

# alara

3 2011

AJANKOHTAISTA SÄTEILY- JA YDINTURVALLISUUDESTA



## & Raskaus säteily



RUOKASOODA POISTAA  
RADIOAKTIIVISIA AINEITA  
VESIJOHDOISTA.

## JOKA NUMEROSSA:

- 3 PÄÄKIRJOITUS
- 10 LYHYESTI
- 11 POLLA SÄTEILEE
- 31 UUDET JULKAISUT

- 4 Röntgentutkimus on pieni riski sikiölle
- 7 Ammattilainen tietää säteilyn vaikutukset
- 12 Vesijohdot puhtaiksi ruokasoodalla
- 15 Fukushima vaikutti myös henkisesti
- 17 Japani toipuu hitaasti
- 19 Altistuuko kaivoksissa radonille?
- 22 Herkät anturit paljastavat radioaktiiviset aineet
- 24 Antti Vuorinen on poissa
- 26 Röntgenin sattumuksista enemmän ilmoituksia
- 29 Säteilysuojelukoulutuksessa on parannettavaa



TERVEYDENHUOLLON  
RÖNTGENTOIMINNAN  
POIKKEAVISTA  
TAPAHTUMISTA  
ON TEHTY  
ILMOITUKSIA AIEMPAA  
ENEMMÄN.

# RÖNTGENKUVA on enemmän kuin aiheuttamansa riski

**Y**ksi kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa. Millainen kansikuva olisi hyvä ja sopisi lehden teemaan? Siitä on meillä Alaran toimituksessa yleensä yhtä monta mielipidettä kuin on henkilöäkin. Alaran kakkosnumeron kannessa julkaisimme kuvan Fukushiman lapsesta. Sille kuvalle ei kukaan sanonut ei. Pieni lapsi vanhemman sylissä ja muovipussilla suojattu säteilymittari kiteyttivät Fukushiman onnettomuuteen liittyviä tunteita ja mielikuvia.

Japanilainen säteilybiologian tohtori **Yoshiya Shimada** vieraili Säteilysuojelukeskuksessa syyskuun alussa. Tohtori on vahvasti lasten asialla ja pyrkii vaikuttamaan asenteisiin asiantiedolla. Shimada kertoi riipaisevia esimerkkejä säteilyn aiheuttamista peloista: Lääkärit kieltäytyivät hoitamasta Fukushiman alueen potilaita, ja abortteja tehtiin, koska odottava äiti pelkäsi syöneensä säteilylle altistunutta ruokaa.

Haastattelua lukiessa tarkistin jutusta päivämäärän lisäksi vuosisadan: elämmekö todellakin 2000-luvulla ja sivistyneessä yhteiskunnassa? Pelko ja paniikki saavat meidät käyttäytymään alkukantaisesti ja yrittämään säilyttää elämää keinolla millä hyvänsä. Fukushiman haaste on yhteiskunnallisesti laaja ja pitkäkestoinen.

Tällä kertaa Alara paneutuu säteilyn lääketieteellisen käytön haasteeseen. Kun **Wilhelm Röntgen** 1895 havaitsi kokeensa tuntemattoman säteilylajin, X-säteilyn, alkoi röntgensäteilyn lääketieteellinen kehitys. Nykyään Suomessa terveydenhuollossa tehdään vuosittain noin nel-

jä miljoonaa radiologista tutkimusta ja toimenpidettä ja kaksi ja puoli miljoonaa hammasröntgentutkimusta.

Suuriin tutkimusmääriin mahtuu joskus myös säteilyn käyttöön liittyviä poikkeavia tapahtumia. Niissä säteilyturvallisuus vaarantuu ja potilaalle, henkilökunnalle tai muulle väestölle voi aiheutua ylimääräistä säteilyannosta.

Säteilyn lääketieteellisen käytön perusperiaatteena on, että säteilyaltistus on oikeutettu, jos odotettavissa oleva terveydellinen hyöty ylittää kuvauksesta aiheutuvat riskit. Raskaana olevan naisen riskiarvioinnissa huomioidaan sekä äiti että syntymätön lapsi. Alara kertoo röntgenin sattumuksista, jatkuvasta parantamisesta, koulutuksesta ja säteilytyöstä raskauden aikana.

Jo hieman ikääntyneenä ihmisenä tuntuu mukavalta, kun röntgenhoitaja kysyy pakollisen kysymyksen ”oletko raskaana”. Vähän samaan tapaan kuin Amerikan ihmemaassa olutta ostaessa kysytään henkilötodistusta täysi-ikäisyyden varmistamiseksi. Proseduurin mukaan mennään.

Ja taas on Alaran kannessa nuorisoa, tosin äidin masussa ja hyvin kliinisessä ympäristössä. Tämänkään lehden kansikuvalinnasta ei paljon keskusteltu, koska se kolahti kaikkiin. Tosin pienenä riskinä on, että tämä numero eksyy vauvalehtien joukkoon, mutta sellaisen riskin uskaltaa ottaa.

*Elina Martikka*

Elina Martikka 9.9.2011





# RÖNTGEN- TUTKIMUS on pieni riski sikiölle

**Tavanomaisen röntgentutkimuksen tekemättä jättäminen tai akuutin kuvauksen lykkääminen voi aiheuttaa sikiölle suuremman haitan kuin varsinainen kuvaus.**

**L**ääketieteellistä säteilyaltistusta voidaan pitää oikeutettuna, jos säteilyn käytöstä odotettavissa oleva terveydellinen hyöty ylittää kuvauksesta aiheutuvat riskit. Raskaana olevan naisen kohdalla riskiarvioinnissa huomioidaan sekä äiti että syntymätön lapsi.

Kun tutkimus tehdään äidin terveyden vuoksi, osa säteilyn aiheuttamasta haitasta kohdistuu syntymättömään lapseen. Raskauden muihin riskeihin suhteutettuna säteilyaltistuksen aiheuttamien haittojen todennäköisyyttä voidaan kuitenkin pitää hyvin pienenä.

## Suorat sikiövauriot harvinaisia

Röntgentutkimuksesta aiheutuneen, alkion ja myöhemmin sikiön, kohdunsisäisen säteilyaltistuksen arvioinnissa käytetään yleensä sikiöön keskimäärin absorboitunutta annosta. Siitä käytetään tässä nimitystä sikiön annos.

Eläinkokeiden ja Hiroshiman ja Nagasakin ydinaseiskuista selviytyneiden ihmisten tutkimusten perusteella suorien sikiövaurioiden kynnyksarvoksi on tyypillisesti arvioitu vähintään sata milligraytä, jonka alapuolella kohonnuttua riskiä ei ole todettu. Tämän kynnyksarvon alittava röntgentutkimus ei anna aiheutta raskauden keskeytykselle sikiövaurioiden pelossa. Yksittäisessä röntgenkuvauksessa sikiön annos jää aina alle tämän tason. Myös toimenpiteiden yhteydessä tehtävässä läpivalaisussa ja kuvauksessa kynnyksarvon ylittyminen on erittäin harvinaista, ja se on mahdollista vain erittäin hankalissa ja pitkäkestoisissa vatsan tai lantion alueen toimenpiteissä.

## Raskauden vaihe vaikuttaa suoriin sikiövaurioihin

Kohdunsisäisen säteilyaltistuksen mahdolliset suorat vaikutukset sikiöön riippuvat annoksen lisäksi raskauden vaiheesta.

Alussa, **raskausviikoilla 0–3**, säteilyaltistus saattaa aiheuttaa alkion kuoleman jo ennen kuin se on ehtinyt kiinnittyä kohdun seinämään tai hankaloittaa alkion kiinnittymistä. Alkio joko kuolee tai kehittyy normaalisti.

**Raskausviikoilla 4–9** kehittyvät alkion elimet. Säteilyaltistus saattaa aiheuttaa esimerkiksi elinten epämuodostumia tai kasvuhäiriöitä. Ensisijaisesti vaurioituu kehittyvä keskushermosto. **Raskausviikoilla 10–17** alkaa sikiökausi, joka kestää koko loppuraskauden ajan. Sikiökauden alussa keskushermoston kehitys on nopeaa ja sen säteilyherkkyys on suurimmillaan. Säteilyaltistus tässä vaiheessa saattaa aiheuttaa pään kasvun hidastumista ja älykkyyden laskua. Lievän aivoaurion riskiä jopa alle sadan milligrayn annoksen seurauksena ei voi sulkea pois.

**Raskausviikoilla 17–40** sikiö lähinnä vain kasvaa ja säteilyherkkyys vähenee.

## Pienikin annos voi lisätä lapsen syöpäriskiä

Nykyisen käsityksen mukaan myös pienet, alle sadan milligrayn sikiöannokset voivat lisätä yksilön riskiä sairastua syöpään tai aiheuttaa jälkeläisillä ilmenevää perinnöllistä haittaa. Näitä vaikutuksia kutsutaan satunnaisiksi, eikä niille ole asetettu kynnyksarvoa. Sikiön syöpärisikin ei ole kuitenkaan todettu tällöin poikkeavan lapsuudessa säteilylle altistu-

neen elinikäisestä riskistä, joka on noin 15 prosenttia yhden grayn säteilyaltistusta kohti.

Syöpäriski kasvaa säteilyannoksen myötä. Siksi erityisesti lantion alueen tietokonetomografiatutkimuksia ja suuria radiologisia toimenpiteitä on vältettävä raskauden kaikissa vaiheissa sekä silloin, kun raskaus on mahdollinen.

## Lantion alueen tutkimuksista suurimmat annokset

Sikiön säteilyannos on suurin sellaisissa lantion alueen tutkimuksissa, joissa sikiö on suoraan säteilykentässä. Jos kohtu on säteilykentän ulkopuolella, sikiö altistuu ainoastaan sironneelle säteilylle, ja annos on hyvin pieni (alle yksi milligraytä). Tällöin röntgentutkimusta ei ole yleensä syytä jättää tekemättä mahdollisen sikiön säteilyaltistuksen vuoksi.

Korkeamman annostason (yli yhden milligrayn) tutkimusta harkittaessa sikiöannoksen arviointi on tarpeellista syöpärisikin selvittämiseksi, ja riskistä tulisi keskustella odottavan äidin kanssa. Sikiöannos voidaan arvioida jo ennen tutkimuksen suorittamista ja tarvittaessa vielä uudestaan jälkepäin.

## Tarkka raja, vähän kuvia

Säteilysuojelun perusperiaatteiden mukaisesti annostasot raskaudenaikaisissa röntgentutkimuksissa on pidettävä niin alhaisina kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista siten, että kuvat ovat diagnostisesti riittäviä. Kuvausmenetelmien digitalisoituminen ja laitteiden kehittyminen ovat pienentäneet potilaiden säteilyannoksia, ja se on myös mahdollistanut paremman säteilysuojelun.

Sikiöannosta voidaan pienentää myös valitsemalla kuvausprojektiot optimaalisesti, pyrkimällä mahdollisimman pienen kuvien määrään ja rajaamalla säteilykeila huolellisesti. Paras tapa suojata sikiötä on rajata kohdun alue suoran säteilykentän ulkopuolelle. Kun kuvataan muita kehonosia kuin vatsanseutua, si-

PARAS TAPA SUOJATA  
SIKIÖTÄ ON RAJATA  
KOHDUN ALUE SUORAN  
SÄTEILYKENTÄN ULKOPUOLELLE.

## RÖNTGENLAITTEIDEN KEHITTYMINEN ON PIENENTÄNYT SÄTEILYANNOKSIA.

kiöön kohdistuu vain siroannutta säteilyä. Sikiötä voidaan tällöin lisäksi suojata asettamalla esimerkiksi lyijyesiliina äidin vatsan päälle. Käytännössä kuvattavan alueen sekä kuvausparametrien, kuten röntgenputken jännitteen ja säteilymäärän, optimointi on kuitenkin tehokkaampi tapa pienentää sikiöannosta.

### Raskaudesta muistettava aina kysyä

Hedelmällisessä iässä olevalta naiselta pitäisi aina ennen röntgentutkimusta kysyä raskauden mahdollisuudesta, ja potilaalla on oikeus saada tietoa siitä, minkälaisista vaikutuksista sikiön säteilyaltistus voi aiheuttaa. Jos potilas on raskaana, tutkimuksen oikeutusta tulee arvioida myös sikiön kannalta.

Tilanteen mukaan voidaan harkita tutkimuksen siirtämistä synnytyksen jälkeen tai tutkimusmenetelmäksi säteetömiä menetelmiä, kuten magneettikuvausta ja ultraääntä. Akuutissa tilanteessa ei ole mahdollista aina noudattaa annettuja suosituksia, mutta tällöinkin olisi säilytettävä kaikki tekniset tiedot tehdystä tutkimuksesta mahdollisia jälkiselvityksiä varten. ❖

Paula Toroi on erikoistutkija ja Anna Kelaranta apulaisutkija Säteilyturvakeskuksen Säteilynkäytön turvallisuus-osaston Dosimetrialaboratoriossa.

Aiheesta enemmän:

Euroopan komissio 1999. Säteilysuojelu 100: Ohjeita syntymättömien vastasyntyneiden lastensuojelun siviilivanhempainaltistustessa säteilylle lääketieteellisessä tarkoituksessa. Ympäristön, ydinturvallisuuden ja väestönsuojelun pääosasto.

### Tavanomaisten röntgentutkimusten aiheuttamat sikiön säteilyannokset

| Röntgentutkimus                | Keskimääräinen sikiön säteilyannos / suurin mahdollinen annos (milligraytä) |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Natiivitutkimukset             |                                                                             |
| Kallo                          | alle 0,01 / alle 0,01                                                       |
| Keuhkot                        | alle 0,01 / alle 0,01                                                       |
| Rintaranka                     | alle 0,01 / alle 0,01                                                       |
| Lanneranka                     | 1,7 / 10                                                                    |
| Lantio                         | 1,1 / 4                                                                     |
| Vatsa                          | 1,4 / 4,2                                                                   |
| Raajat                         | alle 0,001 / alle 0,001                                                     |
| Varjoainetutkimukset           |                                                                             |
| Paksusuoli                     | 6,8 / 24                                                                    |
| Mahalauku ja ohutsuoli         | 1,1 / 5,8                                                                   |
| Laskimonsisäinen urografia     | 1,7 / 10                                                                    |
| Tietokonetomografiatutkimukset |                                                                             |
| Kallo                          | alle 0,005 / alle 0,005                                                     |
| Keuhkot                        | 0,06 / 0,96                                                                 |
| Lanneranka                     | 2,4 / 8,6                                                                   |
| Lantio                         | 25 / 79                                                                     |
| Lantion mittaus                | 0,2 / 0,4                                                                   |
| Vatsa                          | 8 / 49                                                                      |

Lähde: Sharp C., Shrimpton J.A., Bury R.F., 1998. Diagnostic medical exposures: Advice on exposure to ionizing radiation during pregnancy. Joint guidance from National Radiological Protection Board, College of radiographers and royal College of Radiologists.

## Sikiön annoksen arviointi on mutkikasta

Sikiön säteilyannosta ei voi mitata suoraan. Säteilyannosten määrityksen tarkkuus riippuu hyvin paljon käytetystä menetelmästä. Suuruusluokka-arvio saadaan käyttäen yleisiä tutkimustyyppien mukaisia arvioituja annostaulukoita. Yksilöllisempi annos-arvio voidaan laskea laitteen annosnäytön lukemasta käytetyn sähkömäärän perusteella käyttäen kirjallisuudessa annettuja konversiokertoimia. Arvio on sitä tarkempi, mitä paremmin kuvausparametrit, kuten säteilylaatu ja kuvattu alue, otetaan huomioon.

Annosarvion tekemiseen voidaan käyttää myös erilaisia tietokoneohjelmia. Käytössä olevat konversiokertoimet perustuvat yleensä keskikokoista potilasta jäljittelevä, lämmöllä tehtyihin mittauksiin ja erilaisiin tietokonesimulointeihin. Neeivät huomioi potilaiden anatomisia eroja tai esimerkiksi sikiön asentoa. Tällä hetkellä tutkimuksen kohteena ovatkin menetelmät, joissa potilaan röntgenkuviakäytetään yksilöllisen säteilyannoksen määritykseen.

Sikiön koko ja sijainti muuttuvat koko raskauden ajan, ja se vaikuttaa hyvin paljon myös sikiön säteilyaltistukseen. Kohdun keskimääräinen annos on hyvä arvio sikiön annokselle kahdeksan ensimmäisen raskausviikon aikana. Tämän jälkeen kohdun kokoon jo niin suuri, että se ei ole enää riittävä arvio sikiön annokselle, vaan tarkkaa annoslaskentaavarten pitää arvioida sikiön koko, sijainti ja asento. Tarkoissa selvityksissä sikiölle voidaan laskea jopa elinannoksia.

Teksti Päivi Mäkinen

# Ammattilainen tietää SÄTEILYN VAIKUTUKSET

Koulutus ja työ antavat röntgenhoitajalle hyvät eväät säteilyltä suojaamiseen ja oman säteilyriskin tarkkailuun. Raskauden aikana säteilynkäytön ammattilainenkin tulee varovaisemmaksi. >>



Säteilyn vaikutukset olivat röntgenhoitaja Leena Sarren mielessä raskauden aikana tavallista enemmän, kun oman ja potilaan lisäksi hänen piti huolehtia vielä syntymättömän Tuomo Sarren säteilysuojelusta.



Neljän ja puolen kuukauden ikäisellä **Tuomo Sarrella** riittää ihastelijoita ja syliin ottajia. Tuomo on päässyt käymään äidin, röntgenhoitaja **Leena Sarren**, työpaikalla Oulun yliopistollisen sairaalan (OYS) Pohjoisessa keskusröntgenissä.

Sarre valmistui röntgenhoitajaksi 2006 ja on parhaillaan vanhempainvapaalla. Ennen raskauden alkua hänen tehtäviinsä kuuluivat angiografiat. Niissä verisuoniin ruiskutetaan varjoainetta ja otetaan tutkimusalueelta röntgenkuvia. Röntgenhoitaja avustaa lääkäreitä ja on mukana tutkimushuoneessa myös läpivalaisun ajan.

Sarre kuuluu työnsä perusteella säteilytyöluokka A:han. Siinä työstä aiheutuva efektiivinen annos on tai voi olla vuodessa enemmän kuin kuusi millisieverttiä mukaan lukien poikkeavaan säteilyaltis-

tumiseen liittyvän tapahtuman mahdollisuus.

Säteilytyötä tekevän on lain mukaan siirryttävä raskauden ajaksi säteilytyöluokkaan B. Siinä työtehtävistä aiheutuva efektiivinen annos on vähemmän kuin kuusi millisieverttiä vuodessa. Järjestelyllä on tarkoitus taata sikiön turvallinen kehitys.

#### Työjärjestelyt kiinnostivat neuvolassa

Röntgenhoitajan äitiysvapaa on saman pituinen kuin muissakin ammateissa. Erityisäitiysvapaata voi saada, jos työtä ei pysty mitenkään järjestelemään. Sairaалassa järjestelyvaraa on aina.

”Raskauden toteamisen jälkeen jäin pois angiografioista. Toimin ultraäänitutkimuksissa ja -toimenpiteissä hoitajana ja otin natiivikuvia”, Sarre kertoo.

OYSin käytäntöjen mukaan raskaana oleva röntgenhoitaja saa röntgenkuvata osastolla. Potilaiden kiinni pitäminen kuvauksen aikana jää kuitenkin pois.

”Fyysikot ovat mitanneet säteilymääriä. Jos noudatetaan hyviä kuvauskäytäntöjä, säteilyannokset jäävät sallittujen rajojen alapuolelle”, hän sanoo.

Neuvolassa Sarren raskautta seurattiin normaalisti, mutta ammatin suhteen oltiin valvettuneita. Kun terveydenhoitaja ja lääkäri näkivät esitiedoista Sarren olevan röntgenhoitaja, molempien melkein ensimmäinen kysymys koski töiden järjestelyä. Sarre pohtii, olisiko seuranta ollut tarkempi, jos raskaus olisi yllättänyt tai jos alkuraskauden aikana olisi tullut suuri säteilyaltistus.

Sarren työkaverin, röntgenhoitaja **Maritta Niirasen** kolme lasta ovat syn-

tyneet 1980-luvulla. Niiraselta ei aikoinaan neuvolassa kysytty ammatista tai työjärjestelyistä mitään. Raskauksien ajaksi hän vaihtoi työtehtäviä angiografioista ultraäänitutkimuksiin tai natiivikuvauksiin.

#### Varalta askel kauemmas

Sarre ja Niiranan sanovat, että röntgenhoitaja kyllä tietää, miten raskauden aikana pitää työskennellä. Koulutuksessa asia tulee useaan kertaan esiin. Kun suojellaan potilasta säteilyltä ja oma työ tehdään kunnolla, suojellaan samalla myös itseä.

”Säteilyn vaikutusta miettii tässä työssä aina, mutta raskauden aikana vielä enemmän. Läpivalaisuhuoneen oven ohi menin nopeasti ja osastolla kuvatessani otin yhden ylimääräisen askeleen taaksepäin”, Sarre sanoo.

Raskaana ollessaan Niirankenkin peräännytty kuvatessaan varmuudeksi vielä yhden askeleen. Toinen ja kolmas raskaus sujuivat samoilla opeilla, ja lopputuloksena oli kolme tervettä lasta.

Raskaana oleva röntgenhoitaja herättää joskus ihmetystä potilaissa. Eräs ällistyi täysin nähdessään raskaana olevan Niirasen: ettäkö röntgenhoitajatkin saavat hankkia lapsia!

Jotkut Sarren potilaat saattoivat kysyä joskus hyvinkin tuohtuneina, miten on mahdollista, että raskaana olevan hoitajan annetaan ottaa röntgenkuvia tai ylipäätään olla röntgenosastolla töissä.

#### Digikuvauksesta pienempi annos

Niiranen on huomannut työuransa varrella monen säteilysuojeluun liittyvän asian muuttuneen.

”Tullessani tänne töihin ei ollut olemassaakaan esimerkiksi säteilyltä suojaavia kaulureita. Lyijyessuja oli, mutta ei takkeja ja hameita.”

Nyt osaston röntgenhoitajilla ja radiologeilla on henkilökohtaiset kaulurit, joilain henkilökohtaiset takit ja essutkin.



Raskauden aikaista säteilymäärää mitattiin töissä normaalisti dosimetrimillä. Säteilymäärät tarkistetaan A-säteilytyöluokassa kerran kuussa, B-luokassa kolmen kuukauden välein.

Myös säteilyltä suojaavien silmälasien käyttäminen on suositeltavaa.

Myös laitteet ovat kehittyneet.

”Röntgenputkien suojaukset eivät varmasti olleet ennen yhtä hyviä kuin nyt, ja säteilyannoksetkin olivat suurempia”, Niiranen arvelee.

Tekniikan kehittyminen on tuonut tullessaan digitaalisen kuvantamisen. Pienemmällä säteilyannoksella saa laadultaan parempia kuvia, ja heikkolaatuisestakin digikuvasta voi saada kuvankäsittelyn avulla enemmän informaatiota irti. Filmiaikaan epäonnistunut röntgenku-

va tiesi uutta kuvausta ja lisää säteilyaltistusta potilaalle.

Kuvan laadun ei tarvitse aina olla paras mahdollinen.

”Hyvää röntgenkuvaa on tietysti kiva katsoa, mutta useissa tilanteissa pienemmällä säteilyaltistuksella saatu heikkolaatuisempi kuva riittää”, Sarre sanoo.

Tekniikan kehittyminen ja säteilyaltistuksen pieneneminen on vienyt säteilytyöntekijöiden vuosittaiset kahden viikon säteilyvapaat. OYSissa niitä pidetään tänä vuonna viimeistä kertaa. Säteilyvapaat korvataan jatkossa rahalla. ❖

**ERÄS POTILAS ÄLLISTYI TÄYSIN:  
ETTÄKÖ RÖNTGENHOITAJATKIN  
SAAVAT HANKKIA LAPSIA!**



Röntgenhoitaja Maritta Niirasen mukaan säteilysuojelu on mennyt eteenpäin hänen työuransa aikana. Esimerkiksi laitteet ja suojausvälineet ovat kehittyneet.



## Hoitaja ei voi antaa röntgenläheteä

Säteilyturvakeskuksen tietoon on tullut, että joissakin terveydenhoidon toimipai-koissa hoitajille on annettu oikeus päivys-tyksen ruuhkatilanteessa antaa potilaal-le lähete röntgentutkimukseen. Hoitajat siis määrittävät näissä tapauksissa itse-näisesti potilaan hoidon tarpeen. Tapaa perustellaan lääkärivajeella ja terveyden-huollon pyrkimyksellä turvata potilaalle joustava ja mahdollisimman nopea hoito.

Käytäntö on kuitenkin säteilylainsäädännön vastainen eikä se ole Säteilyturvakeskuksen hyväksymä. Sairaanhoida-jan peruskoulutuksen ei katsota antavan riittäviä valmiuksia asianmukaisen lähet-teen laatimiseen tai potilaan hoitotar-peen määrittämiseen.

Vain lääkäri, joka on kliinisessä vas-tuussa potilaan hoidosta, voi potilaan tutkittuaan antaa lähetteen röntgentut-kimukseen. Potilas ei voi saada lähetettä ilman että lääkäri on tutkinut potilaan, ei-kä potilasta voida kuvata ilman lähetettä.

Lääkärin lähetteen ei kuitenkaan tar-vitse olla kirjallinen. Lääkäri voi antaa lä-hetteen suullisesti tai kirjata potilaan tie-toihin määräyksen röntgenkuvan ottami-sesta. Tämän hoitaja voi edelleen kirjata potilastietojärjestelmään.

Kun lääkärin lähete on olemassa, voi röntgentutkimuksen itsenäisesti suorit-taa siihen koulutuksen saanut röntgen-hoitaja.

## Alara nyt myös verkossa

Alaraa voi nyt lukea myös netissä sähköisenä näköislehtenä osoitteessa [www.alara.fi](http://www.alara.fi)

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

## STUK uudisti hammasröntgenohjeistusta

Hammasröntgenkuvauksissa viime vuo-sina tapahtuneiden muutosten vuoksi hammasröntgeniä koskevaa viranomais-ohjeistusta on uusittu. Päivitetty ohje ST 3.1 *Hammasröntgentutkimukset ter-veydenhuollossa* tulee voimaan lokakuun alussa. Lisäksi Säteilyturvakeskus laa-tii uuden oppaan *Hammasröntgentoimin-nan laadunvalvonta ja kuvaushuoneen sä-teilysuojaus*. Molemmat julkaistaan STU-Kin nettisivuilla [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi) kohdassa Julkaisuja ja määräyksiä.

Uudessa ohjeessa muun muassa vaa-ditaan, että uutta hammasröntgenlaitet-ta käyttöönotettaessa sille on oltava laa-dunvalvontatesteissä tarvittava välineis-tö. Aiemmin käyttöönotetuille laitteille välineistö on oltava käytössä viimeistään kahden vuoden kuluessa uuden ohjeen voimaan-tulosta.

Ohjeistuksessa on kiinnitetty huomiota myös erityisesti kartio-keilatietokonetomogra-fia- eli KKTT-tutkimuk-sissa vaadittuihin päte-vyyksiin. Ohjeen mu-kaan KKTT-tutkimuk-sista voi toimenpidevas-tuussa olla joko radiolo-gian erikoishammaslää-käri tai erikoislääkäri tai vaihtoehtoisesti ham-maslääkäri tai lääkäri, jo-ka on läpäissyt yliopiston kirjallisen kuulustelun KKTT-tutkimuksista.

Nämä voivat myös teh-dä KKTT-tutkimuksia il-man erillistä lähetettä. Röntgenhoitaja voi teh-dä itsenäisesti lähetteen mukaisen KKTT-kuvauk-sen.

Toimenpiteestä vastuussa olevan ham-maslääkärin tai lääkärin ohjeiden mukai-sen KKTT-kuvauksen voi myös tehdä ter-veydenhuollon ammattihenkilö, esimer-kiksi suuhygienisti, jos hän on suoritta-nut KKTT-kuvauksia koskevan täyden-nyskoulutuksen ja näyttökokeen. Tällöin toimenpiteestä vastaavan henkilön on kuitenkin oltava tavoitettavissa kuvaus-ta tehtäessä.

Sekä hammaslääkäreiden että suuhy-gienistien ja hammashoitajien KKTT-tut-kimuksia varten edellytettävän täyden-nyskoulutuksen määrästä ja sisällöstä käydään keskusteluja oppilaitosten, ope-tus- ja kulttuuriministeriön, opetushalli-tuksen, sosiaali- ja terveysministeriön se-kä STUKin kesken.



- NÄITÄ YDINVOIMALOITA ON AIVAN TURHA KAMMOKSUA. TURVALLISUUDESTA HUOLEHDITAAN ÄÄRIMMÄISELLÄ TARKKUUDELLA JA YDINVOIMALAN ALUETTAKIN VALVOTAAN TEKNI-IKAN JA JATKUVAN KOIRAPARTIOINNIN AVULLA.

## Harjoituksesta oppia onnettomuuden hoitoon

Elokuun viimeisenä päivänä Lounais-Suomen aluehallintovirasto järjesti laajan OLKI 11 -pelastustoimintaharjoituksen. Siinä hiottiin toimintatapoja Olkiluodon ydinvoimalaitoksen onnettomuuden varalle. Harjoitukseen osallistui yli kolme-kymmentä organisaatiota: useita ministe-riöitä ja muita keskushallinnon toimijoi-ta sekä organisaatioita ja kuntia Lounais-Suomen ja Varsinais-Suomen alueelta. Sä-teilyturvakeskus osallistui noin 90 henki-lön voimin.

Todentuntua harjoitukseen toivat pai-kalliset tiedotusvälineet ja Jyväskylän yliopiston tiedotusopin opiskelijat, jot-

ka toimivat kansalaisten roolissa. Sisä-asiaiministeriö tarjosi harjoituksen käyttöön ekstranet-sivuston, josta saattoi seurata viranomaisten lehdistötiedotteita ja toimittajien tekemiä artikkeleita. Sivus-to toimi myös kansalaiskeskustelun foo-rumina kuten oikea sosiaalinen media.

STUK oli hionut toimintaansa edelli-sissä harjoituksissa kerätyn palautteen perusteella. Myös Fukushima onnetto-muuden hoidosta oli kertynyt paljon oppia. Harjoituksessa kuvitteellinen tilanne oli kuitenkin erittäin haastava. Tilanteen alussa harjoiteltiin yhteistoimintaa poli-i-sin kanssa. Puolen päivän aikoihin tapah-

tui kuvitteellinen radioaktiivisten ainei-den päästö ympäristöön. Kyseisen päivän todellinen säätilanne olisi levittänyt pääs-tön kohti etelää rannikon suuntaisesti. Suojaustoimia suunnitellessaan STUK oli yhteydessä lukuisiin toimeenpaneviin vi-ranomaisiin.

Kaikille harjoitukseen osallistuneil-le organisaatioille pidetään yhteinen pa-lautetilaisuus syyskuussa. Kuten kaikis-sa harjoituksissa, tästäkin löytyy varmas-ti opittavaa ja parannettavaa. Myös hy-väksi havaittuja käytäntöjä voidaan jakaa toisten kanssa.



Radioaktiivisten aineiden saastuttama vesijohtoverkosto voidaan puhdistaa myrkyttömillä ja edullisilla kemikaaleilla.

Vedenjakeluverkosto on erittäin herkkä osa koko yhteiskunnan infrastruktuuria, sillä juomaveden saastuminen vaikuttaa mahdollisten terveyshaittojen lisäksi kielteisesti ihmisten mielikuviin vesijohtoveden turvallisuudesta.

Fukushiman ydinvoimalaonnettomuus ja sen seurauksena saastunut juomavesi herätti kysymyksiä siitä, kuinka juomaveden radioaktiiviseen saastumiseen on vaurauduttu ja kuinka saastuneen verkoston voi puhdistaa.

#### Vähän tutkittu aihe

Vesijohtoverkoston saastuminen aiheutuu yleisimmin onnettomuuden tai huolimattomuuden seurauksena. On kuitenkin otettava huomioon mahdollisuus, että vedenjakeluverkosto saastuu myös pahantahtoisen toiminnan seurauksena.

Mikäli vedenjakeluverkostossa liikkuva juomavesi saastuu radioaktiivisilla aineilla, saastuvat myös veden kanssa kontaktissa olevat materiaalit, kuten putkistot, venttiilit, vesisäiliöt ja hanat.

Vesijohtoverkoston ja siinä käytettävien materiaalien kontaminaatiota radionuklideilla on tutkittu hyvin vähän, eikä niiden puhdistamista ole tutkittu aiemmin lainkaan.

Nyt tutkimusta viedään eteenpäin EU:n rahoittamassa SecurEau-hankkeessa, jossa Säteilyturvakeskus on mukana.

Hankkeessa tutkitaan vedenjakeluverkoston kemiallista, biologista ja radioaktiivista saastumista sekä keinoja puhdistaa näin saastunut verkosto.

#### Nuklideista osa hiukkasiksi veteen, osa kiinni putkiin

Vedenjakeluverkostoissa putkien materiaaleina käytetään muun muassa valurautaa, kuparia, ruostumatonta terästä, erilaisia muoveja, kuten polyeteeniä, polypropeenaa ja polyvinyylikloridia sekä sementtiä ja kumitiivisteitä.

Jos radioaktiivista ainetta joutuu vesijohtoverkostoon, osa radionuklideista kiinnittyy putkimateriaaleihin ja niiden pinnalle kerääntyneisiin korroosiosakoihin. Osa nuklideista taas muodostaa hiukkasia, jotka jatkavat kulkuaan putkistossa kiinnittymättä putkiin.

Radionuklidit kiinnittyvät eri materiaaleihin verrattain nopeasti, alle vuorokaudessa, kun taas hiukkasten muodostuminen ja sakkautuminen on merkittävästi hitaampaa.

Hiukkaset ovat pieniä ja hienojakoisia eivätkä ne ole silmin havaittavissa. Ne laskeutuvat hitaasti seisovassa liuoksessa painovoiman vaikutuksesta astian pohjalle. Hiukkasia on havaittu muodostuvan selvästi enemmän teräsastioissa kuin muoviasioissa: teräsastiassa 30–40 prosenttia radionuklideista on irrallisina hiukkasina.

#### Putkiston uusiminen on työlästä ja kallista

Radionuklidien kiinnittyminen putkistoon vaihtelee riippuen radionuklidista ja putkimateriaalista. Esimerkiksi polonium ja amerikium kiinnittyvät heikoimmin polypropeenimuoviin mutta hyvinkin tehokkaasti muihin muoveihin. Polonium kiinnittyy kaikkein voimakkaimmin polyeteeniin, kun taas amerikium kiinnittyy parhaiten ruostumatomaan teräkseen.

Veden pH-arvon vaihtelut saattavat irrottaa osan putkimateriaaleihin kiinnittyneistä radionuklideista.

Radioaktiivisia aineita pidetään yleisesti huomattavasti vaarallisempina ja haittisempina kuin tutumpia kemikaaleja. Radioaktiivisiin aineisiin liittyy myös säteilyaltistuksen uhka.

Näistä syistä on todennäköistä, että ihmisten epäluulot juomaveden puhtaudesta kohtaan eivät hälvenisi, vaikka kiinnittyneet radionuklidit eivät irtoaisikaan putkimateriaalista juomaveteen. Jos siis radioaktiivista ainetta joutuisi vesijohtoverkkoon, putket olisi käytännössä pakko uusia. Vedenjakeluverkoston uusiminen on kallista, ja töistä aiheutuvat vesikatkokset hankaloittavat jokaisen elämää.

#### Myrkyttömät kemikaalit puhdistavat tehokkaasti

Säteilyturvakeskus tutki osana SecurEau-hanketta, miten radionuklidit saataisiin puhdistettua vesijohtoverkostosta.

Tutkimuksessa amerikiumin ja poloniumin puhdistaminen onnistui tehokkaasti sekä muovi- että teräsputkista myrkyttömillä ja edullisilla kemikaaleilla. Näin kustannukset laskevat merkittävästi putkistojen uusimiseen verrattuna. ▷

**RUOKASOODA PUHDISTAA TEHOKKAASTI  
POLONIUMIA JA AMERIKIUMIA SEKÄ  
MUOVI- ETTÄ TERÄSPUTKISTA.**

# Vesijohtot puhtaiksi ruokasoodalla



SecurEau-hankkeen verkkosivut:  
www.secureau.eu

Amerikium voidaan irrottaa erilaisista muoveista tehokkaasti (yli 99 prosentin dekontaminaatioaste) ja nopeasti (jopa alle viidessä tunnissa) kalsiumasetaatilla, EDTA:lla (etyleenidiamiinitetraetikkahappo), trinatiumpsitraatilla tai natriumbikarbonaatilla eli tavallisella ruokasoodalla suhteellisen alhaisissa pitoisuuksissa. Ruokasooda irrottaa hyvin myös poloniumia sekä muoveista että ruostumatomasta teräksestä. Ruokasooda on tutkituista kemikaaleista selvästi edullisin ja ympäristöystävällisin aine, jonka myös Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevirasto FDA on luokitellut turvalliseksi.

Voimakkaasti kompleksoivat yhdisteet, kuten EDTA, voivat luonnon vesiympäristöön päästessään liuottaa maa-ainekseen kertyneitä raskasmetalleja, jolloin niitä pääsee siirtymään ravintoketjuun. Tämän vuoksi ne soveltuvat huonosti vedenjakeluverkoston puhdistamiseen.

#### Kloorauksesta ei juuri apua

Mikrobien puhdistuksessa käytetään vedenjakeluverkostossa niin kutsuttua shokkikloorausta, jossa veden kloridipitoisuus nostetaan tasolle 200 milligrammaa litraa kohden. Tästä menetelmästä ei ole juurikaan apua radionuklidien poistamisessa. Poloniumiin klooraus tehoaa erittäin heikosti, amerikiumia klooraus irrottaa 25–70 prosenttia.

Radioaktiivisella materiaalilla saastuneen vedenjakeluverkoston puhdistamista kemiallisin keinoin on tutkittava lisää. Päähuomio on ensiksi kiinnitettävä turvallisiin kemikaaleihin, kuten ruokasoodaan. ❖

Kirjoitusperustuu Saara Hakalan Aalto-yliopiston teknilliselle korkeakoululle tekemään diplomityöhön ”Chemical Decontamination of Polonium-210 and Americium-241 from Pipe Materials Used in Water Distribution System”.



## Vesikriisi käy kalliiksi

Talousveden laadun tulee Suomessa täyttää sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen vaatimukset ja suositukset. Vesilaitokset ja terveysviranomaiset valvovat säännöllisesti veden laatua. Toistaiseksi ainoastaan suuret vesilaitokset raportoivat säännöllisesti EU:lle veden laadusta ja siinä esiintyneistä muutoksista.

EU:n juomavesidirektiivin mukaan juomavedestä tulisi analysoida myös tritiumpitoisuus ja viitteellinen kokonaissäteilyannos. Menetelmää kokonaisannoksen mittaamiseen ei kuitenkaan ole otettu käyttöön, eikä sitä tällä hetkellä valvota. Lisäksi aikaisemmat pitkäaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet talousveden tritiumpitoisuuden Suomessa erittäin pieneksi, joten vesilaitoksilla ei ole velvollisuutta mitata tritiumpitoisuutta.

Säteilyturvakeskus mittaa viiden vesilaitoksen juomavedestä tritiumin, strontiumin isotoopin 90 ja cesiumin isotoopin 137 pitoisuuksia kahdesti vuodessa määrittääkseen väestön vuosittaisia altistumista keinotekoisille radionuklideille.

Suomen historian vakavin vesijohtovedestä johtuva epidemia sattui marraskuussa 2007 Nokialla, kun 450 000 litraa teknistä, kemiallisesti puhdistamatonta vettä päästettiin puhdistetun veden joukkoon. Verkoston puhdistaminen osoittautui teknisesti haastavaksi ja aikaa vieväksi prosessiksi: juomavesi oli saastunut neljän kuukauden ajan. Vesikriisin seurauksena arviolta 8 000 ihmistä sairastui. Ainakin yhden henkilön on osoitettu kuolleen juomaveden saastumisen seurauksena.

# FUKUSHIMA VAIKUTTI myös henkisesti

Fukushiman ydinvoimalaonnettomuus järkytti japanilaisia. Onnettomuuden jälkeen lastenkin kannalta tärkeintä on vaikuttaa asenteisiin asiatiedolla, ymmärtää tapahtuneen mittasuhteet ja estää säteilyn lisävaikutukset.

Säteilybiologian tohtori **Yoshiya Shimada** Japanin kansallisesta säteilytutkimuslaitoksesta (NIRS) vieraili Säteilyturvakeskuksessa ja Turun yliopistossa syyskuun alussa. Hän johtaa NIRSissä ohjelmaa, jossa tutkitaan lapsena saadun säteilyn terveysvaikutuksia.

Yoshiya Shimada on osallistunut Fukushima lasten terveyden seurantaan ja säteilystä tiedottamiseen ja on vienyt tietoa myös Japanin hallitukselle. Eräs haaste on ollut vastata säteilyn vaikutuksille altistuneiden ihmisten kysymyksiin, sillä usein vastassa on ollut myös vihaisia reaktioita.

”On ollut tärkeää selvittää, etten puhu ydinvoimapolitiikkaa, vaan puhun lapsista. Pyydän myös poliitikoilta, etteivät he käyttäisi lapsia poliittisen päätöksenteon välineenä.”

#### ”Tokio meni paniikkiin”

Tapahtumat alkoivat, kun 11.3. tapahtuneen tsunamin seurauksena neljä kuudesta Fukushima Dai-ichin ydinvoimalaitosyksiköstä vaurioitui. Lähes 120 000 ihmistä evakuoitiin lähialueilta.

Fukushima Dai-ichin voimalaitokselta luoteeseen sijaitsevat alueet saivat suurimmat radioaktiiviset laskeumat. Säteilyn aiheuttamat annosnopeudet heti onnettomuuden jälkeen olivat 20 kilomet-

rin etäisyydellä voimalasta jopa 300 mikrosievertiä tunnissa ja vielä Fukushima kaupungissakin, noin 60 kilometrin päässä onnettomuuslaitoksesta, 20–25 mikrosievertiä tunnissa.

Suurin psykologinen reaktio koettiin kuitenkin etelässä, yli 200 kilometrin etäisyydellä Tokiossa, vaikka onnettomuus aiheutti siellä vain pienen nousun taustasäteilyyn.

”Tokio meni paniikkiin”, Shimada sanoo. Hän kertoo esimerkkejä ääritilanteista: lääkärit kieltäytyivät hoitamasta Fukushima alueen potilaita, joiden pelkäsivät saaneen säteilyä. Tehtiin abortteja, kun odottava äiti pelkäsi syöneensä säteilylle altistunutta ruokaa.

”Lapset pidettiin kotona sisällä parin kuukauden ajan, ja ikkunat pidettiin suljettuina. Ihmisiä muutti Japanin läntisiin osiin. Ihmiset irtisanoutuivat työstään, ja Fukushima lapsia syrjittiin.”

#### Japanissa taustasäteily keskimääräistä alempi

Yoshiya Shimada kokeekin yhdeksi tärkeimmistä ja samalla vaikeimmista rooleistaan biologina saada ihmiset ymmärtämään tosiasioita; missä mittaluokassa säteilylle on altistuttu, ja mikä säteilyannosten merkitys on.

”Japani on alue, jossa taustasäteily on maailmanlaajuisesti keskimääräistä matalampaa.”

Japanissa taustasäteily on noin 0,1 mikrosievertiä tunnissa, joillakin alueilla hiukan korkeampi. Alueiden välisessä vertailussa korkeampi taustasäteily ei kuitenkaan merkitse korkeampia syöpälukuja. Kun taustasäteilyn suuruus on kohtuullinen, sillä ei ole vaikutusta syöpälukuihin.

Keskimäärin japanilainen saa säteilyä vuodessa 1,5 millisievertiä ja elämänsä aikana yhteensä 120 millisievertiä. Fukushima luvut nousivat maaliskuussa siten, että vuositasolla kyse olisi 2,4 millisievertin vuotuisesta säteilyannoksesta. Vertailun vuoksi: suomalaisen keskimääräinen säteilyannos on noin 3,7 millisievertiä vuodessa.

#### Kilpirauhasannokset tutkittu tuhannelta lapselta

Kun Fukushima aiheuttamat päästöhuiput ohitettiin, suuremmaksi ongelmaksi tuli laskeuma, joka saastutti ympäristöä ja vaikutti ravintoon.

Tähän mennessä Japanissa on tutkittu tuhat Fukushima alueen lasta ja heidän saamansa kilpirauhasen kohdistunut säteilyannos:

”Yhdellekään tutkituista lapsista ei ol-



## FUKUSHIMAN ALUEEN LASTEN TERVEYTTÄ AIOTAAN SEURATA VUOSIKYMMENIÄ.



STUKissa vieraillut säteilybiologian tohtori Yoshiya Shimada on osallistunut Fukushima lasten terveyden seurantaan ja säteilystä tiedottamiseen. ”On ollut tärkeää painottaa, etten puhu ydinvoimapolitiikkaa, vaan puhun lapsista.”

lut aiheutunut yli 100 milligrayn kilpirauhasannosta. Suurimmat annokset kilpirauhaselle olivat 35 milligraytä”, Shimada sanoo..

”Kilpirauhassyövän esiintyvyyden kasvu on epätodennäköinen näillä altistuksilla.”

Toisaalta tutkittavia lapsia on vielä tuhansia, kaikkien mahdollisesti saamaa annosta ei tiedetä.

Shimada arvioi kuitenkin, että alle 100 milligrayn annoksilla syöpäriskin kasvu on liian pientä havaittavaksi. Japanilaisen perusravinnon korkealla jodipitoisuudella voi olla suojaava vaikutus.

Vuosittaisten terveystarkastusten on määrä jatkua, ja meneillään on erilaisia tutkimuksia, joilla verrataan Fukushima lapsia toisten alueiden lapsiin. Lasten terveyttä aiotaan seurata vuosikymmeniä.

Lapsilla kudosten nopea kasvu merkitsee sitä, että he ovat alttiimpia säteilylle. Toisaalta cesiumin biologinen puoliintuminen on lapsilla aikuisia nopeampaa.

### Syöpäriskiin voi vaikuttaa

Yoshiya Shimada muistuttaa, että syöpä on monen vältettävänkin tekijän aiheuttama sairaus. Vaikka esimerkiksi lapset olisivat nyt saaneet hieman kohonneen annoksen säteilyä, paljon on vielä tehtävissä.

Myös tupakointi ja alkoholinkäyttö lisäävät syöpäriskiä, samoin kuin painoindeksin 30 ylittävä lihavuus, liikkumattomuus ja kasvisten puuttuminen ruokavaliosta.

”Syöpä voidaan vielä monella tavalla estää, kun saadaan paino hallintaan, harrastetaan liikuntaa ja ruokavalio on tasapainoinen.”

Joka toinen japanilainen sairastuu elin-aikanaan syöpään, ja siihen kuolee noin joka kolmas tai neljäs.

”Mutta vaikka syöpä ei johtuisi Fukushimasta, ihmisillä on tapana ajatella, että ’siitä se johtuu’”, Shimada pohtii.

### Japanilaiset tarttuneet toimeen

Nyt tärkeitä ovat yksilöiden ja yhteisöjen toimet, jotta säteilyaltistus tästä eteenpäin jää mahdollisimman pieneksi. Ilahduttavaa on, että ihmiset ovat tarttuneet asioihin yhdessä.

”Näin on löytynyt ihmisiä, jotka ovat valmiita puhdistamaan maanpinnan, puhdistamaan säteilyn saastuttamia kohteja ja rakennuksia ja leikkaamaan saastuneet lehdet puista. Se vaatii työtä ja tekijöitä”, Yoshiya Shimada sanoo. ❖

# JAPANI toipuu hitaasti

## Radioaktiivisen laskeuman vaikutukset näkyvät Japanissa vielä vuosia.

**M**aanjäristys ja hyökyaalto katkaisivat 11.3. Fukushima prefektuurissa sijaitsevan Dai-ichin ydinvoimalan sähkön- ja vedensaannin. Tilanne riistäytyi käsistä, ja reaktori toisensa perään vaurioitui pahasti.

Voimalaitokselta pääsi hallitsemattomasti useiden päivien ajan ilmaan suuria määriä radioaktiivisia aineita, pääosin jalokaasuja ja radioaktiivisia jodin ja cesiumin isotooppeja. Päästöjen on arvioitu olleen noin 10–20 prosenttia Tšernobylin päästöistä.

Aluksi merelle ja etelään käynyt tuuli muutti suuntaansa pohjoiseen kuljettaen mukanaan radioaktiivisia aineita. Hengitysilmasta saastui ihmisten asuttamilla lähi-alueilla useiden kymmenien kilometrien päähän voimalasta. Paikoin rankat sadekuurot huuhtoivat radioaktiiviset aineet maahan, syntyi radioaktiivinen laskeuma.

Ensimmäisten päivien säteilytasosta ei ole varmoja lukemia. Noin 20 kilometrin päässä laitokselta mitattiin korkeimmillaan 15.3. yli 300 mikrosievertiä tunnissa. Monin paikoin annosnopeudet olivat useita päiviä yli 100 mikrosievertiä tunnissa laskien myöhemmin kymmeniin mikrosieverteihin tunnissa.

### Evakuoinnit aloitettiin ripeästi

Kun tilanteen vakavuus ymmärrettiin, aloitettiin lähialueen evakuointi, joka ylsi 20 kilometrin säteeseen laitoksesta. Evakuoituja ihmisiä oli yhteensä 78 000 henkeä. Evakuoinnilla arvioitiin vältettävän yli 50 millisievertin säteilyannoksia.



IAEA:n asiantuntijat Fukushima Dai-ichin laitoksella 27.5.2011.

Lisäksi 20–30 kilometrin etäisyydellä asuvia noin 62 000 ihmistä kehoitettiin pysymään sisätiloissa, millä arvioitiin vältettävän 10–50 millisievertin säteilyannoksia. Tämän alueen ihmisiä kehoitettiin siirtymään vapaaehtoisesti muualle vasta useiden viikkojen jälkeen.

Kun laskeuman suuruus selvisi, laajennettiin 20 kilometrin evakuointialuetta luoteeseen pahimmin saastuneelle alueelle. Näitä evakuoitavia oli noin 10 000.

Evakuointikeskuksiin ja sisälle suojautumisen alueelle jaettiin joditabletteja. Ne suojaavat oikea-aikaisesti otettuna radioaktiiviselta jodilta mutta eivät muilta radioaktiivisilta aineilta.

### Ensimmäisenä saastuivat juomavesi ja maito

Laskeuma saastutti isolla alueella juomaveden lähteet. Japanissa suurin osa juomavedestä on pintavettä, joka saastuu laskeumatilanteessa nopeasti. Juomaveden käyttörajoituksia oli runsaasti lähi-alueilla, mutta myös Tokiossa asti.

Myös maito saastuu nopeasti, mikä-

li lehmät sekä hengittävät saastunutta ilmaa että syövät saastunutta ruohoa tai juovat saastunutta vettä. Lihaan radioaktiiviset aineet kertyvät hitaammin. Kun eläimet saavat puhdasta rehua ja vettä, sekä maito että myöhemmin liha puhdistuvat. Maidossa mitattiinkin jo muutamien päivien kuluttua isoja jodi- ja cesiumpitoisuuksia varsinkin Fukushima prefektuurin alueella. Lihassa kohonneita aktiivisuuspitoisuuksia alkoi näkyä vasta kesällä. Joillakin alueilla Fukushimassa tuotettu maito on edelleen myyntikielossa, samoin nyt liha.

### Vihannekset saastuivat paikoin pahoin

Kasvillisuus saastuu sekä suoraan laskeumasta, kun radioaktiiviset aineet laskeutuvat kasvien pinnoille että myöhemmin, kun kasvit imevät juuriensa kautta radioaktiivisia aineita maasta. Saastumistaso riippuu sekä kasvista että maaperän laadusta. Myös kasvihuonevihannekset voivat saastua, jos huoneeseen pääsee saastunutta ulkoilmaa tai kasveja kastellaan saastuneella vedellä.

Laskeuma-alueella saastuivat ensin



## PAHIN LASKEUMA-ALUE ON PIENI, MUTTA LASKEUMAN VOIMAKKUUS ON SUURI.

lehtivihannekset ja erilaiset kaalit. Isoja, kymmeniätuhansia becquerelejä kilossa olevia aktiivisuuspitoisuuksia radioaktiivista jodia ja cesiumia mitattiin erilaisissa salaateissa ja esimerkiksi parsakaaleissa. Fukushimaa prefektuurin alueen vihannekset pantiin myyntikieltoon, mutta myös kauempana löytyi yli käyttörajojen olevia pitoisuuksia.

### Mereen pääsi ja laskettiin radioaktiivista vettä

Osa tuhoutuneisiin reaktoreihin pumputusta merivedestä valui takaisin mereen. Merestä mitattiinkin normaalitasoon nähden kymmeniätuhansia kertoja suurempia pitoisuuksia cesiumia ja vielä enemmän radioaktiivista jodia, jota normaalisti ei ole merivedessä ollenkaan.

Merivirtaukset käyvät alueella ensin rannikon suuntaisesti, mutta kääntyvät sitten kauemmaksi Tyynellemerelle.

Vielä ei pystytä arvioimaan, kuinka pahasti meriympäristö lopulta on saastunut: Petokalojen ja merinisäkkäitten liha saastuu vasta viiveellä. Toisaalta radioaktiiviset aineet laimenevat ja leviävät meressä isoon vesimassaan.

Onnettomuuden päästöt eivät välttämättä aiheuta suurempia haittoja kuin voimalaitoksen edustan lähivesillä. Kalastus on yhä kielletty 30 kilometrin etäisyydelle voimalaitoksesta.

### Päästöt pienentyneet oleellisesti

Onnettomuuden alusta on nyt puoli vuotta. Reaktorien väliaikaista jäähdytysjärjestelmää yritetään yhä saada toimimaan, mutta polttoaineen nykytilaa ei vieläkään tiedetä tarkkaan. Reaktoreista pääsee yhä pieniä määriä radioaktiivisia aineita ilmaan. Vesipäästöjen pysäyttämiseksi ei ole täysin onnistuttu.

Ulkoisen säteilyn annosnopeudet evakuointialueen ulkopuolella ovat laskeneet pääosin taustasäteilyn tasolle tai lähelle sitä muualla paitsi Fukushimaa prefektuurissa. Siellä ulkoista säteilyä on edelleen yli yksi mikrosievertiä tunnissa.

Laskeumatilannetta on kartoitettu lentomittauksin. 1–3 megabecquerelin cesiumin laskeuma-alue ulottuu kapeana kiilana noin 60 kilometrin etäisyydelle luoteeseen voimalaitoksesta, lähelle Fukushimaa kaupunkia.

Suurimmillaan cesiumlaskeuma on samaa suuruusluokkaa kuin Tšernobylin lähialueilla, korkeimmillaan välillä 6–30 megabecquereliä neliometrillä. Tämä saastunein alue on kuitenkin kooltaan vain kymmenesosa Tšernobylin vastavasta laskeuma-alueesta.

### Tärkeintä rajoittaa lasten saamia annoksia

Jatkossa on olennaisinta, että puhdistustoimet laskeuma-alueilla saadaan kunnon käyntiin. Evakuoidut ihmiset eivät voi palata koteihinsa ennen kuin alue on puhdistettu. Voi olla, että kaikkia alueita ei saada asumiskelpoiseksi.

Japanilaisilla on tavoitteena saada asuttavat alueet sellaiseen kuntoon, että asukkaiden saamat annokset eivät ensimmäisenä vuonna ylitä 20 millisievertin kokonaisannosta ja laskevat myöhemmin alle yhden millisievertin. Erityishuomiota kiinnitetään lasten annosten vä-

hentämiseen. Päiväkotien, koulujen ja leikkikenttien puhdistaminen on etusijalla. Ympäristön puhdistamisen lisäksi on taattava myös puhtaan ruuan saatavuus.

### Viestinnällinen haaste on suuri

Vaikeutena on säteilytilanteesta ja sen merkityksestä tiedottaminen japanilaisille totuudenmukaisesti, väheksymättä tai liioittelematta.

Onnettomuuden suurimmat terveyshaitat tulevat oman käsitykseni mukaan syntymään sosiaalis-psykologisista syistä, ei säteilystä. Näin kävi Tšernobylessäkin. Yhtään ihmishenkeä ei tiettävästi ole säteilyn takia menetetty, ja terveyshaitat pystytään pitämään pieninä.

Japanilaiset suunnittelevat 30 vuoden terveystilanteen seuranta kahdelle miljoonalle Fukushimaa seudun asukkaalle. Se on haastavaa maassa, jossa ei ole sellaista julkista terveydenhoitoa ja tilastointia kuin Suomessa. Toisaalta se kertoo siitä, että onnettomuus ja sen mahdolliset seuraukset otetaan vakavasti. ❖

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

## Paljonko on paljon?

Annosnopeus ilmaisee, kuinka suuren säteilyannoksen ihminen saa tiettyssä ajassa. Annosnopeuksien yhteydessä käytetään yksikköä mikrosievertiä tunnissa.

- Luonnon taustasäteily Suomessa on 0,04–0,30 mikrosievertiä tunnissa.
- Suojelutoimet aloitetaan, jos annosnopeus on yli 10 mikrosievertiä tunnissa.
- Sisälle on suojauduttava ja pääsy vaara-alueelle estettävä, kun annosnopeus on yli 100 mikrosievertiä tunnissa.
- Fukushimaa voimalan lähikaupungissa mitattu korkein annosnopeus oli yli 300 mikrosievertiä tunnissa.

Säteilyannos on suure, jolla kuvataan säteilyn aiheuttamaa terveyshaittaa. Yksikkönä käytetään usein millisievertiä.

- Suomalaiselle säteilystä aiheutuva keskimääräinen annos vuodessa on 3,7 millisievertiä.
- Säteilytyöntekijälle suurin sallittu annos vuodessa on 50 millisievertiä.
- Fukushimaa asukkaiden annospyritään pitämään ensimmäisenä vuonna alle 20 millisievertin.



## Altistuukokaivoksissa RADONILLE?

Maanalaisissa kaivoksissa radonpitoisuudet on saatu laskuun tehokkaalla ilmanvaihdoilla.

Nykyisen Saksan alueella sijaitsevassa Schneebergissä havaittiin 1500-luvulla outo ilmiö: nuoret, uraanikaivoksissa työskennelleet miehet kuolivat usein keuhkosairauteen.

Schneebergin kaivostyöläiset ovat ensimmäisiä tiedossa olevia radonin uhreja. Myöhemmin on todettu, että radonpitoinen hengitysilma lisää riskiä sairastua keuhkosityöpään.

### Vaaralliset hajoamistuotteet

Radon on hajuton ja näkymätön radioaktiivinen jalokaasu, jota on Suomen maaperässä. Maanalaisissa tiloissa radonia



saattaa esiintyä, mikäli riittävästä ilmanvaihdosta ei huolehdi. Avolouhoksilla ei juuri altistuta radonille, koska radonpitoisuus laimenee nopeasti ulkoilmassa.

Radoniin liittyvä keuhkosityöpävaara ei aiheudu itse radonkaasusta, vaan sen lyhytikäisistä hajoamistuotteista. Sekä radonkaasu että ilmassa leijuvat radonin hajoamistuotteet kulkeutuvat hengitysilman mukana keuhkoihin. Toisin kuin radonkaasu, hajoamistuotteet tarttuvat keuhkoputkistoon ja keuhkorakkuloihin aiheuttaen keuhkosityöpärisiä lisäävän säteilyannoksen.

Mittaukset aloitettiin 70-luvulla

Säteilyturvakeskus tekee määräajoin tarkastuksia maanalaisissa kaivoksissa ja louhintatyömailla. Kaivosten radonpitoisuuksien mittaaminen aloitettiin Suomessa vuonna 1972. Ensimmäiset raja-arvot annettiin vuonna 1975, ja vuodesta 1992 lähtien kaivosten radonmittaukset ovat olleet lakisääteisiä.

Kaivoksen radonpitoisuudella tarkoitetaan sen hengitysilman radonpitoisuutta, ja se mitataan ottamalla niin sanottu hetkellinen ilmanäyte työpisteen hengitysilma-  
masta. Radonpitoisuus mitataan mahdollisuuksien mukaan kaikissa työpisteissä eri puolilla kaivosta, jotta saadaan mahdollisimman kattava kuva koko kaivoksen radonpitoisuudesta.

Radonpitoisuuden keskiarvo lasketaan kaivoksissa hengitysilman radonpitoisuuden työnaikaisena keskiarvona kaikissa työpisteissä. Toimenpidearvo on 400 becquereliä kuutiometrissä: mikäli keskiarvo on tätä korkeampi, radonpitoisuutta tulee pienentää.

Mittausten alkuvaiheessa 1970-luvulla kaivosten radonpitoisuuden keskiarvo oli selvästi yli toimenpidearvon, liki 1 800 becquereliä kuutiometrissä. Suurimmat yksittäisissä kaivoksissa mitatut keskiarvot olivat huomattavasti tätäkin suurempia – korkein mitattu keskiarvo oli peräti 14 000 becquereliä.

KAIVOSTEN KESKIMÄÄRÄINEN RADONPITOISUUS ON LASKENUT JO TAVANOMAISTEN TYÖ-  
PAIKKOJEN JA ASUNTOJEN TASOA ALEMMAKSI.

Kaivostyöntekijöitä entistä vähemmän

Suomen maanalaiset metallimalmikaivokset sijaitsevat Huittisilla, Ilomantsissa, Kemissä, Kittilässä, Nivalassa, Orivedellä, Pyhäsal-  
mella ja Sodankylässä. Lisäksi Suomessa on kolme maanalaista kalkkikaivosta Lohjalla, Sipoossa ja Savonlinnassa.

Suomessa on nyt 11 maanalaista kaivosta, joissa työskentelee yhteensä noin 440 työntekijää maanalla. Työtehtävien automatisoituminen jateknii-  
kan kehittyminen ovat laskeneet työntekijämäärän kolmannekseen 1970-luvun tasosta.

Maailmanlaajuisen kaivosbuumion viime vuosina laajentanut kaivostoimintaa Suomessa-  
kin. Työntekijöiden määrä ei meillä kuitenkaan toistaiseksi ole lisääntynyt.

TYÖPAIKAN RADON PITÄÄ MITATA KUNNISSA,  
JOISSA ON MITATTU KORKEITA RADONPITOI-  
SUUKSIA ASUNNOISSA TAI TYÖPAIKOILLA.

Työpaikkojen radonpitoisuutta valvotaan

Työpaikan radonpitoisuus pitää mitata kunnissa, joissa on mitattua korkeita radonpitoisuuksia asunnoissa tai työpaikoilla. Lisäksi radonpitoisuus tulee mitata työpaikoilla, jotka sijaitsevat harju- tai muilla vastaavilla alueilla. Mittaukset tulee tehdä myös kaikissa maan alla sijaitse-  
vissa työtiloissa, joissa työskennellään pysyvästi. Säteilyturvakeskus valvoo työpaikkojen radonia ja antaa tarvittavat korjausmääräykset.

Tavanomaisten työpaikkojen radonpitoisuustulee mitata ensimmäisen kerran lämmitys-  
kaudella 1.11.–30.4. välisenä aikana. Mittaus kestää kaksi kuukautta, ja se tehdään radonpurkeilla.

Mikäli mitattu radonpitoisuus on yli toimenpidearvon (400 becquereliä kuutiometrissä) säännöllisessä työssä, tulee radonpitoisuutta pienentää korjaustoimenpitein. Korjausten jälkeen radonpitoisuus tulee mitata uudestaan, jotta voidaan varmistua, että korjaukset ovat onnistuneet. Mittaustulokset tulee ilmoittaa Säteilyturvakeskukseen. Työnantajan on tiedotettava tehdyistä mittauksista jäselytyksistä myös työntekijöille ja työsuojeluvaltuutetulle.

Jostoinen piderarvo ylittyy korjausten jälkeenkin, työnantajan on ryhdyttävä seuraamaan työntekijöiden säteilyaltistusta säännöllisesti. Säteilyaltistus määritetään työkohteen radonmittaustulosten ja kunkin työntekijän työaikakirjanpidon perusteella.

Annosrajoja ei saa ylittää silloinkaan, kun kohteen radonpitoisuutta ei pystytty vähentämään. Tarvittaessa altistusta on pienennettävä rajoittamalla työaikaa.

Pitoisuudet nyt kotien tasolla

Suomen kaivosten keskimääräinen radonpitoisuus laski jo 1970-luvun lopulla lähelle toimenpidearvoa. Radonpitoisuus on entisestään pienentynyt 2000-luvulla, kun huonosti tuuletetut kaivokset on suljettu ja ilmanvaihtoon on muutenkin panostettu. Vuosien 2009–2010 mittauksissa kaivosten keskimääräinen radonpitoisuus oli 90 becquereliä kuutiometrissä, mikä on samaa tasoa kuin maanpää-  
lisillä työpaikoilla ja asunnoissa.

Viime vuosina muutamissa kaivoksissa on mitattu 400 becquereliä kuutiometrissä toimenpidearvon ylittäviä radonpitoisuuksia joissakin yksittäisissä työpisteissä. Niissäkin kaivoksen keskiarvo on useimmiten jäänyt alle toimenpidearvon.

Ilmanvaihto kuntoon, vesivuodot minimiin

Maanalaisten kaivosten radonpitoisuutta voidaan pienentää tehokkaasti johtamalla raitista ilmaa eri työskentelytasojen tunneleiden peräosiin.

Nykyään useimmissa maanalaisissa kaivoksissa on järjestetty ilmanvaihto. Tällä varmistetaan, että kaivoksen ilma vaihtuu myös kesällä, jolloin luonnollinen ilmanvaihto ei toimi yhtä tehokkaasti kuin talvella. Kesällä kaivoksen sisäilma on kylmempää kuin ulkona oleva lämmin ilma, ja siksi lämmin raitis ilma ei pääse sisälle kaivokseen.

Koska ruhjeista ja halkeamista valuva pohjavesi voi kuljettaa radonia kaivoksen ilmaan, myös vesivuotojen vähentäminen voi alentaa radonpitoisuutta.

Mittauksia jatketaan

Vaikka kaivosten radonpitoisuuden keskiarvo onkin nykyään alle 100 becquereliä kuutiometrissä, niissä tehdään yhä säännöllisesti radonmittauksia. Nykyisin mitausväli on kaksi vuotta. Kaivoksissa radonpitoisuuden mittaus voidaan tehdä mihin vuodenaikaan tahansa, mutta kos-



Antero Aaltonen

TAVANOMAISTEN TYÖPAIKKOJEN RADON-  
PITOISUUS MITATAAN LÄMMITYSKAUDELLA.

ka radonpitoisuus vaihtelee hieman vuodena-  
jasta riippuen, peräkkäiset mittaukset tehdään mieluiten eri vuodenaikoina.

Kaivosten mittauksia jatketaan vuodenaikaisen vaihtelun takia ja siksi, että ilmanvaihdon huonontuessa radonpitoisuus voi kasvaa. Ilmanvaihto saattaa huonontua esimerkiksi siksi, että koneellista raitisilmatuuletusta ei voida pitää päällä kaikkien työvaiheiden aikana, tai ilmanvaihtoputkea (ns. räätiputki) ei ole vielä saatu jatkettua kokonaan uudelle työskentelytasolle. ❖

Siiri-Maria Aallos-Stahl on tarkastaja Säteilyturvakeskuksen Säteilynkäytön turvallisuus-  
osastolla. Hän vastaa radonvalvonnasta työpaikoilla, louhintatyömailla ja kaivoksissa.

Kunnat, joissa radonpitoisuus on mitattava kaikilla työpaikoilla:  
(luettelo on päivitetty tammikuussa 2011)

|             |            |             |
|-------------|------------|-------------|
| Asikkala    | Kittilä    | Orimattila  |
| Askola      | Kivijärvi  | Padasjoki   |
| Enontekiö   | Kolari     | Parikkala   |
| Hamina      | Kotka      | Pornainen   |
| Hattula     | Kouvola    | Porvoo      |
| Hausjärvi   | Kuhmoinen  | Pukkila     |
| Heinola     | Kärkölä    | Pyhtää      |
| Hollola     | Lahti      | Pälkäne     |
| Humppila    | Lapinjärvi | Riihimäki   |
| Hyvinkää    | Lemi       | Ruokolahti  |
| Hämeenkoski | Lempäälä   | Ruovesi     |
| Hämeenlinna | Loppi      | Savitaipale |
| Iitti       | Loviisa    | Taipalsaari |
| Imatra      | Luhanka    | Tammela     |
| Janakkala   | Luumäki    | Tampere     |
| Järvenpää   | Miehikkälä | Tohmajärvi  |
| Kajaani     | Myrskylä   | Valtimo     |
| Kangasala   | Mäntsälä   | Virolahti   |
| Karjalohja  | Nastola    | Ylöjärvi    |
| Kauniainen  | Nokia      |             |
| Kitee       | Nurmijärvi |             |



# HERKÄT ANTURIT paljastavat radioaktiiviset aineet

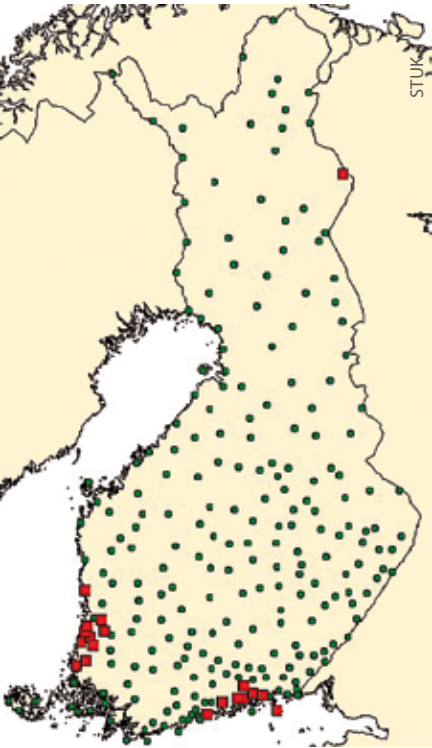
Säteilyvalvontaverkon uudet ilmaisimet havaitsevat säteilytilanteen muutokset aiempaa herkemmin. Näin saadaan nopeammin tietoja radioaktiivisten aineiden leviämisestä ja päästön koostumuksesta.

Suomessa on koko maan kattava automaattinen, ulkoisen säteilyn annosnopeutta mittaava valvontaverkko. Annosnopeutta mitataan verkon 256 asemalla Geiger-Müller-antureilla eli mittalaitteilla. Annosnopeustieto lähetetään asemilta kymmenen minuutin välein viranomaisten VIRVE-verkon välityksellä Säteilyturvakeskukseen (STUK), jossa mittaustuloksista muodostetaan reaaliaikainen säteilytilannekuva. Sitä jaetaan STUKista valvontaverkon käyttäjille verkkopalvelussa.

Säteilytilannekuvan ohella valvontaverkon toisena päätehtävänä on poikkeavasta säteilytilanteesta hälyttäminen. Normaali luonnon taustasäteilyn annosnopeus Suomessa on 0,05–0,30 mikrosievertiä tunnissa. Mittausasema hälyttää, kun annosnopeus nousee 0,1 mikrosievertiä tunnissa yli asemalla mitatun edellisen seitsemän päivän keskiarvon.

Jos radioaktiivisia aineita vapautuu ympäristöön esimerkiksi onnettomuuden seurauksena, on annosnopeuden lisäksi tärkeää saada tietoa päästön koostumuksesta. Ydinvoimalaonnettomuuden aiheuttamien säteilyvaikutusten minimoinnissa radioaktiivinen jodin isotooppi 131 on erityisen mielenkiinnon

kohteena, sillä se kerääntyy ihmisessä kilpirauhaseen. Kilpirauhasen saama suuri säteilyannos voi myöhemmin aiheuttaa kasvaimia tai rauhasen vajaatoimintaa.



Ulkoisen säteilyn valvontaverkon asemat. LaBr<sub>3</sub>-ilmaisimilla varustetut asemat on merkitty karttaan punaisilla pisteillä.

**Päästön sisällön tunnistus hankalaa**  
Radioaktiiviset aineet lähettävät hajotessaan gammasäteilyä kullekin aineelle tyypillisillä energiakaistoilla. Kun tunnetaan säteilyn energiajakauma, voidaan käänteisesti päätellä, mistä radioaktiivisista aineista havaittu säteily on peräisin.

Geiger-Müller-antureilla ei saada tietoa säteilyn energiajakaumasta eli päästön sisältämistä radioaktiivisista aineista. Sen sijaan spektrometriset anturit kertovat säteilyn määrän lisäksi sen energiajakauman. Spektrometrisillä ilmaisimilla voidaan myös havaita ympäristössä olevat keinotekoiset radioaktiivisten aineet herkemmin kuin Geiger-Müller-antureilla, joten hälytys poikkeavasta säteilytilanteesta saadaan nopeammin.

Spektrometristen ilmaisimien käyttöä säteilyvalvontaverkon osana on aiemmin rajoittanut hinnaltaan ja ominaisuuksiltaan sopivien laitteiden puute. Erään edullisemman vaihtoehdon tarjoavat tuikeilmaisimet. Niissä gammasäteily tuottaa tyypillisesti näkyvän valon alueen fotoneja osuessaan ilmaisimena toimivaan, valolle läpinäkyvään tuikemateriaaliin.

Tuikeilmaisinten ongelmana on ollut puuttuva tarkkuus: useiden tuikeilmaisinmateriaalien energiaerotuskyky ei riittänyt, kun pitää pystyä erottamaan keinotekoisien radioaktiivisten aineiden tuottama säteily luonnon taustasäteilystä.

Säteilyvalvontaverkon uusimisen aikaan vuosina 2005–2007 markkinoille ilmaantui uutena tuikemateriaalina LaBr<sub>3</sub>, joka pystyy erottamaan toisistaan jodin isotoopin 131 ja luonnosta löytyvän lyi-

jyn isotoopin 214 tuottamat signaalit. LaBr<sub>3</sub>-tuikeilmaisimen soveltumista ympäristön säteilyvalvontaan on STUKissa tutkittu muutaman vuoden ajan ja ratkaistu sen muutamia ongelmia.

LaBr<sub>3</sub>-spektrometrit yhdistettyinä STUKissa kehitettyihin analyysityökaluihin ovat osoittautuneet teknisesti varmatoimisiksi ja jatkuvaan ympäristön säteilyvalvontaan hyvin soveltuviksi. Niiden asentaminen on parantanut säteilyvalvontaverkon suorituskykyä.

## Uudet ilmaisimet huomattavasti herkempiä

Uusien spektrometristen LaBr<sub>3</sub>-ilmaisinten asentaminen säteilyvalvontaverkoon alkoi keväällä 2010, ja tällä hetkellä niitä on asennettu 22 asemalle. Suurin osa laitteista sijaitsee kotimaisten ydinvoimaloiden ympärillä.

Uudet ilmaisimet lähettävät uuden mittaustuloksen STUKiin kymmenen minuutin välein kuten annosnopeutta mittaavat Geiger-Müller-anturit. Spektrometrien mittaustulokset ja niiden automaattiset analyysit ovat reaaliaikaisesti näkyvissä samassa verkkopalvelussa kuin annosnopeustiedot.

LaBr<sub>3</sub>-ilmaisimet hälyttävät huomattavasti vähäisemmästä määrästä ympäristössä olevia keinotekoisia radioaktiivisia aineita kuin Geiger-Müller-anturit. Esimerkiksi jodin isotooppia 131 sisältävän radioaktiivisen pilven saapuminen spektrometrisellä ilmaisimella varustetulle säteilyvalvonta-asemalle tuottaisi sätei-

## UUDET LABR<sub>3</sub>-ILMAISIMET TUNNISTAVAT PAREMMIN RADIOAKTIIVISET AINEET, GEIGER-MÜLLERIT TAAS SÄTEILYN VOIMAKKUUDEN.



Ulkoisen säteilyn valvontaverkon anturi. Tolpan päässä oikealla puolella oleva putki on Geiger-Müller-anturi ja keskellä tolpan päässä näkyy LaBr<sub>3</sub>-ilmaisimen suojakotelossa.

lyhälytyksen, kun jodin aktiivisuuspitoisuus ylittäisi 40 becquereliä kuutiometrissä. Sen sijaan Geiger-Müller-anturilla varustetulta asemalta säteilyhälytys lähtisi vasta, kun aktiivisuuspitoisuus ylittäisi 1 700 becquereliä kuutiometrissä.

LaBr<sub>3</sub>-ilmaisimet eivät kuitenkaan yksinään sovellu säteilyvalvonta-aseman mittalaitteeksi: kun säteilyn annosnopeus ylittää yhden millisievertin tunnissa, LaBr<sub>3</sub>-ilmaisimen ei mittaa enää luo-

tettavasti säteilyn voimakkuutta. Sen sijaan Geiger-Müller-anturit toimivat aina annosnopeuteen 10 sievertiä tunnissa asti. ♦

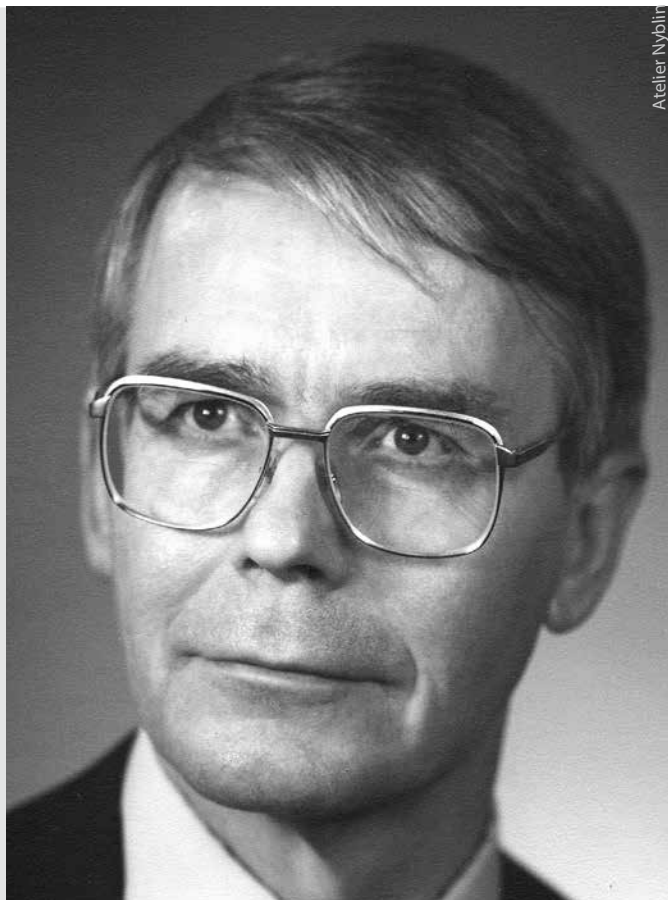
Aleks Mattila on ylitarkastaja ja Kaj Vesterbacka laboratorionjohtaja Säteilyturvakeskuksen Ympäristönvalvontajavalmius-laboratoriossa.

Radioaktiivisten aineiden havaitsemisrajoja kymmenen minuutin mittauksessa ulkoisen säteilyn valvontaverkon LaBr<sub>3</sub>-ilmaisimilla ja Geiger-Müller-antureilla.

| Nuklidi     | Gammasäteilyn energia (kilovoltia) | Havaitsemisraja LaBr <sub>3</sub> -spektrometrille (becquereliä kuutiometrissä) | Havaitsemisraja Geiger-Müller-anturille (becquereliä kuutiometrissä) |
|-------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Koboltti-60 | 1 332                              | 20                                                                              | 250                                                                  |
| Cesium-137  | 662                                | 30                                                                              | 1 100                                                                |
| Jodi-131    | 364                                | 40                                                                              | 1 700                                                                |



# ANTTI VUORINEN on poissa



Atelier Nyblin

Säteilyturvakeskuksen pitkäaikainen pääjohtaja, professori Antti Vuorinen kuoli 27.7.2011 kesäpaikassaan Lammilla. Hän oli 79-vuotias, syntynyt 8.3.1932 Hämeenlinnassa.

Valmistuttuaan diplomi-insinööriksi 1958 Antti Vuorinen paneutui aluksi säteilyfysiikkaan. Tuohon aikaan vallalla ollut atomienergiainnostus kuitenkin johdatti mielenkiinnon nopeasti ydinreaktoreihin. Valintaan vaikutti Teknillisen korkeakoulun professori, sittemmin akateemikko **Erkki Laurila**, jota Vuorinen koko uransa ajan arvosti ja kunnioitti oppi-isänään.

Tekniikan tohtoriksi Vuorinen väitteli vuonna 1969, aiheenaan neutronimitaukset reaktorissa.

Loviisan ydinvoimalaitoksen hankintaneuvotteluihin Vuorinen osallistui turvallisuusasiantuntijana. Neuvostoliitto-

laisten tarjoamaa laitosta ei pidetty riittävän turvallisena, mikä aiheutti ylimääristä arvovaltakitkaa teknisten kysymysten käsittelyyn. Muutosvaatimusten puolustaminen oli alusta alkaen Vuorisen harteilla.

1970-luku oli intensiivisen työn aikaa: maahamme rakennettiin kerralla neljä ydinreaktoria, joiden turvallisuuden valvonnan organisoivat ja johti Antti Vuorinen. Tässäkin vaiheessa Loviisan valvonta oli sananmukaisesti tahtojen taistelua, neuvostoliittolaiset kun suhtautuivat turvallisuuteen suurpiirteisemmin kuin suomalaiset.

Vuorisen taipumattomuus tuotti hyvän tuloksen. Loviisan reaktorit toteutettiin länsimaisten vaatimusten mukaan, ja ne ovat olleet käyttövarmuudeltaan huippuluokkaa.

Säteilyturvakeskuksen ylijohantajaksi

Vuorinen nimitettiin 1984. Tšernobylin onnettomuuden jälkimainingeissa nimike muutettiin pääjohtajaksi, mikä oli julkinen arvostuksenosoitus mediamyrskyn silmässä koetellulle Säteilyturvakeskukselle. Samalla se oli tunnustus laitoksen päällikölle, jonka sarkasmilla ryydityt kommentit tulivat vuonna 1986 jokaiselle suomalaiselle televisionkatsojalle tuiksi.

## Kansainvälinen asiantuntija

Ydinturvallisuuden ja säteilyturvallisuuden kehittäjänä Vuorinen tunnetaan maailmanlaajuisesti. Jo nuorena hän ymmärsi kansainvälisen kosketuksen merkityksen ja rakensi määrätietoisesti yhteydet kollegapiireihin Euroopassa, Yhdysvalloissa ja Japanissa. Venäjä-yhteys oli aivan erityisen tärkeä. Kun Loviisan laitokset oli päätetty tilata Neuvostoliitos-

ta, Vuorinen aloitti heti venäjän kielen opiskelun.

Ydinenergia-alan tietojaan Vuorinen syvensi vuosina 1964–1966 Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n palveluksessa Wienissä. Toisen työrupeaman IAEA:ssa hän teki 1980-luvun alussa, kun kotimaan ydinvoimalaitokset oli saatu valmiiksi ja käyttöön. Kansainvälistä arvostusta kuvaa, että kun IAEA:n pääjohtaja vuonna 1985 kutsui ryhmän maailman parhaita asiantuntijoita kehittämään ydinturvallisuusvaatimuksia, hän nimesi ryhmän johtoon Antti Vuorisen.

Kuuluisa on Vuorisen repliikki neuvostoliittolaisille, jotka hermostuivat Vuorisen vaadittua suomalaisen insinöörikäytännön mukaista tarkkaa dokumentointia Loviisaan tulevasta laitoksesta. Johtaja Vuorinen, ettekö te luota meihin? pääinsinööri tivasi. ”Vertrauen ist gut, aber Kontrolle ist besser”, siteerasi Vuorinen itseään Leniniä; luottamus on hyvä, mutta valvonta vielä parempi. Tilanne laukesi molemminpuoliseen nauruun.

## Kriittinen ajattelija

Osuva sanankäyttö oli muutenkin Vuorisen mieleen. Arkiviisauksia ja aforismeja hän viljeli päivittäin. ”Paras on hyvän vihollinen”, näe olennainen ja keskity siihen. ”Ei ruutia lasten käsiin”, ei vaikeaa asiaa koheltajalle. ”Joka osaa ja uskaltaa” taas kannusti aloitteellisuuteen ja itsenäiseen ajatteluun.

Kielenviljelyssään Vuorinen oli myös tarkka, mikä joitakuuta joskus ärsytti. Hänelle oli tärkeätä paitsi se, että itse asia on kunnolla ajateltu ja perusteltu, myös se, että ulkoinen lopputulos – turvallisuusviranomaisen dokumentti – on sisällöltään selkeä ja muodoltaan moitteeton.

Vuorisen suhde mediaan oli tavallaan kaksijakoinen. Tiedottamisen tarpeen ja tiedotusvälineiden tehtävän yhteiskunnassa hän näki selvästi: kun Tšernobylin laskeuman akuuttitilanteesta oli selvitty, Säteilyturvakeskuksen ulkoinen tiedo-

tus järjestettiin kokonaan uudelleen. Toisaalta hän saattoi replikoida hyvin särmikkäästi, jos koki esitetyn kysymyksen naiiviksi tai saman asian toistoksi.

Työssään Vuorinen oli itsenäinen ja asiakaskeinen. Hänen otteellaan ja arvoiltaan Säteilyturvakeskuksesta rakennettiin tehtävästään tietoinen turvallisuusviranomaisen. Kun lainsäädäntöä kehitettiin, hän torpedoi järkkymättä yritykset puuttua turvallisuusvalvonnan riippumattomuuteen.

Toisaalta asiapitoisuus saattoi tuottaa huvittaviakin tilanteita. Kun Helsingin Sanomien toimittaja soitti iltamyöhällä Vuorisen kotipuhelimeen haastatellakseen vähemmän merkittävästä säteilytahtumasta, pääjohtaja laushti: ”En keskustele pikkuasioista keskellä yötä”. Repliikki oli seuraavan päivän lehdessä sellaisenaan.

## Lujatahtoinen johtaja

Johtajana Antti Vuorinen oli vanhan koulun kasvatti, jonka arvostuksia sävytti määrätietoisuus, kova työ ja ennen kaikkea kriittinen ajattelu. Hän piti huolen, että vastuut ja toimintaperiaatteet määritellään. Näissä puitteissa hän odotti oma-aloitteista toimintaa, ja tavallista vaikeamman ongelman kohdannut alainen saattoi aina luottaa hänen tukeensa ongelman käsittelyssä.

Tämänkin päivän mitalla Antti Vuorinen oli vaativa johtaja. Vastapainoksi hän arvosti ammattilaisiaan ja myös osoitti sen. Saatuaan ansioistaan tekniikan pikku-Nobeliksi kutsutun kansainvälisen palkinnon 1992, hän luovutti osan palkintosummasta Säteilyturvakeskuksen henkilökunnan käyttöön lakonisin sanoin: ”Tämä tunnustus on teidän työstänne. Minä olen ollut enemmänkin etumerkki”.

Sotilasarvoltaan Vuorinen oli luutnantti. Hän sai ansioistaan Suomen Valkoisen Ruusun ritarikunnan komentajamerkin, joka luovutettiin hänen jäädessään eläk-

keelle 1997.

Eläkevuosinaanakin hän toimi aktiivisesti alansa kansainvälisessä asiantuntijayhteisössä ja kotimaassa vuoteen 2009 asti jäsenenä ydinturvallisuusneuvottelukunnassa.

## Hämäläiskodin poika

Antti Vuorinen kasvoi yhdeksänlapsisen hämäläiskodin keskimmäisenä vesana. Maa oli vielä sodassa, kun hän kävi kansakoulun kuudetta luokkaa. Luokan opettaja tuli tervehtimään teräväpäisen pojan vanhempia sanoen: ”Ton pojaan pitäs mennä oppikouluun”.

Tämä oli alkusysäys opintielle Hämeenlinnan lyseoon ja sittemmin Teknilliseen korkeakouluun.

Ulkoisesti vaatimattomat lähtökohdat epäilemättä vaikuttivat Antti Vuorisen ajattelussa hänen koko uransa ajan. Hän kunnioitti luonnon lakeja ja mietti ihmisen ja luonnon suhdetta. Hänelle oli tyypillistä etsiä olennainen, jäsentää suuret periaatteet, joihin työssä eteen tulevat ongelmat oli sijoitettava ja joiden kautta ne olivat myös kestävästi käsiteltävissä.

Antti Vuorisen tapa ajatella oli systemaattinen, mutta hän ei väheksynyt intuition merkitystä. Hän saattoi sanoa: Mitä monimutkaisempi asia, sitä useammin ensivaikutelma sen ratkaisemisesta osoittautuu oikeaksi.

Vapaa-aikanaan hän harrasti historiaa ja luonnon tarkkailua. Käsillä tekeminen oli mieleistä, erityisharrastus oli mehiläishoito. Vapautuneesti myhäillen hän kesäloman jälkeen toi työpaikalle maisiaiksi lammilaista hunajaa, ja selosti värikkäin sanakääntein havaintojaan mehiläisyhdyskunnan toiminnasta.

Antti Vuorisen vankkana taustatukena olivat kotona hänen läheisensä. Heidän kertomansa mukaan Antti heräsi aamun varhaisena hetkenä, oli tuokion kuulolla – ja vaipui ikiuneen. ❖



# RÖNTGENIN SATTUMUKSISTA enemmän ilmoituksia

Säteilyturvakeskus on saanut aiempaa enemmän ilmoituksia poikkeavista tapahtumista terveydenhuollonröntgentoiminnassa.

Suomessa tehdään terveydenhuollossa vuosittain noin 3,9 miljoonaa radiologista tutkimusta tai toimenpidettä sekä lisäksi hammasterveydenhuollossa noin 2,5 miljoonaa hammasröntgentutkimusta. Suuriin tutkimusmääriin mahtuu aina myös epäonnistuneita ja uusia vaativia kuvauksia esimerkiksi potilaan kuvauksen aikaisesta liikkeestä johtuen. Tavanomaisia uusintakuvauksia ei tarvitse ilmoittaa Säteilyturvakeskukselle (STUK).

Sen sijaan säteilyasetuksen mukaan terveydenhuollon yksikön on ilmoitettava STUKille säteilyn käyttöön liittyvästä poikkeavasta tapahtumasta. Poikkeavassa tapahtumassa säteilyturvallisuus vaarantuu ja potilaalle, henkilökunnalle tai muulle väestölle voi aiheutua ylimääristä säteilyannosta.

Poikkeavia tapahtumia ovat esimerkiksi väärän potilaan tai väärän kohdealueen kuvaus tai poikkeuksellisen suuri annos. Poikkeavaa on myös henkilökunnan tai ulkopuolisten tahaton läsnäolo kuvauksen tai toimenpiteen aikana. STUKille on myös ilmoitettava raskaana olevan tarkoituksettomasta kuvaamisesta, erityisesti silloin, kun kuvaus kohdistuu lähelle lantion tai vatsan aluetta. Myös röntgenlaitteen tai muun teknisen vian, virheen tai puutteen aiheuttamat ylimääräiset kuvaukset tai säteilyannokset ovat poikkeavia tapahtumia. Niistä on ilmoitettava STUKin lisäksi myös Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valviralle.

## Pään TT-kuvantamisesta moninkertainen säteilyannos

Yhdysvalloissa paljastui muutama vuosi sitten, että sadat potilaat olivat saaneet normaaliinannostasoon nähden moninkertaisen säteilyannoksen pääntietokonetomografiakuvantamisesta. Liiallisten annosten jäljille päästiin, kuneräs potilas valitti hiustenlähtökuvauksen jälkeen.

Puolentoistavuoden aikana korkeille annoksille altistuneita potilaita kyseisessä yksikössä jäljitettiin yli 200. Paikallisen viranomaisen (FDA) tekemän laajemman selvityksen jäljiltä TT-tutkimuksista aiheutuneita suhteettoman suuria säteilyannoksia löytyi vielä viidestä muusta yksiköstä. Liialliselle säteilylle altistui kaikkiaan yli 350 potilasta.

Pääsyyinä korkeille säteilytasoilta olivat osittain laitteiden virheelliset ohjelmoinnit, yksiköiden henkilökunnan riittämätön koulutus laitteen käyttöön ja puutteelliset toimintatavat.

**POIKKEAVAT TAPAHTUMAT OVAT USEIN  
MONEN EPÄSUOTUISAN SATTUMAN SUMMIA.**

### STUK painottanut ilmoitusten tekemistä

Viimeisen kymmenen vuoden aikana Säteilyturvakeskukseen on tullut vuodessa keskimäärin seitsemän ilmoitusta terveydenhuollon säteilynkäyttöön liittyvistä poikkeavista tapahtumista. Röntgentoimintaan liittyviä poikkeavia tapahtumia on ilmoitettu keskimäärin yksi joka toinen vuosi.

Tänä vuonna röntgentoimintaa koskevia ilmoituksia on tullut jo 12 kappaletta. Ilmoitusmäärän kasvu ei johtune varsinaisten poikkeavien tapahtumien määrän kasvamisesta, vaan on tulosta siitä, että STUK on erilaisissa yhteyksissä painottanut ilmoitusten tekemistä.

Tyypillisesti, kun ilmoitus poikkeavasta tapahtumasta saapuu Säteilyturvakeskukseen, on tilanne jo ohi, jolloin STUKin tehtäväksi jää mahdollisten määräysten ja

suositusten antaminen sekä tapahtumien kirjaaminen ja tilastointi. Lisäksi STUKin tehtävänä on tapahtumista raportointi ja mahdollinen ulkoinen tiedottaminen. STUKin tietoon ei nykytuotoisen radiologisen toiminnan aikana ole tullut vakavia röntgendiagnostiikkaan liittyviä tapahtumia, joista olisi ollut aiheutta tiedottaa ulkopuolelle. Kaikki tilastoidut poikkeavat tapahtumat julkaistaan lyhyen tapahtumakuvauksen kera Säteilyturvakeskuksen valvontaraporteissa vuosittain.

### Tavoitteena ennaltaehkäisy

Poikkeava tapahtuma huomataan yleensä heti sen jälkeen, tosin joskus ylimääräisen säteilyaltistumisen havaitseminen voi kestää kauemmin, jolloin ylimääräinen altistus voi koskea useita ihmisiä. Terveydenhuollon röntgentoiminnassa poikkeavista tapahtumista aiheutuneet säteilyan-

**ERI YKSIKÖIDEN OHJEISTUKSISSA  
JA KÄYTÄNNÖISSÄ ON EROJA.**



## SUOMESSA EI OLE SATTUNUT YHTÄÄN VAKAVAA SÄDEHOIDON POIKKEAVAA TAPAHTUMAA.

nokset eivät ole henkeä uhkaavia tai pääsääntöisesti edes välittömiä vaikutuksia aiheuttavia.

Poikkeaviin tapahtumiin liittyy usein sekä teknisiä että inhimillisiä tekijöitä, ja tapahtumaan saattaa johtaa useamman epäsuotuisan tekijän yhteisvaikutus. Poikkeavat tapahtumat on kuitenkin syytä käsitellä ja tehdä tarvittavat toimenpiteet, jotka jatkossa ehkäisevät vastaavat tapaukset jo ennakolta.

### Toimintatavat pääosin kunnossa

Suomessa säteilyturvallisuus on sisäänrakennettuna röntgenosastojen henkilökunnan ohjeistuksessa ja toimintatavoissa. Esimerkiksi röntgentutkimuksissa laitteen säteily määrä säädetään sairaalafysiikan ja radiologien avustuksella mahdollisimman alhaiseksi kuitenkin niin, että tutkimuksista saadaan diagnoosin tekoon tarvittava tieto.

Röntgenosaston henkilöstö myös määrittää säännöllisesti yleisimpien tutkimusten potilasannoksia ja vertaa niitä STUKin julkaisemiin säteilyannosvertailutasoihin. STUK mittaa yleisimpien tutkimusten annostasoja säteilyn käyttöpaikoille tehtävien tarkastusten yhteydessä. Ne tehdään noin vuoden sisällä laitteen käyttöönotosta ja sen jälkeen joko kolmen tai viiden vuoden välein.

STUK myös valvoo tarkastuksilla, että henkilökunnalla on ohjeet poikkeavien tapahtumien varalle. Ohjeita laatiessa yksiköiden tulisi toimintakohtaisesti pohdita, mitkä ovat kyseiseen toimintaan ja sen laajuuteen liittyviä riskejä. Vaativamman röntgentoiminnan eli läpivalaisu-toiminnan, toimenpideradiologian sekä yleistyneen tietokonetomografia- eli TT-kuvauksen riskeihin tulisi erityisesti kiinnittää huomiota.

STUKin selvitysten perusteella eri radiologisten yksiköiden ohjeistuksissa ja käytännöissä on jonkin verran eroja. Joissain yksiköissä säteilyn käyttöön liittyvät poikkeavat tapahtumat on sisällytetty vain ohimennen yleisempiin poikkeavien

## Suomi edelläkävijä sädehoidon poikkeavuuksista tiedottamisessa

Sädehoidon poikkeavien tapahtumien ehkäiseminen on ollut keskeisiä asioita suomalaisissa sädehoitoklinikoissa jo vuosikymmeniä. Suomion ollut edelläkävijöitä poikkeavista tapahtumista tiedottamisessa, ja yksityiskohtaista tietoa on jaettu vuosittaisilla sädehoitofyysikoiden neuvottelupäivillä jo lähes 30 vuoden ajan. Kaikki STUKille ilmoitetut sädehoidon poikkeavat tapahtumat on julkaistu valvontaraporteissa.

Kanadalaisten selvitysten mukaan erilaisia sädehoidon poikkeavia tapahtumia sattuu vuodessa noin yksi 10 000 hoidettua potilasta kohti. STUKille ilmoitetaan 0–3 poikkeavaa tapausta vuodessa, joka vastaa kanadalaisten arviota. STUKille ilmoitetuissa tapauksissa on kyse vähäisistä poikkeamista. Niillä ei ole ollut vaikutusta potilaan hoitoon, mutta ne olisivat voineet puutteellisen varmistusmenettelyn takia jäädä huomaamatta ja aiheuttaa merkittävän yli- tai aliannoksen. Suomessa ei ole sattunut yhtään vakavaa sädehoidon poikkeavaa tapahtumaa.

Sädehoitoklinikoilla vähäisimmätkin poikkeavat tapahtumat kirjataan ylös ja käsitellään henkilökunnan kesken sovittuna käytännön mukaisesti. STUK on ohjeistanut, millaiset tapahtumat sille on ilmoitettava. Valvonnassa kiinnitetään huomiota muun muassa poikkeavien tapahtumien ehkäisemiseksi tehtyihin toimiin, kuten potilaan tunnistamiseen, ohjeistukseen ja harjoituksiin. Hyvistä käytännöistä ja uusista teknisistä ratkaisuista jaetaan kokemuksia neuvottelupäivillä.

Sädehoito ja isotooppiiläketiede -yksikön päällikkö Ritva Bly, Säteilyturvakeskus

tai vikatilanteiden ohjeistuksiin. Samoin ylimääräisistä säteilyaltistuksista kertomista potilaille ja hoitaville lääkäreille ei ole kaikkialla nähty aina välttämättömänä.

### Ilmoituskäytäntöön pohditaan pelisääntöjä

Röntgentoiminnan poikkeaviin tapahtumiin varautumiseen ja niistä ilmoittamiseen on alettu kiinnittää viime aikoina Suomessa enemmän huomiota. Nyt Säteilyturvakeskuksessa tehdään linjanvetoa siitä, millaiset tapahtumat sille tulisi ilmoittaa.

Tapauksen luokitteluun vaikuttaa se, aiheutuuko ylimääräinen säteilyannos potilaalle, säteilytyöntekijälle, sikiölle vai muun väestön edustajalle (esimerkiksi väärälle potilaalle). Rajanvetoina voidaan pitää esimerkiksi annosrajoja. Väestön annosrajana on 1 millisievert vuodessa ja

sikiöllä 1 millisievert. Säteilytyöntekijän vuosiannosraja on 50 millisievertiä vuodessa tai 100 millisievertiä viidessä vuodessa. Potilaalle ei ole määritelty annosrajaa. Toisaalta annosrajoista huolimatta esimerkiksi väärän potilaan kuvaamista voitaisiin pitää tapahtumana, joka täytyy aina ilmoittaa STUKille.

Rajanvetoa pohditaan jatkossa asian tuntijoiden keskustelupäivillä ja todennäköisesti myös useissa muissa alan koulutustilaisuuksissa.

Ilmoituskäytäntöön saattaa tulevaisuudessa tulla muitakin muutoksia: kansainvälisellä tasolla pohditaan parhaillaan ydinonnettomuuksien luokittelussa käytettävän INES-asteikon soveltamista terveydenhuoltoon. ❖

Elina Hallinen on tarkastaja Säteilyturvakeskuksen Säteilyn käytön turvallisuus-osaston Terveydenhuollon röntgentoiminta-yksikössä.



# SÄTEILYSUOJELUKOULUTUKSESSA ON PARANNETTAVAA

Terveydenhuollossa säteilyn käyttö on lisääntynyt viime vuosina merkittävästi. Alalle opiskelevien saamassa säteily-suojelukoulutuksessa on kuitenkin puutteita, ja joiltakin vastavalmistuneiden ammattiryhmiltä se puuttuu kokonaan.

Säteilyturvakeskus (STUK) teki viime vuonna yhdessä opetus- ja kulttuuriministeriön kanssa selvityksen terveydenhuollon henkilöstön perus- ja jatkokoulutukseen sisältyvästä säteilysuojelukoulutuksesta. Tuloksista ilmeni, että monien alalle opiskelevien ammattiryhmien säteilysuojelukoulutuksessa on puutteita.

### Lainsäädäntö velvoittaa

Säteilylain ja sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen mukaan säteilyn käyttöön osallistuvien henkilöiden on saatava riittävä teoreettinen ja käytännön koulutus ionisoivan säteilyn käyttöön.

Säteilylain perusteella STUK antaa säteilyn käytön turvallisuutta koskevia ohjeita (ST-ohjeet). Vuonna 2003 vahvistetussa terveydenhuollon säteilysuojelukoulutusta koskevassa ohjeessa (ST 1.7) esitetään koulutuksen määrää ja sisältöä koskevat tavoitteet. Ohje tehtiin yhdessä opetus- ja kulttuuriministeriön sekä terveydenhuollon oppilaitosten kanssa.

Ohjeen mukaan peruskoulutuksessa tulee opettaa säteilyfysiikan ja säteilybiologian perusteita, säteilysuojelusäännöksiä, työpaikan säteilyturvallisuutta sekä säteilyn käyttöä lääketieteessä. Jatkokoulutuksessa tulisi painottaa kunkin erikoistumisalan tehtävissä tarpeellisia säteilyturvallisuuteen liittyviä erityispiirteitä.

### Tavoitteena vähentää turhaa altistusta

Suurta säteilyaltistusta aiheuttavien menetelmien käyttö lääketieteellisessä diagnostiikassa on lisääntynyt merkittävästi viimeisten vuosien aikana. Huolestuttavana tilannetta pidetään esimerkiksi Yhdysvalloissa, jossa tällaisen säteilyn käytöstä aiheutuva kansalaisen keskimääräinen säteilyaltistus on nykyisin kuusinkertainen 1980-lukuun verrattuna. Asianmukaiseen, ammattiin liittyvään koulutukseen on syytä kiinnittää huomiota, koska se on yksi tapa rajoittaa turhaa säteilyaltistusta ja sen kasvua.

Kehityskulku on johtanut kansainvälisellä tasolla useisiin toimenpideohjelmiin



Säteilyturvakeskuksen julkaisut ovat sähköisessä muodossa STUKin kotisivuilla osoitteessa [www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/)

säteilyaltistuksen hallitsemiseksi. Esimerkiksi lääketieteellistä säteilynkäyttöä koskevan direktiivin mukaan EU:n jäsenvaltioiden on varmistuttava siitä, että terveydenhuoltohenkilöstöllä on riittävä teoreettinen ja käytännön koulutus radiologisiin toimintoihin ja asianmukainen pätevyys säteilysuojelussa. Direktiivin vaatimukset on pantu täytäntöön suomalaisessa lainsäädännössä säteilylain muutoksella ja sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella säteilyn lääketieteellisestä käytöstä.

EU:ssa on menossa projekti, jossa luodaan kriteerejä koulutuksen arvioimiseksi. Toisessa hankkeessa kartoitetaan terveydenhuollon ammattilaisten säteilysuojelukoulutusta eri jäsenmaissa.

#### Erikoislääkäriksi opiskelevien säteilyosaaminen puutteellista

Suomessa terveydenhuollon ammattihenkilöiksi opiskelevien säteilysuojelukoulutusta selvitettiin viime vuonna. Tarkoituksena oli kartoittaa säteilysuojelukoulutuksen laadullisia tavoitteita ja niiden toteutumista, selvittää STUKin ohjeen toimivuutta ja kerätä hyviä opetuskäytäntöjä. Selvityksen suunnittelussa olivat mukana STUKin lisäksi pääasiassa eri yliopistojen ja oppilaitosten asiantuntijoista koottu työryhmä.

Sähköpostikyselynä toteutetussa selvityksessä kysyttiin oppilaitoksilta niiden tarjoamasta säteilysuojelukoulutuksesta ja työnantajilta mielipiteitä koulutuksen riittävydestä. Asiantuntijaryhmä myös arvioi koulutusohjelmat. Oppilaitoksista mukana oli yliopistoja, ammattikorkeakouluja ja toisen asteen ammatillisia oppilaitoksia.

Selvityksen tulokset ovat joiltakin osin huolestuttavia. Yliopistoissa vain sairaalafyysikoiksi opiskelevien koulutus näyttää täyttävän vaatimukset. Missään yliopistossa radiologian sekä kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen erikoislääkäreiksi opiskelevien säteilysuojelukoulutuksen kokonaismäärä ei täytä STUKin ohjeen tavoitetta. Puolessa yliopistojen vastauksis-

## TYÖNANTAJIEN MIELESTÄ MYÖS RÖNTGENHOITAJIKSI OPISKELEVIEN TIEDOISSA ON PUUTTEITA.

ta ilmoitettiin, että muut erikoislääkäriksi opiskelevat kuin radiologian, syöpätautien sekä kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen erikoislääkäriksi opiskelevat eivät saa säteilysuojelukoulutusta lainkaan. Huolta herättää myös se, että joissakin tiedekunnissa ei ole säteilysuojelukoulutuksesta päävastuussa olevaa henkilöä.

Myös työnantajien arvioiden mukaan kaikkien vastavalmistuneiden lääkäreiden ja erikoislääkäreiden säteilysuojeluun liittyvissä tiedoissa oli parantamisen varaa.

#### Osa hoitajista täysin vailla säteilykoulutusta

Ammattikorkeakouluissa huolestuttavaa on se, että kaikissa oppilaitoksissa sairaanhoitajiksi ja ensihoitajiksi opiskelevat eivät saa lainkaan säteilysuojelukoulutusta. Röntgenhoitajiksi opiskelevat sitä vastoin saavat runsaasti säteilysuojelukoulutusta, vaikka työnantajien mielestä heidänkään tietotasonsa ei keskimäärin täytä tavoitteita. Yhteisissä keskusteluissa todettiin, että päävastuullisen henkilön nimeäminen ja yhteistyön lisääminen työnantajien kanssa voisi parantaa tilannetta.

Toisen asteen ammatillisissa oppilaitoksissa annettava säteilysuojelukoulutus oli tulosten mukaan vähäistä. Osa oppilaitoksista ei anna esimerkiksi lähihoitajille lainkaan säteilysuojelukoulutusta, vaikka STUKin ohjeessa sitä edellytetään.

Kyselyn vastausprosenttia pidettiin hyvänä. Tosin esimerkiksi suurten kaupun-

kien toisen asteen ammatillisista oppilaitoksista ei saatu vastauksia, koska ne eivät nimenneet yhteyshenkilöä, jolle kysely olisi voitu osoittaa.

#### STUKin ohje uudistetaan lähivuosina

Selvityksen tulokset on käyty läpi STUKissa yhdessä opetus- ja kulttuuriministeriön ja Opetushallituksen edustajien kanssa.

Selvitys antaa pohjaa keskusteluille terveydenhuollon perus- ja jatkokoulutukseen sisältyvän säteilysuojelukoulutuksen kehittämisestä. Tulokset toivottavasti johtavat siihen, että oppilaitoksissa panostetaan nykyistä enemmän säteilysuojelukoulutukseen.

Opetus- ja kulttuuriministeriö, Opetushallitus, sosiaali- ja terveysministeriö ja STUK tekevät oman osuutensa, jotta terveydenhuollon henkilöstön säteilysuojelukoulutus Suomessa saataisiin tasolle, joka täyttää säteilylainsäädännön vaatimukset ja työnantajien odotukset. Selvityksen tuloksia tullaan hyödyntämään STUKin ohjeen uudistamisessa lähivuosina. ♦

Helsingin yliopiston opiskelija Timo Paasonen osallistuisäteilysuojelukoulutustakoskevan selvityksen tekemiseen.

Selvitys (STUK B-133) on luettavissa Säteilyturvakeskuksen [www-sivuilla:www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/fi\\_FI/valvontaraportit/](http://www.sivuilla:www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/valvontaraportit/)

## YLIOPISTOISSA VAIN SAIRAALAFYYSIKOIKSI OPISKELEVIEN SÄTEILYSUOJELUKOULUTUS NÄYTTÄÄ TÄYTTÄVÄN TAVOITTEET.



JULKAISIJA  
Säteilyturvakeskus ■ [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

PÄÄTOIMITTAJA  
Elina Martikka, Säteilyturvakeskus,  
[elina.martikka@stuk.fi](mailto:elina.martikka@stuk.fi)

TOIMITUSIHTTEERI  
Päivi Männikkö, Stellatum Oy,  
[paivi.mannikko@stellatum.fi](mailto:paivi.mannikko@stellatum.fi)

KUSTANTAJA  
Stellatum Oy, Purotie 1 B,  
03800 Helsinki, [www.stellatum.fi](http://www.stellatum.fi)

TILAUKSET JA OSOITTEENMUUTOKSET  
Osoitteenmuutosta tehdessäsi muista ilmoittaa lehden nimi.  
Tilaaajapalvelu/Alara  
PL 115, 30101 Forssa  
puh. 03 4246 5301  
[tilaaajapalvelu@stellatum.fi](mailto:tilaaajapalvelu@stellatum.fi), [www.stellatum.fi](http://www.stellatum.fi)

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

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

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

20. vuosikerta  
ISSN 1235-1970

TAITTO  
Annu Pörhönen, Stellatum Oy

PAINOTYÖ  
Hämeen Kirjapaino Oy



Aikakauslehtien liiton jäsenlehti

Kansikuva: Pekka Fali



**OHJEET**  
**ST 1.10**  
Säteilylähteiden käyttötilojen suunnittelu

**ST 5.7**  
Radioaktiivisen jätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen siirrot

**ST 2.1**  
Säkerhet vid strålbehandling

**ST 12.1**  
Radiation safety in practices causing exposure to natural radiation

**VAL 3**  
Ulkoisen säteilyn valvontaohje pelastusviranomaisille / Anvisning för räddningsmyndigheterna om övervakning av extern strålning

**TUTKIMUSRAPORTIT**  
**STUK-A 247**  
Occurrence studies of intracranial tumours. Larjavaara S.

**STUK-B 131**  
Säteilyn käyttö ja muu säteilyl-

le altistava toiminta. Vuosiraportti 2010.  
Rantanen E. (toim.)

**STUK-B 133**  
Terveydenhuollon henkilöstön perus- ja jatkokoulutukseen sisältyvä säteilysuojelukoulutus Suomessa 2010. Paasonen T.

**STUK-B 134**  
Regulatory oversight of nuclear safety in Finland. Annual report 2010. Kainulainen E. (ed.)

**STUK-B 135**  
Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 1/2011.  
Kainulainen E. (toim.)

**STUK-B 137**  
Radiation practices. Annual report 2010. Rantanen E. (ed.)

**MUUT JULKAISUT**  
Handling of hydrogeochemical relations in erosion and swelling pressure models for the buffer and backfill. Arthur R.

Alaraa voi nyt lukea myös netissä sähköisenä näköislehtenä osoitteessa [www.alara.fi](http://www.alara.fi)

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

Lue ajankohtaista asiaa säteily- ja ydinturvallisuudesta – tilaa Alara!

♦ [www.stellatum.fi](http://www.stellatum.fi)  
♦ [tilaaajapalvelu@stellatum.fi](mailto:tilaaajapalvelu@stellatum.fi)  
♦ puhelin: 03 4246 5301

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



# Tiedätkö, paljonko kodissasi on radioaktiivista radonia?

Radon aiheuttaa suomalaisten vuosittaisesta keskimääräisestä säteilyannoksesta puolet eli noin kaksi millisievertiä, ja se on Suomessa syypää arviolta 300 keuhkosyöpäta-paukseen vuosittain. Maaperän kiviaineksessa muodostuva radon kulkeutuu sisätiloi-hin talon perustuksissa olevien rakojen kautta. Radonin pitoisuus voi olla korkea pien-taloissa, rivitaloasunnoissa tai kerrostalojen alimpien kerrosten asunnoissa. Radon on hajuton, mauton ja näkymätön kaasu, joten ainoa tapa selvittää oman kodin radonpi-toisuus on tehdä radonmittaus. Mittauskausi alkaa marraskuun alussa ja päättyy huh-tikuun lopussa.

Mittaaminen on helppoa. Saat postitse kotiisi pienen purkin, jonka voit sijoittaa kah-den kuukauden ajaksi esimerkiksi kirjahyllyysi. Purkki palautetaan kuoressa Säteilytur-vakeskukseen (STUK) ja saat mittauksenne tulokset noin kahden kuukauden kuluttua pur-kin palauttamisesta. Radonpitoisuutta voidaan tarvittaessa alentaa kohtuullisin kus-tannuksin \*).

## TILAA RADONMITTAUS EDULLISESTI NETISTÄ

Luotettava arvio altistuksesta saadaan, kun mitataan kahdella radonmittauspurkil-la asunnon eri huoneissa ja/tai kerroksissa. Pienissä asunnoissa riittää yksi mittaus-purkki. STUKin internetsivuilta ([www.stuk.fi/radonmittaus](http://www.stuk.fi/radonmittaus)) tilattaessa radonmittaus-purkin hinta on 43,05 euroa (sis. alv). Lisätietoa löytyy osoitteella [www.radon.fi](http://www.radon.fi).

Radonmittauksen voi tilata STUKista myös puhelimitse, jolloin mittauspurkin hinta on 46,13 euroa (sis. alv). Puhelin (09) 759 88 497 (jos numero on ruuhkautunut, ole hyvä ja soita radonmittauspalveluun puhelinvaihteen kautta 09 759 881).

\*)Sosiaali-jaterveysministeriön päätöksen 944/92 mukaan asunnon huoneilman radonpitoi-suus ei saisi ylittää arvoa 400 becquereliä kuutiometrissä (Bq/m<sup>3</sup>). Uusi asunto tulee suunni-tella ja rakentaa siten, että radonpitoisuus ei ylittäisi arvoa 200 Bq/m<sup>3</sup>. STUK on tehnyt esi-tyksen myös vanhojen asuntojen raja-arvon laskemisesta.