

Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta

Vuosiraportti 2006

Erkki Rantanen (toim.)

Tämän raportin laadintaan ovat osallistuneet

Siiri-Maria Aallos

Timo Ansaranta

Ritva Bly

Ritva Havukainen

Kari Jokela

Hannu Järvinen

Eero Kettunen

Jarno Koikkalainen

Antti Kosunen

Maaret Lehtinen

Eero Oksanen

Eija Venelampi

Reijo Visuri

ISBN 978-952-478-227-2 (nid.) Edita Prima Oy, Helsinki 2007

ISBN 978-952-478-228-9 (pdf)

ISSN 1235-6719

RANTANEN Erkki (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2006. STUK-B 76. Helsinki 2007. 34 s. + liitteet 15 s.

Avainsanat: säteilyn käyttö, säteilytoiminta, turvallisuuslupa, luvasta vapautettu toiminta, säteilyn käytön tarkastukset, säteilylähteet, radioaktiiviset aineet, radioaktiiviset jätteet, työntekijöiden säteilyannokset, luonnonsäteily, ionisoimaton säteily, mittanormaalit, säännöstötyö, tutkimus, kotimainen ja kansainvälinen yhteistyö, viestintä, palvelut, poikkeavat tapahtumat

Tiivistelmä

Vuoden 2006 lopussa säteilyn käyttöä varten oli voimassa 1 733 turvallisuuslupaa. Luvasta vapautettua, mutta ilmoitusvelvollisuuden alaista hammasröntgentoimintaa harjoitti 1 877 toiminnan harjoittajaa. Säteilyn käyttöä valvottiin käyttöpaikkoihin tehdyillä säännöllisillä tarkastuksilla, hammasröntgentoimipaikkoihin postitse lähetetyillä testipaketeilla ja annosrekisterin ylläpidolla. Lisäksi julkaistiin säteilyturvallisuusohjeita ja tehtiin valvontaa tukevaa tutkimusta.

Vuonna 2006 STUK teki 421 turvallisuusluvan alaisen toiminnan tarkastusta ja 31 ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastusta. Korjausmääräyksiä ja -suosituksia annettiin 194 kappaletta. Kuudelle laitteelle asetettiin käyttökielto.

Annostarkkailussa oli vuonna 2006 yhteensä 12 039 säteilytyötä tekevää työntekijää. Annoskirjauksia tehtiin STUKin ylläpitämään rekisteriin 140 000 kappaletta. Yhdenkään työntekijän annos ei ylittänyt säteilyasetuksessa määriteltyjä annosrajoja.

Luonnonsäteilyn valvonnassa keskityttiin työpaikkojen radonsäteilyn valvontaan ja avaruussäteilystä lentohenkilöstölle aiheutuvan altistuksen valvontaan. Vuoden 2006 aikana radonvalvonnassa oli 126 työpaikkaa ja niissä yhteensä 266 työpistettä. Avaruussäteilystä aiheutuvan säteilyaltistuksen seurannassa oli yhteensä 3 484 lentäjää ja matkustamohenkilöstön jäsentä.

Mittanormaalityöinnässä jatkettiin kalibrointi- ja kehitystyötä edellisten vuosien tapaan.

Vuonna 2006 ionisoimattoman säteilyn käytön valvonta kohdistui erityisesti matkapuhelimiin, solariumeihin ja lasereihin. Matkapuhelimien markkinavalvonnassa testattiin 15 matkapuhelinta. Solariumien käyttöpaikkoja tarkastettiin 25 kpl. Yksi laserlelu poistettiin markkinoilta. Kaavoitusviranomaisille annettiin kolme lausuntoa maankäytöstä voima-johtojen läheisyydessä. Tutkimustyö kohdistui erityisesti testaus- ja mittausmenetelmien kehittämiseen sähkömagneettisten kenttien aiheuttaman altistumisen määrittämiseksi. UV-A-säteilyn vaikutusta hiiren melanoomaan koskeva väitöskirjatutkimus valmistui.

Vuonna 2006 sattui 13 säteilyn käyttöön liittyvää poikkeavaa tapahtumaa. Tapahtumista 10 koski säteilyn käyttöä teollisuudessa, tutkimuksessa tai kuljetuksissa ja kolme säteilyn käyttöä terveydenhuollossa. Tapahtumista mikään ei johtanut vakaviin seurauksiin.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
JOHTAJIEN ESIPUHE	6
1 YLEISTÄ	9
1.1 Tärkeimmät tunnusluvut	9
2 IONISOIVAN SÄTEILYN KÄYTÖN VALVONTA	13
2.1 Säteilyn käyttö terveydenhuollossa	13
2.2 Säteilyn käyttö teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa	15
2.3 Turvallisuusluvan alaisen säteilytoiminnan tarkastukset	15
2.4 Ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastukset	16
2.5 Radioaktiivisten aineiden tuonti, valmistus ja vienti	16
2.6 Työntekijöiden säteilyannokset	16
2.7 Hyväksyntäpäätökset ja pätevyyksien toteaminen	17
2.8 Radioaktiiviset jätteet	17
2.9 Poikkeavat tapahtumat	17
3 LUONNONSÄTEILYLLE ALTISTAVAN TOIMINNAN VALVONTA	20
3.1 Radon työpaikoilla	20
3.2 Muu maaperästä tuleva luonnonsäteily	20
3.3 Avaruussäteily	20
4 IONISOIMATTOMAN SÄTEILYN KÄYTÖN VALVONTA	21
4.1 Yleistä	21
4.2 Optinen säteily	21
4.3 Sähkömagneettiset kentät	22
4.4 Poikkeavat tapahtumat	22
5 SÄÄNNÖSTÖTYÖ	23
5.1 ST-ohjeet	23
5.2 Muu säännöstötyö	23
6 TUTKIMUS	24
6.1 Ionisoiva säteily	24
6.2 Ionisoimaton säteily	25
7 KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ	27
8 KOTIMAINEN YHTEISTYÖ	28
9 VIESTINTÄ	29
10 MITTANORMAALITOIMINTA	31
10.1 Ionisoiva säteily	31
10.2 Ionisoimaton säteily	31

11	PALVELUT	33
	11.1 Ionisoiva säteily	33
	11.2 Ionisoimaton säteily	33
12	MUUTA	34
	LIITE 1 TAULUKOT	35
	LIITE 2 JULKAISUT VUONNA 2006	44
	LIITE 3 ST-OHJEET	49

Johtajien esipuhe



Eero Kettunen
Johtaja
Säteilyn käytön turvallisuus -osasto (STO)



Kari Jokela
Laboratorionjohtaja
Ionisoimattoman säteilyn laboratorio (NIR)

Säteilyturvakeskuksen (STUK) Säteilyn käytön turvallisuus -osasto (STO) toimii ionisoivan säteilyn valvontaviranomaisena, tekee säteilyn lääketieteelliseen käyttöön liittyvää tutkimusta ja ylläpitää ionisoivan säteilyn mittanormaaleja. Valvontaan kuuluvat turvallisuuslupa-, hyväksyntä- ja rekisteröintimenettelyt, säteilyn käyttöpaikoille tehtävät tarkastukset ja työntekijöiden säteilyannosvalvonta. Tutkimuskohteita ovat erityisesti runsaasti säteilyaltistusta aiheuttavat menetelmät kuten tietokone-tomografiatutkimukset ja toimenpideradiologia. Mittanormaalityöinnillä varmistetaan säteilymittausten tarkkuus ja jäljitettävyyden kansainvälisiin mittanormaaleihin. Mittanormaalityöintään liittyy myös Suomessa käytettävien säteilymittareiden kalibroinnit, joilla varmistetaan että Suomessa tehtävät säteilymittaukset ovat luotettavia.

Sädehoitotoiminta on voimakkaassa kasvussa Suomessa. Sädehoitolaitteista erityisesti lineaarikiihdyttimien määrä on kasvusuunnassa. Vielä enemmän on kuitenkin useissa sädehoitokeskuksissa kasvanut sädehoitoa saaneiden potilaiden lukumäärä kiihdyttimä kohden. Odotettavissa on, että laitteiden lukumäärä tulevinakin vuosina kasvaa entisestään.

Myös tietokonetomografiatutkimusten (TT-tutkimusten) ja tietokonetomografialaitteiden (TT-laitteiden) määrä on maassamme jatkuvasti kasvanut. Laitetekniikan kehittyessä tutkimuksille on löydetty uusia käyttösovelluksia. Perinteisiä TT-laitteita yhdistetään nykyisin yksifotoniemissiotomografian (SPET) tai positroniemissiotomografian (PET) kanssa. Käyttöön on tullut myös viisi hammastietokonetomografian TT-laitetta. Tietokonetomografiassa yksileikelaitteista monileikelaitteisiin siirtymisen todettiin STUKin tekemässä tutkimuksessa kasvattavan potilasannoksia 30 %. Myös eri sairaaloiden välillä annoksissa on todettu eroja, jotka osoittavat tarvetta optimoinnin parantamiseen. Myös potilasannosten vertailutasoja on päivitettävä laitetekniikan ja tutkimusmenetelmien kehittyessä.

Vuonna 2006 julkaistun tutkimuksen mukaan röntgentutkimusten ja -toimenpiteiden määrä vuonna 2005 oli 3,9 miljoonaa, kun se vastaavasti vuonna 2000 oli 4,1 miljoonaa. Ilman varjoainetta tehtäviä ns. natiiviröntgentutkimuksia tehtiin 7 % vähemmän kuin vuonna 2000, mutta tietokonetomografiatutkimuksia vastaavasti 30 % enemmän. Vaikka TT-tutkimusten osuus on vain noin 7 % kaikista röntgentutkimuksista, ne aiheuttavat kuitenkin noin 40 % kaikista röntgentutkimuksista aiheutuvasta säteilyannoksesta. Tutkimusmenetelmien ja kuvanlaadun optimointi on näissä tutkimuksissa erityisen tärkeää. STUK on mukana tutkimusprojekteissa, joissa selvitetään optimoinnin toteutumista, poti-

lasannoksia ja laadunvalvontaa TT-tutkimuksissa. Tavoitteena on potilasannosten vertailutasojen ja laadunvalvontaohjeiston päivittäminen. Tutkimusprojekteja on toteutettu myös yhteistyössä muiden Pohjoismaiden viranomaisten kanssa.

Teollisuuden säteilyn käytössä radioaktiivista ainetta sisältävien laitteiden lukumäärä ei ole merkittävästi muuttunut viime vuosina. Röntgenlaitteiden ja kiihdyttimien lukumäärä sen sijaan on kasvanut viimeisten kymmenen vuoden aikana 50 %. Käyttöön on otettu uusia läpivalaisulaitteita turvallisuus- ja tuotetarkastuksiin, ja röntgensäteilyn käyttö on lisääntynyt myös analyysilaitteissa.

Kuluneen vuoden aikana STO:lla käynnistyi erityistä ponnistusta vaativa useampivuotinen projekti valvontarekistereiden uudistamiseksi. Tavoitteena on yhdistää turvallisuuslupa-, säteilylaite- ja annosrekisterit niin, että tietoja voidaan kerätä, analysoida ja yhdistellä entistä tehokkaammin. Tämä mahdollistaa toiminnan paremman suunnittelun ja seurannan. Säteilyn käytöstä voidaan kerätä entistä parempia tilastotietoja ja valvontaa ja tutkimusta voidaan kohdistaa säteilyturvallisuusmielessä merkityksellisiin kohteisiin.

Vaikka säteilyn käytössä noudatetaan erityistä varovaisuutta, vuosittain sattuu maassamme toistakymmentä poikkeavaa tapahtumaa säteilyn käytössä. Vakavilta seurauksilta on näissä tilanteissa kuitenkin välttytty. Yhteenvedot näistä tapahtumista esitetään tässä raportissa ja käsitellään yksityiskohtaisesti asiantuntijaseminaareissa vastaavien tapahtumien välttämiseksi.

Ionisoimattoman säteilyn laboratorio (NIR-laboratorio) toimii ionisoimattoman säteilyn valvontaviranomaisena sekä Lääkelaitosta ja työsuojeluviranomaisia avustavana asiantuntijana. Ionisoimattoman säteilyn valvontakohteina ovat olleet erityisesti solariumit ja vuodesta 2003 lähtien matkapuhelimet. Keskeisiä tutkimuskohteita ovat viime vuosina olleet radio- ja pientaajuisten kenttien dosimetria, pulssimaiset magneettikentät ja UV-säteilyn mittausten menetelmien kehittäminen ja mittaustarkkuuden parantaminen. Sähkömagneettisia kenttiä koskevan direktiivin voimaan saattaminen Suomessa vuoteen 2008 mennessä lisää tarvetta arvioida työntekijöiden altistumista kentille sekä tarjota koulutuspalveluja työsuojeluhenkilöstölle. Sähkömagneettisten kenttien turvallisuutta koskeva viestintä on viime vuosina ollut vilkasta.

Vuonna 2006 STUK osallistui aktiivisesti eurooppalaiseen solariumstandardointiin yhteistyössä pohjoismaisten säteilyturvallisuusviranomaisten kanssa. Solariumin käyttäjän turvallisuuteen vaikuttavia puutteita löytyi lähes kaikista tarkastetuista käyttöpaikoista. Lasereiden valvonnassa markkinoilta määrättiin pois vedettäväksi silmälle mahdollista vaaraa aiheuttava laserlelu. Kaavoitusviranomaisille annettiin kolme lausuntoa maankäytöstä voimajohtojen läheisyydessä. Markkinavalvonnassa testattujen matkapuhelimien säteilyarvot eivät ylittäneet enimmäisarvoa.

Keskeisiä ionisoimattoman säteilyn tutkimusaiheita olivat testaus- ja mittausten menetelmien kehittäminen matkapuhelimien ja niiden tukiasemien aiheuttamien sähkömagneettisten kenttien aiheuttaman altistumisen määrittämiseksi, ympäristössä esiintyvien 80–3 000 MHz:n taajuuksien radiolähettimien aiheuttama säteily ja työntekijän altistuminen suurtaajuuskuumentimien RF-hajakentälle. UV-A-säteilyn vaikutusta hiiren melanoomaan koskeva väitöskirjatutkimus valmistui.

STUK osallistui kansainvälisiin sekä eryteemapainotettujen UV-radiometrien vertailuun että 21 mittauslaboratorion väliseen matkapuhelimien testausvertailuun. Tulokset osoittivat, että STUKin laatujärjestelmä on korkeatasoinen.

1 Yleistä

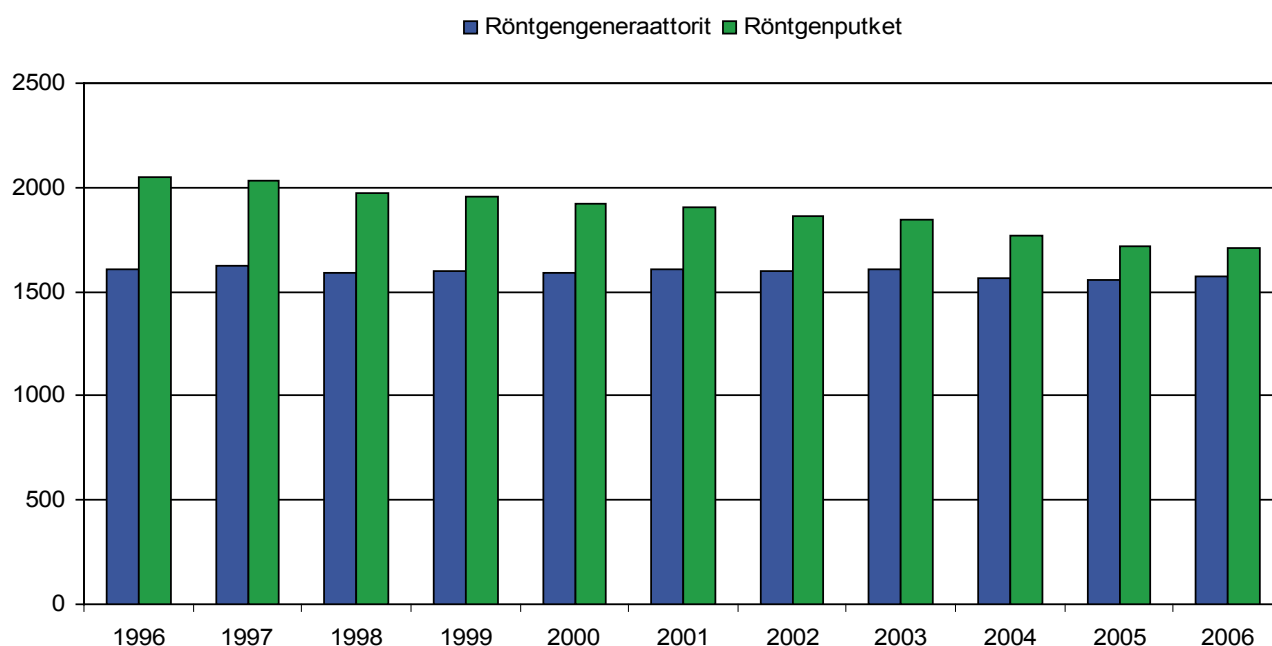
Säteilyn käytöllä tarkoitetaan säteilylaitteiden ja radioaktiivisten aineiden käyttöä, valmistusta ja kauppaa sekä näihin liittyviä toimintoja, kuten hallussapitoa, säilyttämistä, huoltoa, korjausta, asennusta, maahantuontia, maastavientiä, varastointia, kuljetusta ja radioaktiivisen jätteen vaarattomaksi tekemistä. Säteilytoiminnalla tarkoitetaan säteilyn käyttöä ja lisäksi sellaista toimintaa tai olosuhdetta, jossa luonnonsäteilystä ihmiseen kohdistuva säteilyaltistus aiheuttaa tai saattaa aiheuttaa terveydellistä haittaa.

Säteilyllä tarkoitetaan sekä ionisoivaa että ionisoimatonta säteilyä.

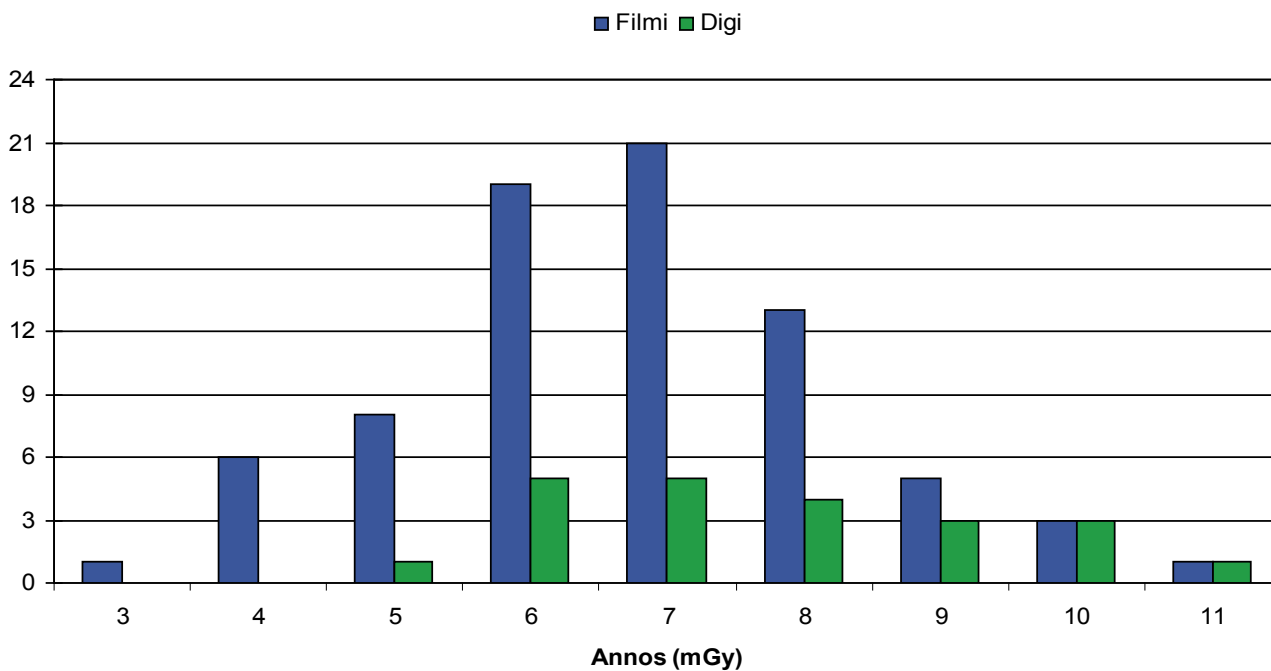
Säteilyn käytön ja muun säteilylle altistavan toiminnan valvonnasta vastaavat Suomessa STUKin Säteilyn käytön turvallisuus -osasto (STO) ja Ionisoimattoman säteilyn laboratorio (NIR-laboratorio).

1.1 Tärkeimmät tunnusluvut

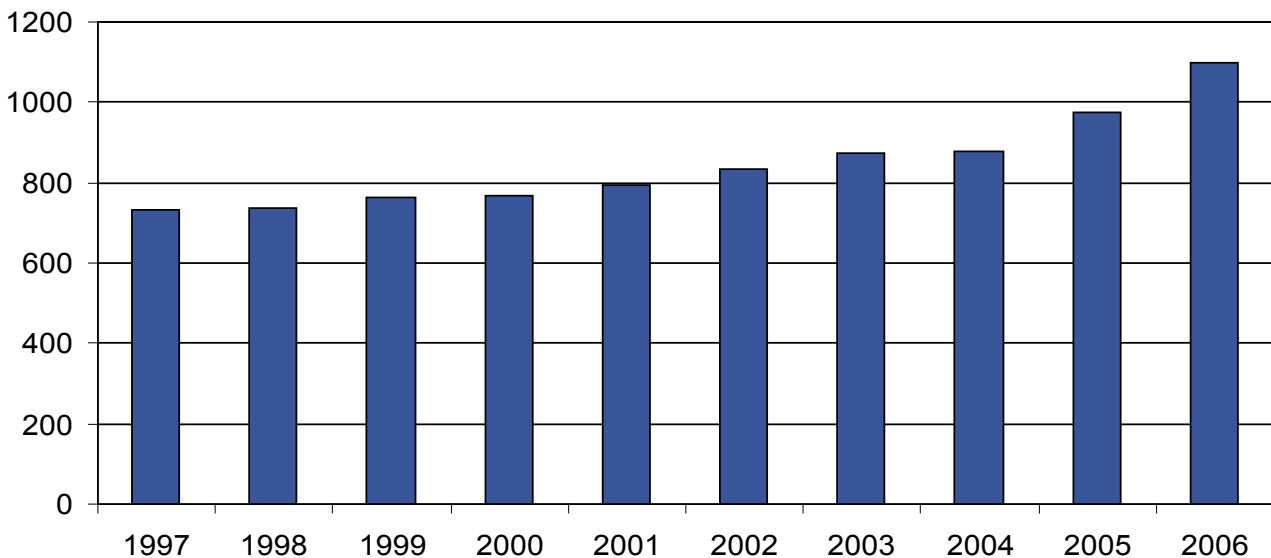
Säteilyn käytön ja muun säteilylle altistavan toiminnan tärkeimmät tunnusluvut esitetään oheisissa kuvissa 1–6.



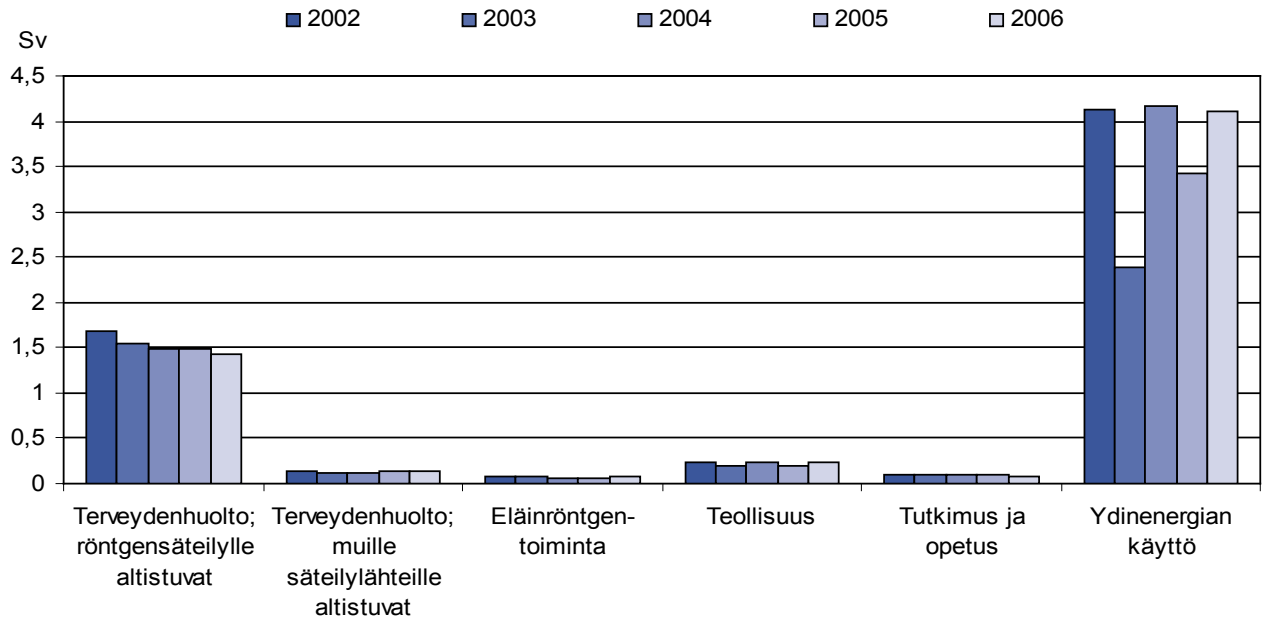
Kuva 1. Terveydenhuollon luvanvaraisten röntgengeneraattorien ja -putkien lukumäärät vuosina 1996–2006.



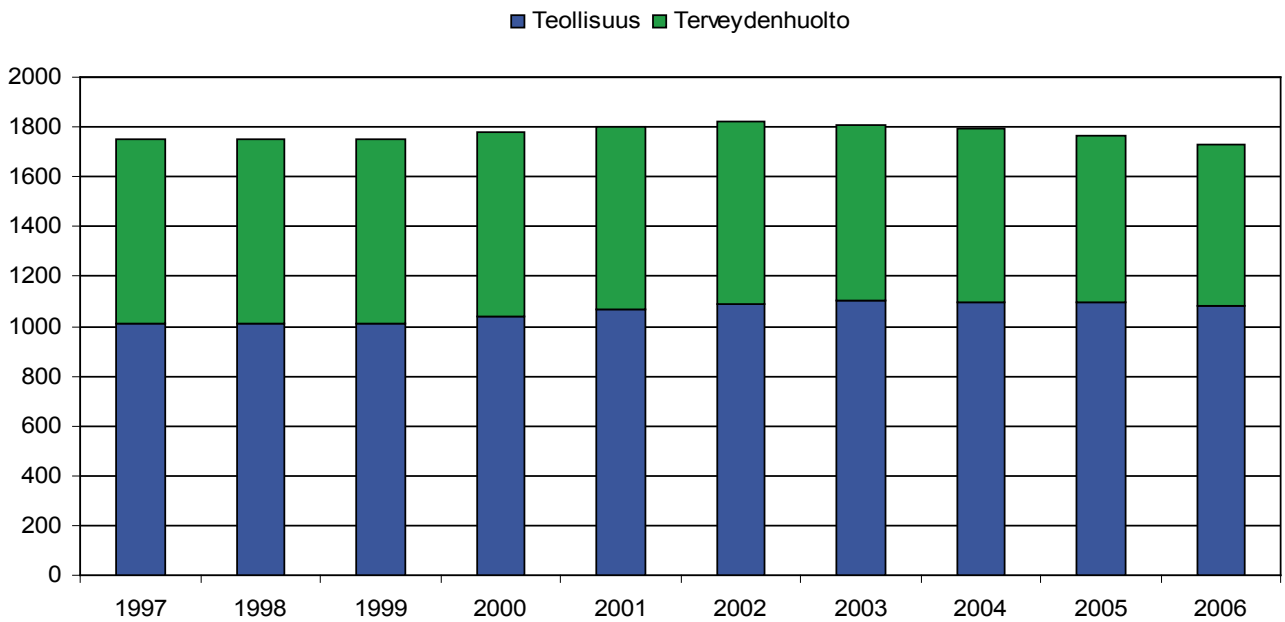
Kuva 2. STUKin tekemien tarkastusten yhteydessä vuosina 2005–2006 mitattujen potilasannosten (mammografia) annosjakaumat. Vertailutaso 10 mGy.



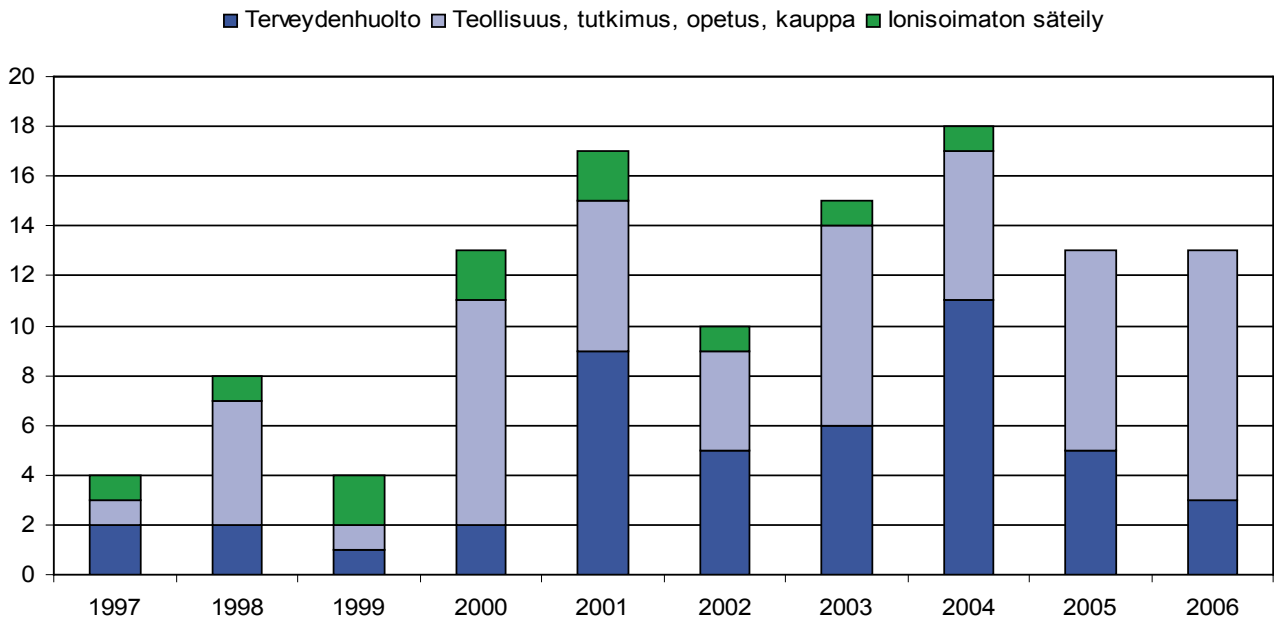
Kuva 3. Teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen röntgenlaitteiden ja kiihdyttimien lukumäärät vuosina 1997–2006.



Kuva 4. Annostarkkailussa olleiden työntekijöiden yhteenlasketut annokset (syväannos) toimialoittain vuosina 2002–2006.



Kuva 5. Turvallisuuslupien lukumäärät vuosina 1997–2006.



Kuva 6. Poikkeavien tapahtumien lukumäärät vuosina 1997–2006.

2 Ionisoivan säteilyn käytön valvonta

2.1 Säteilyn käyttö terveydenhuollossa

Turvallisuusluvut

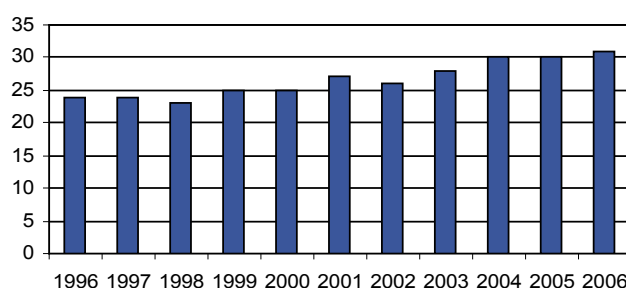
Vuoden 2006 lopussa oli terveydenhuollon säteilyn käyttöä koskevia turvallisuuslupia 652 kappaletta. Liitteen 1 taulukossa I on esitetty luvissa mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät. Turvallisuuslupien kokonaismäärässä ei ole tapahtunut suuria muutoksia edellisestä vuodesta (kohta 1.1, kuva 5). Lukumääräisesti lupien määrä on vähentymään päin. Sädehoitotoiminta on voimakkaassa kasvussa ja kahdelle uudelle sädehoitokeskukselle myönnettiin turvallisuusluvut. Erityisesti syövän hoitoon liittyy myös positroniemissiotomografian ja röntgentietokonetomografian yhdistelmäkuvaamisen (PET-TT) lisääntyminen: turvallisuuslupa myönnettiin Suomessa toiselle kuvantamiskeskukselle kyseisen laitteen käyttöön.

Säteilylaitteet ja -lähteet sekä laboratoriot

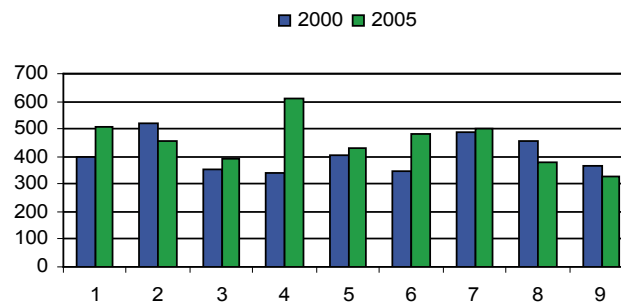
Tietokonetomografialaitteiden (TT-laitteiden) lukumäärä on kasvussa. Vuoden 2006 lopussa laitteita oli 84 kappaletta Näistä 72 oli perinteisessä tietokonetomografiakuvauskäytössä. Yhdeksän laitetta oli yhdistelmänä yksifotoniemissiotomografian (SPET) kanssa ja kaksi laitetta positroniemissiotomografian (PET) kanssa. Lisäksi yksi PET-TT-laite oli rekkaan asennettuna osa-aikaisesti käytössä ja viisi laitetta oli erikoiskäyttöön, lähinnä hammastietokonetomografiaan, tarkoitettuja. Edelleen näiden lisäksi sädehoidon simuloinnissa oli käytössä kymmenen TT-laitetta. Nämä laitteet toimivat myös osa-aikaisesti diagnostisen kuvantamisen laitteina tai varalaitteina.

Sädehoitolaitteista erityisesti lineaarikiihdyttimien määrä on kasvusuunnassa. Vuodesta 1996 laitteiden määrä on kasvanut lähes 30 %, ja vuoden 2006 lopussa laitteita oli 31 kappaletta (kuva 7). Seuraavan viiden vuoden aikana lukumäärän oletetaan kasvavan 40:een. Kuvasta 8 nä-

dään, että vaikka sädehoitolaitteiden lukumäärä on kasvanut, niin vielä enemmän on useissa sädehoitokeskuksissa vuosina 2000–2005 kasvanut keskimääräinen sädehoitoa saaneiden potilaiden lukumäärä kiihdytintä kohden.



Kuva 7. Sädehoidon lineaarikiihdyttimien lukumäärä vuosina 1996–2006.



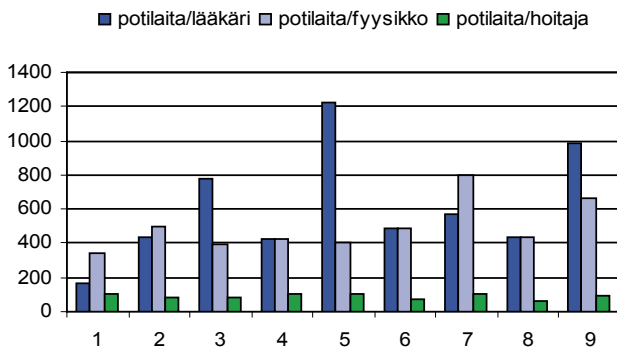
Kuva 8. Sädehoidossa käyneiden potilaiden määrä keskimäärin lineaarikiihdytintä kohden kussakin yhdeksästä sädehoitokeskuksesta vuosina 2000 ja 2005.

Säteilyturvakeskuksen ohjeessa ST 2.1 antamien suositusten mukaisesti sädehoitopotilaita saisi olla enintään 250 potilasta vuodessa sädehoitolääkäriä kohden. Sädehoitolääkäri on syöpätautien erikoislääkäri tai muu erikoislääkäri, joka on päteväytynyt erikoisalansa sädehoitoihin (asetus 423/2000, 24 §). Kuvasta 9 nähdään, että sädehoitopotilaita on lähes kaikissa sädehoitokeskuksissa reilusti enemmän yhtä sädehoitolääkäriä kohden. Osassa sädehoitokeskuksista ei ole eritelty syöpätautien erikoislääkärien keskuudesta sädehoitolääkäriä,

jolloin lukumäärän arvioiminen tilastoa varten on epätarkkaa.

Saman suosituksen mukaisesti tarvitaan yksi sairaalafyysikko kutakin 400 potilasta kohden ja lisäksi yksi, jos käytetään erikoishoitotekniikoita kuten kaikissa yliopistollisissa sädehoitoklinikoissa käytetään, sekä yksi sairaalafyysikko työhoitoa varten ja yksi radionuklidihoidoja varten. Ainoastaan kolmessa keskussairaalaossa tilanne on suosituksen mukainen, muualla hoidettavia potilaita on selvästi enemmän sairaalafyysikkokohden. Yliopistollisissa sairaaloissa hoitojen lisääntyvien erikoistekniikoiden käytön vuoksi vaje on suurin. Uusilla tekniikoilla pyritään parempiin hoitotuloksiin säästämällä enemmän tervettä kudosta ja pienentämällä siten hoidon sivuvaikutuksia.

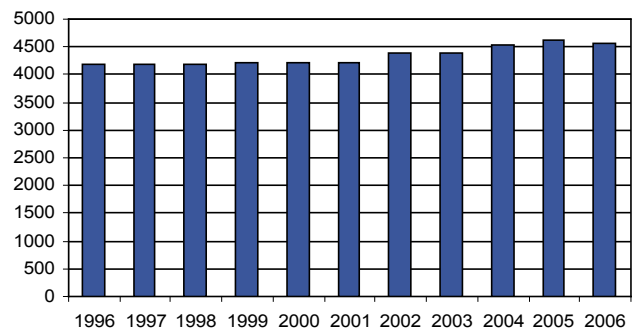
Röntgenhoitajia tulisi olla suosituksen mukaan lineaarikiihdyttimellä vähintään kaksi, kun potilaita käy hoidossa enintään 25 päivässä. Röntgenhoitajia tulisi olla neljä, kun potilaita hoidetaan päivässä yli 50 yhdellä kiihdyttimellä. Kuvasta 9 nähdään, että potilaiden määrä röntgenhoitajaa kohden on lähes sama jokaisessa sädehoitokeskuksessa. Kiihdytintä kohden röntgenhoitajia on 4–6. Joissakin sädehoitokeskuksissa heistä yksi työskentelee annossuunnittelussa.



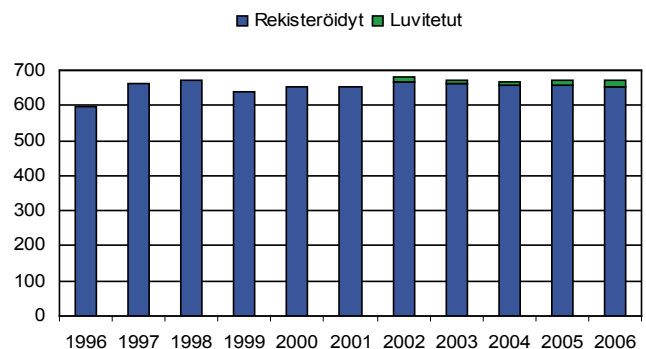
Kuva 9. Sädehoidon potilasmäärä henkilöstömääriä kohti vuonna 2005.

Hammasröntgenlaitteista suurin osa on käytössä hammaslääkärin vastaanotto toiminnan yhteydessä ja silloin laitteisiin voidaan soveltaa rekisteröintimenettelyä. Kun hammasröntgenlaitteilla tehdään monipuolisempia tutkimuksia tai esimerkiksi osallistutaan tieteellisiin tutkimuksiin, on laitteiden käyttöön saatava turvallisuuslupa. Tavanomaisia hammasröntgenlaitteita oli Suomessa vuoden 2006 lopussa 4 575 kappaletta (kuva 10) ja panoraamalaitteita 673 kappaletta (kuva 11).

Hammasröntgenkuvausta ei voi tehdä ennen hammaslääkärin tai lääkärin suorittamaa tapauskohtaista arviota kuvauksen tarpeellisuudesta (oi-keutusarviointia). Sen jälkeen hammasröntgenkuvauksiin ammatillisen koulutuksen saanut henkilö voi tehdä lääkärin ohjeiden mukaan hammasröntgenkuvauksia. Jos halutaan tehdä joukkotarkastuksia esimerkiksi tietylle ikäluokalle ja siihen sisältyy hammasröntgenkuvaus, toiminta on erikseen perusteltava ja esitettävä Sosiaali- ja terveysalan tutkimus- ja kehittämiskeskukseen (Stakes) arvioitavaksi.



Kuva 10. Tavanomaisten hammasröntgenlaitteiden määrä vuosina 1996–2006.



Kuva 11. Panoraamalaitteiden määrä vuosina 1996–2006.

Liitteen 1 taulukossa II on yksityiskohtaisempia tietoja turvallisuusluparekisterissä vuoden 2006 lopussa olleista terveydenhuollon säteilyn käytön ja eläinröntgentoiminnan säteilylaitteista ja -lähteistä sekä radionuklidilaboratorioista. Terveydenhuollon luvanvaraisten röntgengeneraattorien ja -putkien lukumäärät vuosina 1996–2006 on esitetty kuvassa 1 (kohta 1.1).

Potilasannokset ja tutkimusmäärät

Tietokonetomografiassa yksileikelaitteista monileikelaitteisiin siirtymisestä aiheutuvia potilasannosten muutoksia selviteltiin tutkimuksessa, jos-

ta tehtiin julkaisu (STUK-A220). Potilasannosten todettiin kasvaneen 30 %. Vertailutasojen päivittämistä valmisteltiin tutkimuksen pohjalta. Potilasannosten optimointia korostettiin koulutus-päivillä.

Radiologisten tutkimusten määrä vuonna 2005 selvitettiin kyselytutkimuksella ja tulokset julkaistiin raportissa STUK-B-STO 62. Tutkimusmääräkyselyyn saatiin vastaukset kaikilta röntgentoiminnan harjoittajilta. Röntgentutkimusten ja -toimenpiteiden määrä vuonna 2005 oli 3,9 miljoonaa (vuonna 2000 määrä oli 4,1 milj.). Natiiviröntgentutkimuksia tehtiin 7 % vähemmän kuin vuonna 2000, mutta tietokone-tomografiatutkimuksia 30 % enemmän. Tuloksia käytetään väestöannoksen määrittämiseen vuonna 2007.

Vertailutasot

Tarkastusten yhteydessä tehtyjen mittaus-ten perusteella todettiin, että aikuisten röntgentutkimuksille annetut vertailutasot ylittivät vuonna 2006 kuudessa tarkastuskohteessa. Isotooppitutkimusten vertailutasoja seurataan kolmen vuoden välein tehtävillä kyselyillä, joista seuraava tehdään vuoden 2006 tiedoista.

2.2 Säteilyn käyttö teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa

Turvallisuusluvut

Vuoden 2006 lopussa oli teollisuuden, tutkimuksen, opetuksen, kaupan ja huoltotoiminnan säteilyn käyttöä koskevia turvallisuuslupia 1 081 kappaletta. Lupien määrä lisääntyi 1990-luvun puolivälistä vuoteen 2003 noin 10 %:lla, mutta on sen jälkeen pysynyt lähes samana (kohta 1.1, kuva 5). Liitteen 1 taulukossa III on esitetty luvissa mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät.

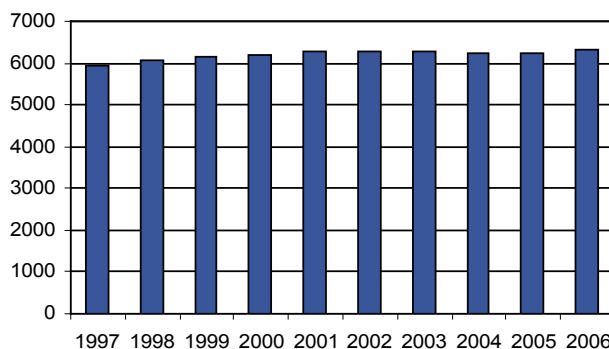
Vuonna 2006 STUK teki päätöksen, jolla vapautettiin turvallisuusluvasta radioaktiivista ainetta sisältävien paloilmalaitteiden asennus ja huolto. Päätöksen johdosta lakkautettiin 30 lupaa tai luvissa mainittua säteilytoimintoa.

Vuoden 2006 aikana myönnettiin 47 uutta turvallisuuslupaa ja käsiteltiin 205 luvan muutos-hakemusta. Muutoksista 82 koski vastaavan johtajan vaihtumista ja 123 muita muutoksia kuten uusien laitteiden käyttöönottoa. Lisäksi tehtiin 116 päätöstä, joilla lupa tai osa siitä lakkautettiin

toiminnan tai säteilylähteen käytön loppumisen johdosta.

Säteilylaitteet ja -lähteet sekä laboratoriot

Kuvassa 12 on esitetty radioaktiivista ainetta sisältävien laitteiden lukumäärä viimeisen kymmenen vuoden aikana. Laitteiden määrä ei ole merkittävästi muuttunut viime vuosina.



Kuva 12. Turvallisuuslupiin merkittyjen, radioaktiivista ainetta sisältävien laitteiden lukumäärä teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä vuosina 1997–2006.

Röntgenlaitteiden ja kiihdyttimien lukumäärät kymmenen vuoden ajalta on esitetty kuvassa 3 (kohta 1.1). Määrä on lisääntynyt tarkastelujaksolla 50 %. Käyttöön on otettu uusia läpivalaisulaitteita turvallisuus- ja tuotetarkastuksiin ja röntgenputkien käyttö on lisääntynyt myös analyysilaitteissa.

Liitteen 1 taulukossa IV on yksityiskohtaisempia tietoja turvallisuusluparekisterissä vuoden 2006 lopussa olleista teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytön säteilylaitteista ja -lähteistä sekä radionuklidilaboratorioista.

Liitteen 1 taulukossa V on tietoja umpilähteissä käytettävien radionuklidien lukumäärästä ja kokonaisaktiivisuuksista.

2.3 Turvallisuusluvan alaisen säteilytoiminnan tarkastukset

Terveystieteiden säteilyn käyttöä koskevia tarkastuksia tehtiin 271 kappaletta. Tarkastuksissa annettiin toiminnan harjoittajille 122 korjausmääräystä tai -suositusta. Lisäksi määrättiin käyttökieltoon viisi röntgenlaitetta, jolle ei ollut turvallisuuslupaa.

Teollisuuden, tutkimuksen, opetuksen ja kaupan säteilyn käyttöä koskevia tarkastuksia tehtiin 150 kappaletta. Tarkastuksissa annettiin 65

korjausmääräystä tai -suositusta. Puutteita ilmeni eniten varoitusvaloissa ja -merkinnöissä sekä muissa vastaavissa turvajärjestelmissä.

Tarkastusten lukumäärät tarkastuksen tyyppin perusteella eriteltyinä on esitetty liitteen 1 taulukossa VI. Tarkastusten lukumäärät terveydenhuollossa toiminnan tyyppin mukaan eriteltyinä on esitetty liitteen 1 taulukossa VII.

2.4 Ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastukset

Hammasröntgentoimintaa harjoitti 1 877 toiminnan harjoittajaa. Hammasröntgenkuvauksista aiheutuvaa potilasaltistusta mitattiin 1 281 laitteelta. Keskimääräinen annos oli 2,3 mGy. Annos vastaa posken pinnalle tulevaa annosta hammasta kuvattaessa. Vertailutaso 5 mGy ylittyi 34 kuvauslaitteella.

Ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastuksia tehtiin 31 kappaletta. Tarkastuksissa annettiin seitsemän korjausmääräystä tai -suositusta kuudelle toiminnan harjoittajalle ja yksi laitteen käyttökielto rekisteröimättömälle laitteelle.

Hammasröntgentoiminnan tarkastukset tarkastuksen tyyppin perusteella eriteltyinä on myös esitetty liitteen 1 taulukossa VI.

2.5 Radioaktiivisten aineiden tuonti, valmistus ja vienti

Tiedot vuonna 2006 maahan tuoduista, maassa valmistetuista ja maasta viedyistä radionuklideista on esitetty liitteen 1 taulukoissa VIII–X. Taulukoiden luvut perustuvat tuontia, vientiä tai valmistusta harjoittavilta turvallisuusluvan haltijoilta kerättyihin tietoihin. Tuonti- ja vientitilastoissa eivät ole mukana toiminnan harjoittajien EU:n sisältä omaan käyttöön tuodut ja EU:n sisälle omasta käytöstä viedyt radioaktiiviset aineet. Tilastot eivät myöskään sisällä radioaktiivisia aineita, joita on toimitettu Suomen kautta muihin maihin.

Liitteen 1 taulukossa VIII eivät ole mukana amerikumia (^{241}Am) sisältävät palovaroitimet ja paloilmoinjärjestelmien ioni-ilmaisimet. Niitä tuotiin maahan yhteensä 179 734 kappaletta ja niiden yhteenlaskettu aktiivisuus oli noin 7,5 GBq.

2.6 Työntekijöiden säteilyannokset

Annostarkkailussa oli vuonna 2006 yhteensä 12 039 säteilytyötä tekevää työntekijää. Annoskirjauksia, kirjauskynnyksen alle jääneet annokset mukaan lukien, tehtiin STUKin ylläpitämään rekisteriin noin 140 000 kappaletta.

Kenenkään työntekijän efektiivinen annos ei ylittänyt vuosiannosrajaa 50 mSv eikä viiden vuoden annosrajasta (100 mSv) laskettua vuosikeskiarvoa 20 mSv. Kenenkään työntekijän käsien annos ei ylittänyt vuosiannosrajaa 500 mSv.

Säteilyn käytössä kirjattu kokonaisannos oli 1,97 Sv ja ydinenergian käytössä 4,11 Sv. Kirjatut kokonaisannokset olivat säteilyn käytössä 0,2 % ja ydinenergian käytössä 20 % suurempia kuin edellisenä vuonna. Ydinenergian käytössä kokonaisannokset vaihtelevat vuosittain huomattavasti riippuen vuosihuoltojen pituudesta ja tehtävistä huoltotoista.

Suurin syväannos 32,8 mSv kirjattiin kirurgille. Tämä vastaa noin 0,5–3,3 mSv:n efektiivistä annosta. Suurin efektiivinen annos teollisuudessa oli useita eri säteilylähteitä käyttäneen henkilön annos 8,4 mSv ja tutkimuksessa puolestaan avo- lähteitä käyttäneen henkilön annos 17,7 mSv.

Suurin kirjattu sormiannos 260,5 mSv kirjattiin avolähteitä käyttäneelle laboratoriohoitajalle.

Sisäisen säteilyn aiheuttamasta altistuksesta aiheutuvia efektiivisiä annoksia kirjattiin seitsemälle ydinvoimalaitostyöntekijälle sekä kolmelle teollisuuden ja kahdelle tutkimuksen alalla työskentelevälle. Näiden työntekijöiden sisäisestä altistuksesta aiheutuva yhteenlaskettu annos oli 1,3 mSv. Sisäisestä säteilystä aiheutuva annos on laskettu mukaan kokonaisannokseen.

Annostarkkailussa olleiden työntekijöiden lukumäärät toimialoittain viiden viimeisen vuoden ajalta esitetään liitteen 1 taulukossa XI. Työntekijöiden yhteenlasketut annokset toimialoittain esitetään kuvassa 4 (kohta 1.1) ja taulukossa XII. Taulukossa XIII on esitetty säteilylle paljon altistuvien tai lukumääräisesti isojen työntekijäryhmien annostietoja vuodelta 2006. Kuvissa ja taulukoissa esitetyt mittaustulokset (syväannokset) ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena on röntgensäteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääkin-

nässä, jossa työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja jossa annos mitataan säteilysuojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin arvio efektiivisestä annoksesta saadaan jakamalla mittaustulos (syväannos) tekijällä 10–60.

2.7 Hyväksyntäpäätökset ja pätevyksien toteaminen

Vastaavien johtajien säteilysuojelukoulutusta antavat koulutusorganisaatiot

STUK on vahvistanut säteilyn käytön turvallisuudesta vastaavan johtajan pätevyysvaatimukset ohjeessa ST 1.8. Vastaavan johtajan koulutusta ja pätevyyskoulusteluja järjestävät koulutusorganisaatiot hakevat STUKilta oikeutta järjestää vastaavan johtajan kouluteluja. Vuonna 2006 tarkastettiin viisi hakemusta ja annettiin niistä päätös koulutusorganisaatiolle. Hyväksynnän saaneet koulutusorganisaatiot on esitetty STUKin verkkosivuilla.

Terveystarkkailusta vastaavat lääkärit

STUK toteaa säteilytyöluokkaan A kuuluvien työntekijöiden terveystarkkailusta vastaavien lääkäreiden pätevyyden. Vuoden 2006 lopussa Suomessa oli kaikkiaan 226 terveystarkkailusta vastaavaa lääkäriä, joista 18 sai hyväksyntäpäätöksen vuoden 2006 aikana.

2.8 Radioaktiiviset jätteet

STUKin ylläpitämään radioaktiivisten jätteiden kansalliseen pienjätevarastoon on vuoden 2006 loppuun mennessä kuljetettu 195 jätepakkausta. Merkittävimpien varastossa olevien jätteiden aktiivisuus tai massa on esitetty liitteen 1 taulukossa XIV.

Ennen jätteiden kuljettamista pienjätevarastoon ne toimitetaan välivarastoon, joka sijaitsee STUKin Helsingin toimitilojen yhteydessä. Vuonna 2006 STUKin välivarastoon otettiin vastaan 44 pienjätelähetystä, joissa oli yhteensä 127 kolia. Liitteen 1 taulukossa XV on esitetty STUKiin vuonna 2006 toimitettujen jätteiden aktiivisuus tai massa.

2.9 Poikkeavat tapahtumat

Säteilyasetuksen (1512/1991) 17 §:n mukaan STUKille on ilmoitettava säteilyn käyttöön liittyvästä poikkeavasta tapahtumasta, jonka seurauk-

sena turvallisuus säteilyn käyttöpaikalla tai sen ympäristössä merkittävästi vaarantuu. Samoin on ilmoitettava säteilylähteen katoamisesta tai anastuksesta tai lähteen joutumisesta muulla tavalla pois turvallisuusluvan haltijan hallusta. Ilmoitus on tehtävä myös muista poikkeavista havainnoista ja tiedoista, joilla on olennaista merkitystä työntekijöiden, muiden henkilöiden tai ympäristön säteilyturvallisuuden kannalta.

Vuonna 2006 sattui 13 tapausta, joihin liittyi tai epäiltiin liittyvän normaalista poikkeava tapahtuma tai tilanne ionisoivan säteilyn käytössä. Tapauksista 10 koski säteilyn käyttöä teollisuudessa, tutkimuksessa tai kuljetuksissa ja kolme säteilyn käyttöä terveydenhuollossa. Poikkeavien tapahtumien lukumäärät vuosina 1997–2006 on esitetty kuvassa 6 (kohta 1.1).

Jäljempänä olevissa tapausselostuksissa on esitetty vuonna 2006 sattuneet poikkeavat tapahtumat ja niiden syyt sekä toimenpiteet, joihin kunkin tapahtuman johdosta on ryhdytty.

Tapahtuma 1

Teollisuuslaitoksen huoltoseisokin aikana asentajat joutuivat siilossa työskennellessään säteilylähteiden säteilykeilaan. Ohjeiden mukaan säteilylähteiden sulkimet olisi pitänyt sulkea ennen siiloon menoa, mutta inhimillisen erehdyksen vuoksi niin ei tehty. Siilossa oli kolme ⁶⁰Co-säteilylähdettä, joiden aktiivisuudet olivat noin 80 MBq. Asentajille aiheutuneet säteilyannokset jäivät pienemmiksi kuin 0,03 mSv. Tapahtuman johdosta säiliötyökentelyä koskevia ohjeita täydennettiin niin, että säiliötyöluvan antaja varmistaa itse säteilylähteiden sulkemisen ennen työskentelyn aloitusta.

Tapahtuma 2

Lyijyromua tilannut asiakas havaitsi lähetyksen joukossa säteilyvaaramerkillä varustetun lyijysuojuksen ja soitti havainnosta STUKiin. Löytöpaikalla tehdyssä tarkastuksessa ja säteilymittauksissa ilmeni, että säiliö ja sen sisällä ollut lasipullo eivät sisältäneet radioaktiivista ainetta. Lasipullossa oli ollut tutkimustarkoituksiin käytettyä fosfori-isotooppia (³²P). Suojukseen ja pulloon jääneet säteilyn varoitusmerkinnät olivat jääneet poistamatta, kun pakkausta hävitettiin. Pakkaus oli useita vuosia vanha, ja radioaktiivinen aine olisi lyhyen puoliintumisaikansa (14,3 d) vuoksi löytöhetkellä jo hävinnyt muutoinkin.

Tapahtuma 3

Lentoasemalta saatiin ilmoitus radioaktiivista ainetta sisältävän kuljetuspakkauksen vaurioitumisesta rahdin käsittelyn aikana. Pakkaus sisälsi nestemäisessä muodossa 185 MBq jodi- isotoppia (^{123}I), joka oli menossa sairaalan käyttöön. Lentoasemalla tehdyssä tarkastuskäynnissä todettiin, että pakkauksen pahvinen kuljetuslaatikko ja sen sisällä ollut styroksoi olivat vaurioituneet, mutta varsinainen radioaktiivista ainetta sisältävä säiliö oli ehjä eikä sen todettu vuotavan. Vaurioitunut pakkaus sijoitettiin rahtitilassa työntötilojen ulkopuolelle ja erilleen muista tavaroista. Lähetysten maahantuoja haki pakkauksen myöhemmin omaan varastoonsa. Tapaus ei aiheuttanut ylimääräistä säteilyaltistusta työntekijöille tai väestölle.

Tapahtuma 4

Brasilian säteilyturvallisuusviranomaiselta (CNEN) saatiin ilmoitus, että Suomesta lähetetyt säteilylähteet eivät olleet saapuneet perille. Lähetys sisälsi kaksi ^{85}Kr -lähdettä, joiden aktiivisuus on yhteensä 29,6 GBq. Säteilylähteet ovat teollisuudessa paperin paksuuden mittalaitteissa käytettäviä beeta-säteilylähteitä. Asianmukaisessa kuljetuspakkauksessa lähteet eivät aiheuta vaaraa ympäristölle. Paketti oli matkalla Saksan kautta Brasiliaan. Viimeisimmän tiedon mukaan lähteet ovat tämän vuoden puolella löytyneet Brasiliasta. Ne oli toimitettu väärälle vastaanottajalle.

Tapahtuma 5

Amerikiumia (^{241}Am) sisältävä säteilylähte joutui sulatukseen terässulatossa. Lähde tuli sulattoon ulkomailta tuodun kierrätysmetallin mukana. Sulatolla on käytössä ajanmukaiset kierrätysmetallin säteilymittausjärjestelmät mahdollisten säteilylähteiden varalta. Lähdetä ei kuitenkaan havaittu, koska ^{241}Am :n lähettämä pienienerginen gammasäteily (59 keV) vaimenee helposti, kun lähde on peittyneenä muun metallin alle. Amerikium höyrystyy noin 2 600 °C:n lämpötilassa. Koska lämpötila metallin sulatuksessa oli huomattavasti alhaisempi (noin 1 600 °C), amerikium pysyi sulan mukana eikä päässyt leviämään esimerkiksi työntötilojen hengitysilmaan, lukuun ottamatta hyvin vähäisiä määriä pölyn ja roiskeiden mukana. Sulassa amerikium sitoutuu kuonaan.

Yksi tapahtumahetkellä työvuorossa olleista työntekijöistä kävi STUKissa kokokehmittauksessa ja kahdelle työntekijöistä järjestettiin virtsankeräys radionuklidianalyysia varten. Näissä mittauksissa ei löydetty amerikiumia. Muiden tehtyjen mittausten (pinnoille laskeutunut pöly ja hengityssuojaimet) perusteella arvioitiin, että työntekijöiden altistukset ovat voineet olla suuruusluokaltaan korkeintaan joitakin kymmeniä mikrosieverttejä. Merkittävin tapahtuman seuraamus on kuonaerä, johon amerikium on sitoutunut. Kuonan aktiivisuuspitoisuus on noin 200 Bq/g ja sitä on yhteensä noin 120 tonnia. Kuona on toistaiseksi varastoitu tehdasalueelle ja toiminnanharjoittaja selvittää parhaillaan eri loppusijoitusmahdollisuuksia. Kyseisen sulatuserän teräksestä ei havaittu amerikiumia.

Tapahtuma 6

Neljä teollisuustyöntekijää altistui teollisuuslaitoksessa kulkiessaan röntgensäteilylle, kun heidän kulkureittinsä yläpuolisessa kerroksessa tehtiin röntgenkuvauksia. Kuvaajat käyttivät lyijymattoja vaimentamaan röntgensäteilyä, mutta suojaus ja kulkurajoitukset eivät olleet täysin riittävät. Altistuneiden työntekijöiden annokset olivat 0,8–2,6 mSv. Kaikkien röntgentarkastuksia tekevien urakoitsijoiden työnjohtajia muistutettiin heidän velvollisuudestaan huolehtia toimintansa säteilyturvallisuudesta.

Tapahtuma 7

Valtakunnalliseen säteilyvalvontaverkkoon kuuluva säteilymittari aiheutti hälytyksen (annosnopeus 99 $\mu\text{Sv/h}$), kun siihen osui kaukolämpöputken hitsausauman röntgenkuvauksessa maavallista sironnut säteily. Kuvaajilla ei ollut tietoa säteilymittarista, koska se oli asennettu virastotalon varaston katolle. Yleensä mittarit ovat palolaitoksen yhteydessä. Kukaan ei altistunut säteilylle, sillä ennen kuvauksia oli varmistettu, ettei virastossa ollut ketään.

Tapahtuma 8

Voimalaitoksen hiilisiilon sisäpinnoitustöitä varten oli siiloon rakennettu telineet, joilla työmiehet ehtivät työskennellä useita päiviä, ennenkuin STUKin tarkastaja tarkastuksensa yhteydessä havaitsi, että siilon alimmaisen pinnankorkeus-

mittarin säteilylähde (^{137}Cs , 3 700 MBq) oli jätetty sulkematta. Työt keskeytettiin siksi aikaa, kunnes lähde oli suljettu. Eniten altistuneen työntekijän annos oli korkeintaan 0,9 mSv. STUKin tarkastaja antoi tarkastuspöytäkirjassa määräykset ja ohjeet turvallista työskentelyä varten. Toiminnan harjoittaja on muistiossaan ilmoittanut STUKille toimenpiteistään säteilyturvallisuuden parantamiseksi.

Tapahtuma 9

Radionuklidilaboratoriossa pääsi sisäilmaan ^{18}F -isotooppia. Tapahtuma johtui siitä, että vetokaappien ilmanvaihtolaitteistoon oli tehty huoltotöiden aikana muutos, josta käyttäjät eivät olleet tietoisia. Vetokaappien ilmanvaihto oli erehdyksessä kytkettynä pois päältä ja tämän vuoksi isotoopin käsittelyn päästöt eivät ohjautuneet vetokaappien ilmanvaihtoon, vaan pääsivät kulkeutumaan työtiloihin normaali-ilmanvaihdon mukana. Suurimmaksi mahdolliseksi työntekijän annokseksi arvioitiin laskennallisesti 0,33 mSv. Kokokehomittauksen perusteella arvioitu työntekijän annos jäi tästä kuitenkin noin kymmenesosaan. Vastaavan tapahtuman ennaltaehkäisemiseksi toiminnan harjoittaja tarkensi työohjeitaan.

Tapahtuma 10

STUKin laboratorioauto havaitsi valtatie 4:llä hetkellisen ulkoisen säteilyn annosnopeuden nousun spektrometreissään. Spektrien analysointi osoitti, että säteilevä aine oli bromi (^{82}Br). Gammaspektristä oli pääteltävissä, että säteilylähde oli lähes suojaamaton. Annosnopeudeksi yhden metrin päähän säteilylähteestä arvioitiin 50–200 $\mu\text{Sv/h}$. Tulos osoitti, että radioaktiivisen aineen kuljetus ei tapahtunut kuljetusmääräysten mukaisesti. Selvitys osoitti, että merkkiainekokeita tekevä yrityksen auto oli ohittanut STUKin liikkuvan laboratorioauton juuri havaintopaikalla. Yritys oli tehnyt virtausmittauksia asiakkaalleen käyttäen ^{82}Br :ta. Säteily oli peräisin merkkiaineen syöttöön käytetyn laitteiston kontaminoitumisesta. STUK teki tarkastuksen yritykseen ja kehotti huolehtimaan siitä, että mittausten päätyttyä laitteet puhdistetaan radioaktiivisesta aineesta ja laitteiden

kuljetuksesta muutenkin huolehditaan kuljetusmääräysten mukaisesti.

Tapahtuma 11

Potilas sai erehdyksessä toiselle potilaalle tarkoitettua radiolääkeinjektioita isotooppilaboratoriossa. Potilaan piti saada 600 MBq $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosmiinia sydänperfuusiotutkimusta varten, mutta hän sai kuitenkin 600 MBq $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDP-radiolääkettä, joka oli tarkoitettu luustotutkimusta varten. Potilaalle aiheutunut ylimääräinen annos oli noin 4,8 mSv. Potilasta kehoitettiin juomaan vuorokauden ajan normaalia runsaammin. Suunniteltu sydänperfuusiotutkimus siirrettiin toiseen päivään. Sisäisellä tiedotuksella korostettiin huolellisuutta.

Tapahtuma 12

Sädehoidossa annossuunnittelujärjestelmän päivityksessä oli jäänyt ottamatta käyttöön kudosepähomogeenisuuskorjaus. Virhe havaittiin kuukauden jälkeen päivityksestä ja hoidossa olevien potilaiden annokset kompensoitiin tavoitteiden mukaisiksi. Jos virhettä ei olisi havaittu, pahimmillaan yksi potilas olisi saanut keuhkojen alueelle 16 %:n yliannoksen. Koska virhe havaittiin ja annokset voitiin kompensoida, yhdenkään potilaan saama sädehoitoannos ei ylittänyt suunniteltua annosta. Tapahtuma käytiin läpi henkilökunnan kanssa heti havaitsemisen jälkeen ja myöhemmin uudelleen henkilökunnan koulutustilaisuudessa.

Tapahtuma 13

Sädehoitokiihdyttimellä ns. puolikenttähoidossa yhden hoitokentän kollimaattorin rotaatio poikkesi laitteen ilmoittamasta 8–9 astetta. Tapahtuman aiheutti todennäköisesti kollimaattoria pyörittävän ketjun hyppääminen pois paikaltaan ja sen seurauksena yhden potentiometrin vaurioituminen. Tästä aiheutui väärä kollimaattorikulman näyttö, hoitokenttien osittainen päällekkäisyys ja pienellä alueella 2 %:n lisäannos suunniteltuun 50 Gy:n tavoiteannokseen nähden. Potilaalle tapahtumasta ei aiheutunut terveydellistä haittaa. Tapahtumasta informoitiin laitevalmistajaa vastaavien tapahtumien estämiseksi.

3 Luonnonsäteilylle altistavan toiminnan valvonta

3.1 Radon työpaikoilla

Vuoden 2006 aikana STUK sai ilmoituksen yhteensä 278:sta radonmittauksen tuloksesta, jotka koskivat joko työpisteessä mitattua radonpitoisuuden toimenpidearvon 400 Bq/m³ ylitystä tai olivat aiemmin todettuihin ylityksiin liittyviä lisäselvityksiä. Radonmittausten tulosten perusteella yrityksiin lähetettiin yhteensä 122 pöytäkirjaa. Pöytäkirjoissa vaadittiin tehtäväksi radonkorjaus tai työnaikaisen radonpitoisuuden selvitys 55 työpisteessä ja mitaus toisena vuodenaikana vuosikeskiarvon määrittämiseksi 24 työpisteessä. Onnistuneita radonkorjauksia tehtiin vuoden aikana 22 työpisteessä. Lisäselvitysten (työnaikainen mitaus tai vuosikeskiarvon määrittäminen) perusteella STUK lopetti valvonnan 26 työpisteessä. STUKin valvonnassa oli vuoden aikana 126 työpaikkaa ja näissä yhteensä 266 työpistettä.

Säännönmukainen radontarkastus tehtiin kuudessa maanalaisessa kaivoksessa, joissa yhdessä keskimääräinen radonpitoisuus ylitti lievästi toimenpidearvon kesällä tehdyssä mittauksessa. Kaivoksessa päätettiin tehdä uusintamittaukset toisena vuodenaikana radonpitoisuuden vuosikeskiarvon selvittämiseksi. Maanalaisia louhintatyömaita tarkastettiin 12 kappaletta, joista kolmessa radonpitoisuus oli toimenpidearvoa suurempi. Näille työmaille annettiin korjausmääräykset radonpitoisuuden pienentämiseksi.

Työntekijöiden radonaltistusta seurattiin säännöllisten radonmittausten ja työaikaseurannan avulla yhdellä tavanomaisella työpaikalla ja yhdellä louhintatyömaalla, joissa radonpitoisuus ylitti toimenpidearvon. Radonaltistuksen seurannassa oli vuoden 2006 aikana yhteensä 23 työntekijää.

Työntekijöiden säteilyaltistuksen määrittämiseen käytettävällä radonpitoisuuden mittalaitteella tai mittausten menetelmällä on oltava STUKin hyväksyntä. Liitteen 1 taulukossa XVI on luetteloitu organisaatiot, joiden laitteet on hyväksytty. Hyväksynnän edellytyksenä on, että laite on asianmukaisesti kalibroitu.

3.2 Muu maaperästä tuleva luonnonsäteily

STUK valvoo talousveden, rakennusmateriaalien ja muiden materiaalien sisältämistä luonnon radioaktiivisista aineista aiheutuvaa altistusta. Vuoden 2006 aikana laadittiin tarkastuspöytäkirjat kuudesta rakennusmateriaalin ja yhdestä talousveden aktiivisuusmittauksesta. Lisäksi annettiin lausunto porakaivoveden käytöstä talousvetenä. STUKiin toimitettujen radioaktiivisuusmittausten perusteella annettiin määräys radioaktiivisten aineiden poistamiseksi kyseisestä vedestä.

3.3 Avaruussäteily

Kuuden suomalaisen lentoyhtiön työntekijät altistuvat avaruussäteilylle siinä määrin, että työntekijöille on järjestettävä säteilyaltistuksen seuranta. Näiden 3 484 työntekijän annokset tallennettiin annosrekisteriin.

Suurin avaruussäteilystä aiheutunut henkilökohtainen annos oli lentäjillä 4,0 mSv ja matkustamohenkilöstöön kuuluvilla 5,3 mSv. Lentäjien annosten keskiarvo oli 1,6 mSv ja matkustamohenkilöstön 1,8 mSv. Henkilökohtaisessa säteilyaltistuksen seurannassa olleiden työntekijöiden lukumäärät ja työntekijöiden yhteenlasketut efektiiviset annokset esitetään liitteen 1 taulukossa XVII.

4 Ionisoimattoman säteilyn käytön valvonta

4.1 Yleistä

Ionisoimattomalla säteilyllä tarkoitetaan ultra-violettisäteilyä, näkyvää valoa, infrapunasäteilyä, radiotaajuista säteilyä sekä pientaajuisia ja staattisia sähkö- ja magneettikenttiä. STUK valvoo ionisoimatonta säteilyä aiheuttavia toimintoja, joskaan valvonta ei ole suoraan rinnastettavissa ionisoivan säteilyn käytön valvontaan.

Keskeisin valvontakohte vuodesta 1995 lähtien ovat olleet solariumlaitteet ja niiden käyttöpaikat. Toinen tärkeä kohde ovat matkapuhelimet, joiden markkinavalvonta aloitettiin vuonna 2003. Yleisoesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteiden käyttö väheni huomattavasti 1990-luvun alkupuolella lamavuosien myötä. Aivan viime vuosina kiinnostus ”showlasereihin” on kuitenkin lisääntynyt kehittyneen laserteknologian (puoli-johdelaserien käyttö) myötä.

Muutama yleisradioasema ja tutka-asema on tarkastettu vuosittain.

NIR-laboratorion suoritteet ionisoimattoman säteilyn käytön valvonnassa vuosina 2000–2006 on esitetty liitteen 1 taulukossa XVIII. Viranomaistarkastuksista suurin osa on solariumien käyttöpaikkatarkastuksia ja matkapuhelimien markkinavalvontaa.

4.2 Optinen säteily

Solariumlaitteiden valvonta

Yhteistyö kunnallisten terveystarkastajien kanssa aloitettiin vuonna 1998 laajalla solariumkäyttöpaikkojen selvityksellä ja terveystarkastajien kouluttamisella solariumtarkastuksiin. Vuonna 2006 yhteistyö terveystarkastajien kanssa oli lähinnä tarkastuksiin liittyvää neuvontaa, kuten esimerkiksi käytössä olleiden UV-lamppujen säteilyominaisuuksien ja laitteiden vaatimustenmukaisuuden selvittämistä.

Solariumien käyttöpaikkatarkastukset aloitettiin vuonna 1995. STUKin tekemien tarkastusten lukumäärät vuodesta 2000 alkaen on esitetty liitteen 1 taulukossa XIX. Vuonna 2006 käyttöpaikkoja tarkastettiin kaikkiaan 25 kappaletta, joista arkkumallisia solariumlaitteita löytyi yhteensä 39 kappaletta. Kiinteästi kattoon asennettuja solariumlaitteita (12 kpl) oli vain yhdessä tarkastetuista kohteista. Solariumin käyttäjän turvallisuuteen vaikuttavia puutteita löytyi lähes kaikilta käyttöpaikoilta. Arkkumallisista solariumlaitteista noin kolmannes ei kuulunut Suomessa hyväksyttävään laiteluokkaan (UV-tyyppi 3), mikä on hie-

man enemmän kuin viime vuonna. Noin puolella laitteista oli vaatimusten mukaiset säteilyturvallisuuksiohjeet, mutta näillä laitteilla oli lisäksi vaatimusten vastaista informaatiota muun muassa solariumin terveysvaikutuksista tai puutteita tekniseen käyttöön liittyvissä ohjeissa. Esimerkiksi sosiaali- ja terveysministeriön (STM) ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamisesta antaman asetuksen (294/2002) mukainen solariumin vuosittaista käyttöä rajoittava määräys (5 kJ/m², vastaa noin 20 käyttökertaa) ja 18-vuoden ikärajasuositus oli mainittu vain noin puolessa käyttöohjeista. Puolella tarkastetuista solariumlaitteista ei myöskään ollut vaatimusten mukaista ajastinta, jolla asiakas voisi valita suositellut säteilytysajat ja joka katkaisisi säteilyn asetetun ajan kuluttua. Näillä laitteilla suositeltiin myös liian pitkiä solariumkuurin aloitusaikoja. Kattosolariumlamppujen käyttö lopetettiin kokonaan, koska turvallisuusvaatimukset eivät täyttyneet, muun muassa lapset saivat käyttää vapaasti laitteita. Yhdessä käyttöpaikassa solariumlaitteita käytettiin lääketieteellisten valohoitojen antamiseen lääninhallituksen luvalla.

Muu valvonta

Erään tukkuliikkeen internet-sivustoilta havaittiin, että liike myi liian voimakkaita solarium-

lamppuja. Yhteydenoton jälkeen lampun markkinointi rusketukseen lopetettiin ja lampputyypin poistettiin tuoteluettelosta.

Huhtikuussa järjestettiin kaksi laseresitystä, joista ei ollut ilmoitettu STUKille. Kun asiasta tiedusteltiin, järjestäjät ilmoittivat luopuvansa laserlaitteiden käytöstä. Joulukuussa kotimainen järjestäjä oli käyttänyt ulkomailta saatuja lasereita esityksessä, jota ei ollut ilmoitettu STUKille ja jossa yleisöön kohdistettiin STUKin ohjeiden vastaisesti lasersäteitä. Tapauksen selvittely on kesken.

Eräässä yökerhossa oli kiinteä valotehosteasennus, jossa pienitehoisten laserlaitteiden säteitä oli suunnattu ihmisiä kohti. STUKin puututtua asiaan yökerho ilmoitti luopuvansa laserlaitteiden käytöstä.

Markkinoilta määrättiin vedettäväksi pois laserprojektorit ja tästä silmälle mahdollista vaaraa aiheuttavasta kuluttajatuotteesta tehtiin myös notifikaatio eli RAPEX-ilmoitus EU-komissiolle. Tanskalainen maahantuojana oli markkinoinut laitetta Suomessa luokan 1 laserina leluikäyttöön. Työterveyslaitoksen ja STUKin mittauksissa todettiin kuitenkin, että laite kuuluu luokkaan 3R, jota ei saa käyttää leluun.

Leipomoon asennettujen UV-lamppujen työsuojeluriskit kartoitettiin käyttöpaikalla tehdyillä mittauksilla.

Ilmanpuhdistimen UV-säteily mitattiin ja hajasäteilyä aiheutuva altistuminen arvioitiin.

4.3 Sähkömagneettiset kentät

Matkapuhelimien markkinavalvonta

Markkinavalvonta käynnistettiin vuonna 2003. Säteilytestauksia on tähän mennessä tehty yhteensä 60 matkapuhelimelle (liitteen 1 taulukko XX). Vuonna 2006 yleisesti käytössä olevia GSM-tyyppisiä matkapuhelimia testattiin 15 kappaletta. Yksikään puhelimista ei ylittänyt STM:n asetuksessa (294/2002) esitettyä enimmäisarvoa 2 W/kg. Suurin mitattu arvo oli 1,3 W/kg.

Muu valvonta

Kaavoitusviranomaisille annettiin kolme STUKin kantoja täsmentävää lausuntoa maankäytöstä

voimajohtojen läheisyydessä. Ingarskilan kylään 400 kV:n ja 110 kV:n voimajohtojen alapuolelle suunnitellusta golfkentästä annettiin Inkoon kunnanhallitukselle puoltava lausunto, mutta suositeltiin, että asumiskäyttöön tarkoitettuja rakennuksia ei sijoitettaisi johtoalueelle eikä aivan johtoalueen reunalle. Espoon kaupunkisuunnittelukeskukselle annetussa lausunnossa ei nähty tarvetta merkittäviin muutoksiin kaavaehdotukseen, jossa esitetään golfkentän perustamista entiselle Mankkaan kaatopaikalle 110 kV:n johdon viereen. Toisessa Espoon kaupungille annetussa lausunnossa STUK suosittelee, että autopaikitusalueita ei sijoitettaisi niin, että autot ovat 400 kV:n voimajohtojen alapuolella.

STM:n työsuojeluosasto kysyi STUKin kantaa siihen, miten valmisteilla olevassa valtioneuvoston päätöksessä ”työntekijöiden suojelemiseksi sähkömagneettisista kentistä aiheutuvalta vaaroilta” huomioidaan magneettikuvauslaitteiden läheisyydessä työskentelevien henkilöiden työturvallisuus. STUK totesi lausunnossaan, että asetuksessa esitettyjä altistumisrajoja ei tulisi soveltaa hoitotyöntekijöihin sillä edellytyksellä, että altistumisen aiheuttamat riskit muuten ehkäistään ja altistumista rajoitetaan ALARA-periaatteen mukaisesti. Teknisessä tuotekehitys- ja tuotantoympäristössä tarvittavat kokeet vapaaehtoisilla koehenkilöillä tulisi suorittaa samoin perustein kuin terveillä koehenkilöillä tehtävät lääketieteelliset kokeet, joihin tarvitaan asianmukainen eettisen toimikunnan lausunto.

Tutka- ja radiolaitteiden aiheuttamaa säteilyaltistusta arvioitiin tutka-aseman lähellä aloitettaville rakennustöille ja kahdella yleisradioasemalla. Myös tukiasemalähettämiä tarkastettiin.

4.4 Poikkeavat tapahtumat

Poikkeavasta tapahtumasta ilmoittaminen, mitä säteilyasetuksen 17 § edellyttää (ks. kohta 2.9), koskee myös tapahtumia ionisoimattoman säteilyn käytössä. Vuonna 2006 tietoon ei tullut poikkeavia tapahtumia ionisoimattoman säteilyn käytössä.

5 Säännöstötyö

5.1 ST-ohjeet

Säteilylainsäädännön mukaisen turvallisuustason toteuttamista varten STUK julkaisee säteilyn käyttäjille ja luonnonsäteilylle altistavan toiminnan harjoittajille tarkoitettuja ST-ohjeita.

Vuonna 2006 julkaistiin seuraavat ohjeet:

- ST 1.3 Säteilylähteiden varoitusmerkinnät
- ST 3.3 Röntgentutkimukset terveydenhuollossa.

Ohjeet käännetään myös ruotsiksi ja englanniksi.

5.2 Muu säännöstötyö

Säteilylain 17 §:n perusteella STUK vapautti päätöksellään 19/300/06 turvallisuusluvasta sellaisten paloilmalaisimien huollon ja asennuksen, jotka si-

sältävät radioaktiivista isotooppia ^{241}Am enintään 40 kBq.

STUK vahvisti terveydenhuollon röntgenkuvaus- ja läpivalaisulaitteille sekä tietokonetomografialaitteille käytönaikaiset hyväksyttävyyssvaatimukset päätöksellään 12/310/06. Hyväksyttävyyssvaatimukset vahvistettiin säteilyn lääketieteellisestä käytöstä annetun STM:n asetuksen (423/2000) 30 §:n perusteella, ja ne liittyvät STUKin vahvistamaan ohjeeseen ST 3.3.

STM:ää avustettiin SM-kenttiä koskevan työsuojeludirektiivin ja valmisteilla olevan optista säteilyä koskevan direktiivin kansallisessa toimeenpanossa.

6 Tutkimus

STUKin tutkimustoiminnan tavoitteena on tuottaa tietoa, joka kehittää asiantuntemusta ja tukee viranomaistoimintaa ja onnettomuusvalmiuden ylläpitoa.

6.1 Ionisoiva säteily

Ionisoivaan säteilyyn liittyvä tutkimus- ja kehitystyö tehtiin seuraavassa esitetyissä projekteissa.

Tietokonetomografialaitteiden käytön optimoinnin parantaminen

Tietokonetomografiatutkimusten (TT-tutkimusten) määrä on jatkuvasti kasvanut ja laitetekniikan kehittyessä tutkimuksille on löydetty yhä uusia käyttökohteita. Vaikka TT-tutkimusten osuus on vain noin 7 % kaikista röntgentutkimuksista, niistä aiheutuu noin 40 % potilaiden kaikista röntgentutkimuksista yhteensä saamasta säteilyannoksesta. EU:n antamat laatukriteerit ja vertailutasot ovat osittain vanhentuneet, ja uusien monileikelaitteiden käytössä optimointi kuvanlaadun ja annoksen suhteen on usein painottunut liaksi hyvän kuvanlaadun tavoitteluun. STUKin tutkimusprojektissa on selvitetty optimoinnin toteutumista, potilasannoksia ja laadunvalvontaa TT-tutkimuksissa, tavoitteena potilasannosten vertailutasojen ja laadunvalvontaohjeiston päivittäminen. Tulokset on julkaistu raporttina STUK-A220. Tuloksista laaditaan myös kansainvälinen lehtijulkaisu vuonna 2007.

Mittaustulosten mukaan TT-tutkimusten keskimääräiset annokset (TT-annoksen tilavuuskeskiarvot) ovat monileikelaitteilla yleensä suuremmat kuin 1-leikelaitteilla. Eri sairaaloiden välillä annoksissa todettiin eroja, jotka osoittavat tarvetta optimoinnin parantamiseen. Annokset olivat osittain suurempia, osittain selvästi pienempiä kuin käytössä olevat potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot. Vertailutasoja on tulosten perusteella päivitettävä useissa tapauksissa alaspäin, joissain tapauksissa myös ylöspäin. Pohjoismaisena yh-

teistyönä tehdyn potilasannosselvityksen perusteella tullaan antamaan vertailutasot myös lasten TT-tutkimuksille. Laadunvarmistuksesta kerättyä yhteenvetoa käytetään hyödyksi käynnissä olevassa röntgentutkimusten laadunvalvontamenetelmiä koskevan oppaan valmistelussa. Selvityksessä käytettyä tutkimuskohtaisten annosten mittaamenetelmää hyödynnetään säteilyn käytön tarkastuksissa.

Henkilökunnan tutkimuskohtaiset säteilyannokset toimenpideradiologiassa

Tutkimusprojektin tarkoituksena on:

- selvittää henkilökunnan säteilyannoksia tutkimuskohtaisesti sekä henkilökunnan annosten ja vastaavista tutkimuksista potilaille aiheutuvien annosten välistä riippuvuutta
- selvittää toimenpideradiologin/kardiologin annoksia kehon eri osissa (kädet, jalat, silmät ja koko keho).

Projektissa käytettävien annosmittarien käyttöä testattiin ja tehtiin kardiologisten tutkimusten osalta mittauksia kahdessa sairaalassa. Lisäksi selvitettiin suojaesiliinan vaikutusta radiologin efektiiviseen annokseen. Suojaesiliinan vaikutuksesta tehtiin kansainvälinen tutkimusjulkaisu. Projekti jatkuu vuonna 2007.

SENTINEL-hanke

Vuonna 2005 käynnistyi säteilyn diagnostiseen käyttöön liittyvä EU-koordinoitu projekti Safety and efficacy for new techniques and imaging using new equipment to support European legislation (SENTINEL). Projekti koostuu kahdeksasta työpaketista, jotka kattavat tietokonetomografiatutkimuksia lukuunottamatta lähes koko säteilyn diagnostisen käytön alueen. STUK osallistuu ensisijaisesti seuraaviin aihekokonaisuuksiin:

- suorituskykystandardit/läpivalaisun kuvanlaadun arviointi matemaattisesti

- kardiologia/potilasannosten kokoaminen sydän-tutkimuksissa
- toimenpideradiologia/potilasannosten kokoaminen toimenpideradiologiassa
- henkilökunnan annokset toimenpideradiologiassa
- mammografiatutkimukset.

Vuoden 2006 aikana valmistui raportti röntgenkuvan laadun arvioinnista ja saatiin alustavat tulokset toimenpideradiologian potilasannoksista. Lisäksi suoritettiin toimenpideradiologien ja kardiologien annoskartoitus. STUKissa järjestettiin myös lasten röntgentutkimusten erityiskysymyksiä käsittelevä kokous. Projekti päättyy vuoden 2007 alkupuolella.

IAEA-dosimetriaohjeisto röntgendiagnostiikkaan

Vuoden 2006 aikana käynnistyi IAEA:n tutkimushanke diagnostiikan dosimetriaohjeiston testauksesta (Coordinated Research project 2006–2007: Testing of the Implementation of the Code of Practice on Dosimetry in X-ray Diagnostic Radiology). Projektissa STUK osallistuu erityisesti pinta-ala-annos-mittarien testaustoimintaan, tietokonetomografian annosmittauksissa käytettävien mittarien kalibrointi- ja mittausten menetelmien testaukseen sekä mammografian dosimetriaan. Projekti jatkuu vuonna 2007.

Opinnäytetyöt

Opinnäytetöiden tuloksia voidaan hyödyntää STUKin toiminnassa tai tulokset vaikuttavat säteilyturvallisuuden paranemiseen Suomessa.

Pienten tasavirtojen mittaus

Yhteistössä Mittatekniikan keskuksen kanssa valmistui diplomityö pienten tasavirtojen mittauksesta. Virranmittaus on keskeinen osa mittanormaalitoiminnan säteilymittauksissa ionisaatiokammioita käytettäessä. Työssä syntyi luotettava yhteenveto pienten ionisaatiovirtojen mittausten perusteista ja eri mittaustapojen epävarmuusarvioista.

Tietokonetomografialaitteen annosmittauksissa käytettävän ionisaatiokammion kalibrointi

Röntgendiagnostiikan tietokonetomografialaitteiden (TT-laitteet) annosmittauksissa annos määritetään viivamaiselta alueelta erityisellä annoksen ja pituuden tuloa mittaavalla ionisaatiokammioilla. ProGradu-työssä tutkittiin erilaisia käytännön toteutusmalleja kyseisten ionisaatiokammioiden kalibrointiin ja määritettiin menetelmien mitatausepävarmuudet. Työssä syntyi STO:n DOS-laboratorion käyttöön perusdokumentti TT-laitteiden annosmittarien kalibrointimenetelmistä.

6.2 Ionisoimaton säteily

Pääosa ionisoimattomaan säteilyyn liittyvästä tutkimus- ja kehitystyöstä tehtiin seuraavassa esitettyjen yhteisrahoitteisten tutkimusprojektien puitteissa.

Matkaviestinnän terveysriskien arviointi (HERMO)

Tämä tutkimus on osa Tampereen teknillisen yliopiston HERMO-projektin osaprojektia, jonka tarkoituksena on selvittää, miten matkapuhelimen säteily vaikuttaa porsaan aivojen toimintaan. Dosimetrian tarkkuuden parantamiseksi SAR (specific absorption rate) mitattiin porsaan päätä kuvaavassa nestemäisessä fantomissa. Vastaavan tilanteen SAR määritettiin VTT:llä numeerisesti. Tulokset erosivat toisistaan alle 2 %, mikä oli hyvä tulos. Tulokset raportoidaan tieteellisessä artikkelissa, jonka valmistelu aloitettiin.

HERMO-SKIN-tutkimuksessa selvitetään matkapuhelinten säteilyvaikutusta elävän ihon proteiineihin. NIR-laboratorio kokosi säteilytyksissä tarvittavan laitteiston, huolehti säteilytysten teknisestä laadunvalvonnasta ja turvallisuudesta sekä määrittä koehenkilöiden SARin. Tulokset raportoitiin tieteellisessä lehtiartikkelissa, joka lähetettiin Bioelectromagnetics-lehteen arvioitavaksi.

Ohjelmistojen kehittäminen sähkömagneettisten kenttien simulointiin (EMSOFT)

Yhteistyössä Teknillisen korkeakoulun (TKK) Sähkömagneetiikan laboratorion kanssa tutkitaan, kuinka tarkasti tukiasemien aiheuttama altistuminen voidaan määrittää laskennallisesti. STUKin tehtävänä oli tuottaa tietoa mitatuista kentänvoimakkuuksista laskentamallille sekä varmentaa TKK:n laskentatulokset mittaamalla. Suunnitelman mukaisesti yhden tukiasema-antennin kentänvoimakkuudet mitattiin ja SAR määritettiin ihmistä kuvaavan tasofantomien avulla.

Muu tutkimustoiminta

Ionisoimattoman säteilyn yhteisrahoitteisten tutkimusprojektien lisäksi tutkimusta ja teknistä kehitystyötä suoritettiin osana NIR-laboratorion perustoimintaa.

Suurtaajuuskuumentimet

Varsinainen tutkimus valmistui jo vuoden 2005 lopussa. Tutkimuksen tulosten mukaan suurtaajuuskuumentimen käyttäjän kehoon indusoitu-

van virran avulla voidaan arvioida absorboituvaa lämpötehoa. Vuoden 2006 aikana valmisteltiin aiheeseen liittyvää käsikirjoitusta tieteellistä artikkelia varten. Käsikirjoitus lähetetään Health Physics -lehteen arvioitavaksi.

Radiotaajuinen (RF) taustasäteily

Tutkimuksen tarkoituksena oli kerätä riskikommunikaatiota varten tietoja ympäristössä esiintyvien 80–3 000 MHz:n taajuuksien radiolähettimien aiheuttamasta säteilystä. Kohteina ovat erityisesti uusien langattoman viestinnän laitteiden aiheuttamat kentät. Toimintavuoden aikana saatiin materiaalin keruu päätökseen ja käsittely pääosin tehdyksi. Teknisen raportin ja tiedotusjulkaisun sisältö saatiin hahmoteltua.

Opinnäytetyöt

UV-A-säteilyn vaikutus hiiren melanoomaan

Väitöskirjatutkimus "Effect of long-wave UV radiation on mouse melanoma: An in vitro and in vivo study" valmistui.

7 Kansainvälinen yhteistyö

STO:n ja NIRin edustajat ovat mukana monissa ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn käytön valvontaa sekä turvallisuusohjeiden ja mittausmenetelmien kehittämistä ja myös säteilyalan standardisointitoimintaa käsittelevissä kansainvälisissä järjestöissä, toimikunnissa ja asiantuntijaryhmissä (IAEA, NACP, EURADOS, EUROMET, ESTRO, ESOREX, ICRU, NEA, AAPM, NOG, IEC, ISO, CEN, CENELEC, ICNIRP).

Osallistuminen kansainvälisten työryhmien kokouksiin

Vuonna 2006 STUKin edustajat osallistuivat seuraavien kansainvälisten järjestöjen ja työryhmien kokouksiin:

- Euratom-perussopimuksen Artikla 31 -työryhmä
- EURADOSin (European Radiation Dosimetry Group) työntekijöiden henkilökohtaisten annosten mittausmenetelmien harmonisointia käsittelevä työryhmä
- Työntekijöiden säteilysuojelua säteilyn käytön ja luonnonsäteilyaltistuksen toimialoilla käsittelevä EAN-työryhmä (European ALARA Network)
- ESTROn (European Society for Therapeutic Radiology and Oncology) kliinisen auditoinnin työryhmä
- Sähkömagneettisia kenttiä käsittelevä standardisointityöryhmä CENELEC TC106X/WG9
- UV-säteilyä käsittelevä standardisointityöryhmä IEC TC61/MT16
- Pohjoismaainen otsoni- ja UV-työryhmä NOG
- Pohjoismaainen umpilähdetyöryhmä
- ICNIRPin TG ELF-työryhmä.

Lisäksi jatkettiin ESOREX-projektin (European Study on Occupational Radiation Exposure) työtä kokoamalla säteilytoimintaan osallistuvien työntekijöiden altistustietoja.

Osallistuminen muihin kansainvälisiin kokouksiin

STO:n ja NIRin edustajat osallistuivat lukuisiin säteilyturvallisuusalan kansainvälisiin kokouksiin ja kongresseihin ja pitivät niissä esitelmää ja luentoja (järjestäjinä muun muassa IAEA, EANM, ESTRO, EUROMET, CIPM, EU:n komissio).

Muu kansainvälinen yhteistyö

DOS-laboratorio osallistui koulutustilaisuuden järjestämiseen pohjoismaisten ionisoivan säteilyn kalibrintilaboratorioiden henkilöille. Koulutustapahtuman pääteemana oli pienten ionisaatiovirtojen mittaustekniikat ja mittausten luotettavuus. Tapahtuma järjestettiin SSI:ssä (Statens Strålskyddsinstitut) Ruotsissa.

STUK järjesti toimitiloissaan pohjoismaisen dosimetriatyöryhmän kokouksen. Työryhmän työn tuloksena syntynyt raportti pohjoismaisten laboratorioiden valmiuksista valmistui.

EU:n kuudenteen puiteohjelmaan kuuluvaan EMF-NET-koordinaatioprojektiin liittyen NIR-laboratorion edustajat vierailivat Uumajassa sijaitsevassa Arbetslivsinstitutissa neuvottelemassa hitsauslaitteiden magneettikenttiä koskevasta yhteistyöstä.

STUK kommentoi yhdessä pohjoismaisten säteilysuojeluviranomaisten kanssa EU:n kuluttajatuotteiden turvallisuutta pohtivan komitean (SCCP) raporttiluonnosta, joka koski solariumlaitteiden UV-turvallisuutta.

8 Kotimainen yhteistyö

STO:n ja NIRin edustajat ovat mukana monissa ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn käytön valvontaa ja tutkimusta sekä säteilyalan standardisointitoimintaa käsittelevissä kotimaisissa toimikunnissa ja asiantuntijaryhmissä (muun muassa Metrologian neuvottelukunta, Sädeturvapäivätoimikunta, Eurolab-Finland, SESKO).

STUKin järjestämät kotimaiset kokoukset

Vuonna 2006 STUK järjesti kaksi kokousta: yhteistyöseminaarin röntgendiagnostiikassa toimivien sairaalafyysikoiden kanssa, sekä yhteistyöseminaarin kliinisiä auditointeja tekevän Qualisan Oy:n edustajien kanssa.

Osallistuminen kotimaisten työryhmien kokouksiin

STUKin edustajat osallistuivat STM:n asettaman potilasturvallisuuden edistämisen ohjausryhmän kokoukseen.

SM-kenttien säteilyturvallisuusstandardointia käsittelevä SK 106 -komitea piti kaksi kokousta ja kotitaloussähkölaitteiden standardointia käsittelevä SK 61 -komitea kaksi kokousta, joihin STUKin edustajat osallistuvat ja joissa käsiteltiin komiteoiden toimialaan kuuluvia IEC:n (International Electrotechnical Commission) ja CENELECin (International Electrotechnical Commission) stan-

dardiehdotuksia. 13 standardiehdotuksesta (SK 61:lle kaksi lausuntoa, SK 106:lle 11 lausuntoa) annettiin kommentit ja kannanotot loppuäänetyksessä. Erityisesti on mainittava IEC:n solariumstandardin IEC 60335-2-27 muutosesitykseen (61/3027/RVC) annettu kielteinen loppuäänetyksenkannotto. Standardi sallii liian voimakkaat laitteet valvomattomaan käyttöön, solariumista saatava UV-säteilyn vuosiannos on liian suuri ja laitteiden luokituksen hämärtäminen vaikeuttaa valvontaa käyttöpaikoilla. Myös CENELECin solariumstandardi (EN 60335-2-27) on uudistettavana. Uudessa standardissa huomioitaneen EU:n kuluttajaturvallisuutta käsittelevän tieteellisen komitean SCCP:n heinäkuussa julkaisema kannanotto solariumien käytön turvallisuudesta.

Osallistuminen muihin kotimaisiin kokouksiin

STO:n ja NIRin edustajat osallistuivat lukuisiin säteilyturvallisuusalan kotimaisiin kokouksiin ja pitivät niissä esitelmiä ja luentoja.

Muu kotimainen yhteistyö

STM:ää avustettiin SM-kenttiä koskevan työsuojeludirektiivin ja valmisteilla olevan optista säteilyä koskevan direktiivin kansallisessa toimeenpanossa (ks. kohta 5.2).

9 Viestintä

Kirjat, tiedotteet, katsaukset

STUK julkaisee Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarjan, johon kuuluu yhteensä seitsemän kirjaa. Viisiosaisesta ionisoivaa säteilyä koskevasta kirjasarjasta on julkaistu vuosina 2002–2004 osat Säteily ja sen havaitseminen, Säteily ympäristössä, Säteilyn terveystvaikutukset, Ydinturvallisuus ja Säteilyn käyttö. Vuonna 2006 julkaistiin kirjasarjan kuudes osa: Sähkömagneettiset kentät. Viimeisen optista säteilyä koskevan osan käsikirjoituksesta valmistui noin kaksi kolmannesta.

Ajankohtaistiedottaminen

Osallistuttiin STUKin verkkosivujen uudistustyöhön. Suomenkielisten sivujen sisältöä päivitettiin.

Vuonna 2000 aloitettua UV-indeksin ylläpitoa jatkettiin verkkosivuilla huhti-syyskuun välisenä aikana.

Vuoden aikana NIR-laboratorioon tuli runsaasti kysymyksiä kansalaisilta, säteilyn käyttäjiltä, tiedotusvälineiltä ja muilta ionisoimattomasta säteilystä kiinnostuneilta tahoilta. Vastaamisessa käytettiin yhä enemmän puskurina kummitiedottajaa ja julkaisutoimittajaa, koska vastauksien valmisteluun kuluva aika vie huomattavan paljon tutkijoiden työajasta. UUDIN-hankkeessa pyrittiin löytämään keinoja kysymysten kuormittavuuden vähentämiseen. Kysyjille lähetettiin vastausten lisäksi tiedotusmateriaalia. Lisäksi NIR-laboratoriota ja sen toimintaa esiteltiin vierailuille ryhmille.

Järjestettiin UV-tiedotustilaisuus keväällä 2006 yhdessä Syöpäjärjestöjen ja Ilmatieteen laitoksen kanssa. Tilaisuudesta lähti yhteinen tiedote ”UV-säteilyltä suojautuminen kannattaa aina”. STUKin aiheena tilaisuudessa oli ihon, erityisesti lasten ihon, suojaaminen auringolta vaattein ja voitein.

Lehdistötiedotteita laadittiin seuraavista aiheista:

- Rajoilta ei löytynyt yhtään säteilevää kuljetusta.

- Testattujen kännyköiden säteily ei ylitä enimmäisarvoa.
- Säteilylain muutos toi säteilylähteiden haltijoille uusia vaatimuksia.
- Työntekijöiden säteilyannokset pienentyneet.
- Pohjoismaiset säteilyturvaviranomaiset kyseenalaistavat solariumin käytön.
- Yhdeksän kymmenestä melanoomasta on ehkäistävässä suojaamalla iho UV-säteilyltä.
- UVA-säteily saattaa aiheuttaa oletettua enemmän terveysthaittoja.
- Työpaikoilla altistutaan voimakkaille sähkömagneettisille kentille.
- Yhä useampi röntgentutkimus tehdään tietokonetomografialaitteella.

Lisäksi:

- Toiminnan harjoittajille ja säteilyn käyttäjille annettiin aktiivisesti tietoa säteilynsuojelusta, uusista määräyksistä ja niiden perusteista neuvottelupäivillä, seminaareissa ja koulutustilaisuuksissa.
- Tiedotusvälineille annettiin haastatteluja ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn altistukseen liittyvissä asioista.
- Yksityishenkilöitä, yrityksiä ja julkisia organisaatioita opastettiin säteilynsuojeluongelmissa sekä puhelin- että verkkopalvelulla.
- Laadittiin lehtiartikkeleita ja -kirjoituksia.
- Avustettiin STUKin julkaisemaa Alara-lehteä kirjoittamalla siihen artikkeleita.

Koulutusluennot

STO järjesti seuraavat koulutustapahtumat:

- Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa
- Teollisuuden säteilyturvallisuuspäivät
- Säteilynsuojelukurssi kouluttajille
- Säteilynsuojelun neuvottelupäivät

Lisäksi luennoitiin vuotuisilla Sädeturvapäivillä Tampereella.

NIR-laboratorion johtaja luennoi TKK:lla kurssin ”Sähkömagneettisten kenttien ja optisen säteilyn biologiset vaikutukset ja mittaukset” (kurssin laajuus kaksi opintoviikkoa).

STO:n ja NIR-laboratorion edustajat luennoivat toimittajien säteilykoulutuskurssilla STUKissa.

SM-kenttiä rajoittavan uuden työsuojeludirektiivin toimeenpanoa koskeva yleinen koulutus- ja informaatiotilaisuus järjestettiin Työterveyslaitoksen kanssa Tampereella.

Vaasan yliopiston järjestämällä ajankohtaispäivillä (Käyttötaajuiset sähkö- ja magneettikentät ympäristössä) luennoitiin uudesta työntekijädirektiivistä ja sen biologisesta taustasta. Magneettiteknologiakeskus Pripolin järjestämässä tilaisuudessa luennoitiin SM-kenttien vaikutuksista, mit-

tausperiaatteista ja pientaajuisten SM-kenttien lähteistä teollisuudessa.

Työterveys- ja työturvallisuusalan neuvottelupäivillä Tampereella luennoitiin työpaikoilla esiintyviin sähkömagneettisiin kenttiin liittyvien riskien arvioinnista ja sitä koskevasta työsuojeludirektiivistä.

Sähkömagneettisten kenttien altistumismittausten metrologiasta luennoitiin Mittatekniikan keskuksen järjestämässä Suurtaajuusmittaukset ja niiden jäljitettävyyss-seminaarissa.

UV-A-säteilyn vaikutuksesta melanooman metastasiassa luennoitiin Trondheimissa 12.5.2006 järjestetyssä Norjan fotobiologisen seuran (The Norwegian Society for Photobiology and Photomedicine) kokouksessa ja koulutuspäivillä.

10 Mittanormaalityö

STUK toimii säteilysuureiden kansallisena mittanormaalityölaboratoriona ja pitää yllä mittanormaalityö Suomeissa tehtävien säteilymittausten tarkkuuden ja jäljitettävyyden varmistamiseksi. STUK huolehtii omien mittanormaalityönsä kalibroinneista säännöllisin väliajoin Kansainvälisessä paino- ja mittatoimistossa (BIPM) tai muussa primääri-laboratoriossa. Säteilymetrologiaan liittyen STUK osallistuu Metrologian neuvottelukunnan toimintaan ja EUROMET-järjestön toimintaan.

Mittanormaalityöinnasta vastaavat STO:n Dosimetrialaboratorio (DOS-laboratorio) ionisoivan säteilyn osalta ja NIR-laboratorio ionisoimattoman säteilyn osalta.

10.1 Ionisoiva säteily

Mittanormaalityöiden ylläpito, säteilylaitteiden ja mittausten menetelmien kehitys

Vuonna 2006 DOS-laboratoriossa:

- Otettiin käyttöön röntgendiagnostiikan mittaustauksiin uusi vertailumittanormaalityö (ionisaatiokammio). Normaalityö kalibroidiin Saksassa PTB-laboratoriossa (Physikalisch-Technische Bundesanstalt).
- Otettiin käyttöön standardin IEC 61267 mukaiset, röntgendiagnostiikkaan suunnitellut säteilylaadut.
- Kehitettiin DAP-mittarien (annoksen ja pinta-alan tuloa mittaava mittari) kalibrointimenettely, joka perustuu kahden DAP-mittarin käyttöön. Menettely esiteltiin Wienissä IAEA:n laatusymposiumissa (International Conference on Quality Assurance and New Techniques in Radiation Medicine) ja se huomioitiin myös IAEA:n diagnostiikan annosmittausohjeistossa.
- Aloitettiin tietokonetomografian dosimetriassa käytettävien DLP-mittarien (annoksen ja pinnan tuloa mittaava mittari) kalibroinnit.

Menetelmän validoinnista syntyi myös Pro Gradu -tutkielma.

DOS-laboratorion mittanormaalityöintään kohdistui vuonna 2006 kaksi sisäistä auditointia, jotka käsittelivät laiterekisteriä, henkilökunnan koulutusta, työnkuvauksia, laboratoriotiloja, mittausten menetelmien validointia, mittalaitteiden testausta, laitteiden käsittelyä, vertailumittalaitteita ja tulosten laadunvarmistusta. Auditointihavaintoihin liittyvät korjaavat toimenpiteet on jo tehty tai ne tehdään vuoden 2007 aikana.

Mittanormaalityöintään ja dosimetriaan liittyvistä tutkimushankkeista on kerrottu luvussa 6.

Mittari- ja mittausten vertailut

DOS-laboratorio osallistui IAEA/WHO:n ylläpitämään laboratorionverkostoon kuuluvien kalibrointilaboratorioiden kesken vuosittain järjestettävään absorboituneen annoksen TLD-mittausten vertailuun ⁶⁰Co-gammasäteilyllä. STUKin tulos poikkesi vertailuarvosta vähemmän kuin 0,1 %. Tulos oli reilusti hyväksyntärajan 3,5 % sisäpuolella.

Kuvassa 13 on esitetty STUKin mittaustulosten poikkeamat vertailuarvosta IAEA/WHO:n järjestämissä mittausten vertailuissa vuosina 1990–2006.

10.2 Ionisoimaton säteily

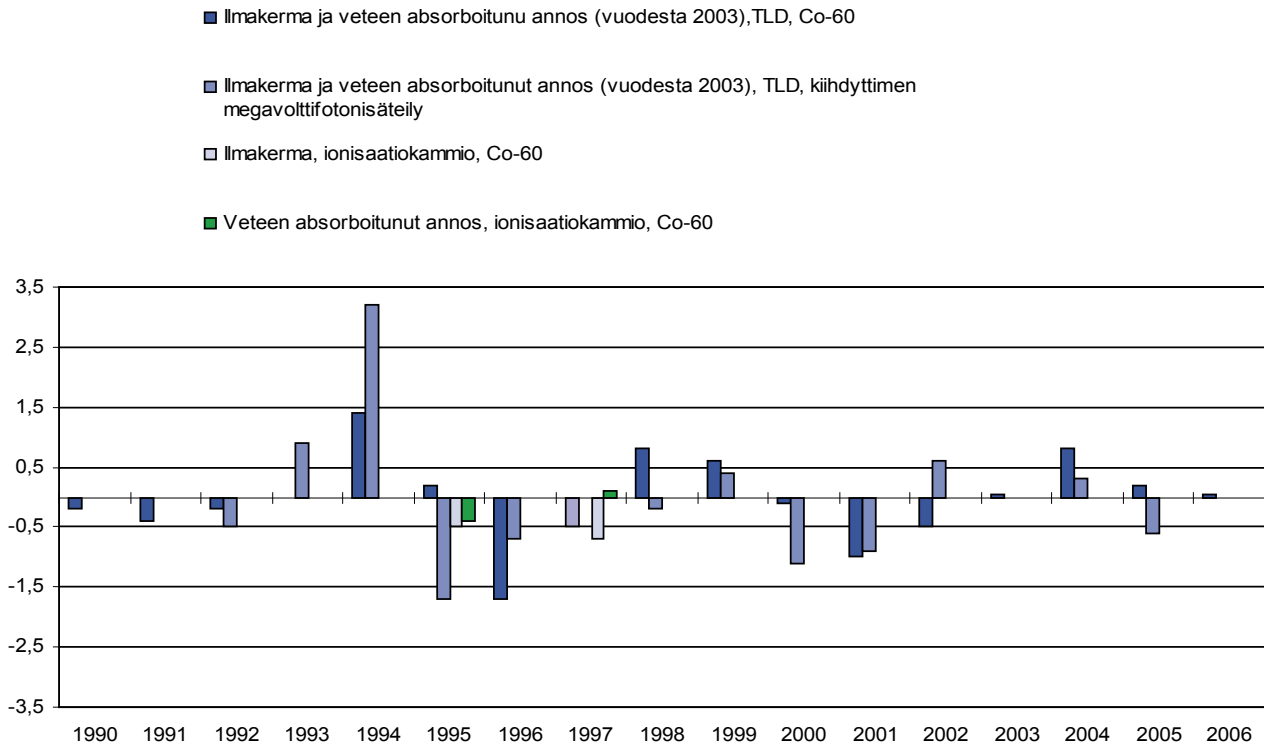
Mittaus- ja säteilylaitteiden ja -menetelmien kehitys

Spektrisen UV-irradianssin tarkkuusmittauksissa käytettävää kosinikorjausta ja diffuuserin referenssitilaa on muutettu siten, että auringon UV-mittauksissa spektrinen irradianssi pienenee 3–4 %.

STUK osallistui kansainväliseen eryteemapainotettujen UV-radiometriin vertailuun (COST PMOD) Davosissa. Ero STUKin kalibrointiin oli 7 % eli pysyttiin hyvin vertailun epävarmuuden ($\pm 10,8\%$) sisällä.

STUK osallistui Sveitsiläisen SPEAGin vuosina 2005–2006 järjestämään kansainväliseen 21 mittauslaboratorion väliseen matkapuhelimien testausvertailuun. Tulokset osoittavat, että STUKin SAR-testausten laatujärjestelmä on korkeatasoi-

nen. Yleisesti STUKin tulokset poikkesivat vähemmän kuin laboratorioilla keskimäärin ja maksimerokin keskiarvoon oli alle 13 %. Vertailu vahvisti sen, että SAR-testausten epävarmuus on arvioidun epävarmuuden sisällä (20,2 %).



Kuva 13. STUKin mittaustuloksen poikkeama (%) vertailuarvosta IAEA/WHO:n mittaustuloksissa vuosina 1990–2006.

11 Palvelut

11.1 Ionisoiva säteily

Kalibroinnit, testaukset ja säteilytykset

DOS-laboratorio toteutti säteilymittarien kalibroinnit kysyntää vastaavasti. Säteilymittarien kalibrointitodistuksia annettiin 91 kappaletta ja säteilytystodistuksia 18 kappaletta. Kalibroinneista noin neljäsosa ja säteilytyksistä noin puolet tehtiin STUKin omille mittalaitteille ja näytteille.

Muut palvelut

STUKissa kehitettyä PCXMC-mittausohjelmaa röntgendiagnostiikan annoslaskentaan myytiin

112 kappaletta. Lisäksi palveluna tehtiin röntgenlaitteiden standardinmukaisuustestauksia.

11.2 Ionisoimaton säteily

Kalibroinnit, testaukset ja säteilytykset

NIR-laboratorio teki säteilymittarien kalibrointeja ja testauksia yhteensä 17 kappaletta sekä turvallisuusarviointeja ja säteilymittauksia yhteensä seitsemän kappaletta. NIR-laboratorion palvelusuoritteet vuosilta 2000–2006 on esitetty liitteen 1 taulukossa XVIII.

12 Muuta

NIR-laboratorion asiakastyytyväisyyskysely

Vuonna 2004 suoritettujen asiakastyytyväisyyskyselyjen tulokset analysoitiin. Asiakkailta ei ollut mitään negatiivista huomautettavaa. Kyselyä jatketaan lähettämällä jokaisen palvelu- ja viranomais-

suorituksen mukana kyselylomake. Vuosilta 2005 ja 2006 ei analyysiä tehty aineiston vähäisyyden vuoksi ja koska tulokset olivat samansuuntaisia kuin vuonna 2004. Vuosien 2005 ja 2006 kyselyjen kooste yhdistetään vuoden 2007 tuloksiin.

LIITE 1

TAULUKOT

Taulukko I. Turvallisuusluvista mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät terveydenhuollon säteilyn käytössä vuoden 2006 lopussa.

Säteilyn käyttö	Toiminnot (kpl)
Röntgentutkimus	398
Hammasröntgentutkimus ^{*)}	11
Eläinröntgentutkimus	200
Avolähteiden käyttö	41
Umpilähteiden käyttö	22
Sädehoito	13
Muu säteilyn käyttö	18
^{*)} Lupa myönnetty hammasröntgenlaitteille, joita kuitenkin käytetään pääosin muuhun kuin hammasröntgentoimintaan.	

Taulukko II. Terveydenhuollon säteilyn käytössä ja eläinröntgentoiminnassa olleiden säteilylähteiden ja -laitteiden sekä radionuklidilaboratorioiden lukumäärät vuoden 2006 lopussa.

Laitteet/laboratoriot	Lukumäärä (kpl)
Röntgentutkimuslaitteet (generaattorit) ^{*)}	1 572
Röntgenputket	1 711
• mammografia (ei seulonta)	113
• seulontamammografia	90
• tietokonetomografia	84
• angiografia (ei DSA)	29
• digitaalinen subtraktioangiografia (DSA)	81
• luun mineraalipitoisuuden mittaus	86
Hammasröntgenlaitteet	5 248
• tavanomaiset hammasröntgenlaitteet	4 575
• panoraamaröntgenlaitteet	673
Sädehoidon laitteet	95
• kiihdyttimet	31
• jälkilataushoitolaitteet	6
• röntgenhoitolaitteet tai -kuvaslaitteet	25
• hoitolaitteen simulaattorit	14
• BNCT-hoitoasema	1
• muut laitteet	18
Radioaktiivisia aineita sisältävät laitteet	103
• vaimennuskorjausyksiköt	22
• tasolähteet	23
• kalibrointilähteet	22
• muut laitteet	36
Eläinröntgenlaitteet	239
Radionuklidilaboratoriot	64
• B-typin laboratoriot	18
• C-typin laboratoriot	45
• muut laboratoriot	1
^{*)} Röntgentutkimuslaitteen muodostaa suurjännitegeneraattori, yksi tai useampi röntgenputki sekä yksi tai useampi tutkimusteline.	

Taulukko III. Turvallisuusluvista mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä vuoden 2006 lopussa.

Säteilyn käyttö	Toiminnot (kpl)
Umpilähteiden käyttö (muu kuin gammaradiografia)	628
Röntgensäteilyn käyttö (muu kuin radiografia)	235
Tuonti, vienti ja kauppa	127
Avolähteiden käyttö	125
Asennus, koekäyttö ja huolto	115
Röntgenradiografia	79
Gammaradiografia	7
Radioaktiivisten aineiden valmistus	5
Muu säteilyn käyttö	33

Taulukko IV. Teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä olleiden säteilylaitteiden ja -lähteiden sekä radionuklidilaboratorioiden lukumäärät vuoden 2006 lopussa.

Laitteet/laboratoriot	Lukumäärä (kpl)
Radioaktiivista ainetta sisältävät laitteet	6 305
• pintakytkimet	2 315
• pinnankorkeusmittarit	1 122
• tiheysmittarit	1 006
• kuljetinvaat	566
• pintapainomittarit	558
• kosteus- ja tiiveysmittarit	124
• fluoresenssianalysointilaitteet	126
• paksuusmittarit	80
• radiografialaitteet	20
• muut laitteet	388
Röntgenlaitteet ja kiihdyttimet	1 098
• läpivalaisulaitteet	393
• radiografialaitteet	330
• diffraktio- ja fluoresenssianalysointilaitteet	232
• paksuusmittarit	40
• tuhkamittarit	18
• hiukkaskiihdyttimet	18
• muut röntgenlaitteet	67
Radionuklidilaboratoriot	158
• A-typin laboratoriot	2
• B-typin laboratoriot	25
• C-typin laboratoriot	116
• muut laboratoriot	15

Taulukko V. Teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä umpilähteissä yleisimmin käytössä olevat radionuklidit sekä lähteiden lukumäärät ja aktiivisuudet vuoden 2006 lopussa.

Radionuklidi	Säteilylähteitä (kpl)	Kokonaisaktiivisuus*) (GBq)
Aktiivisuus < 400 GBq		
Cs-137	3 980	11 007
Co-60	1 445	1 182
Kr-85	413	5 194
Am-241 (gammalähteet)	362	2 595
Pm-147	168	4 635
Fe-55	147	4 172
Am-241 (AmBe-neutronilähteet)	124	1 076
Co-57	71	17
Sr-90	64	198
Cd-109	59	25
Aktiivisuus > 400 GBq		
Cs-137	27	666 320
Ir-192	12	99 310
Co-60	7	97 664 **)
H-3	1	3 700
*) Käyttöönottaessa ilmoitettujen nimellisaktiivisuuksien summa. Lyhytikäisille radionuklideille (esimerkiksi Ir-192) käytössä oleva aktiivisuus on huomattavasti pienempi kuin nimellisaktiivisuus.		
**) Aktiivisuus 31.12.2006.		

Taulukko VI. Säteilyn käytön tarkastukset vuonna 2006.

Tarkastuksen tyyppi	Tarkastusten lukumäärä (kpl)		
	Teollisuus, tutkimus, opetus, kauppa, asennus, huolto	Terveydenhuolto	
		Turvallisuusluvan alainen toiminta	Ilmoitusvelvollisuuden alainen hammasröntgentoiminta
Käyttöönottotarkastus	20	142	0
Määräaikaistarkastus	125	127	6
Uusintatarkastus	0	1	0
Muu tarkastus tai mittaus	5	1	25
Tarkastuksia yhteensä	150	271	31

Taulukko VII. Turvallisuusluvan alaisen toiminnan tarkastukset terveydenhuollossa vuonna 2006.

Toiminnan tyyppi	Tarkastusten lukumäärä kpl
• röntgentoiminta	191
• hammasröntgentoiminta	3
• eläinröntgentoiminta	46
• isotooppitoiminta	4
• sädehoito	26
• muu säteilyn käyttö	1
Tarkastuksia yhteensä	271

Taulukko VIII. Umpilähteiden tuonti ja vienti vuonna 2006.

Radionuklidi	Tuonti		Vienti	
	Aktiivisuus (GBq)	Lukumäärä (kpl)	Aktiivisuus (GBq)	Lukumäärä (kpl)
Ir-192	49 108	11	4 278	9
H-3	7 400	2 500	894	526
Cs-137	853	211	57	62
Am-241	709	47	4	558
Pm-147	353	27	279	22
Kr-85	198	122	1 027	70
Fe-55	80	63	90	38
Gd-153	48	13	4	3
Cd-109	14	27	9	19
Co-60	7	15	-*)	-
Co-57	3	15	-	-
Ni-63	2	4	2	3
Am-241**)	1	1	-	-
muut yhteensä ***)	3	25	6	41
Yhteensä	58 779	3 081	6 650	1 351

*) Merkintä "-" tarkoittaa, ettei tuontia/vientiä ole ollut.

***) AmBe-neutronilähteet.

****) Tuonti, nuklidit: Ba-133, Bi-207, Ge-68, Eu-152, Po-210 ja Sr-90.

Vienti, nuklidit: Cm-244, Ge-68, Po-210 ja Sr-90.

Taulukko IX. Avolähteiden tuonti ja vienti vuonna 2006.

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq)	
	Tuonti	Vienti
Mo-99	41 164	7 487
I-131	6 080	- *)
Tc-99m	2 617	-
Ho-166	345	-
P-32	132	< 1
H-3	128	2
Tl-201	111	-
Y-90	74	-
Sm-153	63	-
I-125	60	5
I-123	49	24
In-111	40	< 1
S-35	35	-
Co-60	34	-
C-14	7	<1
F-18	-	125
muut yhteensä **)	10	< 1
Yhteensä	50 949	7 643

*) Merkintä "-" tarkoittaa, ettei tuonti/vientiä ole ollut.
 **) Tuonti, nuklidit: Co-57, Cr-51, Cs-137, Ga-67, I-129, Na-22, P-33, Po-210, Ra-226, Rb-86, Se-75, Sr-85 ja U-238.
 Vienti, nuklidit: Eu-152, Sr-85 ja U-238.

Taulukko X. Radioaktiivisten aineiden (avolähteiden) valmistus vuonna 2006.

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq)
O-15	19 650
C-11	11 867
F-18	13 406
Br-82	2 870
I-123	2 310
Na-24	126
Ru-103	43
La-140	15
muut yhteensä *)	15
Yhteensä	50 302

*) Nuklidit: Ar-41, Cr-51, Cu-64, Au-198 ja Np-235.

Taulukko XI. Annostarkkailussa olleiden työntekijöiden lukumäärät toimialoittain vuosina 2002–2006.

Vuosi	Työntekijöiden lukumäärä toimialoittain						
	Terveydenhuolto		Eläin- röntgen- toiminta	Teollisuus	Tutkimus ja opetus	Ydin- energian käyttö ^{*)}	Yhteensä ^{**)}
	Röntgen- säteilylle altistuvat	Muille säteilyläh- teille altis- tuvat					
2002	4 697	891	296	1 180	1 209	3 055	11 190
2003	4 741	906	305	1 114	1 109	2 862	10 901
2004	4 759	915	328	1 070	1 025	3 124	11 082
2005	4 837	896	355	1 172	995	3 584	11 698
2006	4 779	936	363	1 281	948	3 862	12 039

^{*)} Suomalaisilla ja ulkomaisilla ydinvoimalaitoksilla työskentelevät suomalaiset sekä suomalaisilla laitoksilla työskentelevät ulkomaiset työntekijät.

^{**)} Tässä sarakkeessa tietyllä rivillä oleva luku ei välttämättä ole sama kuin saman rivin muissa sarakkeissa olevien lukujen summa, koska terveydenhuollossa on henkilöitä, jotka altistuvat sekä röntgensäteilylle että muulle säteilylle ja teollisuudessa on henkilöitä, jotka työskentelevät myös ydinenergian käytön parissa.

Taulukko XII. Toimialakohtaiset kokonaisannokset (syväannosten summat) vuosina 2002–2006.

Vuosi	Kokonaisannos (Sv)						
	Terveydenhuolto		Eläin- röntgen- toiminta ^{*)}	Teollisuus	Tutkimus ja opetus	Ydin- energian käyttö ^{**)}	Yhteensä
	Röntgen- säteilylle altistuvat ^{*)}	Muille säteilyläh- teille altis- tuvat					
2002	1,69	0,13	0,07	0,24	0,09	4,12	6,36
2003	1,55	0,12	0,07	0,20	0,09	2,38	4,41
2004	1,48	0,12	0,06	0,23	0,09	4,16	6,15
2005	1,48	0,14	0,06	0,19	0,09	3,42	5,38
2006	1,43	0,14	0,08	0,24	0,08	4,11	6,08

^{*)} Syväannokset ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena on röntgensäteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääkinnässä, jossa työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja jossa annos mitataan suojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin efektiivinen annos saadaan jakamalla syväannos tekijällä 10–60.

^{**)} Suomalaisilla ja ulkomaisilla ydinvoimalaitoksilla työskentelevät suomalaiset sekä suomalaisilla laitoksilla työskentelevät ulkomaiset työntekijät.

Taulukko XIII. Eräiden työntekijäryhmien annostietoja (syväannokset) vuodelta 2006.

Työntekijäryhmä	Työntekijöiden lukumäärä	Kokonaisannos (Sv)	Annosten keskiarvo (mSv)		Suurin annos (mSv)
			Kirjauskynnnyksen*) ylittäneet työntekijät	Kaikki annostarkkailussa olleet työntekijät	
Kardiologit**)	163	0,53	3,7	3,2	15,0
Radiologit**)	541	0,39	2,5	0,7	24,7
Toimenpideradiologit**)	19	0,15	10,8	8,0	24,8
Kirurgit**)	270	0,12	3,3	0,4	32,8
Röntgenhoitajat**)	2 626	0,11	0,5	0,0	3,8
Teollisuuskuvaajat	395	0,14	1,0	0,4	6,8
Tutkijat	734	0,05	2,1	0,1	12,8
Ydinvoimalaitoksissa työskentelevät					
• mekaaniset työt	886	1,41	2,1	1,6	13,9
• siivous	250	0,49	2,8	1,9	13,3
• aineenkoetus	279	0,47	2,0	1,7	18,4
• eristetyöt	106	0,44	4,8	4,1	13,6
• säteilysuojelu	75	0,20	2,9	2,6	13,3
• käyttöhenkilökunta	276	0,09	0,7	0,3	3,9

*) Kirjauskynnys ydinvoimalaitoksissa työskenteleville on 0,1 mSv/kk ja muille 0,1 mSv/kk tai 0,3 mSv/3 kk mittausjakson pituudesta riippuen.

**) Syväannokset ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena ovat näiden työntekijäryhmien annokset. Terveystieteiden ja eläinlääkinnän säteilyn käytössä (röntgensäteily) työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia, ja annos mitataan suojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin efektiivinen annos saadaan jakamalla syväannos tekijällä 10–60.

Taulukko XIV. Merkittävimmät radioaktiiviset pienjätteet kansallisessa varastossa (joulukuu 2006).

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq) tai massa
H-3	15 857
Cs-137	2 323
Pu-238	1 608
Kr-85	1 250
Am-241	1 601
Sr-90	257
Ra-226	231
Co-60	180
Cm-244	109
U-238	1 055 kg

Taulukko XV. STUKiin vuonna 2006 vastaanotetut radioaktiiviset pienjätteet.

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq) tai massa
Am-241	317
Kr-85	51
H-3	156
Pm-147	38
Cs-137	125
Fe-55	33
Co-60	5,5
Cm-244	33
Am-241 ^{*)}	7
Sr-90	1,6
Cd-109	0,4
U-238	321 kg

^{*)} AmBe-neutronilähteet.

Taulukko XVI. Organisaatiot, joiden mittalaitteet on hyväksytty työntekijöiden radonaltistuksen määrittämiseen.

Organisaatio	Mittalaite	Kalibrointi voimassa	Huomautus
Gammadata Mättekniik i Uppsala AB/ Gammadata Finland Oy, Helsinki	Alfajälki-ilmaisimeen perustuva radonmittauspurkki	1.1.2008	Purkkimittausmenetelmällä voidaan määrittää radonpitoisuuden pitkän aikavälin keskiarvo. Menetelmä ei sovellu radonpitoisuuden ajallisten vaihteluiden selvittämiseen. Menetelmä on hyväksytty myös asuntojen radonmittauksiin.
<ul style="list-style-type: none"> Lahden kaupunki Tampereen ammattikorkeakoulu 	<ul style="list-style-type: none"> Pylon AB-5 Pylon AB-5 ja AlphaGuard 	<ul style="list-style-type: none"> 3.8.2008 25.9.2008 25.9.2008 	Jatkuvatoimiset mittalaitteet, joilla voidaan rekisteröidä radonpitoisuuden ajalliset vaihtelut. Laitteet soveltuvat työnaikaisen radonpitoisuuden selvityksiin.

Taulukko XVII. Henkilökohtaisessa säteilyaltistuksen seurannassa olevan lentohenkilöstön määrä ja lentohenkilöstön kokonaisannos (efektiivisten annosten summa) vuosina 2002–2006.

Vuosi	Työntekijöiden lukumäärä		Kokonaisannos (Sv)	
	Lentäjät	Matkustamohenkilöstö	Lentäjät	Matkustamohenkilöstö
2002	692	1 799	1,07	2,93
2003	739	1 746	1,09	3,02
2004	739	1 801	1,19	3,45
2005	739	1 861	1,31	3,80
2006	1 072	2 412	1,73	4,35

Taulukko XVIII. NIR-laboratorion suoritteet

Vuosi	Viranomais-tarkastukset	Päätökset	Lausunnot	Kalibroinnit ja testaukset	Turvallisuus-arvioinnit ja säteilymittaukset	Yhteensä
2000	17	0	7	31	1	56
2001	23	2	16	27	9	77
2002	36	1	4	31	13	85
2003	49	0	3	23	11	86
2004	55	3	1	30	12	101
2005	66	1	1	25	31	124
2006	48	1	7	17	7	80

Taulukko XIX. Solariumien käyttöpaikkatarkastukset.

Vuosi	Lukumäärä (kpl)
2000	14
2001	17
2002	36
2003	31
2004	30
2005	36
2006	25

Taulukko XX. Matkapuhelimien SAR-testaukset.

Vuosi	Lukumäärä (kpl)
2003	12
2004	18
2005	15
2006	15

Vuonna 2006 valmistuivat seuraavat julkaisut, joissa tekijänä tai tekijöinä oli STO:n tai NIRin työntekijöitä:

Kansainväliset julkaisut

Aarnio P, Ala-Heikkilä J, Isolankila A, Kuusi A, Moring M, Nikkinen M, Siiskonen T, Toivonen H, Ungar K, Zhang W. Linssi – database for gamma-ray spectrometry. In: MARC VII Abstracts. p. 89–90.

Auvinen A, Toivo T, Tokola K. Epidemiological risk assessment of mobile phones and cancer: where can we improve? *European Journal of Cancer Prevention* 2006; 15 (6): 516–523.

Envall J, Ylianttila L, Moseley H, Coleman A, Durak M, Kärhä P, Ikonen E. Investigation of comparison methods for UVA irradiance responsivity calibration facilities. *Metrologia* 2006; 43: 27–30.

Hakanen A, Kosunen A, Pöyry P, Tapiovaara M. Determination of conversion factors from air kerma to operational dose equivalent quantities for low energy x-ray spectra. *Radiation Protection Dosimetry* 2006; doi: 10.1093/rpd/ncl386.

Hakanen A, Siiskonen T, Pöllänen R, Kosunen A, Turunen A, Belyakov O. Design, spectrum measurements and simulations for a ^{238}Pu α -particle irradiator for bystander effect and genomic instability experiments. *Applied Radiation and Isotopes* 2006; 64: 864–867.

Heikkinen P, Ernst H, Huuskonen H, Komulainen H, Kumlin T, Mäki-Paakkanen J, Puranen L, Juutilainen J. No Effects of Radiofrequency Radiation on 3-Chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(5H)-furanone-Induced Tumorigenesis in Female Wistar Rats. *Radiation Research* 2006; 166: 397–408.

Höytö A, Sihvonen A-P, Alhonen L, Juutilainen J, Naarala J. Modest increase in temperature affects ODC activity in L929 cells: low-level radiofrequency

radiation does not. *Radiat. Environ. Biophys.* 2006; 45: 231–235.

Jartti P, Pukkala E, Vartiainen E, Uitti J, Auvinen A. Cancer incidence among physicians occupationally exposed to ionizing radiation in Finland. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 2006; 32 (5): 368–73.

Kamenopoulou V, van Dijk JWE, Ambrosi P, Bolognese-Milsztajn T, Castellani CM, Currivan L, Falk R, Fantuzzi E, Figel M, Garcia Alves GA, Ginjaume M, Janzekovic H, Kluszczynski D, Lopez MA, Luszik-Bhadra M, Olko P, Roed H, Stadtmann H, Vanhavere F, Vartiainen E, Wahl W, Weeks A, Wernli Ch. Aspects of harmonisation of individual monitoring for external radiation in Europe: Conclusions of a EURADOS action. *Radiation Protection Dosimetry* 2006; 118 (2): 139–143.

Kapanen M, Tenhunen M, Hämäläinen T, Sipilä P, Parkkinen R, Järvinen H. Analysis of quality control data of eight modern radiotherapy linear accelerators: the short- and long-term behaviours of the outputs and the reproducibility of quality control measurements. *Physics in Medicine and Biology* 2006; 51 (14): 3581–3592.

Kapanen M, Tenhunen M, Parkkinen R, Sipilä P, Järvinen H. The influence of output measurement time interval and tolerance on treatment dose deviation in photon external beam radiotherapy. *Physics in Medicine and Biology* 2006; 51: 4857–4867.

Kortesniemi M, Kiljunen T, Kangasmäki A. Radiation exposure in body computed tomography examinations of trauma patients. *Phys. Med. Biol.* 2006; 51: 32690–3282.

Kosunen A, Komppa T, Toivonen M. Evaluation of methods to estimate the patient dose in interventional radiology. *Radiation Protection Dosimetry* 2005; 117 (1-3): 178–184.

Manninen P, Hovila J, Seppälä L, Kärhä P, Ylianttila L, Ikonen E. Determination of distance offsets of diffusers for accurate radiometric measurements. *Metrologia* 2006; 43: 120–123.

Meinander O, Kazadzis S, Ylianttila L, Johnsen B, Lakkala K, Koskela T, Josefsson W. Diurnal discrepancies in spectral solar UV-radiation measurements. *Applied Optics* 2006; 45:5346–5357.

Pöllänen R, Ketterer M, Lehto S, Hokkanen M, Ikäheimonen TK, Siiskonen T, Moring M, Martín Sánchez A, Rubio Montero MP. Multi-technique characterization of a nuclear bomb particle from the Palomares accident. *Journal of Environmental Radioactivity* 2006; 90: 15–28.

Pöllänen R, Siiskonen T. High-resolution alpha spectrometry under field conditions – fast identification of alpha-particle emitting radionuclides from air samples. *Journal of Environmental Radioactivity* 2006; 87: 279–288.

Pöllänen R, Siiskonen T. Minimum detectable activity concentration in direct alpha spectrometry from outdoor air samples: continuous monitoring versus separate sampling and counting. *Health Physics* 2006; 90: 167–175.

Siiskonen T, Pöllänen R. Alpha-electron and alpha-photon coincidences in high-resolution alpha spectrometry. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 2006; 558 (2): 437–440.

Tapiovaara M. Image quality measurements in radiology. *Radiation Protection Dosimetry* 2005; 117 (1-3): 116–119.

Verschaeve L, Heikkinen P, Verheyen G, Van Gorp U, Boonen F, Vander Plaetse F, Maes A, Kumlin T, Mäki-Paakkanen J, Puranen L, Juutilainen J. Investigation of Co-genotoxic Effects of Radio-frequency Electromagnetic Fields *In Vivo*. *Radiation Research* 2006; 165: 598–607.

Kokousjulkaisut ja esitelmät kokouksissa

Kansainväliset

Jonsson H, Ennow K, Korpela H, Sigurdsson T, Unhjem JF. Survey of methods for radioiodine therapy of hyperthyroidism in the Nordic countries. Abstracts of the 9th Congress of World Federation of Nuclear Medicine and Biology. 22–27 October 2006, Seoul, Korea. *World Journal of Nuclear Medicine* 2006; 5 Suppl 1: S201.

Karppinen J, Järvinen H. A practical method to the users of radiation for the determination of patient doses in computed tomography. Book of extended synopses. IAEA-CN-146. International Conference on Quality Assurance and New Techniques in Radiation Medicine. 13–15 November, Vienna, Austria. p. 26–27.

Kiljunen T, Järvinen H, Parviainen T, Komppa T, Savolainen S. Patient doses and diagnostic reference levels in paediatric radiology in Finland: Phase I: The method. European Congress of Radiology (ECR 2006), 3–7 March 2006, Vienna, Austria. *European Radiology* 2006; 16 Suppl 1: B256–257.

Korpela H, Parkkinen R. Survey on QC measurements of nuclear medicine imaging equipment in Finnish hospitals. Book of extended synopses. IAEA-CN-146. International Conference on Quality Assurance and New Techniques in Radiation Medicine. 13–15 November, Vienna, Austria. p. 552–553.

Leszczynski D, Pastila R. UVA radiation may enhance tumor metastasis. 97th Annual Meeting of the American Association for Cancer Research, 1–5 April 2006, Washington, DC, USA.

Malicki J, Järvinen H, Scalliet P, Stankusova H, Leer JW, Bogusz-Osawa M, Ruebe C, Tait D, Macia M, Hallett JX, Taillet M. Clinical audit guidelines in radiotherapy – Preliminary results of the ESTRO working group. Book of extended synopses. IAEA-CN-146. International Conference on Quality Assurance and New Techniques in Radiation Medicine. 13–15 November, Vienna, Austria. p. 106–107.

Nordic dosimetric capabilities. Resources, needs and plans. Report on Nordic radiation protection co-operation No. 8. The radiation protection and nuclear safety authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden. Østerås, Norway: Statens strålevern. Norwegian Radiation Protection Authority; 2006.

Padovani R, Faulkner K, Vano E, Bosmans H, Dowling A, Bochou C, Neofotistou E, Kosunen A. Assessment of the level of optimization of the interventional cardiology practice – The Sentinel Project. Book of extended synopses. IAEA-CN-146. International Conference on Quality Assurance and New Techniques in Radiation Medicine. 13–15 November, Vienna, Austria. p. 530–531.

Parkkinen R, Järvinen H. Implementation of QA in medical radiological practices: A national cooperation mode. Book of extended synopses. IAEA-CN-146. International Conference on Quality Assurance and New Techniques in Radiation Medicine. 13–15 November, Vienna, Austria. p. 114–115.

Pöyry P, Komppa T, Kosunen A. Tandem method for calibrating dose-area product meters. In: Abstract and program book of Physics in medicine in the 21st century: new techniques, challenges, problems and solutions. 21st Annual Symposium of the Belgian Hospital Physicist Association, 20–21 January 2006, Ghent, Belgium. p. 69.

Pöyry P, Komppa T, Kosunen A. A tandem calibration method for kerma-area product meters. Book of extended synopses. IAEA-CN-146. International Conference on Quality Assurance and New Techniques in Radiation Medicine. 13–15 November, Vienna, Austria. p. 290–291.

Pöyry P, Komppa T, Kosunen A. X-ray beam quality specification for kerma-area product meters. Book of extended synopses. IAEA-CN-146. International Conference on Quality Assurance and New Techniques in Radiation Medicine. 13–15 November, Vienna, Austria. p. 298–299.

Pöyry P, Zanca F, Bosmans H. Experimental investigation of the necessity for extra flat field corrections in quality control of digital

mammography. International Workshop on Digital Mammography, 18–21 June 2006, Manchester, England. In book: Astley S. et al. (eds.). IWDM 2006, LNCS 4046. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2006. p. 475–481.

Salminen E, Sipilä P. Development of cancer care and use of radiotherapy equipment in a small country – The Finnish model. Book of extended synopses. IAEA-CN-146. International Conference on Quality Assurance and New Techniques in Radiation Medicine. 13–15 November, Vienna, Austria. p. 120–121.

Siiskonen T, Pöllänen R. Direct high-resolution alpha spectrometry for detecting transuranium elements from air samples. In: Book of Abstracts. International Conference on Monitoring, Assessments and Uncertainties for Nuclear and Radiological Emergency Response, 21–25 November 2005, Rio de Janeiro, Brazil.

Soimakallio S, Järvinen H, Ahonen A, Wigren T, Lyyra-Laitinen T, Kortelainen K, Ceder K, Sinervo T, Paunio M. Impact of clinical audit on the quality of radiological practices – Experiences from a national audit programme supported by a national steering committee. Book of extended synopses. IAEA-CN-146. International Conference on Quality Assurance and New Techniques in Radiation Medicine. 13–15 November, Vienna, Austria. p. 104–105.

Zanca F, Jacobs J, Pöyry P, Van Ongeval C, Carton AC, Deprez T, Marchal G, Bosmans H. Development and implementation of a user friendly and automated environment for creation of databases of digital mammograms with simulated microcalcifications. Proceedings of SPIE (The International Society for Optical Engineering), 17 March 2006. In book: Jiang Y, Eckstein MP. (Eds.). Image perception, observer performance, and technology assessment. Medical Imaging 2006.

Kotimaiset

Järvinen H. STUKin opasluonnos laitteiden teknisestä laadunvalvonnasta – tavoitteet ja tilanne. Kirjassa: Järvinen H (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2006. STUK-C5. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 21–23.

- Karppinen J. Tietokonetomografialaitteiden käytön optimointi; potilasannokset TT-tutkimuksissa. Kirjassa: Luennot. XXX Sädeturvapäivät Tampere-talossa, Tampere 26.–27.10.2006. Tampere: Lege Artis Oy; 2006. s. 24–27.
- Karppinen J. Tietokonetomografialaitteiden laadunvalvonta. Kirjassa: Järvinen H (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2006. STUK-C5. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 51–53.
- Karppinen J. Tietokonetomografiatutkimusten potilasannokset. Kirjassa: Järvinen H (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2006. STUK-C5. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 46–50.
- Kiljunen T. Vertailutasojen käyttö lasten röntgentutkimuksissa. Kirjassa: Luennot. XXX Sädeturvapäivät Tampere-talossa, Tampere 26.–27.10.2006. Tampere: Lege Artis Oy; 2006. s. 100–103.
- Markkanen M. Uutta säännöstöä. Kirjassa: Järvinen H (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2006. STUK-C5. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 11–15.
- Parkkinen R. Säteilyturvakeskuksen päätökset. Kirjassa: Järvinen H (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2006. STUK-C5. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 9–10.
- Pöyry P. Digitaalisten mammografialaitteiden laadunvalvonta. Kirjassa: Järvinen H (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2006. STUK-C5. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 29–33.
- Pöyry P, Komppa T. DAP-mittarin kalibrointi ja toimintakunnon seuranta. Kirjassa: Järvinen H (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2006. STUK-C5. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s.16–20.
- Tenkanen-Rautakoski P. Uutta STUKin ohjeista ja päätöksistä. Kirjassa: Luennot. XXX Sädeturvapäivät Tampere-talossa, Tampere 26.–27.10.2006. Tampere: Lege Artis Oy; 2006. s. 92–95.
- Vartiainen E. Kosminen säteily ja lentohenkilöstön altistuminen. Kirjassa: Ikäheimonen TK (toim.). Ympäristön radioaktiivisuus Suomessa – 20 vuotta Tshernobylistä. Symposium Helsingissä 25.–26.4.2006. STUK-A217. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 115–119.
- STUKin omat julkaisusarjat**
- Pastila R. Effect of Long -Wave UV Radiation on mouse melanoma: An in Vitro and in Vivo Study. STUK-A216. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006.
- Tapiovaara M. Relationships between Physical Measurements and User Evaluation of Image Quality in Medical Radiology – a Review. STUK-A219. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006.
- Karppinen J, Järvinen H. Tietokonetomografialaitteiden käytön optimointi. STUK-A220. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006.
- Tenkanen-Rautakoski Petra. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2005. STUK-B-STO 62. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006.
- Järvinen H. (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2006. STUK-C5. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006.
- Kirjat sekä kotimaisen ammattilehden tai oppikirjan artikkelit**
- Jantunen M, Husgafel-Pursiainen K, Arvela H, Vähäkangas K, Zitting A, Pastila R, Saarela K. Suomalaisten altistuminen ulkoilman, sisäilman ja tupakansavun kemiallisille aineille ja säteilylle. Ympäristö ja Terveys 2006; 10: 32–45.
- Jokela K. Biosähkömagneetiikan fysikaalisia perusteita. Kirjassa: Nyberg H, Jokela K (toim.). Sähkömagneettiset kentät. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 27–57.
- Jokela K. Dosimetria. Kirjassa: Nyberg H, Jokela K (toim.). Sähkömagneettiset kentät. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 59–115.

Jokela K. Ionisoimaton säteily ja sähkömagneettiset kentät. Kirjassa: Nyberg H, Jokela K (toim.). Sähkömagneettiset kentät. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 11–25.

Jokela K, Korpinen L, Hietanen M, Puranen L, Huurto L, Pättikangas H, Toivo T, Sihvonen A-P, Nyberg H. Säteilylähteet ja altistuminen. Kirjassa: Nyberg H, Jokela K (toim.). Sähkömagneettiset kentät. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 359–452.

Jokela K, Niittylä A. Altistumisen rajoittaminen. Kirjassa: Nyberg H, Jokela K (toim.). Sähkömagneettiset kentät. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 319–357.

Juutilainen J, Leszczynski D, Nylund R, Heikkinen P, Hietanen M, Haarala Björnberg C, Auvinen A, Huuskonen H, Toivonen T. Radiotaajuisten kenttien ja säteilyn vaikutukset. Kirjassa: Nyberg H, Jokela K (toim.). Sähkömagneettiset kentät. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 261–317.

Kauppinen T, Heikkilä P, Hietanen M, Jantunen M, Keskimäki I, Komulainen H, Lehtinen M, Louekari K, Muikku M, Pastila R, Peltonen K, Viluksela M. Suomalaisten altistuminen kemiallisille aineille ja säteilylle. Yhteenveto. Ympäristö ja Terveys 2006; 10: 8–23.

Komppa T. Säteilysuojelun kansainvälisiä suosituksia uudistetaan: Mikä muuttuu ja milloin? Radiografia 2006; 1: 6–9.

Lang S, Jokela K. Biofysikaaliset vaikutukset. Kirjassa: Nyberg H, Jokela K (toim.). Sähkömagneettiset kentät. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 117–187.

Litmanen T, Kuustonen J, Jokela K. Sähkömagneettiset kentät terveysriskinä. Kirjassa: Nyberg H, Jokela K (toim.). Sähkömagneettiset kentät. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 501–526.

Nyberg H, Jokela K (toim.). Sähkömagneettiset kentät. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006.

Pastila R. Tuore UV-tohtori nauttii kesästä - mal-

tilla. Alara 2006; 2: 24.

Puranen L. Altistumisen mittaustapa ja lasikentämallit. Kirjassa: Nyberg H, Jokela K (toim.). Sähkömagneettiset kentät. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 455–499.

Viluksela M, Sainio E-L, Venäläinen R, Pastila R, Louekari K. Suomalaisten altistuminen kotiympäristön ja kosmetiikan kemiallisille aineille ja säteilylle. Ympäristö ja Terveys 2006; 10: 58–71.

Opinnäytetyöt

Nieminen K. Tietokonetomografialaitteen annosmittauksissa käytettävän ionisaatiokammion kalibrointi. Pro Gradu -työ. Helsingin yliopisto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, fyysikaalisten tieteiden laitos; 2006.

Valvontaraportit

Rantanen E. (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2005. STUK-B-STO 60. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006.

Rantanen E. (ed.) Radiation Practices. Annual Report 2005. STUK-B-STO 61. Helsinki: STUK; 2006.

Viranomaisohjeet

Suomenkieliset

Säteilylähteiden varoitusmerkinnät. Ohje ST 1.3. Säteilyturvakeskus (16.5.2006).

Röntgentutkimukset terveydenhuollossa. Ohje ST 3.3. Säteilyturvakeskus (20.3.2006).

Ruotsinkieliset

Varningsmärkning av strålkällor. Direktiv ST 1.3. Strålsäkerhetscentralen (16.5.2006).

Röntgenundersökningar i hälsovården. Direktiv ST 3.3. Strålsäkerhetscentralen (20.3.2006).

Englanninkieliset käännökset

Safety fundamentals in radiation practices. Guide ST 1.1. STUK (23 May 2005).

Warning signs for radiation sources. Guide ST 1.3. STUK (15.5.2006).

LIITE 3**ST-OHJEET. TILANNE 31.12.2006****Yleiset ohjeet**

- ST 1.1 Säteilytoiminnan turvallisuusperusteet, 23.5.2005
- ST 1.3 Säteilylähteiden varoitusmerkinnät, 16.5.2006
- ST 1.4 Säteilyn käyttöorganisaatio, 16.4.2004
- ST 1.5 Säteilyn käytön vapauttaminen turvallisuusluvasta ja ilmoitusvelvollisuudesta, 1.7.1999
- ST 1.6 Säteilysuojelutoimet työpaikalla, 29.12.1999
- ST 1.7 Säteilysuojelukoulutus terveydenhuollossa, 17.2.2003
- ST 1.8 Säteilyn käyttöorganisaatiossa toimivien henkilöiden pätevyys ja pätevyyden edellyttämä säteilysuojelukoulutus, 16.4.2004

Sädehoito

- ST 2.1 Sädehoidon laadunvarmistus, 22.5.2003
- ST 2.2 Sädehoitolaiteiden ja -tilojen säteilyturvallisuus, 2.2.2001

Lääketieteellinen röntgentutkimus

- ST 3.1 Hammasröntgenlaitteiden käyttö ja valvonta, 27.5.1999
- ST 3.2 Mammografialaitteet ja niiden käyttö, 13.8.2001
- ST 3.3 Röntgentutkimukset terveydenhuollossa, 20.3.2006
- ST 3.6 Röntgentilojen säteilyturvallisuus, 24.9.2001
- ST 3.7 Mammografiaan perustuva rintasyöpäseulonta, 28.3.2001

Teollisuus, tutkimus, opetus ja kaupallinen toiminta

- ST 5.1 Umpilähteiden ja niitä sisältävien laitteiden säteilyturvallisuus, 17.2.1999
- ST 5.3 Ionisoivan säteilyn käyttö fysiikan ja kemian opetuksessa, 17.2.1999
- ST 5.4 Säteilylähteiden kauppa, 2.10.2000
- ST 5.6 Säteilyturvallisuus teollisuusradiografiassa, 17.2.1999

- ST 5.8 Säteilylaitteiden asennus-, korjaus- ja huolto-työ, 17.2.1999

Avolähteet ja radioaktiiviset jätteet

- ST 6.1 Radionuklidilaboratorioiden säteilyturvallisuusvaatimukset, 1.7.1999
- ST 6.2 Radioaktiiviset jätteet ja päästöt, 1.7.1999
- ST 6.3 Säteilyn käyttö isotooppilääketieteessä, 18.3.2003

Säteilyannokset ja terveystarkkailu

- ST 7.1 Säteilyaltistuksen seuranta, 25.2.2000
- ST 7.2 Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet, 1.7.1999
- ST 7.3 Sisäisestä säteilystä aiheutuvan annoksen laskeminen, 1.7.1999
- ST 7.4 Säteilyannosten rekisteröinti 25.2.2000
- ST 7.5 Säteilytyötä tekevien työntekijöiden terveystarkkailu, 29.12.1999

Ionisoimaton säteily

- ST 9.1 Solariumlaitteiden säteilyturvallisuusvaatimukset ja valvonta, 1.12.2003
- ST 9.2 Pulssitutkien säteilyturvallisuus, 2.9.2003
- ST 9.3 ULA- ja TV-asemien mastotöiden säteilyturvallisuus, 2.9.2003
- ST 9.4 Yleisöesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteistojen säteilyturvallisuus, 8.10.1993

Luonnonsäteily

- ST 12.1 Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa, 6.4.2000
- ST 12.2 Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus, 8.10.2003
- ST 12.3 Talousveden radioaktiivisuus, 9.8.1993
- ST 12.4 Säteilyturvallisuus lentotoiminnassa, 20.6.2005

STUK-B sarjan julkaisuja

STUK-B 76 Rantanen Erkki (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2006.

STUK-B 75 Kainulainen E (toim.). Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. Vuosiraportti 2006.

STUK-B 74 Hämäläinen M (ed.). Nuclear Safeguards in Finland 2006.

STUK-B 73 Kainulainen E (toim.). Säteily- ja ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 4/2006.

STUK-B 72 Toivonen M. Suureet ja yksiköt säteilysuojelussa. Säteilyturvakeskus 1989.

STUK-B 71 Havukainen R, Pukkila O. Pilot-tutkimus hammasröntgentoiminnan tarkkailemiseksi postitse. Säteilyturvakeskus 1988.

STUK-B 70 Jokela K, Lukkarinen A. Pientaajuisten magneettikentän mittari. Säteilyturvakeskus 1988.

STUK-B 69 Toivonen M (toim.). Säteilymittarit säteilyvalvontaa, väestönsuojelumuodostelmia ja omatoimista suojelua varten. Vaatimukset ja suunnitteluohjeet. Säteilyturvakeskus 1988.

STUK-B 68 Havukainen R. Hammasröntgenlaitteiden valvonnasta saatuja tuloksia vv. 1981–1985. Säteilyturvakeskus 1986.

STUK-B 67 Jokela K, Lesczczynski K. Suurtaajuuskuumentimiin liittyviä säteilyturvallisuus- ja häiriösäteilykysymyksiä. Säteilyturvakeskus 1986.

STUK-B 66 Karila K. Mammografialaitteiden laadunvalvonta ja mammografialaitteissa 5 vuodessa tapahtuneet muutokset Suomessa. Säteilyturvakeskus 1986.

STUK-B 65 Servomaa A, Tapiovaara M. Väritelevisioiden säteilyturvallisuus. Säteilyturvakeskus 1986.

STUK-B-STO 62 Tenkanen-Rautakoski P. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2005. Helsinki 2006.

STUK-B-STO 61 Rantanen E (ed.) Radiation Practices. Annual Report 2005. Helsinki 2006.

STUK-B-STO 60 Rantanen E. (toim.) Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2005. Helsinki 2006.

STUK-B-STO 59 Rantanen E. (ed.) Radiation Practices. Annual Report 2004. Helsinki 2005.

STUK-B-STO 58 Korpela H. Radioaktiivisten lääkevalmisteiden käyttö Suomessa vuonna 2003. Helsinki 2005.

STUK-B-STO 57 Rantanen E. (toim.) Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2004. Helsinki 2005.

STUK-B-STO 56 Visuri R, Huurto L, Nyberg H. Muutokset solariumien käyttöpaikkojen säteilyturvallisuudessa 1998–2002. Helsinki 2004.

STUK-B-STO 55 Rantanen E. (ed.) Radiation Practices. Annual Report 2003. Helsinki 2004.

STUK-B-STO 54 Rantanen E. (toim.) Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2003. Helsinki 2004.

STUK-B-STO 53 Piri A. Säteilysuojelukoulutuksen tila ja tarve Suomessa vuonna 2003. Helsinki 2004.

STUK-B-STO 52 Miettinen A, Pirinen M. The Dose and Image Quality in Mammography Practice in Finland. Helsinki 2003.

STUK-B-STO 51 Rantanen E. (ed.) Radiation Practices. Annual Report 2002. Helsinki 2003.

STUK-B-raportit STUKin verkkosivuilla:
www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/listaus/?sarja=STUK-B