

alora

2 2006

AJANKOHTAISTA SÄTEILY- JA YDINTURVALLISUUDESTA



Tshernobylin jäljet

Laitonta kauppaa ydinalalla

ELINTARVIKKEISTA
aiheutuvat säteilyannokset
vaihtelevat paljon

ALARA

2 2006

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

JULKAISIJA

Säteilyturvakeskus

www.stuk.fi

TOIMITUS

PL 14, 00881 Helsinki

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

alara@stuk.fi

PÄÄTOIMITTAJA

Elina Martikka

elina.martikka@stuk.fi

TOIMITUSSIHTEERI

Riikka Laitinen-Sorvari

riikka.laitinen-sorvari@stuk.fi

TOIMITTAJA

Leena Hietanen

leena.hietanen@stuk.fi

KUSTANTAJA

Stellatum Oy

Upseerinkatu 1, 02600 Espoo

puh. (09) 5421 0100

TILAUKSET JA OSOITTEENMUUTOKSET

Stellatum Oy/Tilaaajapalvelu

puh. (09) 5421 0100

tilaaajapalvelu@stellatum.fi

www.stellatum.fi

TILAUSHINNAT SUOMESSA

Alara ilmestyy neljä kertaa vuodessa.

Kestotilaus 38 € (laskutusväli 12 kk),

määräaikaistilaus 43 € (kesto 12 kk),

irtonumero 12 €.

Kestotilauksena tilattu lehti tulee tilaajalle tilausjakso kerrallaan ilman eri uudistusta, kunnes tilaaja joko muuttaa sen määräaikaiseksi tai lopettaa tilauksen. Tilauksen hinta on tilausjakson alussa voimassa oleva hinta, joka on painettu lehteen. Tilauksen voi keskeyttää ennen tilausjakson loppua. Peruutus on tehtävä vähintään kaksi viikkoa ennen uuden tilausjakson alkamista. Mikäli peruutus ei saavu määräaikaan mennessä, laskutetaan tilaajan saamat lehdet irtonumerohintaan sekä peruutuksen aiheuttamat kulut 6 euroa. Tilausehdot löytyvät lehden jokaisesta numerosta. Osoitetietoja ei käytetä muussa kuin Stellatum Oy:n omassa toiminnassa.

ASIAKASREKISTERI

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

TAITTO

Annu Pörhönen/Stellatum Oy

14. vuosikerta ISSN 1235-1970

PAINOTYÖ

Forssan Kirjapaino Oy, Forssa 2004

Kannen kuva: Futureimagebank



Aikakauslehtien liiton jäsenlehti



ALARA KITEYTTÄÄ SÄTEILYSUOJELUN PÄÄPERIAATTEET

ALARA – As Low As Reasonably Achievable

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

Pääkirjoitus.....	3
Uutiset	4
Radioaktiivisen cesiumin pitoisuudet elintarvikkeissa	8
Tshernobyl jätti pysyvät jäljet viranomaisten kriisinhallintaan.....	12
Uusi säteilyvalvontaverkko on maailman uudenaikaisin.....	14
Herkkä Itämeri kiinnostaa tutkijoita	15
Viesti Tshernobyyltä	16
Miten radioaktiivisen aineen leviäminen nyt ennustettaisiin?	18
Ydinalan laitton kauppa on suurta ja järjestäytynyttä	20
UVA-säteilyllä on vielä tuntemattomia terveysvaikutuksia	22
Tuore UV-tohtori nauttii kesästä – maltilla	24
Uudet julkaisut.....	25
Olkiluodon Onkalo tutkimustilasta loppusijoituslaitokseksi	26
Pispalanharjun radonkorjauksista onnistui puolet	28
Teollisuusneuvos Jussi Manninen: Ydinvoima tekee uutta tulemistaan	30
Olkiluoto 3 on ensimmäinen EPR-reaktori maailmassa	33
Kysy säteilystä – Säteilytieteen professori vastaa.....	34

VIESTEJÄ TSHERNOBYLILTÄ

Reilut sata vuotta sitten, vuonna 1895, Wilhelm Röntgen keksi X-säteet. Vuotta myöhemmin Henry Becquerel keksi radioaktiivisuuden. Tästä alkoi säteilyn aika-kausi. Jo alkuaikoina ymmärrettiin, että suuriin säteilyannoksiin liittyy terveydellinen riski. Radioaktiivisuuden keksinyt Becquerelkin sai oppia säteilysuojelua kantapään kautta. Hänellä oli usein liivin taskussa lasiputkilo, joka sisälsi radiumia. Radiumin aiheuttama säteily aiheutti rintaan punoituksen, joka alkoi märkiä. "Suutarillakaan ei siis ollut kenkiä."

Ydinturvallisuuspuolella onni onnettomuuksissa on ollut turvallisuuden huima parantuminen. Harrisburgin onnettomuus 1979 ei aiheuttanut ympäristöpäästöjä, mutta se oli käännekohta ydinturvallisuustyössä. Tshernobylin onnettomuus seitsemän vuotta myöhemmin 1986 muutti koko turvallisuuskulttuurin. Onnettomuuden ilmoittamisesta muille maille ja keskinäisestä avunannosta sovittiin kansainvälisin sopimuksin. Lisäksi tehtiin parannuksia reaktorien käyttö- ja turvallisuusjärjestelmien varmistamiseen sekä mahdollisuuksiin lieventää onnettomuuksien seurauksia.

Tshernobylin onnettomuudesta on nyt reilut 20 vuotta. Onnettomuuden perintönä pitkäikäinen cesium-137 säteilee ympäristössämme vielä pitkään. Tässä lehdessä asiantuntijamme kertovat mitä Tshernobyl on meille opettanut. Koska säteily on osa arkipäiväämme, on tärkeää ymmärtää becquerelien merkitys elintarvikkeissa. Meitä kiinnostaa myös spekuloida sillä, että entä jos onnettomuus tapahtuisikin nyt. Liikutun, kun luen säteily- ja ydinturvallisuusalalla työskentelevän ukrainalaisen kollegamme Sergey Jevlevin Alara-lehdelle kirjoittaman tarinan "Message from Chernobyl". Tshernobyl on vaikuttanut elämäämme, ensin säikäyttämällä, sitten opettamalla.

Ydinvoima tekee uutta tulemistaan. Sen lisäksi, että Olkiluotoon rakennetaan viidettä ydinlaitosyksikköä, on Olkiluodossa toinenkin työmaa, maanalainen Onkalo. Asiantuntijamme kertovat Olkiluoto 3–työmaan kuulumisia sekä valottavat maanalaisen työmaan, tulevan ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen osan, rakentamiseen ja sen valvontaan liittyvistä erityispiirteistä.

Kauppa- ja teollisuusministeriössä pitkän päivätyön tehnyt teollisuusneuvos Jussi Manninen kertoo haastattelussaan, että ydinenergian tuotanto ja ydinjätteet ovat teknisesti hallittavissa olevia asioita. Mannisen "perintönä" saamme muistutuksen siitä, että ydinaseiden leviäminen on riski, joka ei ole teknisesti hallittavissa. Se on haaste, joka on otettava vakavasti – vauriutella mahdollisuuksien mukaan.

Helsingissä 26.5.2006

Elina Martikka





Kilpirauhasmittaus

KILPIRAUHASSEN JODIA VOIDAAN NYT MITATA UUDELLA LAITTEELLA

Vakavassa ydinonnettomuudessa tai tahallisen levityksen seurauksena voi ympäristöön vapautua radioaktiivisia aineita. Ydinonnettomuuden alkuvaiheessa tärkein aine on radioaktiivinen jodi. Kehoon päästyään jodi hakeutuu kilpirauhaseen, joka voi saada paljon korkeamman säteilyannoksen kuin mikään muu elin. Kilpirauhasessa olevan jodin määrä voidaan mitata tarkoitukseen suunnitelluilla ilmaisimilla. Säteilyturvakeskus (STUK) on hankkinut helpokäyttöisiä, kannettavia kilpirauhasmonitoreja. Uusia laitteita esiteltiin Isotooppipäivillä Naantalissa toukokuussa 2006.

”Syksyllä selvitetään yliopistollisten sairaaloiden ja keskussairaaloiden halukkuutta vastaanottaa jodimonitori sekä järjestetään laitteiden käyttökoulutusta halukkaille. Näin paikallisten vastuuhenkilöiden avustuksella mitaustoiminta voidaan valmiustilanteessa käynnistää nopeasti”, kertoo STUKin Säteilyhygienialaboratorion erikoistutkija Maarit Muikku.

RADIOAKTIIVINEN JODI HAITALLISINTA LAPSILLE

Laskeumatilanteessa ihminen saa kehoonsa radioaktiivista jodia suoraan hengitysilman mukana tai syödessään vihanneksia ja kasviksia, joiden pinnalle on laskeutunut jodia. Lisäksi ympäristöön joutunut jodi kulkeutuu ravintoketjussa rehun mukana maitoon ja siitä kautta ihmiseen.

Noin neljäsosa ihmiskehoon joutuneesta jodista kertyy kilpirauhaseen. Radioaktiivisen jodin on todettu aiheuttavan kilpirauhasesyöpää lapsina tai nuorina altistuneilla ihmisillä. Säteilysuojelussa kiinnitetäänkin erityistä huomiota lasten kilpirauhasen saaman säteilyannoksen pienentämiseen. Radioaktiivisesta jodista aiheutuu suurin annos pienen lapsen kilpirauhaselle.

MITTAAMINEN ON HELPPOA

Kilpirauhasmittaukset perustuvat ihmiskehossa olevien radioaktiivisten jodi-isotooppi-

en hajotessaan lähettämän gammasäteilyn havaitsemiseen.

STUK on hankkinut 25 kappaletta helpokäyttöisiä, kannettavia RKG-AT1320A-kilpirauhasmonitoreja. Monitorit ovat gammasektrometrejä ja ne koostuvat 1”x1” NaI(Tl)-tukeilmaisimesta, ohjausyksiköstä sekä kevyehköstä, käsin kannateltavasta lyijysuojasta.

Yksi mittaus kestää noin viisi minuuttia. Tulos saadaan heti mittauksen jälkeen ja sen perusteella arvioidaan henkilön saama säteilyannos. Näin tunnistetaan suuren kilpirauhasannoksen saaneet henkilöt ja heidän terveydentilaansa voidaan seurata jatkossa.

Laitteita voidaan käyttää myös muiden radioaktiivisten aineiden tunnistamiseen ja mittaamiseen.

JODITABLETEILLA SUOJATAAN KILPIRAUHASTA

Radioaktiivisen jodin kertymistä kilpirauhaseen voidaan merkittävästi vähentää antamalla ei-radioaktiivista (stabiili) jodia kaliumjodidin muodossa. Stabiili jodi kyllästää kilpirauhasen, jolloin radioaktiivinen jodi ei imeydy rauhaseen. Joditablettien ottaminen on erityisen tärkeää lapsille ja odottaville äideille. Yli 40-vuotiaille tabletin merkitys on vähäinen.

Laskeumatilanteessa joditabletti tulisi ottaa 1–6 tuntia ennen altistumista radioaktiiviselle jodille. Joditabletin suojavaikutus heikkenee, jos annos otetaan liian aikaisin tai liian myöhään. Kun radioaktiivisen jodin saannista on kulunut yli puoli vuorokautta, ei joditablettien nauttiminen enää vähennä kilpirauhasen saamaa säteilyannosta.

Tabletin nauttimisessa on noudatettava viranomaisten antamia ohjeita.

Vaikka joditabletti vähentää tehokkaasti radioaktiivisesta jodista kilpirauhaselle aiheutuvaa annosta, se ei ole mikään ihmelääke, joka suojaaa ihmisen elimistöä yleensä säteilyn haitallisilta vaikutuksilta.

Tshernobyl ei lisännyt kilpirauhassyövän riskiä suomalaisilla lapsilla

Tshernobyl-onnettomuus ei ole suurentanut kilpirauhassyövän riskiä lapsilla tai nuorilla Suomessa. Kilpirauhassyöpien määrä on lisääntynyt 20 vuodessa. Lisäys ei kuitenkaan keskity alueille, jotka saivat eniten Tshernobyl-laskeumaa.

Säteilyturvakeskuksen tutkimuksessa onnettomuushetkellä alle 20 vuoden ikäiset suomalaiset jaettiin kahden ryhmään Tshernobylin onnettomuudesta johtuvan lasten kilpirauhasten säteilyannosarvion perusteella. Vähemmän altistusta tuli Pohjois-Suomeen ja enemmän Etelä- ja Länsi-Suomeen. Tutkimuksessa selvitettiin kilpirauhassyöpien ilmaantuvuutta näillä kahdella alueella ennen Tshernobyl-onnettomuutta vuosina 1970–1985 ja onnettomuuden jälkeen vuosina 1991–2003. Tiedot syövästä saatiin Suomen Syöpärekisteristä.

Syöpään sairastumista seurattiin onnetto-

muuden jälkeen yli 1,3 miljoonalla suomalaisella. Heillä havaittiin noin 480 kilpirauhassyöpää. Ennen onnettomuutta kilpirauhassyöpiä todettiin väestömäärään nähden jonkin verran enemmän Pohjois-Suomessa kuin Etelä- ja Länsi-Suomessa. Onnettomuuden jälkeen kilpirauhassyöpä yleistyi edelleen vähemmän altistuneessa väestössä, mutta vastaavan suurista lisäystä ei ilmennyt enemmän altistuneilla.

”Tulos on ennako-odotusten mukainen, sillä arvioitut säteilyannokset olivat hyvin pieniä. Syitä Pohjois-Suomen suurempaan kilpirauhassyövän ilmaantuvuuteen ei tiedetä”,

kertoo laboratorionjohtaja Päivi Kurtio Säteilyturvakeskuksen Epidemiologia ja biostatistiikka -laboratoriosta.

Huhtikuussa 2006 tuli kuluneeksi 20 vuotta Tshernobylin onnettomuudesta. Onnettomuuden jälkeen lasten kilpirauhassyövä ovat lisääntyneet voimakkaasti onnettomuusalueen lähiympäristössä Valko-Venäjällä, Ukrainassa ja Venäjällä, missä säteilyannosten on arvioitu olleen satoja kertoja korkeammat kuin Suomessa. Suomessa Tshernobyl-onnettomuudesta aiheutuu nykyään alle prosentti vuosittaisesta kokonaissäteilyannoksesta.

STUK MUKANA SYKSYN YMPÄRISTÖMESSUILLA



Säteilyturvakeskus valistaa suomalaisia radonin riskeistä ja radonturvallisesta rakentamisesta sekä radioaktiivisista aineista talousvedessä ja elintarvikkeissa lokakuussa Helsingin Messukeskuksessa. Seminaari on osa ympäristöalojen ammattimessujen maksutonta koulutustarjontaa. Muita maksuttomien seminaarien järjestäjiä ovat esimerkiksi Uudenmaan ympäristökeskus, Ilmansuojeluyhdistys ja Vesiyhdistys.

STUKin seminaari alkaa torstaina 19.10. aamupäivällä sisäilman radonia koskevalla osuudella. Iltapäivällä keskitytään ravinnon ja veden radioaktiivisiin aineisiin.

Ympäristö 2006, Yhdyskunta 2006, Vesi & Viemäri 2006 ja Jäte & Kierrätys 2006 -messut alkavat keskiviikkona 18.10. ja päättyvät perjantaina 20.10. Messuista ja seminaariohjelmasta kerrotaan tarkemmin osoitteessa www.ymparistomessut.fi.

TYÖPAIKKOJEN AIKA VARAUTUA SÄHKÖMAGNEETTISTEN KENTTIEN VALVONTAAN

Euroopan unionin direktiivi työpaikkojen sähkömagneettisista kentistä on vahvistettava Suomessa viimeistään huhtikuussa 2008.

”Monien työpaikkojen olisi tässä vaiheessa hyvä herätä Ruususen unestaan erityisesti metalliteollisuudessa ja alkaa valmistautua asiaan”, tutkimusprofessori Kari Jokela Säteilyturvakeskuksesta kehottaa.

Sähkömagneettisia kenttiä synnyttävien laitteiden käyttö yleistyy ja työntekijöitä halutaan suojata terveysriskeiltä. Työterveyslaitos ja STUK järjestivät aiheesta ajankohtaispäivät toukokuussa Tampereella.

Uusi direktiivi määrittää jatkossa työpaikkojen sähkömagneettisten kenttien altistusraajat, joita ei saa ylittää. Direktiivissä määritel-

lään myös toiminta-arvot, joita ylittävää sähkömagneettista säteilyä on seurattava ja rajoitettava, jollei ole varmaa, että enimmäisarvoja ei ylitetä.

”Liian suuri altistus on helppo havaita”, Jokela tähdentää. Radiotaajuinen sähkömagneettinen säteily aiheuttaa kehon lämpenemistä ja ääritapauksissa palovamman.

Pienestä altistuksesta ei ole haittaa. Raja-arvot määritelläänkin siten, että työntekijälle jää kohtalainen turvamarginaali.

Sähkömagneettisia kenttiä syntyy työpaikoilla monissa eri tehtävissä. Pientaajuisille kentille altistutaan esimerkiksi sähkön tuotannossa, muuntamoissa ja hitsauslaitteita käytettäessä.

Suhteellisen voimakkaita keski- ja radiotaajuisia kenttiä käytetään esimerkiksi varashälyttimissä ja metallinpaljastimissa.

Tietyt työntekijäryhmät altistuvat myös tukiasemille, tutkille ja radio- sekä televisiolähettimille.

Sähkömagneettisen säteilyn vaaroja on monilla teollisuuden työpaikoilla. Esimerkiksi muovien saumaamisessa keho voi lämmetä ja sormet voivat palaa, jos ne joutuvat elektrodien väliin.

Asiantuntija-apua työpaikoilla tehtäviin riskiarviointeihin ja niihin liittyviin mittauksiin on saatavissa muun muassa Työterveyslaitoksesta ja STUKista.

Tuore raportti sähkömagneettikenttien terveysvaikutuksia koskevista tutkimuksista

"SELVIÄ TERVEYSHAITTOJA EI OLE OSOITETTU"

”Selvää näyttöä radiotaajuuksilla esiintyvän sähkömagneettisen kentän terveyshaitoista ei edelleenkään ole”, tiivistää Säteilyturvakeskuksen tutkimusprofessori Anssi Auvinen viimeaikaiset tutkimustulokset.

Tuoreet tulokset syöpä- ja DNA-tutkimuksista eivät tuo esiin terveyshaittoja hyvin matalataajuuksisista sähkömagneettikentistä.

Laaja lasten leukemiaa ja voimalinjojen aiheuttamaa kenttää koskeva englantilaistutkimus sai kritiikkiä puutteista siinä, miten altistumisen arvioitiin. Auvinen kertoo, että eläinkokeissa syöväen lisääntymistä vastaavien kenttien vaikutuksesta ei ole havaittu.

”Tutkijat ovat tässä ymmällään. Onko olemassa joku vaikutus, joka ei kohdistu muihin eliöihin kuin ihmisiin, tai liittykö voimalinjojen lähellä asumiseen muita tekijöitä, jotka suurentavat leukemian vaaraa.”

Amerikkalainen tutkijaryhmä on toistanut aiemman tutkimuksen radiotaajuisen säteilyn vaikutuksista veriaivoesteen toimintaan. Aiemmassa raportissa kuvattu vaikutuksia ei pystytty havaitsemaan.

Kaksi tuoretta Interphone-hankkeen tutkimusta viittaa siihen, ettei matkapuhelimen käyttö suurenni aivokasvainriskiä. Pitkäaikaisessa käytössä on tiettyjä viitteitä kuulohermokasvaimista ja aiheesta kaivataan lisätutkimusta.

Radio- ja tv- sekä tukiasemien aiheuttamiin kenttiin liittyviä riskejä selvittäneissä tutkimuksissa on ollut suuria menetelmällisiä puutteita.

”Matkapuhelimiin verrattuna kentät ovat hyvin heikkoja”, Auvinen huomauttaa.

Ruotsin säteilyturvaviranomaisen SSL:n asiantuntijaryhmä on käynyt läpi vuoden 2005 tutkimustulokset sähkömagneettikenttien terveysvaikutuksista. Raportti julkaistaan vuosittain. Anssi Auvinen ohella ryhmään kuuluvat Suomesta Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitoksen professori Jukka Juutilainen sekä Työterveyslaitoksen pääjohtaja Harri Vainio. Muut jäsenet ovat Ruotsista, Ranskasta, Iso-Britanniasta ja Yhdysvalloista.

STUK KUTSUU UUSIA KUNTIA MUKAAN RADONTALKOISIIN

Säteilyturvakeskus (STUK) lähettää kesäkuun aikana kaikille kunnille kutsun radontalkoisiin. Myös radonkorjauskoulutusta järjestetään yrityksille ja kuntien viranomaisille mahdollisesti jo loppuvuonna.



Suomessa arvioidaan olevan edelleen noin 70 000 asuntoa, joissa radonille asetettu enimmäisarvo 400 becquereliä kuutiometrissä ilmaa ylittyy. Näistä asunnoista on löydetty vasta joka seitsemäs. STUKin luonnonsäteilylaboratorion johtajan Hannu Arvelan mukaan radontalkoisiin kaivataankin mukaan uusia kuntia.

”Tavoitteenamme on, että vuoteen 2010 mennessä talkoot olisi järjestetty kaikkien Suomen kuntien alueella. Erityisen tärkeää olisi saada mitattua asunnot korkean radonpitoisuuden alueella Etelä-Suomessa.”

STUK lähettää kesäkuussa 2006 kaikkiin kuntiin kutsun radontalkoisiin. Ensimmäiset talkoot pyritään aloittamaan lokakuussa.

Talkookuntien asukkaat voivat tilata radonmittauksen oman kunnan kautta puoleen hintaan. Radonmittaus on suositeltavaa tehdä pientaloissa, rivitaloasunnoissa ja kerrostalojen alimpien kerrosten asunnoissa. Mittaukset tehdään lämmityskaudella marras-huhtikuussa.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen mukaan huoneilman radonpitoisuus ei saisi

ylittää 400 becquereliä kuutiometrissä ilmaa. Lisäksi uudet talot on suunniteltava niin, että radonpitoisuus jää alle arvon 200 becquereliä. Tämä arvo ylittyi useissa kunnissa yli 40 prosentissa mitatuista asunnoista.

Radon on hajuton ja mauton radioaktiivinen kaasu, joka pääsee sisäilmaan talon perustuksissa olevien rakojen kautta. Radonin arvioidaan aiheuttavan 100–600 keuhkosyöpää vuosittain, ja talkoiden päätavoitteena onkin keuhkosyöpätapausten vähentäminen.

RADONKORJAUSKOULUTUSTA YRITYKSILLE

Radonkorjauskoulutus yrityksille ja viranomaisille on osa sosiaali- ja terveysministeriön tukemaa Radontalkoot-kampanjaa. STUK on yhdessä lääninhallitusten ja ministeriön kanssa järjestänyt kuusi päivän mittaista tilaisuutta: Hollolassa, Tampereella, Kotkassa, Helsingissä, Nokialla ja Kouvolassa. Osanottajia näissä on ollut yhteensä lähes 250. Radonkorjauskoulutusta jatketaan mahdollisesti jo loppuvuonna.

”Koulutukseen on osallistunut enimmäk-

seen kuntien viranomaisia. Radonkorjauksia tekeviä yrityksiä on vielä vähän, ja niitä kaivattaisiinkin koulutustilaisuuksiin entistä enemmän”, kertoo Heikki Reisbacka STUKin radonmittauspalvelusta.

RADONTALKOISSA LÖYTYNYT YLI 1500 KORJATTAVAA ASUNTOA

Radontalkoissa on vuosina 2003–2006 löytynyt yli 1500 asuntoa, joissa ylittyy radonille asetettu enimmäisarvo 400 becquereliä kuutiometrissä ilmaa. STUK suosittelee tällaisten asuntojen korjaamista radonpitoisuuden alentamiseksi.

STUKin yhdessä 112 kunnan kanssa järjestämässä talkoissa on mitattu yhteensä 10 300 kodin radonpitoisuus. Yli 1500 asunnossa on korjattavaa radonpitoisuuksien alentamiseksi. Etelä-Suomen läänin alueella tulokset ovat keskimäärin selvästi korkeampia kuin muualla maassa. Hollolassa, Tampereella ja Kotkassa mitatuista asunnoista yli 20 prosenttia on ylittänyt korjausrajan.

RADIOAKTIIVISEN CESIUMIN PITOISUUDET ELINTARVIKKEISSA VAIHTELEVAT HUOMATTAVASTI



Metsäntuotteissa ja järvi-
kaloissa on edelleen Tsherno-
byl-laskeumasta peräisin
olevaa radioaktiivista
cesiumia paikoitellen
melko korkeitakin pitoi-
suuksia. Nämä pitoisuudet
alenevat hitaasti. Maatalous-
ja puutarhatuotteissa sitä vas-
toin on hyvin vähän cesiumia.

Tshernobylin ydinvoimalaitosonnet-
tomuus entisessä Neuvostoliitossa
vuonna 1986 aiheutti laajoilla alueilla
radioaktiivisten aineiden laskeuman.
Nykyisin, 20 vuotta onnettomuuden jälkeen,
pitkäikäisistä nuklideista säteilyaltistuksen
kannalta merkittävin on cesium-137. Elintar-
vikkeiden kautta cesiumista aiheutuvaa sätei-
lyaltistusta vähennetään erilaisin toimenpitein
useissa Euroopan maissa. Tällaisia toimenpi-
teitä ovat esimerkiksi tuontirajoitukset EU:n
alueelle, elävien eläinten säteilymittaukset
tuotteiden radioaktiivisuuspitoisuuksien arvi-
oimiseksi, puhtaalla rehulla ruokinta tai ce-
siumia sitovan aineen käyttö eläinten ruo-
kinnassa.

Suomessa Tshernobylin onnettomuudesta
aiheutunut radioaktiivisten aineiden laskeuma
jakautui eri alueille hyvin epätasaisesti. Poh-
jois-Suomeen ja osiin Itä-Suomea Tshernoby-
laskeumaa tuli vähän. Muussa osassa maa-
ta on eniten laskeumaa sellaisilla alueilla, joil-

la satoi radioaktiivisen pilven kulkiessa ylitse.
Lisäksi cesium-137-pitoisuuksien vaihtelua li-
säävät luonnossa monet tekijät, esimerkik-
si maan ja järvien ravinnetilanne, kasvupai-
kan kosteusolosuhteet, veden virtausnopeus
ja viipymä järvissä.

EU:SSA PYRITÄÄN MAHDOLLISIMMAN PIENIIN SÄTEILYANNOKSIIN

Euroopan unionin komissio on kiinnittänyt
huomiota Tshernobylin onnettomuuden ai-
heuttamaan pitkäaikaiseen saastumistilantee-
seen. EU:n alueelle tuotavien elintarvikkeiden
cesiumin pitoisuusraja on 600 becquereliä ki-
loa kohden (Bq/kg). Komissio on suositellut
(2003/274/EY), että tätä pitoisuusrajaa nou-
datetaan myös silloin, kun EU:n omalla alueel-
la saatetaan markkinoille riistaa, metsämarjoja
ja -sieniä sekä sisävesien petokaloja. Suositus
sisältää myös tilanteesta tiedottamisen alueil-
la, joilla suosituksen enimmäistasot saattavat
ylittyä, koska tietoisuus luonnosta saatavien

elintarvikkeiden cesiumpitoisuuksista heikke-
nee vähitellen.

Enimmäisrajan 600 Bq/kg ylityksiä Suomes-
sa löytyy lähinnä sisävesien petokaloista ja
joistakin sienilajeista paljon laskeumaa saa-
neilla alueilla. Satunnaisesti yli 600 Bq/kg pi-
toisuuksia on myös riistassa ja harvoin joissa-
kin metsämarjoissa. Kaikissa viljellyissä maa-
talous- ja puutarhatuotteissa cesiumpitoisuu-
det ovat pieniä myös eniten laskeumaa saa-
neilla alueilla.

Tulli valvoo tuontielintarvikkeita, eikä pitoi-
suusrajan 600 Bq/kg ylityksiä ole ollut.

KALAA KAKSI KERTAA VUOKOSSA

Elintarvikevirasto antoi vuonna 2004 kalan-
syöntisuosituksen, jossa otetaan huomioon
muiden haitallisten aineiden lisäksi myös ce-
sium-137. Kun noudattaa suosituksessa an-
nettuja ohjeita, samalla voi vähentää myös
radioaktiivisesta cesiumista aiheutuvaa sätei-
lyaltistusta.

Kalaa suositellaan syötäväksi sen terveellisten vaikutusten vuoksi kaksi kertaa viikossa eri kalalajeja vaihdellen. Poiketen tästä yleissuosituksesta lapset, nuoret ja hedelmällisessä iässä olevat voivat syödä haukea 1–2 kertaa kuukaudessa. Sisävesialueiden kalaa lähes päivittäin syöville suositellaan myös muiden petokalojen käytön vähentämistä. Näitä kaloja hauen lisäksi ovat isot ahvenet, kuha ja made.

Sisävesien petokaloja voi syödä ajoittain runsaastikin, kunhan tasoittaa niiden syömistä vuoden mittaan.

SUURIN OSA SIENIEN CESIUMISTA POIS LIOTUKSELLA

Monet keräävät omaan käyttöön sieniä myös paljon laskeumaa saaneilta alueilta. Vaikka niiden pitoisuudet olisivat korkeitakin ja ne ylittäisivät myytävälle tuotteille suositellun enimmäispitoisuuden, voi niitä kohtuullisia määriä käyttää ravinnoksi. Tavanomaisista suhteellisen pienistä kulutusmääristä ei säteilyannosta kerry paljoakaan vuoden aikana.

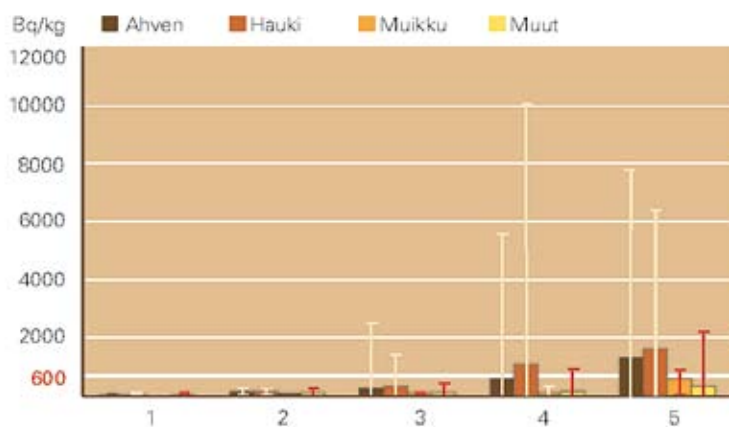
Runsaasti sieniä käyttävät voivat helposti vähentää cesiumpitoisuutta sienien käsittelyllä. Tuoreita, kuivattuja tai suolattuja sieniä liottamalla tai keittämällä voi poistaa pääosan cesiumista veden mukana.

Sienistä saatavaa säteilyaltistusta voi myös halutessaan vähentää välttämällä paljon cesiumia keräävien sienilajien runsasta käyttöä ja suosimalla sen sijaan vähän cesiumia kerääviä sienilajeja. Vähän cesiumia kerääviä lajeja ovat korvasieni, lampaankääpä, herkkusieni, mesisieni, ukonsieni, punikkittatti ja voitatti. Kohtalaisesti cesiumia kerääntyy herkkutattiin, kantarelliin ja haperoihin. Paljon cesiumia kerääviä sienilajeja ovat suppilovahvero, mustatorvisieni, rouskut, kangastatti, kehäsieni, orakkaat ja mustavahakas.

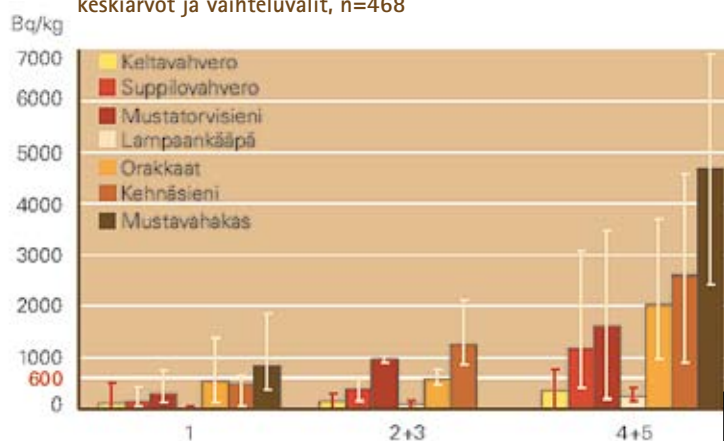
CESIUMPITOISUUDET LUONNONTUOTTEISSA VAIHTELEVAT PALJON

Luonnosta hankittujen elintarvikkeiden myyjät tarvitsevat tietoa paikallisista elintarvikkeiden cesiumpitoisuuksista. Elintarvikkeiden viennissä on erityisen tärkeää olla selvillä, paljonko cesiumia tuotteet sisältävät. Myös paljon erilaisia luonnontuotteita korkean laskeuman alueelta kerääville henkilöille olisi paikallisista pitoisuustiedoista hyötyä yleisten ka-

Kalojen cesium-137 laskeuma-alueittain 1999–2003, keskiarvot ja vaihteluvälit, n=808



Cesium-137 sienissä vuosina 1999–2004, keskiarvot ja vaihteluvälit, n=468



Kalojen ja sienien cesium-137-pitoisuuksia eri laskeuma-alueilta STUKissa mitatuissa näytteissä. Eniten laskeumaa tuli alueelle 5 ja vähiten alueelle 1.

lojen ja sienien käyttöä koskevien ohjeiden täydentäjinä.

Tiedottamisessa ja paikallisen tilanteen arvioinnissa ongelmana on, että kalojen cesiumpitoisuuksissa on suuria eroja laskeumaltaan samanlaisiksi luokiteltujen alueiden eri järven välillä. Samoin sienien cesiumpitoisuudet vaihtelevat paljon laskeumaltaan samanlaisilakin alueilla. Joidenkin kalojen ja sienien cesiumpitoisuudet voivat paljon laskeumaa saaneilla alueilla olla tuhansia becquerelejä kilossa. Toisaalta samoilta alueilta saatavien kalojen ja sienien cesiumpitoisuudet voivat olla myös pieniä.

Luonnosta saatavissa elintarvikkeissa cesiumpitoisuudet vaihtelevat riippuen lajista, alueelle tulleen laskeuman määrästä, kasvupaikasta ja muista ympäristöolosuhteista. Varsinkin eri kala- ja sienilajien väliset erot ovat suuria.

Paikallisten vaihteluiden selvittämiseen tarvitaan paikallisiin oloihin soveltuva mittausohjelma, jolla kartoitetaan, missä järvissä on korkeita, missä matalia pitoisuuksia. Sienien tilannetta voitaisiin tarkastella joidenkin esimerkkilajien avulla.

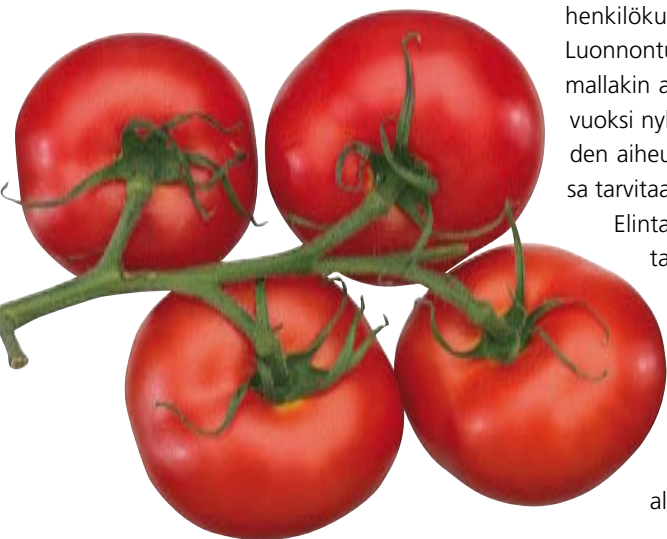
CESIUMISTA AIHEUTUVAT SÄTEILY- ANNOKSET OVAT PIENIÄ

Radioaktiivisten aineiden aiheuttamaa haittaa kuvaa niistä aiheutuva säteilyannos. Ravinnon cesium-137:stä aiheutuva annos on sitä suurempi, mitä suurempi on luonnontuotteiden osuus ravinnosta ja mitä suurempi cesiumpitoisuus on luonnontuotteissa. Ruuan mukana saadusta 80 000 becquerelistä cesium-137:ää aiheutuu noin yhden millisievertin (mSv) säteilyannos. Tällaisen määrän saadakseen tulisi käyttää esimerkiksi 80 kiloa elintarvikkeita, joiden pitoisuus on 1000 Bq/kg, tai 20 kiloa elintarvikkeita, joiden pitoisuus on 4000 Bq/kg. Pienikin säteilyannos aiheuttaa pienen lisäyksen elinikäiseen syöpäriskiin.

Suomalaiset saavat kaikista lähteistä yhteensä vuosittain keskimäärin noin 4 mSv:n säteilyannoksen. Keskimääräisestä ruuan cesiumista aiheutuva annos on noin 0,01 mSv eli selvästi alle yhden prosentin osuus vuotuisesta kokonaisannoksesta. Ruuasta aiheutuva annos voi olla monikymmenkertainen, jos käyttää ravinnoksi runsaasti luonnontuotteita paljon laskeumaa saaneilta alueilta. Kaikessa ruuassa on myös luonnon omia radioaktiivisia aineita, joista aiheutuu noin 0,3 mSv:n annos vuodessa.

SÄTEILYTILANTEEN HALLINNASSA PAIKALLISET MITTAUKSET TÄRKEITÄ

Suomessa on noin 40 paikallista elintarvike- ja ympäristölaboratoriota, joissa voidaan mitata elintarvikkeiden radioaktiivisuuspitoisuuksia. Niissä voi esimerkiksi mittauttaa myytäviksi tarkoitetut tuotteet.

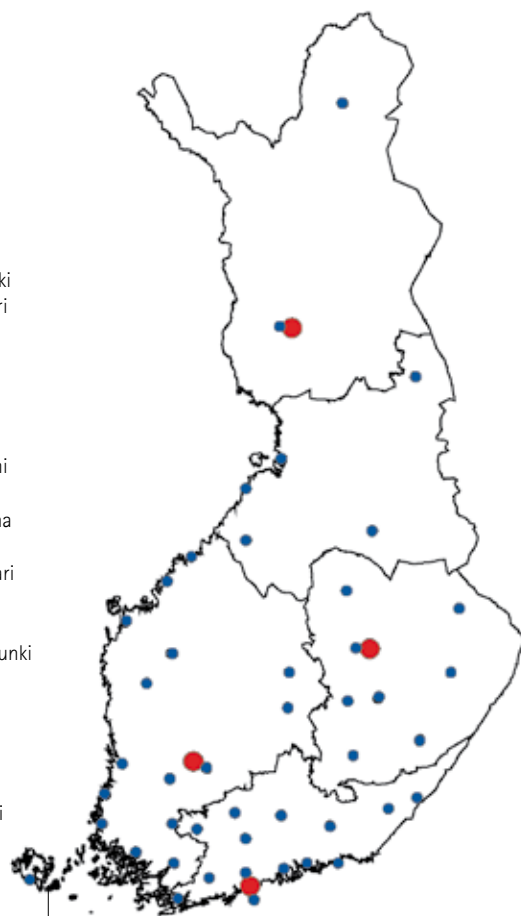


ALUEELLISET LABORATORIOT

Helsinki
Kuopio
Rovaniemi
Ylöjärvi

PAIKALLISLABORATORIOT

Forssa Oulu
Helsinki Pieksämäki
Hämeenlinna Pietarsaari
Iisalmi Pori
Imatra Porvoo
Inari Raahe
Joensuu Rauma
Jyväskylä Riihimäki
Kajaani Rovaniemi
Kauhajoki Salo
Kokkola Savonlinna
Kotka Seinäjoki
Kouvola Tammisaari
Kuopio Tampere
Kuusamo Turku
Lahti Uusikaupunki
Lappeenranta Vaasa
Lieksa Vammala
Lohja Vantaa
Loimaa Varkaus
Loviisa Ylivieska
Maarianhamina Äänekoski
Mikkeli



Näytteiden radioaktiivisuuspitoisuuksia mittaavat alueelliset ja paikalliset laboratoriot. Alueellisia laboratorioita (punainen pallo) on neljä, Helsingissä, Kuopiossa, Rovaniemellä ja Ylöjärvellä. Paikallislaboratorioita (sininen pallo) on yhteensä 45 eri puolilla Suomea.

Mittaukset ovat maksullisia. Säteilyturvakeskus kouluttaa paikallisten laboratorioiden henkilökuntaa ja ohjaa mittaustoimintaa. Luonnontuotteiden cesiumpitoisuuksissa samallakin alueella esiintyvän suuren vaihtelun vuoksi nykyisessä Tshernobylin onnettomuuden aiheuttamassa pitkäaikaisessa tilanteessa tarvitaan paikallisia mittauksia.

Elintarvikkeiden turvallisuuden kannalta laboratorioverkon toimintavalmius on oleellinen osa varautumista mahdollisiin uusiin säteilytilanteisiin. Tilanteen hallintaan tarvitaan paljon mittauksia, koska radioaktiivisten aineiden pitoisuudet voivat vaihdella huomattavasti alueellisesti ja samankin alueen sisäl-

lä. Pitoisuudet myös muuttuvat ajan kuluessa. Lisäksi säteilytilanteessa maataloustuotteiden radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia voidaan vähentää erilaisin toimenpitein, esimerkiksi käyttämällä laidunruokinnan sijasta suojassa ollutta tai puhtaalta alueelta peräisin olevaa rehua. Eläinten ruokinnassa voidaan myös käyttää aineita, jotka estävät cesiumin imeytymistä rehuista. Saastunut kasvusto voidaan poistaa pellolta pian laskeuman jälkeen. Saastuneilla pelloilla voitaisiin myös viljellä muita kuin elintarvikkeiksi tarkoitettuja kasveja.

Elintarvikkeiden pitoisuusmittauksia ja elintarvikkeiden turvallisuutta parantavia toimenpiteitä voidaan tarvita lievässäkin laskeumatilanteessa, vaikka muuten säteilytilanne ei aiheuttaisi erityistoimia.

LUONNONTUOTTEISTA AIHEUTUVIIN SÄTEILY- ANNOKSIIN VAIKUTTAVAT KULUTUS JA LASKEUMA-ALUE

JÄRVIKALA

Suomessa syödään kalaa vuoden 2004 tilaston (RKTL – Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos) mukaan 5,3 kiloa vuodessa henkeä kohden.

Keskimääräisellä kulutuksella ja laskeuma-alueilta mitattujen näytteiden pitoisuuksien keskiarvoilla laskien saadaan vähiten laskeumaa saaneella alueella keskimääräiseksi annokseksi noin 0,002 mSv vuodessa kun oletetaan, että kulutuksesta puolet on järvikalaa. Alueella 5, jolle tuli eniten laskeumaa, annos on vastaavasti noin 0,03 mSv vuodessa.

Kalansyöntisuosituksen mukaan kalaa on hyvä syödä kahdesti viikossa. Jos annoskoko on 200 grammaa, niin se johtaa 20 kilon kulutukseen vuodessa. Jos henkilö syö pelkästään järvikalaa, niin lievimmän laskeuman alueella siitä aiheutuu noin 0,02 mSv vuodessa. Eniten laskeumaa saaneella alueella vastaava annos olisi noin 0,3 mSv vuodessa ja pitoisuusvaihtelut huomioon ottaen enimmillään noin 0,5 mSv vuodessa.

Kalasta saatavat annokset voivat siis olla yli kymmenkertaiset eniten laskeumaa saaneilla alueilla verrattuna vähiten laskeumaa saaneeseen alueeseen.

MARJAT

Luonnonmarjoja syödään Suomessa keskimäärin kahdeksan kiloa henkeä kohden vuodessa. Enimmillään vuosittaisen kulutusmäärän arvioidaan olevan 30 kiloa metsämarjoja. Kaupan olevat metsämarjat ovat pääosin peräisin Itä- ja Pohjois-Suomesta, jotka ovat cesium-137:n suhteen puhtaimpia alueita Suomessa. Vain pieni osa myyntiin tulevista marjoista tulee eniten Tshernobyl-laskeumaa saaneilta alueilta.

Kaupan olevien mustikoiden ja puolukoiden cesium-137:n keskipitoisuus on alle 20 Bq/kg, joten niistä aiheutuva säteilyaltistus on pieni. Keskiwertokuluttajalle (8 kg vuodessa) se tarkoittaa noin 0,002 mSv:n säteilyannosta vuodessa. Laskeuma-alueilta 4 tai 5 poimittuja metsämarjoja käyttävä henkilö saa keskimääräisestä marjojen kulutuksesta vajaan 0,03 mSv

ja suurkuluttaja (30 kg vuodessa) noin 0,1 mSv vuodessa.

HIRVENLIHA

Hirvenlihaa syödään Suomessa keskimäärin alle kaksi kiloa henkeä kohden vuodessa. Enimmillään vuosittainen kulutusmäärä on 50 kiloa hirvenlihaa. Hirvisaaliista suurin osa on peräisin alueelta, jolle tuli vähän laskeumaa.

Eri alueilta peräisin olevan hirvenlihan cesium-137:n keskipitoisuus oli vuonna 2005 noin 60 Bq/kg. Keskimäärin suomalaisten säteilyannos hirvenlihasta oli vajaan 0,002 mSv. Pääosa hirvenlihasta syödään kuitenkin metsästäjätalouksissa. Metsästäjiä on Suomessa noin 300 000. Jos vuoden 2005 hirvisaalis (noin 7,8 miljoonaa kiloa) jaetaan metsästäjää kohti, tulee siitä noin 25 kg taloutta kohti. Suurkuluttajan (50 kg vuodessa) saama säteilyannos hirvenlihan cesiumista on laskeuma-alueiden 4 ja 5 keskimääräistä hirvenlihan pitoisuutta käyttäen noin 0,2 mSv ja pitoisuusvaihtelut huomioon ottaen enimmillään noin 0,5 mSv vuodessa.

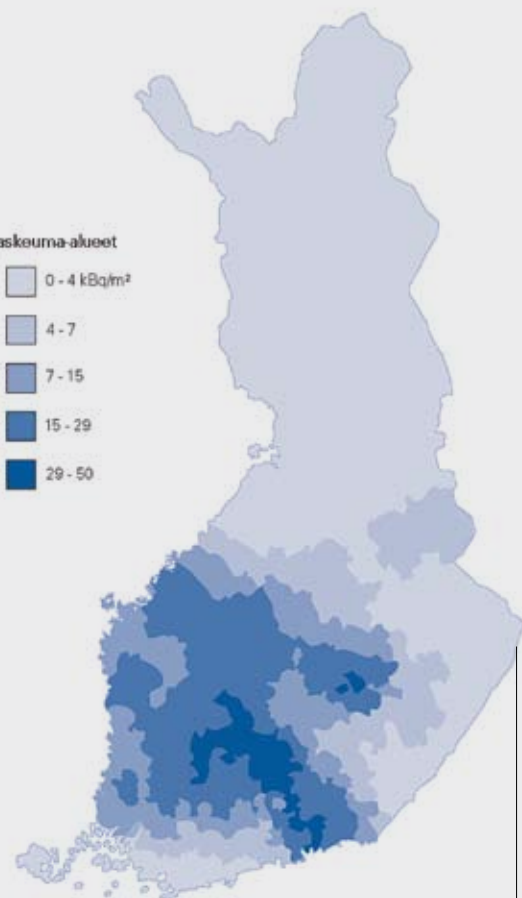
SIENET

Metsäsieniä syödään Suomessa keskimäärin alle kaksi kiloa vuodessa, ja enimmillään kulutus on kuusi kiloa. Kaupan olevat sienet ovat pääosin peräisin puhtaimmista alueista Itä- ja Pohjois-Suomesta.

Sienien cesiumista aiheutuva säteilyannos vaihtelee paljon sen mukaan, mitä sienilajeja käytetään ja kuinka sienet käsitellään. Sienistä saatavaa säteilyannosta on helppo vähentää liottamalla tai kiehattamalla sienet runsaassa vedessä ennen ruuaksi valmistamista.

Laskeuma-alueilta 4 ja 5 poimituista vähän cesiumia sisältävistä sienistä (esim. punikki-tatit ja lampaankääpä) keskiwertokuluttajalle

Laskeuma-alueet



Vuonna 1986 tapahtuneen Tshernobyl-onnettomuuden cesium-137 -laskeuman alueellinen jakautuminen. Aluejako perustuu laskeuman kuntakohtaisiin keskiarvoihin.

Tieto laskeuma-alueesta kunnittain on saatavissa STUKin Internet-sivuilta. Numeroarvoissa on huomioitu radioaktiivinen hajoaminen vuoteen 2006 mennessä.

vuodessa aiheutuva säteilyannos on 0,006 mSv ja suurkuluttajalle (6 kg/vuosi) noin 0,02 mSv. Kohtalaisesti cesiumia sisältävistä sienistä annokset ovat edellisiin verrattuna noin kaksinkertaiset. Runsaasti cesiumia sisältävistä sienistä (esim. suppilovahvero ja mustatorvisieni) aiheutuva annos keskiwertokuluttajalle on keskimäärin 0,04 mSv ja suurkuluttajalle alle 0,2 mSv vuodessa. Vähän laskeumaa saaneilla alueilla sienistä saatavat annokset ovat selvästi pienempiä.



Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuus muutti suomalaisten suhdetta onnettomuuksiin niin merkittävästi, että voidaan puhua ajasta ennen ja jälkeen Tshernobylin. Onnettomuuden vaikutukset näkyvät niin hallinnossa, teknisessä kehityksessä ja tiedottamisessa kuin poliittisessa päätöksenteossa.

Valmiusjohtaja Janne Koivukoski työskenteli sisäasiainministeriössä jo Tshernobyl-onnettomuuden aikaan.

TSHERNOBYL JÄTTI PYSYVÄT JÄLJET VIRANOMAISTEN KRIISINHALLINTAAN

Kokonaan 20 vuoden aikana tapahtunutta kehitystä ei heti hahmota. Mutta jos lähtee luettelemaan kaikkia Tshernobylin onnettomuudesta lähteneitä muutoksia, listasta tulee pitkä – ainakin jos listan tekijä on sisäasiainministeriön pelastusosaston valmiusjohtaja Janne Koivukoski. Hän on säteilyfyysikko ja oli keväällä 1986 saman ministeriön vt. suunnittelija.

”Onnettomuus tapahtui juuri, kun mietittiin, kannattaako Suomessa lainkaan ylläpitää säteilyvalvontaverkkoa”, Koivukoski ker-

too. Säteilyvalvontaverkon ylläpito kuului silloin sisäasiainministeriölle. ”Tshernobylin jälkeen kukaan ei ole asettanut sitä kyseenalaiseksi. Lisärahoitusta verkko ei saanut, mutta saimme kehittää sitä eteenpäin kohti reaaliaikaisempaa valvontaa.”

”Teknisesti lähdettiin rakentamaan automaattista valvontajärjestelmää, jolla on vajaa 300 valvontapistettä ympäri maata. Sen myötä lähes jokainen palokunta sai ensimmäisen oman mikronsa ja lähti hyödyntämään tietotekniikkaa muutenkin.”

Onnettomuuden seurauksena tehtiin mui-

takin teknisiä ratkaisuja, jotka edistivät tietämyksen tasoa. Tästä hyötyivät niin säteilymitareiden valmistajat, ilmastointijärjestelmien suunnittelijat kuin säämittareiden valmistajat ja Ilmatieteen laitoksen huippuasiantuntijat.

NYKYÄN ODOTETAAN NOPEITA KANNANOTTOJA JA PÄÄTÖKSIÄ

Säteilyonnettomuus järkytti paitsi tavallisia kansalaisia myös viranomaisia. Tieto ei kulkenut viranomaisten välillä ja kaiken lisäksi Suomessa oli onnettomuuden sattuessa virkamieslakko. Lakossa oli muun muassa Ilma-

ONNETTOMUUDEN SATTUESSA MINISTEREILTÄ ODOTETAAN JULKISUUDESSA HETI KANNANOTTOJA.

tieteen laitoksen väkeä sekä tiedonvälityksen kannalta silloin avainasemassa ollut puhelin-keskusten henkilöstö.

Sittemmin virastoihin on kehitetty päivystysjärjestelmät ja ylimmän johdon saavutettavuus on parantunut huomattavasti. Viranomaisten välinen yhteistyö on tiivistynyt entisestään, etenkin säteilyvalvontatyössä. Viranomaisorganisaatioita on 20 vuoden aikana muutettu aika lailla, mutta on vaikeaa hahmottaa, mikä on syy mihinkin muutokseen. Yhden ison muutoksen Koivukoski mainitsee heti:

”Perustuslain muuttaminen sai aikaan melkoisen mullistuksen viranomaistyössä. Aikaisemmin poliittinen päätöksenteko ja operatiivinen toiminta olivat kaukana toisistaan. Nyt lähestytään ruotsalaista mallia, missä poliittisilta päätöksentekijöiltä vaaditaan mielipidetä kaikista asioista.”

”Tshernobylin aikaan viranomaiset ja virastot ottivat vastuun tiedottamisesta ja päätöksenteosta. Nyt julkisuudessa vaaditaan onnettomuuden sattuessa heti poliittisilta päätöksentekijöiltä kannanottoja ja lähinnä ministreiltä odotetaan päätöksiä. Poliitikoilla on nykyään paljon enemmän tietoa siitä, mitä tapahtuu ja politiikka on tullut lähelle virkamiehiä. Tässä on tapahtunut hurjan iso muutos”, Koivukoski toteaa.

Pelastusviranomaisten työssä suurin organisaatiomuutos tapahtui vuonna 2004, kun alueelliset pelastustoimet perustettiin. Resurssit lisääntyivät, mutta säteilyasioissa vastuu siirtyi

paikallistasolta kauemmas ydinvoimalaitoksista. Erityisasiantuntemus ydinvoima-asioissa ei siirtymävaiheessa pysynyt yhtä hyvällä tasolla, mutta asia korjaantuu, kun uudet henkilöt perehtyvät alaan. Pelastuspuolen ammattitaito säteilyasioissa on yleisesti noussut.

TIEDOTTAMISESSA JOKAISESTA ONNETTOMUUDESTA OPITTAVAA

Tshernobyl antoi sysäyksen kansainväliseen yhteistyöhön onnettomuustilanteissa. Jo vuoden sisällä avunantosopimus oli paperilla.

”Kansainvälinen avunantojärjestelmä säteilyonnettomuuksissa luotiin Wienissä. Siellä sovittiin yhteistyöstä tiedotuksen ja avunannon suhteen ja malli valtioiden väliseen yhteistyöhön otettiin Pohjoismaista”, Koivukoski sanoo. ”Sama malli otettiin myöhemmin käyttöön muitakin onnettomuuksia varten – ensin YK:n puolella vapaaehtoisena, sitten Natossa ja 1990-luvun lopulla EU:ssa.”

Koivukoski toteaa, että muutkin katastrofit ovat vaikuttaneet avunantojärjestelmän kehitykseen: Estonia 1994, World Trade Center 2001 ja tsunami 2004. Ensimmäinen ja tärkein oli kuitenkin Tshernobyl, josta kaikki lähti liikkeelle.

Lähialueyhteistyöstä Koivukoski toteaa, että valvontajärjestelmä on rakennettu niin, että kaikki tiedot menevät Säteilyturvakeskuksen kautta. Onnettomuuksia varten on reaaliaikainen järjestelmä ja Internetin käyttö on parantanut tiedonvälitystä huomattavasti.

Onnettomuustiedottamisessa Tshernobyl

oli varsinainen käännekohta. Kukaan ei ollut varautunut sen kaltaiseen tapahtumaan ja tiedottamisesta tuli floppi.

”On väitetty, että tiedottaminen Tshernobylistä olisi ollut suomettunutta. Ihan varmastikin suometumisella oli jotain merkitystä, mutta enemmän kysymys on siitä, että ei oltu totuttu toimimaan tällaisten asioiden kanssa”, Koivukoski sanoo.

Koivukoski kertoo siinä yhteydessä itse nuorena virkamiehenä joutuneensa suoraan televisiohaastatteluun, kun ”joku toimittaja New Yorkista soitti sikäläisestä Cable News Networkista”. Vasta myöhemmin hän oppi tuntemaan, mitä CNN tarkoittaa.

”Tshernobyl muutti oleellisesti suhdettamme onnettomuuksiin myös siksi, että tiedottamisesta tuli jokaisen asia. Sen jälkeen on tehty tiedottamissuunnitelmat kriisitilanteita varten ja joka kerta kun niitä on testattu, on löydetty parannettavaa. Viimeksi huomattiin tsunamin yhteydessä, että taas tapahtui jotakin, mitä kukaan ei voinut ennustaa. Vaikka tiedotusohjeita noudatettiin, kaikki ei mennyt putkeen.”

Kärjistetysti voidaan sanoa, että Tshernobylin onnettomuudella oli hyviäkin puolia.

”Säteilyturvallisuuden ja -tietoisuuden kannalta Tshernobyl oli hyvä koulutustilaisuus paitsi viranomaisille myös koko kansalle”, Koivukoski sanoo. ”Ihmisiä opetettiin sellaisiin uusiin asioihin, joita he eivät ikinä omin päin olisi lähteneet opiskelemaan.”

KÄRJISTETYSTI SANOEN TSHERNOBYL OLI SÄTEILY-
TURVALLISUUDEN KANNALTA HYVÄ KOULUTUSTILAISUUS.

Tshernobylin jälkeen rakennettu tekniikka tuli tiensä päähän

UUSI SÄTEILYVALVONTAVERKKO ON MAAILMAN UUDENAIKAISIN

Suomeen ensi vuonna valmistuva koko maan kattava reaaliaikainen säteilyvalvontaverkko on ensimmäinen lajiaan maailmassa. Tshernobylin jälkimainingeissa 1980-luvulla rakennettu auto-maattinen valvontajärjestelmä on jo teknisesti vanhentunut. Uusi järjestelmä hyödyntää viranomaisverkko Virven varmuutta ja turvallisuutta myös kriisitilanteissa.

Ulkaisen säteilyn jatkuva seuraaminen, eli Uljas, on Säteilyturvakeskuksen suunnittelema ja ylläpitämä säteilyn valvontaverkko. Sitä on testattu 14 mittausaseman verkolla Hämeen hätäkeskusalueella, missä pilottivaiheen asennustyöt aloitettiin syksyllä 2005. Etelä-Suomen läänin vajaa 80 mittausasemaa asennetaan parhaillaan ja verkko saadaan toimimaan syksyn aikana. Muu Suomi saadaan Uljaksen ulottuville vuoden 2007 loppuun mennessä.

”Hämeessä on jo todettu uuden säteilyvalvontaverkon toimivan hyvin”, sanoo STUKin laboratorionjohtaja Harri Toivonen, joka on valvontaverkon rakentamisen projektipäällikkö.

Verkon rakentamisen kolmevuotinen projekti 2005–2007 on Huoltovarmuuskeskuksen rahoittama, kokonaisbudjetti on 2,15 miljoonaa euroa. Ennen varsinaista projektia STUKissa kehitettiin parin vuoden ajan aseman prototyyppejä ja verkon rakennetta. Kehitystyön tuloksena päädyttiin ratkaisuun, jossa avainsaaminen jää omiin käsiin ja tekniset komponentit hankitaan muualta.

”Säteilyantureita saa kaupasta ja niitä olemme tilanneet rakennettaviksi spesifikaatiomme mukaan. Mittausasemia, joka keräävät, käsittelevät ja lähettävät tietoja, on myös saatavilla markkinoilta. Niiden tilaus on kilpailutettu ja niitä hankitaan Saksasta”, Toivonen sanoo.

”Ohjelmistot ja tietoturvaratkaisut sen si-

jaan on kaikki kehitetty STUKissa. Näin verkon kokonaishallinta pysyy meillä. Samalla on helppoa hankkia uusia komponentteja markkinoilta, kun tekniikka uudistuu.”

TIEDON KULKU ON HAJAUTETTU

”On-line valvontaverkolla on kaksi funktiota”, Toivonen toteaa. ”Jos ilmenee jotakin poikkeavaa, se antaa ensihälytyksen korkeintaan kymmenen minuutin viiveellä. Toiseksi kokonaiskuva tilanteesta hahmottuu nopeasti ison laskeuman aikana. Saamme automaattisesti peräti 43 000 mittaustietoa vuorokaudessa, minkä lisäksi voimme harkitusti kerätä lisätietoja.”

Uusi valvontaverkko on samankokoinen kuin nykyinenkin, eli sisältää 287 mittausasemaa, joista 25 on voimayhtiöiden hallinnassa ydinvoimaloiden ympärillä. Toivosen mukaan antureiden paikat muuttuvat jonkin verran, kun kaikki laitteet jatkossa sijoitetaan viranomaisten tiloihin. Näin paikallisviranomaisilla on heti käytössään uutta mittaustietoa, mikä on hajautetun verkkomallin mukainen ratkaisu.

Hajautettu malli tarkoittaa, että jokainen mittausasema lähettää tietonsa viranomaisverkon kautta samanaikaisesti STUKille ja kyseisen alueen hätäkeskukselle, joita on kaikkiaan 15. Vanhassa järjestelmässä tiedon kulku on ketjutettu. Yhdenkin lenkin katkeaminen estää tiedon perillemenon STUKin tietokantaan.

Valvontatieto lähetetään hätäkeskukselta

eteenpäin pelastusviranomaisille. Vielä ei ole päätetty, mitä tietoverkkoa tähän tiedonsiirtoon käytetään. Toivosen mukaan päätös riippuu valtion turvaverkkoratkaisuista.

VIKAHÄLYTYKSETKIN VÄHENEVÄT

Teknisesti reaaliaikainen mittausta on toteutettu niin, että jokainen asema havainnoi säteilyä kerran minuutissa. Kymmenen minuutin välein se laskee yhteenvetoarvon ja hajonnan viimeisimmistä mittauksista ja lähettää tiedot eteenpäin. Tiedot säilytetään useita kuukausia. Vanhan valvontaverkon arvoja kerätään vain kerran päivässä puhelinlankoja pitkin; hätätilanteessa keräilytiheys on 20–30 minuuttia.

”Vanha verkko tuottaa kohtuullisen paljon vikaohjelmia, esimerkiksi johtuen suurista lämpötilavaihteluista”, Toivonen sanoo. ”Uudessa verkossa jokaisessa anturissa on vähintään kaksi detektoria, joten näemme heti, jos anturi on vikaantunut.”

Jokainen asema ilmoittaa myös sataako alueella, jotta pystytään tulkitsemaan mittauksia oikein. Sähkökatkoksen sattuessa mittausasemat pystyvät toimimaan 72 tuntia akuilla.

Lähes kaikissa Euroopan maissa on vastaavanlaisia valvontaverkkoja. Suurin niistä on Saksassa, missä on 2150 mittauspistettä. Missään ei kuitenkaan käytetä yhtä uutta tekniikkaa kuin Suomessa. Tiedonsiirtoon käytetty Virve on ensimmäinen kansainväliseen tetra-standardiin perustuva maanlaajuinen viranomaisverkko maailmassa. Virveä käytetään säteilyvalvonnassa ensimmäistä kertaa datan siirtoon.

”Virve on tarkoitettu viranomaisten väliseen turvalliseen tiedonsiirtoon myös silloin, kun muissa tietoverkoissa on häiriöitä”, Toivonen toteaa. ”Lisäksi sekä lähetettävälle tiedolle että tietokannalle on asennettu autentisuusleima, joten tietoturvan taso on paljon parempi kuin nykyisellä järjestelmällä.”



HERKKÄ ITÄMERI KIINNOSTAA TUTKIJOITA

Itämeri on ollut radioekologisen mielenkiinnon kohteena jo 1950-luvun lopulta alkaen. Vuosikymmenien takaiset ydin-
kokeet antoivat sysäyksen tutkimukselle, ja Tshernobyl-
onnettomuus lisäsi kiinnostusta entisestään.

Imakehässä pohjoisella pallonpuoliskolla 1950- ja 1960-luvuilla tehty ydinase-
kokeet ja Itämeren sijainti lähellä Novaja
Zemljan ydinkoealuetta antoivat sysäyksen
tutkimusten aloittamiselle. Itämeren erityis-
piirteitä ovat pieni vesimäärä, hidas veden
vaihtuvuus, jokivesien suuri osuus, alhainen
suolapitoisuus, eliöstön niukkuus sekä herkkyy-
s ympäristöolosuhteiden muutoksille. Nä-
mä ominaisuudet herättivät pian myös kansain-
välistä mielenkiintoa Itämereen radioeko-
logisena tutkimuskohteena.

Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA
järjesti vuosina 1981–1983 Itämeren radioak-
tiivisia aineita koskevan tutkimushankkeen, jo-
hon kaikki Itämeren maat osallistuivat. Han-
keen päätyttyä hyväksi havaittua kansainvälistä
yhteistyötä päätettiin jatkaa Itämeren suo-
jelukomission siipien suojissa, ja ensimmäi-
nen HELCOM/MORS-asiantuntijaryhmän ko-
kous pidettiin Helsingissä vain kaksi viikkoa
ennen Tshernobylin onnettomuutta.

Tshernobylin onnettomuus lisäsi edelleen
Itämereen kohdistunutta mielenkiintoa, sillä
Itämeri oli merialue, johon Tshernobylin on-
nettomuus vaikutti eniten. Ensimmäiset Tsher-
nobylistä lähteneet radioaktiiviset pilvet mat-
kasivat kohti pohjoista. Ne aiheuttivat Itäme-
ren alueelle laskeuman, jonka vaikutukset nä-
kyivät sen merellisessä ympäristössä voimak-
kaampina kuin esimerkiksi Mustassa meressä
tai Välimeressä.

Onnettomuuden tapahtuessa eteläiselle Itä-
merelle oli sattumalta kokoontunut 12 tutki-
musalusta tekemään HELCOMin koordinoi-

maa tutkimusta. Kun tieto onnettomuudesta
levisi, aluksille tulleet näytteenottopyynnöt
aiheuttivat merentutkijoiden ryntäyksen
Visbyn kauppoihin ja kaikki mahdolliset 10–
30 litran muovikanisterit vietiin käsistä. Tässä
kilpajuoksussa oli mukana myös suomalaisen
Arandan miehistö ja paluumatkalla Helsinkiin
Arandan retkikunta otti Säteilyturvakeskukselle
10 ylimääräistä vesinäytettä.

TSHERNOBYL-LASKEUMA JAKAUTUI ITÄMEREEEN EPÄTASAISESTI

Tshernobylin laskeuma jakautui hyvin epä-
tasaisesti Itämeren valuma-alueelle. Eniten
laskeumaa kertyi Selkämeren ja itäistä Suo-
menlahtea ympäröiville alueille. Pian onnet-
tomuuden tapahduttua pintaveden cesium-
137-pitoisuudet kohosivat Suomen rannikoil-
la noin 100–500-kertaisiksi edellisestään ver-
rattuna. Toukokuun alkupuolella 1986 suurin
merivedestä mitattu cesium-137-pitoisuus oli
5 200 becquereliä kuutiometriä kohden (Bq/
m³), mutta varsin nopeasti arvot laskivat vain
noin kymmenesosaan tästä. Laskeuman ra-
dioaktiivisten aineiden pitoisuudet olivat ran-
nikolla suurempia kuin avomerellä johtuen sa-
teista rannikon läheisyydessä, joki- ja valuma-
vesistä ja pintaveden tehokkaammasta sekoit-
umisesta avomerellä.

Vuoden 1986 jälkeen Tshernobylin cesiumin
levinneisyyskuva on jonkin verran muuttunut
jokien tuoman cesiumin, vesimassojen sekoit-
tumisen, merivirtojen ja sedimentoitumisen
vaikutuksesta. Cesiumia on kulkeutunut virta-
usten mukana Suomenlahdelta ja Pohjanlah-

delta varsinaiselle Itämerelle ja edelleen Tans-
kan salmien kautta Pohjanmerelle. Esteettö-
mämmästä vedenvaihdosta johtuen Suomen-
lahden vesi on puhdistunut cesiumista pal-
jon nopeammin kuin Pohjanlahden. Vuonna
2005 pintaveden cesium-137-pitoisuudet oli-
vat Suomenlahdella 28–39 Bq/m³ ja Selkäme-
rellä 45–60 Bq/m³.

Tshernobylin cesium on alueellisesti hyvin
epätasaisesti jakautunut Itämeren pohjasedi-
mentteihin. Laskeuman epätasaisuuden lisäk-
si tähän ovat vaikuttaneet muun muassa poh-
jan laatu, sedimentoitumisolosuhteet ja se-
dimentoitumisnopeus eri havaintopaikoissa.
Vuonna 1998 Itämeren pohjakerrostumiin ar-
vioitiin varastoituneen noin 1 940–2 210 tera-
becquereliä (TBq) cesiumia. Eniten sitä oli Sel-
kämeren pohjoisosan, Perämeren eteläosan ja
itäisen Suomenlahden pohjasedimenteissä.

Korkeimmat Itämeren kaloissa Tshernoby-
lin onnettomuuden jälkeen havaitut cesiumpi-
toisuudet olivat Merenkurkusta vuonna 1990
pyydytyissä hauissa, noin 300 Bq/kg. Vuonna
2005 pitoisuudet olivat Suomen rannikoilta
pyydytyissä hauissa enää 13–29 becquereliä
kiloa kohden (Bq/kg) ja silakoissa 5–8 Bq/kg.

Euroopan unionin Marina Balt -hankkeessa
arvioitiin Itämeren kaloista ja muista meren
antimista sekä rannalla oleskelusta väestölle
aiheutunut säteilyaltistus Tshernobylin onnet-
tomuuden jälkeen. Keinotekoisesta radioak-
tiivisuudesta niin sanotulle kriittiselle ryhmäl-
le koitunut säteilyannos oli suurimmillaan Sel-
kämeren ja itäisen Suomenlahden rannikoilla
0,2 millisieverttiä (mSv) vuonna 1986. Tämä oli
kuitenkin selvästi pienempi kuin Itämeren ka-
loissa olevasta luonnon radioaktiivisesta polo-
nium-210:sta aiheutuva annos, jonka suuruu-
deksi arvioitiin 0,7 mSv vuodessa.

Kirjoittaja Erkki Ilus on STUKin Ydinvoimalaitosten
ympäristö -laboratorion johtaja.

Sergey Jevlev Tshernobylin
maisemissa alkuvuonna 1988.



VIESTI TSHERNOBYLILTÄ

Sunnuntaina 28. huhtikuuta 1986 olin menossa poikani kanssa vanhempieni kesähuvilalle, joka sijaitsee noin 20 kilometriä Kiovasta pohjoiseen - suoraan Tshernobylin suuntaan. Bussi mökille kulki normaalisti 10–15 minuutin välein, mutta tuona päivänä seisoimme asemalla yli puoli tuntia. Bussia oli kertynyt odottamaan jo varsin pitkä jono ihmisiä, kun joku aseman henkilöstöstä tuli luoksemme kertomaan, että Tshernobylin nelosreaktori oli räjähtänyt ja kaikki bussit oli ajettu evakuoimaan ihmisiä, jotka asuivat voimalaitoksen lähellä.

Ensimmäinen ajatukseni oli: "Tämä on erehdys, eivät reaktorit koskaan räjähdä." Päätimme siis mennä toiselle pysäkillä ja koittaa, jospa saisimme bussikyydin sieltä. Tälläkin pysäkillä ihmiset keskustelivat onnettomuudesta ja kertoivat, että voimalaitoksella oli tulipalo. Mietin, että se voikin olla totta, tulipaloja voi sattua missä vain.

Lopulta pääsimme huvilalle ja vietimme päivän puutarhassa puuhastellen. Tuuli puhalsi etelästä tai kaakosta, joten jälkepäin olen täysin varma, ettei poikani altistunut pohjoisesta, Tshernobylistä leviävälle säteilylle.

Maanantaina 29.4. juttelimme kollegoideni kanssa onnettomuudesta. Korviimme oli kantautunut epävirallisia huhuja. Myöhemmin selvisi, että kaikki tuolloin kuulemamme

oli melko paikkansa pitävää, vaikkakaan emme saaneet mitään virallista informaatiota.

Tuona päivänä Kiovan ydintutkimusinstituutti, jossa työskentelin, alkoi puhdistaa joidenkin työntekijöidemme vaatteita, kun selvisi, että nämä olivat saaneet pienen annoksen säteilyä matkustaessaan töihin busseilla. Instituutimme sisääntulon yhteydessä oli säteilymittausportti, joka oli hälyttänyt säteilyä saaneiden työntekijöiden saapuessa toimistolle. Myöhemmin saimme tietää, että monet kaupungin busseista olivat osallistuneet evakuointiin – ja jälkepäin ne oli vain pesty vedellä kiinnittämättä huomiota säteilyyn.

Tiistaina 30. huhtikuuta sisääntulon mittausportit sammutettiin lounaan jälkeen, kun ne alkoivat hälyttää keskeytyksestä. Myöhemmin ilmeni, että radioaktiivinen pilvi saapui tuolloin Kiovaan.

Toukokuun ensimmäisenä ja toisena päivänä ihmiset olivat pyhäpäivien kunniaksi vapaalla. Mitään virallista tietoa ei jaettu siitä, että ulkoilmassa voisi olla vaarallista oleskella. Vietin siis perheeni kanssa paljon aikaa puistossa.

KÄYNNISTIMME ILMAN RADIOAKTIIVISUUDEN MITTAUKSET

Aikaisin aamulla 2.5. osastoni johtaja soitti pyytääkseen minua toimistolle palaveriin. Kun

saavuin instituutin alueelle, huomasin hämmästykseni, että instituuttia valvovilla poliiseilla oli hengityssuojaimet kasvoillaan.

Palaverin seurauksena aloimme seuraavasta päivästä lähtien mitata Kiovan alueen sääasemien ilmansuodattimista radioaktiivisuutta. Saimme mitattaviksi suodattimet 26.4. lähtien. Kaikki suodattimet vaihdettiin kolme kertaa päivässä ja ensimmäinen viite radioaktiivisuudesta Kiovassa ilmeni yhdestä suodattimesta, joka oli otettu talteen 30.4. kello 13.00. Kello 19.00 samana päivänä kaikki suodattimet olivat jo selkeästi saastuneet. Sitten ilmeni, että toukokuun ensimmäiseltä ja toiselta päivältä ei näytteitä ollut lainkaan. Ensin epäilimme, että näytteiden otto oli niiltä päiviltä jollain salaisella käskyllä kielletty, mutta myöhemmin huomasimme, ettei näytteitä ollut kerätty minään pyhäpäivänä koskaan aiemminkaan.

3.5. lähtien aina kuudenteen päivään asti ilman radioaktiivisuus väheni. Toukokuun seitsemännen jälkeen radioaktiivisuudesta näkyi enää hyvin vähäisiä yksittäisiä merkkejä. En enää muista tarkkoja lukuja mittauslaitteistamme, mutta lyhyesti sanottuna ilman radioaktiivisuus Kiovassa ei missään vaiheessa ylittänyt Neuvostoliiton senaikaisia terveysrajoja.

PERHE TURVAAN

Olin itse tauotta työpaikallani 2.–8.5. Kun mitasimme ensimmäiset annosnopeudet toimitomme lähellä 2.5., mittarit osoittivat noin kymmenen kertaa normaalia taustasäteilyä korkeampaa säteilytasoa – joka vielä hitaasti nousi. Puhuimme asiasta kollegoideni kanssa ja soitimme perheillemme neuvoaksemme heitä sulkemaan ikkunat tiiviisti ja nauttimaan joditabletteja. Oli varsin pelottavaa huomata, että annosnopeus kasvoi jatkuvasti, joten aloimme kysellä juna- ja lentolippuja läheisillemme. Sain ystävältäni yhden junalipun Moskovaan, joten vaimoni ja lapseni – kymmenvuotias poika ja kuusivuotias tyttö – onnistuivat pääsemään sinne, ystäviemme luo. Vaimoni mukaan junan henkilökunta oli hyvin ystävällistä. Kuulin kyllä myös rautatieasemalla vallinneesta paniikista, mutten itse todistanut sekasortoa missään.

En pysty antamaan mitään kokonaiskuvaa siitä, miten evakuoituista ihmisistä pidettiin huolta, mutta voin kertoa varsin positiivisen tarinan omasta perheestäni. Perheeni oleskeli Moskovassa noin kaksi viikkoa. Heidän saamansa säteilyannos mitattiin sikäläisessä sairaalassa ja kaikki tulokset olivat aivan normaaleja. Myöhemmin poikani jatkoi kesäleirille Luganskiin ja tyttäreni viipyi Moskovassa vielä noin kuukauden. Tämän jälkeen minäkin otin vapaata ja koko perheemme lähti etelään sukulaisteni luo, missä olimmekin aina syyskuuhun asti. Tämän jälkeen elämä jatkui kuten ennenkin, paitsi että lopetimme sienten keräämisen lähes 20 vuodeksi. Joidenkin vuosien ajan itse asiassa tarkistin kaikkien luonnonantimien radioaktiivisuuden. Nyt emme enää tee niin – ehkä pitäisi.

TSHERNOBYL KUTSUI

Kesän ja syksyn mittaan sain tietoja voimalaitoksen tilasta ja sarkofagin rakentamisesta kollegoiltani, jotka osallistuivat ympäristön radioaktiivisuuden mittauksiin Tshernobylistä.

Lokakuun alkupuolella minua pyydettiin osallistumaan Tshernobylin nelosyksikön valvontajärjestelmän kehittämiseen. Suostuin pyyntöön ja joulukuun puolivälin tienoilla lähdin Tshernobyliin. Matka tuntui pitkältä, sillä suljetun alueen rajalla jouduimme käymään läpi joukon muodollisuuksia.

Saavuttuamme itse voimalaitokselle ryhdyimme perustamaan valvontakeskusta laitoksen kemiallisen osaston tiloihin varareaktori-järjestelmän rakennukseen, joka sijaitsi ehkä noin 30 metrin päässä nelosyksiköstä.

Heti seuraavana päivänä aloitimme laitteen asentamisen ja saimmekin ensimmäiset ilmaisimet toimimaan nopeasti, mutta tämä oli vasta urakan alku. Kohtasimme paljon ongelmia muun muassa laitteidemme kanssa, saimme päivittäin säteilyä noin millisievertin annoksen – joskus huomattavasti enemmänkin – ja työ oli fyysisesti hyvin raskasta. Jouduimme kiipeämään jatkuvasti yli 50 metrin korkeuteen hengityssuojaimet kasvoilla, kantuen samalla painavia laitteita.

Valvontalaitteiden asennuksen hoiti oma henkilöstömme, mutta jatkuvassa yhteistyössä voimalaitoksen henkilökunnan kanssa. Nostan hattua voimalan ihmisille, jotka kestivät läpi raskaan suuronnettomuuden pysyen silti optimistisinä. Emme koskaan nähneet minkäänlaista paniikkia heidän työskennellessään.

Tapasimme myös puhdistustyöntekijöitä ja juttelimme joidenkin kanssa. Kukaan heistä ei todella ymmärtänyt säteilyn vaaroja. Olimme tyytyväisiä, kun huomasimme heidän al-

kaneen käyttää hengityssuojaimia ja lopettaneen tupakanpolton kielletyillä alueilla sen jälkeen, kun olimme kertoneet heille säteilyn mahdollisista vaaroista.

VIESTEJÄ TSHERNOBYLILTÄ

Onnettomuus vaikutti vahvasti elämään. Neuvostoliiton romahdettua siirryin vuonna 1992 töihin vastaperustettuun Valtion ydin- ja säteilyturvallisuuden tieteellistekniseen keskukseseen ja päädyin mukaan suomalaiseen Ukrainan tukiohjelmaan. Koska ohjelma koski turvallisuusasioita, oli Tshernobyl-kokemuksistani siinä hyötyä. Nelosyksikkö lähetti minulle viestin.

Sain viestin Tshernobylistä myös perheeni kautta. Tyttäreni tapasi nykyisen miehensä opiskellessaan Kiovan teknillisessä yliopistossa. Mies on kotoisin Pripjatista, Tshernobylin esikaupungista. Hän oli nähnyt palavan reaktorin suoraan kotinsa ikkunasta.

Olen ehkä turhankin filosofinen, mutta Tshernobyl ei koskaan loittone kovin kauas elämästäni. Edelliset kolme vuotta työskentelin Ukrainan ydinsäätelyvaliokunnassa johtaen osastoa, joka vastasi turvallisesta käytöstä poistamisesta. Kaikki tehtäväni koskivat Tshernobylin voimalan käytöstä poistoa. Nykyisin toimin säteilyteknologian osaston vastaavana johtajana – mutta odotan yhä uutta viestiä Tshernobylistä.



Sergeyn ryhmä Kiovan ydintutkimusinstituutista on 26.4.1987 juuri lähdössä asentamaan ilmaisimia suojarakennuksen katossa olevien luukkujen kautta. Yksi käynti katolla altisti noin 3–50 millisievertin annokselle. Nykyisin kaksi kuvan henkilöistä on kuollut ja yhdellä on vakavia sydänongelmia.

20 vuotta Tshernobylin onnettomuudesta

MITEN RADIOAKTIIVISEN AINEEN LEVIÄMINEN NYT ENNUSTETTAISIIN?

Ukrainassa Tshernobylin ydinvoimalassa sattui lauantaina 26.4.1986 aamuyöllä toistaiseksi maailman pahin ydinonnettomuus. Voimakas räjähdys tuhosi reaktorin ja reaktorirakennuksen nostaen radioaktiivista ainetta korkealle ilmakehään.

Radioaktiivinen päästö laitoksella jatkui yli viikon. Onnettomuus kylvi surua ja tuskaa lähiympäristöönsä, mutta radioaktiivista ainetta kulkeutui paljon kauemmaksikin, tuhansien kilometrien päähän. Nykyisillä leviämismalleilla voidaan laskea, minne ainetta onnettomuuspaikalta kulkeutui, mutta myös tutkia, kuinka pienikin muutos lähtötilanteessa voi aiheuttaa suuria eroja lopputulokseen. Mitä olisi tapahtunut, jos onnettomuus olisi satunut päivää aikaisemmin? Tai päivää myöhemmin?

JOS YDINLAITOSONNETTOMUUS SATTUISI NYT

Ydinlaitosonnettomuuksiin varautumisen kanalta tilanne on tänään olennaisesti erilainen kuin 20 vuotta sitten. Kansalliset ja kansainväliset ilmoitus- sekä hälytysjärjestelyt ovat parantuneet huomattavasti ja erilaiset ennuste- ja säteilymittausjärjestelmät ovat kehittyneet sekä automatisoituneet. Tshernobylin jälkeen on myös tehty lukuisia etukäteisanalyyskejä, jotka ovat auttaneet viranomaisia laatimaan toimintasuunnitelmia, ja heidän toimintakykyään on testattu monissa harjoituksissa.

Käytettävissä on lisäksi – tosin ikääntymisen ja eläköitymisen myötä yhä vähenevässä määrin – niiden asiantuntijoiden ja teknisten henkilöiden ammattitaito ja kokemus, jotka

käytännössä osallistuivat Tshernobylin onnettomuuden seurausten arviointiin ja tilanteen hoitamiseen vuonna 1986.

Mikäli onnettomuus sattuisi nyt ja kaikki sujuisi niin kuin on tarkoitus, tieto onnettomuustapahtumasta tulisi Suomeen parhaimmillaan muutamassa minuutissa, minkä jälkeen viranomais- ja pelastushallinnon organisaatiot käynnistäisivät valmiustoimintansa viimeistään 15–30 minuutissa.

Se millaisiin suojaustoimiin Suomessa ryhdyttäisiin, riippuisi paitsi itse tapahtuman vakavuudesta myös säätilasta ja vuodenajasta. Keväällä satokauden kynnyksellä tapahtuva onnettomuus aiheuttaisi todennäköisesti aivan samantapaisia lähinnä eläinten ruokintaan ja elintarvikkeiden käyttöön liittyviä suosituksia, kuin mitä annettiin Tshernobyl-onnettomuuden jälkeen.

Säteilyturvakeskus on tutkinut paljon erilaisen kuviteltujen onnettomuuksien seurauksia. Tulosten mukaan ulkomainen ydinvoimalaonnettomuus ei aiheuta Suomessa missään olosuhteissa akuuttia säteily sairautta. Kaukoläskessä ei liioin ole sellaisia ydinpolttoainehiukkasia, jotka voisivat aiheuttaa iholla tai hengitysteissä palovammaa muistuttavia vaurioita. Suojautumalla ajoissa oikein voidaan kuitenkin välttää merkittävä osa säteilyn myöhäisvaikutuksista terveydelle (yli 90 %).

Kotimaisten voimaloiden pahat onnettomuudet saattaisivat sen sijaan aiheuttaa vakavia välittömiä seurauksia laitosten lähiympäristössä, mutta kauempana selvittäisiin suojautumalla sisälle ja ottamalla joditabletteja. Jos varoitus tulisi riittävän ajoissa, viranomaiset ehtisivät tarvittaessa järjestää myös tilapäi-

siä evakuoiteja pois päästöpilven tieltä. Ongelma voisi olla mahdollinen suuri laskeuma, joka vaikeuttaisi elintarviketuotantoa ja saattaisi johtaa väestön siirtämiseen pidemmäksi aikaa toisille alueille.

Kaksikymmentä vuotta sitten Tshernobylin onnettomuuden jälkeen suurimmat mitatut ulkoiset säteilytasot Suomessa olivat noin 20-kertaisia normaaliin luonnon taustasäteilyyn verrattuna. Kyse ei vielä ollut säteilyvaarasta, joka olisi vaatinut välittömiä toimia väestön suojaamiseksi. Tosin kovin kaukana voimakkaisiin vastatoimiin ryhtyminen ei ollut: toteutuneeseen verrattuna kymmenkertainen laskeuma eräillä alueilla olisi ilmeisesti edellyttänyt sisälle suojautumista lyhyeksi ajaksi.

MITEN RADIOAKTIIVISEN AINEEN KULKEUMAA ENNUSTETAAN?

Kun Säteilyturvakeskus on saanut tiedon onnettomuudesta, se pyytää Ilmatieteen laitokselta tiedon säätilanteesta sekä arvion aineen leviämisestä. Ensin meteorologi laskee hyvin nopealla mallilla leviämissuunnan. Tämän jälkeen laaditaan perusteellisemmat leviämisenusteet.

Jotta radioaktiivisen aineen kulkeutuminen voitaisiin ennustaa hyvin, tarvitaan kaksi tietokoneohjelmaa eli fysikaalista mallia. Säämallin tehtävänä on matkia ilmakehää ja sen tapahtumia. Tätä mallia meteorologikin käyttää apunaan laatiessaan sääennustetta.

Leviämismalli käyttää säämallin tietoja laskeissaan epäpuhtauden kulkeutumista ilmakehässä. Radioaktiivisen aineen pääasiallisena leviämismallina toimii Ilmatieteen laitoksen ja VTT:n yhdessä kehittäämä SILAM (Suoma-

lainen Ilman epäpuhtauksien Leviämis- ja Annoslaskenta Malli).

Säteilyturvakeskuksella on käytössä myös yleiseurooppalainen päätöksenteon tukijärjestelmä RODOS, joka sekin sisältää säämallin tietoja hyödyntäviä leviämismalleja.

MINNE RADIOAKTIIVINEN PILVI KULKEUTUI?

Tshernobylin ydinvoimalan räjähdyksessä syntynyt radioaktiivinen pilvi nousi jopa useiden kilometrien korkeuteen. SILAM-mallilla on laskettu, minne aine onnettomuuspaikalta kulkeutui.

SILAMin mukaan onnettomuuden tapahtuttua radioaktiivinen aine alkoi levitä korkealla ilmakehässä kapeana vanana länteen ja luoteeseen. Noin puolentoista vuorokauden kuluttua onnettomuudesta pilven etureuna saavutti Itämeren nykyisen Latvian rannikolla.

Radioaktiivinen aine levittyi kylmän meren ylle ja siitä yhä laajemmalle alueelle. Se pyyhki Ruotsin rannikkoja. Noin puolentoista kilometrin korkeudella pilvi kääntyi Suomea kohti. Vajaassa kahdessa vuorokaudessa radioaktiivista ainetta Tshernobylistä oli kulkeutunut Suomen rannikolle. Sunnuntaina 27.4. Nurmijärvellä ja Gotlannissa säteilymittarit hälyttivät.

Kolmen vuorokauden kuluttua Suomeen ja Ruotsiin ajautunut pilvi valui pohjoisemmaksi. Tuolloin Ruotsi ja Norja saivat niskaansa sateiden mukanaan tuomat merkittävät laskeumat. Neljäntenä päivänä sadekuurot Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa puhdistivat edelleen ilmakehää, mutta samalla radioaktiivista ainetta satoi maahan.

Keskinen Eurooppakin sai osansa päästöistä, kun onnettomuudesta oli kulunut neljä vuorokautta. Pilvi peitti Tšekkoslovakian ja Itävalan. Ainetta kulkeutui myös itään Moskovan eteläpuolelle.

Viikossa radioaktiivinen pilvi oli levittäytynyt lähes kaikkialle Eurooppaan.

ENTÄ JOS?

Entä jos onnettomuus olisikin sattunut jo päivää aikaisemmin? Mitä mallit siitä kertovat?

Tilanne olisi ollut Suomen kannalta huonompi. Jo reilussa vuorokaudessa radioaktiivinen pilvi olisi saavuttanut Suomen etelärannikon ja levinnyt siitä pohjoiseen koko Suomen alueelle. Kahdessa vuorokaudessa radioaktiivinen pilvi olisi peittänyt alleen koko Suomen. Kun todellisuudessa Pohjois-Suomi säästyi laskeumilta lähes kokonaan, niin päivää aiemmin sattunut onnettomuus olisi tuonut mukanaan merkittävät laskeumat myös sinne. Tämä olisi saattanut vaikeuttaa porotalouden harjoittamista ja rajoittaa alueen luonnonantimien hyödyntämistä.

Ruotsissa suurimmat laskeumat olisivat tulleet harvaan asuttuun Pohjois-Ruotsiin, mutta tässäkään tapauksessa tiheään asuttu Gävlen seutu ei olisi säästynyt laskeumilta. Ensimmäisen neljän vuorokauden aikana onnettomuudesta alueet Moskovasta etelään eivät olisi olleet uhattuina.

Jos onnettomuus olisikin sattunut vasta seuraavana yönä? Radioaktiivinen pilvi olisi levinnyt itään kohti Puolaa. Kolmessa vuorokaudessa se olisi peittänyt alleen Tšekkoslovakian ja Itävallan. Suurimmat laskeumat Neuvostoliiton jälkeen olisi saanut Itävalta.

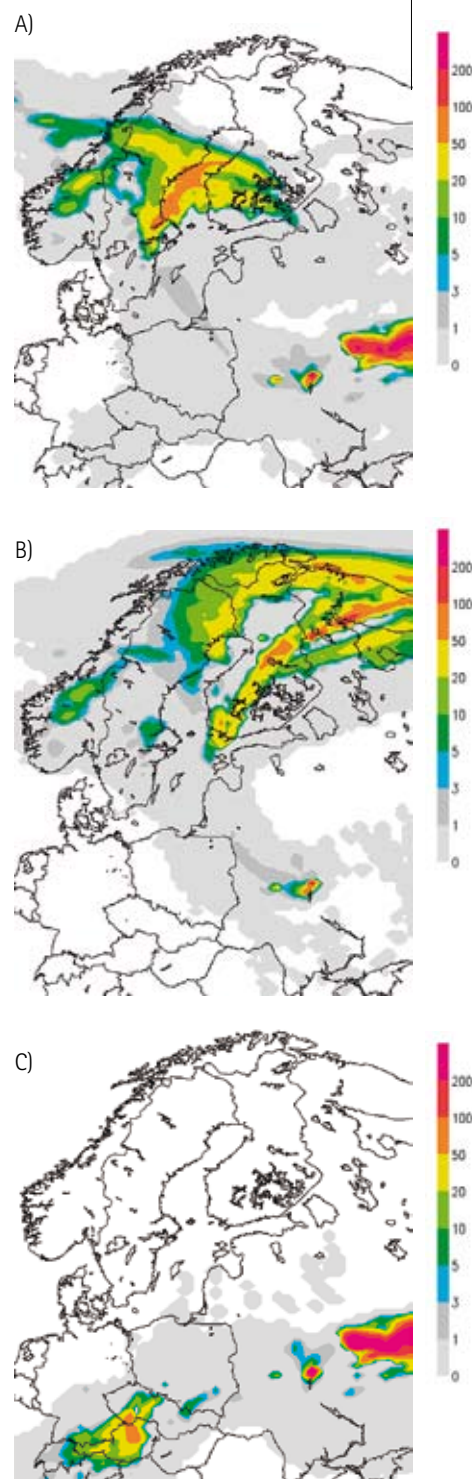
Suomen ja Pohjoismaiden kannalta tilanne olisi ollut paljon parempi. Ensimmäisten neljän päivän aikana radioaktiivista ainetta ei olisi kulkeutunut Suomeen, Ruotsiin tai Norjaan lainkaan. Onnettomuudesta olisi selvitty pelkällä säikähdyksellä. Nykyään näissä kaikissa maissa on käytössä omat, pitkälle kehittyneet radioaktiivisen aineen leviämisen laskentaan suunnitellut mallit. Olisikohan näin myös siinä tapauksessa, että Tshernobylin onnettomuus olisikin sattunut vasta päivää myöhemmin?

Kuvissa on SILAM-leviämismallilla laskettu cesium-137 isotoopin laskeuma neljän vuorokauden kuluttua onnettomuudesta

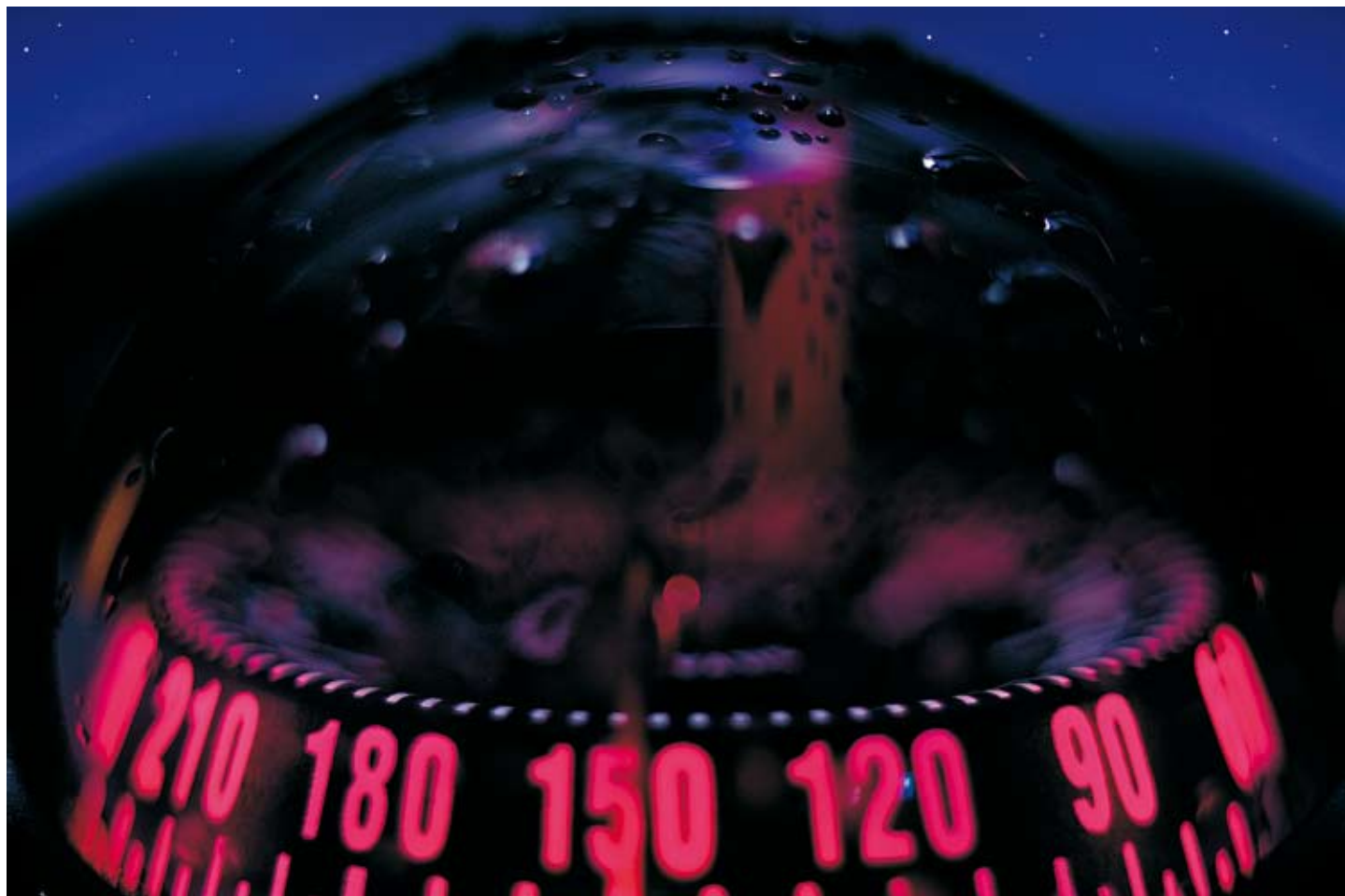
A) oikeassa tilanteessa,

B) jos onnettomuus olisi sattunut päivää aikaisemmin,

C) jos onnettomuus olisi sattunut päivää myöhemmin.



**JOS ONNETTOMUUS OLISI SATTUNUT SEURAavana YÖNÄ,
OLISI SUOMESSA SELVITTY PELKÄLLÄ SÄIKÄHDYKSELLÄ.**



YDINALAN LAITON KAUPPA ON SUURTA JA JÄRJESTÄYTynyTTÄ

Ydinalan laittoman kaupan taustalla on halu kehittää kokonainen ydinaseohjelma sotilaalliseen käyttöön. Tämän toteuttaminen laillisin keinoin on hyvin vaikeaa, sillä ydinalan laillinen kauppa on tarkoin säädeltyä ja valvottua. Viime vuosina on saavutettu merkittävää edistystä, kun laittoman kaupan suuria verkostoja on kyetty paljastamaan. Yksi paljastuneen kaupan päähaaroista toimitti Iranille kiistan aiheena olevan sentrifugiteknologian, joka soveltuu uraanin rikastamiseen aina ydinaseeksi asti.

Ydinalan laiton kauppa on suuren mittakaavan asia, jonka vaikutukset ovat maailmanlaajuisia. Sen taustalla on ensisijaisesti halu kehittää kokonainen ydinaseohjelma sotilaalliseen käyttöön. Tällaisen tavoitteen toteuttaminen laillisin keinoin on hyvin vaikeaa, koska ydinalan laillinen kauppa on tarkoin säädeltyä ja valvottua.

Ydinaseeseen vaadittava teknologia on vaikeaa ja kallista, joten usein laittoman kaupan toimijoina ovat valtiolliset tahot. Myös pie-

nemvät ryhmittymät, kuten terroristijärjestöt, ovat ydinalan laittoman kaupan toimijoita. Näillä ryhmittymillä tavoitteena voi olla ydinaseen sijasta saastepommit, joissa räjähdäaineen sekaan laitetaan radioaktiivista - tai ydinainetta ja jonka räjäyttämällä saadaan aikaan tavallisen pommituksen lisäksi ympäristön radioaktiivinen saastuminen. Viime vuosina on saavutettu merkittävää edistystä, kun laittoman kaupan suuria verkostoja on kyetty paljastamaan. On kuitenkin vielä epäselvää, missä määrin verkostoja on edelleen toiminnassa.

KHAN HYÖDYNSI EUROOPPALAISTA TIETOTALTOA

Ydinalan laittoman kaupan toistaiseksi suurin tunnettu toimija oli pakistanilainen Abdul Qadeer Khan. Hänen laajamittainen toimintansa paljastui alkuvuodesta 2004 hieman sen jälkeen, kun Libya joulukuussa 2003 omaehtoisesti paljasti ydinohjelmansa.

Syntyjään intialainen, mutta nuoruusvuosiinsa Pakistaniin muuttanut Khan suoritti metallurgian alan tohtorin tutkinnon Belgiassa ja työskenteli muutamia vuosia 1970-luvulla Physical Dynamic Research Laboratoryssa (FDO) Alankomaissa. Tuona aikana Khan hankki tietoja uraanin rikastamiseen tarvittavasta teknologiasta ja laitteistoista aikomuksenaan tarjota asiantuntemustaan Pakistanille, jonne hän palasi vuonna 1975.

Mukanaan hänellä oli piirustukset uraanin rikastamiseen käytettävistä kaasusentrifugeista ja muista komponenteista. Lisäksi hänellä oli yhteystiedot liki sataan yritykseen, jotka toimittavat sentrifugeihin tarvittavia osia ja materiaaleja. Khan alkoi valtion johdon tuella kehittää uraanin rikastamisohjelmaa Euroopasta hankkimaansa tietoa käyttäen ja muodostaa verkostoaan päämääränään tuottaa Pakistanille ydinaseita.

Pakistanin ydinaseohjelma edistyi merkittävästi jo alkuvuosina, kun Khanin johtama tutkimuslaitos kykeni valmistamaan saksalaisesta mallista kopioituja sentrifugeja ja lopulta rikastamaan ydinaseeseen tarvittavan määrän uraania 1980-luvun alkupuolella.

MONET MAAT OVAT TIETÄMÄTTÄÄN MUKANA

Khanin verkostot perustuivat suurilta osin hänen henkilökohtaisiin välitysmiestuttuihinsa. Suurin osa toimittajista ei edes tiennyt olevansa laittoman kaupan verkostoissa. Khanilla oli toimijoita eri maissa, kuten sentrifugien osia tuottava laitos Malesiassa. Lisäksi hän perusti useita kulissiyhtiöitä, jotka toimivat laitton kaupan eri tasoilla.

Ydinaineiden ja -laitteistojen kuljetukset tapahtuivat usein laillisia kuljetusvälineitä kuten lentokoneita ja laivoja käyttäen, ja kannot kulkivat Arabiemiirikuntien, Etelä-Afrikan, Turkin, Japanin, Espanjan sekä muutamien muun eurooppalaisen valtion kautta. Kiinnijäämisen riskin minimoimiseksi ja epäilyjen vähentämiseksi kuljetettujen tuotteiden käyttötarkoitukset väärennettiin kuljetusdokumentteihin. Tällainen oli mahdollista, sillä useat kuljetettavat komponentit olivat niin sanottuja kaksikäyttötuotteita. Näitä olisi todella ollut mahdollista käyttää jossakin muussa tarkoituksessa, kuten öljyteollisuudessa tai vedenpuhdistuksessa.

Vastoin monia pelkoja venäläisiä ydinalan organisaatioita ei ole ollut mukana paljastuneissa salakaupan verkostossa.

LAITTOMAN KAUPAN HANKKIJASTA SUUREKSI TOIMITTAJAKSI

1970-luvulta 1980-luvun alkupuolelle Khanin luomat verkostot palvelivat alkuperäistä käyttötarkoitustaan, Pakistanin ydinohjelmaa. 1980-luvun puolivälissä Khanin toiminta muuttui hankkijasta toimittajaksi. Khan toimitti uraanin rikastamiseen tarvittavaa tietotaitoa, piirustuksia, laitteistoa ja komponentteja sekä ydinmateriaaleja tietyllä tavalla ainakin Libyaan, Iraniin ja Pohjois-Koreaan. On lisäksi mahdollista, että Khanin verkosto olisi toiminnassa yhteistyössä myös Irakin kanssa.

Iranin ydinohjelma aloitettiin jo Shaahin aikana, jolloin suunniteltiin lähinnä ydinenenergian rauhanomaista käyttöä. Laittomuuksiin Iran siirtyi 1980-luvun lopulla, jolloin se aloitti yhteistyönsä Khanin kanssa. Tuolloin Khan vieraili pariin otteeseen Bushehrin reaktorissa

Iranissa ja muutamat iranilaiset tiedemiehet saivat koulutusta pakistanilaisessa ydinteknologian instituutissa. Khanin uskotaan tarjonneen Iranille ydinteknologiaan liittyvää räätälöityä pakettia sekä jopa 50 000 sentrifugin käsittävää laitteistoa uraanin rikastamista varten. Iranin ja Khanin välisen sopimuksen suuruus oli tiettävästi kymmenistä miljoonista dollareista satoihin miljooniin dollareihin.

Khanin ja Libyan välinen yhteistyö juontaa juurensa jo 1970-luvulta, jolloin Libya rahoitti osia Pakistanin ydinohjelmasta. Kun Libya paljasti koko ydinohjelmansa joulukuussa 2003, kansainväliselle atomienergiajärjestölle IAEA:lle ja koko muulle maailmalle selvisi sen laajuus ja liitokset Khanin verkostoon. Libya oli kehittänyt ydinohjelmaansa 1990-luvulta lähtien ja käyttänyt siihen satoja miljoonia dollareita tavoitteenaan rikastaa uraania kymmeneen ydinaseeseen vaadittavan määrän vuodessa. On arvioitu, että 30 eri yritystä 12 eri maassa olivat tavalla tai toisella mukana Khanin verkostoissa. Ne toimittivat Libyaan sen ydinohjelmaan tarvittavia komponentteja, kuten erityyppisiä kaasusentrifugeja tai niiden osia, uraaniheksafluoridi-kaasua uraanin rikastamista varten ja lisäksi ydinräjähteen rakennepiirustuksia ja kokoamisohjeita.

On herättänyt ihmetystä, miksi Libya päätyi omaehtoisesti paljastamaan ydinohjelmansa. Todennäköisimpänä syynä tähän lienee amerikkalaisten Irakiin kohdistamat sotatoimet. Ne toimivat Libyalle varoituksena siitä, missä mittakaavassa USA voi käyttää valtaansa kun se katsoo niin aiheelliseksi. Libyan paljastusten jälkimainingeissa Pakistan oli pakotettu myöntämään oma roolinsa ydinalan laittomassa kaupassa, vaikkakin se oli vuosia kielittänyt olleensa tietoinen tästä toiminnasta. Khan, josta oli toimintansa vuoksi kerinnyt tulla Pakistanin kansallissankari, erotettiin virastaan. Hän teki julkisen tunnustuksen kansallisessa televisiossa helmikuussa 2004. Sittemmin Khan armahdettiin ja määrättiin kotiarestiin, jossa hän tänä päivänäkin on.

Kirjoittaja Anna Lahkola on Säteilyturvakeskuksen ydinmateriaalitoimiston tarkastaja.

UVA-SÄTEILYLLÄ ON VIELÄ TUNTEMATTOMIA TERVEYSVAIKUTUKSIA



Auringon ultraviolettisäteilyn ja erityisesti UVB-säteilyn karsinogeenisyys on tunnettu jo pitkään. UVA-säteilyn haittoja on pidetty aiemmin lähinnä kosmeettisina, mutta viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että UVA-säteilyn aiheuttamat muutokset solutasolla ovat huomattavasti oletettua laajempia. Säteilyturvakeskuksessa tehdyssä tuoreessa väitöstutkimuksessa on lisäksi havaittu, että hiirimallissa UVA-säteily lisää melanooman kykyä lähettää etäpesäkkeitä.

ULTRAVIOLETTISÄTEILY AIHEUTTAA IHOSYÖPÄÄ

Auringonvalo on merkittävin UV-säteilyn lähde ihmisille. Maanpinnalle saapuvasta UV-säteilystä suurin osa, noin 95 prosenttia, on UVA-säteilyä ja loput viisi prosenttia UVB-säteilyä. UVB-säteilyn vaikutukset kohdistuvat lähinnä ihon pintaan, orvaskeden soluihin. UVB saa aikaan pieninä annoksina D-vitamiinin muodostumista, mutta se myös aiheuttaa ihon palamista.

UVA-säteily ei puolestaan polta ihoa yhtä herkästi ja sen ajateltiin pitkään olevan lähes harmitonta. Tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa viimeaikaisten tutkimustulosten valossa, sillä myös UVA-säteilyllä on haitallisia

vaikutuksia ihon soluihin. UVA-säteilyn tiedetään suurina annoksina aiheuttavan ihon palamista ja pidemmästä aallonpituudesta johtuen noin puolet UVA-säteilystä tunkeutuu syvälle verinahkaan säteilyttäen ihoa syvemmältä kuin UVB-säteily. Yhdessä UVB-säteilyn kanssa se aiheuttaa vuosien aikana ihon enenaikaista vanhenemista.

Ihosityöpien määrä on lisääntynyt voimakkaasti viimeisten vuosikymmenten aikana ja ultraviolettisäteilyn vaikutus ihosityöpien synnyssä on kiistaton. UVB-säteilyn rooli okasolusyövän ja tyvisolusyövän synnyssä on tunnettu ja melanoomankin synnyssä varsin todennäköinen. UVB-säteilyn tunnetuimpia haittoja ovat sen solun perimään eli DNA:han aiheuttamat vauriot, jotka korjaamatta jääneinä aiheuttavat mutaatioita. Mutaatioiden sattuessa syöpää hillitsevien tai varsinaisten syöpägeenien alueille, seurauksena saattaa olla ihosityövän kehittyminen. UVB-säteilyn aiheuttaman vastustuskyvyn heikkenemisen tiedetään myös olevan tärkeä osatekijä ihosityöpien kehittämisessä.

UVA-säteilyn rooli ihosityöpien synnyssä ei ole yhtä selvä, mutta viimeaikaisissa tutkimuksissa myös sillä on havaittu olevan perimää vaurioittavia vaikutuksia ja UVA:n tiedetään aiheuttavan mm. sormenjälkimutaatioita, joita on löydetty ihmisen okasolusyöpänäytteisistä. UVA-säteilyn rooli melanooman synnyssä on myös nostettu esiin, kun sen on huomattu aiheuttavan melanoomaa eläimissä. Näistä sinänsä mielenkiintoisista tutkimustuloksista huolimatta UVA-säteilyn vaikutus melanooman etiologiassa on vielä kiistanalainen ja vaatii lisätutkimuksia.

SOLARIUMIT OVAT VOIMAKAS UVA-SÄTEILYN LÄHDE

Koska eläinmalleilla tehtyjen tutkimusten perusteella voidaan epäillä, että UVA-säteilyllä saattaa olla vaikutusta ihosityöpien synnyssä, on solariumit ja tehokkaasti vain UVB-säteilyltä suojaavat aurinkorasvat nostettu esille mahdollisina ihosityöpien riskitekijöinä. Kumpaakin käytettäessä iho altistuu suurelle määrälle UVA-säteilyä.

Solariumien UVA-säteily on 5–10 kertaa voimakkaampaa kuin auringon, joten solariumkuurin aikana iholle tulevan ruskettavan UVA-säteilyn määrä on huomattava. Solariumien käyttöä ei ole kuitenkaan voitu osoittaa aukottomasti melanooman riskitekijäksi, vaikkakin viitteitä tästä on julkaistu.

Aurinkorasvojen käytön ja melanooman kehittymisen välistä yhteyttä ei ole myöskään pystytty osoittamaan selkeästi, vaan tuloksia on sekä puolesta että vastaan. Aurinkorasvat ehkäisevät kyllä tehokkaasti UVB-säteilyn aiheuttamaa ihon palamista, mutta ne eivät absorboi UVA-säteilyä yhtä tehokkaasti. Mikäli tehokkaan UVB-suojan turvin pidennetään auringossa oleskeluaikaa, iholle tuleva UVA-annos voi kasvaa huomattavan suureksi.

UVA VOI VAIKUTTA A MELANOOMAN KKYKYYN LÄHETTÄÄ ETÄPESÄKKEITÄ

Melanooma on ihosityövistä pahalaatuisin, koska se lähettää muita ihosityöpätyyppejä herkemmin etäpesäkkeitä eli metastaaseja muun muassa keuhkoihin, sisäelimiin ja aivoihin. Vaikka melanooman ennuste on aikaisessa vaiheessa löydettyä melko hyvä, hoito vaikeutuu ja ennuste huononee, mikäli melanooma on lähettänyt etäpesäkkeitä. Tästä syystä melanooman mahdollisimman aikainen havaitseminen on erittäin tärkeää. Ihmisiä on kehoitettu tarkkailemaan ihossaan ja luomissaan tapahtuvia muutoksia ja hakeutumaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa lääkärille, mikäli luomi esimerkiksi tummuu, kasvaa, kutisee tai vuotaa verta.

UV-säteilyn tiedetään aiheuttavan 60–90 prosenttia ihosityövistä, mutta UV-säteilyn vaikutuksia ihosityöpien kykyyn lähettää etäpesäkkeitä ei ole aiemmin tutkittu. Säteilyturvakeskuksessa tehdyssä väitöstutkimuksessa on nyt selvitetty UVA-säteilyn vaikutusta hiiren melanoomasolujen kykyyn lähettää etäpesäkkeitä. Soluviljelmin tehdyissä tutkimuksissa UVA-säteilyn havaittiin muuttavan solujen

välistä sitoutumista toisiinsa, mikä saattaa lisätä melanooman metastaasitaipumuksia elävissä organismeissa.

Soluviljelmillä saatuja tuloksia tarkasteltiin myös hiirimallissa, jotta nähtäisiin olivatko havaitut muutokset merkityksellisiä ja paikkaansa pitäviä myös fysiologisella tasolla. Tutkimuksessa havaittiin, että Suomessa helposti kesäaikaan saatava UVA-annos (8 J/cm²) lisää etäpesäkkeiden määrää hiirien keuhkoissa.

Säteilyturvakeskuksessa tehdyssä väitöstutkimuksessa on näin osoitettu ensimmäistä kertaa, että UVA-säteily saattaa lisätä verenkierron olevien melanoomasolujen kykyä lähettää etäpesäkkeitä. Nämä tulokset tukevat aiempien tutkimustulosten näkemystä siitä, että UVA-säteilyllä voi olla epäiltyä enemmän terveysvaikutuksia.

UVA-säteilyn vaikutukset ihmisen melanooman kykyyn lähettää etäpesäkkeitä jäävät vielä selvitettäväksi jatkotutkimuksissa. Jokapäiväisessä elämässä UVA-säteilyn vaikutukset ovat pieniä, mutta ne saattavat olla merkityksellisiä solariumia käytettäessä tai otettaessa pitkään aurinkoa, jolloin altistuminen UVA-säteilylle on voimakasta. Näiden tutkimustulosten perusteella solariumin käytön välttäminen voikin olla aiheellista.

Nykytiedon valossa UVA-säteilyä ei voida pitää enää harmittomana eikä solariumrusketuksen voida ajatella olevan mitenkään ”terveellisempää” verrattuna auringosta saatavaan rusketukseen. Myöskään UVA-säteilyn mahdollisesti aiheuttamaa kehon hetkellistä puolustuskyvyn heikkenemistä ei voida ohittaa, vaan se on huomioitava ihosityövän yhtenä riskitekijänä. Vaikka UVA-säteilyn nykyään tiedetäänkin aiheuttavan huomattavasti terveydelle haitallisia vaikutuksia, paljon on vielä selvittämättä, esimerkiksi mikä on UVA-säteilyn rooli ihosityövän synnyssä ihmisellä. Tähänkin asiaan saamme toivottavasti vastauksen tutkimustiedon lisääntyessä lähivuosina.

MYÖS UVA-SÄTEILY VAURIOITTA PERIMÄÄ.

Riikka Pastila tunnustautuu itse herkkänahkaiseksi.



"Nyt on ihana olo", huokaisee juuri väitellyt biotieteiden tohtori Riikka Pastila klassisen huojentuneena ja onnellisena väitöstilaisuutensa jälkeisenä maanantaina.

TUORE UV-TOHTORI NAUTTII KESÄSTÄ – MALTILLA

Riikka pureutui Säteilyturvakeskuksessa tekemässään väitöstudios- tutkimuksessa ultraviolettisäteilyyn ja selvitti nimenomaan UVA-säteilyn yhteyttä ihosyövän leviämiseen. Tutkimuksessa saadut tulokset vahvistivat viimeaikaisia käsityksiä, joiden mukaan UVA-säteily saattaa aiheuttaa luultua enemmän terveyshaittoja ja sillä voi olla merkittävä rooli ihosyöpien kehittämisessä.

Auringon ja sen ultraviolettisäteilyn vaikutukset nostattavat keskustelua joka kevät, kun ensimmäiset lämpimät valonsäteet saavat pitkän pimeän talven jälkeen ihmisten posket taas punehtumaan. Toisaalta tiedetään, että UVB-säteilyn vaikutuksesta iholla muodostuu D-vitamiinia, toisaalta se kiistatta polttaa ihoa.

Juuri Riikan väitöspäivänä, 19.5. Suomen Ihotautilääkäriyhdistys SILY varoitti siitä, miten ihosyövät ovat lisääntyneet Suomessa räjähdysmäisesti ja kuinka nimenomaan auringonvalon ultraviolettisäteily aiheuttaa valtaosan kaikista ihosyövästä. SILY napautti tiedotteessaan, että ihosyövästä on tulossa uusi kansantauti Suomeen, ellei ihmisten huoleton asennoituminen auringonottoon muutu.

TAVOITTEENA LISÄTÄ IHMISTEN TIETOA AURINGON VAIKUTUKSISTA

Tuoreen UV-tohtorin oma suhde aurinkoon on neutraalin rauhallinen ja varovaisen nautiskeleva.

"En ole innokas auringonpalvoja, koska en halua ihoni vanhenevan ennenaikaisesti ja minulle tulee aivan liian kuuma ja tukala olo suorassa auringonpaisteessa. Nautin kyllä lämmöstä ja rakastan kesää niin kuin varmasti suurin osa suomalaisista. Matkustelen myös erityisen mielelläni etelämpänä, mutta koska ihoni on herkkä, niin suojaan sen erityisen huolella varsinkin talvilomien aikana, kun ihoni tuppaa palaamaan todella herkästi."

Entäpä saako jatkuva työskentely ihosyövän parissa tutkijan joka aamu peilin ääreen hypistelemään luomiaan ja uimarannalla heristelemään sormeja aurinkoa häntä innokkaammin palvoville?

"Seuraan ja tarkkailen toki ihossa ja luomissa tapahtuvia muutoksia, mutta en kauhulla, koska tiedän, että mikäli tällaisia muutoksia havaitaisin, niin menisin luottavaisin mielin lääkäriin. Siellä tilanne ar-

vioitaisiin uudelleen ja hoidettaisiin. Muiden ihmisten osalta taas ihon ruskettaminen on jokaisen oma valinta, kunhan ihmiset vain tietävät rusketukseen liittyvät riskit."

Riikka kokeekin tekemänsä tutkimustyön erittäin mielekkäänä juuri siksi, että tutkimuksissa saatujen tulosten perusteella ihmisille pystytään kertomaan auringonoton todellisista riskeistä entistä täsmällisemmin.

"Ihmiset tekevät aina itse valintansa koskien auringonottotottumuksiaan ja esimerkiksi solariumin käyttöä. Minun tehtäväni tutkijana on tuottaa tietoa ja jakaa sitä itsenäisesti ajatteleville kansalaisille, jotta he pystyisivät tekemään elämäänsä koskevat päätökset uusimman tiedon valossa. Ikävintä olisi, jos joku tulisi sanomaan, että valitsi huonosti, koska ei tiennyt, mitä liika auringon- tai rusketuksen palvonta aiheuttaa", Riikka pohtii.

KAHDEKSAN VUOTTA ON JO VIERÄHTÄNYT UV:N PARISSA

"Tutustuin Säteilyturvakeskukseen, kun suoritin täällä biotieteitä opiskellessani korkeakouluharjoittelijana yhden pakollisen laboratoriorikurssin. Valmistuttuani silloinen harjoitustyöni ohjaaja, nykyinen STUKin Säteilybiologian laboratorion johtaja, tutkimusjohtaja Dariusz Leszczynski soitti minulle ja kysyi olisinko kiinnostunut tulemaan tänne töihin ja tekemään väitöskirjaa UV-säteilyn vaikutuksista. Olin kiinnostunut ja Dariusz ryhtyi ohjaamaan väitöskirjani tekoa. Siinä vaiheessa en tiennyt UV-säteilyästä juuri mitään, joten nämä kuluneet kahdeksan vuotta ovat paljastaneet siitä mitä ihmeellisimpiä salaisuuksia", Riikka kertoo.

Reilu vuosi sitten Riikka siirtyi STUKin sisällä Säteilybiologian laboratorion Ionisoimattoman säteilyn laboratorioon, mutta työt UV:n parissa jatkuivat ja Riikka soisi niiden jatkuvan vastakin.

"Nyt olo on hieman tyhjä, koska olen keskittynyt tähän väitöskirjaan projektiin niin pitkään. Toivon voivani tehdä UV-säteilyyn liittyviä tutkimuksia tulevaisuudessakin eli katson jo innolla tuleviin haasteisiin.

Ennen uusiin haasteisiin tarttumista vuorossa on kuitenkin ansaittu ja ainakin yhtä innolla odotettu kesäloma mansikoinen ja karpäsi- neen sekä tietysti aurinkoisine lomasäineen.

OHJEET

YVL 1.1

Regulatory control of safety at nuclear facilities

YVL 2.4

Ydinvoimalaitoksen primääri- ja sekundääripiirin paineenhallinta

YVL 7.1

Ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyaltistuksen ja radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittaminen

YVL 7.6

Ydinvoimalaitosten radioaktiivisten aineiden päästöjen mittaus

YVL 7.7

Ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilytarkkailu

YVL 7.8

Ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyturvallisuusraportointi

ST 3.3

Röntgentutkimukset terveydenhuollossa

TUTKIMUSRAPORTIT

STUK-A216

Effect of long-wave UV radiation on mouse melanoma: An in vitro and in vivo study. Pastila R.

STUK-A217

Ympäristön radioaktiivisuus Suomessa – 20 vuotta Tshernobylistä. Symposium Helsingissä 25.-26.4.2006
Ikäheimonen T. K. (toim.)

VALVONTARAPORTIT

STUK-B-YTO 245

Nuclear Safeguards in Finland 2005
Hämäläinen M. (ed.)

STUK-B-YTO 246

Ydinturvallisuus, Suomi ja lähialueet. Neljännesvuosiraportti 4/2005
Kainulainen E. (toim.)

STUK-B-YTO 247

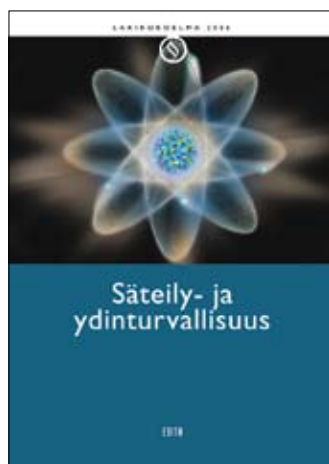
Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. Vuosiraportti 2005

KATSAUKSET

Säteilyn terveysvaikutukset

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

Säteily- ja ydinturvallisuusalan sädökset ajantasaisina



Uutuus!

SÄTEILY- JA YDINTURVALLISUUS

Tämä lakikokoelma on uudistettu versio vuonna 1997 julkaistusta teoksesta "Säteily- ja ydinturvallisuus. Ydinvastuu". Teoksen valmistelussa on huomioitu säteily- ja ydinenergiainsäädännön muutokset vuoden 2006 helmikuun alkuun saakka.

Teoksen liiteosiin on ryhmitelty säteily- ja ydinturvallisuuteen liittyviä ja alaa sivuavia säädöksiä, sopimuksia, EU-direktiivejä ja vastaavia säännöstöjä. Näistä esitetään otsikko- ja tunnistetiedot, joita käyttäen ne ovat helposti haettavissa esimerkiksi internetin sähköisistä säädöskokoelmista.

Liiteosissa luetellaan myös Säteilyturvakeskuksen julkaisemat YVL-ohjeet ja ST-ohjeet, kaikkiaan noin sata nimekettä. Näissä ohjeissa Säteilyturvakeskus esittää säteily- ja ydinturvallisuutta koskevat yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset. Teoksen ovat toteuttaneet Edita ja Säteilyturvakeskus.

- Lakikokoelma
- ISBN 951-37-4674-7
- 148 sivua, 28 €

EDITA

TILAUKSET

www.edita.fi/netmarket, asiakaspalvelu.publishing@edita.fi
puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380. Myös kirjakaupoista.

Kustantajan kirjakauppa Helsingissä:

Annankatu 44 (Et. Rautatiekadun kulma), ma-pe 9-17

Eurajoen Olkiluodossa rakennetaan maan alla ja päällä. Reippaan kivenheiton päässä uuden ydinvoimalaitoksen työmaasta louhitaan kallioon tutkimustilaa, josta myöhemmin on tulossa osa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitosta. Työ on sekä rakentajalle että valvovalle viranomaiselle ainutlaatuinen.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen tutkimustunnelin rakentaminen aloitettiin kesällä 2004. Toukokuussa 2006 tunnelia oli louhittu Eurajoen Olkiluodon kallioon lähes 1100 metriä.



OLKILUODON ONKALO TUTKIMUS- TILASTA LOPPUSIJOITUSLAITOKSEKSI

Ydinvoimalaitosalueen rajan jälkeen Olkiluodossa on lyhyen tienpätkän päässä portti, muutama rakennus ja maan alle vievä luiska. Tästä vaatimattomasta rampista saattaa joskus 2020-luvun alussa matkata ensimmäinen ydinjätteen loppusijoituskapseli lopulliseen sijoituspaikkaansa yli neljän sadan metrin syvyyteen Olkiluodon peruskalliossa.

VALVONTAA TERÄVÖITETÄÄN

Posiva Oy rakentaa Onkaloksi nimettyä tunnelia, virallisemmin maanalaista tutkimustilaa, jo toista vuotta. Onkalo rakennetaan niin, että sitä voidaan käyttää kulkureittinä loppusijoituslaitokseen.

Säteilyturvakeskus (STUK) arvioi kansainvälisen asiantuntijaryhmän tukemana laitoksen suunnitelmia ja sitä koskevia raportteja ennen töiden aloittamista kesällä 2004. Sen jälkeen tarkastustyö on jatkunut STUKin ydinjätetoimiston ja ulkopuolisten asiantuntijoiden voimin.

Kun tunnelin rakentamisessa lähestyttiin kilometrin rajapyykkiä, sekä rakentaja että vi-

ranomainen tarkastelivat menettelytapojaan. Posiva muutti urakointitapaa ja STUK päätti miettiä viranomaisvalvonnan käytäntöjä uudelleen. Koska syvemmälle mentäessä rakentamisen vaikutus turvallisuuteen kasvaa, oli aika lisätä valvontaa. STUKissa päädyttiin muodostamaan Onkalon viranomaisvalvonnasta hanke, joka alkoi maaliskuun alussa 2006.

HAASTEITA RAKENTAJALLE JA VIRANOMAISELLE

Hankkeen ensimmäinen haaste on ollut kehittää toimintatavat entistä tarkempaan viranomaisvalvontaan. Onkalo ei ole ainoa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitushanke maailmalla, mutta loppusijoituslaitoksen osan rakentamisen valvonnasta esimerkkiä ei muualta löydy. Niinpä mallia otetaan ydinvoimalaitosten valvonnasta soveltaen hyväksi havaittuja toimintatapoja ja rutiineja. Valvonnan kohde on kuitenkin tekniikaltaan hyvin erilainen, ja viranomaisvaatimusten ja konkreettisten tarkastuskriteerien aikaansaaminen vaatii työtä.

Lisää miettimistä aiheuttaa se, että Onkaloa

ei ole vielä luvitettu rakenteilla olevaksi ydinlaitokseksi. Kun loppusijoituslaitokselle haetaan rakentamislupaa - tämänhetkisen aikataulun mukaan vuonna 2012 - STUK kuitenkin arvioi myös Onkalon ydinturvallisuuden laitoksen osana. Onkalo täytyy siis rakentaa niin, että se on hyväksyttävissä osaksi loppusijoituslaitosta ja valvoa myös vastaavasti. Kerran räjäytettyä kalliota ei voi enää palauttaa entiselleen.

Näin ollen STUK valvoo Onkalon rakentamista samoin kuin ydinlaitoksen rakentamista. STUK arvioi Posivan toimittamia suunnitelmia ja selvityksiä, ja näkyy myös paikan päällä entistä enemmän.

STUK kiinnittää huomiota erityisesti rakentamisen laatuun ja sen vaikutukseen loppusijoituksen turvallisuuteen. Loppusijoituspaikan ominaisuuksien on säilyttävä sellaisina, että ne estävät radioaktiivisten aineiden leviämistä ympäristöön.

Valvonnassa keskitytään turvallisuudelle tärkeimpien asioiden tarkastamiseen. Tilat, järjestelmät ja toiminnot luokitellaan niiden turvallisuusmerkityksen mukaan. Valvon-



Onkalon louhinnan tärkein työkalu on lähes 17-metrinen ohjelmoitava porausjumbo.

taa varten on myös tarkennettu asiakirjojen tarkastusmenettelyjä ja luotu rakentamisen tarkastusohjelma.

TURVALLISUUTTA MAAN ALLA

Loppusijoituksen tärkein turvallisuustavoite on, etteivät ihmiset ja ympäristö altistu tullevaisuudessa säteilylle. Turvallisuuden lähtökohtana ovat tekniset esteet, loppusijoituskapseli ja sitä ympäröivä bentoniittirakenne, mutta myös kallioperän ja pohjaveden ominaisuudet ovat tärkeitä. Useat peräkkäiset esteet hidastavat radioaktiivisten aineiden leviämistä.

Maanalaisen tutkimustilan merkittävin turvallisuuteen vaikuttava tekijä on rakentamisen mahdollisesti aiheuttamat häiriöt kallioperään. Tunneliin ei esimerkiksi saa vuotaa paljoa vettä, jotta pohjavesijärjestelmä ei häiriintyisi. Kalliotilan lujittamiseksi ja vuotojen pienentämiseksi tehtävät lujiteaineiden ruiskutukset sekä räjäytysten aiheuttama rakoilu tunnelin seinämien lähellä voisivat heikentää kallion tai teknisten esteiden toimintakykyä.

Onkalon rakentaminen on myös oppimisprosessi. Nyt opitaan oikeat tavat tehdä ennen turvallisuuden kannalta tärkeämpää vaihetta, loppusijoitustilojen rakentamista.

LOPPUSIJOTUSTA ON VALMISTELTU MYÖS YUCCA-VUORELLA JA GORLEBENISSÄ

Olkiluodon Onkalo on yksi kolmesta rakenteilla olevasta ydinpolttoaineen loppusijoitustilasta. Rakennustöihin on ryhdytty myös USA:n Nevadassa Yucca-vuorella sekä Saksan Gorlebenissä.

Nevadan ydinasekoealueella sijaitsevan Yucca-vuoren soveltuvuutta käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamiseen on tutkittu vuodesta 1978 lähtien. Vuoreen on louhittu terävän U-kirjaimen muotoinen noin viisi metriä halkaisijaltaan oleva ja lähes kahdeksan kilometriä pitkä tunneli, jossa tehdään paikka- ja soveltuvuustutkimuksia. Tunnelia on tarkoitettu aikanaan käyttää Onkalon tapaan loppusijoituslaitoksen osana.

Hankkeelle on poliittinen valtuutus, eli sille on saatu presidentin sijoituspaikkasuositus, jonka kongressi on vahvistanut. Varsinaista rakentamislupaa ei vielä ole, mutta energiaministeriön vastuulla oleva loppusijoitusryhmä valmistelee hakemusta parhaillaan USA:n ydinturvallisuusviranomaiselle NRC:lle.

Vuoreen on tarkoitettu loppusijoittamaan USA:n 126 laitospaikalta peräisin oleva korkea-aktiivinen siviili- ja sotilasjäte, arvioilta noin 125 000 tonnia alkuperäistä uraania. Yucca-vuori syntyi noin 14 miljoonaa vuotta sitten lä-

hellä olevien tulivuorten purkausten tuhkaista. Käytetty polttoaine on tarkoitettu sijoittamaan noin 1,7 kilometrin korkeuteen merenpinnasta. Sijoitustila on kuivassa ympäristössä pohjaveden pinnan yläpuolella.

Saksassa lähdettiin 1970-luvulla etsimään soveltuvaa suolamuodostumaa korkea-aktiivisten jätteen loppusijoitukseen. Eri valintavaiheiden jälkeen päädyttiin Gorlebenin suolamuodostumaan. Siinä vaiheessa Ala-Saksin hallitus, joka on myös lupaviranomainen, tuki voimakkaasti hanketta ja myönsi sille tutkimusluvan. Sen turvin tutkimukset alkoivat vuonna 1979. Myöhemmin, poliittisten suhdanteiden muututtua, Ala-Saksin hallitus alkoi voimakkaasti vastustaa hanketta. Liittohallituksen turvin hanke kuitenkin jatkui vuoteen 2000 asti.

1990-luvulla muodostumaan tehtiin kaksi syvää kuilua ja niiden välille niin sanottu karakterisointitunneli. Vuoden 2000 poliittisessa ydinvoimapakettissa Gorlebenin tutkimukset jäädettiin. Päätös jatkosta tehdään viimeistään vuosikymmenen lopulla.

Saksassa on menossa luvitusjärjestelmän muutos, joka toisi vaihteittaisen lupajärjestelmän loppusijoitushankkeille. Nykyisessä järjestelmässä on vain yksi lupa, joka kattaa laitoksen koko elinkaaren rakentamisesta sulkemiseen.

Tutkimus:

PISPALANHARJUN RADON- KORJAUKSISTA ONNISTUI PUOLET

Tampereen Pispalanharjulla selvitettiin, miten eri korjausmenetelmät tepsivät korkeisiin radonpitoisuuksiin. Parhaimmillaan radonpitoisuutta oli saatu alennettua yli 90 prosenttia. Joissakin tapauksissa tulokset jäivät vaatimattomiksi.

Sanna-Kaisa Raatikainen ja Katariina Tuhola selvittivät insinööriyössään eri radonkorjausmenetelmien tehoa. Tutkimukseen osallistui 29 taloutta, joissa aiemmissa mittauksissa oli todettu korjausrajan 400 becquereliä kuutiometrissä ilmaa ylittävä radonpitoisuus. Taloja oli korjattu radonpitoisuuden alentamiseksi erilaisin menetelmin, esimerkiksi tehostamalla ryömintätilan tuuletusta tai tiivistämällä perustuksia. Parhaat korjaustulokset saatiin radonkaivolla ja -imureilla sekä tehostamalla kellarin ilmanvaihtoa.

Radonkaivo on menetelmä, jossa imetään ilmaa maaperästä talon ulkopuolelle tehdystä kaivannosta. Parhaimmillaan radonpitoisuutta saatiin tällä tavoin alennettua yli 99 prosenttia. Laatan alla olevaan putkistoon kytketyllä radonimurilla oli pitoisuutta saatu alennettua jopa 98 prosenttia.

Joissakin tapauksissa tulokset olivat vaatimattomampia. Heikkotehoisimmaksi menetelmäksi osoittautui pelkkä tiivistys, jolla radonpitoisuutta saatiin parhaimmillaan 16 prosenttia pienemmäksi.

Tutkimukseen osallistuneista taloista vain

noin kolmasosassa oli radonpitoisuus saatu alle 400 becquerelin.

MIKSI KORJAAMINEN EPÄONNISTUU?

Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin, mistä korjauksen epäonnistuminen saattaisi johtua.

Alkuperäiset talot on toteutettu useimmiten hyvin tuulettuvalla ryömintätilalla, jolloin maaperästä nouseva radon ei pääse merkittävästi virtaamaan asuntoon. Nykyään perustuksena on usein maanvarainen laatta. Laatan ja sokkelin välinen sauma ei ole riittävän hyvin tiivistetty, ja rakojen kautta radon pääsee sisäilmaan.

”Yksi usein unohtuva asia on laatan ja talon perustusten välisen sauman tiivistäminen”, kertoo Katariina Tuhola.

Tutkimuksen yhteydessä valmistui asukkaille korjausopas. Sen tarkoituksena on avustaa asukkaita valitsemaan rakennukseen sopiva korjausmenetelmä, johon vaikuttaa muun muassa talon perustustapa ja pohjarakenteiden tiiviys.

TUTKIMUKSEN TEKOA KESÄHELTEESSÄ

Työ aloitettiin jakamalla kesällä 2005 Tampe-

reen ammattikorkeakoulun (TAMK) ja Säteilyturvakeskuksen (STUK) kyselylomake 550 postilaatikkoon Pispalanharjulla. Kyselyyn vastasi noin 150 taloutta, ja STUK tarjosi kyselyyn vastanneille kaksi ilmaista radonmittausta. Mittaukset tehtiin syys-marraskuussa ja tammi-maaliskuussa.

Lopulta tutkimukseen osallistui 29 taloutta. Raatikainen ja Tuhola vierailivat kohteissa ja laativat sen perusteella raportit, jotka perustuivat rakennusasiakirjoihin, paikalla tehtyihin havaintoihin ja haastatteluihin. Lisäksi STUKin tekemiä uusia mittauksia verrattiin aikaisemmista mittaustuloksista koostuvaan rekisteriin.

”Asukkaiden antama informaatio oli ensisijaisen tärkeää. Ilman sitä tätä työtä ei olisi voinut edes toteuttaa”, kertoo Tuhola.

Tutkijoiden mukaan vierailuilla kävi hyvin ilmi, miten asukkaat suhtautuivat radonasiointiin.

”Suurin osa ottaa asian vakavasti ja on halukas tekemään kaiken mahdollisen, jotta asunon radonpitoisuudet saataisiin ohjearvoihin. Joukkoon mahtuu kuitenkin myös niitä, jotka epäilevät radonin aiheuttamaa riskiä. Mieti-



Katriina Tuhola (vas.) ja Sanna-Kaisa Raatikainen ovat opiskelleet Tampereen ammattikorkeakoulussa rakennustekniikkaa suuntautuen kiinteistönpitotekniikkaan. Oppi ei mennyt ojaan, sillä Raatikainen siirtyi osakkaaksi isännöitsijätoimistoon valmistuttuaan rakennustekniikan insinööriksi. "Yhteen yhtiöstä ollaankin jo tänä kesänä tekemässä radonkaivoa", Raatikainen toteaa. Kuva on otettu Pispalanharjulla.

tään, että onhan ennenkin asuttu harjulla, eikä ole sairastuttu keuhkosityöpään. Oleellista kuitenkin on, että rakennustavat ovat muuttuneet, jonka vuoksi tilanne saattaa olla nyt erilainen kuin 20–30 vuotta sitten."

Sanna-Kaisa Raatikainen ja Katriina Tuhola myöntävät, että insinööritöiden tekemisessä oli omat vaikeatkin hetkensä.

"Raskainta työn toteuttamisessa oli kirjeiden jakaminen kesähelteessä. Aikataulussa kuitenkin pysyttiin koko ajan. Aikataulun laatimisen merkitystä kannattaakin painottaa vastaavanlaisia töitä tehdessä. Tämä työ on ollut meidän mielestä haastava ja molemmille on tullut selkeä kuva siitä, miten radonkorjauksia olisi toteutettava."

Insinööritöiden *Radonkorjaukset Pispalanharjulla* julkaistaan STUK-A-sarjassa kesän aikana. Tutkimukseen liittyvä asukasopas on insinööritöiden liite, ja se löytyy STUKin Internet-sivuilta.

HANNU ARVELA

PISPALANHARJULLA RADONPITOISUUDEN VAIHTELUT POIKKEUKSELLISEN SUURIA

Pispalanharju on tyypillinen korkean radonpitoisuuden harjualue. Karkean sora-aineksen takia maaperän radonpitoinen ilma virtaa herkästi kaikkien perustuksen rakojen kautta sisätiloihin. Talviaikaan harjulla on mitattu hyvin alhaisista pitoisuuksista aina 30 000 Bq/m³ olevia sisäilman radonpitoisuuksia. Korjausta edellyttävän pitoisuuden 400 Bq/m³ ylittää alueella yli puolet asunnoista. Turvallisin perustusratkaisu on hyvin toimiva tuulettuva ja tiivis alapohja.

Pispalanharjun sisällä tapahtuu ilmavirtauksia, joilla on suuri merkitys alueen asuntojen radonpitoisuuksiin. Harjun sisällä oleva ilma on talvella lämpöisempää kuin ulkoilma. Tästä syystä ilmaa virtaa talvella harjun laella harjun sisältä ulospäin. Vastaavasti tietyissä kohdissa rinnettä ilmaa virtaa ulkoapäin harjun sisään. Kesällä ilmiö on päinvastainen.

Virtaukset ylläpitävät suurta vuodenaikavaihtelua harjusoran huokosilman radonpitoisuudessa. Lakialueella sisäilman radonpitoisuudet voivat talvella olla kymmenkertaisia verrattuna kesäpitoisuuksiin. Tavallisesti ero on vain kaksinkertainen. Tietyillä vyöhykkeillä harjun rinteellä taas kesäpitoisuudet ovat talven arvoja korkeampia. Vuosikeskiarvon tarkka määrittäminen edellyttää ympärivuotista mittauksia tai kahta mittauksia – toinen kesällä ja toinen talvella.

Pispalanharjun kaltaisen jyrkkämuotoisen harjun radonpitoisuuksissa näkyy myös voimakas tuulen vaikutus. Kun tuuli kääntyy Näsijärveltä Pyhäjärvelle, voi radonpitoisuus muuttua nopeastikin. Kun tuuli puhaltaa rinteiden puolelta, radonvapaata ulkoilmaa tunkeutuu soraan ja radonpitoisuus asunnossakin alenee.

Pitkän päivätyön energiapolitiikassa tehnyt teollisuusneuvos Jussi Manninen:

YDINVOIMA TEKEE UUTTA TULEMISTAAN

Ydinvoima tekee maailmalla uutta tulemistaan, pitkän päivätyön energiapolitiikassa tehnyt teollisuusneuvos Jussi Manninen uskoo. Hänen mielestään ydinaseiden leviäminen uusiin maihin on ainoa sellainen ydinvoimaan liittyvä riski, jota ei pystytä teknisesti hallitsemaan.

Teknisen korkeakoulun teknisen fyysisen osastolta diplomi-insinööriksi valmistunut Manninen aloitti työnsä kauppa- ja teollisuusministeriössä syksyllä 1973. Pääaineenaan hän oli opiskellut reaktorifysiikkaa. Opinnot täydentyivät myöhemmin lisensiaattitutkinnolla, jonka sivuaineena oli talousoikeus.

”Ydinfysiikka kuulosti oppiaineena haastavalta. Se veti puoleensa nuorta opiskelijaa, jolla oli jonkin verran matemaattisia taipumuksia. Talousoikeuden opiskelu avitti osaltaan virkamiestehtävien hoitamista”, toukokuussa KTM:n energiaosastolta eläkkeelle jäänyt Manninen sanoo.

Virkamiesuransa Manninen aloitti osallistumalla Suomen pitkän tähtäyksen energiapolitiittisen ohjelman laadintaan. Vastikään puhjennut öljykriisi vauhditti energiahuollon uudelleen arviointia. Pian Manninen vaihtoi KTM:öön perustettuun atomitoimistoon, jossa hän työskenteli 1980-luvun puoliväliin. Tätä seurasi kahden vuoden rupeama ulkoministeriössä ydinenergia-asoiden parissa. KTM:öön palattuaan Manninen hoiti viisi vuotta yleisiä energiapolitiittisia asioita siirtyen sitten vetämään ministeriön ydinenergiaryhmää.

”Kyllä ydinenergia on kaikkinsa ollut merkittävä osa koko työuraani.”

Energiapolitiittisen toimijan uran Mannisen voi sanoa aloittaneen jo sotien jälkeen 1940-luvun lopulla. Suomessa oli sähköpula ja ihmisiä kehoitettiin säästämään sähköä. Manninen kiersi varmistamassa, etteivät valot palaaneet turhaan tyhjiä huoneissa.

”Isäni on kertonut minulle tämän, itse en muista koko asiasta mitään. Pikkupoikana otin varmasti tehtävän innokkaana vastaan. Lienee kuitenkin hyvä, jos juuri ja juuri yletyin sähkönappulaa kääntämään.”

USKO YDINVOIMAAN OLI VANKKA

Usko ydinenergiaan oli 1970-luvun alkupuolella maailmanlaajuisesti vankka. Ydinvoima koettiin hallittavan niin, että se ratkaisee nykyiset ja tulevat perusvoiman tuotantotarpeet. Suomeenkin laskettiin rakennettavan piakkoin monia ydinreaktoreita. Näin ainakin energiapolitiittiset päättäjät ja toimijat rokenivat toivoa.

”Toki myös epäilijöitä oli. Vuonna 1978 satunut Harrisburgin voimalaonnettomuus antoi tuulta ydinvoiman vastustajien siipien alle. Onnettomuuden myötä usko ydinenergian kaikkivoipaisuuteen laantui hallinnonkin piirissä”, Manninen toteaa.

Vielä selvemmin uskon kolaus näkyi maailmalla. Esimerkiksi USA:ssa oli ehditty tilata liki

liukuhihnalta uusia ydinvoimalaitoksia, joista isoa osaa ei kuitenkaan koskaan rakennettu. Tshernobylin turma vuonna 1986 laittoi länsimaissa lopullisen pisteen uusille ydinreaktoreille pariksi vuosikymmeneksi.

”Kolme vuosikymmentä sitten energiahuollossa ei ylipäättään otettu huomioon ympäristövaikutuksia. Ympäristön ei nähty asettavan rajoituksia energian käytölle eikä tuolloin tunnettu sellaista käsitettä kuin kestävä kehitys. Toki Rooman klubi oli vuonna 1972 julkaissut maapallon kestäkykyä arvioivan Kasvun rajat -raporttinsa, jonka itsekin luin pian sen ilmentyttyä. Ympäristötekijät eivät kuitenkaan olleet energiahuollosta vastaavien tahojen keskeisiä huolenaiheita.”

IDÄNSUHTEET OHJASIVAT ENERGIAPOLITIIKKAA

Ympäristökysymyksiä enemmän Suomen energiaratkaisuihin vaikuttivatkin suurvaltasuhteet ja etenkin maamme erityissuhde Neuvostoliittoon.

”Historian kirjoituksesta selviää, että ensimmäisten ydinvoimaloiden hankinnassa suurvaltasuhteet olivat aivan keskeisessä asemassa. Myös maakaasun käyttöönotto oli pitkälti idänkauppaa. Kivihiili ostettiin valtaosin Neuvostoliitosta. Öljy tuli sieltä jopa niin, ettei Suo-

KTM:n energiaosastolta eläkkeelle jäänyt teollisuusneuvos Jussi Manninen seuraa huolestuneena Iranin toimia ydintuotannon parissa.

mi oikein uskaltanut alkuun liittyä kansainväliseen energiajärjestöön IAEA:han koska pelättiin, että Neuvostoliitto katsoisi sen toimittaman öljyn menevän mahdollisessa kriisitilanteessa länsimaiden käyttöön”, Manninen korostaa.

”Idänsuhteet olivat aivan keskeinen tekijä energiapolitiikassa 1970-luvulla. Sen vaikutus rupesi pikkuhiljaa vähenemään kunnes 1990-luvun alussa riippuvuus purettiin kokonaan. Omassa työssäni tätä ohjausta en kuitenkaan suoraan kokenut itseäni korkeampien virkamiesten hoitaessa asiat suvereenisti. Ei nuoria virkamiehiä päästetty vodkalasien ääreen.”

Mannisen asialla oli hyvätkin puolensa. Energian saanti oli normaalioloissa turvattua, vaikka riippuvuus yhdestä toimittajasta koettiin ongelmaksi huoltovarmuuden kannalta.

”Hyvin Suomi on kaikkien energiahuollossa pärjännyt. Neuvostosuhteiden ajalta ja ehkä osin sen takiaakin energian tuotantorakenteemme on hyvin monipuolinen. 1980-luvun puolivälissä meillä oli selvä päämäärä päästä irti öljystä sähkön tuotannossa. Siinä on myös onnistuttu toisin kuin monissa muissa maissa.”

YDINVOIMAN RAKENTAMINEN ELPYY

Suomessa rakennetaan parasta aikaa viidettä ydinvoimayksikköä ja muuallakin länsimaissa ydinvoimalaitoshankkeita ollaan kaivamassa esiin kahdenkymmenen vuoden hiljaiselon jälkeen. Mannista ydinvoiman uusi tuleminen ei yllätä.

”Ilmastomuutosten uhka on kääntänyt kansalaismielipiteen ydinvoimalle myönteisemmäksi. Ydinvoiman riskit koko yhteiskunnalle hyväksytään tätä taustaa vasten. Kun ydinvoimalat ovat toimineet Suomessa haave-reitta ihmiset lähtevät kokemuseräisesti siitä ajatuksesta, ettei onnettomuuksia tule tapahtumaankaan.”

Toki kansalaismielipiteeseen on pyritty myös vaikuttamaan voimakkaasti. Mannisen mielestä lehdistö on ollut asiassa keskeinen suunnan näyttäjä. Voidaan kysyä, kuka puolestaan ohjaa lehdistössä käytävää keskustelua?

”Esimerkiksi Olkiluoto 3:n rakentamisen taustalta löytyy poliittikoja ja mielipidevai-



kuttajia, jotka ajoivat sitä hyvin määrätietoisesti. Teollisuus ja sähköntuottajat ovat kaiken aikaa toivoneet lisää ydinvoimaa. Heidän vaikutusvaltansa poliittikkoihin on oma kysymyksensä.”

Ydinvoiman rakentaminen lähtee sähkön tarpeesta ja hinnasta. Valinta eri perusvoiman tuotantotapojen kesken tehdään käytettävissä olevista vaihtoehdoista sen mukaan, mihin kulloinkin ollaan valmiita. Tällä hetkellä tilanne näyttää Mannisen mielestä varsin selvältä ydinvoiman hyväksi.

”Jos eduskunta myöntäisi nyt luvan kuudennen ydinvoimayksikön rakentamiselle, tuskin siitä kova meteli nousisi. Uskon, että Suomessa tehdään päätös vähintään kahdesta uudesta ydinvoimalaitoksesta per lähivuosisikymmen. Näin jo osin sen takia, että vanhemmat laitokset, nimenomaan Loviisan laitokset, tullaan jossain vaiheessa korvaamaan uusilla.”

”On selviä merkkejä siitä, että muuallakin länsimaissa aletaan taas panostaa ydinvoimaan. Esimerkiksi Euroopassa on sellainen henki päällä. Toki aina voi tapahtua jotain, joka kääntää suunnan täysin. Lisäksi vauhdikkaalla ydinvoimarakentamisella on omat rajoitteensa kuten valmistajien toimituskyky ja halpojen uraanivarojen riittävyys”, Manninen toteaa.

YDINVOIMA HYVISSÄ KÄSISSÄ SUOMESSA

Oman suhtautumisensa ydinvoimaan Manninen sanoo perustuvan kustannus-hyöty-analyysiin. Näin ydinvoiman hyödyntämisen edut ja riskit riippuvat ajasta ja paikasta.

”Ongelmien ja onnettomuuksien mahdollisuus tuntui urani alkuaikoina hyvin pieneltä eikä niitä tuolloin juuriakaan ajateltu. Toisaalta en itse ole koskaan edustanut sitä kantaa, ettei onnettomuuksia voi sattua. Monenlaista saattaa tapahtua, kun kyse on ihmisten toiminnasta.”

Suomessa ydinvoimatuotanto on Mannisen mukaan pätevässä käsissä. Vankka osaaminen yhdistyy asianmukaiseen turvallisuuskulttuuriin.

”Suomessa on onnistuttu rekrytoimaan hyvää väkeä alalle. Ensimmäisellä ydinvoiman parissa työskennelleellä sukupolvella oli ehkä nykyistä syvällisempi fysikaalis-tekninen koulutus. Nykyisillä ammattilaisilla on taas huomattavasti aiempaa enemmän käytännön kokemusta.”

Viidennen voimalaitosyksikön rakentaminen on herättänyt uudelleen jo hieman hiipuneen opiskelijoiden kiinnostuksen ydintekniikkaa kohtaan. Mannisen mielestä päätös Olkiluoto 3:n rakentamisesta tulikin tarpeeseen ydintietämyksen jatkuvuuden kannalta.

”Esimerkiksi KTM:ssä oltiin jo huolissaan koulutuksen riittävydestä ja laadusta. Tiedonsiirto sinänsä on kaksiteräinen asia. Tietoa pitää pystyä välittämään sukupolvelta ja henkilöltä toiselle. Mutta jos tieto on valmiiksi pureksittuna, se on ulkoa opitun oloista, eikä sitä ehkä sisäistetä samalla tavalla kuin oma-kohtaisen oivalluksen ja kokemuksen tuomaa viisautta. Ydinenergia-alalla yrityksen ja erehdyksen kautta oppimista voidaan kuitenkin soveltaa vain hyvin rajoitetusti.”

Vuosien saatossa STUKin rooli ydinturvallisuutta valvovana viranomaisena on vahvistunut. Monet tehtävät, jotka alun perin hoidettiin KTM:ssä, ovat siirtyneet STUKin vastuulle. Menettelytavat ovat kehittyneet ja valvontaan käytettävät resurssit kasvaneet.

”On kaikkien kannalta ensiarvoisen tärkeää, että Suomessa on ydinturvallisuutta val-

vomassa asiansa osaava ja puolueeton viranomainen. Myös STUKin julkikuva on tärkeä, eli että kansalaiset luottavat sen toimintaan. Mielestäni STUK on onnistunut hyvin tehtävässään.”

YDINASEIDEN LEVIÄMINEN HUOLESTUTTAA

Suomen liittyessä Euroopan unioniin esiin nostettiin huoli siitä, että Suomen vakaaseen peruskallioon tultaisiin hautaamaan EU:n eri maissa syntynyttä ydinjätettä suomalaisilta juurikaan lupaa kysymättä. Mannisen mielestä väite oli enemmän poliittista agitointia kuin todellista huolestuneisuutta.

”Väite kehitettiin tarkoituksellisesti Suomen

EU-jäsenyyden vastustamiseen ja se pulpahtaa edelleenkin aika ajoin esiin. Monet selvitykset ovat kuitenkin osoittaneet, ettei ydinjätteen tuonti ole mahdollista ellei Suomen hallitus sitä salli. Eli asia on täysin suomalaisten itsensä käsissä.”

Mannisen mukaan suhtautuminen käytettyyn ydinpolttoaineeseen on maailmalla ilmeisesti muuttumassa. Polttoaineen jälleenkäsittely ja siitä erotetun plutoniumin käyttö polttoaineena tarkkaan valvotuissa olosuhteissa on nousemassa esiin maaperään tehtävää loppusijoitusta parempana vaihtoehtona. Mutta mieli voi tässä suhteessa jälleen muuttua ja Suomessa kannattaa kyllä jatkaa valitulla linjalla.

”Ydinenergian tuotanto ja ydinjätteet ovat teknisesti hallittavissa olevia asioita. Ydinaseiden leviäminen uusiin maihin on ainoa todellinen ydinvoiman käyttöön liittyvä riski. Ainoa sellainen riski, joka ei ole teknisesti hallittavissa.”

Manninen sanookin seuraavansa huolestuneena esimerkiksi Iranin toimia ydintuotannon parissa. Ydinaseiden leviämistä on tähän asti pyritty estämään muun muassa taloudellisin pakottein. Iranin taloudellinen tilanne voi kuitenkin jo lähtökohtaisesti olla niin huono, etteivät taloudelliset pakotteet juurikaan vaikuttaisi siihen, ja Iranilla on myös mahdollisuus länsimaihin kohdistuviin taloudellisiin vastatoimiin.

T I L A U K K U N T Y T T I

Tilaa ALARA ja lue asiantuntevaa ja puolueetonta tietoa mm. radonin ja UV-säteilyn vaaroista, terveyteen sekä matkapuhelimien, tietokoneiden, mikroaaltouunien ja soittimien turvallista käyttöä. Lisäksi lehdessä käsitellään säteilyn käyttöä terveydenhuollossa, ydinvoimaloiden turvallisuutta Suomessa ja lähialueilla sekä ydinjätteiden kohteloa.

☒ Tilaa ALARA-lehden näillä numeroissa vuodessa

☐ keskitilauks 39 € (sisältävällä 12 kuukautta)

☐ määrittämättömyys 43 € (vasta 12 kuukautta)

Yhteyshenkilö

Nimi

Osoite

Postinumero ja -toimipiste

Puhelin

Sähköpostiosoite

Päätyö

Aikajälke

TILAUKSET

www.stellatum.fi

☎ (09) 5421 9100

tilauspalvelu@stellatum.fi

Stellatum Oy

maailman

postit

maailman

STELLATUM OY

Vastuuohje

Tunnus 6010999

00003 Helsinki



Olkiluoto 3 tulee olemaan nettosähköteholtaan maailman suurin reaktori toistaiseksi.

OLKILUOTO 3 ON ENSIMMÄINEN EPR-REAKTORI MAAILMASSA

Olkiluotoon rakenteilla oleva ydinvoimalaitosyksikkö on maailman ensimmäinen European Pressurised water Reactor (EPR)-reaktorityyppiin perustuva voimalaitos.

EPR on suunniteltu saksalaisen Konvoi-painevesireaktorin ja ranskalaisen N4-painevesireaktorin pohjalta käyttäen hyväksi kummassakin toimiviksi havaittuja teknisiä ratkaisuja. EPR:ään on suunniteltu turvallisuusominaisuuksia, joita näissä vanhemmissa laitoksissa ei ole. Erityisesti on varauduttu reaktorisydämen sulamisen hallintaan, jotta vakavinkaan mahdollisen sydänvaurio ei johtaisi radioaktiivisten aineiden leviämiseen ympäristöön, sekä suuren matkustajakoneen törmäykseen.

Olkiluoto 3:n lämpötehoksi on suunniteltu 4300 megawattia (MW), kun N4-laitosten tämänhetkinen lämpöteho on 4250 MW. Nettosähköteholtaan Olkiluoto 3 tulee olemaan noin 1600 MW eli toistaiseksi maailman suurin reaktori. Suomessa merenrannalla käytävissä oleva kylmä jäähdytysvesi mahdollistaa suureen sähkötehon. Keski-Euroopassa laitoksia jäähdytetään lämpimämmällä vedellä kuin Suomessa, mikä huonontaa laitosten hyötysuhdetta.

RANSKA ON OTTANUT OPPIA OL3:STA

Ranskan valtiollinen voimayhtiö Electricité de France (EdF) on myös päättänyt rakentaa EPR-laitoksen. Se rakennetaan Normandiaan Caenin kaupungin lähellä sijaitsevalle Flamanvillen laitospaikalle, jossa on jo käytössä kaksi 1300 MW:n sähkötehoista painevesireaktoria. EdF on hakenut rakentamislupaa toukokuun alussa. Ranskan ydin- ja säteilyturvallisuusviranomaisen Autorité de Sûreté Nucleaire (ASN) aikoo antaa siitä lausuntonsa vuoden 2006

loppuun mennessä.

Myös Ranskassa viranomainen on valmistautunut lausunnon antamiseen jo hyvissä ajoin ennen hakemuksen jättämistä. EPR:n turvallisuuskysymyksiä on käsitelty EdF:n ja viranomaisten kesken jo useiden vuosien ajan, ja laitoksen sijoituspaikkaan liittyviä asioita viime vuodesta alkaen.

Ranskassa on oltu erittäin kiinnostuneita Olkiluoto 3:n viranomaiskäsitteystä jo periaatepäätösvaiheesta alkaen. Flamanville 3 -hanke etenee kaksi-kolme vuotta Olkiluoto 3 -hanketta jäljessä, ja ranskalaiset ovat hyödyntäneet siinä useimmat niistä turvallisuusparannuksista, joita Suomessa on EPR:ään tehty.

EPR MUUALLA MAAILMASSA

Kiinassa on päättymässä tarjouskilpailu neljästä painevesireaktorista. EPR-laitoksia toimittava Areva NP ottaa kilpailussa mittaa yhdysvaltalaisesta Westinghouse Electric -yhtiöstä, joka tarjoaa kiinalaisille uutta painevesireaktoriyyppiään AP1000. Tämän laitoksen sähköteho on 1100 MW, ja sen turvallisuus perustuu luonnonvoimaisesti toimiviin turvajärjestelmiin, toisin kuin EPR:ssä, jonka turvallisuusjärjestelmät toimivat sähköllä (tarvittaessa varavoimalla). Kiinalaisten päätöstä siitä, saako kaupan Areva vai Westinghouse, odotetaan ennen kesää 2006.

Westinghouse oli AP1000-laitostyyppillään mukana Teollisuuden Voima Oy:n (TVO) selvittävyysselvityksessä, kun valmisteltiin periaatepäätöstä Suomen viidennestä ydinvoimalaitoksesta. Yhtiö ei kuitenkaan osallistu-

nut TVO:n tarjouskilpailuun, koska sen mielestä laitoksen hyväksyttämiseen Suomessa olisi tarvittu liian paljon muutoksia.

Areva on myös muokkaamassa laitoksesta Yhdysvaltain markkinoille soveltuvaa versiota, nimeltään U.S. Evolutionary Power Reactor (U.S. EPR). Laitoksen rakennustekninen ja sähkötekniinen mitoitus ja laitekanta sovitetaan yhdysvaltalaisiin normeihin ja standardeihin, mutta sen perusturvallisuusominaisuuksia ei ole tarkoitus muuttaa.

Areva ja yhdysvaltalainen voimayhtiö Constellation Energy ovat muodostaneet konsortion, jonka tavoitteena on hankkia U.S. EPR:lle Yhdysvaltain viranomaisen hyväksyntä sekä rakentaa näitä laitoksia Constellationin laitospaikoille. Periaatehyväksyntä vie Yhdysvalloissa useita vuosia, ja rakentamislupahakemuksia on odotettavissa vasta sen jälkeen.

Liettuan Ignalinassa on toiminut kaksi sähköteholtaan 1500 MW:n Tshernobyl-tyyppistä RBMK-reaktoria. EU-jäsenyytensä ehtona Liettua sulki niistä vanhemman vuonna 2004 ja on sitoutunut sulkemaan uudemman vuonna 2009. Korvaavan sähköntuotannon järjestämiseksi Liettua on yhdessä muiden Baltian maiden kanssa harkitsemassa uuden ydinvoimalan rakentamista Ignalinaan. Yleisesti uskotaan, että EPR voisi tulla kyseeseen myös Baltiassa.

Kirjoittaja Juhani Hyvärinen on Säteilyturvakeskuksen Voimalaitostekniikka-toimiston päällikkö.



KYSY SÄTEILYSTÄ!

säteilytieteen professori vastaa

KYSY JA KOMMENTOI!

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

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

VOIKO BLUETOOTHIN KÄYTÖSTÄ OLLA HAITTAA?

Bluetooth hands-free -laite pitää yhteyttä matkapuhelimeen mikroaalloilla, joiden taajuus on 2,4–2,5 gigahertsiä. Tämän tyypissä laitteissa lähetysteho puhelun aikana on 2,5 milliwattia (mW). Osa tehosta imeytyy (absorboituu) väistämättä käyttäjän päähän. Lähetysteho on kuitenkin niin pieni, että raja-arvot eivät voi edes teoriassa ylittyä.

Altistumista rajoitetaan Euroopassa siten, että SAR (specific absorption rate) ei saa ylittää raja-arvoa 2 wattia kiloa kohden (W/kg). SAR-arvo kuvaa sitä, kuinka paljon matkapuhelimesta imeytyy pään alueelle lämpöenergiaa.

2,5 mW teholla toimiva Bluetooth-laite aiheuttaisi korkeintaan 0,25 W/kg SAR-arvon, mikäli kaikki teho absorboituisi käyttäjän päähän. Tällöin laite ei tietenkään edes toimisi. Esimerkiksi suurimmalla sallitulla lähetysteholla toimiva matkapuhelin (GSM900/250 mW ja GSM1800/125 mW) aiheuttaa käyttäjälle noin 0,2–1,2 W/kg SAR-arvon.

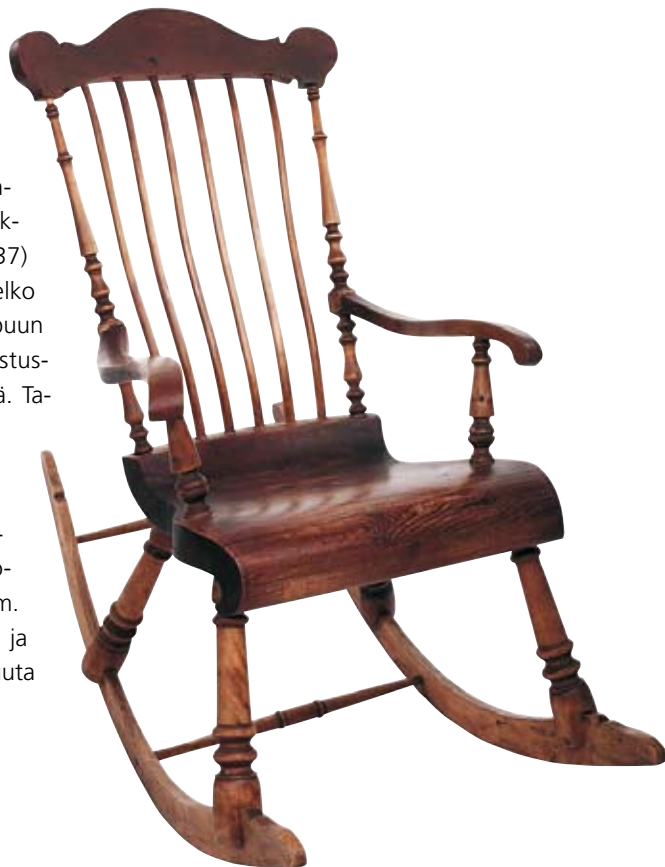
Altistumisrajat perustuvat riippumattoman kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn komission (ICNIRP) suosituksen ja ne on vahvistettu Suomessa asetuksella. Rajat on asetettu siten, että absorboituvan mikroaaltotehon aiheuttama kudosten lämpeneminen on selvästi pienempää kuin normaalista aineenvaihdunnasta aiheutuva lämmönvaihtelu.

MITEN SUURI ERO SAIRASTUMISTODENNÄKÖISYYDESSÄ ON, JOS SYÖN 50 KILOA MARJOJA, JOISSA CESIUMPITOISUUS ON 530 BQ/KG SEN SIAAN, ETTÄ SÖISIN 5 KILOA MARJOJA, JOIDEN PITOISUUS ON 12 BQ/KG?

Laskutoimitus on seuraava: $530 \text{ Bq/kg} \times 50 \text{ kg} = 26\,500 \text{ Bq}$ $12 \text{ Bq/kg} \times 5 \text{ kg} = 60 \text{ Bq}$. 80 000 becquereliä (Bq) cesium-137:ää aiheuttaa yhden millisievertin (mSv) säteilyannoksen. Laskennallisesti tästä seuraa 5:100000 riski kuolla syöpään. Ensimmäisessä esimerkissäsi pyöristetty riski on 2/100000 eli kaksi henkilöä sadasta tuhannesta kuolisi syöpään tästä syystä. Toisessa esimerkissä tulos on noin neljä tapausta sadasta miljoonasta. Viidesosa kaikista ihmisistä kuolee aikanaan syöpään muista syistä.

ALTISTUMMEKO PUUTALOISSA TAI PUUHUONEKALUJEN LÄHELLÄ RADIOAKTIIVISELLE SÄTEILYLLE, JOS MATERIAALINA KÄYTETTY PUU ON KASVANUT RUNSAASTI LASKEUMAA SAANEELLA ALUEELLA?

Pahimmillakin laskeuma-alueilla Suomessa radioaktiivisen cesiumin (Cs-137) siirtymä puuhun on melko vähäistä. Tämän vuoksi puun aiheuttamaa säteilyaltistusta voi pitää mitättömänä. Talonrakennusmateriaalina puu on "säteilyturvallisempi" kuin esim. betoni, tiili tai kivi, jotka sisältämiensä luonnon radioaktiivisten aineiden (esim. radium-226, torium-232 ja kalium-40) säteilevät puuta enemmän.





Asunnossani on Internet-yhteyden saamiseksi WLAN-tukiasema. Lämmittäessäni ruokaa parin metrin päässä tukiasemasta sijaitsevala mikroaaltouunilla, Internet-liikenne lakkasi. Yhteys palasi, kun kytkin uunin pois päältä. ONKO MIKROAALTOUNIN KÄYTTÖ TURVALLISTA?

Mikroaaltouunin turvallisuudesta ei tarvitse olla huolissaan, jos uunin luukussa ei ole silmin havaittavia vaurioita (jollei luukun ikkunan metalliverkko ole rikki tai luukun karmissa lomoja). Mikroaaltouuni toimii samalla taajuualueella kuin WLAN-tukiasema. Uunin mikroaaltoteho on 500–1000 wattia ja WLAN-tukiaseman teho alle 0,1 wattia. Mikroaaltouunissa teho pysyy suurimmaksi osaksi uunin sisällä, mutta vuotaa kuitenkin sen verran, että uuni voi tehon ollessa päällä häiritä lähellä olevan tietokoneen ja WLAN-tukiaseman välistä yhteyttä. Häiriö on mahdollinen, vaikka uuni ei vuoda säteilyturvallisuuden kannalta merkittävästi mikroaaltoja.

Syön viikoittain sieniä, pääasiassa suppilovahveroita, jotka on kerätty laskeuma-alueelta 1. JOS SYÖN 100 KILOA SUPPILOVAHVEROITA VUODESSA, KUINKA MONTA PROSENTTIA VUOTUINEN SÄTEILYANNOKSENI LISÄÄNTYY?

Jätän suppilovahverot ryöppäämättä, koska ne vesittyvät käsittelyssä.

Laskeuma-alueelta 1 (katso kartta tämän lehden sivulta 11) poimittujen suppilovahveroiden cesiumin keskipitoisuus on ollut STUKissa mitatuissa näytteissä vuosina 2000–2005 noin 160 becquereliä kiloa kohden. Jos tämän verran cesium-137:ää sisältäviä sieniä syö 100 kg vuodessa, niin siitä aiheutuu noin 0,2 millisievertin säteilyannos vuodessa. Suomalaisten kaikista säteilylähteistä saama keskimääräinen säteilyannos vuodessa on noin 3,7 mSv, josta huoneilman radonista aiheutuva osuus on suurin, noin 2 mSv. Kysymyksessä esittämäsi runsas suppilovahveroiden syönti lisää siis vuosittaista säteilyannosta viitisen prosenttia.



MITEN SÄTEILYVAARASTA TIEDOTETTAISIIN YLEISÖLLE NYKYÄÄN?

Jos säteily aiheuttaa sellaisen vaaran, että ihmisten täytyy suojautua nopeasti, heitä varoitetaan ulkohälyttimillä annettavalla yleisellä vaaramerkillä. Viranomaisten antamat kiireelliset tiedotteet katkaisevat myös kaikki radiolähteykset - niin kaupalliset kuin epäkaupallisetkin.

Mahdollisessa säteilyvaaratilanteessa Säteilyturvakeskus ottaa vastaan kotimaiset ja ulkomaiset säteilyyn liittyvät hälytykset ja ilmoitukset.

Kun tieto säteilyvaarasta tai sen uhasta tulee, STUK hälyttää tarvittavat ministeriöt, jotka edelleen vievät viestin alueellisiin ja paikallisiin organisaatioihin. STUK ilmoittaa tilanteesta myös tiedotusvälineille - ensimmäiseksi Yleisradiolle ja Suomen Tietotoimistolle. Tarkoituksena on, että tiedotusvälineet ja sitä myöten kansalaiset saavat tiedon nopeasti.

Kaikissa poikkeavissa tilanteissa toimintaa johtava viranomainen vastaa onnettomuutta ja pelastustoimintaa koskevasta yleisestä tiedottamisesta. Muut tilannetta hoitavat tahot antavat omaa toimialaansa koskevia ohjeita. Yleensäkin periaate on sellainen, että jokainen viranomainen hoitaa mahdollisimman pitkälle omia asioitaan. Tämä koskee myös tiedottamista.

Tiedotusvälineet kyllä huolehtivat siitä, että säteilyvaarasta ja -onnettomuudesta kerrotaan kansalaisille. Viranomaisten tehtävä on palvella tiedotusvälineitä mahdollisimman hyvin.

STUKilla on käytettävissä myös omat suorat tiedottamisen kanavansa: Internet-sivut ja YLEn Teksti-TV:n säteilyturvasivut, sivu 867.

www.stuk.fi

SÄTEILY A:sta Ö:hön



Kaipaatko tietoa *sisäilman radonista • kosmisesta säteilystä • palo-varoittimista • säteilevistä jalokivistä • sädehoidosta • raskauden huomioimisesta röntgentutkimuksissa • solun muuttumisesta syöpäsoluksi tai ehkä Tshernobylin turman terveysvaikutuksista • ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta tai voimalaitoksen reaktorisydämen sulamisesta?*

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

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

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

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

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

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

Kirjasarjasta ovat vielä ilmestymättä osat 6, Ionisoimaton säteily – Sähkömagneettiset kentät ja 7, Ionisoimaton säteily – Ultravioletti- ja lasersäteily.

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



Kirjojen tilaus ja lisätietoja:

Säteilyturvakeskus • Puh. (09) 759 881

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