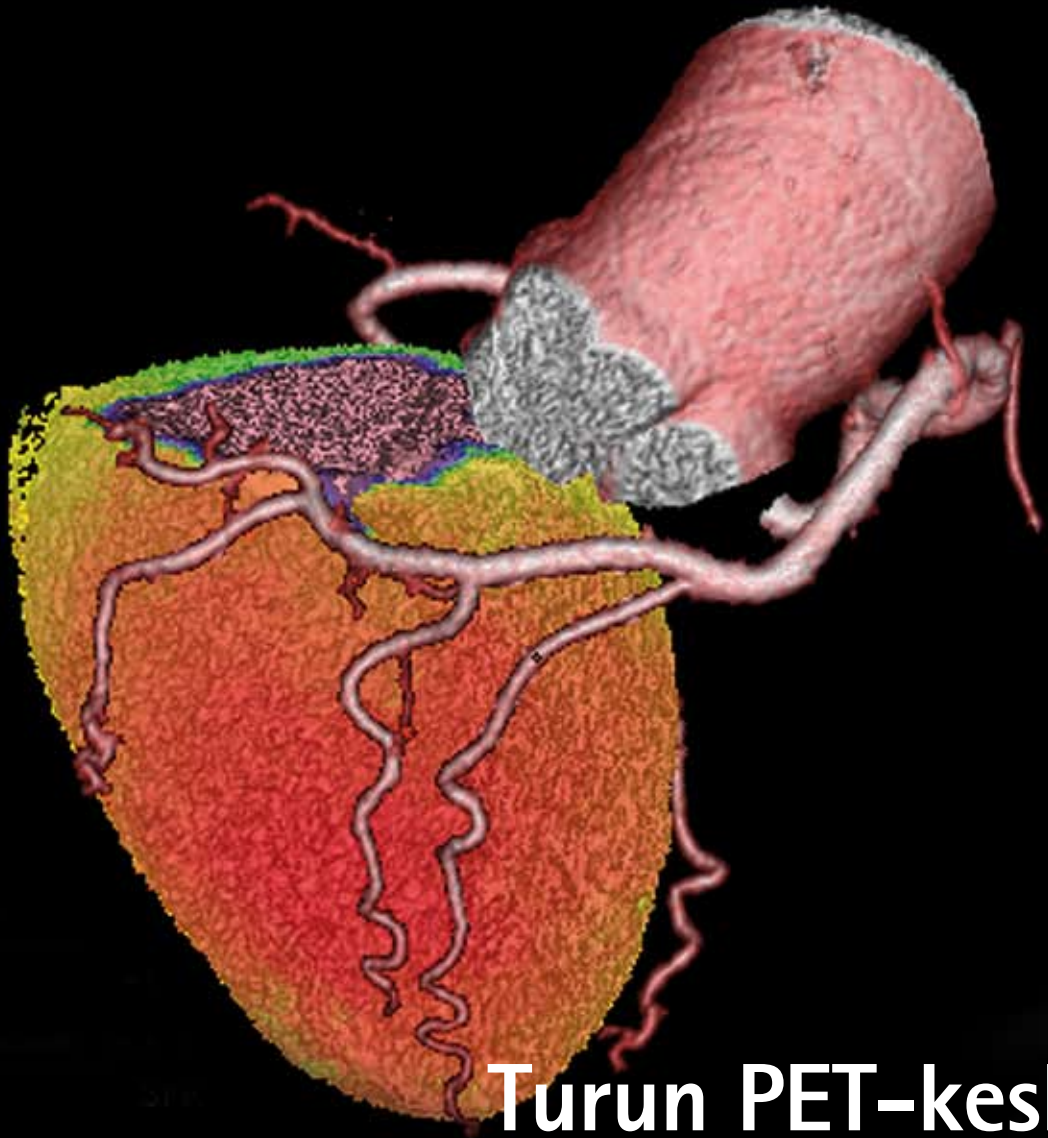


alard

3 2006

AJANKOHTAISTA SÄTEILY- JA YDINTURVALLISUUDESTA



Turun PET-keskus
sydämen asialla

Mammutin jäljillä

POTILAS SÄTEILEE
isotooppihoidon jälkeen

ALARA

3 2006

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 38 € (laskutusväli 12 kk),

määräaikaistilaus 43 € (kesto 12 kk),

irtonumero 12 €.

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 irtonumerohintaan sekä peruutuksen aiheuttamat kulut 6 euroa. Tilausehdot löytyvät lehden jokaisesta 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

14. vuosikerta ISSN 1235-1970

PAINOTYÖ

Forssan Kirjapaino Oy, Forssa 2006

Kannen kuva: Turun PET-keskus



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
Täsmähoitoa radioaktiivisilla isotoopeilla	8
Lasten altistusta tarkkailtava tietokonetomografiassa.....	10
Air Finland seuraa lentohenkilöstönsä altistumista kosmiselle säteilylle.....	11
Porin sädehoitoyksikkö helpottaa syöpäpotilaita.....	14
Suomi on edelläkävijä rajojen säteilyvalvonnassa.....	16
Ajoituslaboratorio katsoo tulevaisuuteen.....	18
Kadonnut säteilylähde aiheuttaa yllättäviä vahinkoja	22
SAFIR kohdentaa ydinturvallisuustutkimuksen oleelliseen	24
Radioaktiivisuutta haitaksi ja hyödyksi 110 vuotta	25
Seppo Väisälä: 31 vuotta asiakkaan asialla.....	26
Linnunhöyhen paljastaa ympäristön vaikutuksen.....	28
Uudet julkaisut.....	29
Kysy säteilystä – Säteilytieteen professori vastaa.....	30

SÄTEILYLTÄ TURVASSA

Henry Becquerel tutki Wilhelm Röntgenin saavutusten innoittamana uraaniyhdisteiden avulla, liittyisikö auringonvalon aiheuttamaan fluoresenssiin röntgensäteitä. Hän havaitsi, että uraaninäytteistä lähti röntgensäteiden kaltaista läpিতunkevaa säteilyä, myös ilman auringon valoa pimeässä laatikossa. Becquerel päätteli, että tämä säteily muodostui itsestään ilman auringonvaloa tai fluoresenssia. Radioaktiivisuuden keksimisestä on nyt 110 vuotta.

Lääketieteellisessä diagnostiikassa röntgensäteilyä alettiin käyttää heti. Erääseen suomalaiseen sairaalaan hankittiin "Röntgenin kone" vuonna 1902 – sähköt samaiseen sairaalaan saatiin vasta vuotta myöhemmin.

Varsin pian radioaktiivisuuden keksimisen jälkeen ymmärrettiin, että suureen säteilyaltistukseen liittyy terveysriskejä. Sen sijaan pieniä säteilyannoksia pidettiin vaarattomina 1950-luvulle saakka. Tosin mikä on pieni ja mikä suuri, selkeytyi tarkemmin vasta, kun säteilyn mittaaminen ja mittayksiköt kehittyivät. Onnettomuuksia ja vahinkojakin sattui.

Säteily ja siihen liittyvä on yksi maailman vaikeimmista asioista viestiä. Pitää olla melkein ydinfysiiko ymmärtääkseen, mistä radioaktiivisessa hajoamisessa on kysymys. Säteilyn terveydellisten vaikutusten selvittäminen on vieläkin monimutkaisempaa. Ja säteilyäkin on niin monenlaista: on alfoja, beetoja, gammoja, hiukkasia, sähkömagneettista aaltoliikettä, röntgensäteitä ja vaikka mitä. Ja sitten kun me luonnontieteilijät emme mielellään yleistä mitään...

Jokunen vuosi sitten sain kunnian selvittää säteilyn saloja koululuokalle – kahdeksanvuotiaita innokkaita kuuliijoita tupa täynnä. Kerroin asiasta niin konkreettisesti, kuin osasin. Kun kerroin työstä STUKissa, kiinnostus oli niin suuri, että melkein kaikki ilmoittivat haluavansa tulla isona töihin STUKiin. Olin tietenkin ilahtunut, että koululuokka piti säteily- ja ydinturvallisuusasioita niin suuressa tärkeydessä. Tilaisuuden lopussa eturivissä istunut hyvin keskittyneesti kuunnellut poika totesi: "Nyt me ainakin tiedetään mitä tehdään, jos on säteilyä. Me tullaan sinne STUKiin säteilyltä turvaan!" Tämä on aina hyvä maininta työpaikkahaastattelussa, kun puhutaan työsuhde-eduista:)

Säteilysuojelulainsäädäntö on pian 50-vuotias. Viimeisten vuosikymmenien aikana säteilynkäyttö terveydenhuollossa ja myös teollisuudessa on lisääntynyt. Vuosikymmenien saatossa siunaantuneen kokemuksen, pitkäjänteisen turvallisuussäännösten kehittämisen ja viranomaisvalvonnan myötä säteilyä käyttää nyt asiantunteva ja pätevä henkilökunta. Meillä on kuitenkin vielä opittavaa, mm. pienistä säteilyannoksista. Mitkä ovat niiden terveysvaikutukset, ja voisivatko pienet säteilyannokset olla jopa terveellisiä?

Sädeturvapäivät on ollut merkittävä foorumi eri ammattiryhmien yhteispelin kehittymiselle ja säteilyn käytölle lääketieteessä. Onnea 30-vuotiaat Sädeturvapäivät!

Helsingissä 15.9.2006

Elina Martikka



PET-kuvan ja nopean tietokonetomografian (TT) yhdistelmä luo kolmiulotteisen kuvan sydäimestä ja sen aineenvaihdunnasta. Sydänsairauksien tutkimiseen uusi menetelmä tuo merkittäviä parannuksia.

Valtakunnallinen PET-keskus Turun yliopistollisessa sairaalassa on saanut käyttöönsä uuden sydänsairauksien kuvantamisjärjestelmän. Discovery VCT -järjestelmä on myös Euroopan ensimmäinen, vastaava laitteisto löytyy vain Yhdysvalloista Harvardista. Laitteiston arvo on noin 2,2 miljoonaa euroa.

Laitteistossa yhdistyy erittäin nopea 64-leiketietokonetomografia sekä positroniemissiotomografia eli PET-kuvaus. PET-kuvaus perustuu lievästi radioaktiiviseen merkkiaineeseen, joka hajotessaan lähettää yhtä aikaa gamma säteilyä täsmälleen päinvastaisiin suuntiin. Näin reaktiokohta saadaan selville hyvin tarkasti.

Yhdistelmälaiteella sydäimestä saadaan samalla sekä entistä tarkempi kolmiulotteinen kuva että tieto aineenvaihdunnasta ja verenvirtauksesta. Potilaalle tutkimus on helppo, se kestää kaikkiaan vain puolisen tuntia.

Yhdistelmälaiteistossa TT-kuva näyttää tarkasti sydämen verisuonten rakenteen ja esimerkiksi sepelvaltimoiden kalkkeumat. Radioaktiiviseen merkkiaineeseen perustuva PET-kuvaus jatkaa tästä ja paljastaa kalkkeumien vaikutuksen verenvirtaukseen ja aineenvaihduntaan.

YHDISTELMÄLAITTEET YLEISTYVÄT VAUHDILLA

Tällä hetkellä yhdistelmäkuvantamiseen otetaan potilaita, joiden sepelvaltimotaudin todennäköisyys on korkeintaan kohtalainen.

”Laitetta voidaan käyttää esimerkiksi sepelvaltimotaudin vaikeusasteen määrittelyyn. Hoidon seurannassa voidaan katsoa esimerkiksi ovatko ohitusleikkauksessa asetetut siirteet yhä auki”, PET-keskuksen johtaja, professori Juhani Knuuti kertoo.

Knuuti uskoo laitteen mullistavan sydäntutkimuksen ja muuttavan sen diagnosoinnin ja johtopäätökset.

”Ei mene montaa vuotta niin yhdistelmälaitteet ovat ne, joita myydään pelkästään. Nyt myytävistä syöpäkuvantamiseen tarkoitettuista

Turun valtakunnallisen PET-keskuksen johtaja, professori Juhani Knuuti kertoo, että käyttöönotettu järjestelmä on maailman ensimmäinen 64-kerroksinen kuvantamissovellus. Siihen on yhdistetty PET ja röntgentietokonetomografiajärjestelmä.



TURUN PET-KESKUKSEEN EUROOPAN ENSIMMÄINEN YHDISTELMÄLAITE

SYDÄNTUTKIMUKSEN SUURI HARPPAUS ETEENPÄIN

PET-kameroista yhdeksän kymmenestä on yhdistelmälaitteita.”

Vaikka nyt edetään sydänsairauksien tutkimuksessa, PET-kuvausta käytetään edelleen pääasiassa syövän hoidossa. Turun PET-keskuksessa olevien kameroiden lisäksi yksi PET-kamera otettiin käyttöön kesällä 2006 Helsingissä.

PET-KUVAUKSEN RAJOITTEENA MERKKIAINEEN SAATAVUUS

Muuta maata palvelee pyörien päällä kulkeva Rekka-PET. Liikkuvan PET-kameran suhteen rajoitteena on merkkiaineen saatavuus.

Suomessa vain Turusta ja Helsingistä löytyvät hiukkaskiihdyttimet, jotka voivat tuottaa kuvauksessa tarvittavaa merkkiainetta. Esimerkiksi sokeri, jossa on merkkiaineena fluori-18, täytyy saada käytettyä kahden tunnin si-

sällä aineen valmistamisesta. Kuvaus onnistuu sillä etäisyydellä, mihin merkkiaine saadaan kuljetettua taksilla, lentokoneella tai pakettiautolla kahden tunnin kuluessa.

”Tämä on yksi tärkeä rajoitin PET-kameroiden yleistyessä.”

PET-kameroiden tarve olisi noin yksi kamera miljoonaa asukasta kohti. Tähän saakka PET-keskuksen tarjonta on riittänyt pitkälle, potilasjonot ovat vain parin viikon luokkaa. Keskus on kirjaimellisesti valtakunnallinen, potilaita on Lappia myöten. ”Diagnostiikan tarve kuitenkin kasvaa”, Knuuti arvioi.

Yhdistelmälaitteiden yleistymisen tulee avaamaan aivan uusia mahdollisuuksia myös tutkimukseen, esimerkiksi suoniahautumien laadun kuvantamiseen sekä uusien kantasolutai geenihoidojen seurantaan.

SINI SILVÄN



Syyskuussa käynnistyneen NOTE-hankkeen kesto on 2006–2010. Mukana olevat 19 tutkimuslaitosta ovat Suomen STUKin lisäksi Isosta-Britanniasta, Belgiasta, Irlannista, Unkarista, Saksasta, Italiasta ja Norjasta. Hankkeen Internet-sivut: www.note-ip.org.

NOTE-HANKKEELLA SELVITETÄÄN PIENTEN SÄTEILYANNOSTEN AIHEUTTAMIA TERVEYSVAIKUTUKSIA

Uusi Säteilyturvakeskuksen (STUK) koordinoima nelivuotinen EU-tutkimushanke NOTE (Non-targeted effects of ionising radiation) on kiinnostunut erityisesti pienten säteilyannosten aiheuttamista terveyshaitoista.

Hanke käynnistyi syyskuussa kokouksella, johon osallistui yhteensä 19 tutkimuslaitosta Euroopasta sekä Kanadasta. Hankkeen hallinnollisena koordinaattorina toimii STUKin tutkimusjohtaja, professori Sisko Salomaa.

”Tutkimuksissa on jo saatu todisteita erilaisista ionisoivan säteilyn aiheuttamista epäsuorista vaikutuksista, esimerkiksi naapurisoluvaikutuksesta. Vielä ei kuitenkaan voida sanoa, lisääkö se syöpäriskiä vai ei. Hankkeen tarkoituksena onkin selvittää epäsuorien vaikutusten mekanismeja”, kertoo Salomaa.

Naapurisoluvaikutus on ilmiö, jossa muutoksia havaitaan soluissa, jotka eivät itse ole altistuneet säteilylle, mutta ne ovat olleet säteilyä saaneiden solujen vaikutuspiirissä. Se on muun muassa otettava huomioon, kun arvioidaan suomalaisittain suurimman säteilyaltistajan radonin syöpävaarallisuutta sekä säteilyn aiheuttamia terveysvaikutuksia lentohenkilöstölle ja ydinvoimalaitosten työntekijöille.

Mielenkiinnon kohteena on myös, voiko ionisoiva säteily aiheuttaa kudosvaikutusten kautta muutakin terveyshaittaa kuin syöpää. ”Ei myöskään ole mahdotonta, että säteilyllä olisi elimistön puolustusjärjestelmän kautta myös hyödyllisiä vaikutuksia”, sanoo Salomaa.

MUUTTUVATKO SÄTEILYSUOJELUN OHJEET?

Epidemiologinen tieto säteilyä saaneista väestöistä pohjautuu pääosin suuria annoksia saaneisiin väestöryhmiin. Säteilysuojelussa on lähdetty siitä, että pienten annosten riskit voidaan päätellä suurista annoksista. Uudet säteilybiologiset havainnot kyseenalaistavat tätä ajattelua.

”Mahdollinen vaikutus säteilysuojelustandardeihin tapahtuu varmasti viipeellä ja riippuu myös tutkimustuloksista. Tavoitteena on nyt uudistaa säteilysuojeluyhteisön ajatusmalleja siitä, miten säteily vaikuttaa soluihin ja aiheuttaa terveyshaittoja – tai joissakin tilanteissa suojaa terveyshaittojen synnyltä”, kertoo Sisko Salomaa.

Kansainvälisistä säteilysuojeluun liittyvistä suosituksista vastaa Kansainvälinen säteilysuojelukomissio ICRP (International Commission on Radiological Protection). Säteilysuojelun tavoitteena on ehkäistä säteilyn haittoja ennalta.

Teetkö työtä ammattikielen parissa?



Terminfo-lehden neljä numeroa vuodessa.
= lausutuslehti 37 € (sisältyy 12 lehtimaksu)
= verkkolehti 41 € (sisältyy 12 lehtimaksu)

Terminfo julkaisee artikkeleita, joissa käsitellään erikoiskieliä ja niissä käytettyjä termistöjä. Terminfon avulla saat tietoa tekniikan ja muiden erikisalojen sanastohankkeista, oppinnäytetöistä ja tutkimusprojekteista.

Minisanastojen lisäksi Terminfossa annetaan suosituksia ajankohtaisten tai muuten ongelmallisten termien käytöstä.

Terminfon julkaisija on Sanastokeskus TSK. Lehti ilmestyy neljä kertaa vuodessa.

TILAUKSET
www.stallatum.fi
tilaajapalvelu@stallatum.fi
puh. (09) 5421 0100

TEOLLISUUDEN SÄTEILYTURVALLISUUSPÄIVÄT

Holiday Club Caribia, Turku, 9.–10. marraskuuta 2006

Säteilyturvakeskus järjestää seminaarin, joka on tarkoitettu erityisesti säteilyn käytöstä vastaaville ja säteilyn käyttöön osallistuville teollisuuden, tutkimuksen, opetuksen ja kaupan henkilöille. Tervetulleita ovat kaikki muutkin aiheesta kiinnostuneet.

Päivien aiheita ovat

- Säteilylain muutokset
- Säteilylähteiden turvallinen varastointi
- Metallin kierrätys
- Radioaktiivisten aineiden kuljetus
- Riskien minimointi
- Käyttöorganisaatio
- Dosimetria
- Muut ajankohtaiset asiat



Ilmoittautuminen

Teollisuuden säteilyturvallisuuspäivien ohjelma ja ilmoittautumislomake löytyvät Säteilyturvakeskuksen Internet-sivuilta: www.stuk.fi (valitse etusivulta "Koulutus ja tapahtumat").

Ilmoittautua voit myös Malla Salménille ja Markku Koskelaiselle puhelimitse tai sähköpostitse (ks. yhteystiedot Lisätietoja-kohdasta). Ilmoitathan nimesi, yrityksesi, postiosoitteesi, laskutusosoitteesi, puhelinnumerosi, sähköpostiosoitteesi sekä tiedot mahdollisesta erityisruokavaliosta.

Osallistumismaksu

Osallistumismaksu on 300,00 € (sis. alv 54,09 €, 22 %). Hintaan sisältyy luentojen lisäksi seminaari-materiaali, 2 x lounas, illallinen ja 2 x päiväkahvi. Ilmoittautuneille lähetämme osallistumisvahvistuksen ja laskun noin kuukautta ennen seminaaria.

Majoitus

Osallistumismaksu ei sisällä majoitusta, mutta olemme varanneet osallistujien käyttöön huone-kiintiön Kylpylähotelli Holiday Club Caribiasta ajalle 9.–10.11.2006. Jokainen majoitusta tarvitseva varaa itse majoituksensa suoraan hotellista. Varatessasi huonetta ilmoitathan kuuluvasi Teollisuuden säteilyturvallisuuspäivien kiintiöön.

Majoitushinta on 93 €/hlö/vrk yhden hengen huoneessa. Hinta sisältää buffet-aamiaisen, teema-kylpylän ja fitness centerin vapaan käytön, ilmaisen autopaikoituksen ja arvonnäköveron.

Yhteystiedot:

Holiday Club Caribia, Kongressikuja 1, 20540 Turku
myyntipalvelu puh. 0201 100 002,
sähköposti: myyntipalvelu.caribia@holidayclub.fi

Lisätietoja

Malla Salmén, puhelin (09) 759 88 236,
malla.salmen@stuk.fi
Markku Koskelainen, puhelin (09) 759 88 320,
markku.koskelainen@stuk.fi

KOLMIKYMPPISTEN SÄDETURVAPÄIVIEN VAIKUTUS TUNTUU RADIOLOGIAN LAADUSSA

Sädeturvapäivät ovat alusta asti olleet avoimet kaikille radiologian alan ammattiryhmille. Professori Timo Paakkala katsoo tämän edistäneen työpaikkademokratiaa, joka toimii radiologiassa paremmin kuin muualla lääketieteessä.



Sädeturvapäivät kokoontuvat loka-kuussa jo 30. kerran. Päivillä on ollut valtava merkitys radiologian kehitykselle. Hoito on harmonisoitunut. Alan ammattilaiset röntgenhoitajat, radiologit, sairaalafyysikot ja lääkärit ovat saaneet päiviltä koulutusta, jota vasta viime vuosina on vaa- dattu direktiivein.

”Ammattiryhmien yhteisellä tilaisuudella on ollut merkitystä myös työpaikkademokratialle ja ammattiryhmien yhteispelille”, järjestelytoimikunnan pitkäaikainen puheenjohtaja, professori Timo Paakkala arvioi.

Sädeturvapäivät alkoivat professori Pekka Vuorian huomiosta. Hän oli kuullut Ruotsissa lääkäripäivillä, että röntgenkuvauksen säteilyannoksissa oli eri sairaaloiden välillä jopa satakertaisia eroja. Arveltiin, että tilanne voi olla sama myös Suomessa.

Käytäntöjen harmonisointi oli yksi tavoiteista, kun Radiologiyhdistyksen ja Säteilyturvakeskuksen Sädeturvapäivät ensi kertaa pidettiin Finlandia-talossa 1977. Ensimmäiset

luennot olivat sisällöllisesti perusasiasiaa alalta ja lainsäädännöstä, mutta elettiin myös palavien paneelikeskustelujen aikaa. Ohjelmaan kuuluivat myös säteilysuojauskuulustelut. Niistä luovuttiin, kun kuulustelut häiritsivät vapautunutta seurustelua edellisen illan coctail-laisuuksissa.

Radiologian laadusta, turhien hoitojen välttämisestä puhuttiin jo 1979, jolloin laatu käsitteenä ei ollut yleisesti tuttu. Tuloksena oli- kin Eero Lehtisen ja Timo Paakkalan opaskirja terveyskeskusten röntgenkuvauksista.

Monta kertaa Sädeturvapäivillä myös ennakoi- tiin tulevaa kehitystä. Ydinmagneettisesta resonanssista puhuttiin jo 1970-luvun lopul- la. Sen suhteen erehdyttiin, eikä sen merkityk- seen juuri uskottu. Digitaalisen radiologian tu- lo, magneettikuvausten ja ultraäänikuvausten merkitysten kasvu osattiin kuitenkin ennakoia- da jo vuosia ennen niiden läpimurtoa.

1980-luvulla Sädeturvapäivillä käytiin läpi jopa kylmän sodan uhka: eri maiden ydinase- arsenaalit lähes pommikoneiden tarkkuudel-

la. Ilmatieteenlaitos arvioi, miten säteily ydin- katastrofissa leviäisi. Parin vuoden päästä tie- dot olivat tarpeen, mutta syynä oli aseiden si- jaan Tshernobyl.

Vuonna 1992 Sädeturvapäivät siirrettiin Tampere-taloon. Ajassa näkyi yhdentyvää Eu- rooppa ja säteilyturvallisuuden uudet laatu- kriteerit. Ohjelmaan vakiintui säteilysuojauk- sen kertauskurssi ja Carl Wegeliuksen juhla- luento. Sädeturvapäivistä on kehittynyt kah- den päivän ajantasainen, erittäin tiivis koulu- tuspaketti ammattilaisille.

”Lähes tuhat luentoa”, tiivistää Paakkala Sädeturvapäivien historian.

SINI SILVÄN

Järjestyksessään 30. Sädeturvapäivät jär- jestetään Tampere-talossa 26.–27. loka- kuuta 2006. Kohderyhmänä ovat radio- logit, röntgenhoitajat, sairaalafyysikot ja lääkärit, järjestäjinä Suomen Radiologi- yhdistys ja Säteilyturvakeskus.

TÄSMÄHOITOA RADIOAKTIIVISILLA ISOTOOPEILLA

Ulkoisella sädehoidolla voidaan tappaa syöpäsoluja, mutta säteileviä aineita käytetään myös kehon sisäisesti täsmälääkityksenä joidenkin sairauksien hoidossa. Hoitomuodossa hyödynnetään eri isotooppien hajoamisesta syntyvää säteilyä.

Isotooppihoidossa radioaktiivinen aine annetaan potilaalle suun kautta tai injektiona. Aineenvaihdunnan välityksellä aine hakeutuu elimistössä haluttuun kohtaan, jossa se säteilee lähiympäristöönsä, esimerkiksi syöpäkudokseen. Eniten isotooppihoitoa käytetään kilpirauhasen liikatoiminnan hoitoon, kilpirauhasen syövän hoitoon sekä eturauhas- ja rintasyövän aiheuttamien luustokipujen lievittämiseen.

”Radioaktiivisilla lääkkeillä pyritään hajottamaan solun DNA:n kaksoisjuostetta peruuttamattomasti niin, että se ei enää voi korjaantua”, toteaa Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin Syöpätautien klinikan isotooppihoitoyksikön vastaava lääkäri, professori Kalevi Kairemo. HUSin yksikkö on Suomen ainut pelkästään syövän isotooppihoitoon ja -diagnostiikkaan keskittyvä yksikkö.

Isotooppihoito voidaan kohdistaa täsmällisesti haluttuun kohtaan, mutta oikean säteilyannoksen määrittäminen vaatii hyvin monimutkaista laskentaa. Hoidossa käytetään tavallisesti beetasäteilyä. Gammasäteilyn energia on liian suuri potilashoitoon.

”Oikean annoksen määrittämiseksi on laskettava, kuinka monta radionuklidin atomia solun tumaan tai sytoplasmaan täytyy kohdistaa, jotta solu kuolisi”, Kairemo sanoo. ”On kuitenkin vaikeaa viedä atomeja suoraan solun tumaan.”

Kun lasketaan tarvittavia säteilyannoksia, on lisäksi otettava huomioon, miten ja mihin radioaktiivinen aine hajoaa ajan funktiona, miten keho reagoi aineeseen ja pyrkii siitä eroon ja miten aine kertyy kehon määrät-

tyihin kohteisiin. Kaikkia mekanismeja ei tunneta etenkin syövän osalta, mikä tekee annosmäärittämisestä vielä vaikeampaa.

”Isotooppien käyttö on tehokasta, mutta yksinään harvoin riittävää. Hoidon etuna on, ettei se yleensä sotke muita hoitoja, eikä elimistö sopeudu siihen”, Kairemo toteaa. ”Tavallisesti radioaktiivinen lääke yhdistetään esimerkiksi syövän leikkaukseen, ulkoiseen sädehoitoon tai sytostaattilääkitykseen.”

POTILAS SÄTEILEE ISOTOOPPIHOIDON JÄLKEEN

Eräs isotooppihoidossa käytettävien radio-lääkkeiden haitta on, että potilas säteilee hoidon jälkeen ja hänet on siksi eristettävä ympäristöstään joksikin aikaa. Syövän hoidossa säteily on sen verran voimakasta, että potilaan on jätävä sairaalaan säteilyvalvottuun huoneeseen jopa kolmeksi päiväksi.

Jos esimerkiksi kilpirauhasen syövän hoidossa on käytetty jodin isotooppia 131, voi Säteilyturvakeskuksen ohjeen mukaan potilaan kotiuttaa vasta, kun hänessä jäljellä oleva aktiivisuus alittaa 800 megabecquereliä. Tämä vastaa suunnilleen annosnopeutta 40 mikrosievertiä tunnissa yhden metrin etäisyydeltä mitattuna.

Kun on kyse isotooppihoidoista, joissa potilaalle annettava aktiivisuus on pienempi, esimerkiksi kilpirauhasen liikatoiminnan hoidosta, potilas pääsee kotiin saman tien, mutta hänen on jonkin aikaa vältettävä lähikontakteja muihin ihmisiin.

Määräykset isotooppihoitoa saaneen potilaan eristämisen ja sairaalassaolon suhteen

vaihtelevat maasta toiseen. Säteilyannos- ja hoitosuosituksen vaihtelevuus eri maissa johtuu pitkälti siitä, että standardien luominen on todella hankalaa, kun kokonaisuus on laskennallisesti monimutkainen eikä kaikkia mekanismeja edes tunneta.

”Alalla esiintyy jopa eräänlaista ”terapiaturismia”. EU-maissakin saattaa olla merkittävä ero siinä, miten pitkäksi aikaa sairaalaan on jätävä hoidon jälkeen”, Kairemo toteaa. ”Jos vaadittava sairaalassaolo on lyhyempi potilaan naapurimaassa, haetaan hoitoa helposti sieltä.”

KILPIRAUHANEN ON HYVÄ KOHDE ISOTOOPPIHOIDOLLE

Kilpirauhanen on isotooppihoidon tyypillinen kohde. Normaalioloissa kilpirauhanen kerää hormonituotantoaan varten itseensä jodia. Vuorokauden sisällä jopa puolet suun kautta saadusta jodista kertyy kilpirauhaseen. Tämä antaa hyvät edellytykset kilpirauhasen sairauksien täsmähoitoon radiolääkkeellä.

Kilpirauhasen syöpää hoidetaan yleensä leikkaamalla pois suurin osa kilpirauhasesta, minkä jälkeen potilaalle annetaan suun kautta suuri annos jodin isotooppia 131. Radiojodi tappaa syöpäsoluja sekä kilpirauhasen jäljelle jääneessä kudoksessa että etäpesäkkeissä, joiden solut kilpirauhasen lailla keräävät jodia. Näitä tapauksia hoidetaan Suomessa satokaudesta.

Radiojodia voi myös käyttää kilpirauhasen liikatoiminnan hoitoon, jos myrkkysteuruumaan johtava liikatoiminta ei pysy lääkkeillä kurissa. Tällöin isotooppihoidolla pyritään kilpirauhas-

Gammakameralla kuvataan isotooppihoidon tuloksia. HUSin Syöpätautien klinikan isotooppiyksikön vastaava lääkäri Kalevi Kairemo toteaa, että kameralla nähdään esimerkiksi syövän etäpesäkkeet ympäri kehoa.

kudoksen pienentämiseen. Potilaalle annettavan radiojodin aktiivisuus on noin kymmenesosa syöpäpotilaalle annettavasta aktiivisuudesta. Jodi kertyy kuitenkin niin tehokkaasti yhteen paikkaan, että kilpirauhasen kohdalta voi hoidon jälkeen mitata radioaktiivisuutta jopa kuukauden ajan.

Toinen isotooppihoitoa saava suuri potilasryhmä koostuu eturauhas- ja rintasyöpäpotilaista. Eturauhas- ja rintasyöpä muodostavat luustoa vaurioittavia etäpesäkkeitä. Isotooppihoidolla ei pystytä parantamaan tauteja, mutta kylläkin lieventämään etäpesäkkeiden aiheuttamaa kipua. Lääkkeinä käytetään fosforyhdisteitä, joihin on sidottu strontium-89-, samarium-153- tai renium-186-isotooppi. Lääke ei hakeudu syöpäsoluihin, vaan luuston yliaktiivisiin osiin eli niihin soluihin, jotka rakentavat luukudosta ja pyrkivät korjaamaan syövän aiheuttamaa luuvauriota.

Muita sairauksia, joihin käytetään isotooppihoitoa, ovat eräät harvinaiset verisairaudet sekä hormonaalista alkuperää olevat neurologiset kasvaimet lapsilla. Radioaktiivisia partikkeleita on myös mahdollista viedä kehoon ja käyttää sisäisenä paikallishoitona. Kaikkia mainittuja hoitoja annetaan Suomessa jonkin verran. Reumatyyppisiin nivelsairauksiin isotooppeja voi käyttää nivelensisäisesti injektioina. Tällaisia toimenpiteitä tehdään Suomessa kuitenkin melko vähän.

USEITA MENETELMIÄ AKTIIVISUUDEN MÄÄRITTÄMISEEN

Kilpirauhasen liikatoiminnan hoidossa ei edelleenkään ole olemassa yhtä yleisesti hyväksyttyä menetelmää sen määrittämiseksi, paljonko potilaalle on annettava jodi-131:tä, jotta siitä aiheutuva annos kohde-elimessä olisi haluttu. Vuonna 2005 käytettävistä menetelmistä tehtiin pohjoismainen selvitys. Sen mukaan Suomen, kuten muidenkin Pohjoismaiden sairaaloissa käytetään lähes kymmentä erilaista määritysmenetelmää. Joissakin sairaaloissa kaikille potilaille annetaan vakioaktiivisuus ottamatta huomioon säteilyannokseen vaikuttavien tekijöiden yksilöllistä vaihtelua. Annossuunnittelun pitäisi kuitenkin olla nimenomaan potilaskohtaista.



POTILAAN KOTIUTTAMINEN ISOTOOPPIHOIDON JÄLKEEN

Potilas, jolle on annettu radioaktiivista ainetta, voidaan kotiuttaa vasta, kun potilaan muille ihmisille aiheuttama säteilyaltistus jää vähäiseksi.

- Potilaan on jäätävä sairaalaan, kunnes hänessä jäljellä oleva aktiivisuus ei ylitä 800 megabecquereliä (MBq). Tästä on varmistuttava mittauksella.
- Kilpirauhasen liikatoiminnan hoitoon jodia saanut potilas voidaan useimmiten lähettää kotiin välittömästi hoidon jälkeen.
- Potilaan saatua jodia kilpirauhassyövän hoitoon hänen on jäätävä muutamaksi päiväksi sairaalaan tätä tarkoitusta varten suunniteltuun eristyshuoneeseen.
- Potilas voi käyttää yleistä kulkuneuvoa matka-ajan ollessa tunnin luokkaa.
- Ennen kotiin pääsyä potilaalle tai hänestä huolta pitävälle henkilölle annetaan **säteilysuojeluohjeet**, jotta potilaan kanssa tekemisissä olevat henkilöt eivät saa tarpeettomasti säteilyä.
- Ohjeet annetaan sekä suullisesti että kirjallisesti ja sellaisessa muodossa, että potilas ymmärtää ne.
- Jos potilaalla on suunnitelmissa ulkomaanmatka välittömästi isotooppihoidon jälkeen, hänelle annetaan todistus hoidosta.
- Aika, jona ohjeita on noudatettava, riippuu potilaassa jäljellä olevasta aktiivisuudesta ja potilaan elämäntilanteesta.

Tarkoitus on, että potilaalle sairaalasta annettavat ohjeet olisivat yksilölliset, juuri hänen elämäntilanteensa (perheenjäsenet, työ, jne.) huomioon ottavat. Joissakin tapauksissa potilas voi olla syytä ottaa muutamaksi päiväksi sairaalaan, vaikka hänen saamansa aktiivisuus alittaisikin 800 MBq. Toisaalta yksin asuva henkilö voidaan hyvin kotiuttaa heti, kun hänen kehossaan jäljellä oleva aktiivisuus on alle 800 MBq.

Tietokonetomografian laitekehitys on niin nopea, että tilastot potilaiden saamista säteilyannoksista eivät ole ajan tasalla. Kehittyneimmillä ja tarkimpia kuvia tuottavilla laitteilla säteilyannos on selvästi suurempi kuin vanhoilla, mikä voi olla riski kuvattaessa vauvaikäisiä lapsia.



LASTEN ALTISTUSTA TARKKAILTAVA TIETOKONETOMOGRAFIASSA

// Tutkiessamme aikuisten tietokonetomografiasta saamia säteilyannoksia selvisi, että potilaiden saamat annokset voivat olla joissakin sairauksissa jopa viisinkertaisia, vaikka laitteet ovat samanlaisia”, sanoo STUKin ylitarkastaja Juhani Karppinen.

Aikuisten kuvauksille STUK on antanut säteilyannosten vertailutasot, jotka vastaavat normaalipotilaan normaalikuvausta. Vertailutasoja ollaan tällä hetkellä päivittämässä vastaamaan nykyistä laitekantaa.

Lapsuudessa saatu säteilyaltistus aiheuttaa suuremman lisäriskin kuin vastaava altistus aikuisiässä.

”Onkin mahdollista, joskin suhteellisen epätodennäköistä, että lasten tietokonetomografiassa voidaan saavuttaa vaarallisia säteilytasoja. Vauvaikäisten päänkuvauksissa sillä saattaa olla merkitystä”, sanoo STUKin johtava asiantuntija Hannu Järvinen.

Tietokonetomografiakuvauksia lapsille tehdään Suomessa vain muutamia satoja vuodessa, eikä niitä eritellä tilastollisesti. Muissa pohjoismaissa tilanne on samanlainen, ja siksi on tekeillä yhteispohjoismainen tutkimus lasten saamista säteilyannoksista. Yhteenveto kerätyistä tiedoista valmistuu tämän vuoden aikana ja tutkimuksen tulos julkaistaan ensi keväänä.

TARKEMMAT LAITTEET – SUUREMPI SÄTEILYANNOS

Kun tietokonetomografia tuli Suomeen runsaat parikymmentä vuotta sitten, ei ollut kuin 1-leikelaitteita. Vieläkin puolet Suomessa käytössä olevista laitteista on tätä tyyppiä. Kymmenisen vuotta sitten tulleilla 4-leikelaitteilla kuvauksesta tuli nopeampaa ja kuvien erotteilykyky parani. Uudet tietokonetomografialaitteet ovat 16–64-leikelaitteita ja digitaalikuvista voi rakentaa kolmiulotteisen version.

Yhä tarkemman ja nopeamman kuvannan ansiosta tietokonetomografian käyttösovellyksiä syntyy lisää koko ajan. Mutta uudemmissa laitteissa säteilyannos on samalla noussut 10–40 prosenttia verrattuna vanhoihin.

Tavallisista röntgenkuvauksista yleisin on rintakehän kuvaus. Tällaisessa kuvauksessa henkilön saama efektiivinen säteilyannos on noin 0,03 millisievertiä. Jos vastaavasti tehdään tietokonetomografiakuvaus keuhkoista, henkilön saama säteilyannos on noin 4 millisievertiä – siis jopa yli sata kertaa suurempi. Tietokonetomografiakuvausten lukumäärä on viidessä vuodessa noussut viidestä seitsemään prosenttiin kaikista röntgenkuvauksista.

”Yksittäisen kuvattavan henkilön saama säteilyannos on kuitenkin aika pieni. Silti kokonaisuutena näillä tiedoilla on merkitystä, sillä

ne vaikuttavat väestön saamaan säteilymäärään”, Järvinen sanoo. Kaikista röntgenkuvauksista suomalaisten saama keskimääräinen efektiivinen säteilyannos henkilöä kohden on noin 0,5 millisievertiä vuodessa.

”Tietokonetomografiakuvauksilla on omat etunsa ja varsinkin, kun on kyse vaikeista sairauksista, suuremmat säteilyannokset ovat oikeutettuja. Mutta mitä korkeampi säteilyannos, sitä enemmän meitä kiinnostaa tietää, miten hyvin annos on optimoitu”, Karppinen puolestaan toteaa.

”Laitteen käyttötapa on oleellinen: kuinka suuri alue kuvataan, käytetäänkö annosrajasta, miten suuri kohina sallitaan kuvassa”, Karppinen jatkaa. ”Jos lääkäri haluaa hienoja kuvia ilman mitään kohinaa, tulee helposti käytettyä turhan korkeita säteilyannostasoja. Lisäksi laitteet eivät välttämättä näytä todellista säteilytasoa, varsinkaan lapsikuvauksissa, joita varten niitä ei ole erikseen kalibroitu.”

”Ensimmäinen pikasilmäys pohjoismaista tutkimusta varten kerättyihin tietoihin antaa vaikutelman, että missään ei kuvata lapsia aikuisten annoksilla, mutta vaihtelut eri sairauksien välillä ovat suuret”, Järvinen sanoo. ”Tavoitteena on, että saisimme tutkimuksesta niin paljon tietoa, että lapsillekin voitaisiin määrittellä potilasannoksen vertailutasot yleisiin tietokonetomografiakuvauksiin.”

AIR FINLAND SEURAA LENTOHENKILÖSTÖNSÄ
ALTISTUMISTA KOSMISELLE SÄTEILYLLE

LÄHDÖSTÄ LASKUUN, MINUUTIN TARKKUUDELLA



Air Finland on Suomessa ensimmäinen lentoyhtiö, joka on siirtynyt seuraamaan lentohenkilöstön altistumista kosmiselle säteilylle minuutin tarkkuudella. Uusi järjestelmä ottaa huomioon auringon aktiivisuuden yhtä lailla kuin se seuraa lentoreittiä ja lentokorkeuksia. Niin lentäjä kuin lentoemäntäkin voi seurata netistä henkilökohtaista lokitiedostoaan säteilyannoksista.

SÄÄNNÖLLISESTI LENTÄVIEN MATKUSTAJIEN KOSMISEN SÄTEILYN ANNOSTA EI SEURAA KUKAAN.

Lentohenkilöstöllä on todettu tavanomaista enemmän tiettyjä syöpätyyppejä kuten rintasyöpää. Syöväen syntyn vaikuttavat monet muutkin tekijät kuin säteily, minkä vuoksi kosmisen säteilyn osuutta ei voida osoittaa. Riskiryhmässä ovat kuitenkin lentäjät ja matkustamohenkilökunta. Yhtä lailla asia voi koskea myös säännöllisesti lentäviä matkustajia. Reittisuihkukoneiden lentokorkeuksilla kosmisen säteilyn määrä on jopa 60–200-kertainen merenpinnan tasoon verrattuna.

Air Finlandin säteilyturva-asioista vastaava pääohjaaja Anssi Kivelä kertoo, että kosmisen säteilyn aiheuttamien säteilyannosten seuraaminen perustuu EU:n määräyksiin. Kun lentohenkilöstön jäsenen vuosittain saaman annoksen arvioidaan ylittävän yhden millisievertin, valvonta täytyy aloittaa.

Kaksi ensimmäistä toimintavuottaan Air Finland määrittä lentohenkilöstön säteilyannokset Cari 6 -ohjelmistolla. Tämä määrittelyohjelma toimii netissä ja sen laskema kosmisen säteilyn annos perustuu kuukausikeskiarvoihin.

KESKIARVOISTA KOHTI TODELLISEMPIA SÄTEILYANNOKSIA

Viimeisen vuoden aikana Air Finland on ensimmäisenä Suomessa siirtänyt käyttämään tanskalaisen Globalogin kehittämää uudentyyppistä menetelmää. Se perustuu entistä tarkempaan kosmisen säteilyn määrittelyyn.

”Eri puolilla maailmaa on kuusi mittauspistettä maan pinnalla. Mittauspisteiden perusteella ohjelma laskee jokaiselle reitille sen hetkelliset paikkakohtaiset kosmisen säteilyn annosnopeudet. Näin lennolla saatu säteilyannos voidaan laskea entistä tarkemmin.”

Kivelä kertoo, että Air Finlandin omista lentotietojärjestelmistä otetaan minuutin tark-

kuudella lentojen lähtö- ja laskeutumisajat. Seurantaa tehdään siis pitkälti lähes reaaliaikaisena.

”Jokaisella henkilöstön jäsenellä on Internetissä nähtävissä oma lokitiedosto, josta kertynyttä säteilyannosta voi seurata. Säteilyturvakeskus saa meiltä tiedot kerran vuodessa.”

Globalogin menetelmä perustuu Peer Wollenbergin kehittämään järjestelmään. Hän piti aikanaan Greenland Airilla lentäessään lentopäiväkirjaa netissä. Tästä kehittyi edelleen idea siitä, että vastaavalla tavalla on mahdollista seurata myös lentoreiteillä kertyvää kosmista säteilyannosta. Järjestelmän luomises-

MONEN TEKIJÄN SÄTEILYSUMMA

Lentohenkilöstön saaman kosmisen säteilyn määrään vaikuttaa monta tekijää. Ensinnä vaikuttaa auringon aktiivisuus alkaen 11 vuoden sykleistä sekä aurinkomyrskyistä. Toisaalta säteilyannokseen vaikuttaa lentoreitti alkaen siitä, millä leveysasteilla lennetään. Napojen lähellä annokset ovat suurempia kuin päiväntasaajalla. Samoin vaikuttaa myös lentokorkeus: mitä korkeammalla lennetään, sitä enemmän altistutaan. Luonnollisesti henkilöstön saamaan säteilyannokseen vaikuttaa myös lentoaika eli miten pitkiä aikoja kosmiselle säteilylle päivittäin altistutaan.



sa oli yhteistyökumppanina The Danish National Laboratory.

Kivelä kertoo, että viime aikoina Globalog on avannut keskustelua myös siitä, olisiko tarpeellista ottaa säteilyseurannan piiriin myös niin sanotut ”frequent flyers” eli säännöllisesti lentävät matkustajat. Heidän saamaansa kosmisen säteilyn annosta ei tällä hetkellä seuraa kukaan. Säteilyannos voi kasvaa, jos lentää paljon ja esimerkiksi toistuvasti tekee pitkiä kaukomatkoja.

Air Finlandin lennot ovat pääasiassa niin sationtulla keskipitkiä. Lentoajat ovat 4,5 tunnista 6,5 tuntiin. Lentoja tehtiin esimerkiksi viime vuonna Venezuelaan, Thaimaahan, Omaaniin, Egyptiin, Brasiliaan, Kanarian saarille ja Keski-Eurooppaan.

Henkilöstön keskimääräinen työstä aiheutuva säteilyannos on ollut Kivelän mukaan noin 2,5 millisievertiä vuodessa. Vastaava suomalaisen lentohenkilöstön keskimääräinen annos on noin kaksi millisievertiä vuodessa. Lu-

Air Finlandissa on lentohenkilökuntaa kaikkiaan noin 110 henkilöä. Pääohjaaja Anssi Kivelän oma viimevuotinen säteilyannos oli 3,6 millisievertiä.



kuja voi verrata siihen, että suomalainen saa keskimäärin 3,7 millisievertin säteilyannoksen vuodessa.

”Henkilöstö on suhtautunut kosmisen säteilyn seurantaan neutraalisti. Asiaan ei ole suhtauduttu hysterisesti eikä välinpitämättömästi.”

Kivelä tuo esiin, että erityisen tärkeä asia on raskaana oleville naisille. Heidän säteilyannoksensa raskauden aikana ei saa missään tapauksessa ylittää yhtä millisievertiä. Air Finlandissa linja on edelleen se, että lentäminen lopetetaan heti, kun raskaudesta tulee tieto yhtiölle ja sen jälkeen henkilö siirtyy niin sanotusti maatoihin. Kuitenkin nyt, kun henkilökoh- taista säteilyannosta voidaan uuden järjestel- män avulla seurata tarkemmin, lentämistä voi- taisiin harkita rajatun ajan.

”Tietenkään ei alkuraskauden aikana, mut- ta sitten kun tilanne on vakiintunut, asiaa voi- taisiin harkita.”

Henkilöstön vuosittain saaman säteilyan- noksen ehdoton yläraja on kuusi millisievertiä vuodessa. Järjestelmä varoittaa lähestyväs- tä rajasta ja voidaan ryhtyä hyvissä ajoin esi- merkiksi työvuoroja koskeviin toimenpiteisiin siten, ettei raja ylitä.

TIMO ANSARANTA

STUK SEURAA LENTOHENKILÖSTÖN SÄTEILYALTISTUSTA

Lentohenkilöstön säteilyaltistuksen seurannasta on annettu Säteilyturvakeskuksen ohje ST 12.4. Ohje perustuu kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan suosituksiin, EU-säädöksiin sekä säteily- lakiin ja -asetukseen. Ohje antaa selvät sävellet lentohenkilöstön säteilysuojelulle.

Jos lentoyhtiön koneet lentävät yli kahdeksan kilometrin korkeudessa, yhtiön on selvittävä, voivatko työntekijät saada kosmisesta säteilystä yli yhden millisievertin (mSv) suuruisen efektiivisen annoksen vuodessa. Säteilyturvakeskus tarkastaa selvityksen ja esittää työntekijöiden säteily- suojelun järjestämistä koskevat vaatimukset, jos 1 mSv:n raja voi ylittyä.

Lentohenkilöstön säteilyturvallisuus on hyväksyttävällä tasolla, kun lentoyhtiö huolehtii seu- raavista asioista:

- Kosmisen säteilyn aiheuttama annos määritetään luotettavalla menetelmällä.
- Kenenkään työntekijän annos ei ole suurempi kuin 6 mSv vuodessa.
- Syntymättömän lapsen annos pidetään mahdollisimman pienenä. Kun työntekijä on ilmoit- tanut olevansa raskaana, hänen annoksensa jäljellä olevana raskausaikana ei saa olla suurempi kuin 1 mSv.
- Työntekijälle ilmoitetaan annosmäärityksen tulokset sekä annetaan tietoa kosmisesta säteilystä ja sen merkityksestä terveydelle.
- Työntekijöiden annosmäärityksen tulokset ilmoitetaan vuosittain Säteilyturvakeskuksen annosrekisteriin.

Ohje ST 12.4 on saatavilla Internetissä osoitteessa www.stuk.fi/saannosto/ST12-4.html.

Säteilyturvakeskuksen annosrekisteriin tallennettiin vuonna 2005 noin 14 000 työntekijän annos- tietoja. Heistä lentohenkilöstöön kuuluvia on noin 2600. Finnairin työntekijöiden annostietoja on tallennettu annosrekisteriin vuodesta 2001 ja Air Finlandin vuodesta 2003.

ENSIMMÄINEN UUSI SÄDEHOITOYKSIKKÖ SUOMESSA VUOSIKYMMENIIN

PORIN SÄDEHOITOYKSIKKÖ HELPOTTAA SYÖPÄPOTILAITA

Porin sädehoitoyksikkö helpottaa potilaita koko Satakunnan alueella. Satakunnan sairaanhoitopiirin syöpätapaukset on hoidettu aiemmin Turun yliopistollisessa keskussairaalassa TYKSissä.

”Täältä on pitkä matka Turkuun, yhteen suuntaan 140 kilometriä. Satakunnan sairaanhoitopiirin pohjoisilta alueilta Karvialta ja Jämijärveltä matkaa kertyy 200 kilometriä suuntaansa”, yllääkäri Raija Asola kertoo.

Matkat ovat olleet rasitus erityisesti niille, jotka ovat tarvinneet niin sanottua oireenmukaista sädehoitoa. Tätä hoitoa voidaan antaa esimerkiksi potilaille, joilla on syövän etäpesäkke luussa tai pehmytkudoksessa. Silloin sädehoidolla voidaan vaikuttaa kipua lievittävästi ja hoito on hyvin tehokasta.

Oireita lievittävää hoitoa voidaan tarvita ehkä vain muutamia yksittäisiä kertoja, potilaat ovat kuitenkin usein huonokuntoisia ja sairaita.

”Jos ihminen on kipeä, sadan kilometrin ajomatka on aikamoinen kynnys.”

Tämä oireenmukaisen hoidon vähäisyys näkyy myös tilastoissa ja se oli yksi peruste päätökselle perustaa uusi sädehoitoyksikkö Poriin Satakunnan sairaanhoitopiiriin.

”Huhtikuun 10. päivä annettiin ensimmäiset hoidot ja lähetteiden määrä oireenmukaiseen hoitoon oli ihan valtaisa.”

HOITOKERRAT LYHYITÄ, HOITOJAKSOT PITKIÄ

Porissa keskitytään hoitamaan eturauhas-, rintata-, suolisto ja keuhkosityöpäpotilaita. Esimerkiksi rintasyöpäpotilas, jonka rinta leikataan, voi saada sädehoitoa viidestä kuuteen viikkoon peräkkäin arkipäivisin. Eli muutaman minuutin hoito toteutetaan 25–30 kertaa.

Porin uusi sädehoitoyksikkö aloitti toimintansa huhtikuussa. Jo alkusyksystä sädehoitoa oli ehditty antaa 2 200 kertaa. Uuden sädehoitoyksikön perustaminen ei ole Suomessa jokapäiväistä. Edellisen kerran yksikkö perustettiin Kuopioon 1978. Tänä vuonna uusia tulee tuplaten, Porin lisäksi syksyllä myös Lahteen.

Kun sädehoitoa annetaan usean viikon ajan päivittäin, matkat ovat potilaille aikamoinen rasitus. Itse hoito on lyhytaikainen ja kestää vain viitisen minuuttia.

”Talvisaikaan pukemiseen ja riisumiseen menee aikaa enemmän kuin itse hoitoon.”

Yhteistyö TYKSin kanssa jatkuu edelleen. Aivokasvaimet, harvinaisemmat syövät sekä kaikki lapsisyöpäpotilaat hoidetaan edelleen yliopistollisessa sairaalassa.

SYÖPIEN HOITO ON TÄSMENTYNYT

Asola pohtii, että 1980-luvulta syövänhoito on kehittynyt huomattavasti. Vaikka hoitotavat kehittyvät, sädehoidon merkitys ei väheine. Sädehoidon on todettu varmistavan pitkälti sen, että syöpä ei uusiudu. Esimerkiksi rintasyöpäpotilaille sädehoitoa annetaan leikkaushoidon tueksi erityisesti kun kyse on rinnan osapoistosta.

”Suuri osa syöpähoidoista perustuu laajoihin kansainvälisiin tutkimuksiin. On laaja näyttö siitä, mikä kannattaa ja mikä ei.”

Liitännäishoitojen määrä on kasvussa: solusalpaajat, hormonihoitot ja sädehoito ovat entistä enemmän leikkaushoitojen tukena. Uudet diagnosointitekniikat tietokonetomografia (TT) ja positroniemissiotomografia (PET)

-kuvaukset tuovat tarkempaa tietoa syövän todellisesta leviämistasesta.

Uusilla annoslaskentamenetelmillä hoito voidaan kohdentaa ja rajata mahdollisimman tarkoin. Osastonyliääkäri Martti Flander muistaa hyvin, kun hoitosuunnitelma tehtiin millimetripaperille, nyt hoidettava alue voidaan mallintaa kolmiulotteisena tietokoneen näytölle. Solunsalpaajahoidot, hormonihoitot ja kirurgiset toimenpiteet ovat kehittyneet. Myös hoidon ennusteet ovat parantuneet.

”Paikallinen syöpä pystytään useimmiten parantamaan”, Asola toteaa.

Jos syöpä on lähettänyt etäpesäkkeitä, syöpä ei silti ole välitön kuolemantuomio. Pikemmin se on muuttunut krooniseksi sairaudeksi, jota voidaan hoitaa ja pitää kurissa vuosia.

”Kuolemaa on opittu lykkäämään kauemmas”, Asola kiteyttää. ”Ja elämä on hyvää. Se ei ole kokonaiskärsimystä.”

Syövän ikävä maine on silti tiukassa, syöpää ei osata vielä ajatella kroonisena sairautena.

BUNKKERI VALMIS TOISELLE SÄDEHOITOLAITTEISTOLLE

Porin uuteen sädehoitoyksikköön kuuluu uusi sädehoidon annossuunnittelulaitteisto ja yksi sädehoitolaitteisto.

Yliääkärä Raija Asola, sairaalafyysikko Juha Vanhatalo (kesk) ja osastonyliääkärä Martti Flander kertovat, että alku on sujunut hyvin. Kun sädehoitoyksikkö aloitti huhtikuussa, elokuussa oli ehditty antaa jo 2 200 hoitokertaa.



Silti Satakunnan sairaanhoitopiiriin 230 000 henkilön väestöpohja ja sen 1100 uutta syöpätapausta vuosittain merkitsevät, että kaikkea ei pystytäkään hoitamaan yhdellä sädehoitolaitteistolla. Kun Porin syöpähoito-osasto rakennettiin, oltiin jo kaukaa viisaita. Bunkkereita sädehoitolaitteistoja varten rakennettiin yksin tein kaksi. Uutta laitteistoa tarvitaan jo mahdollisesti vuonna 2008.

”Syöpien määrä ei tule vähenemään”, Asola arvioi.

ERI HOITOKÄYTÄNNÖT HITSATAAN PORIN MALLIKSI

Porissa jo pidempään vaikuttanut Asola sai yksikköönsä kokeneita ammattilaisia. Osastonyliääkärä Martti Flander siirtyi Poriin Lappeenrannasta, sairaalafyysikko Juha Vanhatalo Vaasasta. Myös osaston viiden röntgenhoitajan tausta on ”hajautettu” Helsinkiin, Ouluun ja Poriin.

Ydinosaajilla on siis kokemusta erilaisista

hoitoyhteisöistä. Flander pohtiikin, että iso haaste on se, millaiseksi käytännöt hitsataan nyt Porissa.

”Tämä on poikkeava tilanne, kun sädehoitoyksikön työ aloitetaan alusta asti”, Flander arvioi.

Haaste on mielenkiintoinen. Kokemuksista kaikki tietävät, että eri sairaaloissa on aina omat ”meillä on aina tehty näin” -käytäntönsä, joita harvoin kyseenalaistetaan. Nyt eri käytännöt on liitettävä yhteen, jotta hoito saadaan vakioituksi.

”Alku on sujunut hyvin, on annettu jo yli 2 200 hoitokertaa, päivittäin käy sädehoidossa yli 30 potilasta”, sairaalafyysikko Juha Vanhatalo laskee.

Ensimmäiset kuukaudet kertovat ainakin siitä, että uudet työntekijät viihtyvät Porissa. Työtä tehdään tiiviillä tiimillä.

Sädehoitolaitteistojen kustannukset olivat 2,5 miljoonaa euroa. Koko rakennushankkeen kustannukset 12 miljoonaa, samassa

rakennuksessa on kuitenkin myös esimerkiksi lääketieteen opetustiloja ja muita osastoja.

Porin syöpähoito on käytännössä syntynyt Raija Asolan matkassa. 1992 hän aloitti pioneerityön konsultoivana syöpälääkärinä. Nyt Pori voi jo antaa itse sädehoitoa satakuntalaisille potilaille.

Syövänhoidossa sädehoito on yksi olennainen hoitomuoto. Vaikka syövänhoito kehittyä, sädehoitoa korvaavaa hoitomuotoa tuskin on näkyvissä.

Porin sädehoitoyksikön perustaminen sujui niin ripeästi kuin kunnallisessa päätöksenteossa vain on mahdollista, ajatus pistettiin liikkeelle 2001, pari vuotta myöhemmin tehtiin perustamispäätös ja alkuvuonna 2006 uusi rakennus ja uusi sädehoitoyksikkö olivat valmiit.

Tänä vuonna uudet sädehoitoyksiköt saadaan paitsi Poriin myös Lahteen. Tällöin sädehoitoyksiköitä on Suomessa yhteensä 11.



SUOMI ON EDELLÄKÄVIJÄ RAJOJEN SÄTEILYVALVONNASSA

Venäjältä salakuljetetun säteilylähteen takavarikko Espoossa. Kierrätysmetallia käsittelevien yritysten havainnot radioaktiivisista aineista tuontitromun joukossa. Kuolemaan johtanut isännättömän säteilylähteen aiheuttama onnettomuus Virossa. Nämä olivat keskeisiä syitä, miksi Suomen tulli päätti pystyttää rajoille säteilyvalvontajärjestelmän. Suomi oli myös liittymässä Euroopan unioniin ja itärajasta oli tulossa unionin ulkoraja. 90-luvun loppupuolella Suomi oli jo rajojen säteilyvalvonnan kärkimaita.

RAJALTA KÄÄNNYTETYT KULJETUKSET OVAT YLEENSÄ OLLEET METALLIROMUKUORMIA.

Suomen liittyminen Euroopan unionin jäseneksi velvoitti Suomen tehostamaan ulkorajojen tullivalvontaa. Tullihallitus päättikin hankkia kiinteät säteilymittauslaitteet kaikille liikenteellisesti vilkkaimmille Venäjän vastaisille tulliasemille ja Helsingin satamaan.

Ensimmäinen kiinteä ajoneuvoja ja niiden lasteja mittaava säteilymittauslaitteisto oli tuolloin otettu käyttöön Vaalimaan tulliasemalla ja järjestelmän pystyttäminen muille itärajan asemille ja Helsingin satamaan oli käynnissä. Ensimmäinen vaihe oli valmis vuonna 1996. Suomi oli rajojen säteilyvalvonnan alalla edelläkävijä maailmassa.

Yhden raja-aseman varustukseen kuuluu tyypillisesti yksi tai useampi liikennevirta jatkuvasti mittaava tien tai rautatien varteen kiinteästi asennettu säteilyvalvontaportti. Tullitar- kastukseen saapuessaan matkustajat tavaroi- neen ohittavat vielä toisen säteilymittauspiste- teen. Havaitessaan säteilyä automaattinen mittaajajärjestelmä antaa hälytyksen, joka vä- littyy valvontapisteeseen.

Hälytys on varmistettava ja siihen käytetään kahta käsimittaria. Toinen mittari on erittäin herkkä ja sillä paikallistetaan säteilyn lähde. Toinen on tavallisesti Geiger-mittari, jolla mi- tataan kohteen lähettämän säteilyn annosno- peus. Annosnopeuksien seuraaminen jo koh- detta lähestyttäessä on tärkeää tullimiehen oman turvallisuudenkin kannalta.

10 VUOTTA RAJOJEN AUTOMAATTISTA SÄTEILYVALVONTAA

Tulli ja Säteilyturvakeskus (STUK) ovat säteilyn rajavalvonnassa toimineet yhteistyössä jo en- nen Tshernobylin onnettomuutta. Automaat- tisen valvonnan alkuvaiheessa yhteistyö pai- nottui STUKin antamaan laitteiden hankin- taan ja käyttöön sekä havaintojen tulkintaan liittyviin asiantuntijapalveluihin ja koulutuk- seen. Nykyään yhteistyö on molemminpuo- lista ja monipuolista tietojen vaihtoa. Esimer- kiksi STUK saa tullilta raportit kaikista epäilyt- tävistä säteilyhavainnoista.

Suomen ja Venäjän tullilaitosten välisen so- pimuksen perusteella voidaan radioaktiiviseksi todetun tavarahan maahantulo estää, jos maa- hantuontiin ei ole lupaa ja radioaktiivisuu- delle ei ole hyväksyttävää selitystä. Kun Suo-

meen tulevassa tavarassa on todettu säteilyä, käydään neuvonpito tullitoimipaikan ja STU- Kin kesken. STUK suosittelee joko lastin kään- nyttämistä tai päästämistä maahan. Lopullisen päätöksen maahantulon kieltämisestä tekee kuitenkin aina tulli.

Vuosina 1996–2001 rajalta käännytettiin yhteensä noin 50 kuljetusta. Tyypillisesti nä- mä ovat olleet metalliromukuormia, joissa on ollut säteilylähde, lähteen sisältävä laite tai radioaktiivisella aineella saastunutta materi- aalia. On löydetty myös ajoneuvoja ja junan- vaunuja, joissa on saastuneesta metallista teh- tyjä osia.

Vuoden 2001 jälkeen ei Suomessa ole to- dettu tänne pyrkiviä lainvastaisia säteileviä kuljetuksia. Syitä tapausten loppumiseen on useita, kuten yleinen tietoisuus säteilyvalvon- nan olemassaolosta sekä kierrätysmetallia lä- hettävien yritysten oma laadunvalvonta. Ve- näjän säteilyvalvontajärjestelmä tarkastaa myös ulkomaille lähtevän liikenteen.

STUK on järjestänyt säteilyvalvontakoulu- tusta myös Venäjän, Baltian maiden ja Ukrai- nan rajavalvontaviranomaisille. Venäjän kou- lutusohjelma on uudistettu, koska Venäjä on kehittänyt oman säteilyvalvontajärjestelmänsä ja siihen liittyvän koulutuksen erittäin korkeal- le tasolle. Painopiste on nykyään molemmin- puoliosissa tietojen ja havaintojen vaihdossa.

VENÄJÄ-YHTEISTYÖ ON TIIVISTÄ

Suomen ja Venäjän tulliviranomaisten työryh- mät tapaavat säännöllisesti noin kerran vuo- dessa säteilyvalvontakysymysten merkeissä. STUK on myös osallistunut näihin tilaisuuksiin. Toistaiseksi viimeinen kokous oli Pietaris- sa helmikuussa. Vierailun ohjelmaan kuului muun muassa tutustuminen Pietarin sataman säteilyvalvontajärjestelyihin ja Pietarin tullika- temiassa annettavaan koulutukseen. Samal- la pohjustettiin yhteistyötä STUKin ja Pietarin Tulliakatemian välille kolmansissa maissa an- nettavaa koulutusta varten.

YDINMATERIAALEJA TORJUTAAN KANSAINVÄLISESTI

Suomi osallistuu aktiivisesti kansainväliseen toimintaan radioaktiivisten aineiden ja ydin- aineiden laittoman kaupan torjunnassa. STUK on mukana kansainvälisessä asiantuntijatyö-

ryhmässä (ITWG, International Technical Wor- king Group for nuclear smuggling), joka ke- hittää uusia menetelmiä ydinaineiden havait- semiseksi ja niiden alkuperän selvittämiseksi. Ryhmä on kehittänyt myös toimintasuunnitel- mamallin (Model Action Plan) tilanteisiin, kun ydinainetta löydetään. Tämä suunnitelma on ollut esikuvana myös Suomen tullin toiminta- ohjetta kehitettäessä. ITWG-työryhmä on ko- koontunut kerran myös Suomessa.

Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA ylläpitää tietokantaa (Illicit Trafficking Data- base), johon se kokoaa jäsenmaiden ilmoit- tamat radioaktiivisten aineiden laittomaan kauppaan liittyvät tapaukset. Tietokannassa on tällä hetkellä noin 900 tapausta. Tieto- kantaan otetaan kaikki säteilylähteisiin liitty- vät poikkeavat tapaukset niiden vakavuudes- ta, tahallisuudesta tai radioaktiivisuuden mää- rästä ja laadusta riippumatta. Korkeasti ri- kastettua uraania tai aseluokan plutoniumia on tietokantaan ilmoitettu vain hyvin pieniä määriä. Merkittävin näistä on Prahassa vuo- na 1997 takavarikoitu 2,7 kilon erä korkeari- kasteista uraania.

Termi "illicit" tulkitaan eri maissa eri ta- voin. Monet maat, kuten Suomi, ilmoittavat vain selkeästi rikolliseksi todetut tapaukset ja Suomesta onkin tietokantaan raportoitu vain tuo aikaisemmin mainittu säteilylähteen sa- lakuljetusyritys. Muut Suomessa todetut ta- paukset on katsottu tietämättömyydestä joh- tuviksi tahattomiksi vahingoiksi. Niistä ei oli- si ollut hyötyä sen enempää lähettäjälle kuin vastaanottajallekaan.

SUOMI VARAUTUU TERRORISMIIN

Radioaktiivisiin aineisiin ja ydinaineisiin liittyvä kansainvälinen terrorismi muodostaa säteilyn rajavalvonnalle uuden haasteen. On todistei- ta, että terroristijärjestöt ovat havitelleet ydin- aseita ja radioaktiivisia aineita. Vaikka Suo- mea pidetään turvallisena maana, terrorismin mahdollisuus ei täälläkään ole poissuljettu. On myös mahdollista, että aluettamme pyritään käyttämään kauttakulkureittinä.

Kirjoittaja Jaakko Tikkinen on STUKin ydinmate- riaalitoimiston ylitarkastaja.

Luurangot/kuva Mikko Heikkinen, Luonnontieteellinen keskusmuseo. Adamsin mammutti (ikä 35 800 vuotta) vasemmalla edessä, Berezovkan mammutti (ikä 44 000 vuotta) oikealla takana.



AJOITUSLABORATORIO KATSOO TULEVAISUUTEEN

Mammuttilöydöt ovat muuttaneet käsityksiä Suomessa kymmeniä tuhansia vuosia sitten vallinneesta ilmastosta. Luonnontieteellisen keskusmuseon ajoituslaboratorio on osallistunut mammutinluuiden iänmäärittelyyn. Tänä päivänä ajoituslaboratorio on tiiviisti mukana nykyisen ilmastomuutoksen tutkimuksessa.

Helsingin Vuosaaresta löytyi sata-matöiden yhteydessä mammutin kyynärloo. Se on kymmenes mammutin jäännös Suomessa ja vanhin tai toiseksi vanhin. Helsingin yliopiston Luonnontieteellisen keskusmuseon ajoituslaboratorio totesi radiohiiliajoitusmenetelmällä luun iäksi yli 40 000 vuotta. Tätä kauemmas ulottuvaan määrittelyyn menetelmä ei kykene. Onkin mahdollista, että luo on noussut päivän-

valoon jopa 120 000 vuoden takaa.

Mammuttilöydös sai Alaran kiinnostumaan radioaktiivisuutta tutkimusmenetelmässään hyödyntävän ajoituslaboratorion toiminnasta. Kumpulan kampukselta löytyi neljän akateemisen tutkijan ja kolmen tutkimusapulaisen voimin toimiva laitos, joka selvittää menneisyyttä, mutta katsoo lujasti tulevaisuuteen. Radioaktiivisen hiilen kierto voi olla se avain, joka lopulta paljastaa, missä määrin nykyinen

ilmastonmuutos on ihmisten toimista johtuvaa ja missä määrin luonnon omaa pitkäikäistä vaihtelua.

”Ajoituslaboratorio perustettiin arkeologien ja geologien käyttöön tekemään iänmäärittelyksi radiohiilimenetelmällä. Tänä päivänä hiilen isotooppien tutkimisen suurin merkitys on ilmastomuutoksen selvittämisessä. Sen avulla voidaan todentaa, miten hiilidioksidipitoisuus ilmakehässä on aikojen myötä muut-

tunut ja miten hiilen kierto toimii”, laboratorion johtaja professori Högne Jungner sanoo.

HIILTÄ ON KAIKESSA ELOLLISESSA

länmäärityksessä radiohiilimenetelmää käytetään ajoittamaan hiilipitoisia näytteitä, joiden ikä vaihtelee noin sadasta vuodesta 40–50 tuhanteen vuoteen. Menetelmä perustuu luonnon radioaktiivisen hiili-14-isotoopin hajoamiseen.

”Radioaktiivista hiiltä syntyy ilmakehässä, josta se kulkeutuu kaikkien elävään eli orgaaniseen ainekseen. Menetelmä mittaa radioaktiivisen hiili-14:n osuuden näytteessä. Sen määrä vähenee ajan myötä niin, että noin 6 000 vuoden päästä määrä on enää puolet alkuperäisestä. 50 tuhannen vuoden jälkeen radioaktiivisuutta on jäljellä niin vähän, ettei sitä pystytä enää mittaamaan.”

Nobel-palkittu menetelmä perustui alkujaan työlääseen laskentaan. Tänä päivänä apuna käytetään hiukkaskiihdytintä, jolloin näytteessä olevien hiili-isotooppien pitoisuudet voidaan mitata tarkkaan massaspektrometrillä. Ajoituslaboratoriolla ei kuitenkaan ole omaa toimivaa ja riittävän tarkkaa noin miljoonan euron arvoista kiihdytintä. Se jou-
tuukin lähettämään valmisteleman näytteet Upsalan yliopistoon mitattavaksi.

”Puu-, kasvi- ja luunäytteet vaativat kaikki hieman omanlaisensa käsittelyn. Aluksi näytteestä pitää erottaa alkuperäinen hiili siihen maaperässä myöhemmin tulleesta hiilestä. Tämä tehdään kemiallisesti. Sen jälkeen näyte usein poltetaan ja syntyvä hiilidioksidiokaasu kiinteytetään uudelleen pieneksi hiilinäpiksi”, Jungner kertoo.

Kiihdyttimeen lopulta meneväksi hiilimääräksi riittää jopa yksi milligramma. Näin esimerkiksi luun iänmäärittäminen onnistuu usein jo yhden gramman kokoisesta näytteestä.

”Ero aikaisempaan menetelmään on huikea. Tuolloin tarvittiin tuntuvasti isompi näyte, jonka piti sisältää useita grammoja hiiltä. Nyt näyte voidaan ottaa aiempaa tarkemmin eikä arvokas löydös kärsi siitä.”

ILMAKEHÄ EI OLE OLLUT MUUTTUMATON

Pitoisuudet pystytään laskemaan puolen

prosentin tarkkuudella. Näin ikä kyettäisiin radiohiilimenetelmällä määrittämään esimerkiksi 40 tuhatta vuotta taaksepäin tuhannen vuoden haarukkaan.

”Radioaktiivisen hiilen määrä ilmakehässä kuitenkin vaihtelee, koska sitä synnyttävän kosmisen neutronisäteilyn määrä vaihtelee. Tämä aiheuttaa korjauksen mittaustuloksiin, mikä lisää virhemarginaalia. Vertailemalla tutkimustuloksia esimerkiksi puun vuosirenkai-
siin tämä vaihtelu on opittu tuntemaan hyvin viimeisten 10 tuhannen vuoden ja kohtalaisesti 25 tuhannen vuoden ajalta.”

Nykyisen ilmastomuutoskeskustelun myötä ilmakehässä aikojen myötä tapahtuneet vaihtelut ovat Jungnerin mukaan saaneet uutta mielenkiintoa.

”Myös hiilidioksidin tuotanto ja pitoisuus ilmakehässä on vaihdellut luonnostaan eri aikoina. Onkin tutkijoita, jotka sanovat nykyisen muutoksen selittyvän tällä. Toiset korostavat sen olevan ihmisten aikaansaamaa. On tärkeää, että pystymme entistä tarkemmin menneisyydestä katsomaan, millaista kehitys on aiemmin ollut”, Jungner korostaa.

Viime aikoina on muun muassa saatu viitteitä siitä, että runsaat kosmisen säteilyn vuot lisäävät pilvisyyttä ja sateita. CERN on käynnistämässä tutkimusta, jossa pyritään selvittämään, voidaanko vesipisaroita synnyttää ilmakehää ionisoimalla.

”Vastaus tähän saattaa löytyä jo liki kolmen tuhannen vuoden takaa. Ajoituslaboratorio on mukana projektissa, joka koskee muinaisten paimentolais- ja maanviljelijäheimojen, skyyttien, hetkellistä leviämistä Siperian aroilta aina Eurooppaan asti. Vuonna 800 ennen ajanlaskumme alkua oli valtava pulssi kosmista säteilyä, jolloin radiohiilen määrä ilmakehässä lisääntyi lyhyessä ajassa parilla prosentilla. Tämän uskotaan synnyttäneen saiteita, jotka saivat arot kukoistamaan ja skyytit rikastumaan.”

Kun ensimmäiset mammutin luut Suomes-
sa ajoitettiin radiohiilimenetelmällä 20 vuotta sitten, monet geologit pitivät tuloksia mahdollottomina. He katsoivat, ettei täällä voinut 30 tuhatta vuotta sitten mitään mammutteja olla, oli vain jäätä.

”Sittenmin jääkausi on todettu aiemmin oletettua huomattavasti lyhyemmäksi. Ja ennen jääkautta on ollut erityisen lämmin kausi yli 120 tuhatta vuotta sitten.”

KATSE ENTISTÄ KAUEMMAS TAAKSEPÄIN

Radiohiilimenetelmän lisäksi ajoituslaboratorio käyttää iänmääritykseen luminesenssin menetelmää. Nämä tutkimukset se tekee alusta loppuun itse. Menetelmän aikaulottuvuus on 100–300 tuhanteen vuoteen ajassa taaksepäin.

”Tutkimalla hiekkakerroksien muodostu-



Mammutin olkaluu/kuva Mikko Heikkinen, Luonnontieteellinen keskusmuseo. Helsinki, Herttoniemi 1954 (ikä 16 000 vuotta). Herttoniemen olkaluun löysi työmies Sulo Lähde uutta urheilukenttää rakennettaessa.

Mammutin maitohammas/kuva Mikko Heikkinen, Luonnon-tieteellinen keskusmuseo. Helsinki, Töölö, 1911 (ikä 23 300 vuotta). Töölön maitohampaan löysivät uutta taloa rakenta-vat työmiehet Cygneuksenkatu 8:n tontilta. Vertailukohteena euron kolikko.



mista pääsemme katsomaan, mitä oli ennen viimeistä ja sitä edeltäneitä jää-kausia. Alkujaan menetelmää käytet-tiin ruukunkappaleiden ja tiiliskivien iän määrittämiseen.”

Luminesenssimenetelmä perustuu kivimateriaaliin maaperästä kertynee-seen säteilyyn. Kun näytettä kuumen-netaan, siitä saadaan ulos valosignaali, joka kertoo säteilyn määrän. Mene-telmä vaati löydöspaikan taustasäteilyn tuntemusta.

”Myöhemmin todettiin, että myös valo nollaa säteilyn. Eli hiekkakiteen säteilyannos alkaa kasvaa sen joudut-tua pois auringon valosta. Näin mene-telmää voidaan hyödyntää hiekkakerroksien-kin iänmäärittämisessä.”

Jungnerin mukaan menetelmä antaa noin kymmenen prosentin tarkkuuden. Pidemmän aikavälittävyyden lisäksi luminesenssimene-telmä on kuitenkin radiohiilimenetelmää tar-kempi viimeisen sadan vuoden aikaa koske-issa määrittämissä.

Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuus 20 vuotta sitten vauhditti luminesenssimenetel-män kehittymistä. Sitä käytettiin mittaamaan onnettomuuden levittämää säteilyn määrää.

MITTAUSTOIMINTA SAA UUSIA ULOTTUVUUKSIA

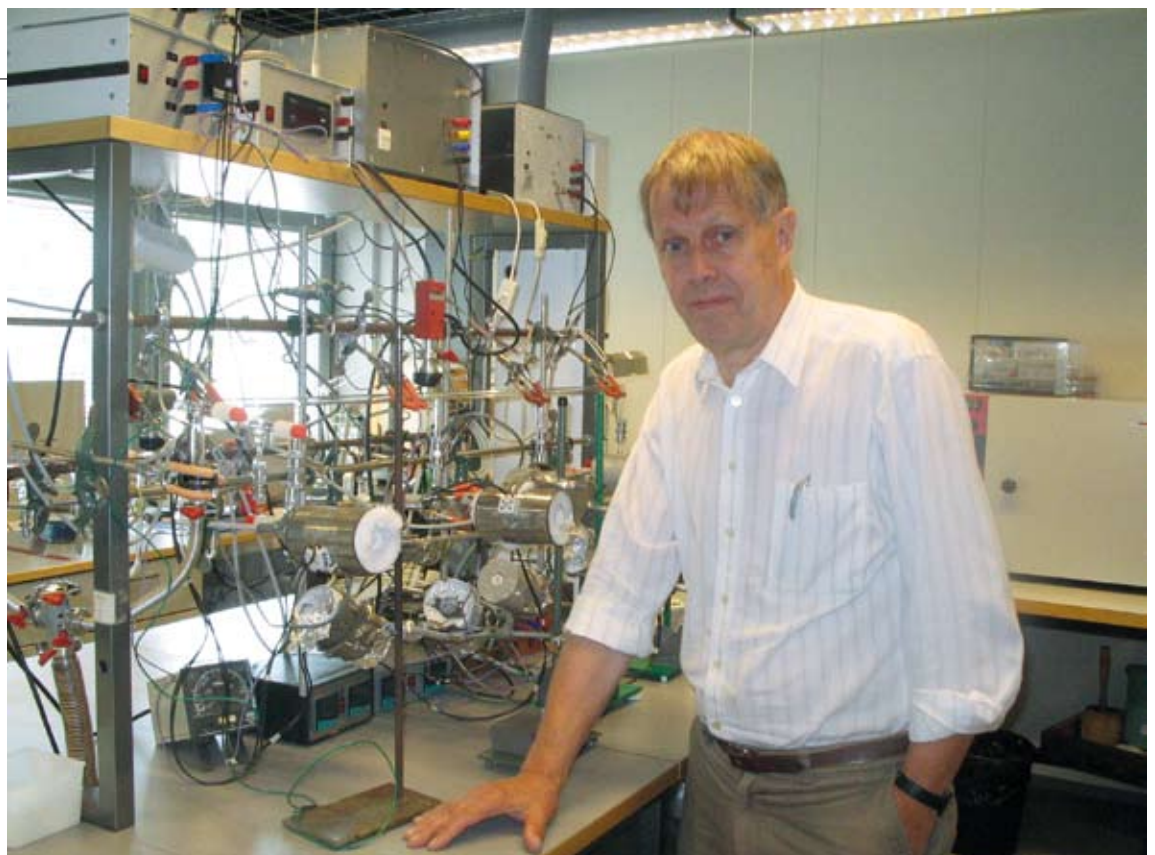
Jungner katsoo iänmäärittäksen olevankin yhä

useammin pelkkä sivujuonne ajoitusla-boratorion nykyisessä toiminnassa. Hä-nen mukaansa työn kuva on muuttu-nut valtavasti siitä, missä tarkoituksessa Suomen Akatemia laboratorion vuonna 1968 käynnisti.

”Paitsi ilmastonmuutoksen syiden selvittämisessä hiilen eri isotooppeja ja niiden suhteita voidaan käyttää apu-na myös Kioton sopimuksen velvoit-teiden täytön seuraamisessa. Savupii-pusta otetun pienen kaasunäytteen pe-rusteella voidaan tarkasti kertoa, mis-sä suhteessa jokin voimala on käyttä-nyt fossiilisia ja biopolttoaineita. Sa-moin voidaan selvittää, millaiset pääs-töt kaatopaikalta lähtee ilmakehään.”

”Radiohiili on yksiselitteinen ja kiistaton mittari. Onkin tärkeää, että Suomeen saa-daan mahdollisimman pian oma hiukkaskiih-dytin tutkimusten tekemiseksi”, Jungner ko-rostaa.

Högne Jungnerin vetämä ajoituslaboratorio valmistelee näytteet taiten ennen niiden mittaamista. Kuvassa radio-hiiliinäytteiden grafitointilinja, jossa hiilidioksidimuodossa oleva näyte muutetaan kiin-teään muotoon grafiittina.





TERVETULOA YMPÄRISTÖALOJEN AMMATTIMESSUILLE Helsingin Messukeskukseen 18.–20.10.2006

Ympäristö 2006, Yhdyskunta 2006, Vesi & Viemäri 2006 ja Jäte & Kierrätys 2006 -messut tarjoaa tukevan tietopaketin elinympäristömme rakentajille. Tasokas tapahtuma esittelee tuoreita ideoita ja tuoteuutuuksia. Mukana yli 150 näytteilleasettajaa! Tule tutustumaan oman alasi uusimpaan huipputeknologiaan, osallistumaan seminaareihin ja keskustelemaan kollegojesi kanssa tulevaisuudesta.

Avoinna: ke–pe 18.–20.10. klo 9–17.

Rekisteröidy kävijäksi ennakkoon veloituksetta
www.ymparistomessut.fi



Messukeskuksessa samanaikaisesti
Gym & Spa -messut www.gymspa.fi

OHJELMASSA mm.

KE 18.10.

- Syke-plazan teemat:
Vesihuolto, Maaperän puhdistaminen, Haitalliset aineet
- Vesiyhdistyksen seminaari
- Tänään rakennamme tulevaisuuden ilmastoa - kaupunkisuunnittelulla ilmastomuutosta torjumaan Ilmansuojeluyhdistyksen seminaari

TO 19.10.

- Syke-plazan teema: Ilmastomuutokseen sopeutuminen
- Radon – Sisäilman radon, radonkorjaaminen, radon uudisrakentamisessa, Säteilyturvakeskuksen seminaari

- Radioaktiiviset aineet talousvedessä ja elintarvikkeissa Säteilyturvakeskuksen seminaari

PE 20.10.

- Syke-plazan teemat:
EU:n uusi kemikaaliasetus, Kestävä kulutus
- Uudenmaan ympäristöohjelma 2020:
Hyvä ympäristö – kenen ehdoilla, kenen rahoilla?
Uudenmaan ympäristökeskuksen seminaari

Tämä ohjelma messuvieraille maksuton.
Messujen yhteydessä myös useita maksullisia seminaareja.
Tutustu tarkemmin ohjelmaan ja näytteilleasettajiin
www.ymparistomessut.fi

Yhteistyössä:



TEKNIKKATALOUS



YMPÄRISTÖ

YMPÄRISTÖJOHTAMISEN YHDISTYS



SÄTEILYLÄHTEEN KATOAMINEN KERTOO TURVALLISUUSKULTTUURIN PUUTTUMISESTA

KADONNUT SÄTEILYLÄHDE AIHEUTTAA YLLÄTTÄVIÄ VAHINKOJA

Goiânian onnettomuus Brasiliassa 1987 on esimerkki siitä, millaisia seurauksia kadonneet säteilylähteet voivat äärimmillään aiheuttaa. Ihmiselle väärässä paikassa oleva säteilylähde on pahimmillaan hengenvaarallinen. Myös yhteiskunta maksaa huolimattomuudesta kalliin laskun.

Kadonneet lähteet voivat joutua muun kierrätysmetallin joukkoon.

Brasilian Goiâniassa sädehoidossa käytetty teräskapseli oli joutunut väärin käsiin. Kapseli oli rikottu ja sen sisältö, jauhemainen cesium-kloridi oli joutunut ihmisten koteihin ja ympäristöön neliökilometrin laajuudelle. Jauhe levisi ympäristöön, koska ihmiset veivät vaaraa aavistamatta sitä koteihinsa, mahdollisesti sen hauskan värin takia.

”Tapaus ei ehkä ole kaikkein klassisimpia säteilylähteiden katoamisia, pikemmin se kuului kategoriaan heitteille jätetty lähde. Mutta hukassahan se oli niin omistajilta kuin viranomaisilta”, toimistopäällikkö Eero Oksanen Säteilyturvakeskuksesta kertoo.

Goiânian tapauksessa vaikutukset olivat suuret. 110 000 ihmistä tutkittiin, heistä noin 250 oli altistunut säteilylle. Heistä 50 ohjattiin sairaalahoitoon ja 14 oli tehohoidon tarpeessa. Neljä ihmistä kuoli kuukauden kuluessa säteilyn aiheuttamiin vammoihin.

Säteilylle altistuneiden ihmisten perusteella jäljitettiin myös ympäristön saastumista. Lähes sata kotia ja puutarhaa sekä viitisenkymmentä ajoneuvoa oli ehtinyt saastua. Kymmeniä katuja, aukioita ja kauppota puhdistettiin. Puhdistuksen jäljiltä syntyi reilut 3000



kuutiometriä radioaktiivisesti saastunutta jätettä. Jätteen loppusijoitukseen kului yhteensä kymmenen vuotta ja mukana urakassa oli 775 ammattilaista.

”Onnettomuudessa yhtenä syynä oli viran-

omaisen riittämätön valvonta ja mitä ilmeisimmin leväperäinen turvallisuuskulttuuri säteilyn käyttöpaikalla.”

Selkeät merkinnät varoittavat säteilyvaarasta ja voivat myös estää säteilylähteen katoamisen.

SÄTEILYLÄHTEEN VAARAT EIVÄT NÄY

Säteilylähde voi olla pieni, jopa taskukokoinen "metalliputki" joka ei päälle päin näytä vaaralliselta. Esimerkiksi Virossa tammikuussa 1994 tapahtui säteilyonnettomuus, kun kolme veljestä murtautui säteilyjätteiden sijoituspaikalle etsimään romumetallia. Yksi veljeksistä pisti jostakin syystä säteilylähteen taskuunsa ja myös kuoli myöhemmin säteilystä saamiinsa vammoihin. Onnettomuuteen yhdistyi tietämättömyyttä ja aukkoja turvallisuusmääräysten noudattamisessa.

Taloudellisista menetyksistä esimerkkinä on Espanjan Acerinoxin tapaus. Siellä vuonna 1998 säteilylähde sulatettiin vahingossa terästehtaassa muun metallin seassa. Sulatushöyryt tarttuivat suodatusjärjestelmään saastuttaen samalla 270 tonnia tuhkaa. Tuhka vietiin rutiinitoimenpiteenä tehtaalle, joka käytti sitä materiaalina suon stabilointiin. Radioaktiivista cesiumia kulkeutui terästehtaalta savukaasujen mukana Etelä-Ranskaan ja Pohjois-Italiaan asti. Ensimmäiset havainnot poikkeuksellisista tapahtumasta saatiinkin ranskalaisten hermistä säteilymonitoreista. Ihmisten saama säteily jäi tässä onnettomuudessa pieneksi. Siivouskulut sekä poliittiset ja sosiaaliset vaikutukset olivat valtavat. Arvioitu kustannus jälkien puhdistuksesta, yritystoiminnan keskeyttämisestä ja muista haitoista oli yli 25 miljoonaa dollaria.

KATOAMISEN SYY USEIN RIITTÄMÄTÖN VALVONTA

Oksanen muistuttaa, että viranomaisvalvonta ja säädökset on luotu riskien minimoimiseksi. Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA on kerännyt tietoa syistä, miksi säteilylähteitä on päässyt katoamaan. Syynä ovat usein olleet puutteet säädöksissä ja riittämätön viranomaisvalvonta: luvat, tarkastukset ja määräysten toimeenpano on ollut heikkoa. Usein myös turvallisuuskulttuuri säteilyn käyttöpäikällä on ollut puutteellista. Säteilyturvallisuustoimet puuttuvat ja vastuut ovat epäselviä. Säteilylähteiden katoamisriski kasvaa, jos taloudelliset intressit tai kiire ohittavat turvallisuustietoisuuden toiminnan. Myös epäpätevät ja kouluttamattomat säteilyn käyttäjät ovat ongelma: ihminen ei voi varoa vaaraa, jos ei tunne sitä.



"Monissa tapauksissa säteilylähteiden katoamiset ovat johtaneet vakaviin seurauksiin sellaisissa maissa, joissa lainsäädäntö, viranomaistoiminta ja yleinen turvallisuuskulttuuri on ollut hyvin kehittymätöntä."

SÄTEILYN KÄYTTÄJÄN VASTUUKOROSTUU

Suomessa säteilyturvallisuuden valvonnan kulmakivinä ovat ajanmukaiset säädökset, STUKin valvonta ja säteilylähteiden käyttäjien oma kontrolli. Oksanen mukaan viranomaisvalvonnan perustyökaluja ovat esimerkiksi ilmoitukset säteilylähteiden tuonnista ja viennistä, käyttöönotosta ja käytöstä poistosta. Ilmoituksia tehdään myös poikkeavista tapahtumista. Säteilynkäyttäjät tarvitsevat myös turvallisuusluvut.

Suomessa on myös rekisterit kaikista säteilylähteistä niiden koko elinkaaren ajalta. Myös säteilylähteiden haltijoista pidetään kirjaa. STUK tekee myös tarkastuksia säteilyn käyttöpäikälle määräväläin ja esimerkiksi kun uusi säteilylähde otetaan käyttöön. Mikäli säädöksiä ei noudateta, viranomaisilla on valtuudet määrätä esimerkiksi laitteiden käyttökielloista.

"Säteilylähteiden käyttäjien oma kontrolli ja omat turvallisuusjärjestelmät ovat avainasemassa. Pelkästään hyvillä säädöksillä katoamista ei voida estää."

AINA LÖYTYY PETRATTAVAA

Oksanen muistuttaa, että Suomessa säädöksiä noudatetaan yleensä kuuliaisesti. Ihmiset ovat hyvin koulutettuja ja turvallisuushakuihin käyttäytyminen on normaalia.

"Säteilylähteiden käytössä ei Suomessa ole tapahtunut vakavia onnettomuuksia."

Suomessakin sekä säädöksissä että valvontatoimissa ilmenee aina kehitettävää. Esimerkkinä Oksanen mainitsee laatujärjestelmien kehittämisen niin, että käyttöorganisaatioissa vastuut selkiytyvät ja riskit osataan tunnistaa. Säteilyn käyttäjät tarvitsevat lisää koulutusta. Teknistä puolta voitaisiin kehittää korkeaktiivisten säteilylähteiden fyysisellä turvaamisella.

"Säteilylähteiden kattavampaan seurantaan pyritään myös STUKissa uudistamalla rekistereitä lähivuosina."

SAFIR2010-tutkimusohjelma on jaettu kahdeksaan tutkimusalueeseen. Tutkimusohjelman kokonaisuus muotoutuu viime kädessä sen mukaisesti, kuinka hyviä hanke-esityksiä ohjelmaan saadaan ja kuinka ne palvelevat tutkimusohjelman tarkoitusta.



SAFIR KOHDENTAA YDIN- TURVALLISUUSTUTKI- MUKSEN OLEELLISEEN

Kauppa- ja teollisuusministeriö peräänkuuluttaa ydinturvallisuusalan tutkimushankkeita seuraavalle nelivuotiskaudelle. Jaossa on tutkimusrahaa yli viisi miljoona euroa vuodessa.

SAFIR2010 on kansallisen ydinturvallisuuden tutkimusohjelma, jonka tarkoituksena on varmistaa, että viranomaisilla on aina käytössään riittävä asiantuntemus myös ennakoimattomissa ydinlaitosten turvallisuuteen vaikuttavissa asioissa. Tutkimusohjelman hankkeet valitaan vuosittain julkisen hankehakukulutuksen perusteella. Kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM) käynnisti hankehaun syyskuussa. Ohjelma alkaa vuoden 2007 alussa ja päättyy 2010.

Ohjelmaan valittavien tutkimushankkeiden on oltava tieteellisesti korkeatasoisia ja niiden tulosten on oltava julkaistavissa. Tuloksen käytettävyys ei saa rajoittua vain yhden luvanhaltijan ydinlaitoksiin.

SAFIR2010-ohjelman edeltäjä SAFIR on jatkunut neljä vuotta ja päättyy vuoden 2006 lopussa. Kauppa- ja teollisuusministeriön asettama kansainvälinen arviointiryhmä antoi sille keväällä hyvän arvosanan. Ohjelman todettiin olevan kansainvälisestikin korkeatasoinen. SAFIR2010:n on tarkoitus jatkaa edeltäjänsä

aihepiirejä mutta pyrkimyksenä on entistäkin parempi laatu. Myös ohjelman rahoitus on samaa suuruusluokkaa eli hieman yli viisi miljoonaa euroa vuodessa.

Ohjelmaa rahoittavat Valtion ydinjätehuoltorahaston (VYR) lisäksi muut ydinenergia-alalla toimivat keskeiset organisaatiot. Ne tekevät hankkeiden rahoituksen osalta päätöksensä itsenäisesti.

UUDEN SUKUPOLVEN LAITOKSIA JA TYÖNTEKIJÖITÄ

Uuden tutkimusohjelman suunnittelujaksolle osuu useita merkittäviä tapahtumia. Loviisan voimalaitokseen molempien yksiköiden käytöluvat päättyvät vuoden 2007 lopussa ja laitoksille haetaan uusia lupia. Olkiluodon voimalaitoksen molempien yksiköiden käyttöluvat ovat voimassa vuoden 2018 loppuun asti, mutta ehtona on määräaikaisten turvallisuusarviointien toteuttaminen vuoden 2008 loppuun mennessä. Uuden rakenteilla olevan laitoksen, Olkiluoto 3:n, käyttöluvan hakeminen tulee myös ajankohtaiseksi.

Tutkimusohjelman katsotaan olevan tärkeä sikäläkin, että se takaa toiminnalle tietyn pitkäjänteisyyden. Suunnittelujakson aikana ja sitä seuraavina vuosina käytössä olevien laitosten rakentamiseen ja käyttöön osallistuneet asiantuntijat ovat jäämässä eläkkeelle. Laitosten luvitusprosessit sekä mahdollisuus palkata yhteisiin tutkimushankkeisiin uusia henkilöitä tarjoavat oivallisen tilaisuuden eri sukupolvien asiantuntijoiden yhteistyöhön ja näin tiedon siirtoon uudelle sukupolvelle.

Globalisoidumisen ja verkottumisen myötä kasvavat myös paineet yhdenmukaisten ydinturvallisuusvaatimusten ja valvontakäytäntöjen luomiseksi. Kansallinen turvallisuustutkimusohjelma on tärkeä tiedonvälityskanava ja se luo myös mahdollisuuden suunnata entistä määrätietoisemmin rajalliset kansalliset voimavarat hyödyllisimpiin kansainvälisiin tutkimusohjelmiin. Parhaillaan on meneillään monia kansalliseen säännöstöön sekä kansainvälisiin vaatimuksiin ja ohjeisiin liittyviä hankkeita.

Tutkimusohjelman runkosuunnitelma valmistui alkusyksystä. Sen tekoon on osallistunut aktiivisesti noin 30 hengen ryhmä, jossa

ovat olleet mukana Säteilyturvakeskus, Fortum, Teollisuuden Voima Oy, kauppa- ja teollisuusministeriö sekä Tekes. Lisäksi ryhmässä ovat toimineet Ruotsin ydinturvallisuusviranomaisen (SKI), Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen, Lappeenrannan teknillisen yliopiston, Teknillisen korkeakoulun ja Työterveyslaitoksen edustajat.

YDINTURVALLISUUSTUTKIMUS SUOMESSA

Suomessa ydinenergiatutkimusta tekevät tutkimuslaitokset, yliopistot ja ydinenergiaa käyttävät voimayhtiöt. Karkeasti ottaen ydinturvallisuustutkimuksen voi jakaa voimalaitosten ydinturvallisuustutkimukseen ja ydinjätehuollon tutkimukseen.

Tällä hetkellä Suomessa käynnissä olevat julkiset ydinturvallisuuteen liittyvät tutkimusohjelmat ovat ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimusohjelma SAFIR (2003–2006), kansallisen ydinjätehuollon tutkimusohjelma KYT2010 (2006–2010) ja kansallinen fuusioenergian tutkimusohjelma (2003–2006). Uusi SAFIR2010-tutkimusohjelma käynnistyy vuoden 2007 alussa.

Ohjelmien tavoitteena on paitsi tuottaa tieteilisiä ja teknisiä tuloksia, myös varmistaa suomalaisen osaamisen säilyminen ja kehittyminen. Kauppa- ja teollisuusministeriö kertoo hankkeista Internet-sivuillaan (www.ktm.fi).

Suomalaiset toimijat osallistuvat laajasti kansainväliseen ydinturvallisuustutkimukseen. Tutkimukseen osallistutaan seuraavien ohjelmien ja järjestöjen puitteissa: Euroopan unionin tutkimuksen puiteohjelmat (sekä fissio- että fuusiotutkimusta), pohjoismainen turvallisuustutkimusohjelma NKS, teollistuneiden maiden yhteistyöjärjestön OECD:n ydinenergiajärjestö NEA (Nuclear Energy Agency) ja YK-perheeseen kuuluva IAEA (International Atomic Energy Agency).

Suomessa on myös alustavasti kartoitettu uuden sukupolven GEN4-tyyppisten reaktoreiden tekniikkaan, turvallisuuteen ja talouteen liittyviä kysymyksiä.

RADIOAKTIIVISUUTTA HAITAKSI JA HYÖDYKSI 110 VUOTTA

Keväällä 1896 ranskalainen fyysikko Henri Becquerel huomasi, että eräs uraanin suola lähetti säteilyä, joka läpäisi paperin ja jätti jäljen valokuvauslevyyn. Parin vuoden kuluttua Marie Curie alkoi kutsua ilmiötä radioaktiivisuudeksi, ja yhdessä miehensä Pierren kanssa he löysivät aiemmin tuntemattomat alkuaineet poloniumin ja radiumin.

Hyvin varhaisessa vaiheessa ymmärrettiin, että suuri säteilyannos on vaaraksi terveydelle. Esimerkiksi Becquerel sai rintaansa merkivän punoittavan kohdan kannettuaan liivinsä taskussa radiumia sisältävää bariumkloridia.

Koska säteilyn todettiin voivan aiheuttaa ihoon palohaavoja, uskottiin sen voivan myös parantaa sairauksia. Vuonna 1902 Curiet todistivat eläinkokeilla, että säteily tuhoaa syöpäsoluja. Pari vuotta tämän jälkeen syöpäpotilaita ryhdyttiin hoitamaan radiumilla. Hoitoihin liittyi kuitenkin vakavia haittavaikutuksia. Säteily tuhosi syöpäsoluja, mutta samalla myös tervettä kudosta.

Sanomalehdetkin innostuivat uusista saavutuksista, mutta niissä julkaistiin paljon myös virheellistä tietoa. Radioaktiivisuudella kerrottiin olevan terveyttä edistäviä ominaisuuksia. Ei siis ihme, että myös lukijat kiinnostuivat uusista keksinnöistä, ja puoskarit huomasivat tilaisuutensa kaupantekoon tulleen. Myyntiin valmistettiin radioaktiivisia ”ihmelääkkeitä”, liuoksia ja tabletteja, jopa hammastahnaa. Osa näistä todellakin sisälsi radioaktiivista ainetta. Myynninedistämisessä unohdettiin tuotteiden ikävät sivuvaikutukset, kuten hiustenlähtö.

Myös teollisuus hyödynsi radioaktiivisuutta. Yhdysvalloissa radiumia alettiin käyttää itsestään valaisevissa kellotauluissa. Työntekijät



Henri Becquerel sai radioaktiivisuuden keksimisestä vuonna 1903 puolet fysiikan Nobelin palkinnosta. Toisen puolen saivat Marie ja Pierre Curie. Becquerel kuoli 55 vuoden iässä vuonna 1908.

olivat naisia, jotka kostuttivat radiumia sisältävän siveltimen huulillaan. Ensimmäinen kuolemantapaus raportoitiin vuonna 1925.

Heti ionisoivan säteilyn keksimisen jälkeen alettiin kehittää säteilyn mittaussuoritusmenetelmiä ja säteilyn yksiköitä. Uuden tiedon myötä voitiin myös laatia ohjeita säteilysuojeluun. Kansainvälinen röntgensäde- ja radiumsuojelutoimikunta perustettiin vuonna 1928. Nykyään se tunnetaan nimellä Kansainvälinen säteilysuojelukomissio ICRP.

Marien ja Pierren yli vuosisata sitten tehtyyn tutkimuksiin pohjautuva sädehoito on nykyään tehokas hoitomuoto syöpää vastaan. Säteily osataan kohdistaa tarkasti, ja hoidon haittavaikutukset jäävät lieviksi. Tämä on kuitenkin vain yksi esimerkki nykyaikaisesta säteilyn käytöstä.

Läksiäisiään elokuun lopussa viettäneelle Seppo Väisälälle jää virkavuosien aikana tavatuista ihmisistä ja kerätyistä kokemuksista lämpimiä muistoja.



"Tämä on kyllä ollut erinomainen näköalapaikka", pohtii ylitarkastaja Seppo Väisälä eläkepäiviensä kynnyksellä arvioidessaan menneitä 31 vuotta STUKissa teollisuuden käyttämien säteilylähteiden valvojana.

Työ STUKin Säteilyn käytön turvallisuus-osastolla on avannut ovet lukemattomiin erilaisiin paikkoihin. "Tarkastuksia on tehty kohteissa, joihin en olisi muuten ikinä päässyt", Seppo kertoo. Samalla alan asioista on syntynyt syvä näkemys.

Vuosien varrella on tullut mitattua säteilyä niin pakastevadelmista, raakaöljystä kuin lautakonteistakin, mutta pääasiassa Seppo on keskittynyt työssään valvomaan nimenomaan teollisuuden umpilähteitä. Tällaisia lähteitä käytetään tyypillisesti vaikkapa pullotustehaitaissa nesteen pinnan korkeuden tai paperitehtaissa paperin paksuuden mittauksiin.

Valvontakohteita eli umpilähteitä ja teollisuuden röntgenlaitteita on Suomessa noin 6 500 arviolta tuhannen eri asiakkaan hallussa. Juuri tämä asiakkaiden suuri määrä, monet ihmiskontaktit ja vaihtelevat kohteet ovat Sepon mukaan tehneet työstä mielekkään. "Matkailu aina virkistää", sanookin ylitarkastaja, jonka auton mittariin on kertynyt vuosittain tarkastusmatkojen ansiosta lähes 20 000 kilometriä.

TOIVEENA TARKOITUKSENMUKAISET OHJEET

Seppo Väisälä tuli STUKiin kesällä 1975. Silloisesta Säteilyfysiikan laitoksesta tuli samoihin aikoihin Säteilyturvallisuuslaitos ja taloon

31 VUOTTA ASIAKKAAN ASIALLA

otettiin joukko uusia ihmisiä muun muassa valvomaan ensimmäisen ydinvoimalaitoksen rakentamissuunnitelmia.

”Meitä tuli Otaniemestä tänne neljä kaverusta ja minä päädyin tarkastusosastolle tekemään suurin piirtein samoja hommia kuin nykyäänkin”, Seppo muistelee nyt, viimeisinä työpäivinä.

Reilu 30 vuotta sitten tarkastusasiat olivat hieman eri tolalla kuin nykyisin. ”Aloittaessani työt tulokaskoulutuksesta ei voinut puhua-kaan. Pöydälle vain iskettiin kaksi raporttia höystettynä kommentilla lue noi”, Seppo hymähtää. Tuore tarkastaja alkoi siis selaila läpi löytämiään vanhoja mappeja ja ryhtyi vähitellen niistä mallia ottaen tekemään tarkastuksia ja käsittelemään lupahakemuksia.

70- ja 80-lukujen taitteessa työ muuttui pikkuhiljaa säädellymmäksi, kun STUK alkoi julkaista SS- eli säteilysuojeluohjeita. Nykyiset ST- eli säteilyturvallisuusohjeet määrittelevät säteilyn käyttöä koskevat turvallisuusvaatimukset.

Ohjeistuksesta puhuessaan Seppo painottaa, että viranomaisten pitää osata vaatia oikeita asioita. ”Ohjeet ovat toisinaan vähän jähkkiä, eivätkä ne sovi sellaisinaan kaikkiin kohteisiin. Niitä pitäisi voida jossain määrin soveltaa valvottavan paikan mukaan, sillä kohteita ja asiakkaita on niin monentasoisia.”

Tarkka ohjeistus voi myös synnyttää turhaa byrokratiaa. ”Yleisesti ottaen esimerkiksi umpilähteiden käyttö on hyvin stabiilia ja niiden valvontaan riittää periaatteessa muutama selkeä nyrkkisääntö. Lähteet täytyy pitää tallessa ja laitteet sekä merkinnät kunnossa”, Seppo napauttaa.

VAARATILANTEET VÄHISSÄ

Voisi kuvitella, että kolmeenkymmeneen vuoteen säteilyn parissa mahtuisi useampikin kiperä paikka. Seppo kuitenkin vakuuttaa, ettei vaaratilanteita ole uran aikana oikeastaan tullut vastaan. Vain yksi selkeä tapaus hänelle juolahtaa mieleen. ”Kerran Tampereella jouduimme kollegan kanssa oikeaan säteilytyöhön, kun kerrostalon lämpöputkien kuvaukseen käytetty hyvin aktiivinen iridiumlähde oli päässyt vaijerin päästä irti. Talo jouduttiin tyhjentämään ja tilanne olisi voinut muodostua vakavaksikin.”

Potentiaalisista vaaraa aiheuttavista tilanteista lähteiden katoaminenkin on varsin harvinaista, joskin viime vuosina on suomalaisista teollisuus- ja tutkimuslaitoksista kadonnut muutamia säteilylähteitä. Joissakin tapauksissa on käynyt ilmi, ettei lähteistä huolehtiva vastaava johtaja ole useaan vuoteen tiennyt, missä lähde sijaitsee.

”Katoaminen johtuu yleensä silkasta huolimattomuudesta”, Seppo toteaa. Hän muun muassa muistelee tilannetta, jossa tehtaassa eräs laitteisto piti purkaa. Laitteistossa oleva säteilylähde oli tarkoitus irrottaa ennen purkaa. Ulkopuolinen purkuporukka ryhtyi kuitenkin töihin odotettua ripeämmin eli ennen kuin lähde oli ehditty irrottaa. Niinpä porukka vei vahingossa mukanaan paitsi kierrätysmetallin myös säteilylähteen.

Kokenut ylitarkastaja myöntää kuitenkin säteilylähteiden käytön turvallisuuskulttuurille kouluarvosanan 9+. ”Yleensä asiat on hoidettu ihan kiitettävästi. Alalla on monenlaisia ihmisiä, mutta asiat hoituvat keskimäärin hyvin.”

TEHTÄVÄNÄ AUTTAA SÄTEILYN KÄYTTÄJÄ

Sepón mukaan vuosien varrella on voinut huomata, kuinka säteilytietämys on lisääntynyt huomattavasti. ”Säteilyyn suhtaudutaan nykyään järkevästi. Lähde ei ole enää ’pommi’ vaan automaatioon liittyvä apuväline.”

Tietämystä on varmasti omalta osaltaan lisännyt myös STUKin tarkastajien antama koulutus. ”Radioaktiivisten säteilylähteiden turvallinen käyttö -kurssin on käynyt jo noin 2 000 ihmistä. Kurssi syntyi, kun huomasimme, että meille soiteltiin ja meiltä kyseltiin toistuvasti samoista perusasioista liittyen lähteen käyttöön. Tavoitteena on ollut, että kurssin käytyään käytönjohtaja osaa itse vastata näihin kysymyksiin”, Seppo kertoo. Hänen mielestään säteilyn käyttäjien kouluttamisessa olisi kuitenkin vielä rutkasti kehitettävää ja STUK saisi ottaa siinä tähänastista tukevamman roolin.

Sepón oma johtoajatus STUKin valvojana on kautta linjan ollut se, että säteilyn käyttäjiä täytyy aina yrittää auttaa mahdollisimman hyvin heidän ongelmissaan. ”Tehtävänä on olla asiakkaita varten, ei toisin päin.”

HYVIÄ MUISTOJA

”Enimmäkseen on kyllä ollut ihan hauskaa”, Seppo lopulta summaa kuluneita vuosia ja kertoo tavanneensa tarkastusmatkoillaan paljon mukavia ihmisiä. Taaksepäin katsoessa erityisen mielenkiintoista aikaa oli hänen mukaansa Tshernobylin onnettomuuden jälkeinen vuosi. ”Silloin rutiineihin tuli vaihtelua ja normaalien lähteiden lisäksi saimme mitata mitä erilaisempia kohteita, joiden pelättiin olevan onnettomuuden saastuttamia.”

Hymyn ylitarkastajan suupieliin tuo myös muisto valmiusharjoituksesta, jossa Atlantilla vaurioitunut kuvitteellinen ydinsukellusvene matkasi kohti Pietaria.

”Minut oli jo vapautettu harjoituksesta, mutta sitten yhtäkkiä kävikin käsky ryhtyä STUKin ja sisäasiainministeriön yhteyshenkilöksi. Lähdin kiireen vilkkaan menemään kohti ministeriötä. Ulkona satoi räntää ja matkalla silmälaseista irtosi vielä linssi. Saavuini siis ministeriön ovelle tuntematta harjoituksen taustoja vielä lainkaan, märkänä ja linssiä paikalle asetellen. Ovella vastassa oli silloinen suunnittelija Janne Koivukoski SM:stä – sekä televisiokamerat. Kamerat kääntyivät puoleeni, kun Janne tokaisi toimittajille, että nyt tuli STUKin asiantuntija paikalle, mikä on tilanne. Totuudenmukaisesti vastasin: ”En tiedä asiasta yhtään mitään!” Ja tätä patkkaa sitten näytettiin illan TV-uutislähetyksessä.”

ELÄMÄÄN JÄÄ ISO REIKÄ

Kollegoiden puuhatessa taustalla jo läksiäisjuhlia Seppo myöntää, että lähteminen on kaksijakoinen juttu. ”Toisaalta töiden lopettaminen on suuri helpotus, toisaalta se jättää elämään suuren reiän.”

Reikä jää myös STUKiin, sillä Seppo on kautta aikain tunnettu talossa todellisena kaikkien alojen asiantuntijana. Kun vastauksia on kaivattu esimerkiksi mitä erikoisimpiin yleisökysymyksiin, ovat askeleet suuntautuneet Sepón ovelle. ”Olen aina ollut kaikesta teknii- kasta kiinnostunut. Mistään en oikeasti tiedä mitään, mutta uteliaisuuteni johdosta keräämistäni tiedon sirpaleista olen usein pystynyt päättelemään, mihin kysytty ilmiö liittyy. Päätet- tely on jopa usein osunut aivan oikeaan”, Seppo itse nauraa.



SAASTUMINEN VAIKUTTAA LINTUJEN PERINNÖLLISEN MUUNTELUN MÄÄRÄÄN

LINNUNHÖYHEN PALJASTAA YMPÄRISTÖN VAIKUTUKSEN

Yksi höyhen voi kertoa paljon. Se paljastaa esimerkiksi linnun altistumisen ympäristömyrkyille. Höyhenten avulla tehty tutkimus osoittaa, että lintujen geenimutaatioiden, perinnöllisen muuntelun määrä kasvaa saastuneilla alueilla. Tämä näkyy esimerkiksi kirjosiepoissa Venäjällä Severskin ydinpolttoaineen käsittelylaitoksen tuntumassa.

Lintujen höyhenistä saadaan paljon kiinnostavaa tietoa paitsi itse linnuista myös siitä millaisessa ympäristössä ne elävät. Yhden höyhenen keruu ei vahingoita lintua, uusi höyhen kasvaa tilalle muutamassa viikossa. Jokainen höyhen sisältää linnun koko perimän eli DNA-koodin.

Radioaktiivisen säteilyn ohella monet ympäristömyrkyt ovat haitallisia perimälle. Ympäristön saastumisen vaikutuksista luonnonvaraisiin eläimiin on kuitenkin yllättävän vähän tutkimustietoa.

TALITIAISEN JA KIRJOSIEPON GEENIEN JÄLJILLÄ

Radioaktiivisen säteilyn haitallisia vaikutuksia on osattu odottaa voimakkaasti saastuneilla alueilla. Esimerkiksi Tshernobylin onnettomuuden jälkeen havaittiin mutaatioiden määrän lisääntyneen paikallisissa myyrä- ja lintupopulaatioissa. Sen sijaan 'perinteisten' ympäristömyrkyjen, kuten raskasmetallien, geneettisiä vaikutuksia luonnonvaraisiin eläimiin ei juuri ole tutkittu.

Kansainvälinen, Turun yliopiston johtama tutkimusryhmä selvitti höyhenten avulla kahden hyönteisiä syövän lintulajin, talitiaisen ja kirjosiepon, populaatioiden perinnöllisen vaihtelun määrää saastuneilla alueilla ja puhtailla vertailualueilla.

Näytteitä kerättiin Harjavallan ja Revdan kuparisulaton sekä Severskin ydinpolttoaineen käsittelylaitoksen ympäristöstä ja puhtailta vertailualueilta. Sulatot on perustettu 1940-luvulla. Ympäristöön on levinnyt huomattavia määriä raskasmetalleja, kuten kuparia, nikkeliä, lyijyä ja arseenia. Severskin kombinaatti aloitti toimintansa 1954. Esimerkiksi plutoniumin, cesiumin ja koboltin radioaktiivisia isotooppeja on levinnyt ympäristöön muun muassa laitoksella sattuneiden onnettomuuksien yhteydessä.

TUTKIMUSAVAIMENA LINNUNPOIKASEN SULKIA

Tutkimusta varten kerättiin yksi sulka kunkin lintupoikueen yhdeltä poikaselta. Talitiaisen sulkia saatiin riittävästi vain Harjavallasta. Kirjosiepon sulkia saatiin kaikilta kolmelta alueelta.

Sulan tyvipäässä esiintyy DNA:ta solujen tumissa ja mitokondrioissa. Näytesulkien tyvipäät käytettiin mitokondrioiden DNA:n eristämiseen, kun taas sulkien toisesta päästä mitattiin raskasmetallien pitoisuuksia.

Raskasmetallipitoisuudet olivat odotetusti korkeampia metallisulattojen lähistöllä. Tyypillinen kuparisulattojen ympäristöjen saaste on arseeni, jonka tiedetään olevan perimälle haitallista.

LINTULAJEILLA MYÖS EROJA

Lähellä metallisulattoja asustavassa talitiaispopulaatioissa mitokondrioiden DNA:n geneettinen vaihtelu oli suurempaa kuin puhtaalla vertailualueella. Muuntelua esiintyi selvästi enemmän kuin eri puolilla Eurooppaa tutkituissa talitiaispopulaatioissa. Mahdollinen selitys on raskasmetallien aiheuttama mutaatioiden määrän kasvu.

Muuntelu oli suurta myös ydinpolttoaineen käsittelylaitoksen liepeillä asustavilla kirjosielloilla. Metallisulattojen ympärillä kirjosiellojen muuntelu oli vähäisempää kuin puhtailla vertailualueilla. Syytä tähän ei tiedetä. Yksi selitys voisi olla kirjosiellojen valikoiva asettuminen pesimäreviireilleen. Saastunut ympäristö ei kaikkia sieppoja houkuttele ja sinne asettuneet linnut voivat olla keskenään enemmän samankaltaisia kuin luonnollisessa ympäristössään. Lajien välistä eroa saattaa selittää kirjosiellojen talitiaista parempi kyky käsitellä myrkyllisiä aineita elimistössään.

Kirjoittaja on ympäristöekologian dosentti ja tutkimusryhmän johtaja Turun yliopiston Ekologian osastolta.

OHJEET

YVL 1.1
Tillsyn över kärnanläggningars säkerhet

YVL 1.5
Reporting nuclear facility operation to the Radiation and Nuclear Safety Authority

YVL 3.3
Ydinlaitosten putkistot

YVL 5.6
Air-conditioning and ventilation systems and components of nuclear facilities

YVL 6.8
Storage and handling of nuclear fuel

YVL 7.1
Begränsandet av strålningsexponering och utsläpp av radioaktiva ämnen i ett kärnkraftverks omgivning

YVL 7.11
Radiation monitoring systems and equipment of a nuclear power plant

ST 1.3
Säteilylähteiden varoitusmerkinnät

ST 1.3
Varningsmärkning av strålkällor

TUTKIMUSRAPORTIT

STUK-A218
Monitoring of radionuclides in the vicinities of Finnish nuclear power plants in 1999–2001
Ikäheimonen T K, Klemola S, Ilus E, Vartti V-P, Mattila J. Helsinki 2006.

STUK-B-STO 60
Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2005
Rantanen E.

STUK-B-TKO 7
Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa – Vuosiraportti 2005
Strålningsövervakning av miljön i Finland – Årsrapport 2005
Surveillance of environmental radiation in Finland – Annual Report 2005
Mustonen R. (ed.)

STUK-B-YTO 248
Säteily- ja ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 1/2006
Kainulainen E. (toim.)

STUK-B-YTO 249
Regulatory Control of Nuclear Safety in Finland. Annual Report 2005
Kainulainen E. (ed.)

STUK-YTO-TR 215
Porosity characterization of selected nanoporous solids
Klobes P, Siitari-Kauppi M, Hellmuth K-H.

STUK-YTO-TR 216
Evaluation of monitoring methods available for safeguards use at Olkiluoto geological repository
Okko O, Rautjärvi J.

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. Toivommeikin teidän – arvoisat lukijamme – kertovan meille, mikä Alarassa on hyvää ja mikä huonoa. Kerro meille myös, mistä aiheesta haluaisit lukea tai mikä aihepiiri sinua erityisesti kiinnostaa.

Arvomme kaikkien palautteen antajien kesken Alaran business-olkalaukun. Artikkeleihin johdaneista juttuvinkeistä palkitsemme myös laskulla.

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



KYSY SÄTEILYSTÄ!

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.

MITÄ ON KOSMINEN SÄTEILY? MINKÄ SUURUISIA SÄTEILYANNOKSIA LENTÄJÄT JA MATKUSTAJAT SAAVAT SIITÄ?

Kosminen säteily eli avaruussäteily on auringosta ja muualta avaruudesta tulevaa hiukkassäteilyä. Se on suurienergistä säteilyä, joka koostuu muun muassa protoneista, alfahiukkasista ja raskaammista atomiytimistä.

Maan pinnalla maan magneettikenttä ja ilmakehä suojelevat meitä avaruudesta peräisin olevalta säteilyltä, mutta mitä kauemmas maan pinnalta mennään, sitä heikompi tämä suoja on. Annosnopeus avaruudessa vaihtelee huomattavasti esimerkiksi auringon aktiivisuuden ja auringonpurkausten mukaan.

Maan pinnalla ihmiset saavat kosmisesta säteilystä keskimäärin noin 0,38 millisievertin (mSv) efektiivisen säteilyannoksen vuodessa. Matkustajalentokoneet lentävät noin kymmenen kilometrin korkeudessa, missä annosnopeus on monikymmenkertainen maanpinnan tasoon verrattuna. Useimmat matkustajat altistuvat kosmiselle säteilylle kuitenkin vain harvoin ja lyhyitä aikoja kerrallaan, jolloin lisä säteilyaltistukseen on vähäinen. Esimerkiksi lentomatkka Helsinki-Bryssel aiheuttaa noin 0,01 mSv:n ja Helsinki-San Francisco noin 0,03 mSv:n efektiivisen annoksen.

Lentohenkilöstön lentoajat taas ovat huomattavasti suurempia. Lentohenkilöstön säteilyaltistuksen määrittämiseen käytetään tarkoitukseen sopivia laskentaohjelmia. Lisätietoa tästä löytyy Internetistä:

http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/140_en.pdf

Lentotoiminta lasketaan säteilytoiminnaksi, jos väestön annosraja 1 mSv ylittyy tai voi ylittyä. Tällöin säteilyaltistusta seurataan ja tarvittaessa rajoitetaan. Keskimääräinen säteilyannos lentäjille ja matkustamohenkilöstöön kuuluville on noin 2 mSv vuodessa. Suurin lentotyöntekijälle määritetty annos vuonna 2005 oli 5,2 mSv.



Voiko lentokentällä turvatarkastuksessa työskentelevä saada läpivalaisulaitteesta haitallisen annoksen säteilyä? Miksi röntgenhoitajilla on säteilyannosmittarit mutta läpivalaisulaitetta käyttävillä ei?

Säteilyturvakeskus käy säännöllisesti tarkastamassa lentokenttien läpivalaisulaitteet. Tarkastuksissa ei ole havaittu, että laitteet säteilisivät ulkopuolelle. Niinpä laitteita käyttäviä henkilöitä ei ole luokiteltu säteilytyötä tekeviksi työntekijöiksi, eikä heillä tarvitse olla henkilökohtaisia annosmittareita.

Sairaaloissa röntgenhoitajat joutuvat joskus pitämään kiinni kuvattavia henkilöitä tai olemaan heidän lähellä kuvia otettaessa. Kun potilaista otetaan röntgenkuvia ja hoitaja joutuu olemaan samassa huoneessa, voi myös hoitaja altistua säteilylle. Niinpä röntgenhoitajilla on henkilökohtaiset annosmittarit, joilla seurataan heidän saamiaan säteilyannoksia.

Lentokenttien läpivalaisukuvauksissa tilanne on toinen: kuvattavat tavarat ovat kokonaan laitteen sisällä, ja laitteen metallikuoret ja muut rakenteet estävät säteilyn pääsyn laitteen ulkopuolelle.

Turvatarkastuslaitteita käytettäessä on kuitenkin muistettava, että käsiä tai muitakaan kehon osia ei saa viedä laitteen molemmissa päissä olevien lyijyliuskojen sisälle silloin, kun laite on päällä. Tavaraita ei saa kuvauksen aikana auttaa käsin laitteen sisään eikä laitteesta ulos.

Normaali jatkuva työskentely laitteen ympäristössä ei siis altista työntekijöitä säteilylle eikä näin ollen aiheuta terveyshaittaa.

MITÄ SÄTEILYVAIKUTUSTA URAANIKAIVOSTOIMINNALLA ON ALUEEN ASUKKAILLE?

Muun muassa ranskalainen Cogema-yhtiö on jättänyt kauppa- ja teollisuusministeriölle valtaushakemuksia, jotka kohdistuvat paikkakunnille eri puolilla Suomea. Hakemusten johtaminen itse kaivostoimintaan on kuitenkin epävarmaa. Jos yhtiö saa valtausluvan, se saa harjoittaa alueella tutkimustoimintaa. Toiminta on alkuvaiheessa lähinnä koekairauksia, lentomittauksia yms. Näistä ei aiheudu säteilyvaikutuksia. Jos tutkimusten perusteella alueelta löytyisi lupaavia uraaniesiintymiä, saattaa yhtiö tehdä valtausaikana pienimuotoista koelouhintaa ja mahdollisesti myös malmin rikastusta. STUKilla on valtuudet antaa määräyksiä säteilyturvallisuuteen vaikuttavista seikoista.

Varsinainen uraaniakaivostoiminta vaatii valtioneuvoston luvan ja sitä edeltää ympäristövaikutusten arviointi, joka sisältää myös säteilyvaikutusten arvioinnin. Säteilyvaikutukset riippuvat hyvin monesta asiasta: toiminnan laajuudesta ja laadusta, asutuksen läheisyydestä, toimenpiteistä joilla säteilyaltistusta estetään jne. Suomessa on tiukka lainsäädäntö, joten mahdollisen uraaniakivoksen olisi oltava hyvin hoidettu. Toiminnasta aiheutuvat ympäristövaikutukset on minimoitava ja kertyvistä jätteistä on huolehdittava asianmukaisesti.

Kaivostoiminnasta säteilyaltistusta aiheutuisi lähinnä työntekijöille. Toiminta on suunniteltava siten, että alueen asukkaille aiheutuisi mahdollisimman vähän säteilyaltistusta. Kaikki ihmiset altistuvat säteilylle jonkin verran mm. maa- ja kallioperän sisältämien luonnon radioaktiivisten aineiden aiheuttaman säteilyn, avaruussäteilyn sekä sisäilman radonin vuoksi. Kaivos- tai tutkimustoiminnan sallittaisiin aiheuttavan väestölle korkeintaan murto-osan lisän siihen säteilyaltistukseen, mitä näistä aiheutuu.

Lisää voit lukea mm. STUKin Internet-sivuilta http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/fi_FI/uraanikaivokset/



FINNS DET ENKLA APPARATER SOM MAN KAN MÄTA STRÅLNINGEN I SVAMP MED HEMMA?

Det är bra att man följer med aktivitetshalterna i svamp speciellt när det gäller svamp för försäljning. Tyvärr finns det inga enkla och tillförlitliga apparater för bestämning av aktivitetshalterna.

Mätningar görs av lokallaboratorierna som finns på ungefär 40 platser i Finland. Se http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/elintarvikkeet/fi_FI/paikallislaboratoriot/.



Eläinlääkäri otti koirastani röntgenkuvat. Kuvien ottamisen ajaksi lääkäri pyysi minua poistumaan odotushuoneeseen vain muutaman metrin päähän kuvauspaikasta. Oliko etäisyys riittävä vai altistuin-ko röntgensäteilylle?

Kaikki eläinröntgenkuvauspaikat tarkastetaan. Jos olit kuvausten aikana poissa kuvaushuoneesta, et altistunut säteilylle.



www.stuk.fi

SÄTEILY A:sta Ö:hön



Kaipaatko tietoa *sisäilman radonista • matkapuhelimista • voimajohdoista • kosmisesta säteilystä • palovaroittimista • sädehoidosta • raskauden huomioimisesta röntgentutkimuksissa • solun muuttumisesta syöpäsoluksi tai ehkä Tshernobylin turman terveysvaikutuksista tai ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta?*

Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjat tarjoavat monipuolista tietoa säteilystä. Kirjat perehdyttävät alan teorioihin ja antavat käytännön esimerkkejä. Seitsenosainen kirjasarja on tarkoitettu niin opiskelijoille, säteily- ja ydinturvallisuusalan ammattilaisille kuin säteilystä kiinnostuneillekin.

Säteily ja sen havaitseminen -kirja selvittää ydin- ja säteilyfysiikan perusteet.
197 sivua, *hinta 30 euroa*

Säteily ympäristössä -kirja keskittyy radioaktiivisten aineiden käyttäytymiseen ja ionisoivan säteilyn vaikutuksiin ihmisissä ja ympäristössä.
395 sivua, *hinta 35 euroa*

Säteilyn käyttö -kirja perehdyttää säteilyn hyötykäyttöön terveydenhuollossa, teollisuudessa ja tutkimuksessa.
361 sivua, *hinta 35 euroa*

Säteilyn terveysvaikutukset -kirja antaa sekä perustietoa että uutta näkökulmaa ionisoivan säteilyn terveysvaikutuksiin.
186 sivua, *hinta 30 euroa*

Ydinturvallisuus -kirja tarjoaa ajankohtaista tietoa ydinturvallisuudesta erityisesti Suomen näkökulmasta.
418 sivua, *hinta 35 euroa*

Sähkömagneettiset kentät -kirjassa on tietoa elinympäristömme sähkömagneettisista kentistä. Kenttien lähteitä ovat muun muassa voimalinjat, matkapuhelimet, tv- ja radioasemat ja teollisuuden monet sovellutukset.
555 sivua, *hinta 35 euroa*

Sarjasta on ilmestymättä 7. osa, Ionisoimaton säteily – Ultraviolett- ja lasersäteily.

Kirjat maksavat yksittäin ostettuna 30–35 euroa, sis. alv. Ostamalla koko sarjan (osat 1–7) saa 10 % alennuksen. Sarja-alennus myönnetään myös ostettaessa kirjat 1–5 tai kirjat 6–7. Kirjojen hintoihin lisätään postitus- ja lähetyskulut.



Kirjojen tilaus ja lisätietoja:

Säteilyturvakeskus • Puh. (09) 759 881

e-mail: kirjatilaus@stuk.fi • Internet: www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset