

Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa

Vuosiraportti 2006

Raimo Mustonen (toim.)

Strålningsövervakning av miljön i Finland

Årsrapport 2006

Surveillance of Environmental Radiation in Finland

Annual Report 2006

Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa

Vuosiraportti 2006

Raimo Mustonen (toim.)

Strålningsövervakning av miljön i Finland

Årsrapport 2006

Surveillance of Environmental Radiation in Finland

Annual Report 2006

Yliopistopaino, Helsinki 2007

ISBN 978-952-478-232-6 (nid.)

ISBN 978-952-478-233-3 (pdf)

ISSN 0781-1713

MUSTONEN Raimo (toim.). *Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2006.*
STUK-B 77. Helsinki 2007. 69 s.

Avainsanat: säteilyvalvonta, ulkoinen säteily, ilma, laskeuma, vesi, maito, elintarvikkeet, ihminen

Esipuhe

Ympäristön säteilyvalvonnan päätavoitteena on olla jatkuvasti tietoinen siitä elinympäristössä esiintyvistä keinotekoisesta säteilystä, jolle väestö altistuu. Toisena tavoitteena on havaita kaikki merkittävät muutokset ympäristön säteilytasoissa ja radioaktiivisten aineiden esiintymisessä ympäristössä. Säteilyvalvonnalla varmistetaan, että väestön altistuminen säteilylle ei ole ristiriidassa säteilysuojelun perusperiaatteiden kanssa ja että säteilylainsäädännössä asetettuja annosrajoja ei ylitetä. Jatkuvat toimisella säteilyvalvonnalla myös ylläpidetään ja kehitetään valmiutta reagoida nopeasti ja asiantuntevasti poikkeuksellisiin säteilytilanteisiin.

Tämä raportti sisältää yhteenvedon ympäristön säteilyvalvonnan tuloksista vuonna 2006 sekä eräitä vertailuja aikaisempien vuosien tuloksiin. Ympäristön säteilyvalvontaan kuuluu keinotekoisesta säteilystä ja keinotekoisien radioaktiivisten aineiden valvonta ympäristössä. Luonnonsäteily ja luonnon radioaktiiviset aineet eivät kuulu ympäristön säteilyvalvonnan piiriin, vaikka valtaosa väestön säteilyaltistuksesta saadaankin luonnonsäteilystä. Altistumista luonnonsäteilylle valvotaan erikseen silloin, kun on aiheellista epäillä, että luonnon radioaktiiviset aineet aiheuttavat väestölle poikkeuksellisen suuria säteilyannoksia (mm. radon sisäilmassa ja luonnon radioaktiiviset aineet talousvedessä). Ydinvoimalaitosten lähiympäristön säteilyvalvonnasta vastaavat voimayhtiöt ja niiden valvontatulokset raportoidaan erikseen.

Suomessa ympäristön säteilyvalvonnasta vastaa Säteilyturvakeskus (STUK). Valvontavelvoite perustuu Säteilyturvakeskuksesta annettuun asetukseen ja toisaalta säteilyasetukseen. Myös Euratom-sopimus velvoittaa Euroopan Unionin jäsenmaita jatkuvasti valvomaan radioaktiivisuuden tasoja ilmassa, vedessä ja maaperässä. Säteilyturvakeskuksen lisäksi myös Ilmatieteen laitos ja puolustusvoimat seuraavat omilla havaintoasemillaan säteilyn esiintymistä ympäristössä.

Säteilyturvakeskuksen yhteistyökumppanit ympäristön säteilyvalvonnassa keräävät ja toimittavat näytteitä analysoitavaksi, osallistuvat kokokehomittauksiin tai vastaavat keräysasemien toiminnasta. Säteilyturvakeskus haluaa kiittää hyvää yhteistyöstä ulkoisen säteilyn valvontaverkon asemien hoitajia sekä seuraavia yhteistyökumppaneita: Puolustusvoimat, Ilmatieteen laitos, Lapin ilmatieteellinen tutkimuskeskus, Kaakkois-Suomen rajavartiosto, Lapin rajavartiosto, Ilmailulaitoksen Jyväskylän lentoasema, Kotkan pelastuskeskus, Kaakkois-Suomen ympäristökeskus, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Lapin ympäristökeskus, Oulun Vesi, Turun vesilaitos, Valio Oy, Helsingin kaupungin terveysvirasto/Marian sairaala, Tampereen yliopistollinen keskussairaala, Lapin keskussairaala, Helsingin Yhteislyseo, Hatanpään yläaste ja lukio, sekä Rovaniemen koulutoimi/Korkalovaaran yläaste ja lukio. Vuonna 2006 säteilyvalvonnan sidosryhmille tehty kysely osoitti, että sidosryhmät ovat varsin tyytyväisiä säteilyvalvonnan toteutukseen ja tulosten raportointiin.

Tämä raportin tarkoituksena on antaa tietoa ympäristön säteilytilanteesta Suomessa kaikille asiasta kiinnostuneille. Säteilyturvakeskus toimittaa säännöllisesti valvontatietoja myös Euroopan komissiolle ja tämä raportti on yhteenvedo komissiolle toimitetuista tiedoista. Raportti on myös löydettävissä Säteilyturvakeskuksen kotisivuilta osoitteessa: www.stuk.fi.

Raimo Mustonen
Apulaisjohtaja

MUSTONEN Raimo (ed.). *Strålningsövervakning av miljön i Finland. Årsrapport 2006.*
STUK-B 77. Helsingfors 2007. 69 s.

Nyckelord: strålningsövervakning, yttre strålning, luft, nedfall, vatten, mjölk, livsmedel, människa

Företal

Huvudsyftet med övervakningen av strålning i miljön är att man fortlöpande kan hålla reda på, vilken artificiell strålning befolkningen utsätts för. Ett annat syfte är att man kan upptäcka alla betydande förändringar av strålningsnivåerna i miljön och förekomsten av radioaktiva ämnen. Med övervakningen säkras, att befolkningen inte bestrålas i strid med huvudprinciperna för strålskydd och att dosgränserna i strålskyddslagstiftningen inte överskrids. Den kontinuerliga bevakningen också upprätthåller och utvecklar beredskapen att reagera snabbt och sakkunnigt i exceptionella strålningslägen.

Rapporten innehåller sammandrag av övervakningsresultaten år 2006 samt några jämförelser med tidigare år. Strålningsövervakning av miljön innehåller tillsyn av artificiell strålning och artificiella radioaktiva ämnen i miljön. Naturlig strålning och naturliga radioaktiva ämnen tillhör inte övervakningen fastän den största delen av befolkningens exposition för strålning fås från den naturliga strålningen. Exposition för den naturliga strålningen övervakas skilt, om det med fog kan misstänkcas att naturliga radionuklider kan orsaka ovanliga höga stråldoser till befolkningen (till exempel radon i inomhusluft och naturliga radionuklider i dricksvatten). Kraftbolagen ansvarar för strålövervakningen i kärnkraftverkens närområden, och deras mätresultat rapporteras separat.

I Finland är det Strålsäkerhetscentralen som ansvarar för övervakningen av strålning. Uppgiften ges i förordningen om Strålsäkerhetscentralen och förordningen om strålskydd. Euratomfördraget förpliktar medlemsländerna i Europeiska unionen att fortlöpande övervaka radioaktivitetsnivåerna i luft, vatten och jordmån. Förutom Strålsäkerhetscentralen följer också Meteorologiska institutet och försvarsmakten med strålningen i miljön via sina egna mätstationer.

Strålsäkerhetscentralens samarbetspartners inom miljöstråltillsynen samlar in prov och sänder in dem till analys, deltar i helkroppsmätningar eller sköter mätstationernas verksamhet. Strålsäkerhetscentralen tackar följande institut för gott samarbete: Försvarsmakten, Meteorologiska institutet, Arktiskt forskningscentrum, Gränsbevakningen i sydöstra Finland, Gränsbevakningen i Lappland, Luftfartsverkets flygstation i Jyväskylä, Räddningscentralen i Kotka, Sydöstra Finlands miljöcentral, Norra Österbottens miljöcentral, Lapplands miljöcentral, Helsingfors stads hälsovårdsverk/Maria sjukhus, Vattenverk i Uleåborg och Åbo, Valio Ab, Tammerfors universitets centralsjukhus, Lapplands centralsjukhus, Gymnasiet Helsingin Yhteislyseo, Hatanpää högstadium och gymnasium, och Rovaniemi skoldistrikt/Korkalovaara högstadium och gymnasium. Den enkät som år 2006 riktades till intressentgrupperna för strålningsövervakning visade att grupperna var mycket nöjda med förverkligandet av strålningsövervakningen och med rapporteringen av resultaten.

Syftet med denna rapport är att förmedla kunskap om strålningsläget i den finländska miljön till alla intresserade. Strålsäkerhetscentralen förmedlar regelbundet uppgifter om övervakningen till Europeiska kommissionen och denna rapport är ett sammandrag av de uppgifter som sänts till kommissionen. Rapporten kan hittas också på Strålsäkerhetscentralens hemsidor i adressen: www.stuk.fi.

Raimo Mustonen
Biträdande direktör

MUSTONEN Raimo (ed.). Surveillance of environmental radiation in Finland. Annual report 2006. STUK-B 77. Helsinki 2007. 69 pp.

Key words: radiation surveillance, external radiation, airborne radioactivity, deposition, water, milk, foodstuffs, human body

Preface

The main goal of the surveillance of environmental radioactivity is to be always aware of levels of artificial radiation in the environment to which the public is exposed. Another goal is to detect all remarkable changes in levels of environmental radiation and radioactivity. Compliance with the basic safety standards laid down for protection of health of the general public against dangers arising from ionising radiation can be ensured with environmental radiation surveillance. Running of surveillance programmes on continuous basis also maintains and develops competence and readiness to respond to radiological emergencies.

This report summarises the results of environmental radiation surveillance in 2006. The report also contains some comparisons with results from the previous years. Surveillance of environmental radiation contains surveillance of artificial radiation and artificial radioactive elements in the environment. Natural radiation and natural radioactive elements are not associated with the surveillance programme, although the greater part of the public exposure to radiation is caused by natural radiation. Exposure to natural radiation is controlled separately if there is reason to suspect, that natural radioactive elements cause unusual high exposure to the public (e.g. indoor radon and natural radionuclides in drinking water). Nuclear power plant licensees are responsible for environmental surveillance in the vicinity of nuclear power plants in Finland. Those results are reported elsewhere.

Surveillance of environmental radioactivity in Finland is one of the official obligations of the Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK). This obligation is based on the national and the European Communities' legislation. The Finnish radiation protection legislation appoints STUK as the national authority responsible for surveillance of environmental radioactivity, and the Euratom Treaty assumes continuous monitoring of levels of radioactivity in the air, water and soil in the Member States. In Finland, also the Finnish Meteorological Institute (FMI) and the Defence Forces are monitoring environmental radiation at their own stations.

STUK's partners in surveillance of environmental radioactivity are collecting and delivering environmental samples for laboratory analyses, or are participating in whole-body counting. STUK would like to express its gratitude to the following stakeholders for the successful co-operation: Defence Forces, Finnish Meteorological Institute, Arctic Research Centre, Southeast Finland Regional Environment Centre, North Ostrobothnia Regional Environment Centre, Lapland Regional Environment Centre, Southeast Finland Frontier Guard District, Lapland Frontier Guard District, Jyväskylä Airport, Rescue Centre of Kotka, Water supply plants of Oulu and Turku, Valio Ltd., Health Department of Helsinki/Maria Hospital, Tampere University Central Hospital, Lapland Central Hospital, Secondary school of Helsingin yhteislyseo, Secondary school of Hatanpää in Tampere, and Secondary school of Korkalovaara in Rovaniemi. The enquiry within the stakeholders of environmental radiation surveillance in 2006 showed that the stakeholders are fairly satisfied with the radiation surveillance programme and reporting of the results.

This report is addressed to all who are interested in environmental radioactivity in Finland. STUK delivers monitoring data also to the European Commission on regular basis, and this report is a summary of the results delivered to the Commission. The report is also available at the STUK's home pages *www.stuk.fi*.

Raimo Mustonen
Deputy Director

Sisällysluettelo

ESIPUHE	3
1 YHTEENVETO	9
2 ULKOINEN SÄTEILY	12
3 ULKOILMAN RADIOAKTIIVISET AINEET	19
4 ULKOILMAN KOKONAISBEETA-AKTIIVISUUS	26
5 LASKEUMAN RADIOAKTIIVISET AINEET	31
6 PINTAVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	36
7 JUOMAVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	41
8 MAIDON RADIOAKTIIVISET AINEET	45
9 ELINTARVIKKEIDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	50
10 RADIOAKTIIVISET AINEET IHMISESSÄ	58
11 RADIOAKTIIVISET AINEET ITÄMERESSÄ	64

Innehållsförteckning

FÖRETAL	4
1 SAMMANDRAG	10
2 EXTERN STRÅLNING	13
3 RADIOAKTIVA ÄMNEN I UTELUFT	20
4 TOTAL BETAAKTIVITET I UTELUFT	27
5 RADIOAKTIVA ÄMNEN I NEDFALL	32
6 RADIOAKTIVA ÄMNEN I YTVATTEN	37
7 RADIOAKTIVA ÄMNEN I DRICKSVATTEN	42
8 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MJÖLK	46
9 RADIOAKTIVA ÄMNEN I LIVSMEDEL	52
10 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MÄNNISKOKROPPEN	60
11 RADIOAKTIVA ÄMNEN I ÖSTERSJÖN	66

Contents

PREFACE	5
1 SUMMARY	11
2 EXTERNAL RADIATION	14
3 AIRBORNE RADIOACTIVE SUBSTANCES	21
4 GROSS BETA ACTIVITY OF GROUND-LEVEL AIR	28
5 RADIONUCLIDES IN DEPOSITION	33
6 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN SURFACE WATER	38
7 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN DRINKING WATER	43
8 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN MILK	47
9 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN FOODSTUFFS	54
10 RADIOACTIVITY IN MAN	61
11 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN THE BALTIC SEA	67

1 Yhteenveto

Tämä raportti on kansallinen yhteenveto ympäristön säteilyvalvonnan tuloksista Suomessa vuonna 2006. Raporttiin ovat tuloksia toimittaneet Säteilyturvakeskuksen lisäksi myös Ilmatieteen laitos ulkoilman kokonaisbeeta-aktiivisuudesta ja Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos ulkoilman radioaktiivisista aineista yhdellä valvonta-asemalla.

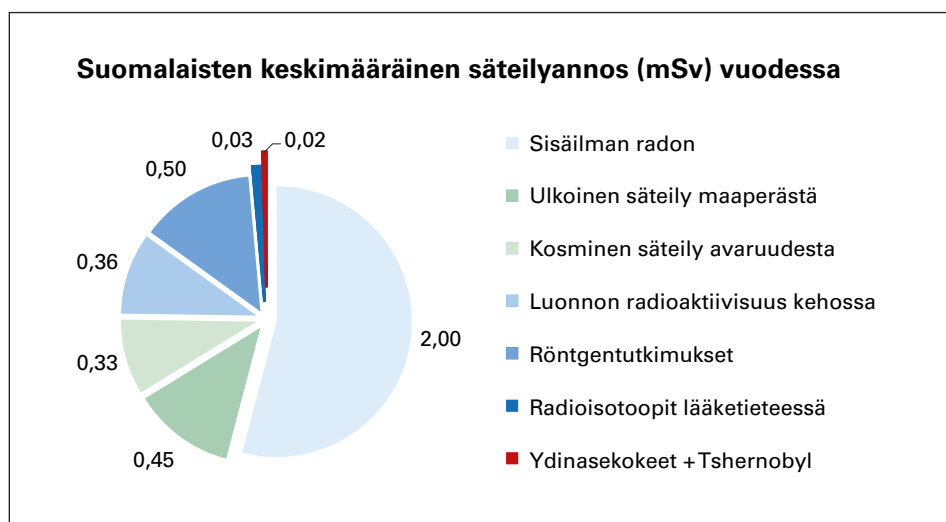
Ympäristön säteilyvalvontaohjelma sisältää ulkoisen annosnopeuden jatkuvan ja automaattisen monitoroinnin, ulkoilman radioaktiivisten aineiden ja kokonaisbeeta-aktiivisuuden monitoroinnin, radioaktiivisen laskeuman, pinta- ja juomaveden, maidon ja elintarvikkeiden radioaktiivisuuden säännöllisen monitoroinnin sekä ihmisen kehossa olevien radioaktiivisten aineiden monitoroinnin. Vuodesta 2002 lähtien on tässä valvontaraportissa esitetty myös yhteenveto Itämeren radioaktiivisuusvalvonnan tuloksista.

Vuoden 2006 tulokset osoittavat, että ympäristössä olevat keinotekoiset radioaktiiviset aineet ovat peräisin vuoden 1986 Tshernobylin onnettomuudesta ja ilmakehässä 1950- ja 1960-luvuilla

tehdystä ydinkokeista. Näiden lisäksi havaittiin vuonna 2006 neljällä keräysasemalla yhteensä kahdeksan kertaa erittäin pieniä määriä lyhytikäisiä radioisotooppeja ulkoilmassa (^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{82}Br , ^{95}Nb , ^{110}Ag ja ^{131}I). Niiden pitoisuudet olivat kuitenkin niin pieniä, ettei niiden esiintymisellä ollut mitään vaikutuksia ihmisten terveydelle.

Suomalaiset saavat eri säteilylähteistä keskimäärin vuoden aikana noin 3,7 millisievertin (mSv) säteilyannoksen. Valtaosa tästä säteilyannoksesta aiheutuu maaperässä olevista luonnon radioaktiivisista aineista ja kosmisesta säteilystä. Ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2006 oli merkityksettömän pieni kokonaissäteilyaltistukseen verrattuna, keskimäärin noin 0,02–0,03 mSv. Tämä on alle 1 % väestön kokonaissäteilyaltistuksesta. Kuva 1.1 esittää suomalaisen keskimääräisen säteilyannoksen eri lähteet.

Vuoden 2006 tulokset osoittavat myös, että vuoden aikana ei tapahtunut sellaisia radioaktiivisten aineiden päästöjä ympäristöön, joilla olisi haitta-vaikutuksia ihmisen terveydelle tai ympäristölle.



Kuva 1.1. Suomalainen saa ionisoivasta säteilystä keskimäärin 3,7 millisievertin säteilyannoksen vuodessa. Tässä raportissa esitettävät säteilyaltistuksen lähteet aiheuttavat yhteensä noin 0,7 % osuuden koko annoskuksesta (punainen siivu kuvassa).

1 Sammandrag

Denna rapport är ett nationellt sammandrag av strålningsövervakning av miljön i Finland år 2006. Huvuddelen av resultaten är från Strålsäkerhetscentralen, men i rapporten ingår uppgifter även från Meteorologiska Institutet angående total betaaktivitet i uteluft och från en mätstation vid Försvarsmaktens Tekniska Forskningsinstitut angående radioaktiva ämnen i uteluft.

Miljöstråltillsynens program omfattar fortlöpande automatisk monitering av extern dosrat, monitering av radioaktiva ämnen och total betaaktivitet i uteluft, regelbunden monitering av radioaktivt nedfall, radioaktivitet i yt- och dricksvatten, mjölk och livsmedel samt radioaktiva ämnen i människokroppen. Från och med 2002 också ett sammandrag av radioaktivtetsövervakning i Österjön har inbakats i rapporten.

Resultaten för år 2006 visar, att de artificiella radioaktiva ämnena i miljön härrör från olyckan i Tjernobyl år 1986 och från kärnvapenprov i atmosfären på 1950- och 1960-talet. År 2006 har

dessutom observerats vid fyra observationsstationer tillsammans åtta gånger ytterst små mängder av kortlivade radioisotoper i uteluften (^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{82}Br , ^{95}Nb , ^{110}Ag ja ^{131}I). Dessa radionuklider förekom dock i så små halter, att de har inte haft någon inverkan på människors hälsa.

Finländarnas stråldos från olika strålningskällor är årligen i medeltal 3,7 millisievert (mSv). Huvuddelen därav härrör från naturliga radioaktiva ämnen i marken och från den kosmiska strålningen. Artificiella radioaktiva ämnen stod år 2006 för en obetydligt liten del av bestrålningen jämfört med den totalstråldosen. De artificiella ämnena i livsmiljön beräknas ha orsakat i medeltal cirka 0,02–0,03 mSv stråldos år 2006, eller mindre än 1% tillägg till befolkningens totalstråldos. Bild 1.2 visar olika källor av den totala stråldos, som finländarna årligen får.

Resultaten för Finland år 2006 visar också, att under året hände det inga sådana utsläpp av radioaktiva ämnen till miljön som skulle ha haft någon skadeverkan på människors hälsa eller på miljön.

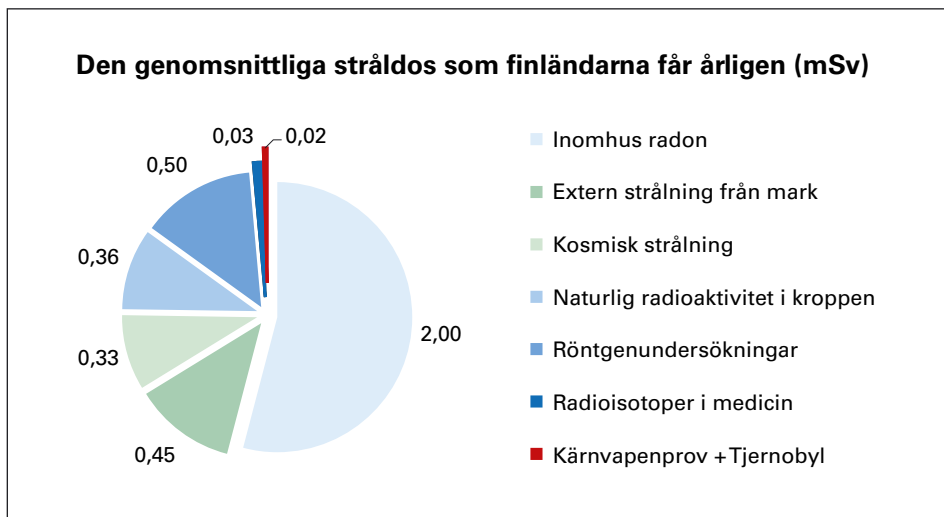


Bild 1.2. En finne får årligen från ioniserande strålning i genomsnitt 3,7 millisievert stråldos. De strålkällor som presenteras i denna rapport orsakar tillsammans ca 0,7% av den totala doskakan (den röda skivan i bilden).

1 Summary

This report is the national summary of the results obtained in surveillance of environmental radioactivity in Finland in 2006. The Finnish Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK) has produced most of the results, but also the Finnish Meteorological Institute and the Defence Forces Research Institute of Technology have delivered results to this report, on gross beta activity in outdoor air and on airborne radioactive substances, respectively.

The surveillance programme on environmental radioactivity contains continuous and automated monitoring of external dose rate in air, regular monitoring of radioactive substances and gross beta activity in outdoor air, radioactive substances in deposition, in surface and drinking water, milk, foodstuffs, and in human body. Also a summary of radioactivity surveillance of the Baltic Sea was added in this report since 2002.

The results of 2006 show that artificial radionuclides in the environment originate from the Chernobyl accident in 1986 and from atmospheric nuclear tests performed in 1950's and 1960's. In addition to these, very small amounts of short-

lived artificial radioisotopes in outdoor air at four monitoring stations were detected in 2006 (^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{82}Br , ^{95}Nb , ^{110}Ag ja ^{131}I). Their concentrations were, however, so small that their appearance had no impact to human health or the environment.

The average annual dose of Finns, received from different radiation sources, is about 3.7 millisievert (mSv). Majority of this annual dose is caused by natural radionuclides in soil and bedrock, and by the cosmic radiation. The exposure to radiation of artificial radionuclides in the environment in 2006 was insignificant compared with the total annual dose. In 2006, artificial radionuclides in the environment were estimated to cause about 0.02–0.03 mSv radiation dose, or less than 1% increase to the total radiation exposure of the population. Figure 1.3 show contributions of different sources of radiation in the total annual dose.

The results also show that in 2006 there were no such environmental releases of radioactive substances which would have any harmful effects on human health or the environment.

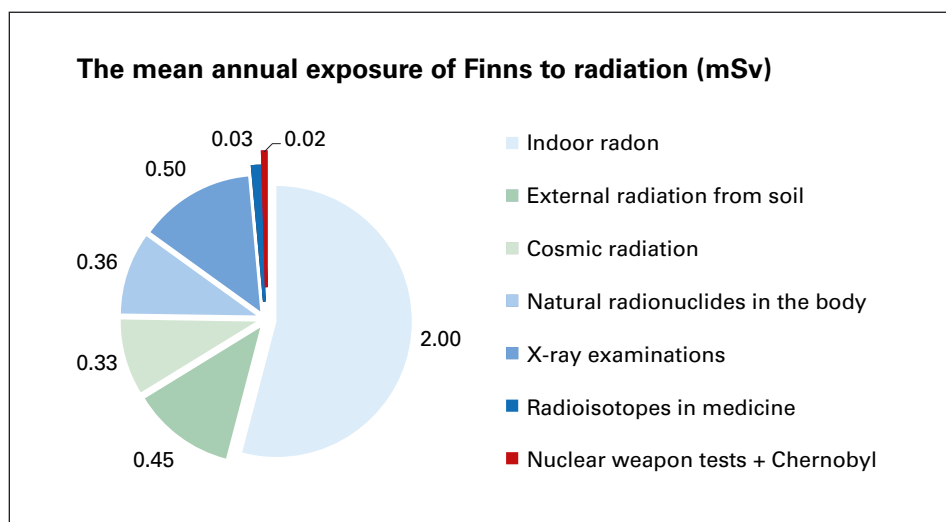


Fig. 1.3. A Finn gets annually about 3.7 millisievert dose from ionising radiation. The sources of radiation presented in this report cause in total about 0.7% of the total dose (the red slice in the figure).

2 Ulkoinen säteily

Suomessa ulkoisen säteilyn annosnopeutta valvotaan reaaliaikaisella ja kattavalla mittausasemaverkolla. STUKin ja paikallisten pelastusviranomaisten ylläpitämään automaattiseen valvontaverkkoon kuuluu noin 285 GM-antureilla varustettua mittausasemaa (kuva 2.1). Myös Ilmatieteen laitos ja Puolustusvoimat seuraavat ulkoisen säteilyn annosnopeutta omilla havaintoasemillaan. Lisäksi kunnilla on valmiudet ulkoisen säteilyn manuaaliseen valvontaan. Kuvassa 2.2 on esimerkki valvonta-aseman säteilyanturista.

Valvontaverkon uudistus

STUK uusii parhaillaan Huoltovarmuuskeskuksen rahoituksella säteilyvalvontaverkkoa. Uusiminen aloitettiin vuonna 2005 ja se päättyy vuoden 2007 lopussa. Vuoden 2006 aikana uusittiin Länsi- ja Etelä-Suomen läänien alueella olevat mittausasemat.

Tulosten keruu

Vanhan valvontaverkon tuottamat mittaustulokset kerätään normaalisti kerran vuorokaudessa. Uusitut mittausasemat lähettävät tuloksensa automaattisesti heti niiden valmistuttua. Molempien verkkojen tulokset talletetaan säteilyvalvonnan tietojärjestelmään USVAan. Sen keskuslaitteisto sijaitsee STUKin tiloissa. Tietoliikenne keskuslaitteiston ja vanhojen asemien välillä tapahtuu pääasiassa yleisen puhelinverkon kautta. Uusitut mittausasemat käyttävät tiedonsiirtoon viranomaisille tarkoitettua radioverkko VIRVEä.

Hälytysten käsittely

Mikäli jollakin vanhan verkon asemalla säteilytaso ylittää hälytysrajan ($0,4 \text{ mikroSv h}^{-1}$), asema välittää hälytysviestin sekä USVAan että Helsingin hätäkeskukseen. Samalla käynnistyy automaattinen mittausasemien luku noin 100 km:n säteellä hälyttäneen aseman ympäristössä. Uudet asemat lähettävät mittaustulokset välittömästi niiden valmistuttua sekä STUKiin että paikalliseen hätäkes-

kukseen, joten tieto hälytyksestä on heti myös siinä hätäkeskuksessa, jonka alueella asema sijaitsee. Hälytyksen syyn selvittäminen alkaa välittömästi.

Säteilyannos

Suomessa ulkoisen säteilyn tausta-annosnopeus vaihtelee välillä $0,04\text{--}0,3 \text{ mikroSv h}^{-1}$ maaperästä, vuodenajasta ja säätilasta riippuen. Vuonna 2006 havaittiin yksi kohonnut säteilytaso (Kerimäellä 24. elokuuta). Säteilytason nousu aiheutui lähitöllä tehdystä kaukolämpöputken hitsaussaumojen röntgenkuvauksista. Maaperässä olevista keinotekoisista radioaktiivisista aineista (lähinnä Tshernobyl-laskeumasta) aiheutui suomalaisille vuonna 2006 keskimäärin $0,016 \text{ milliSv:n}$ suuruisen ulkoisen säteilyn annos. Tämä on vain noin yksi kahdeskymmenesviidesosa luonnon radioaktiivisten aineiden aiheuttamasta keskimääräisestä ulkoisen säteilyn vuosiansioksesta.

Tulosten välittäminen eteenpäin

STUK toimitti vuonna 2006 päivittäin noin 260 mittausaseman yhden tunnin annosnopeustiedot julkisille www-sivuilleen (www.stuk.fi). Kahdeksan aseman koko vuoden mittaustulokset on esitetty kuvassa 2.3.

STUK ylläpitää palvelinta, josta erikseen sovitut ulkopuoliset käyttäjät (Euroopan komissio, Itämeren maiden neuvostoon jäsenvaltiot; ks. kuva 2.4) voivat halutessaan hakea Suomen säteilytietoja.

Yhteistyökumppanit

STUKin keskeiset yhteistyökumppanit valtakunnallisessa ulkoisen säteilyn valvonnassa ovat Hätäkeskuslaitos, paikalliset pelastusviranomaiset, Sisäasiainministeriö, Puolustusvoimat ja Ilmatieteen laitos.

Yhteysthenkilö: Juhani Lahtinen, Säteilyturvakeskus (juhani.lahtinen@stuk.fi)

2 Extern strålning

Den externa strålningsraten i Finland övervakas i realtid med ett heltäckande nät för övervakning av strålning. I Strålsäkerhetscentralens och de lokala räddningstjänstmyndigheternas automatiska övervakningsnät ingår ca 285 mätstationer som försetts med GM-detektorer (bild 2.1). Även Meteorologiska institutet och Försvarsmakten följer med den externa strålningsraten med sina egna mätstationer. Dessutom finns det beredskap i kommunerna att manuellt övervaka extern strålning. Ett exempel av en detektor vid en mätstation visas i bild 2.2.

Modernisering av övervakningsnätet

STUK förnyar som bäst nätet med finansiellt stöd av Försörjningsberedskapscentralen. Arbetet började år 2005 och kommer att ta slut 2007. Under år 2006 moderniserades mätstationerna i Västra och Södra Finlands län.

Registrering av mätvärdena

Mätvärdena från det gamla automatiska övervakningsnätet registreras normalt en gång i dygnet och deponeras i stråltillsynens datasystem USVA, vars centraldator finns på Strålsäkerhetscentralen. De nya mätstationerna förmedlar resultaten kontinuerligt till USVA. Datatrafiken mellan centraldatorn och de gamla mätstationerna sker i huvudsak via det vanliga telefonnätet medan de moderniserade mätsstationerna använder myndigheternas radionät VIRVE.

Hantering av alarm

Om strålningsnivån på någon gammal mätstation i nätet överstiger larmgränsen 0,4 mikroSv h⁻¹, så sänder stationen ett alarmmeddelande till både USVA och Helsingforsregionens nödcentral. Samtidigt startar en automatisk avläsning av mätstationerna inom ca 100 km radie från den alarmerande stationen. De nya stationerna sänder alla mätresultat och meddelande i realtid till både USVA och den lokala nödcentralen, och så vet de

lokala räddningsmyndigheterna om alarmet genast. Utredningen av orsaken till alarmet inleds omedelbart.

Stråldos

I Finland varierar den extern strålningens bakgrundsdosrat inom intervallet 0,04–0,3 mikroSv h⁻¹ beroende på jordmån, årstid eller väderlek. År 2006 observerades en avvikande strålnivå (Kerimäki, den 24 augusti). Orsaken till den förhöjda strålnivån var röntgning av svetsfogar i ett fjärrvärmerör i närheten av mätstationen. Den största delen av stråldosen från extern strålning förorsakas av naturlig radioaktivitet i jordmånen och den kosmiska strålningen. Artificiella radionuklider i jordmånen orsakade år 2006 i medeltal 0,016 milliSv stråldos till finländarna. Detta är ca en tjugofemtedel av den årliga externa dos, som naturliga radionuklider i jordmån och byggnadsmaterial orsakar.

Förmedling av mätvärdena

Under år 2006 visade Strålsäkerhetscentralen dagligen vissa en timmes mätvärden från ca 260 mätstationer på sina offentliga www-sidor (*www.stuk.fi*). Alla mätvärdena från åtta stationer finns i bild 2.3.

Strålsäkerhetscentralen upprätthåller en server, där vissa andra parter (såsom Europakommissionen och medlemsländer i Östersjörådet; se bild 2.4) kan avläsa uppgifter om strålningen i Finland.

Samarbetspartner

Strålsäkerhetscentralens viktiga partner inom övervakningen av extern strålning är Nödcentralverket och lokala räddningstjänstmyndigheter, inrikesministeriet, försvarsmakten och Meteorologiska institutet.

Kontaktperson: Juhani Lahtinen, Strålsäkerhetscentralen (*juhani.lahtinen@stuk.fi*)

2 External radiation

Finland has an automatic nation-wide monitoring network for external dose rate, which consists of some 285 stations equipped with GM tubes (Fig. 2.1). The maintenance and development of the network are carried out by STUK in close co-operation with local emergency authorities. In addition, the Finnish Meteorological Institute and the Defence Forces have their own monitoring stations, and the municipalities maintain readiness for performing manual radiation measurements in the case of an emergency. An example of a radiation detector is shown in Figure 2.2.

Network modernization

STUK is currently updating the network with the financial support from the National Emergency Supply Agency. The work started in 2005 and will be completed by the end of 2007. During 2006 the monitoring stations in the counties of Western and Southern Finland were modernized.

Data collection

In normal conditions the monitoring results from the old stations of the automatic network are collected once a day and stored in the data management system (USVA) of radiation surveillance, the central hardware of which is located in the facilities of STUK. The new stations send data continuously to USVA.

The data communication between the central equipment and old monitoring stations is based

mainly on the use of the public telephone network while the new stations use the wireless VIRVE network of the authorities.

Handling of alarms

If the dose rate at any old monitoring station exceeds a pre-set alarm level of 0.4 microSv h⁻¹ the station in question automatically sends alarm messages both to the USVA system and to the regional emergency response centre of Helsinki area. USVA then initiates a special procedure in order to gather the latest measurement data from the stations situated within a distance of about 100 kilometres from the station raising the alarm. The modernized stations send dose rate data and messages in real time both to USVA and to the local emergency response centre. USVA forwards all alarm messages to the GSM phones of radiation officers on duty. Activities aiming at discovering the cause of the alarm will be commenced as soon as possible after the alarm is given.

Radiation dose

The background dose rate in Finland varies from 0.04 to 0.3 microSv h⁻¹ depending on the soil type, season and weather conditions. In 2006, one elevated radiation level was observed (Kerimäki, 24 August). It was caused by roentgenography of welded seams of a district heating pipe close to the monitoring station. The major part of the radiation dose from external radiation is caused

by natural radioactivity in the soil and by cosmic radiation. In 2006 artificial radionuclides in the soil were estimated to cause an average dose of 0.016 milliSv per capita in Finland. This is about one twenty-fifth of the annual external dose due to natural radioactivity in the soil and in construction materials.

Delivering of data

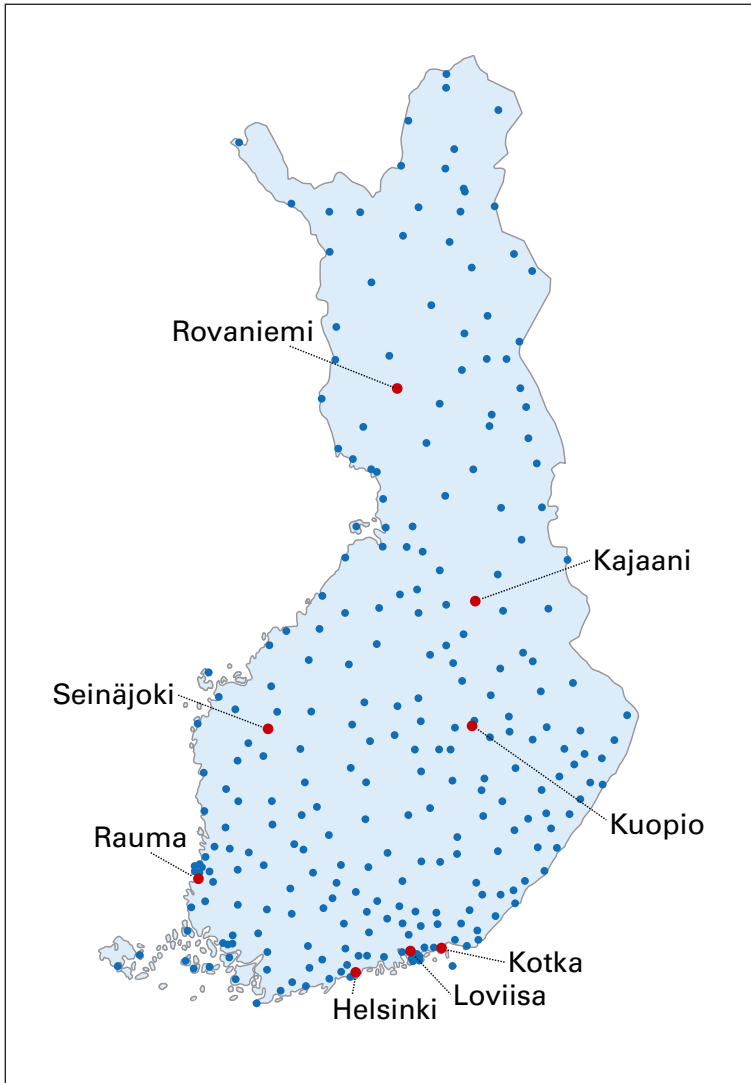
In 2006 one-specific-hour monitoring data from ca 260 stations were daily available on the public home pages of STUK (*www.stuk.fi*). The whole-year data from eight of the stations are shown in Figure 2.3.

STUK maintains a server that can be accessed by authorised other parties (like the European Commission and the member countries of the Council of the Baltic Sea States; see Figure 2.4) whenever they are interested in the Finnish radiation data.

National co-operation partners

The most important co-operation partners of STUK within the monitoring of external radiation are the Emergency Response Centre Administration and local emergency response centres, Ministry of the Interior, Defence Forces and Finnish Meteorological Institute.

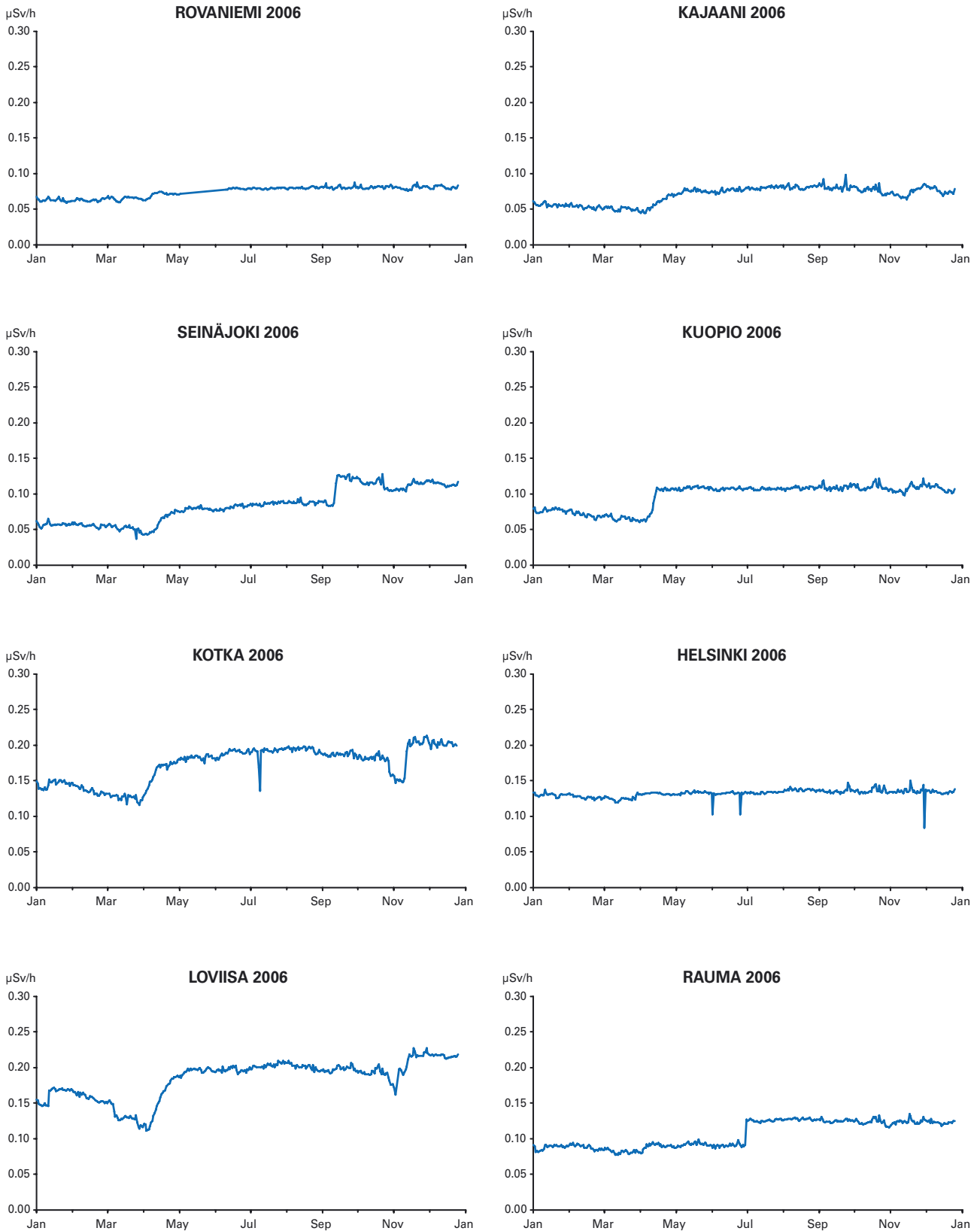
Contact person: Juhani Lahtinen, Radiation and Nuclear Safety Authority (*juhani.lahtinen@stuk.fi*)



Kuva 2.1. Ulkoisen säteilyn valvontaverkon automaattiset mittausasemat. Kuvassa nimettyjen asemien mittaustulokset on esitetty kuvassa 2.3.
Bild 2.1. Automatiska mätstationer i nätet för extern strålning. På bilden namnges de mätstationer, vars mätvärden finns i bild 2.3.
Fig. 2.1. Automatic dose rate monitoring stations. The names refer to stations whose results are shown in Figure 2.3.

Kuva 2.2. Ulkoisen säteilyn valvonta-aseman mitausanturi (11855 Orimattila).
Bild 2.2. Detektor vid en mätstation för extern strålning (11855 Orimattila).
Fig. 2.2. Detector of an automatic dose rate monitoring station (11855 Orimattila).





Kuva 2.3. Ulkoisen säteilyn annosnopeus kahdeksalla mittausasemalla vuonna 2006. Eräillä asemilla näkyvät äkilliset säteilytason nousut loppukesällä tai syksyllä aiheutuvat mittauslaitteiston uusimisesta.

Bild 2.3. Externa dosrater vid åtta mätstationer år 2006. De stigningar av strålningsnivån som observerats vid vissa mätstationer under slutsoommaren eller hösten beror på moderniseringen av stationens mätutrustingen.

Fig. 2.3. Observed radiation levels at eight monitoring stations in 2006. The abrupt increases of radiation levels observed at some stations in late summer or autumn are caused by the change of the whole monitoring station equipment.



Kuva 2.4. Itämeren maiden neuvostoon kuuluvien valtioiden ulkoisen säteilyn valvontaverkkojen automaattiset mittausasemat. Huom! Islanti ei näy kuvassa lainkaan ja Venäjän alueen asemista kartalla on esitetty vain läntisimmät.

Bild 2.4. Automatiska mätstationer i näten för extern strålning av medlemsländer i Östersjörådet. Observera att Island fattas på kartan och att bara de västligaste ryska mätstationer visas på bilden.

Fig. 2.4. Automatic dose rate monitoring stations of the member countries of the Council of the Baltic Sea States. Note that Iceland is not shown on the map at all and only the westernmost Russian stations are displayed.

3 Ulkoilman radioaktiiviset aineet

STUK valvoo pintailman radioaktiivisten aineiden pitoisuutta kahdeksalla ja Puolustusvoimat yhdellä paikkakunnalla eri puolilla Suomea (kuva 3.1). Molempien ydinvoimalaitosten ympäristössä – Loviisassa ja Olkiluodossa – on neljä voimayhtiöiden valvonta-asemaa. Yhteenveto voimalaitosten ympäristön säteilyvalvonnasta julkaistaan raporttisarjassa STUK-B-YTO.

Näytteiden keräys

Ulkoilman sisältämiä radioaktiivisia aineita valvotaan pumppaamalla suuri määrä ilmaa suodattimen läpi, johon ilmassa olevat radioaktiiviset aineet jäävät. Lasikuitusuodatin kerää radioaktiivisia aineita sisältävät hiukkaset. Aktiivihiilisuodatin puolestaan pidättää kaasumaisia aineita kuten radioaktiivista jodia. Näytteet kerätään tehtävää varten suunnitelluilla kerääjillä (kuva 3.2). Helsingissä STUKin toimipisteessä sijaitseva laitteisto kerää, käsittelee ja analysoi näytteen sekä raportoi tulokset automaattisesti.

Näytteiden käsittely ja mittaus

Tarkkojen laboratoriossa tehtävien analyysien avulla suodattimista voidaan havaita hyvin pienet määrät radioaktiivisia aineita. Laboratoriossa lasikuitusuodatin mitataan gammaspektrometrillä. Radioaktiivisten aineiden havaitsemisraja ($\mu\text{Bq m}^{-3}$) on nuklidikohtainen ja riippuu mm. suodatetusta ilmamäärästä, näytteen sisältämistä muista radioaktiivisista aineista, näytteen iästä, mittausajasta, ilmaisimen havaitsemistehokkuudesta ja tausta-

suojasta (taulukko 3.1). Havaitsemisrajat ovat tyypillisesti alle miljardisosa siihen pitoisuuteen nähden, joka aiheuttaisi väestön suojaustoimenpiteitä. Gammaspektrometrinen analyysimenetelmä on akkreditoitu (FINAS T167).

Tulokset

Kuvassa 3.3 on esitetty ^{137}Cs -pitoisuuden viikko-keskiarvo havaintoasemittain. Kuva 3.4 puolestaan esittää Helsingin seudun ^{137}Cs -pitoisuuden vuorokausiarvot vuonna 2006. Kuvassa 3.5 ovat ^{137}Cs -pitoisuuden pitkän aikavälin tulokset Helsingin seudulla.

Pieniä määriä muita kuin Tshernobyl-onnettomuudesta peräisin olevia radioaktiivisia aineita havaittiin kahdeksan kertaa vuoden aikana. Havainnot on esitetty taulukossa 3.2. Vastaavanlaisia normaalista poikkeavia havaintoja tehdään yleensä toistakymmentä kertaa vuodessa ja aineiden varmaa alkuperää on usein vaikea osoittaa. Helsingissä tammikuussa havaittu ^{82}Br voitiin kuitenkin varmistaa olleen peräisin Vuosaaren maakaasuvoimalaitoksella tehdystä merkkiainekokeesta. Radioaktiivisten aineiden määrät olivat kuitenkin niin pieniä, ettei niistä aiheudu terveyshaittoja. Vuonna 2006 suomalaiset saivat ulkoilman keinotekoisista radioaktiivisista aineista keskimäärin noin 0,0000001 mSv säteilyannoksen.

Yhteyshenkilö: Kaj Vesterbacka, Säteilyturvakeskus (kaj.vesterbacka@stuk.fi)

3 Radioaktiva ämnen i uteluft

Strålsäkerhetscentralen övervakar halten av luftburna radioaktiva ämnen nära jordytan på åtta orter och försvarsmakten på en ort i Finland (bild 3.1). Nära kärnkraftverken i Lovisa och Olkiluoto har kraftbolagen fyra mätstationer, och deras resultat rapporteras på Strålsäkerhetscentralens rapportserie STUK-B-YTO.

Insamling av prov

Radioaktiva ämnen i uteluften övervakas genom att stora mängder luft pumpas genom ett filter, varvid de radioaktiva ämnena fastnar i filtret. Ett glasfiberfilter fångar partiklar som kan innehålla radioaktiva partiklar, och ett filter av aktivt kol fångar gasformiga ämnen och t.ex. radioaktivt jod. Proven insamlas med en apparat som enkom planerats för detta ändamål (bild 3.2). En utrustning på Strålsäkerhetscentralen i Helsingfors insamlar provet, hanterar och analyserar det samt rapporterar mätresultaten automatiskt.

Hantering och mätning av proven

Med hjälp av noggranna analyser i laboratorier kan ytterst små mängder radioaktiva ämnen som fastnat i filtren observeras. I laboratoriet glasfiberfiltren placeras i en plastburk och mäts med en gammaspktrometer. Observationsgränsen uttrycks i $\mu\text{Bq m}^{-3}$ och beror bl.a. på vilken nuklid det gäller, hur stor mängd luft som passerat filtret, andra radioaktiva ämnen i provet, pro-

vets ålder, mättiden, detektorns känslighet samt skyddet mot bakgrundsstrålning (tabell 3.1). Observationsgränserna är i allmänhet under en miljarddel av den koncentrationnivå som skulle föranleda åtgärder för att skydda befolkningen. Den gammaspktrometriska analysmetoden har akkrediterats av FINAS (FINAS T167).

Mätresultat

Bild 3.3 visar ^{137}Cs -koncentrationernas veckomedeltal på mätstationer under år 2006. Bild 3.4 visar dagliga ^{137}Cs -koncentrationer i Helsingfors år 2006 och bild 3.5 visar ^{137}Cs -koncentrationer på en längre tidsintervall i Helsingfors regionen.

Ytterst små mängder radioaktiva ämnen, som inte härrör från Tjernobyl olyckan, observerades 8 gånger år 2006 (tabell 3.2). I allmänhet görs årligen ett tiotal motsvarande observationer som avviker från det normala och det är ofta svårt att fastställa varifrån ämnena kommit. Emellertid den ^{82}Br observationen i Helsingfors i januari säkrades ha sitt ursprung från ett spårämne-experiment i naturgaskraftverket i Nordsjö. Mängderna av radioaktiva ämnen var dock så små, att de inte utgörde en hälsorisk. År 2006 fick finländarna i medeltal ca. 0,0000001 mSv stråldos från artificiella radioaktiva ämnen i luften.

Kontaktperson: Kaj Vesterbacka, Strålsäkerhetscentralen (kaj.vesterbacka@stuk.fi)

3 Airborne radioactive substances

STUK operates eight sampling stations for nationwide monitoring of airborne radioactive substances. The Defence Forces has one station (Fig. 3.1). In addition, four samplers are located around each of the nuclear power plants in Loviisa and Olkiluoto. Their results are reported elsewhere.

Sampling

Sampling is performed using a specially designed sampler which filtrates large amounts of air (Fig. 3.2). Airborne radioactive particles are deposited on glassfibre filters whereas charcoal filters are used for gaseous species such as iodine. The samplers are manually operated but the one located in the headquarters of STUK, Helsinki, is fully automated: it filtrates radioactive substances from the air, monitors the dose rate above the filter in real-time, changes the filter, prepares the filter for on-site high-resolution gamma-ray analysis and reports the data on www-pages.

Pre-treatment and analysis

Small quantities of radioactive material may be detected in the samples using sophisticated laboratory analyses. In the laboratory the glass-fibre filters are substituted into plastic beakers and analysed with a high-resolution gamma-ray spectrometer. Nuclide-specific minimum detectable concentration ($\mu\text{Bq m}^{-3}$) depends on filtered air volume, the activity of other radionuclides in the sample, the measuring time and decay time before the measurement, detection efficiency and the

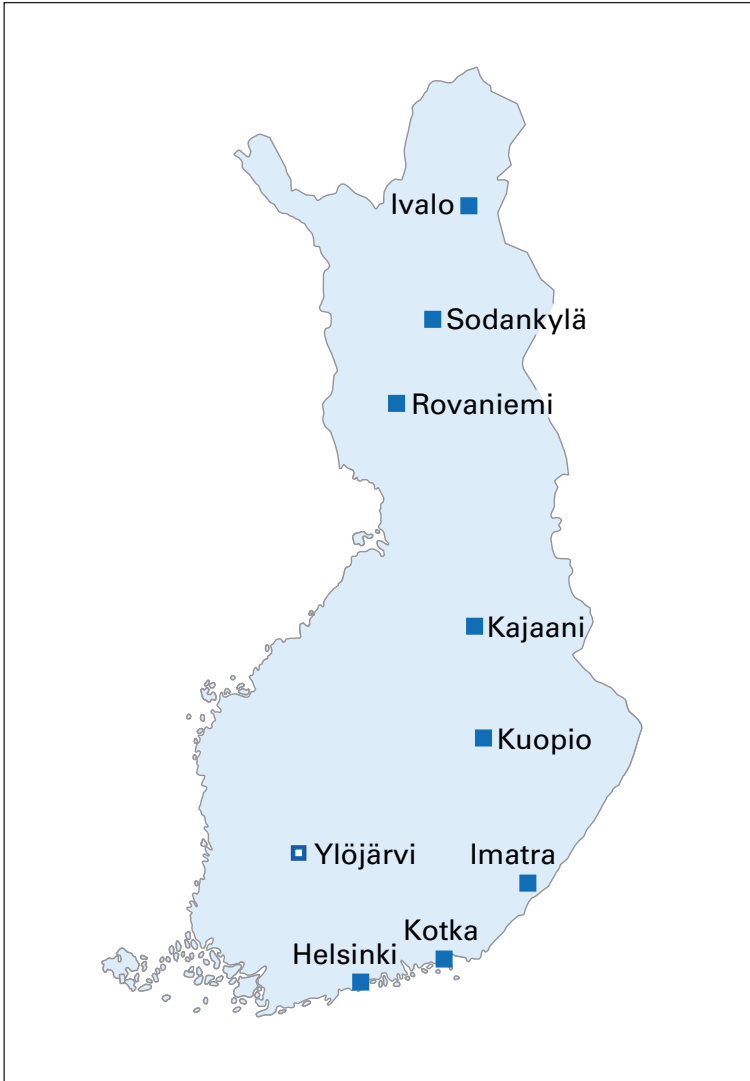
background shield (Table 3.1). Detection limits are typically a billion times smaller than the concentrations that may lead to protective action being taken. The used gamma-spectrometric method is accredited by FINAS (FINAS T167).

Results

Weekly averages of ^{137}Cs concentrations in outdoor air at the monitoring stations are shown in Figure 3.3. Figure 3.4 presents the daily ^{137}Cs concentrations in Helsinki and Figure 3.5 shows the long-time trend of ^{137}Cs concentration in the Helsinki area.

Very small quantities of radioactive substances, not originated from the Chernobyl accident, were detected in outdoor air 8 times in 2006 (Table 3.2). This is a typical number of such anomalous observations in a year, and often the origin of these anomalies is difficult to verify. However, the observation of ^{82}Br in Helsinki, in the beginning of January, originated from a tracer gas experiment performed at the natural gas power station in Vuosaari in eastern Helsinki. The concentrations of these radionuclides were, however, so small that they had no implications for health. Airborne artificial radioactive substances were estimated to cause a radiation dose of about 0.0000001 mSv per capita in Finland in 2006.

Contact person: Kaj Vesterbacka, Radiation and Nuclear Safety Authority (kaj.vesterbacka@stuk.fi)



Kuva 3.1. Ulkoilman ja laskeuman sisältämien radioaktiivisten aineiden monitorointiasemat. Puolustusvoimat ylläpitää Ylöjärven asemaa ja analysoi hiukkaskeräajan näytteet. STUK ylläpitää muita asemia ja analysoi niiden näytteet.

Bild 3.1. Mätstationer för radioaktiva ämnen i uteluft och nedfall. Försvarsmakten har en station i Ylöjärvi och analyserar luftproven. Strålsäkerhetscentralen upprätthåller de övriga stationerna och analyserar proven från dem.

Fig. 3.1. Sampling locations for airborne radioactive substances and deposition. The Defence Forces operates the station at Ylöjärvi.



Kuva 3.2. Rovaniemellä sijaitseva ilman aerosolien suurtehokeräjä.

Bild 3.2. Den högeffektiva samlaren som insamlar luftburen aerosoler i Rovaniemi.

Fig. 3.2. A high-volume air sampler in Rovaniemi.

Taulukko 3.1. Hiukkaskerääjien virtausnopeudet, näyteenvaihtotiheydet, eräiden radionuklidien tyypilliset havaitsemisrajat sekä beryllium-7 (^7Be) -pitoisuuden tyypilliset vaihteluvälit. ^7Be on luonnon radionuklidi, jota syntyy ilmakehässä kosmisen säteilyn ja ilmakehän atomien välisissä reaktioissa.

Tabell 3.1. Luftflödet genom filtret, provtagningsfrekvenserna, typiska observationsgränser för några radionuklider, samt typiska halter av beryllium-7 (^7Be). ^7Be är en naturlig radionuklid som skapas i reaktioner mellan kosmisk strålning och atomer i atmosfären.

Table 3.1. Flow rates of the air samplers, the sampling frequencies, typical detection limits for some radionuclides, and typical concentrations of Beryllium-7 (^7Be) in outdoor air. ^7Be is a natural radionuclide which originates as a result of nuclear reactions between the cosmic radiation and atoms of the atmosphere.

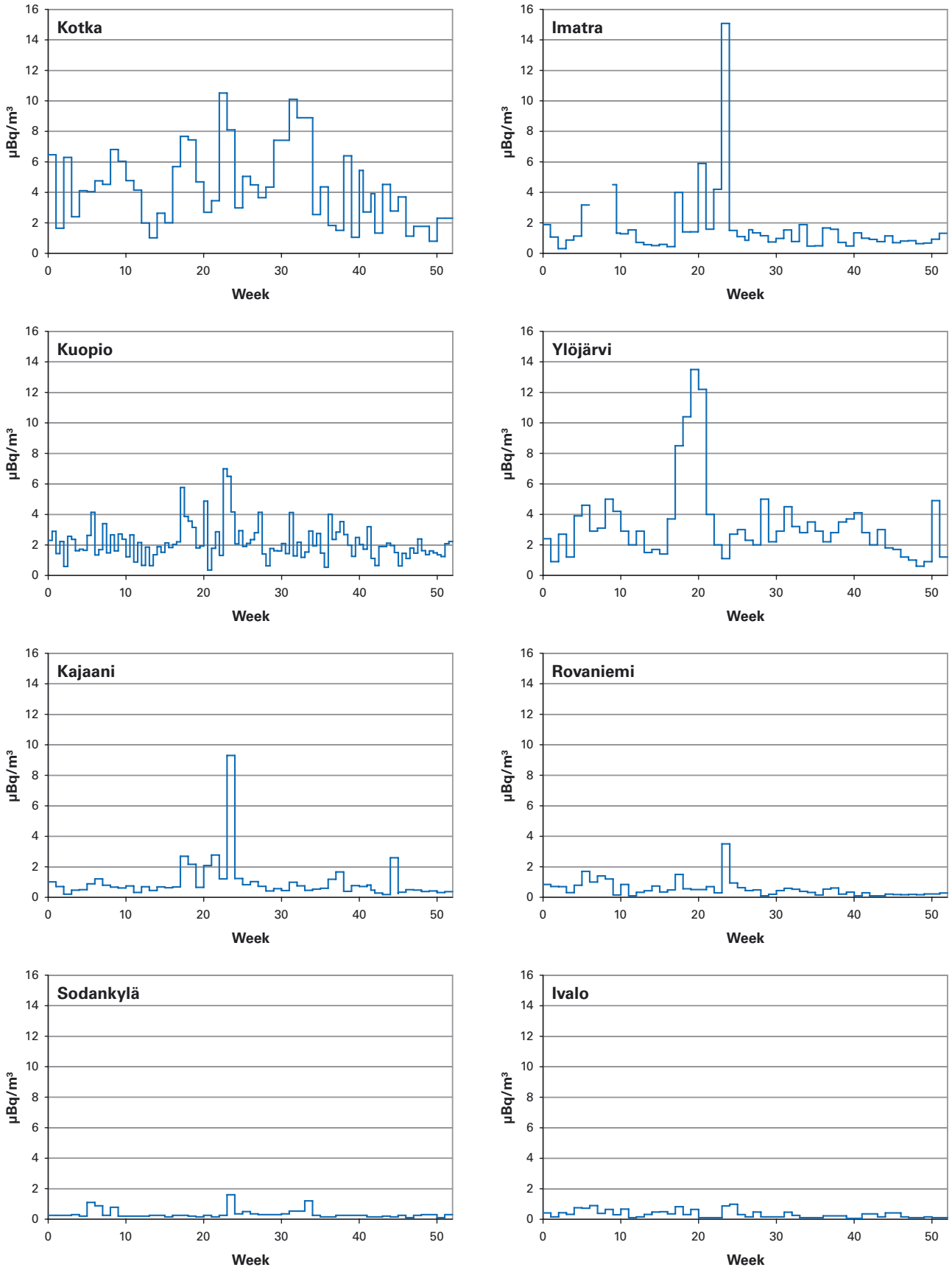
Site	Flow rate ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)	Sampling frequency (wk^{-1})	Typical detection limit ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)			Detected ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) ^7Be
			^{134}Cs	^{137}Cs	^{131}I	
Helsinki	550	7	1.2	1.2	1.4	400–8000
Kotka	900	1	0.1	0.2	0.4	700–6000
Imatra	150	2	0.4	0.4	0.7	500–5000
Ylöjärvi	150	2	0.3	0.3	0.5	500–6000
Kuopio	150	2	0.3	0.4	0.8	400–8000
Kajaani	900	1	0.2	0.1	0.4	600–8000
Rovaniemi	900	1	0.2	0.2	0.6	600–5000
Sodankylä	150	2	0.5	0.5	1.4	600–4000
Ivalo	150	2	0.3	0.3	0.6	600–4000

Taulukko 3.2. Hiukkaskeräysasemilla tehdyt muiden kuin Tshernobylin onnettomuudesta peräisin olevien keinotekoisien radioaktiivisten aineiden havainnot vuonna 2006.

Tabell 3.2. Observationer av de artificiella radionukliderna som inte härstammar från Tjernobyl olyckan i uteluften år 2006.

Table 3.2. Observations of artificial radionuclides other than those from the Chernobyl accident in outdoor air in 2006.

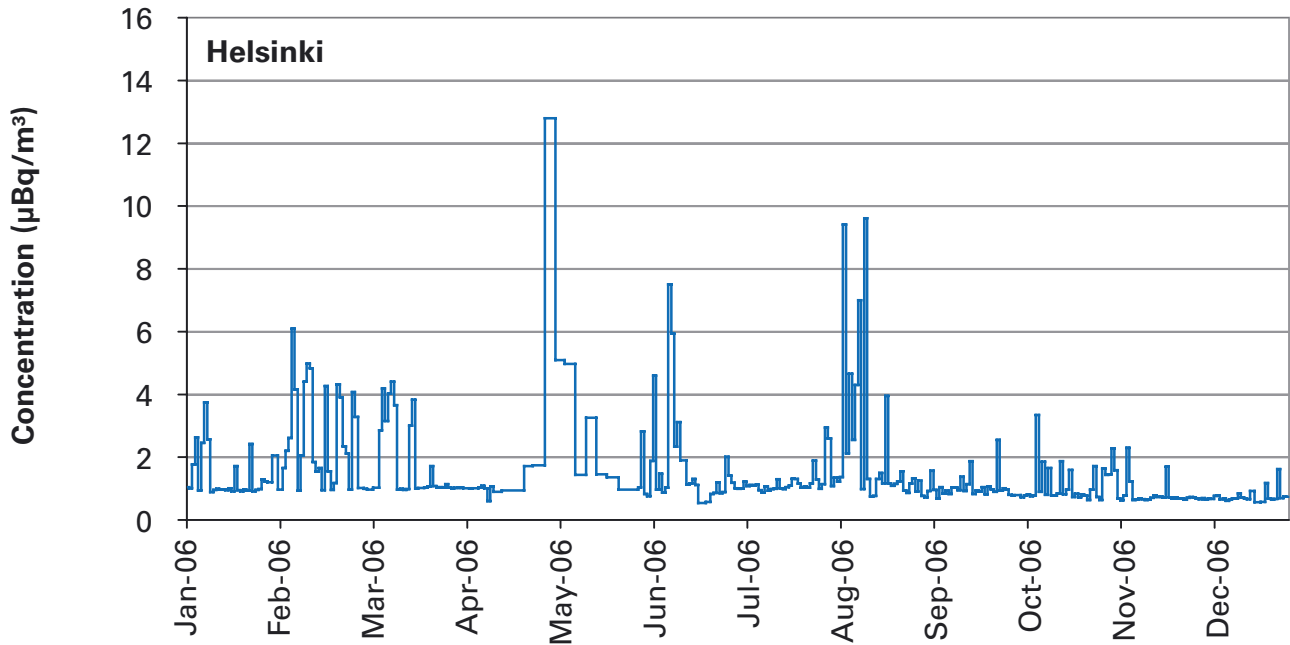
Sampling period	Site	Nuclide	Average concentration (one sigma uncertainty) $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$
4.–5.1.2006	Helsinki	^{82}Br	14.0 (10%)
13.–22.2.2006	Kajaani	^{131}I	0.29 (19%)
13.–20.2.2006	Kotka	^{131}I	0.85 (11%)
20.–21.2.2006	Helsinki	^{131}I	1.6 (23%)
20.–28.2.2006	Kotka	^{131}I	0.49 (20%)
25.9.–2.10.2006	Kotka	^{60}Co	0.27 (14%)
16.–23.10.2006	Kotka	^{110}Ag	0.27 (9%)
6.–13.11.2006	Sodankylä	^{58}Co	0.55 (26%)
		^{60}Co	3.3 (5%)
		^{54}Mn	0.36 (18%)
		^{95}Nb	0.27 (23%)



Kuva 3.3. ^{137}Cs -pitoisuuksien viikkokeskiarvot ulkoilmassa eri valvonta-asetilla vuonna 2006.

Bild 3.3. Veckomedeltal av ^{137}Cs -koncentrationer i uteluften på olika mätstationer år 2006.

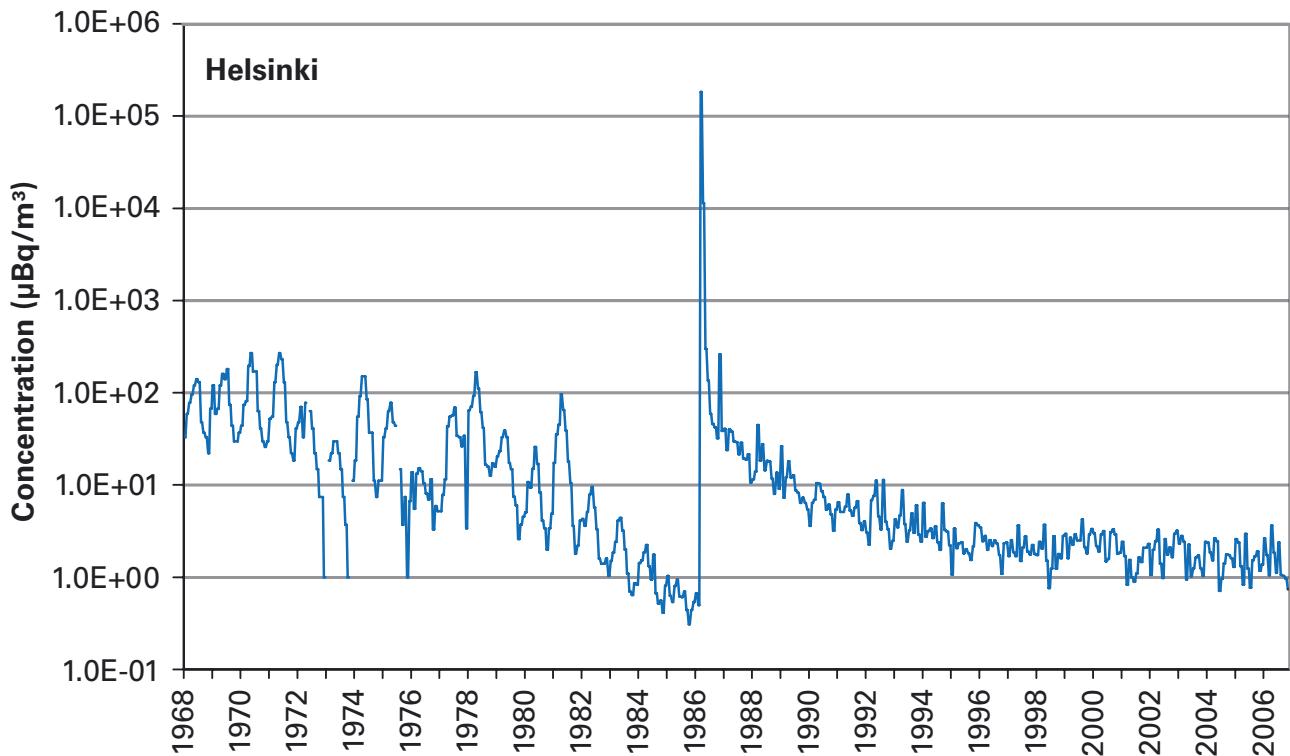
Fig. 3.3. Weekly averages of airborne ^{137}Cs concentrations at different monitoring stations in 2006.



Kuva 3.4. Ilman ^{137}Cs -pitoisuuden vuorokausikeskiarvot Helsingissä vuonna 2006.

Bild 3.4. Dagliga medelvärden av ^{137}Cs -koncentration i uteluft i Helsingfors år 2006.

Fig. 3.4. Daily averages of airborne concentration of ^{137}Cs in Helsinki in 2006.



Kuva 3.5. Ilman ^{137}Cs -pitoisuus Helsingin seudulla vuosina 1968–2006. Ennen Tshernobylin onnettomuutta (v. 1986) esiintyvä ^{137}Cs on peräisin ilmakehässä tehdyistä ydinasekokeista. Tälle laskeumalle on tyypillistä kuvassa näkyvä vuodenaikaisvaihtelu.

Bild 3.5. Luftburen ^{137}Cs -koncentrationer i Helsingfors regionen åren 1968–2006. Före Tjernobyl olyckan år 1986, ^{137}Cs härstamade från kärnvapenprov i atmosfären. Årstidsvariationerna som framgår av bilden är typiska för detta gamla nedfallet.

Fig. 3.5. Airborne concentrations of ^{137}Cs in Helsinki in 1968–2006. Before the Chernobyl accident in 1986, ^{137}Cs originated from atmospheric nuclear weapon tests. The regular seasonal fluctuation seen in the figure was typical for this old deposition.

4 Ulkoilman kokonaisbeeta-aktiivisuus

Ilmatieteen laitos on seurannut pintailman kokonaisbeeta-aktiivisuutta vuodesta 1959. Vuonna 2006 toiminnassa oli kahdeksan viikkonäytteitä keräävää asemaa (kuva 4.1).

Näytteiden keräys

Näytteet kerätään imemällä ulkoilmaa suodattimen läpi. Suodattimet vaihdetaan maanantaiaamuisin kello 8 Suomen talviaikaa. Keräinlaitteistossa käytetään kahta suorakaiteen muotoista paperitai lasikuitusuodatinta, joiden koko on 120 mm × 140 mm. Viikossa suodatettu ilmamäärä paperisuodattimilla on noin 800 m³ ja lasikuitusuodattimilla noin 4 000 m³.

Näytteiden mittaus

Aerosolinäytteiden kokonaisbeeta-aktiivisuus mitataan noin viisi päivää keräyksen lopettamisen jälkeen, jolloin ²²²Rn:n lyhytikäiset tytärnuklidit ovat hajonneet ²¹⁰Pb:ksi ja ²²⁰Rn:n tytärnuklidit pysyväksi ²⁰⁸Pb:ksi. Näin ollen mitattu kokonaisbeeta-aktiivisuus koostuu ²¹⁰Pb:stä sekä mahdol-

lisista keinotekoisista radioaktiivisista aineista. Mittaukset tehdään automaattisella alfa/beeta-analysaattorilla, jossa ilmaisimina käytetään verrannollisuuslaskureita.

Tulokset

Kuvassa 4.2 on esitetty ulkoilman pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden viikottaiset pitoisuudet kahdeksalla seuranta-asemalla vuonna 2006. Käyrät kuvaavat lähinnä ²¹⁰Pb:n pitoisuutta pintailmassa. Koska ilmakehän ²¹⁰Pb on peräisin maaperästä ilmakehään siirtyneestä ²²²Rn:sta, riippuu ²¹⁰Pb:n pitoisuus suursäätälanteesta eli ilmamassojen stabiilisuudesta ja alkuperästä. Korkeimmat pitoisuudet ovat mantereellisissa ilmamassoissa ja pienimmät merellisissä ja arktisissa ilmamassoissa. Vuoden 2006 aikana ei seurantaohjelman puitteis- sa havaittu poikkeuksellista kokonaisbeeta-aktiivisuutta ilmassa.

Yhteyshenkilö: Jussi Paatero, Ilmatieteen laitos (jussi.paatero@fmi.fi)

4 Total betaaktivitet i uteluft

Meteorologiska institutet har mätt total betaaktivitet i luft nära markytan sedan år 1959. På åtta stationer samlades aerosolprov varje vecka under året 2006 (bild 4.1).

Provtagning

Proven tas genom att luften suges genom filter. Filtren byts varje måndag klockan 8 enligt finländsk vintertid. I apparaten används två rektangelformiga filter, som består av papper eller glasfiber och som har dimensionen 120 × 140 mm. Luftmängden är ca 800 m³ i veckan genom pappersfiltret och ca 4 000 m³ i veckan genom glasfiberfiltret.

Mätning av proven

Aerosolprovets totala betaaktivitet mäts ca fem dagar efter det proven har tagits, varvid de kortlivade dotternukliderna till ²²²Rn har blivit ²¹⁰Pb och dotternukliderna till ²²⁰Rn har blivit stabilt ²⁰⁸Pb. Den uppmätta totala betaaktiviteten består sålunda av

²¹⁰Pb och eventuell konstgjorda radioaktiva ämnen. Mätningarna utförs med en automatisk alfa/beta-analysator med proportionalitetsräknare.

Mätresultat

I bild 4.2 visas koncentrationer av långlivad betaaktivitet på åtta bevakningsstationer under året 2006. Kurvorna visar närmast halten av ²¹⁰Pb i luften nära marken. Eftersom atmosfärens ²¹⁰Pb kommer från ²²²Rn i marken, varierar halten av ²¹⁰Pb i takt med väderläget i stort, det vill säga luftmassornas stabilitet och ursprung. De högsta halterna finns i kontinentala luftmassor och de minsta i luft som rört sig ovanför hav eller arktiska områden. Någon exceptionellt hög betaaktivitet kunde inte observeras under året 2006.

Kontaktperson: Jussi Paatero, Meteorologiska institutet (jussi.paatero@fmi.fi)

4 Gross beta activity of ground-level air

The Finnish Meteorological Institute (FMI) has monitored gross beta activity of aerosol particles since 1959. Weekly aerosol samples were collected at eight stations in 2006, using filter sampling (Fig. 4.1).

Sample collection

Filters of the samplers operating on a weekly cycle are changed every Monday at 06 UTC. The sampling equipment uses two rectangular paper or glass fibre filters with a filtering area of 120 mm × 140 mm. The weekly air volumes are 800 m³ and 4 000 m³ for paper and glass fibre filters, respectively.

Measurements

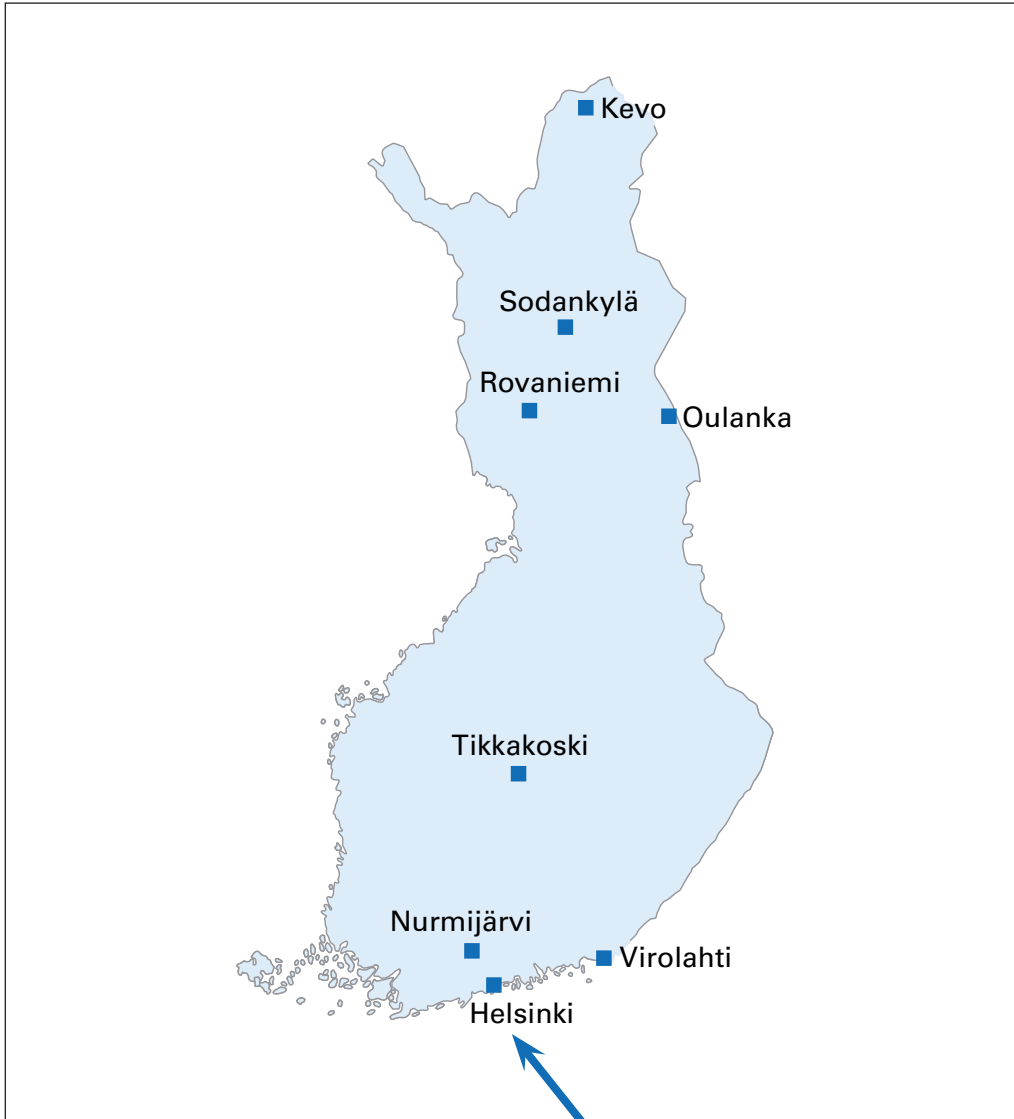
The gross beta activity content of the filters are measured five days after the end of sampling when the short-lived radon (²²²Rn) daughters have decayed to ²¹⁰Pb and the thoron (²²⁰Rn) daughters have decayed to stable ²⁰⁸Pb. Therefore the measured gross beta activity consists of ²¹⁰Pb and possible artificial beta emitters. The measurements

are carried out with an automatic alpha/beta analyser equipped with proportional counters as detectors.

Results

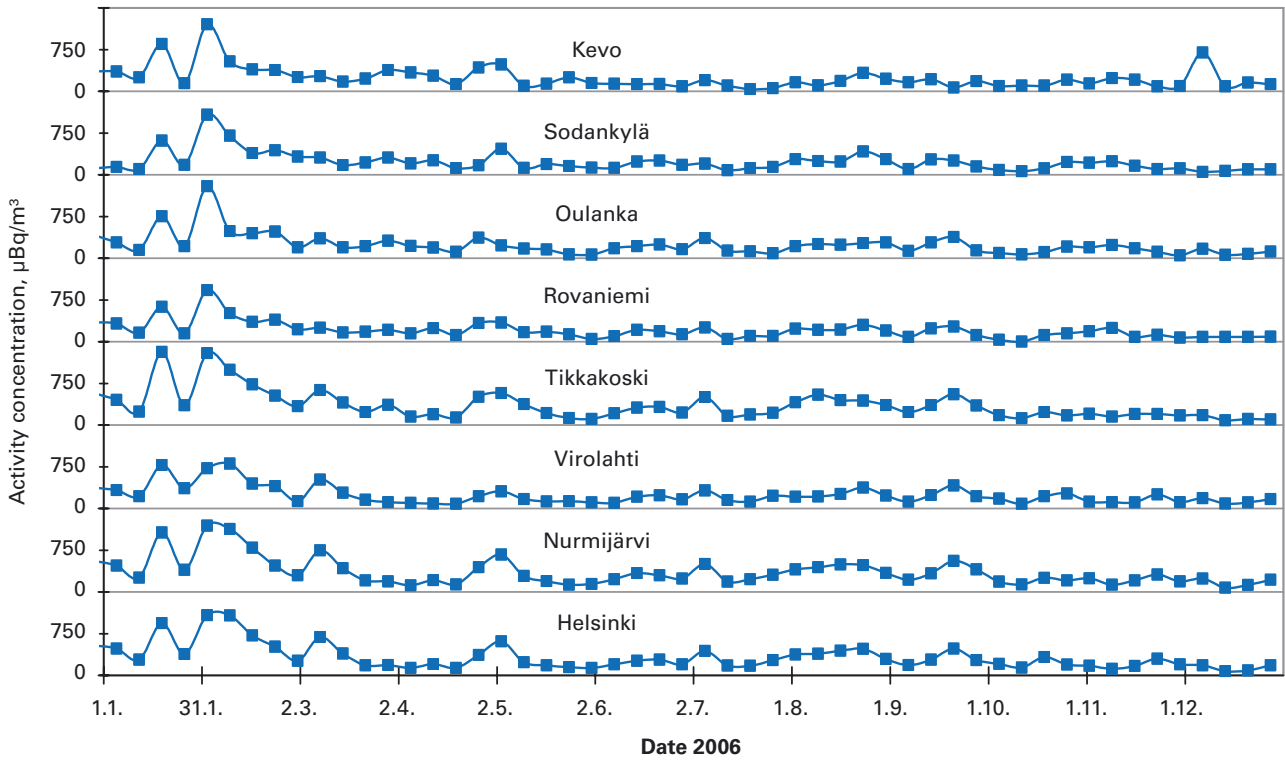
The observed gross beta activity concentrations at eight monitoring stations in 2006 are presented in Figure 4.2. The curves are essentially records of the concentration of ²¹⁰Pb, the long-lived daughter nuclide of the radioactive noble gas ²²²Rn which enters the atmosphere by diffusion from the ground. Concentration of ²¹⁰Pb depends mainly on the stability and origin of the air masses at the site. The highest concentrations are associated with continental air masses. By contrast, the lowest concentrations are associated with maritime and Arctic air masses because in these areas there are practically no sources of radon. No exceptional beta activity in outdoor air was detected in 2006 within the FMI's monitoring programme.

Contact person: Jussi Paatero, Finnish Meteorological Institute (*jussi.paatero@fmi.fi*)



Kuva 4.1. Seuranta-
asemat vuonna 2006.
Bild 4.1. Bevaknings-
stationerna år 2006.
Fig. 4.1. Monitoring
stations in 2006.





Kuva 4.2. Aerosolin pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden pitoisuudet ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) vuonna 2006.

Bild 4.2. Koncentrationer ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) av långlivad betaaktivitet i aerosoler år 2006.

Fig. 4.2. Concentrations of aerosol-bound long-lived gross beta activity ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) in 2006.

5 Laskeuman radioaktiiviset aineet

Radioaktiivisella laskeumalla tarkoitetaan pölynä tai sadeveden mukana maahan ja veteen laskeutuneita radioaktiivisia aineita. Laskeumanäytteiden analysointi antaa tietoa eri puolille maata tulevien radioaktiivisten aineiden määristä ja on lähtökoh- ta tutkimuksille, jotka käsittelevät radioaktiivisten aineiden kulkeutumista maa- ja vesiympäristössä.

Näytteiden keräys

Laskeumanäytteitä kerätään jatkuvasti samoilla 9 paikalla kuin ilmanäytteitä (kuva 3.1). Laskeumanäytteet kerätään ruostumattomasta teräksestä valmistetulla laitteella, jonka keräysala on 0,07 m². Laite ei erota sateen mukana tullutta märkää laskeumaa ja kuivaa laskeumaa toisistaan, vaan kerää ne yhteen. Talviajan näytteiden keruun helpottamiseksi laitteessa on lämmitysvastus, mikä pitää näytteen sulana ja varmistaa sen, että kaikki keräysastiaan satanut lumi tulee mukaan näytteeseen. Näytteiden keräysjakso on tavallisesti yksi kuukausi.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Laboratoriossa näytteisiin lisätään stabiilia Sr:a ja Cs:a kantaja-aineiksi, ja näytteet tehdään happamiksi typpihapolla. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla ja haihdutusjäännökset tuhite- taan. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet analysoidaan gammaspektrometrisesti joko haihdutusjäännöksestä tai tuhitetusta näytteestä. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokro-

matograafisella menetelmällä, minkä jälkeen ⁹⁰Sr määritetään tytärnuklidinsa ⁹⁰Y:n kautta matala- taustaisella verrannollisuuslaskurilla. Kahden aseman sadevesinäytteiden tritiumpitoisuudet määritetään myös. Näytteet tislataan ja tritium mitataan nestetuikespektrometrilla.

Tulokset

Vuoden 1986 jälkeen laskeumanäytteissä havaitut ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr ovat peräisin pääasiassa Tshernobylin onnettomuudesta. Laskeuman mukana tulleet radioaktiiviset aineet liikkuvat paikallisesti, ja pieni osa niistä joutuu uudelleen ilmaan.

Kuukausilaskeumat eri paikkakunnilla oli- vat pienet, useilla asemilla alle havaitsemisrajan vuonna 2006 (taulukko 5.1). Yleisimmin käytetyillä mittausajoilla ¹³⁷Cs:n havaitsemisraja on noin 0,2–0,5 Bq/m²/kk. Havaitsemista voidaan parantaa pidentämällä mittausaikaa.

Kuvassa 5.1 on ¹³⁷Cs:n ja ⁹⁰Sr:n kuukausilas- keumat (Bq/m²/kk) Helsingin seudulla vuodesta 1960 alkaen. Ennen vuotta 1986 havaittu laskeuma on peräisin ilmakehään tehdyistä ydinasekokeista. Tälle laskeumalle on tyypillistä kuvissa näkyvä vuodenaikaisvaihtelu. Sadeveden tritiumpitoisuu- det vuonna 2006 olivat pienet, yleensä vain 1–2 Bq/l (kuva 5.2).

Yhteyshenkilö: Ritva Saxén, Säteilyturvakeskus (*ritva.saxen@stuk.fi*)

5 Radioaktiva ämnen i nedfall

Med radioaktivt nedfall avses radioaktiva ämnen som fallit ner på marken eller i vattnet som dammkorn eller i regndroppar. Analys av prov på nedfallet ger uppgifter om mängden av radioaktiva ämnen på olika håll i landet och är en utgångspunkt för forskning, som gäller radioaktiva ämnens vandring i marken och i vattendrag.

Provtagning

Prov på nedfallet insamlas fortlöpande på 9 orter. De är samma orter där man tar prov på luften (bild 3.1). Nedfallsproven tas med en apparat av rostfritt stål, vars vågräta yta är 0,07 m². Apparaten skiljer inte på torrt nedfall och vått nedfall som kommit med regn, utan proven slås ihop. På vintern finns elektrisk uppvärmning som håller provet flytande och säkerställer att snö som fallit på provkärlet kommer med i provet. Proven insamlas vanligen för en månad åt gången.

Hantering och analys av proven

I laboratoriet tillsätter man Sr-Cs-bärare, och proven görs sura med salpetersyra. Proven koncentreras genom avdunstning och återstoden föraskas. De radioaktiva ämnenas gammastrålning analyseras med gammaspektrometer antingen genast efter avdunstningen eller när proven föraskats. Strontium avskiljs från proven med ekstraktion-kromatografiska metoden, varefter mängden ⁹⁰Sr

bestäms genom att mäta dotternukliden ⁹⁰Y i en proportionalitetsräknare med låg bakgrundsstrålning. Tritiumhalter i regnvatten från två stationer bestäms också. Proven destilleras och tritium mätes med vätskeskiltationsspektrometer.

Resultat

¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr som funnits i nedfallsproven efter år 1986 härstammar i huvudsak från olyckan i Tjernobyl. Radionukliderna i nedfallet vandrar lokalt i miljön och en del av dem sprids på nytt via luften.

Nedfall av båda nuklider var små och på några mätstationer under observationsgränsen år 2006 (tabell 5.1). Observationsgränsen för ¹³⁷Cs blir med den oftast använda mätningstiden 0,2–0,5 Bq/m²/månad. Lägre mängder kan observeras genom att mäta en längre tid.

Bild 5.1. visar nedfallet av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr (Bq/m²/månad) i Helsingfors regionen från och med år 1960. Nedfallet före år 1986 härstammar från kärnvapenprov i atmosfären. Det typiska för detta nedfall är årstidsvariationerna som framgår av bilden.

Tritiumhalter i regnvatten var låga år 2006, oftast mellan 1–2 Bq/l (bild 5.2).

Kontaktperson: Ritva Saxén, Strålsäkerhetscentralen (ritva.saxen@stuk.fi)

5 Radionuclides in deposition

Radioactive substances can be deposited as dry deposition or as wet deposition with rain. The analyses of deposition samples produces information on regional distribution of deposited radionuclides, and forms the basis for research concerning the transfer of radioactive substances in terrestrial and aquatic environments.

Sampling

Deposition samples are collected continuously at nine sites. The sampling period is usually one month. The sites are the same as the air sampling sites (Fig. 3.1). The sample collectors are made of stainless steel with a surface area of 0.07 m². The deposition samplers do not separate wet and dry deposition, but they are collected together. There is a light heating resistor inside the funnel to melt snow and ice collected in the funnel to make sampling more reliable in winter-time.

Pre-treatment and analyses

After arriving at the laboratory known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples, and the samples are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporation and the residues are ashed. The ashed samples are analysed for gamma-emitting radionuclides with gamma spectrometers. Strontium is separated by an extraction chromatographic method and thereafter ⁹⁰Sr is determined via its daughter

nuclide ⁹⁰Y, measured with a low background proportional beta counter. Concentrations of ³H in rainwater are determined on samples from two stations. Samples are distilled and then measured with liquid scintillation spectrometry.

Results

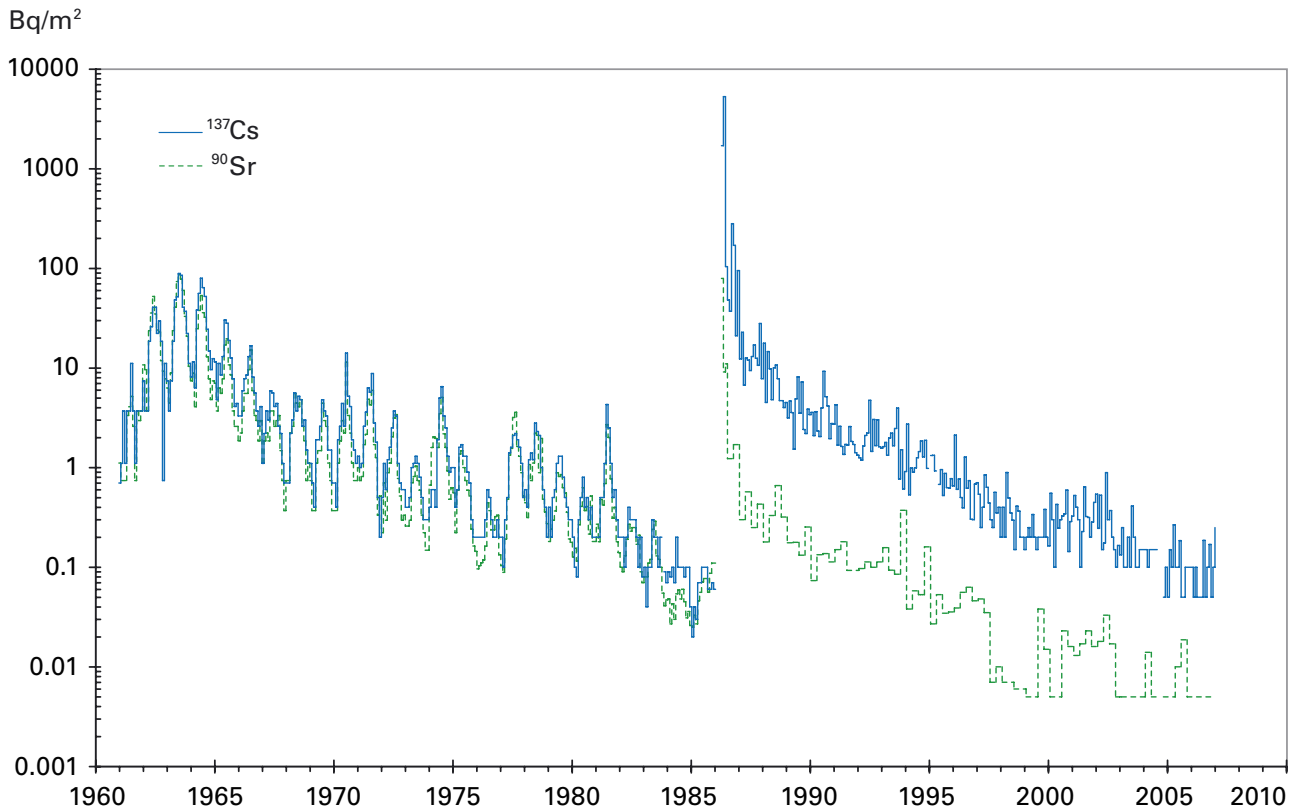
After 1986 the amounts of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr observed originate mainly from the Chernobyl accident. The deposited radionuclides circulate locally, and a small amount ends up in the air.

The monthly depositions of ¹³⁷Cs at different sites were low in 2006, at some stations below the detection limits (Table 5.1). The detection limit with the most frequently used measuring times is around 0.2–0.5 Bq/m²/month. The detection limit can be lowered by using longer counting times.

The depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr (Bq/m²/month) in the Helsinki area since 1960 are given in Figure 5.1. The deposited radionuclides observed before 1986 originate from the atmospheric nuclear weapon tests. The regular seasonal fluctuation seen in the figure before 1986 is typical of this stratospheric deposition.

Activity concentrations of ³H in rain water were low in 2006, in general 1–2 Bq/l (Fig. 5.2).

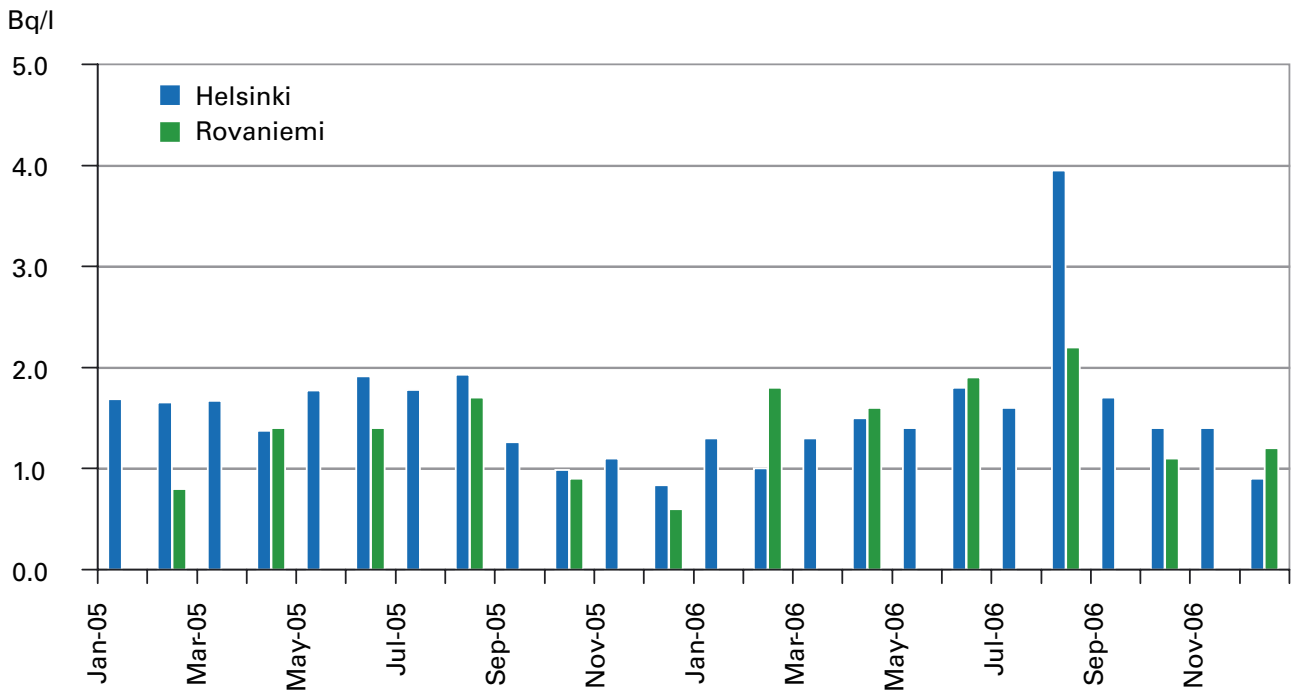
Contact person: Ritva Saxén, Radiation and Nuclear Safety Authority (ritva.saxen@stuk.fi)



Kuva 5.1. ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-laskeumat Helsingin seudulla 1960–2006.

Bild 5.1. Nedfall av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr i Helsingforsregionen åren 1960–2006.

Fig. 5.1. Depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the Helsinki area during 1960–2006.



Kuva 5.2. Tritiumpitoisuudet (Bq/l) Helsingin ja Rovaniemen sadevesinäytteissä 2005–2006.

Bild 5.2. Halter av tritium (Bq/l) i regnvatten i Helsingfors och i Rovaniemi år 2005–2006.

Fig. 5.2. Activity concentrations (Bq/l) of tritium (³H) in rainwater in Helsinki and Rovaniemi in 2005 and 2006.

Taulukko 5.1. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -laskeumien neljännesvuosi- ja vuosisummat eri paikkakunnilla vuonna 2006 (Bq/m^2).

Tabell 5.1. Nedfall av ^{137}Cs och ^{90}Sr under kvartalen och hela året 2006 på olika orter (Bq/m^2).

Table 5.1. Quarterly and annual depositions of ^{137}Cs and ^{90}Sr at various stations in 2006 (Bq/m^2).

	1 st quarter		2 nd quarter		3 rd quarter		4 th quarter		Whole year	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Helsinki	<0.2	<0.03	0.3	<0.03	0.3	<0.03	<0.4	<0.03	0.9	<0.1
Imatra	<0.3	<0.03	0.6	<0.03	<0.2	<0.03	0.3	<0.03	1.2	<0.1
Ivalo	<0.03	<0.04	0.06	<0.04	<0.03	<0.04	<0.03	<0.04	0.1	<0.2
Kajaani	<0.4	<0.03	0.9	0.09	0.4	0.06	<0.5	0.05	1.8	0.22
Kotka	0.8	<0.03	0.8	<0.03	1.4	0.05	0.5	0.17	3.5	0.25
Kuopio	0.7	<0.03	0.9	<0.03	<0.3	<0.03	<0.4	<0.03	2.0	<0.1
Rovaniemi	<0.03	<0.04	0.08	0.09	0.03	0.06	<0.03	0.06	0.2	0.23
Sodankylä	<0.03	<0.04	<0.03	<0.04	<0.03	<0.04	<0.03	<0.04	<0.1	<0.2
Ylöjärvi	<0.3	<0.03	2.9	0.03	0.6	0.03	0.4	<0.03	4.1	0.09

6 Pintaveden radioaktiiviset aineet

Analysoimalla säännöllisesti pintaveden radioaktiivisia aineita saadaan tietoa niiden ajallisesta käyttäytymisestä. Eri vesistöalueilta otetut näytteet antavat kuvan radionuklidien alueellisesta vaihtelusta.

Näytteenotto

Pintavesinäytteitä otetaan neljä kertaa vuodessa kolmen suuren joen, Kymijoen, Oulujoen ja Kemijoen, suista (kuva 6.1). Näytteenottokuukaudet ovat maaliskuu, touko-, elo- ja lokakuu.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteisiin lisätään strontium- ja cesiumkantajat ja ne tehdään happamiksi typpihapolla. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla lämpölamppujen alla kuiviin ja sen jälkeen tuhitetaan. Tuhitetuista näytteistä määritetään ^{137}Cs ja mahdolliset muut gammanuklidit gammaspektrometrisesti. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, ja ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrillä.

Tulokset

Tshernobylin laskeuman epätasainen alueellinen jakautuminen sekä ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n erilainen käyt-

täytyminen vesiympäristössä näkyy pintavesien tuloksissa. Toisin kuin Tshernobyl-laskeuma, ydinkoelaskeuma jakautui Suomeen lähes tasaisesti. Ydinkoelaskeuman vaikutukset näkyvät edelleen Pohjois-Suomen joissa.

Kymijoessa ^{137}Cs -pitoisuudet ovat edelleen korkeammat kuin ^{90}Sr -pitoisuudet, koska sen valuma-alueelle keväällä 1986 tullut ^{137}Cs -laskeuma oli huomattavasti suurempi kuin sinne tullut ^{90}Sr -laskeuma.

Sen sijaan Oulujoessa ja varsinkin Kemijoessa, jonka valuma-alueelle ^{137}Cs :a tuli huomattavasti vähemmän kuin Kymijoen alueelle, vedestä nopeammin vähenevän ^{137}Cs :n pitoisuudet ovat jo selvästi pienemmät kuin hitaammin vedestä poistuvan ^{90}Sr :n. Kymijoen ^{137}Cs -pitoisuudet olivat lähes 20-kertaisia ja ^{90}Sr -pitoisuudet 3-kertaisia Kemijoen vastaaviin pitoisuuksiin verrattuna (kuva 6.1). ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -pitoisuudet olivat samaa tasoa tai hieman pienempiä kuin vuonna 2005.

^{90}Sr :n ja ^{137}Cs :n pitoisuuksien muutokset jokivesissä aikavälillä 1965–2006 näkyvät kuvassa 6.3.

Yhteyshenkilö: Ritva Saxén, Säteilyturvakeskus (ritva.saxen@stuk.fi)

6 Radioaktiva ämnen i ytvatten

Genom regelbunden analys av radioaktiva ämnen i ytvattnet får man uppgifter om hur ämnena förekommer i vattenmiljö under olika tidpunkter. Prov från olika vattendrag ger en bild av nuklidernas regionala spridning.

Provtagning

Prov på ytvatten tas fyra gånger om året vid mynningen av tre stora älvar, nämligen Kymmene älv, Ule älv och Kemi älv (bild 6.1). Proven tas i mars, maj, augusti och oktober.

Hantering och analys av proven

Till proven tillsätts Sr- och Cs-bärare och proven görs sura med salpetersyra. Därefter får proven indunsta under värmelampa och föraskas. I de föraskade proven analyseras ^{137}Cs med gammaspektrometer. Strontium avskiljs med extraktionkromatografi, varefter mängden av ^{90}Sr bestäms med en vätskescintillationsspektrometer.

Resultat

Halten av radioaktiva ämnen i ytvattnet visar den ojämna regionala fördelningen av nedfallet från

Tjernobyl samt att ^{137}Cs och ^{90}Sr beter sig olika i vattenmiljö. Nedfallet från kärnvapenprov var nästan jämt distribuerat i Finland. Dess påverkan syns fortfarande i resultaten från Norra Finlands älvar. Eftersom nedfallet av ^{137}Cs på Kymmene älvs tillrinningsområde år 1986 var betydligt större än motsvarande nedfall av ^{90}Sr , är halterna av ^{137}Cs i Kymmene älv fortfarande högre än halterna av ^{90}Sr trots den snabbare minskningen av ^{137}Cs . I Ule älv och särskilt i Kemi älv, som mottog betydligt mindre mängd ^{137}Cs än Kymmene älv, är halterna av ^{137}Cs redan nu mindre än halterna av ^{90}Sr , som avtar betydligt långsammare. Halterna av ^{137}Cs i Kymmene älv var i medeltal nästan 20 gånger högre och halterna av ^{90}Sr 3 gånger högre än motsvarande halter i Kemi älv (bild 6.1).

^{137}Cs och ^{90}Sr i alla dessa tre älvar var nästan desamma eller något lägre än år 2005. Långtidstrender av ^{137}Cs och ^{90}Sr halter i dessa älvar under åren 1965–2006 ges i bild 6.3.

Kontaktperson: Ritva Saxén, Strålsäkerhetscentralen (ritva.saxen@stuk.fi)

6 Radioactive substances in surface water

The continuous analysis of radioactive substances in surface water produces information on the temporal behaviour of radionuclides in aquatic environments. Samples taken from different water systems show the areal variation in the concentrations of radionuclides.

Sampling

Water samples are taken four times a year from the mouths of the three large rivers, the Kymijoki, Oulujoki and Kemijoki, which discharge into the various parts of the Baltic Sea (Fig. 6.1). The samples are taken in March, May, August and October.

Pre-treatment and analysis

Known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples, and they are acidified with nitric acid on arrival at the laboratory. The samples are concentrated by evaporation, and the dry residues are ashed. Gamma-emitting radionuclides are analysed with gamma spectrometers on the ashed samples. Strontium is separated by an extraction chromatographic method and ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

Results

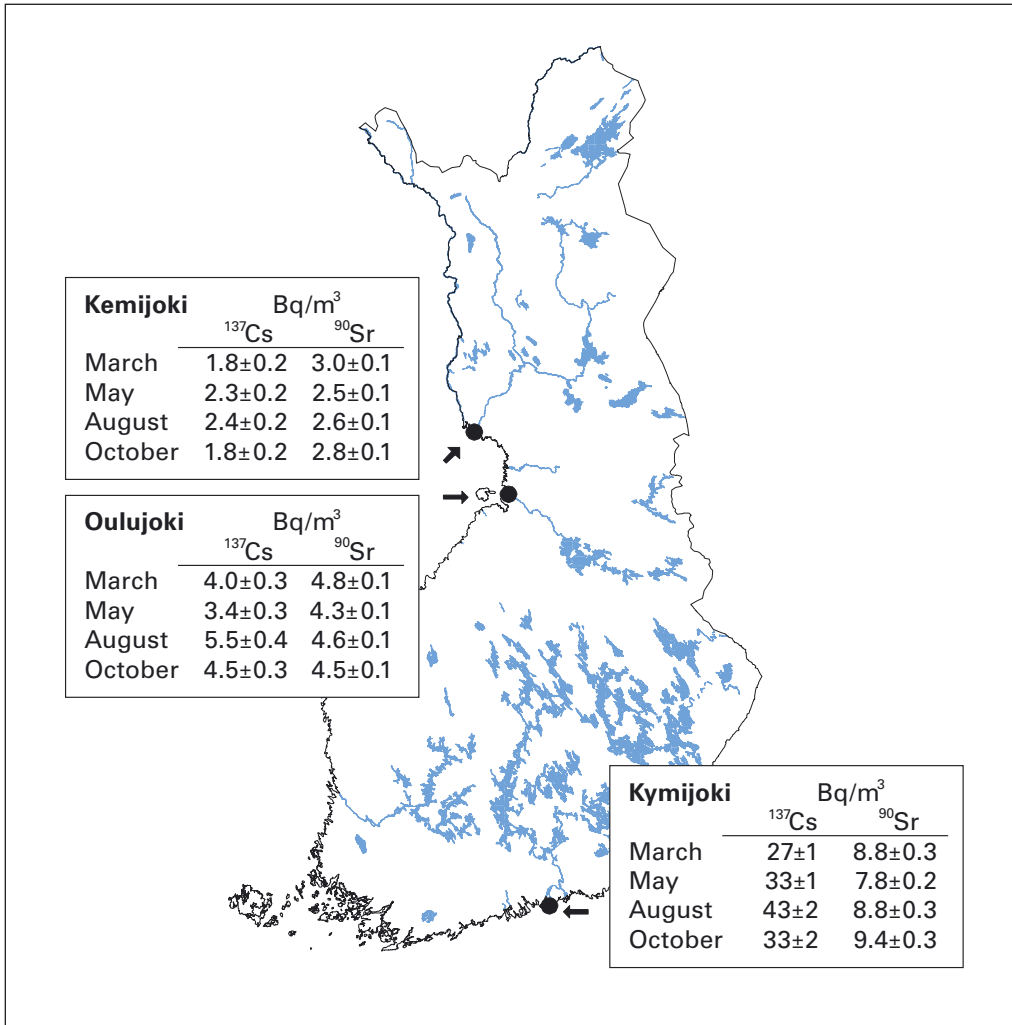
The uneven areal distribution of the Chernobyl fallout and the different behaviour of ^{137}Cs and ^{90}Sr

in an aquatic environment are seen in the results. The fallout from nuclear weapon tests was almost evenly distributed throughout Finland. Its traces are still observed in the river water from northern Finland.

The ^{137}Cs deposition in spring 1986 in the catchment area of the river Kymijoki was remarkably higher than the ^{90}Sr deposition. Therefore, the concentration of ^{137}Cs in the water of this river is still higher than that of ^{90}Sr in spite of the faster decrease of ^{137}Cs . In Oulujoki, and especially in Kemijoki, where the ^{137}Cs deposition was low, the concentrations of ^{137}Cs are already lower than the concentrations of ^{90}Sr that remains better in the water phase than ^{137}Cs . Activity concentrations of ^{137}Cs in Kymijoki were on average by a factor of 20 higher and those of ^{90}Sr by a factor of 3 higher than the respective contents in Kemijoki (Fig. 6.1). In 2006, the levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr in all the three rivers studied were about the same or slightly lower than in 2005.

The long-term trends in the activity concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in these rivers in 1965–2006 are given in Figure 6.3.

Contact person: Ritva Saxén, Radiation and Nuclear Safety Authority (ritva.saxen@stuk.fi)



Kuva 6.1. Pintaveden näytteenottoaikat ja näytteiden ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-pitoisuudet (Bq/m³) vuonna 2006.

Bild 6.1. Provtagningsplatser för ytvatten samt halter av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr (Bq/m³) år 2006.

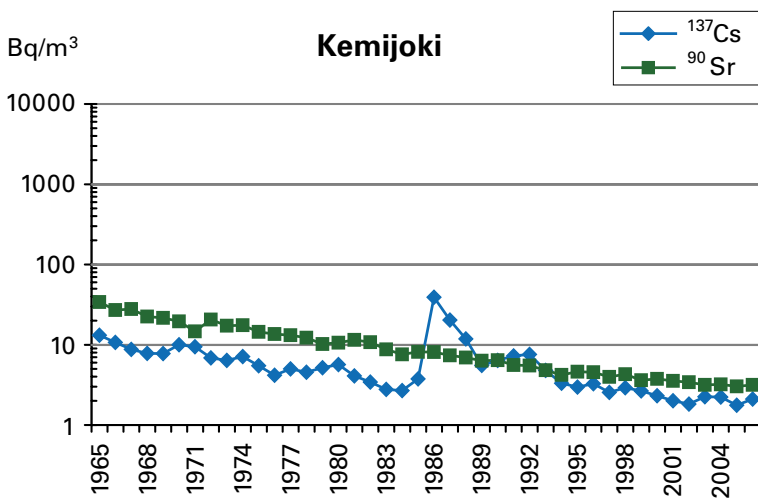
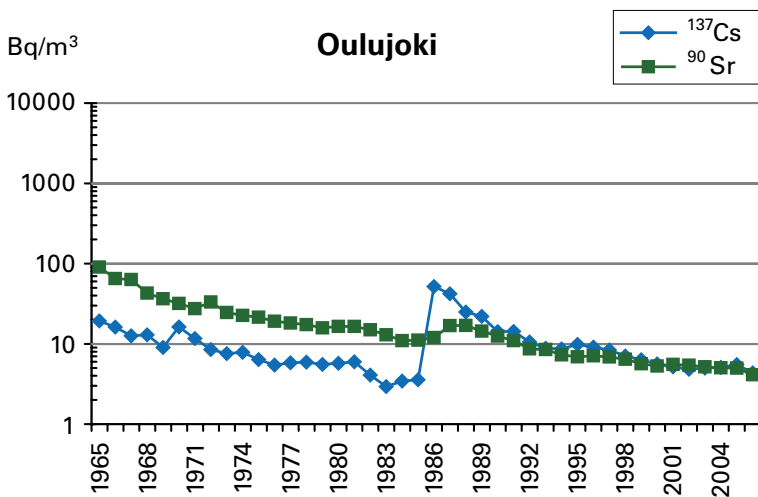
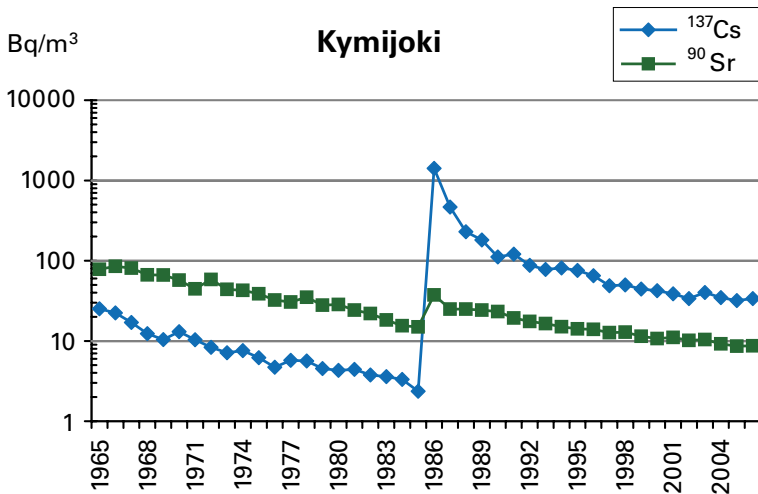
Fig. 6.1. The sampling sites of surface water and the activity concentrations of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr (Bq/m³) in 2006.

Kuva 6.2. Vesinäytteen analysointia laboratoriossa.

Bild 6.2. Analysering av vattenprov i laboratorium.

Fig. 6.2. Analysis of water sample in the laboratory.





Kuva 6.3. Jokivesien ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-pitoisuuksien vuosikeskiarvot (Bq/m³) vuosina 1965–2006.

Bild 6.3. Årliga medelvärden av ¹³⁷Cs- och ⁹⁰Sr-halter (Bq/m³) i vatten av Kymmene älv, Uleåborg älv och Kemi älv år 1965–2006.

Fig. 6.3. Annual averages of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr (Bq/m³) in water of three rivers: Kymijoki, Oulujoki and Kemijoki in 1965–2006.

7 Juomaveden radioaktiiviset aineet

Juomaveden radioaktiivisuutta seurataan, jotta voidaan arvioida juomaveden kautta aiheutuvaa säteilyaltistusta. Valvontaohjelman näytteistä analysoidaan keinotekoiset radioaktiiviset aineet, joita esiintyy yleensä vain pintavedestä tehdystä juomavedessä. Juomaveden ^{137}Cs ja ^{90}Sr ovat peräisin pääosin Tshernobyl-laskeumasta ja tritium ilmakehässä suoritetuista ydinasekokeista. Suuremman säteilyaltistuksen Suomessa aiheuttavat talousvesissä esiintyvät luonnon radioaktiiviset aineet, joiden enimmäispitoisuuksille vesilaitosten jakamassa vedessä Säteilyturvakeskus on asettanut ohjeet (ST-ohje 12.3).

Näytteenotto

Juomavesinäytteet otetaan samanaikaisesti ruokanäytteiden kanssa kolmelta paikkakunnalta suoraan vesijohtovedestä: Helsingistä, Tampereelta ja Rovaniemeltä. Lisäksi otetaan näytteet Oulun ja Turun vesilaitosten jakamasta vedestä (kuva 7.1). Näytteet otetaan kahdesti vuodessa, keväällä ja syksyllä.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteistä otetaan ensin osanäytteet tritiumin määrittämiseen. Loppuosaan lisätään strontium- ja cesiumkantajat ja tehdään typpihapolla happamiksi. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla ja haihdutusjäännökset tuhitetaan. Tuhitetuista näytteistä analysoidaan ^{137}Cs gammaspektrometrisesti. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, minkä jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrilla. Tritiumin määrittystä varten näyte tislataan epäpuhtauksien poistamiseksi. ^3H määritetään mittaamalla tislattu näyte nestetuikespektrometrilla.

Tulokset

Kaikkien näytteiden ^{90}Sr - ja ^{137}Cs -pitoisuudet olivat pienet vuonna 2006, vaihdellen välillä 0,004–0,029 Bq/l (taulukko 7.1). Rovaniemellä molempien nuklidien pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan, kuten oli myös ^{137}Cs -pitoisuus Turun juomavedessä. Havaitsemisraja ^{137}Cs :lle on noin 0,001 Bq/l ja ^{90}Sr :lle noin 0,0002 Bq/l. Paikkakuntien väliset radionuklidien pitoisuuserot johtuvat sekä alueiden laskeumaeroista että raakavetenä käytettyjen pinta- ja pohjavesien määrästä. Tampereen raakavesi sisältää sekä pinta- että pohjavettä. Helsingissä, Oulussa ja Turussa juomavesi on lähes kokonaan pintavettä. Rovaniemellä käytetään yksinomaan pohjavettä. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n pitoisuuksien vuosikeskiarvot 1999–2006 Helsingin ja Tampereen juomavedessä näkyvät kuvassa 7.2. Näytteiden ^3H -pitoisuudet olivat välillä 0,9–1,7 Bq/l (taulukko 7.1.), ja siis paljon pienempiä kuin Euroopan neuvoston direktiivissä (98/83/EY) talousveden tritiumille asetettu raja-arvo 100 Bq/l.

Säteilyannokset

Juomaveden ^3H :sta, ^{90}Sr :stä ja ^{137}Cs :sta aiheutuva säteilyannos vaihteli välillä 0,03–0,4 mikroSv eri paikkakunnilla vuonna 2006; Tampereella ja Helsingissä 0,3 ja 0,4 mikroSv ja Rovaniemellä vain noin kymmenesosa edellisistä. Oulun ja Turun juomavedestä saatu annos oli noin kolmasosa Helsingin annoksesta, mutta viisinkertainen Rovaniemeen verrattuna. Helsingissä ^3H :n osuus juomaveden aiheuttamasta säteilyannoksesta oli vain 4 %, loppuosa aiheutui lähes saman verran ^{90}Sr :sta ja ^{137}Cs :sta. ^3H :n osuus oli suurin Rovaniemellä, noin 60 % ja ^{90}Sr :n osuus oli suurin Turussa, noin 80 %.

Yhteyshenkilö: Ritva Saxén, Säteilyturvakeskus
(ritva.saxen@stuk.fi)

7 Radioaktiva ämnen i dricksvatten

Man följer med radioaktiviteten i dricksvatten för att kunna beräkna vilken bestrålning människorna utsätts för genom att dricka vattnet. I proven i detta tillsynsprogram analyseras endast konstgjorda radioaktiva ämnen, som i allmänhet endast förekommer i dricksvatten som består av ytvatten. Cesium och strontium i dricksvatten härstammar i huvudsak från nedfall från olyckan i Tjernobyl och tritiumet härstammar från kärnvapenprov i atmosfären. Den största bestrålningen orsakas dock av naturliga radioaktiva ämnen i finländskt grundvatten, och för dessa har Strålsäkerhetscentralen uppställt åtgärdsnivåer (Strålskyddsdirektiv 12.3).

Provtagning

Prov på dricksvatten tas samtidigt med prov på livsmedel på tre orter direkt ut vattenledningsvatten: i Helsingfors, Tammerfors och Rovaniemi. Därtill tar man prov i Uleåborg och Åbo vattenverk (bild 7.1). Proven tas varje vår och höst.

Hantering och analys av proven

Ur en del av varje prov analyseras först tritium. Till resten av provet tillsätts Sr-Cs-bärare och provet görs surt med salpetersyra. Proven koncentreras med indunstning och återstoden föraskas. Ur de föraskade proven analyseras ^{137}Cs med gammaspektrometer. Strontium avskiljs ur provet med en ekstraktionskromatografisk metod, och halten av ^{90}Sr mäts med vätske-scintillospektrometer. För bestämning av tritium avlägsnas föreningar med destillering av provet. Halten av ^3H bestäms genom att det destillerade provet direkt mäts i en vätskescintillospektrometer.

Resultat

Halter av ^{90}Sr och ^{137}Cs i alla dricksvatten prov var låga om år 2007, varierande mellan 0,004 och

0,024 Bq/l (tabell 7.1). I Rovaniemi var halterna av båda nuklider och i Åbo var halten av ^{137}Cs under detektionsnivån. Detektionsnivåer var 0,001 Bq/l för ^{137}Cs och 0,0002 Bq/l för ^{90}Sr . Skillnaderna mellan olika orters dricksvatten beror på att nedfallet varit olika samt att mängderna yt- och grundvatten i råvattnet är olika. Råvattnet för dricksvatten i Tammerfors innehåller både ytvatten och grundvatten, medan dricksvattnet i Helsingfors, Uleåborg och Åbo är nästan helt och hållet ytvatten. I Rovaniemi används enbart grundvatten, där konstgjorda radionuklider hamnar obetydligt. Årliga medelhalter av ^{137}Cs och ^{90}Sr i dricksvatten från Helsingfors och Tammerfors år 1999–2006 ges i bild 7.2.

^3H -halterna varierade mellan 0,9 och 1,7 Bq/l (tabell 7.1). ^3H -halterna var alltså mycket under Europarådets direktiv (98/83/EG) som uppställer gränsvärdet 100 Bq/l för tritium i hushållsvatten.

Stråldoser

Den av dricksvattens konstgjorda radionuklidens förorsakade stråldos är låg, varierande mellan 0,03–0,4 microSv på olika ställen år 2006. Stråldosen från ^{137}Cs , ^{90}Sr och ^3H i dricksvatten i Helsingfors och Tammerfors var 0,4 och 0,3 microSv och från Rovaniemi omkring tiondedel från de förenämnda värdena. I Uleåborg och Åbo var dosen omkring en tredjedel av dosen i Helsingfors, men fem gånger högre än dosen i Rovaniemi. I Helsingfors orsakade ^3H 4% av dosen; resten var orsakad jämnt av ^{137}Cs och ^{90}Sr . Andelen av ^3H av dosen var störst i Rovaniemi, omkring 60%, och andelen av ^{90}Sr var störst i Åbo, omkring 80% av de låga doserna.

Kontaktperson: Ritva Saxén, Strålsäkerhetscentralen (ritva.saxen@stuk.fi)

7 Radioactive substances in drinking water

Drinking water is monitored in order to estimate the internal radiation dose for people via drinking water. Only artificial radionuclides, which are normally found in the drinking water comprised of surface water, are analysed in this monitoring programme.

Cesium and strontium observed originate mainly from the Chernobyl deposition, and tritium originates from the deposition of atmospheric nuclear weapon tests. Most radiation exposure via drinking water in Finland comes from natural radionuclides in the ground water. In 1993 STUK issued action limits for natural radionuclides in drinking water (ST-guide 12.3).

Sampling

The drinking water samples are taken straight from tap water simultaneously with the diet samples in three cities: Helsinki, Tampere and Rovaniemi. In addition to these samples are taken from the waterworks of Oulu and Turku (Fig. 7.1). The samples are taken twice a year, in spring and in autumn.

Pre-treatment and analysis

A subsample is taken from the samples for tritium analysis. Known amounts of Sr and Cs carriers are added to the rest of the samples, and they are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporation and by ashing the dry residues. Gamma-emitting radionuclides are analysed with gamma spectrometers on the ashed samples. Strontium is separated by an extraction chromatographic method and ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer. The samples for tritium analyses are distilled until dryness to remove impurities. ^3H is determined by measuring the distilled samples with a liquid scintillation spectrometer.

Results

Activity concentrations of ^{90}Sr and ^{137}Cs in all the samples were low in 2006, varying from 0.004 to 0.024 Bq/l (Table 7.1). In Rovaniemi the activity concentrations of both the nuclides were below the detection limit, as was also ^{137}Cs in water from Turku. The detection limits for ^{137}Cs and ^{90}Sr were 0.001 and 0.0002 Bq/l, respectively. The differences between the sites are due to the differences in deposition and the amounts of surface and ground waters used as raw water. The raw water in Tampere consists of both surface and ground water; in Helsinki, Oulu and Turku mainly of surface water. In Rovaniemi all the raw water used is ground water, which is generally well protected against fallout radioactivity. Annual mean activity concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in drinking water from Helsinki and Tampere are given in Fig. 7.2.

The activity concentrations of ^3H varied from 0.9 to 1.7 Bq/l (Table 7.1), being thus well below the limit of 100 Bq/l laid down in European Commission Regulation (EC) No. 98/83 for household water.

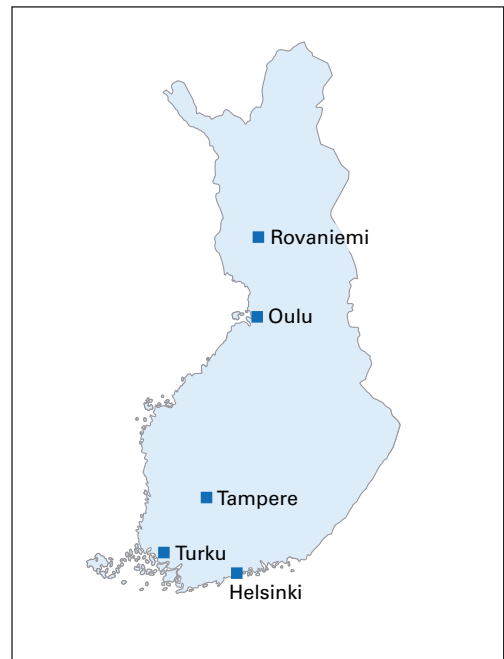
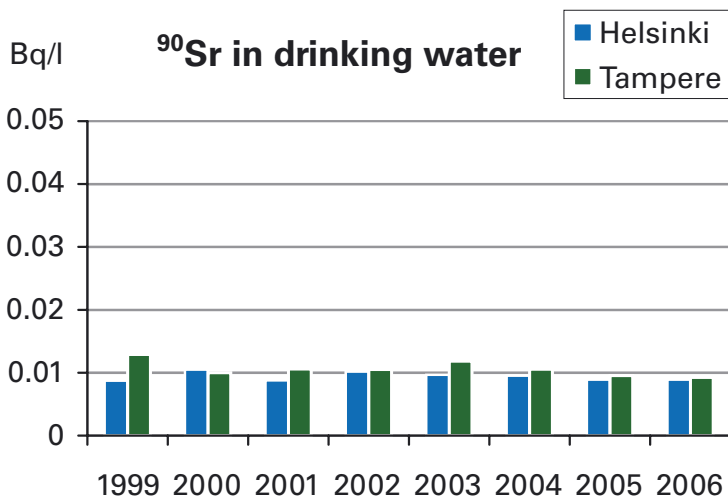
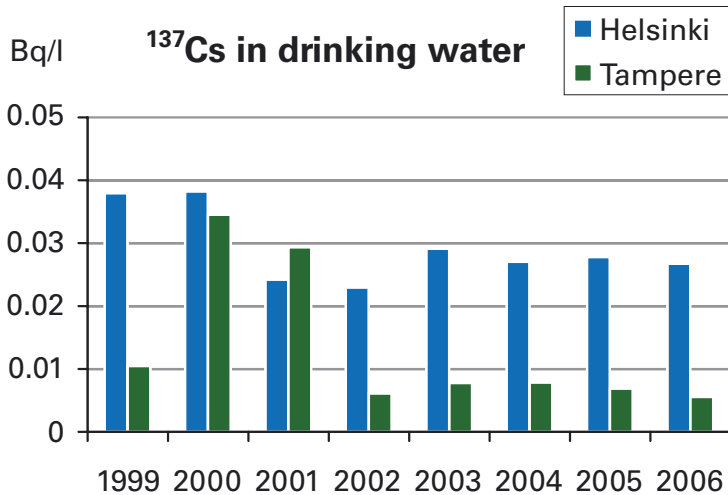
Radiation doses

Radiation doses via ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs in drinking water varied between 0.03–0.4 microSv in various places in 2006. Doses from the tap water of Helsinki and Tampere were 0.4 and 0.3 microSv and in Rovaniemi only one tenth of that. In Oulu and Turku radiation doses were about one third of that in Helsinki, but five times higher than in Rovaniemi. In Helsinki the contribution of ^3H to the dose was 4%, the rest was caused equally by ^{137}Cs and ^{90}Sr . The contribution of ^3H was highest in Rovaniemi (about 60%), and that of ^{90}Sr was highest in Turku (about 80%).

Contact person: Ritva Saxén, Radiation and Nuclear Safety Authority (ritva.saxen@stuk.fi)

Taulukko 7.1. Juomaveden ³H-, ⁹⁰Sr- ja ¹³⁷Cs-pitoisuudet (Bq/l) Helsingissä, Oulussa, Rovaniemellä, Tampereella ja Turussa.
Tabell 7.1. Halt av ³H, ⁹⁰Sr och ¹³⁷Cs i dricksvatten (Bq/l) i Helsingfors, Uleåborg, Rovaniemi, Tammerfors och Åbo.
Table 7.1. The concentrations of ³H, ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in drinking water (Bq/l) in Helsinki, Oulu, Rovaniemi, Tampere and Turku.

City	Sampling date	³ H, Bq/l	⁹⁰ Sr, Bq/l	¹³⁷ Cs, Bq/l
Helsinki	26.4.2006	1.4 ± 0.1	0.009 ± 3%	0.024 ± 3%
	17.10.2006	1.3 ± 0.1	0.008 ± 3%	0.029 ± 3%
Oulu	21.4.2006	1.5 ± 0.1	0.004 ± 3%	0.006 ± 8%
	18.10.2006	1.2 ± 0.1	0.004 ± 3%	0.004 ± 9%
Rovaniemi	2.5.2006	1.3 ± 0.1	<0.0002	<0.001
	24.10.2006	1.7 ± 0.2	<0.0002	<0.001
Tampere	26.4.2006	1.0 ± 0.1	0.01 ± 3%	0.005 ± 7%
	26.10.2006	1.4 ± 0.1	0.009 ± 3%	0.006 ± 8%
Turku	24.4.2006	0.9 ± 0.1	0.004 ± 3%	<0.001
	16.10.2006	1.6 ± 0.1	0.007 ± 5%	<0.001



Kuva 7.1. Juomaveden keräyspaikkakunnat.
Bild 7.1. Provtagningsorter för dricksvatten.
Fig. 7.1. The sampling sites for drinking water.

Kuva 7.2. ⁹⁰Sr:n ja ¹³⁷Cs:n aktiivisuuspitoisuuksiin vuosikeskiarvot (Bq/l) Helsingin ja Tampereen juomavedessä 1999–2006.
Bild 7.2. Årliga medelvärden av ⁹⁰Sr och ¹³⁷Cs-halter i dricksvatten (Bq/l) i Helsingfors och Tammerfors 1999–2006.
Fig. 7.2. Annual averages of activity concentrations of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in drinking water (Bq/l) from Helsinki and Tampere in 1999–2006

8 Maidon radioaktiiviset aineet

Maidon radioaktiivisten aineiden pitoisuuksien seuranta on tärkeää, koska ympäristössä olevat radionuklidit siirtyvät tehokkaasti rehun kautta maitoon. Meijerimaidon keruu laajoilta alueilta antaa kuvan alueen radioaktiivisuustasosta. Maito on tärkeä osa ravinnosta, joten sen kautta saatava säteilyannos suuren kulutuksen takia voi olla merkittävä. Maidon valvontaohjelman paikkakunnat on valittu siten, että ne antavat riittävän kattavan kuvan Suomessa tuotetun maidon radioaktiivisten aineiden pitoisuuksista. Valinnassa on huomioitu alueellisen kattavuuden lisäksi erilaiset tuotanto-olosuhteet, mm. maaperä ja laskeumataso. Paikkakunnat edustavat samoja alueita, joilta kerätään näytteitä muihin säteilyvalvontaohjelmiin.

Näytteenotto

Näytteenottomeijerien paikkakunnat ovat Riihimäki, Joensuu, Jyväskylä, Oulu ja Seinäjoki (kuva 8.1). Viikoittain kerättävät näytteet pakastetaan ja yhdistetään kuukausinäytteiksi analysointia varten.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteet haihdutetaan ja tuhitetaan ennen analysointia. Tuhitetuista kuukausinäytteistä määritetään ^{137}Cs gammaspektrometrillä mittauksella. ^{90}Sr -määritykset tehdään neljännesvuosittain yhdistetyistä näytteistä erottamalla strontium

ekstraktiokromatograafisella menetelmällä ja mitaamalla ^{90}Sr nestetuikespektrometrillä.

Tulokset

^{137}Cs -pitoisuudet maidossa ovat jo lähes samaa tasoa kuin ennen Tshernobylin ydinonnettomuutta. Havaitut pitoisuudet ovat alle tuhannesosan siitä toimenpidetasosta ja elintarvikekaupan raja-arvosta (1 000 Bq/l), jota sovelletaan Euroopan unionin alueella ydinonnettomuuden jälkeisessä tilanteessa (87/3954/Euratom, 89/2218/EEC).

Maidon alueelliset ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n aktiivisuus-pitoisuudet vuonna 2006 on esitetty kuukausittain kuvassa 8.1. Meijerimaidon ^{137}Cs -pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,2–1,8 Bq/l. Ne olivat korkeimmat alueilla, joille tuli eniten ^{137}Cs -laskeumaa Tshernobylin onnettomuudesta ja joilla lisäksi on maaperässä vähän cesiumia sitovaa savea. Kuvassa 8.2 on esitetty ^{137}Cs -pitoisuudet 1960-luvulta lähtien Etelä-Suomen maidossa. Näytteenottoalue on vaihdellut eri aikoina.

Maidosta aiheutuva säteilyannos oli 0,0007–0,0024 mSv vuonna 2006. Tästä säteilyannoksesta ^{90}Sr :n osuus oli runsas kymmenesosa. Arviossa on oletettu maidon kulutukseksi 140 litraa vuodessa henkilöä kohti.

Yhteyshenkilö: Eila Kostiainen, Säteilyturvakeskus (eila.kostiainen@stuk.fi)

8 Radioaktiva ämnen i mjölk

Övervakning av halten av radioaktiva ämnen i mjölk är viktig, eftersom radionuklider i miljön mycket effektivt via fodret kommer med i mjölken. Prov på mejerimjölken från många områden ger en bild av radioaktivitetsnivån på olika områden. Mjölk är en viktig del av födan, varför den stråldos som man kan få via mjölken kan bli betydande på grund av den stora konsumtionen av mjölk. Orterna för övervakning av radioaktiviteten i mjölk har valts så, att de kan ge en tillräckligt täckande bild av halterna i den finländska mjölken. Orterna valdes med beaktande av regional täckning och olika produktionsförhållanden, såsom jordmån och nedfallsnivå. Orterna representerar samma områden som man använder för provtagning i andra stråltillsynsprogram.

Provtagning

Proven tas i mejerier i Riihimäki, Joensuu, Jyväskylä, Oulu och Seinäjoki (bild 8.1). Prov tas varje vecka, fryses ner och sammanslås till ett prov för varje månad.

Hantering och analys av proven

Proven indunstas och föraskas före analysen. I de föraskade proven för varje månad bestäms ^{137}Cs med gammasppektrometer. Bestämningen av ^{90}Sr görs ur kvartalsvis sammanslagna prov ur vilka strontium avskiljs först med ekstraktionkromato-

grafi och halten av ^{90}Sr mäts med vätskescintillationspektrometer.

Resultat

^{137}Cs -halten i mjölk är nu nästan på samma nivå som före Tjernobylolyckan. Nedfallets ojämna regionala fördelning syns ännu i mjölken. De observerade halterna är mindre än en tusendel av det åtgärdsnivå och gränsvärde för handeln med livsmedel (1 000 Bq/l), som tillämpas i Europeiska unionen efter kärnolyckan (87/3954/Euratom, 89/2218/EEC).

De regionala halterna av ^{137}Cs och ^{90}Sr i mjölk under olika månader år 2006 finns i bild 8.1. ^{137}Cs -halterna var 0,2–1,8 Bq/l. De var högst på de mindre cesiumbindande lerhaltiga områden som utsattes för det största nedfallet efter olyckan i Tjernobyl. I bild 8.2 visas halterna av ^{137}Cs på 1960-talet i mjölk från södra Finland. Prov har tagits på olika områden under olika tider.

Stråldosen förorsakad av mjölk var 0,0007–0,0024 mSv år 2006. Andelen av ^{90}Sr av denna stråldos var under 20%. Konsumtion av mjölk har i uppskattningen antagits vara 140 liter per år per person.

Kontaktperson: Eila Kostiainen, Strålsäkerhetscentralen (eila.kostiainen@stuk.fi)

8 Radioactive substances in milk

For monitoring purposes, cow's milk is generally the most important foodstuff as grass is an efficient collector of atmospheric contaminants, and radionuclides are rapidly passed from grass to milk. Sampling of dairy milk provides a method of carrying out surveillance of large areas. Consumption of milk and dairy products is one of the most important pathways for uptake of radionuclides by human being. The sampling sites of milk in the monitoring programme are chosen to provide representative information about radioactivity in milk produced in Finland. In choosing the sampling sites the different production conditions (soil type, deposition) have been considered. The sampling sites represent the same areas used in sampling for other radiation monitoring programmes.

Sampling

The sampling sites are dairies in Riihimäki, Joensuu, Jyväskylä, Oulu and Seinäjoki (Fig. 8.1). The weekly samples from each sampling site are frozen, and then bulked monthly for analysis.

Pre-treatment and analysis

The samples are evaporated and ashed before analysis. ^{137}Cs is determined by gamma spectrometric measurements on the ashed samples. ^{90}Sr is determined from quarterly bulked samples by

separating strontium by an extraction chromatographic method and thereafter measuring ^{90}Sr with a liquid scintillation spectrometer.

Results

^{137}Cs contents in milk are nearly at the same level as before the deposition caused by the Chernobyl accident. The effect of the uneven distribution of the Chernobyl deposition is still seen in the results. The concentrations of ^{137}Cs observed are about one thousandth of the action level and the maximum permitted level (1 000 Bq/l) which are to be applied within the European Union after a nuclear accident (87/3954/Euratom, 89/2218/EEC).

The areal monthly concentrations of ^{137}Cs and quarterly concentrations of ^{90}Sr in milk in 2006 are given in Figure 8.1. The range of ^{137}Cs contents in milk was 0.2–1.8 Bq/l. The concentrations were highest in the areas with the highest deposition after the Chernobyl accident and with low amount of caesium binding clay in soil. The ^{137}Cs concentrations in milk in southern Finland since 1960 are given in Figure 8.2. The sampling area was not the same during all the years.

The radiation dose received through milk was 0.0007–0.0024 mSv in 2006. Less than 20% of this radiation dose was due to ^{90}Sr . The annual consumption of milk was assumed to be 140 l per capita in this dose estimate.

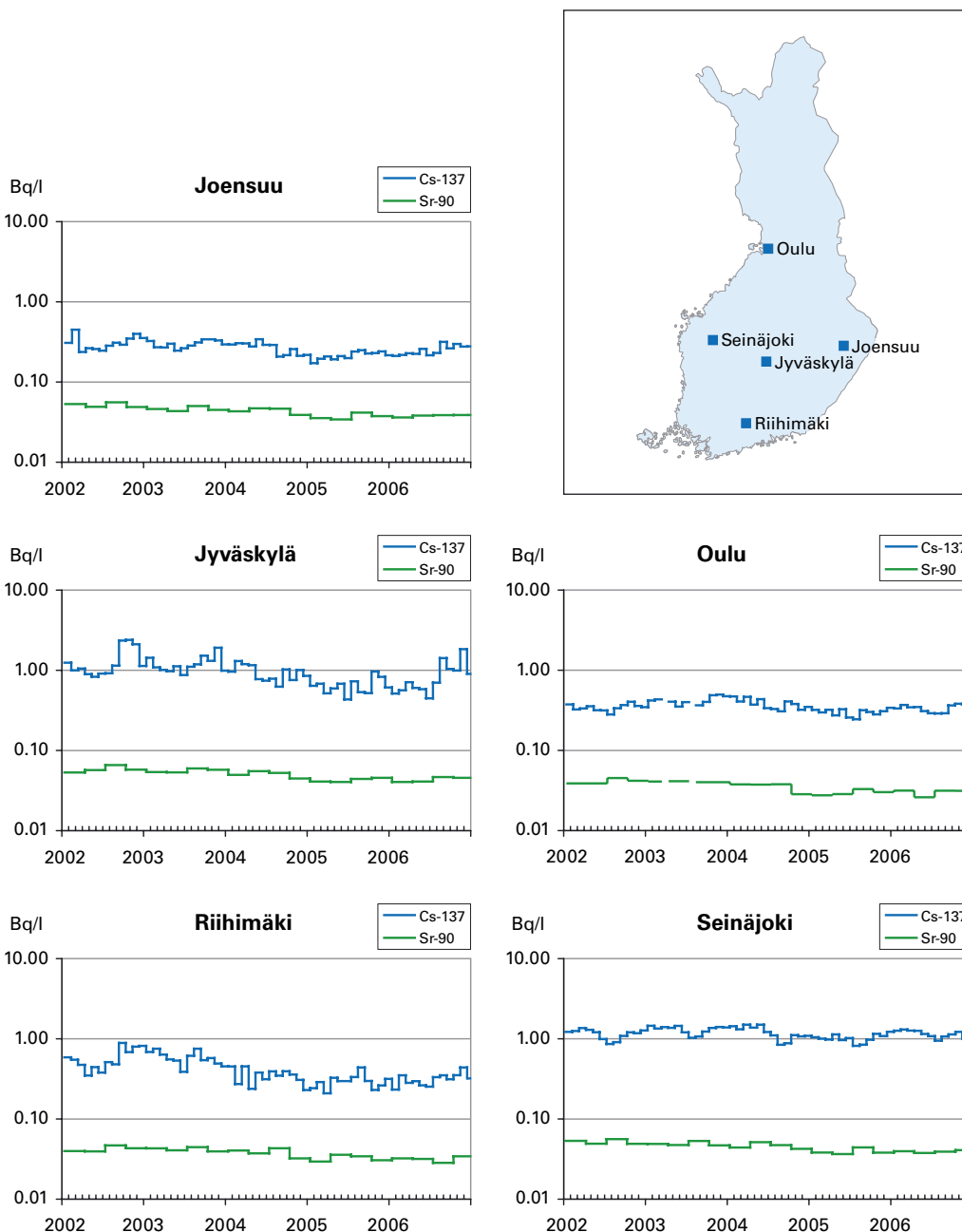
Contact person: Eila Kostiainen, Radiation and Nuclear Safety Authority (eila.kostiainen@stuk.fi)

Taulukko 8.1. ¹³⁷Cs:n ja ⁹⁰Sr:n aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) maidossa vuonna 2006, neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvot.

Tabell 8.1. ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-halter (Bq/l) i mjölk år 2006, kvartals- och årsmedeltal.

Table 8.1. The concentrations of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr (Bq/l) in milk in 2006, quarterly and annual means.

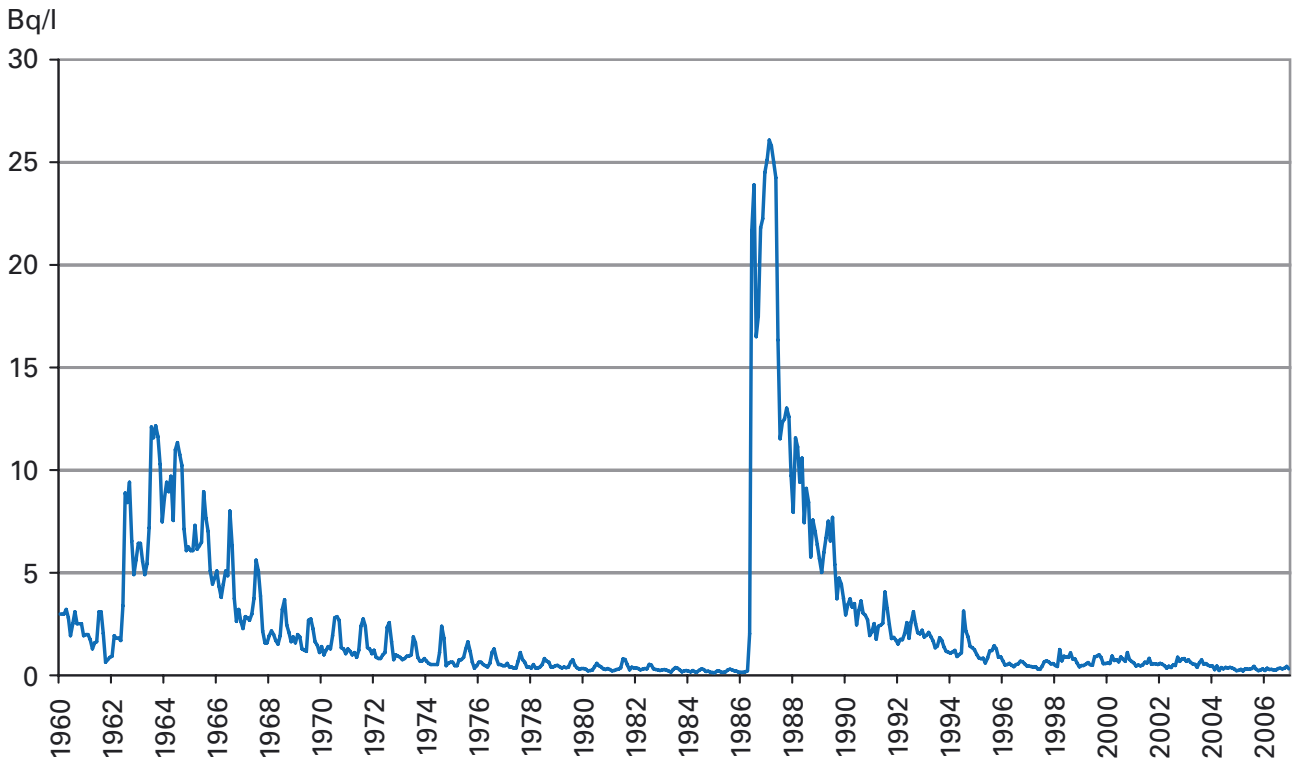
Site	1.1. – 31.3.		1.4. – 30.6.		1.7. – 30.9.		1.10. – 31.12.		1.1. – 31.12.	
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Joensuu	0.22	0.036	0.23	0.038	0.27	0.039	0.28	0.039	0.25	0.038
Jyväskylä	0.60	0.041	0.54	0.041	1.1	0.047	1.2	0.046	0.86	0.043
Riihimäki	0.29	0.032	0.27	0.032	0.33	0.028	0.37	0.034	0.31	0.032
Oulu	0.35	0.032	0.32	0.026	0.31	0.032	0.39	0.031	0.34	0.030
Seinäjoki	1.3	0.039	1.2	0.038	1.0	0.039	1.1	0.041	1.2	0.039



Kuva 8.1. Maitonäytteiden keräyspaikkakunnat ja ¹³⁷Cs:n ja ⁹⁰Sr:n aktiivisuuspitoisuuksien kuukausikeskiarvot maidossa (Bq/l) vuonna 2006.

Bild 8.1. Provtagningsorter för mjölk och månadsmedeltal av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr (Bq/l) i mjölk 2006.

Fig. 8.1. The sampling sites of milk and areal concentrations of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr (Bq/l) in milk in 2006.



Kuva 8.2. Maidon keskimääräinen ^{137}Cs -pitoisuus (Bq/l) Etelä-Suomessa tuotetussa maidossa vuodesta 1960 lähtien.

Bild 8.2. Genomsnittlig halt av ^{137}Cs i mjölk (Bq/l) producerats i södra Finland sedan 1960.

Fig. 8.2. ^{137}Cs in milk (Bq/l) in Southern Finland since 1960.



9 Elintarvikkeiden radioaktiiviset aineet

9.1 Yhden päivän ateriat

Elintarvikenäytteiden radioaktiivisuusmittausten tavoitteena on hankkia tietoa radionuklidien saannista ruoan kautta. Kun tunnetaan elintarvikkeiden sisältämien radioaktiivisten aineiden pitoisuudet ruoassa, voidaan arvioida väestön ravinnon kautta saamaa päivittäistä säteilyaltistusta. Koko vuorokauden aterioiden analysointi yksittäisten elintarvikkeiden sijasta antaa suoraan saannin, jossa on jo huomioitu ruoan valmistus- ja kulutustekijät. Näytteenoton paikkakunnat on valittu edustamaan suurimpia asutuskeskuksia sekä alueita, jotka ovat mukana muissa valvontaohjelmissa. Paikkakunnat ovat Etelä-, Keski- ja Pohjois-Suomessa, jolloin elintarvikkeiden käytön alueelliset erot tulevat huomioonotetuiksi.

Tämä valvontaohjelma antaa kuvan suurkeittiöiden ravinnon radioaktiivisuustasosta. Runsaasti luonnontuotteita (sieniä, metsämarjoja, riistaa, järvikalaa) sisältävässä ravinnossa voi olla huomattavasti enemmän radioaktiivisia aineita. Eri elintarvikkeiden ^{137}Cs -pitoisuuksista yksityiskohtaisempaa tietoa on löydettävissä Säteilyturvakeskuksen verkkosivuilta osoitteesta www.stuk.fi.

Näytteenotto

Näytteet kerätään kahdesti vuodessa kolmelta paikkakunnalta (kuva 9.1). Näytteenoton ajankohdat ovat huhtikuu ja lokakuu, jolloin syksyn näytteenotossa ovat mukana uuden sadon tuotteet. Näytteenottopaikkoina ovat sairaaloiden suurkeittiöt. Näytteet sisältävät vuorokauden kaikki ateriat mukaan lukien leivät ja juomat. Ateriat on

suunniteltu siten, että vuorokauden energiasisältö on n. 8 400–9 200 kJ.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Vuorokauden kaikki ateriat yhdistetään yhdeksi näytteeksi, juomat ja ruoka erikseen. Kiinteät ruokanäytteet kuivataan, homogenisoidaan ja poltetaan tuhkaksi. Juomat haihdutetaan lämpölamppujen alla ja tuhitetaan. ^{137}Cs määritetään gammaspektrometrillä mittauksella tuhitetuista ruoka- ja juomanäytteistä. Strontium erotetaan näytteistä ekstraktiokromatograafisella menetelmällä, minkä jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrillä.

Tulokset

Päivittäisen ravinnon ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -pitoisuudet ovat pieniä, koska ruoan raaka-aineena käytetyt maataloustuotteet ovat lähes puhtaita radioaktiivisista aineista. Vaihtelut tuloksissa johtuvat lähinnä näytteenottopäivän dieetin ja ruoan alueellisen alkuperän vaihteluista. Vuonna 2006 ^{137}Cs -pitoisuudet ruoassa olivat 0,1–0,3 Bq/kg ja juomissa 0,1–0,6 Bq/l. Päivittäinen cesiumin saanti ruoan kautta vaihteli välillä 0,2–0,5 Bq/d ja juomien kautta 0,1–0,6 Bq/d. ^{137}Cs -määritysten mittausvirhe oli 3–8 % ja ^{90}Sr -määritysten virhe noin 5 %. Aluekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 9.1.

Suurkeittiöiden ruokaa käyttävien ruoasta sama säteilyannos oli 2006 alle 0,01 mSv, josta ^{137}Cs :sta aiheutuva osuus oli runsaat 70 %. Runsaasti luonnontuotteita käyttävän henkilön saama säteilyannos voi olla 10-kertainen tähän verrattuna.

9.2 Kaupan elintarvikkeet

Markkinoilla olevien elintarvikkeiden ^{137}Cs -pitoisuuksien selvittämiseksi hankittiin syksyllä 2006 näytteitä elintarvikeliikkeistä samoilta paikkakunnilta kuin vuorokausiruokanäytteet. Hankintapaikkakunnat olivat Helsinki, Tampere ja Rovaniemi. Näytteiksi valittiin sekä päivittäin käytettäviä elintarvikkeita että luonnontuotteita, joiden tiedetään sisältävän enemmän radioaktiivista cesiumia. Näiden mittausten tulokset on esitetty taulukossa 9.2. Eri elintarvikkeiden ^{137}Cs -pitoisuudet vastaavat ruokanäytteiden mitaustuloksia, kun otetaan huomioon ruoanvalmistuksessa tapahtuva cesiumpitoisuuksien pieneneminen ja luonnontuotteiden vähäinen osuus suurkeittiöiden ruoassa. Mitatuista sieninäytteistä muutamien sienien (kangastatti, suppilovahvero, isohapero) ^{137}Cs -pitoisuudet ylittivät raja-arvon 600 Bq/kg, jota suositellaan noudatettavaksi, kun saatetaan markkinoille luonnonvaraista riistaa, metsämarjoja ja -sieniä sekä järvikaloja (EU-suositus 2003/274/Euratom). Tuoreita, kuivattuja tai suolattuja sieniä liottamalla tai kiehattamalla ennen ruuaksi valmistamista voidaan poistaa pääosa niiden sisältämästä radioaktiivisesta cesiumista. Lisätietoa käsittelymenetelmistä cesiumin vähentämiseksi sienistä on löydettävissä Säteilyturvakeskuksen verkkosivuilta osoitteesta www.stuk.fi.

Yhteyshenkilö: Eila Kostiainen, Säteilyturvakeskus
(eila.kostiainen@stuk.fi)

9 Radioaktiva ämnen i livsmedel

9.1 En dags föda

Målet för radioaktivitetsmätningar i livsmedel är att erhålla uppgifter om intaget av radionuklider via födan. När man känner halterna av radioaktiva ämnen i livsmedel, kan man beräkna den dagliga stråldos som befolkningen får via födan. Analys av måltider under ett helt dygn istället för analys av enstaka livsmedel ger direkt intaget, och faktorer som beror av tillagningen och konsumtionen blir därmed beaktade. Orterna för provtagning har valts så att de representerar stora bostadscentra samt områden, som ingår i tillsynsprogrammen. Orterna finns i södra, mellersta och norra Finland, och regionala skillnader i användningen av livsmedel kan därmed beaktas.

Detta tillsynsprogram ger en bild av radioaktivitetsnivån i födan i storkök. Föda som innehåller rikligt med naturprodukter (svampar, skogsbär, viltbråd, insjöfisk) kan innehålla betydligt större mängder radioaktiva ämnen. Information om ^{137}Cs i olika livsmedel kan hittas på Strålsäkerhetscentralens hemsidor: www.stuk.fi.

Provtagning

Proven tas två gånger årligen på tre orter (bild 9.1). Tidpunkterna för provtagningen är april och oktober, varvid provtagningen på hösten innefattar den senaste skörden. Proven tas i sjukhusens storkök. De innehåller alla måltider under dygnet, in-

klusive bröd och drycker. Måltiderna har planerats att ge ca 8 400–9 200 kJ per dygn.

Hantering och analys av proven

Alla måltider under dygnet sammanslås till ett enda prov, drycker och mat skilt för sig. De fasta proven på mat torkas, homogeniseras och bränns till aska. Dryckerna indunstas under värmelampor och föraskas. ^{137}Cs bestäms med gammaspektrometri ur de föraskade proven på mat och dryck. Strontium avskiljs ur provet med en ekstraktionskromatografisk metod, varefter halten av ^{90}Sr mäts med vätske-scintillospektrometer.

Resultat

Halterna av ^{137}Cs och ^{90}Sr är små, eftersom de lantbruksprodukter som användes som ingredienser är nästan fria från radioaktivitet. Små variationer i mätresultaten beror närmast på variationer i provtagningsdagens matsedel och regionalt ursprung av ingredienser. År 2006 ^{137}Cs -halterna i maten var 0,1–0,3 Bq/kg och i dryckerna 0,1–0,6 Bq/l. Det dagliga intaget av cesium i maten varierade mellan 0,2–0,5 Bq/d och i dryckerna 0,1–0,6 Bq/d. Mätfelet i bestämningarna av ^{137}Cs var 3–8% och vid bestämningarna av ^{90}Sr var felet 5%. De regionala mätresultaten finns i tabell 9.1.

Stråldosen av människor som använder födan från storkök var år 2006 under 0,01 mSv, varav an-

delen förorsakade av ^{137}Cs var över 70%. Stråldosen av människor som använder rikligt med naturprodukter kan vara tiofaldig.

9.2 Livsmedel i butiker

Under hösten 2006 genomfördes en undersökning för att uppskatta halten av ^{137}Cs i matvaror köpta i butiker på samma orter som proven på maten i storkök. Orterna var Helsingfors, Tammerfors och Rovaniemi, som ligger i olika delar av landet. Proverna valdes för att representera både matvaror som konsumeras dagligen och naturprodukter som man vet innehåller radiocesium. I tabell 9.2. anges halten av ^{137}Cs i proverna. Halten av ^{137}Cs i olika matvaror motsvarar halten i måltider om man beaktar minskningen av ^{137}Cs -halten under matlagningen och den ringa andelen av naturprodukter i maten i storkök. I de proven översteg halten av ^{137}Cs i några svampar (trattkantarell, sandsopp, storkremla) gränsvärdet 600 Bq/kg, som rekommenderas att tillämpas på ^{137}Cs i vilt, vilda bär, vilda svampar och sötvattenfisk som säljs på marknaden (EU-rekommendation 2003/274/Euratom). Genom att laka eller koka färska, saltade eller torkade svampar före matlagning kan största delen av cesiumet avlägsnas. Mera information om sänkning av ^{137}Cs -halten i svampar kan hittas på Strålsäkerhetscentralens hemsidor i adressen: www.stuk.fi.

Kontaktperson: Eila Kostiainen, Strålsäkerhetscentralen (eila.kostiainen@stuk.fi)

9 Radioactive substances in foodstuffs

9.1 One day diet

The main focus of the foodstuffs monitoring program is to obtain information about the intake of radionuclides through ingestion for the purpose of estimating internal doses. An analysis of the whole mixed diet samples rather than the main components of diet gives the intake, where the consumption and food processing are already included. The sampling sites were chosen to represent large population centres and the same areas used in other radiation monitoring programmes. The sites are situated in southern, central and northern Finland in order to consider the areal differences in the composition of diets.

This monitoring programme typifies the food prepared in institutional kitchens, and the level of radioactivity it contains. In the food containing a lot of natural products (mushrooms, wild berries, game, freshwater fish) the radioactivity concentrations may be remarkably higher. More information on ^{137}Cs concentrations in various foodstuffs is available at the STUK's home pages www.stuk.fi.

Sampling

The diet samples are collected twice a year at three sites, Helsinki, Tampere and Rovaniemi (Fig. 9.1). The sampling times are April and October, so that the products of the new crop are included in the autumn sampling. The sampling sites are the institutional kitchens of large hospitals. All meals with bread and drinks consumed during one day

are included in the samples. The meals are planned so that the energy content in the daily diet is about 8 400–9 200 kJ.

Pre-treatment and analysis

All the meals on the sampling day are bulked together before the analyses are made. The solid food samples are dried, homogenised and ashed. The drink samples are evaporated under infra-red thermal lamps and ashed. ^{137}Cs is determined by gamma spectrometric measurement from the ashed food and drink samples. Strontium is separated by an extraction chromatographic method, and ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

Results

The concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the daily diet are low, because the agricultural products used as raw material are nearly free of artificial radionuclides. The fluctuations in the results are mostly due to variations in the diets of the sampling day and regional raw materials. The concentrations of ^{137}Cs in the solid food in 2006 ranged from 0.1–0.3 Bq/kg, and in the drinks from 0.1–0.6 Bq/l. The daily intakes of ^{137}Cs via food ranged from 0.2–0.5 Bq/d, and via drinks from 0.1–0.6 Bq/d. The measurement uncertainty for ^{137}Cs was 3–8% and for ^{90}Sr 5%. The areal results are given in Table 9.1.

The average internal radiation dose received through food from institutional kitchens in 2006 is less than 0.01 mSv, more than 70% of which is

due to ^{137}Cs . People consuming large amounts of natural products may receive ten times higher radiation doses.

9.2 Foodstuffs on the market

Information on ^{137}Cs concentrations in various foods was gained by sampling foods obtained from food shops during autumn 2006. Food samples were taken at sites where diet samples are collected annually. The sites were Helsinki, Tampere and Rovaniemi, located in different parts of the country. The food samples were chosen to represent both daily consumed foods and wild foods which are known to be high in radiocesium. The results of the ^{137}Cs analyses of these samples are given in Table 9.2. The ^{137}Cs contents in foods approximate to the results from the diet samples considering the reduction of radiocesium in cooking, and the minor proportion of wild foods in diets of institutional kitchens.

In the analysed samples, the ^{137}Cs contents in certain mushrooms (*Cantharellus tubaeformis*, *Suillus variegatus*, *Russula paludosa*) were higher than the maximum permitted level, 600 Bq/kg, recommended to be respected when placing wild game, wild berries, wild mushrooms and lake fish on the market (Commission recommendation 2003/274/Euratom). Soaking, parboiling or cooking removes up to 80–90 per cent of ^{137}Cs contents in fresh, dried or salted mushrooms. More information on reduction of ^{137}Cs in mushrooms is available at the STUK's home pages www.stuk.fi.

Contact person: Eila Kostiainen, Radiation and Nuclear Safety Authority (eila.kostiainen@stuk.fi)

Taulukko 9.1. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n päivittäinen saanti ruoasta vuonna 2006.

Tabell 9.1. Daglig tillförsel av ^{137}Cs och ^{90}Sr i maten år 2006.

Table 9.1. The daily intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr via ingestion in 2006.

Site	Sampling date	^{137}Cs (Bq/d) meal	^{137}Cs (Bq/d) drinks	^{90}Sr (Bq/d) meal	^{90}Sr (Bq/d) drinks
Helsinki	11.4.2006	0.17	0.61	0.14	0.012
	12.10.2006	0.25	0.07	0.063	0.033
Rovaniemi	5.5.2006	0.37	0.29	0.095	0.017
	24.10.2006	0.48	0.16	0.046	0.018
Tampere	26.4.2006	0.33	0.34	0.12	0.013
	26.10.2006	0.25	0.36	0.074	0.024

Taulukko 9.2. ^{137}Cs -pitoisuudet (Bq/kg) elintarvikeliikkeistä hankituissa näytteissä vuonna 2006.

Tabell 9.2. ^{137}Cs i prov som köpts i livsmedelsbutiker år 2006.

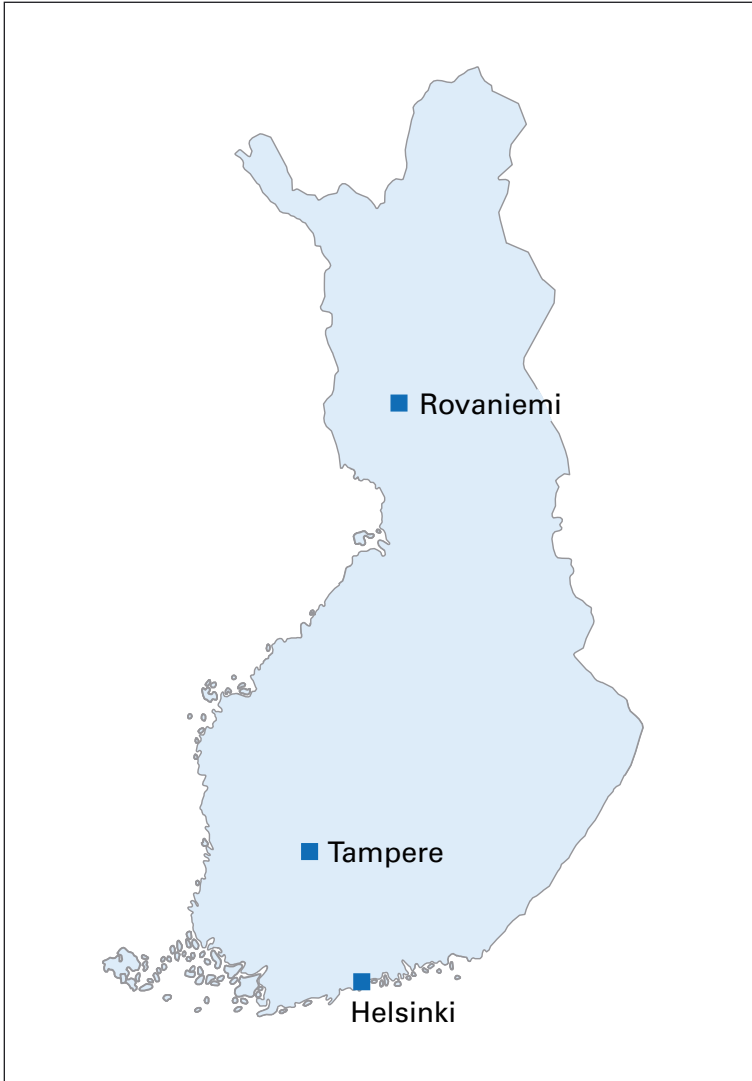
Table 9.2. ^{137}Cs in the samples purchased from food shops in 2006.

Elintarvike	Livsmedel	Foodstuff	^{137}Cs , Bq/kg (number of samples)					
			Helsinki		Tampere		Rovaniemi	
sianliha	svinkött	pork	0.5–1.1	(2)	0.6–0.7	(3)	–	
naudanliha	nötkött	beef	1.5–5.0	(2)	<0.7–13	(5)	0.2–0.5	(2)
lampaanliha	fårkött	mutton	–		–		10–15	(2)
peruna	potatis	potato	<0.4	(2)	<0.1–0.5	(4)	<0.1	(5)
kasvikset	grönsaker	vegetables	<0.1–4.4	(8)	<0.1–2.1	(16)	<0.1–7.7	(8)
poronliha	renkött	reindeer meat	–		–		87–230	(7)
hirvenliha	älgkött	venison	30	(1)	11–210	(2)	7.8–10	(3)
sienet	svampar	mushrooms	1.3–1980	(16)	–		8.1–710	(3)
säilötyt sienet ¹	konserverade svampar ²	conserved mushrooms ³	<1–250	(6)	–		–	
metsämarjat	skogsbär	wild berries	5.1–31	(7)	5.1–400	(8)	3.0–87	(9)
järvikala	insjöfisk	freshwater fish	2.6–8.3	(3)	16–33	(2)	2.6–16	(8)
murtovesi- ja merikala	brack- och havs fisk	brackish water and marine fish	4.9–21	(5)	16–37	(3)	0.2–20	(5)
kasvatettu kala (meri- ja sisä- vesiallas)	odlad fisk (havs- och insjöbassäng)	farmed fish (sea and freshwater basin)	0.3–0.5	(2)	0.8–1.2	(2)	0.6	(1)

¹ suolasienet, pakastetut tai etikkasäilykkeet

² saltade, inlagda eller djupfrysta

³ salted, pickled or frozen



Kuva 9.1. Elintarvikkeiden keräyspaikkakunnat.
Bild 9.1. Provtagningsorter för födoämnen.
Fig. 9.1. The sampling sites for diet samples.

10 Radioaktiiviset aineet ihmisessä

Ihminen voi saada radioaktiivisia aineita elimistönsä hengittämällä tai ravinnon mukana. Nämä aineet ovat joko luonnollista alkuperää tai keinotekoisesti synnetyt. Näistä gammasäteilyä lähettäviä aineita voidaan mitata suoraan ihmisen kehosta. Mittaukset tehdään ns. kokokehomittauslaitteistoilla. Säteilyturvakeskuksessa on kaksi tällaista laitteistoa, toinen kiinteästi asennettu laboratorioon Helsingissä ja toinen liikkuva. Kiinteästi asennettu mittauslaitteisto otettiin käyttöön vuonna 1965 ja liikkuva systeemi kymmenen vuotta myöhemmin.

Mittaukset

Laboratoriossa oleva mittauslaitteisto on sijoitettu 80 tonnia painavaan rautahuoneeseen. Paksujen rautaseinien tarkoituksena on vaimentaa ympäristöstä tulevaa taustasäteilyä. Keveämpi, noin 2,5 tonnia painava malli on asennettu kuorma-autoon, kuva 10.1. Liikkuvalla systeemillä voidaan mittauksia tehdä myös Helsingin ulkopuolella. Mittauslaitteistoon kuuluu mittaustuoli, johon mitattava henkilö asettuu ja sen yläpuolella oleva gammasäteilyä havaitseva ilmaisim. Mitattava aktiivisuusmäärä on yleensä pieni ja siksi ympäristöstä tulevan häiritsevän taustasäteilyn vaimentamiseksi tuoli on tehty lyijystä ja säteilyilmaisim ympäröity lyijyvaipalla.

Kokokehomittauksessa ihmiseen ei kohdistu säteilyä. Mittaus perustuu kehossa olevien radioaktiivisten aineiden hajotessaan lähettämään

gammasäteilyn havaitsemiseen. Tällä hetkellä tärkein ravinnon mukana ihmiseen kulkeutuvista keinotekoisista radioaktiivisista aineista on ¹³⁷Cs.

Mitattavat ihmisryhmät

Suomessa on vuodesta 1965 lähtien seurattu helsinkiläistä vertailuryhmää. Vuodesta 2001 on tämän ryhmän sekä Helsingistä ja Rovaniemeltä kouluympäristöstä valittujen ryhmien lisäksi mitattu myös vastaava ryhmä Tampereelta. Näistä mittauksista saatujen tulosten perusteella arvioidaan suomalaisten keskimäärin saama säteilyannos keinotekoisista radioaktiivisista aineista. Tampere edustaa Suomessa Tshernobylin onnettomuuden aiheuttaman korkeimman laskeuman aluetta.

Helsingin ja Rovaniemen ryhmiin kuuluu henkilöitä kahdesta eri koulusta sekä oppilaita että opettajia täydennettyinä Säteilyturvakeskuksen henkilökuntaan kuuluvilla. Tamperelaisen koulun ryhmässä on oppilaita ja opettajia. Koulut on valittu siksi, että samassa mittauspaikassa on eriikäisiä henkilöitä. Henkilöiden valinta perustuu vapaaehtoisuuteen. Mitattavilta kysytään lyhyesti ruokavaliosta ja tiettyjen runsaasti radiocesiumia sisältävien elintarvikkeiden kulutuksesta.

Tulokset

Mittaustulokset ovat kuvassa 10.2. Kuvassa oleviin tuloksiin sisältyvät vain aikuisten (yli 14-vuotiaiden) mittaustulokset. Helsingissä mitattiin

45, Rovaniemellä 37 ja Tampereella 31 henkilöä. Helsingissä suurin mitattu cesiumaktiivisuus kehossa oli 1 300 Bq ja pienin alle havaitsemisrajan 30 Bq. Vastaavat luvut olivat Rovaniemellä 1 100 Bq ja alle 50 Bq sekä Tampereella 400 Bq ja alle 50 Bq. Lapsia (alle 15-vuotiaita) ryhmissä oli niin vähän, että heidän tuloksista voidaan vain sanoa, että kehossa oleva cesiumaktiivisuus oli yleensä alle 100 Bq. Tämä sopii hyvin yhteen aikaisemmissa tutkimuksissa saatujen tulosten kanssa. Kuvasta nähdään myös kuinka mittaustulokset vuodesta toiseen vaihtelevat huomattavasti. Tämä johtuu kaupasta ostettujen ja luonnosta kerättyjen elintarvikkeiden aktiivisuuspitoisuuksien suurista eroista sekä luonnosta kerättyjen elintarvikkeiden satunnaisesta käytöstä.

Kuvassa 10.3 on esitetty keskimääräinen ^{137}Cs -aktiivisuus helsinkiläisen vertailuryhmän jäsenissä 1960-luvun puolivälistä lähtien. Kuvassa erottuvat selvästi ilmakehässä suoritettujen ydinkokeiden ja Tshernobylin ydinonnettomuuden vaikutukset kehossa olevaan cesiumaktiivisuuteen.

Kehossa olevan ^{137}Cs :n arvioitiin vuonna 2006 aiheuttaneen keskimäärin noin 0,01 mSv säteilyannoksen, eli alle prosentin suomalaisen keskimääräisestä vuosittaisesta säteilyannoksesta 4 mSv.

Yhteyshenkilö: Maarit Muikku, Säteilyturvakeskus
(maarit.muikku@stuk.fi)

10 Radioaktiva ämnen i människokroppen

Människan kan få i sig radioaktiva ämnen genom att andas in dem eller med födan. Dessa ämnen är antingen av naturligt ursprung eller konstgjorda. De ämnen som utsänder gammastrålning kan mätas direkt i människokroppen med helkroppsmätning. Strålsäkerhetscentralen har två utrustningar för detta, den ena är fast installerad i laboratoriet i Helsingfors och den andra är rörlig. Den fasta helkroppsmätaren togs i bruk år 1965 och den rörliga tio år senare.

Mätningar

Mätorterna var år 2006 Helsingfors, Tammerfors och Rovaniemi (se bild 7.1). Helkroppsmätaren i laboratoriet har placerats i ett järnrum som väger 50 ton. De tjocka järnväggarna dämpar den bakgrundsstrålning som kommer från miljön. En lättare modell, som väger ca 2,5 ton, har placerats i en lastbil, bild 10.1. Med den kan man utföra mätningar på stora avstånd från Helsingfors. Mätutrustningen består av en stol som försökspersonen placerar sig i, och en detektor som finns ovanför stolen. Den aktivitet som mäts är vanligen liten och för att den störande bakgrundsstrålningen från omgivningen skall dämpas har stolen gjorts av bly och detektorn har omgetts med ett blyskydd.

Vid helkroppsmätning utsätts försökspersonen inte för strålning. Mätningen fungerar genom att observera den gammastrålning som radioaktiva ämnen i kroppen utsänder vid sitt sönderfall. För närvarande är ^{137}Cs det viktigaste radioaktiva ämnet som människorna får via födan.

Människogrupper som mätts

I Finland har sedan år 1965 mätts en referensgrupp av helsingforsare. År 2001 mättes dessutom tre grupper från skolmiljö, en i Helsingfors, en annan i Rovaniemi och den tredje i Tammerfors. På basis av resultaten av dessa mätningar har man

beräknat den stråldos som finländarna i medeltal får från konstgjorda radioaktiva ämnen.

I grupperna ingår personer från två olika skolor kompletterade med personal från Strålsäkerhetscentralen utom i Tammerfors där endast elever och lärare från den valda skolan ingår. Skolorna har valts för att där finns personer i olika ålder. Personerna deltar frivilligt. De tillfrågas kortfattat om vilken mat de äter samt hur mycket de konsumerar av vissa livsmedel som innehåller rikligt med radiocesium.

Resultat

Resultaten finns i bild 10.2. Endast mätresultat för personer över 14 år har medtagits. I Helsingfors mättes 45 personer, i den från Rovaniemi 37 och i den från Tammerfors 31 personer. I Helsingfors var det högsta uppmätta ^{137}Cs värdet 1 300 Bq och det lägsta under detekteringsgränsen 30 Bq. I Rovaniemi var de motsvarande värdena 1 100 Bq och under 50 Bq och i Tammerfors 400 Bq och 50 Bq.

Det fanns så få barn (under 15 år) att man bara kan säga om mätresultaten för barnens del att radioaktiviteten i kroppen i allmänhet var under 100 Bq. Detta stämmer bra med resultaten från tidigare undersökningar.

Bild 10.3 visar kroppsinnehållet av ^{137}Cs som medelvärde för män och kvinnor i referensgruppen från Helsingfors mätt årligen sedan 1965. Inverkan av kärnvapenprov i atmosfären och av Tjernobyl-olyckan på cesiumaktiviteten i kroppen ses tydligt i bilden.

År 2006 uppskattades ^{137}Cs i människokroppen i medeltal förorsaka en stråldos om cirka 0,01 mSv eller mindre än 1 procent av den totala stråldosen 4 mSv, som finländarna årligen får.

Kontaktperson: Maarit Muikku, Strålsäkerhetscentralen (maarit.muikku@stuk.fi)

10 Radioactivity in man

Radioactive substances may enter the human body via breath or with foodstuffs. These substances are either of natural or of artificial origin. Radionuclides emitting gamma radiation can be measured directly from the human body. The measurements are done with a whole-body counting system. There are two such systems at STUK. One is a permanently installed system in the laboratory and the other a mobile system. The stationary system was installed in 1965 and the mobile system ten years later.

The measurements

In 2006 the measurements were done in Helsinki, Rovaniemi and Tampere (see Figure 7.1). The stationary system is installed inside a 50 ton iron room. The thick iron walls are there to reduce the environmental background radiation. The less heavy, weight about 2.5 ton, system is installed in a truck. The truck is shown in Figure 10.1. With this mobile system measurements can be done even far from Helsinki. The mobile system includes a measurement chair for the person to be measured and above that a sensitive gamma detector. The amount of radioactive substances to be measured is usually small and the chair is made of lead to reduce the disturbing background radiation from the environment

The measurement itself does not cause any additional exposure to radiation. The measurement is based on detection of radiation emitting from radioactive substances in the body. Today ^{137}Cs is the most important radionuclide transported via foodstuffs to man.

Groups of people to be measured

In Finland, a reference group from Helsinki has been monitored since 1965. The Rovaniemi group was followed since 1999 and in 2001 a group from

Tampere was added. The new group included children and teachers from a local school. In Helsinki and Rovaniemi the groups from schools and persons from STUK were measured. Schools were chosen because different age groups are easily available among schoolchildren and teachers. All persons measured were volunteers. They were interviewed for information on eating habits and consumption of certain foodstuffs known to contain rather high concentrations of ^{137}Cs . Based on the results of these measurements the mean internal radiation dose from artificial radioactive substances can be estimated.

Results

The results are presented for the adults (older than 14 years) in Helsinki, Rovaniemi and Tampere in Figure 10.2. In the Helsinki group there were 45, in the Rovaniemi group 37 and in the Tampere group 31 persons. In Helsinki the highest content was 1 300 Bq and the lowest below the detection level 30 Bq. In Rovaniemi the corresponding values were 1 100 Bq and below 50 Bq and in Tampere 400 Bq and below 50 Bq. Only a few children were measured and their body contents were usually below 100 Bq. This result is in good agreement with results from our earlier studies.

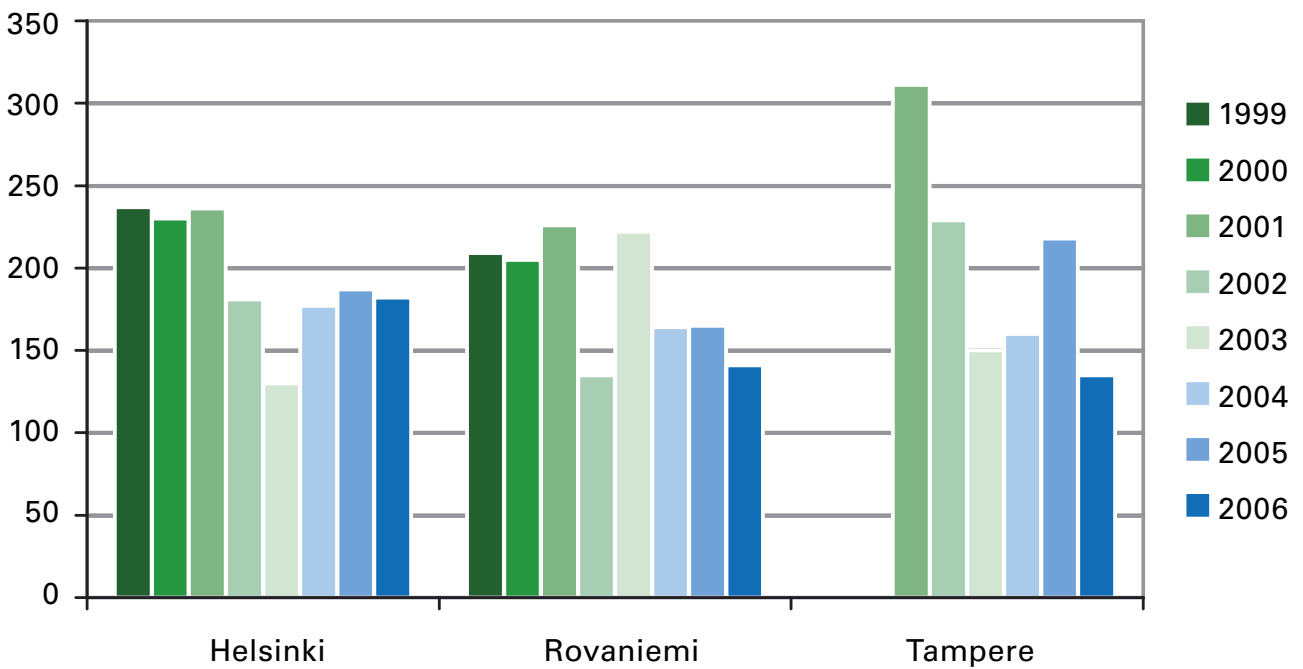
Figure 10.3 shows the mean ^{137}Cs activity in the Helsinki reference group measured since 1965. The figure shows the influence of the atmospheric nuclear weapons tests and of the Chernobyl accident on the body caesium activity.

The mean internal radiation dose from ^{137}Cs in 2006 was estimated at 0.01mSv, or less than one percent of the total mean annual radiation dose 4 mSv.

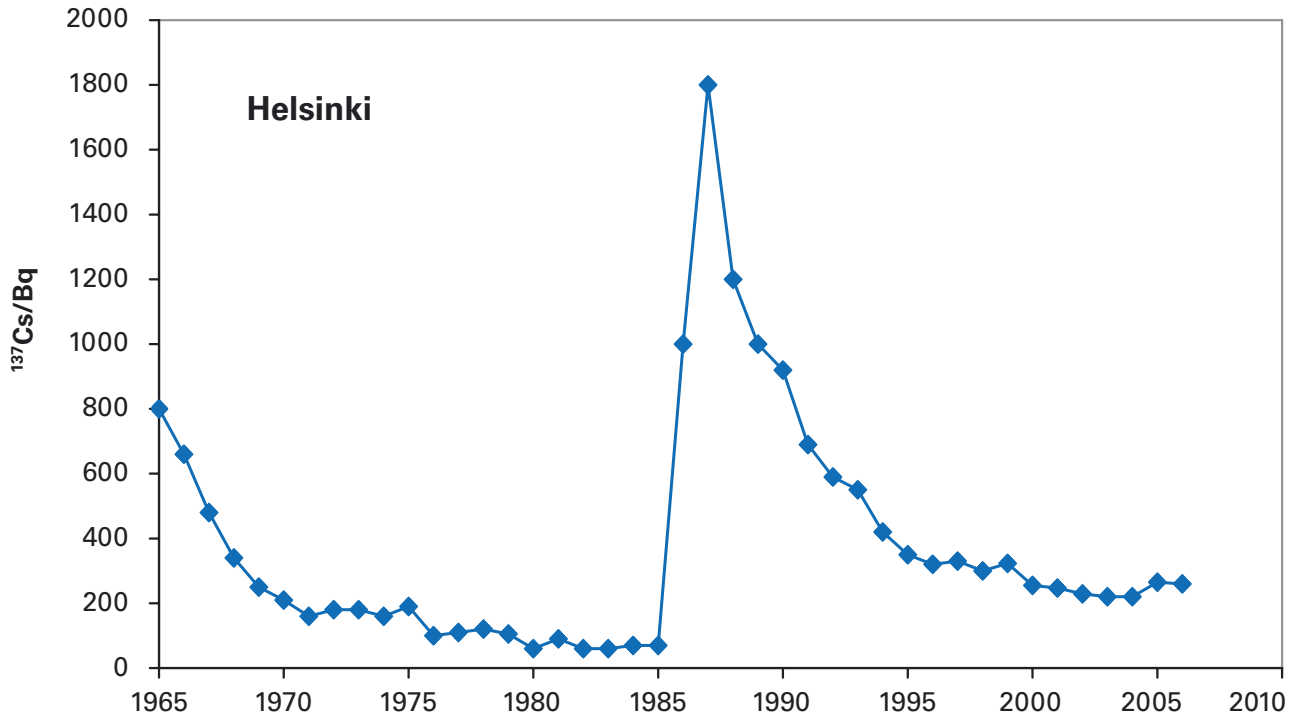
Contact person: Maarit Muikku, Radiation and Nuclear Safety Authority (maarit.muikku@stuk.fi)



Kuva 10.1. Kokokehomittauksissa käytettävä liikkuva laboratorio.
Bild 10.1. Det i helkroppsmätningar använda mobila laboratoriet.
Fig. 10.1. The mobile laboratory used in the whole-body measurements.



Kuva 10.2. Kehossa oleva keskimääräinen ^{137}Cs :n aktiivisuus. Ryhmissä on mukana kaikki yli 14-vuotiaat, jotka kävivät mittauksessa.
Bild 10.2. Kroppsinnehållet av ^{137}Cs som medelvärde för kvinnor och män. I grupperna ingår alla personer äldre än 14 år.
Fig. 10.2. The ^{137}Cs body content as mean for women and men. All persons older than 14 years are included in the groups.



Kuva 10.3. Kehossa oleva ^{137}Cs :n aktiivisuus miesten ja naisten aktiivisuuksien keskiarvona helsinkiläisessä vertailuryhmässä (mitattu vuosittain vuodesta 1965 lähtien).

Bild 10.3. Kroppsinnehållet av ^{137}Cs som medelvärde för kvinnor och män i referensgruppen från Helsingfors mätt årligen sedan 1965.

Fig. 10.3. Body content of ^{137}Cs as mean for men and women in the Helsinki reference group measured annually at STUK since 1965.

11 Radioaktiiviset aineet Itämeressä

Kaikki Itämeren maat ovat ratifioineet Helsingin sopimuksen eli Itämeren merellisen ympäristön suojelusopimuksen. Helsinki-komissio (HELCOM) koordinoi kansainvälistä yhteistyötä, joka huolehtii sopimuksen täytäntöönpanosta. Komission suosituksessa 26/3 on määritelty ohjelma, jonka avulla valvotaan radioaktiivisten aineiden esiintymistä, kulkeutumista ja määrää Itämeressä. Kaikki Itämeren rantavaltiot osallistuvat valvontaan omalla osuudellaan.

Suomen osuutena on ottaa vuosittain noin 120 näytettä Itämeren vedestä, pohjasedimenteistä, kaloista ja muista eliöistä, analysoida niissä olevat radioaktiiviset aineet ja raportoida tulokset komission tietokantaan. Säteilyturvakeskus vastaa Suomen osuudesta ohjelmassa. Tuloksista laaditaan yhteisraportteja viiden vuoden välein. Lisäksi STUK ylläpitää päästörekiisteriä, johon kaikkien Itämeren piirissä toimivien ydinvoimalaitosten, tutkimusreaktoreiden ja muiden merkittävien lähteiden radioaktiivisten aineiden päästöt raportoidaan vuosittain.

Näytteenotto

Merivesi-, pohjasedimentti-, kala- ja muiden biotäytteenotuspisteet on esitetty kuvassa 11.1. Näytteet otetaan kerran vuodessa tutkimusalue Arandalla,

sekä rannikon läheisyydessä STUKin tai paikallisten näytteenottajien toimesta.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteiden otossa, käsittelyssä ja analysoinnissa käytetään FINASin akkreditoimia menetelmiä (FINAS T167).

Tulokset

Itämeri on ollut intensiivisen radioekologisen tutkimuksen kohteena jo 1950-luvun lopulta alkaen. Tshernobylin ydinvoimalaitoksessa 1986 tapahtunut onnettomuus lisäsi edelleen siihen kohdistunutta radioekologista mielenkiintoa, sillä Itämeri oli kaikkein eniten laskeumaa saanut merialue maapallolla. Tshernobylin laskeuma jakautui hyvin epätasaisesti Itämeren valuma-alueelle; eniten laskeumaa kertyi Selkämeren ja itäisen Suomenlahden alueille. Vuosien kuluessa Tshernobylin cesiumin levinneisyyskuva on jonkin verran muuttunut jokin tuoman cesiumin, vesimassojen sekoittumisen, merivirtojen ja sedimentoitumisen vaikutuksesta. Cesiumia on kulkeutunut virtausten mukana Suomenlahdelta ja Pohjanlahdelta varsinaiselle Itämerelle, ja edelleen Tanskan salmien kautta Pohjanmerelle. Esteettömämmästä vedenvaihdosta johtuen Suomenlahti on puhdistunut cesiumista paljon nopeammin kuin Pohjanlahti.

Vuonna 2006 pinnan läheisen vesikerroksen ^{137}Cs -pitoisuudet olivat Selkämerellä 45–49 becquerelliä kuutiometrissä vettä (Bq m^{-3}), varsinaisella Itämerellä 47–49 Bq m^{-3} , Perämerellä 37–39 Bq m^{-3} ja Suomenlahdella 22–42 Bq m^{-3} . Pohjasedimenteissä ^{137}Cs :n kokonaismäärät olivat itäisen Suomenlahden ja Selkämeren havaintopaikoissa n. 36 000 ja 30 000 becquerelliä neliömetrillä (Bq m^{-2}), ja 900–6 000 Bq m^{-2} muissa Itämeren havaintopaikoissa. Suurimmat Itämeren sedimenteissä mitatut cesiumin kokonaismäärät olivat 1990-luvun lopulla noin 125 000 Bq m^{-2} . Tällöin Itämeren pohjaan arvioitiin olevan varastoituneena n. $2,14 \times 10^{15}$ $\text{Bq }^{137}\text{Cs}$:a.

Uusimmassa, vuonna 2006 valmistuneessa tutkimuksessa kokonaismääräksi arvioitiin $2,1\text{--}2,4 \times 10^{15}$ Bq , ja noin 73 % tästä oli sitoutuneena Selkämeren pohjasedimentteihin (kuva 11.2). Korkeimmat Itämeren kaloissa Tshernobylin onnettomuuden jälkeen havaitut ^{137}Cs -pitoisuudet olivat Merenkurkusta (Vaasa) vuonna 1990 pyydetyissä hauissa noin 300 Bq kg^{-1} . Vuonna 2006 cesiumin pitoisuudet olivat Suomen rannikoilta pyydetyissä hauissa $12\text{--}25 \text{ Bq kg}^{-1}$ ja silakoissa $5\text{--}10 \text{ Bq kg}^{-1}$.

Itämeren kaloista suomalaisille aiheutuneen sisäisen säteilyannoksen arvioitiin olleen 0,002 millisieverttiä (mSv) vuonna 2006.

Yhteyshenkilö: Erkki Ilus, Säteilyturvakeskus
(erkki.ilus@stuk.fi)

11 Radioaktiva ämnen i Östersjön

Alla Östersjöländer har ratificerat Östersjökonventionen, Konventionen om skydd av Östersjöområdets marina miljö. Helsingforskommissionen (HELCOM) koordinerar det internationella samarbetet, som sörjer för konventionens genomförande. HELCOMs rekommendation 26/3 definierar programmet för övervakning av förekomst, transport och mängder av radioaktiva ämnen i Östersjön. Alla Östersjöländer deltar i övervakningen med egna nationella program.

Finlands andel innebär ca 120 prov på havsvatten, bottensediment, fisk och annan biota, analysering av radioaktiva ämnen i dem och rapportering av resultaten till HELCOMs databas. STUK är ansvarigt för Finlands andel i programmet. Resultaten publiceras i gemensamma rapporter vart femte år. Därtill upprätthåller STUK ett utsläppsregister, i vilket parterna rapporterar årliga utsläppsdata från alla de kärnanstalter som är i drift i Östersjöområdet.

Provtagning

Provtagningsplatserna för havsvatten, bottensediment, fisk och annan biota presenteras i bild 11.1. Prov tas årligen av det finska forskningsfartyget Aranda eller i kustområdena av STUKs personal eller andra lokala provtagare.

Hantering och analys av proven

Provtagnings-, förbehandlings- och analysmetoderna har ackrediterats av FINAS (Ackrediterat testlaboratorium T167).

Resultat

Sedan 1950-talet har Östersjön varit föremål för intensiva radioekologiska undersökningar. Olyckan i Tjernobyl år 1986 ökade vidare dess radioekologiska intresse, då Östersjön var det marina område som var mest påverkat av Tjernobylnedfallet.

Nedfallet blev mycket ojämnt dispergerat i avrinningsområdet till Östersjön; områdena kring Bottenhavet och östra Finska viken mottog mest nedfall. Under årens lopp har spridningsbilden av Tjernobylcesium något förändrats som följd av älvutsläpp, blandning av vattenmassorna, havsströmmar och sedimentationsprocesser. Cesium har transporterats med havsströmmarna från Finska viken och Bottenhavet till den egentliga Östersjön och vidare ut från Östersjön genom de danska sunden. Tack vare det mera ohindrade bytet av vatten, har Finska viken blivit ren från cesium mycket snabbare än Bottenhavet.

År 2006 var halterna av ^{137}Cs i ytvattnet 45–49 becquerel per kubikmeter (Bq m^{-3}) i Bottenhavet, 47–49 Bq m^{-3} i den egentliga Östersjön, 37–39 Bq m^{-3} i Bottenviken och 22–42 Bq m^{-3} i Finska viken. Totalmängderna av ^{137}Cs i bottensedimenten var ca 36 000 och 30 000 becquerel per kvadratmeter (Bq m^{-2}) i provtagningsstationerna av den östra Finska viken och Bottenhavet och 900–6 000 Bq m^{-2} i de andra stationerna vid Östersjön. De största totalmängderna av ^{137}Cs mätta i Östersjöns sediment var ca 125 000 Bq m^{-2} i slutet av 1990-talet. Då uppskattades att ca $2,14 \times 10^{15}$ Bq av ^{137}Cs hade lagrats i Östersjöns botten. I den nyaste undersökningen, som utfördes år 2006, uppskattades att totalmängden var $2,1\text{--}2,4 \times 10^{15}$ Bq, och ca 73% av denna var bunden i Bottenhavets sediment (bild 11.2). De högsta ^{137}Cs -halterna som mättes i Östersjöfiskar efter Tjernobylnedfallet var 300 Bq kg^{-1} i gäddor från Kvarken (Vasa) år 1990. År 2006 var cesiumhalterna i gäddorna och strömmingarna 12–25 Bq kg^{-1} och 5–10 Bq kg^{-1} vid den Finska kusten. Den interna stråldosen från Östersjöfiskarna till finnarna bedömdes till 0,002 mSv år 2006.

Kontaktperson: Erkki Ilus, Strålsäkerhetscentralen (erkki.ilus@stuk.fi)

11 Radioactive substances in the Baltic Sea

All the Baltic Sea countries have ratified the Helsinki Convention, the Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area. The Helsinki Commission (HELCOM) co-ordinates the international co-operation focusing on the implementation of the Convention. Recommendation 26/3 of the HELCOM defines the programme for monitoring the occurrence, transport and amounts of radionuclides in the Baltic Sea. All the Baltic Sea countries contribute to the monitoring with their own national programmes. The Finnish contribution consists of about 120 annual samples from seawater, bottom sediments, fish and other biota, analysis of radioactive substances and reporting of the results to the HELCOM database. STUK is responsible for the Finnish part of the programme. The results are published in Joint Reports every five years. In addition, STUK maintains a Discharge Register, to which the Contracting Parties report annually discharge data from all nuclear facilities operating in the Baltic Sea area.

Sampling

The sampling stations or areas for seawater, bottom sediments, fish and other biota are shown in Fig. 11.1. The samples are taken annually on board of the Finnish Research Vessel Aranda or in the coastal areas by the staff of STUK or other local people.

Pre-treatment and analysis

The methods used in sampling, pre-treatment and analysis are accredited by FINAS (Accredited testing laboratory T167).

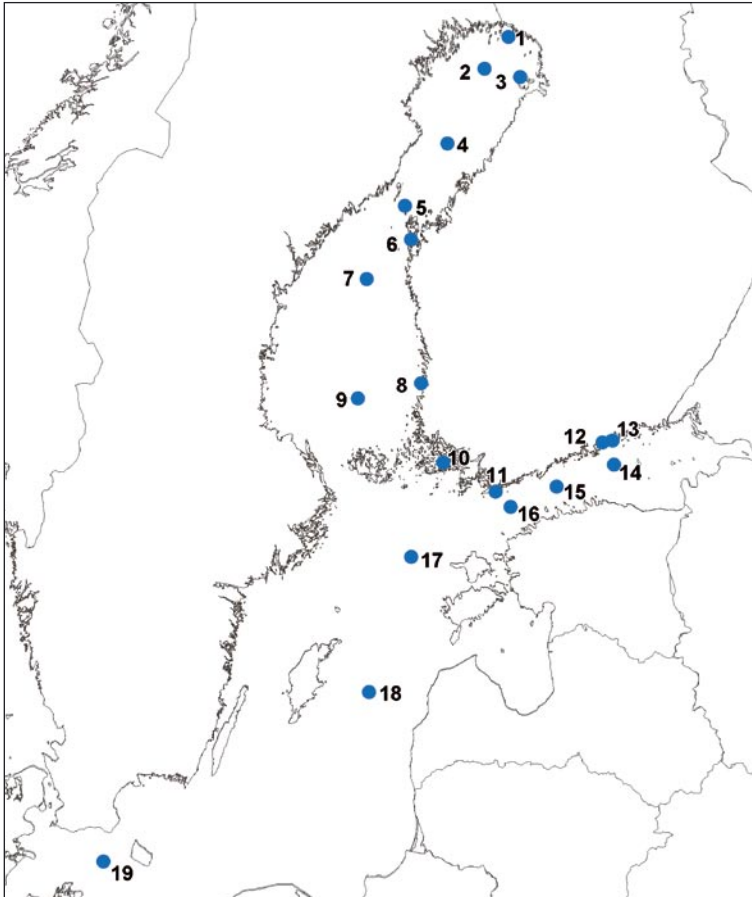
Results

Since the late 1950's the Baltic Sea has been an object of intensive radioecological studies. The accident at the Chernobyl NPP, in 1986, increased further its radioecological interest because the Baltic was the marine area most affected by the Chernobyl fallout. The fallout from Chernobyl was very unevenly dispersed in the drainage area of the Baltic Sea;

the areas of the Bothnian Sea and the eastern part of the Gulf of Finland received most of deposition. In the course of time the distribution pattern of the Chernobyl-derived cesium has somewhat changed as a consequence of river discharges, mixing of water masses, sea currents and sedimentation processes. Cesium has been transported by sea currents from the Gulf of Finland and the Gulf of Bothnia into the Baltic Proper and further out from the Baltic Sea through the Danish Straits. Due to the better exchange of water, the Gulf of Finland has become clean of cesium much faster than the Gulf of Bothnia.

In 2006, the ^{137}Cs concentrations of surface water were 45–49 becquerel in cubic metre (Bq m^{-3}) in the Bothnian Sea, 47–49 Bq m^{-3} in the Baltic Proper, 37–39 Bq m^{-3} in the Bothnian Bay and 22–42 Bq m^{-3} in the Gulf of Finland. The total amounts of ^{137}Cs in bottom sediments were about 35 000 and 30 000 Bq m^{-2} at the sampling stations of the eastern Gulf of Finland and the Bothnian Sea. At the other stations of the Baltic Sea the amounts of cesium were clearly smaller: 900–6 000 Bq m^{-2} . The largest total amounts of ^{137}Cs measured in the Baltic Sea sediments were about 125 000 Bq m^{-2} in the late 1990's. Then it was estimated that about 2.14×10^{15} Bq of ^{137}Cs was stored in the seabed of the Baltic Sea. According to a recent evaluation carried out in 2006, the total inventory was $2.1\text{--}2.4 \times 10^{15}$, and about 73% from this was bound in the seabed of the Bothnian Sea (Fig. 11.2). The highest activity concentration of ^{137}Cs found after the Chernobyl accident in Baltic Sea fish was 300 Bq kg^{-1} in pikes caught from the Quark (Vaasa) in 1990. In 2006, the cesium concentrations were 12–25 Bq kg^{-1} in pikes and 5–10 Bq kg^{-1} in Baltic herrings caught from the Finnish coasts. The internal radiation dose from Baltic Sea fish to Finnish people was estimated to be 0.002 mSv in 2006.

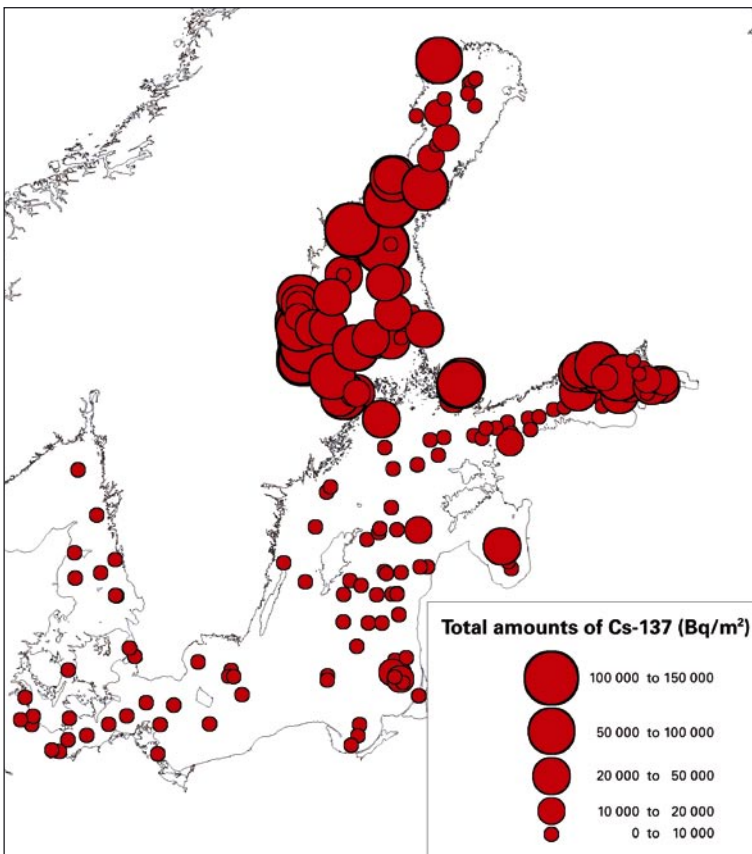
Contact person: Erkki Ilus, Radiation and Nuclear Safety Authority (erkki.ilus@stuk.fi)



Kuva 11.1. Näytteenottopisteet: merivesi (W), pohjasedimentti (S), kalat (F), muu biota (B). 1. Piste LaV 4 (W), 2. Piste CVI (W + S), 3. Hailuoto (F), 4. Piste BO 3 (W), 5. Piste F 16 (W), 6. Vaasa (F), 7. Piste US 5b (W), 8. Olkiluoto (W + B), 9. Piste EB 1 (W + S), 10. Seili (F), 11. Tvärminne (F), 12. Piste Pernaja R1 (W), 13. Loviisa (W + F + B), 14. Piste LL 3a (W + S), 15. Piste LL 7 (W), 16. Piste JML (W+S), 17. Piste LL 17 (W+S), 18. Piste BY 15 (W + S), 19. Piste BY 2 (W).

Bild 11.1. Provtagningsplatserna för havsvatten (W), botten sediment (S), fisk (F), annan biota (B). 1. Station LaV 4 (W), 2. Station CVI (W + S), 3. Hailuoto (F), 4. Station BO 3 (W), 5. Station F 16 (W), 6. Vaasa (F), 7. Station US 5b (W), 8. The Olkiluoto area (W + B), 9. Station EB 1 (W + S), 10. Seili (F), 11. Tvärminne (F), 12. Station Pernaja R1 (W), 13. Loviisa (W + F + B), 14. Station LL 3a (W + S), 15. Station LL 7 (W), 16. Station JML (W+S), 17. Station LL 17 (W+S), 18. Station BY 15 (W + S), 19. Station BY 2 (W).

Fig. 11.1. Sampling stations and areas for sea water (W), bottom sediment (S), fish (F) and other biota (B). 1. Station LaV 4 (W), 2. Station CVI (W + S), 3. Hailuoto (F), 4. Station BO 3 (W), 5. Station F 16 (W), 6. Vaasa (F), 7. Station US 5b (W), 8. The Olkiluoto area (W + B), 9. Station EB 1 (W + S), 10. Seili (F), 11. Tvärminne (F), 12. Station Pernaja R1 (W), 13. The Loviisa area (W + F + B), 14. Station LL 3a (W + S), 15. Station LL 7 (W), 16. Station JML (W+S), 17. Station LL 17 (W+S), 18. Station BY 15 (W + S), 19. Station BY 2 (W).



Kuva 11.2. ¹³⁷Cs:n kokonaismäärät (Bq m⁻²) Itämeren havaintopaikkojen pohjasedimenteissä 2000-luvun alussa.

Bild 11.2. Totalmängderna av ¹³⁷Cs (Bq m⁻²) i botten sedimenten på Östersjöns provtagningsstationer i början av 2000-talet.

Fig. 11.2. Total amounts of ¹³⁷Cs (Bq m⁻²) in bottom sediments at different sampling stations in the Baltic Sea at the beginning of the 2000's.



Kuva 11.3. Box corer -sedimentinäytteen viipalointi.
Bild 11.3. Skivning av ett Box corer sedimentprov.
Fig. 11.3. Sectioning of a Box corer sediment sample.

STUK-B-sarjan julkaisuja

STUK-B-rapporter

STUK-B reports

STUK-B 77 Mustonen R (toim.). Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2006. – Strålningsövervakning av miljön i Finland. Årsrapport 2006. – Surveillance of Environmental Radiation in Finland. Annual Report 2006.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

STUK-B 64 Yrjänä J. Suurtaajuuskuumentimien käyttö Suomessa. Säteilyturvakeskus 1985.

STUK-B 63 Jokela K. Radiotaajuiseen säteilyyn liittyviä turvallisuuskysymyksiä. Säteilyturvakeskus 1985.

STUK-B 62 Ilus E (toim.). Loviisan ydinvoimalaitosta ympäröivän merialueen biologinen tarkkailu vuonna 1982. Säteilyturvakeskus 1986.

STUK-B-raportit STUKin verkkosivuilla:

www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/listaus/?sarja=STUK-B

STUK-B-rapporter på STUKs hemsidor:

www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/sv_FI/listaus/?serien=STUK-B

STUK-B reports on STUK's home pages:

www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/en_GB/listaus/?series=STUK-B



Laippatie 4, 00880 Helsinki
Puh. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500
www.stuk.fi

ISBN 978-952-478-232-6
ISSN 0781-1713
Yliopistopaino, Helsinki 2007