä arvioitaessa työperäisen, ympäristöperäisen tai lääketieteellisen säteilyn terveysriskejä. Erityisesti niillä on merkitystä, kun arvioidaan, onko syöpäriski sitä suurempi mitä suurempi on säteilyannos (lineaarinen eli Linear-No-Threshold-malli). Epäsuoria soluvaikutuksia on tähän mennessä tutkittu lähinnä solukokeissa – lisää tietoa tarvitaan niiden merkityksestä kudoksissa, eläimissä ja ihmisessä.

Vuoteen 2010 kestävä hankkeen käynnistyskokous pidettiin Korpilammella syyskuussa 2006. Hankkeessa on mukana kaikkiaan 19 tutkimuslaitosta Euroopasta sekä Kanadasta. Kokonaiskustannukset ovat 15 miljoonaa euroa; EU:n rahoitusosuus on 6,33 miljoonaa euroa.

säteilytieteen professori vastaa



KYSY JA KOMMENTOI!

Voit lähettää STUKiin kysymyksiä tai palautetta sinua askarruttavasta säteily- tai ydinturvallisuutta koskevasta aiheesta osoitteesta:

**http://www.stuk.fi/sateilytietoa/ukk/fi_FI/lomake/
tai lähettää sähköpostia osoitteeseen: palaute@stuk.fi.**

ONKO JOSSAIN OHJEITA MITEN KÄYTTÄÄ JODITABLETTEJA? ASUN TÄLLÄ HETKELLÄ ULKOMAILLA.

Jokaisessa maassa on varauduttu suojaamaan ihmiset vaaratilanteessa. Mikäli ympäristöön on päässyt radioaktiivisia aineita, antavat kyseisen maan viranomaiset ohjeet suojautumistoimista. Eli kannattaa kuunnella ja noudattaa kyseisessä maassa annettuja ohjeita.

Mikäli on epä tietoinen siitä, mitkä suojaustoimet ovat tarpeen, voi asiaa kysyä ko. maassa olevasta Suomen suurlähetystöstä, mistä puolestaan voidaan tarvittaessa ottaa yhteyttä esimerkiksi STUKiin vaaraa ja suojautumista koskevien arvioiden saamiseksi.

Joditabletit suojaavat kilpirauhasta onnettomuustilanteessa, jossa ilmaan on vapautunut radioaktiivista jodia. Omatoimisesti joditabletteja ei pidä nauttia: niiden kilpirauhaselle antama suoja heikkenee, jos niitä ei oteta oikea-aikaisesti. Joditabletit eivät suojaa muilta radioaktiivisilta aineilta.

STUKin Internet-sivuilla on yleiset ohjeet joditablettien nauttimisesta. http://www.stuk.fi/sateily-vaara/toiminta-ohjeet/fi_FI/jodi/.



KUVAT FUTUREIMAGEBANK

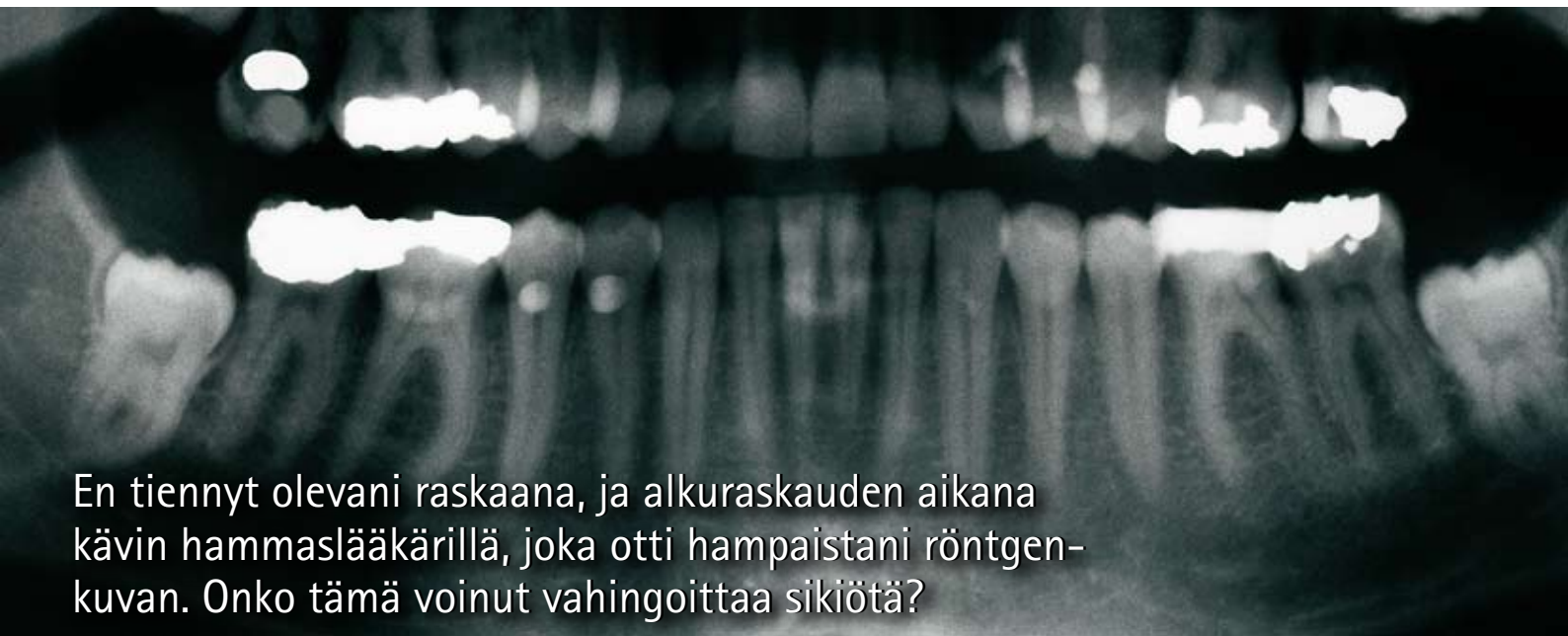
Paljonko Suomen ydinvoimaloissa syntyy korkea-aktiivista ydinjätettä ja miten sen varastointi hoidetaan?

Suomessa oleva korkea-aktiivinen jäte on ydinvoimalaitoksilla kertyvää käytettyä ydinpolttoainetta, joka on polttoaineniippujen muodossa. Yksi nippu koostuu noin sadasta sormenpaksuisesta, nelisen metriä pitkästä polttoainesauvasta. Käytetyn ydinpolttoaineen määrä ilmoitetaan tavallisimmin nipussa alun perin olleen uraanin massana. Käytetyssä polttoaineessa on jäljellä noin 96 prosenttia tästä uraanista, nelisen prosenttia on muuttunut halkeamistuotteiksi ja transuraaneiksi.

Suomen ydinvoimalaitoksilla on tällä hetkellä käytettyä polttoainetta varastoituna 1550 uraanitonnia vastaava määrä. Lisäksi Loviisan ydinvoimalaitokselta on aikoinaan viety 330 uraanitonnin määrä Venäjälle käsiteltäväksi. Jos otetaan huomioon nykyisin käytössä ydinvoimalaitosten jäljellä oleva käyttöaika ja Olkiluotoon rakenteilla olevan reaktorin koko käyttöaika, ennustetaan käytetyn polttoaineen kokonaiskertymäksi tulevan noin 5600 uraanitonnia.

Käytettyä ydinpolttoainetta säilytetään ydinvoimalaitosalueilla olevissa betonirakennuksissa sijaitseissa vesiallasvarastoissa. Polttoaineniiput ovat telineissä noin 10 metriä syvien altaiden pohjilla. Polttoaineen lämmönkehityksen vuoksi altaiden vettä on jäähdytettävä.

Suunnitelmien mukaan käytettyä ydinpolttoainetta säilytetään vesiallasvarastoissa noin 40 vuotta, jonka jälkeen se kapseloidaan ja loppusijoitetaan Olkiluodon kallioperään. Loppusijoitus toiminta alkaisi noin vuonna 2020.



En tiennyt olevani raskaana, ja alkuraskauden aikana kävin hammaslääkärillä, joka otti hampaistani röntgenkuvan. Onko tämä voinut vahingoittaa sikiötä?

Teidän ei tarvitse olla huolissanne raskautenne vuoksi, sillä hammasröntgenkuvauksesta aiheutuva säteilyannos on erittäin pieni, ja sikiö on kaukana kuvauskentästä. Hampaiden kuvaus ei näin ollen aiheuta haittaa sikiölle.

www.stuk.fi

Ovatko solariumlaitteet kehittyneet niin turvallisiksi, että niitä voi huoletta käyttää?

Kannattaako ennen etelänmatkaa ottaa solariumkuuri?

Vaikka solariumlaitteet ovat muuttuneet ulkoasunsa puolesta vuosien saatossa, niiden toiminta perustuu edelleen ultraviolettii(UV)säteilyyn. Niinpä solariumit voivat nykyäänkin aiheuttaa ruskettumisen lisäksi ihon palamista ja ennenaikaista rypistymistä sekä saattavat lisätä riskiä sairastua ihosyöpiin. Solariumissa hankittu rusketus ei siis ole sen terveellisempää tai turvallisempaa kuin auringossa otettu rusketus.

Monet käyvät solariumissa ennen etelänmatkaa olettaen, että solariumista etukäteen hankittu rusketus estää tehokkaasti ihon palamista etelän auringossa. Solarium ei kuitenkaan suojaa ihoa kovinkaan merkittävästi, koska solariumien UV-A-painotteinen säteily ei saa aikaan ihon pinnan paksuuntumista toisin kuin auringon UV-säteily.



Ihon paksuuntuminen auringon UV-säteiden vaikutuksesta on merkittävä lisäsuoja iholle, sillä paksuuntunut iho estää UV-säteilyn tunkeutumisen ihon syvempiin ja UV-herkempiin kerroksiin. Rusketus ilman ihon paksuuntumista sen sijaan tarjoaa iholle vain suojakertoimen suojan 1,5–3. Tästä johtuen solariumissa saadun rusketuksen suojaavuuteen ei pidä luottaa ja ihon suojaaminen muilla keinoin on aina tarpeen.

PROINFO-VERKKOSIVUSTO SÄTEILYN KÄYTTÄJILLE

Säteilyturvakeskus on julkaissut ProInfo-verkkosivuston www.stuk.fi/proinfo kaikille työssään säteilyä käyttäville. ProInfo on arvokas tietolähde mm. terveydenhuollossa, teollisuudessa, kaivosalalla ja ilmailualalla työskenteleville.

ProInfosta löydät

- 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 käyttöä koskevista vaatimuksista ja laeista sekä STUKin valvontamenettelyistä.

Lisätietoja ProInfosta Maaret Lehtiseltä, puh. (09) 759 88 244, maaret.lehtinen@stuk.fi

