



STUK-B 236 / KESÄKUU 2019

Aleksi Mattila, Samu Inkinen (toim.)

B

Ympäristön säteilyvalvonta

Suomessa

Vuosiraportti 2018

Strålningsövervakning av

miljön i Finland

Årsrapport 2018

Environmental Radiation

Monitoring in Finland

Annual Report 2018

Säteilyturvakeskus
PL 14
00811 Helsinki
www.stuk.fi

Lisätietoja:
Aleksi Mattila
aleksi.mattila@stuk.fi
puhelin 09 759 88 437

ISBN 978-952-309-434-5
ISSN 2243-1896

AVAINSANAT: säteilyvalvonta, ulkoinen säteily, ilma, laskeuma, vesi, maito, elintarvikkeet, ihminen, sisäilman radon

Esipuhe

Ympäristön säteilyvalvontaa tehdään, jotta viranomaisilla ja kansalaisilla on reaaliaikainen tieto elinympäristön radioaktiivisuudesta ja sen säteilysuojelullisesta merkityksestä. Ohjelma on suunniteltu siten, että sen avulla voidaan havaita radioaktiivisuuden muutokset ympäristössä ja reagoida muutoksiin sekä arvioida ihmisen saamia säteilyannoksia ja suunnitella ja neuvoa toimenpiteitä annosten pienentämiseksi. Säteilyvalvontaohjelman avulla ylläpidetään asiantuntemusta ja valmiutta reagoida nopeasti ja oikein poikkeaviin säteilytilanteisiin.

Tämä raportti sisältää yhteenvedon ympäristön säteilyvalvonnan tuloksista vuonna 2018 sekä vertailuja aikaisempien vuosien tuloksiin. Ympäristön säteilyvalvontaan kuuluu keinotekoisien säteilyn ja keinotekoisien radioaktiivisten aineiden valvonta ympäristössä sekä sisäilman radon. Luonnonsäteily ja luonnon radioaktiiviset aineet ovat kuuluneet valvontaohjelman piiriin vuodesta 2014 alkaen, koska valtaosa väestön säteilyaltistuksesta saadaan luonnonsäteilystä. Vuodesta 2014 lähtien luonnon radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuuksia on määritetty talousvedestä, pintavedestä, maidosta ja elintarvikkeista. Lisäksi ohjelmaan kuuluu 5 – 10 vuoden välein tehtäviä aihekohtaisia selvityksiä.

Euratom-sopimus velvoittaa Euroopan Unionin jäsenmaita valvomaan jatkuvasti radioaktiivisuuden tasoja ilmassa, vedessä ja maaperässä. Suomessa Euratom sopimuksen velvoitteiden täyttämistä vastaa säteilylain nojalla Säteilyturvakeskus. Myös STUKin lisäksi Ilmatieteen laitos ja puolustusvoimat seuraavat omilla havaintoasemillaan säteilyn esiintymistä ympäristössä. Säteilyturvakeskuksen Ympäristön säteilyvalvonta ja valmius -osasto (VALO) on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T167 (akkreditointistandardi EN ISO/IEC 17025:2005) testausalana ”Ympäristöttestaus”. Lähes kaikki STUKin tekemät ympäristön säteilyvalvontaan liittyvät analyysit on tehty akkreditointivaatimusten mukaisesti.

Säteilyturvakeskuksen yhteistyökumppanit ympäristön säteilyvalvonnassa keräävät ja toimittavat näytteitä analysoitaviksi, osallistuvat ihmisten säteilymittauksiin tai vastaavat keräysasemien toiminnasta. Säteilyturvakeskus kiittää hyvästä yhteistyöstä ulkoisen säteilyn valvontaverkon asemien hoitajia sekä seuraavia yhteistyökumppaneita: Ilmatieteen laitos, Arktinen keskus, Eurofins Environment Testing, Kaakkois-Suomen rajavartiosto, Kainuun prikaati, Lapin rajavartiosto, KVVY Tutkimus Oy, Kymenlaakson pelastuslaitos/Kotkan paloasema, Kymijoen vesi ja ympäristö ry, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, Lapin ELY-keskus, Oulun Vesi, Turun Vesihuolto Oy, Valio Oy, HUS Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri/Töölön sairaala, Tampereen yliopistollinen sairaala, Lapin keskussairaala, Helsingin seudun ympäristöpalvelut, Helsingin Yhteislyseo, Hatanpään yläaste ja lukio, sekä Rovaniemen koulutoimi / Korkalovaaran yläaste ja Lyseonpuiston lukio. Lisäksi kiitämme metsästäjiä villisian lihanäytteiden toimituksesta Säteilyturvakeskukseen.

Raportin tarkoituksena on antaa tietoa ympäristön säteilytilanteesta Suomessa kaikille asiasta kiinnostuneille. STUK toimittaa säännöllisesti valvontatietoja myös Euroopan komissiolle ja tämä raportti on yhteenveto komissiolle toimitetuista tiedoista. Raportti on löydettävissä Säteilyturvakeskuksen kotisivuilta osoitteessa: www.stuk.fi, jossa STUK julkaisee myös viimeisimmät ympäristön säteilyvalvonnan tulokset.

NYCKELORD: strålningsövervakning, yttre strålning, luft, nedfall, vatten, mjölk, livsmedel, människa, radon i inomhusluften

Förord

Huvudsyftet med övervakningen av strålning i miljön är att ge myndigheter och befolkningen reelltidsinformation om strålningen i livsmiljön och dess betydelse för strålskyddet. Programmet är upplagt så att man med hjälp av det kan upptäcka förändringar av radioaktiviteten i miljön och reagera på dessa samt uppskatta de strålningsdoser som människor utsätts för och planera och ge råd om hur doserna kan minskas. Med hjälp av programmet för strålningsövervakning upprätthålls expertis och beredskapen att snabbt och korrekt reagera på avvikande strålningssituationer.

Rapporten innehåller ett sammandrag av resultaten från 2018 års strålningsövervakning samt några jämförelser med tidigare år. Strålningsövervakningen av miljön omfattar övervakning av artificiell radioaktivitet och artificiella radioaktiva ämnen i miljön samt radon i inomhusluften. Naturlig strålning och naturliga radioaktiva ämnen har ingått i övervakningsprogrammet sedan 2014, eftersom merparten av befolkningens strålningsexponering kommer från naturlig strålning. Från år 2014 har naturliga radioaktiva ämnen bestämts i hushållsvatten, ytvatten, mjölk och livsmedel. I programmet ingår dessutom särskilda projekt som genomförs med 5 – 10 års mellanrum.

Euratomfördraget förpliktar medlemsländerna i Europeiska unionen att fortlöpande övervaka radioaktivitetsnivåerna i luft, vatten och jordmån. I Finland ansvarar Strålsäkerhetscentralen med stöd av strålsäkerhetslagen för uppfyllandet av skyldigheterna enligt Euratomfördraget. Förutom STUK övervakar också Meteorologiska institutet och Försvarsmakten förekomsten av strålning i miljön vid sina egna mätstationer. Strålsäkerhetscentralens avdelning Miljöövervakning av strålning och beredskapsenhet (VALO) är testlaboratorium T167 och har ackrediterats av Ackrediteringstjänsten FINAS (ackrediteringsstandarden EN ISO/IEC 17025:2005). Laboratoriets testområde är "Testning av miljö". Nästan alla analyser med anknytning till övervakningen av strålning i miljön som STUK gör är utförda enligt ackrediteringskraven.

Strålsäkerhetscentralens samarbetspartner inom övervakningen av strålning i miljön samlar in prov och lämnar in dem för analys, deltar i helkroppsmätningar och sköter mätstationernas verksamhet. Strålsäkerhetscentralen vill rikta ett tack för ett gott samarbete till dem som sköter stationerna för övervakning av den yttre strålningen samt till följande samarbetspartner: Meteorologiska institutet, Arktiskt centrum, Eurofins Environment Testing, Gränsbevakningen i sydöstra Finland, Kajanalands brigad, Gränsbevakningen i Lappland, KVVY Tutkimus Oy, Räddningsverket i Kymmenedalen/Kotka brandstation, Kymijoen vesi ja ympäristö ry, NTM-centralen i Norra Österbotten, NTM-centralen i Lappland, Oulun Vesi, Åbo vattenförsörjning Ab, Valio Oy, Helsingfors och Nylands sjukvårdsdistrikt HNS/Tölö sjukhus, Tammerfors universitetssjukhus, Lapplands centralsjukhus, Helsingforsregionens miljötjänster, gymnasieskolan Helsingin Yhteislyseo, högstadie- och gymnasieskolan Hatanpään yläaste ja lukio och skolväsendet i Rovaniemi/högstadieskolan Korkalovaaran yläaste och gymnasieskolan Lyseonpuiston lukio. Vi tackar också jägare för att leverera vildsvinsköttprover till Strålsäkerhetscentralen.

Syftet med denna rapport är att förmedla kunskap om strålningsläget i miljön i Finland för alla intresserade. STUK lämnar regelbundet uppgifter om övervakningen till Europeiska kommissionen och denna rapport är ett sammandrag av de uppgifter som sännts till kommissionen. Rapporten finns även på Strålsäkerhetscentralens hemsida på adressen www.stuk.fi.

KEY WORDS: radiation monitoring, external radiation, airborne radioactivity, deposition, water, milk, food-stuffs, human body, radon in indoor

Preface

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

This report includes a summary of the results of environmental radiation monitoring in 2018 and comparisons with the results of the previous years. The monitoring of artificial radiation and artificial radioactive substances in the environment and radon in indoor air are part of environmental radiation monitoring. Natural radiation and natural radioactive substances are part of the monitoring programme since 2014, because most of the exposure to radiation of the population comes from natural radiation. Since 2014, the activity concentrations of natural radioactive substances have been determined in domestic water, surface water, milk and foodstuffs. In addition, the programme includes topical investigations to be completed every 5 to 10 years.

The Euratom Treaty binds the member states of the European Union to continuously monitor radioactivity levels in air, water and soil. In Finland, the fulfilment of the Euratom Treaty obligations is the responsibility of the Radiation and Nuclear Safety Authority by virtue of the Radiation Act. Besides STUK, also the Finnish Meteorological Institute and the Finnish Defence Forces monitor the presence of radiation in the environment at their own observation stations. The Environmental Radiation Surveillance and Emergency Preparedness (VALO) department of the Radiation and Nuclear Safety Authority is a testing laboratory T167 accredited by the FINAS Finnish Accreditation Service (accreditation standard EN ISO/IEC 17025:2005) with the testing field of “*Environmental testing*”. Almost all analyses related to the environmental radiation monitoring conducted by STUK have been performed in accordance with the accreditation requirements.

The Radiation and Nuclear Safety Authority’s partners in environmental radiation monitoring collect and submit samples for analysis, participate in the radiation measurements of people or ensure the operation of the collection stations. The Radiation and Nuclear Safety Authority praises the exemplary cooperation of the station managers of the external radiation monitoring network and of the following partners: the Finnish Meteorological Institute, the Arctic Centre, Eurofins Environment Testing, the Southeast Finland Border Guard District, Kainuu Brigade, the Lapland Border Guard District, KVVY Tutkimus Oy, the Kymenlaakso Rescue Department/Kotka Fire Station, Water and Environment Association of River Kymi, the North Ostrobothnia Centre for Economic Development, Transport and the Environment, the Lapland Centre for Economic Development, Transport and the Environment, Oulu Waterworks, Turun Vesihuolto Oy, Valio Ltd, HUS Hospital District of Helsinki and Uusimaa/Töölö Hospital, Tampere University Hospital, Lapland Central Hospital, Helsinki Region Environmental Services Authority, Helsingin Yhteislyseo, Hatanpää lower and upper secondary school and Rovaniemi Education Services/Korkalovaara lower secondary school and Lyseonpuisto upper secondary school. We also thank hunters for delivering wild boar meat samples to the Radiation and Nuclear Safety Authority.

The report aims to provide information on the levels of environmental radioactivity in Finland to all interested parties. STUK also submits monitoring data to the European Commission on a regular basis, and this report is a summary of the results delivered to the Commission. The report is also available at STUK’s website www.stuk.fi.

Sisällys

ESIPUHE	3
1 YHTEENVETO	9
2 SÄTEILYANNOKSET	15
3 ULKOINEN SÄTEILY	19
4 ULKOILMAN RADIOAKTIIVISET AINEET	25
4.1 ULKOILMAN GAMMA-AKTIIVISET AINEET	25
4.2 ULKOILMAN KOKONAISBEETA-AKTIIVISUUS	39
5 LASKEUMAN RADIOAKTIIVISET AINEET	45
6 PINTAVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	52
7 JUOMAVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	56
8 MAIDON RADIOAKTIIVISET AINEET	61
9 ELINTARVIKKEIDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	66
9.1 YHDEN VIIKON ATERIAT	66
9.2 KAUPAN ELINTARVIKKEET	67
10 RADIOAKTIIVISET AINEET IHMISESSÄ	75
11 JÄTELIETTEEN RADIOAKTIIVISET AINEET	84
12 RADIOAKTIIVISET AINEET ITÄMERESSÄ	89
13 SISÄILMAN RADON	95
13.1 RADONPURKKIMITTAUKSET	95
13.2 RADONKAMPANJAT	96
14 ERILLISHANKKEET	104
14.1 KOULUJEN RADON	104
14.2 BIOENERGIAN TUOTANNOSSA SYNTYVÄN TUHKAN RADIOAKTIIVISUUS	104
LIITE 1 IONISOIVAAN SÄTEILYYN LIITTYVIÄ KESKEISIÄ SUUREITA JA NIIDEN YKSIKÖITÄ	113

Innehallsförteckning

FÖRORD	4
1 SAMMANDRAG	11
2 STRÅLDOSER	16
3 EXTERN STRÅLING	20
4 RADIOAKTIVA ÄMNEN I UTELUFT	27
4.1 GAMMA-AKTIVA ÄMNEN I UTELUFT	27
4.2 TOTAL BETA AKTIVITET I UTELUFT	40
5 RADIOAKTIVA ÄMNEN I NEDFALL	46
6 RADIOAKTIVA ÄMNEN I YTVATTEN	53
7 RADIOAKTIVA ÄMNEN I DRICKSVATTEN	57
8 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MJÖLK	62
9 RADIOAKTIVA ÄMNEN I LIVSMEDEL	68
9.1 EN VECKAS MÅLTIDER	68
9.2 LIVSMEDEL I BUTIKER	69
10 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MÄNNISKROPPEN	77
11 RADIOAKTIVA ÄMNEN I AVLOPPSSLAM	85
12 RADIOAKTIVA ÄMNEN I ÖSTERSJÖN	91
13 RADON I INOMHUSLUFTEN	97
13.1 RADONMÄTNING MED BRUK	97
13.2 RADONKAMPANJER	98
14 SÄRSKILDA PROJEKT	107
14.1 RADONHALTEN I SKOLOR	107
14.2 RADIOAKTIVITETEN I ASKA SOM UPPSTÅR VID PRODUKTIONEN AV BIOENERGI	107
BILAGA 1. JONISERANDE STRÅLNING, DESS VIKTIGASTE STORHETER OCH DERAS ENHETER	114

Contents

PREFACE	5
1 SUMMARY	13
2 RADIATION DOSES	17
3 EXTERNAL RADIATION	21
4 AIRBORNE RADIOACTIVE SUBSTANCES	29
4.1 GAMMA ACTIVITY OF GROUND LEVEL AIR	29
4.2 GROSS BETA ACTIVITY OF GROUND LEVEL AIR	41
5 RADIONUCLIDES IN DEPOSITION	47
6 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN SURFACE WATER	54
7 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN DRINKING WATER	58
8 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN MILK	63
9 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN FOODSTUFFS	70
9.1 ONE-WEEK DIET	70
9.2 FOODSTUFFS ON THE MARKET	71
10 RADIOACTIVITY IN MAN	79
11 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN WASTEWATER SLUDGE	86
12 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN THE BALTIC SEA	92
13 RADON IN INDOOR AIR	99
13.1 MEASUREMENTS WITH PASSIVE RADON DETECTORS	99
13.2 RADON CAMPAIGNS	100
14 SEPARATE PROJECTS	110
14.1 RADON CONCENTRATION IN SCHOOLS	110
14.2 RADIOACTIVITY OF ASH GENERATED IN THE PRODUCTION OF BIOENERGY	110
APPENDIX 1 IONIZING RADIATION, THE KEY PARAMETERS AND THEIR UNITS	115

1 Yhteenveto

Tämä raportti on kansallinen yhteenveto ympäristösäteilyn valvonnan tuloksista Suomessa vuonna 2018. Tuloksia raporttiin ovat toimittaneet Säteilyturvakeskuksen lisäksi Ilmatieteen laitos ulkoilman kokonaisbeeta-aktiivisuudesta.

Ympäristön säteilyvalvontaohjelma sisältää ulkoisen annosnopeuden jatkuvan ja automaattisen monitoroinnin, ulkoilman radioaktiivisten aineiden ja kokonaisbeeta-aktiivisuuden monitoroinnin sekä radioaktiivisen laskeuman, pinta- ja juomaveden, jätelietteen, maidon ja elintarvikkeiden radioaktiivisuuden säännöllisen analysoinnin. Lisäksi ohjelmaan sisältyy ihmisen kehossa olevien radioaktiivisten aineiden analysointi sekä sisäilman radonin monitorointi. Tämä raportti sisältää myös yhteenvedot Itämeren radioaktiivisuusvalvonnan tuloksista ja ympäristön säteilyvalvontaan kuuluvien osajohjelmien aihekohtaisista selvityksistä.

Vuoden 2018 tulokset osoittavat, että ympäristössä olevat keinotekoiset radioaktiiviset aineet ovat pääosin peräisin vuoden 1986 Tšernobylin onnettomuudesta ja ilmakehässä 1950- ja 1960-luvuilla tehdyistä ydinkokeista.

Ulkoilmassa havaittiin tammikuun alusta maaliskuun puoleen väliin jodin isotooppia ^{131}I . Jodia havaittiin myös monissa muissa Euroopan maissa. Huhtikuusta toukokuun loppuun asti havaittiin voimalaitosperäisiä fissio- ja aktivoitumistuotteita Kotkassa kerätyistä näytteistä. Samoja nuklideja havaittiin myös satunnaisesti Helsingissä toukokuussa kerätyissä näytteissä. Havaintojen alkuperää ei voitu varmuudella selvittää. Kaikkien vuoden aikana havaittujen keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät olivat äärimmäisen pieniä eikä niillä ole minkäänlaisia vaikutuksia ihmisten terveyteen.

Ulkoisen säteilyn valvontaverkko toimi hyvin. Mittausasemien tuloksista kerättiin ulkoisen säteilyn valvontatietojen hallintajärjestelmä USVAan yli 97 % kaikkien mittausasemien tuottamista mittauksista. Puuttuvat tiedot aiheutuivat laitehäiriöistä tai tietoliikenneongelmista. Vuoden 2018 aikana valvontaverkon GM-anturi hälytti kerran. Hälytys aiheutui raja-asetalla tehdystä läpivalaisuauton testauksesta. Spektrometriverkossa ei ollut hälytyksiä vuoden 2018 aikana.

Laskeuma- ja juomavesinäytteiden tritiumpitoisuudet olivat pieniä, yleensä 1 – 2 Bq/l. Elintarvikkeista kolmessa villisikanäytteessä havaittiin yli 600 Bq/kg ylittävä ^{137}Cs :n aktiivisuuspitoisuuden ylitys. Tätä pitoisuutta ei tulisi ylittää, kun saatetaan markkinoille luonnonvaraista riistaa, metsämarjoja ja -sieniä sekä järvikalvoja.

Jätelietteessä havaittiin Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevaa ^{137}Cs :a, luonnon radioaktiivisia aineita ja sairaalasta käytettyjä radioaktiivisia aineita. Radionuklideja käyttävien sairaaloiden syöpäklonikoiden ja isotooppiosastojen potilaiden eritteet kulkeutuvat jätevesipuhdistamoon ja näkyvät siten jätelietteissä.

Ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2018 oli alle 0,02 mSv, mikä on merkityksettömän pieni kokonaissäteilyaltistukseen verrattuna. Tämä on alle 1 % väestön kokonaissäteilyaltistuksesta. Vuoden 2018 tulokset osoittavat, että vuoden aikana ympäristöön ei tapahtunut sellaisia radioaktiivisten aineiden päästöjä, joilla olisi haittavaikutuksia ihmisen terveydelle tai ympäristölle Suomessa.

Sisäilman radonin (^{222}Rn) pääasiallinen lähde on maaperän uraanipitoinen kiviaines. Korkeita radonpitoisuuksia esiintyy niissä rakennuksissa, joiden perustusrakenteet eivät ole riittävän tiiviitä estämään radonpitoisen maaperän huokosilman pääsyn sisätiloihin. Tehokkaimmin radonia torjutaan rakennusvaiheen toimenpiteillä, eli rakentamalla alapohjarakenteet tiiviiksi ja asentamalla lattialaatan alle radonputkisto.

Kansalliseen radontietokantaan vuonna 2018 kirjattujen asuntojen radonpitoisuuksien keskiarvo oli 199 Bq/m^3 ja mediaani 110 Bq/m^3 . Vuoteen 2019 mennessä kaikkien radontietokantaan kirjattujen asuntojen edustavien mittausten radonpitoisuuksien vuosikeskiarvon mediaani oli 125 Bq/m^3 . Mittauksia, joissa radonpitoisuus oli pienempi kuin 200 Bq/m^3 (uusien rakennusten suunnittelun viitearvo) oli 69 % mittauksista. Mittaustuloksista 18 % oli suurempia kuin 300 Bq/m^3 (uusi viitearvo 15.12.2018 lähtien) ja 12 % suurempia kuin 400 Bq/m^3 (vanha viitearvo). Asuntojen radonpitoisuudet olivat hieman edellistä vuotta suurempia. Korkeammat radonpitoisuudet voivat olla osoitus siitä, että STUK onnistui välittämään radontietoa ongelma-alueille. Kansallisesta radontietokannasta saadut pitoisuudet yliarvioivat radonpitoisuuksia, koska tunnettujen korkeiden radonpitoisuuksien alueilla asuntoja mitataan enemmän kuin matalien radonpitoisuuksien alueella.

Sisäilman radonista aiheutuvan annoksen arviointitapa muuttui vuoden 2018 lopussa. Uudella arviointitavalla saadaan radonin kodeissa aiheuttaman annoksen arvioksi $4,4 \text{ mSv}$ vuodessa kun aiemmin käytössä olleella tavalla annokseksi arvioitiin $1,6 \text{ mSv}$ vuodessa. STUK julkaisee erikseen päivitetyn arvion suomalaisten keskimääräisestä vuotuisesta säteilyannoksesta, jossa huomioidaan muuttunut sisäilman radonista aiheutuvan annoksen arviointitapa.

Vuoden 2018 aikana saatettiin loppuun bioenergian tuotannossa syntyvän tuhkan radioaktiivisuuden tutkimusprojekti. Projektin tuottamaa tietoa radioaktiivisuuden siirtymisestä poltettavasta aineesta tuhkaan voidaan hyödyntää energiateollisuudessa sekä viranomaistoiminnassa arvioitaessa bioenergian tuotannossa syntyvän tuhkan säteilyvaikutuksia.

1 Sammandrag

Denna rapport är ett nationellt sammandrag av övervakningen av strålning i miljön i Finland 2018. Resultaten som redovisas i rapporten kommer förutom från Strålsäkerhetscentralen, även från Meteorologiska Institutet som har övervakat den totala betaaktiviteten i utomhusluften.

Programmet för övervakning av strålning i miljön omfattar fortlöpande automatisk övervakning av den externa dosraten, övervakning av radioaktiva ämnen och den totala betaaktiviteten i utomhusluften samt regelbunden analys av radioaktivt nedfall och radioaktivitet i yt- och dricksvatten, avloppsslam, mjölk och livsmedel. I programmet ingår dessutom analys av radioaktiva ämnen i människokroppen och radon i inomhusluften. Denna rapport innehåller också sammandrag av övervakningen av radioaktiviteten i Östersjön och särskilda utredningar från program gällande övervakningen av strålning i miljön.

Resultaten för år 2018 visar att de artificiella radioaktiva ämnena i miljön härrör främst från olyckan i Tjernobyl år 1986 och från kärnvapenprov i atmosfären på 1950- och 1960-talet.

Från början av januari till mitten av mars observerades isotopen jod-131 i utomhusluften. Jod observerades även i många andra europeiska länder. Från april till början av maj observerades fissions- och aktiveringsprodukter från kraftverk i prover från Kotka. Samma nuklider observerades sporadiskt även i prover som samlades i Helsingfors i maj. Ursprunget för dessa observationer har inte kunnat utredas med full säkerhet. De totala mängderna av samtliga artificiella radioaktiva ämnen som uppmättes under året var extremt små och de har ingen som helst påverkan på människornas hälsa.

Övervakningsnätverket för extern strålning fungerade bra. Av mätstationernas resultat samlades till övervakningssystemet för extern strålning, USVA, över 97 procent av alla mätstationernas mätdata. Orsaken till att data saknades var antingen apparatfel eller störningar i datatrafiken. Under år 2018 larmade övervakningsnätets GM-detektor en gång. Orsaken till larmet var testning av en genomlysningssbil vid gränsstationen. Spektrometernätverket gav inga larm under 2018.

Tritiumhalterna i nedfalls- och hushållsvattenproven var låga, vanligtvis 1 – 2 Bq/l. I tre vildsvinsprover som mätts i livsmedel observerades ett överskridande på över 600 Bq/kg av ^{137}Cs . Detta är den rekommenderade gränsen för utförande av kött från i naturtillstånd levande vilt, skogsbär och -svampar och för insjöfiskar på marknaden.

I avloppsslam upptäcktes ^{137}Cs som härstammar från Tjernobylolyckan, radioaktiva ämnen från naturen och radioaktiva ämnen använda i sjukhus. Avföring och urin från patienter vid cancerkliniker och på isotopavdelningar vid sjukhus som använder radionuklider hamnar på avloppsreningsverket och syns därigenom i avloppsslammet.

Stråldosen från artificiella radioaktiva ämnen i miljön var 2018 under 0,02 mSv, vilket är en obetydligt liten del av bestrålningen jämfört med den totala stråldosen. Detta är mindre än en procent av den totala stråldosen som befolkningen utsätts för. Resultaten för 2018 visar också att det under året inte inträffade några sådana utsläpp av radioaktiva ämnen till miljön som skulle ha haft någon skadeverkan på människors hälsa eller på miljön i Finland.

Radon (^{222}Rn) i inomhusluften härstammar oftast från uranhaltigt stenmaterial i marken. Höga radonhalter förekommer i byggnader vars grundkonstruktion inte är tillräckligt tät för att förebygga att radonhaltig jordluft tränger in i huset. Det effektivaste sättet att bekämpa radon är genom åtgärder under byggtiden; genom att bygga en tät konstruktion i det nedre bjälklaget och montera ett radonrörverk under golvplattan.

Den genomsnittliga radonhalten i inomhusluften i bostäder som registrerades i den nationella radondatabasen 2018 var 199 Bq/m³, medianvärdet var 110 Bq/m³.

Medianvärdet för årsmedeltalet för alla bostäder som är registrerade i den nationella radondatabasen före år 2019 är 125 Bq/m³. Av mätningarna var 69 procent sådana där radonhalten låg under 200 Bq/m³ (referensvärdet för planeringen av nya bostäder). Av mätvärdena var 18 procent över 300 Bq/m³ (nytt referensvärde från den 15.12.2018) och 12 procent över 400 Bq/m³ (det gamla referensvärdet). Radonhalterna i bostäder var något högre än året innan. Högre radonhalter kan vara ett tecken på att STUK lyckades förmedla radoninformation till problemområden. Halterna som fåtts från den nationella radondatabasen överskattar radonhalterna, eftersom det görs fler mätningar i bostäderna i områden där man vet att radonhalten är hög än i områden med låga radonhalter.

Bedömningsmetoden för dosen från radon i inomhusluften ändrades i slutet av 2018. Med den nya bedömningsmetoden blir uppskattningen av dosen från radon i inomhusluften i hemmen 4,4 mSv per år, då den uppskattade dosen enligt den tidigare bedömningsmetoden var 1,6 mSv per år. STUK publicerar separat en uppdaterad bedömning av finländarnas genomsnittliga årsdos, där den nya bedömningsmetoden för dosen från radon i inomhusluften beaktas.

Under 2018 slutfördes ett forskningsprojekt om radioaktiviteten i aska som uppstår vid produktionen av bioenergi. Informationen om överföringen av radioaktivitet från ämnet som förbränns till askan som fåtts genom projektet kan utnyttjas inom energiindustrin och myndighetsverksamheten vid bedömning av strålningseffekterna från aska som uppstår vid produktionen av bioenergi.

1 Summary

This report is a national summary of the results of environmental radiation monitoring in Finland in 2018. In addition to the Radiation and Nuclear Safety Authority, results to the report has been provided by the Finnish Meteorological Institute with regard to the total beta emission activity of outdoor air.

The environmental radiation monitoring programme includes the continuous and automatic monitoring of the external dose rate, monitoring of the outdoor air radioactive substances and total beta activity as well as the regular radioactivity analysis of the radioactive fallout, surface and drinking water, waste, milk and foodstuffs. In addition, the programme includes the analysis of radioactive substances within the human body and monitoring of the radon in indoor air. This report also includes summaries of the results of the Baltic Sea radioactivity monitoring and topical investigations of the sub-programmes part of environmental radiation monitoring.

The 2018 results demonstrate that the artificial radioactive substances in the environment mostly originate from the Chernobyl disaster in 1986 and nuclear tests conducted in the atmosphere in the 1950s and 1960s.

Isotope iodine-131 was detected in outdoor air from the beginning of January to mid-March. Iodine was also detected in many other European countries. From April to the end of May, fission and activation products from power plants were found in samples collected in Kotka. The same nuclides were also occasionally found in samples collected in Helsinki in May. The origins of the observations could not be established with certainty. The amounts of all the artificial radioactive substances observed during the year were extremely small and they do not have any impact on human health.

The external radiation monitoring network worked well. Of the measuring station results, the external radiation monitoring data management system USVA collected more than 97% of the measurements produced at all measuring stations. Missing data was caused by equipment malfunctions or telecommunication problems. In 2018, the GM sensor of the monitoring network issued one alarm. The alarm was caused by testing of a mobile X-ray scanner at a border station. There were no alarms in the spectrometer network in 2018.

The tritium contents in fallout and drinking water samples were small, in total 1 – 2 Bq/l. In food samples, a ^{137}Cs activity concentration exceeding 600 Bq/kg was found in three wild board samples. This concentration should not be exceeded when putting wild game, berries, mushroom and lake fish on the market.

^{137}Cs from the Chernobyl disaster, natural radioactive substances and radioactive substances used at hospitals were observed in waste. Secretions from patients in the cancer clinics and isotope wards of hospitals using radionuclides migrate to waste water treatment plants and are thus evident in waste.

The exposure to radiation caused by artificial radioactive substances in the environment in 2018 was less than 0,02 mSv, which is insignificant compared to overall exposure to radiation. This constitutes less than 1 % of the total exposure to radiation of the population. The 2018 results demonstrate that there were no such releases of radioactive substances into the environment during the year that would constitute detrimental effects to human health or the environment in Finland.

The primary source of radon (^{222}Rn) in indoor air is the rock material containing uranium in the soil. High radon concentrations occur in buildings whose foundations are not sufficiently well sealed to prevent the entry of radon-carrying soil air. Radon is most effectively prevented by measures taken at the construction stage, i.e. by building the base floor structures to be leak-tight and installing radon piping under the floor slab.

In 2018, the average of radon concentrations of housing units recorded in the national radon database was 199 Bq/m³ and median 110 Bq/m³. The median of the annual average of all representative radon concentration measurements of housing units recorded by 2019 in the radon database was 125 Bq/m³. Measurements with radon concentration of less than 200 Bq/m³ (design reference value of new buildings) constituted 69% of the measurements. 18% of the measurements were over 300 Bq/m³ (new reference value since 15 December 2018) and 12% were over 400 Bq/m³ (old reference value). Radon concentration values of housing units were slightly bigger than in the previous year. The higher radon concentration values may be a sign of the fact that STUK managed to convey radon information to the problem areas. The concentration values from the national radon database overestimate the radon concentration values, because more measurements are carried out in the known areas of high radon concentration than in areas of low radon concentration.

The dose assessment method of radon in indoor air changed in late 2018. With the new assessment method, the dose assessment of radon in homes is 4,4 mSv per year while the previous method gave a dose assessment of 1,6 mSv per year. STUK will publish separately an updated assessment of the average annual radiation dose of the Finns with consideration of the changed dose assessment method of radon in indoor air.

2018 marked the completion of the research project involving the radioactivity of ash generated in the production of bioenergy. The data produced by the project on the transference of radioactivity from the substance being incinerated to resulting ash can be utilised in the energy industry and public sector when assessing the radiation impacts of ash generated in the production of bioenergy.

2 Säteilyannokset

Ympäristön säteilyvalvontaan kuuluu keinotekoisien säteilyn ja keinotekoisien radioaktiivisten aineiden valvonta ympäristössä. Muu kuin työperäinen altistuminen luonnonsäteilylle ja luonnon radioaktiivisille aineille on kuulunut valvontaohjelman piiriin vuodesta 2014 lähtien, koska valtaosa väestön säteilyaltistuksesta saadaan luonnonsäteilystä.

Sisäilman radonista aiheutuvan annoksen arviointitapa muuttui vuoden 2018 lopussa ICRP:n suositusten (ICRP 2017) mukaiseksi (VN-asetuksen 1034/2018 Liite 3). Uudella annosmuuntokertoimella laskettaessa saadaan radonin kodeissa aiheuttaman annoksen arvioksi 4,4 mSv vuodessa. Vanhalla arviointitavalla samalla radonpitoisuustasolla radonin aiheuttama keskimääräinen efektiivinen annokseksi arvioitiin 1,6 mSv vuodessa. Suomalaisten vuotuisesta annoksesta 0,78 mSv aiheutuu muusta luonnon säteilystä. STUK julkaisee erikseen päivitetyn arvion suomalaisten keskimääräisestä vuotuisesta säteilyannoksesta, jossa huomioidaan muuttumut sisäilman radonista aiheutuvan annoksen arviointitapa.

Maaperässä olevista keinotekoisista radioaktiivisista aineista (lähinnä Tšernobyl-laskeumasta) aiheutui suomalaisille vuonna 2018 keskimäärin 0,010 millisievertin suuruinen ulkoisen säteilyn annos. Suomessa ulkoisen säteilyn annosnopeus vaihtelee välillä 0,05 – 0,30 mikrosievertiä tunnissa. Alueellinen vaihtelu annosnopeuksissa johtuu pääosin uraanin ja toriumin pitoisuuseroista kallio- ja maaperässä. Lumi- ja jääkerros vaimentaa maaperästä tulevaa säteilyä. Paikallista ja lyhytaikaista nousua annosnopeudessa saattaa aiheuttaa sade, joka tuo radonia ja sen hajoamistuotteita lähemmäksi maanpintaa.

Ulkoilman radioaktiivisista aineista aiheutuva säteilyannos oli vuonna 2018 erittäin pieni. Samoin juomavedestä, maidosta ja elintarvikkeista saatu säteilyannos oli pieni. Pääosin säteilyannosta aiheuttavat keinotekoiset radioaktiiviset aineet ^{137}Cs ja ^{90}Sr . Kehossa olevan ^{137}Cs :n aiheuttaman säteilyannoksen arvioitiin vuonna 2018 jääneen alle 0,01 mSv/henkilö. Kaiken kaikkiaan ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2018 oli alle 0,02 mSv, mikä on merkityksettömän pieni kokonaissäteilyaltistukseen verrattuna.

2 Stråldoser

Strålningsövervakningen av miljön omfattar övervakning av artificiell radioaktivitet och artificiella radioaktiva ämnen i miljön. Annan än arbetsrelaterad exponering för naturlig strålning och naturliga radioaktiva ämnen har ingått i övervakningsprogrammet sedan 2014, eftersom merparten av befolkningens strålningsexponering kommer från naturlig strålning.

Bedömningsmetoden för dosen från radon i inomhusluften ändrades i slutet av 2018. Den nya metoden är i enlighet med ICRP:s rekommendationer (ICRP 2017) (bilaga 3 till statsrådets förordning 1034/2018). Med den nya dosomvandlingskoefficienten blir den uppskattade dosen från radon i inomhusluften i hemmen 4,4 mSv per år. Med den gamla bedömningsmetoden uppskattades den genomsnittliga effektiva dosen med samma radonhalt till 1,6 mSv per år. Av finländarnas genomsnittliga årliga effektiva dos kommer 0,78 mSv från annan strålning från naturen. STUK publicerar separat en uppdaterad bedömning av finländarnas genomsnittliga årsdos, där den nya bedömningsmetoden för dosen från radon i inomhusluften beaktas.

De artificiella radioaktiva ämnena i marken (främst från Tjernobylnedfallet) orsakade 2018 finländarna en genomsnittlig extern stråldos på 0,010 mSv. I Finland är dosraten för extern strålning 0,05 – 0,30 mikrosievert per timme. Den regionala variationen i dosraten beror i huvudsak på variationen i uran- och toriumhalterna i berg- och markgrunden. Ett snö- och istäcke dämpar strålningen från marken. Regn som för med sig radon och dess sönderfallsprodukter närmare markytan kan orsaka en lokal och kortvarig höjning av dosraten.

År 2018 var stråldosen från radioaktiva ämnen i uteluften mycket låg. Likaså var stråldosen från dricksvatten, mjölk och livsmedel låg. Stråldosen härrör främst från de artificiella radioaktiva ämnena ^{137}Cs och ^{90}Sr . År 2018 uppskattades ^{137}Cs i människokroppen i medeltal förorsaka en stråldos på under 0,01 mSv per person. Allt som allt stod artificiella radioaktiva ämnen år 2018 för en stråldos på under 0,02 mSv, vilket är en obetydligt liten del av bestrålningen jämfört med den totala stråldosen.

2 Radiation doses

The monitoring of artificial radiation and artificial radioactive substances in the environment is part of environmental radiation monitoring. Other than work-related exposure to natural radiation and natural radioactive substances has been part of the monitoring programme since 2014, because most of the exposure to radiation of the population comes from natural radiation.

The dose assessment method of radon in indoor air changed in late 2018 to match the ICRP (ICRP 2017) recommendations (Appendix 3 of Government Decree 1034/2018). Calculations with the new dose conversion factor give an estimated dose of 4,4 mSv caused by radon in homes per year. With the same radon concentration level, the previous assessment method gave an estimated average effective dose of 1,6 mSv caused by radon per year. Out of the annual dose of the Finns, 0,78 mSv is caused by other natural radiation. STUK will publish separately an updated assessment of the average annual radiation dose of the Finns with consideration of the changed dose assessment method of radon in indoor air.

In 2018, artificial radioactive substances from the soil (chiefly from the Chernobyl fallout) subjected the Finns to an average dose of external radiation of 0,010 mSv. In Finland, the dose rate of external radiation varies between 0,05 and 0,30 μ Sv per hour. Regional variation in the dose rates results mainly from differences in the content of uranium and thorium in rock and soil. A layer of snow and ice absorbs radiation coming from the soil. A local and short-term increase in the dose rate might be caused by rain, which brings radon and its decay products closer to the surface of the ground.

In 2018, the radiation dose resulting from radioactive substances in the outdoor air was very small. The dose from drinking water, milk and foodstuffs was likewise small. The main sources of artificial radioactive substances causing a dose of radiation were ^{137}Cs and ^{90}Sr . In 2018, the radiation dose caused by ^{137}Cs in the body was estimated to be less than 0,01 mSv/person. All in all, the exposure to radiation caused by artificial radioactive substances in the environment in 2018 was less than 0,02 mSv, which is insignificant compared to the overall exposure to radiation.

Lähde, källa, source	Efektiiivinen säteilyannos, stråldoser, radiation dose (mSv)
Ulkoisen säteily, Extern stråling, External radiation	0,010
Ulkoilman radioaktiiviset aineet, Radioaktiva ämnen i uteluft, Airborne radioactive substances	0,0000001
Juomavesi, Radioaktiva ämnen i dricksvatten, Radioactive substances in drinking water	0,0001
Maito, Radioaktiva ämnen i mjölk, Radioactive substances in milk	0,0013
Elintarvikkeet, Radioaktiva ämnen i livsmedel, Radioactive substances in foodstuffs	alle 0,003
Yhteensä, Sammanlagt, In total	alle 0,02

Taulukko 2.1. Ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2018 eri lähteistä.

Tabell 2.1. Strålningsexponering orsakad av artificiella radioaktiva ämnen i miljön från olika källor 2018.

Table 2.1. Exposure to radiation caused by artificial radioactive substances in the environment from different sources in 2018.

3 Ulkoinen säteily

Suomessa ulkoisen säteilyn annosnopeutta valvotaan reaaliaikaisella ja kattavalla mittausasemaverkolla. Tähän STUKin ylläpitämään automaattiseen Uljas-valvontaverkkoon kuuluu noin 260 Geiger-Müller (GM) -antureilla varustettua mittausasemaa (kuva 3.1). Osa asemista on varustettu myös LaBr₃-spektrometreilla. Verkkoon on lisäksi liitetty ydinvoimalaitosten hallinnoimat laitosten ympäristössä sijaitsevat GM-antureilla varustetut mittausasemat. Ilmatieteen laitos ja puolustusvoimat seuraavat annosnopeutta omilla havaintoasemillaan. Lisäksi kunnilla on valmiudet ulkoisen säteilyn manuaaliseen valvontaan. Kuvassa 3.2 on esimerkki valvonta-aseman säteilyanturista.

Tulosten keruu

Kaikki mittausverkon tulokset talletetaan säteilyvalvonnan tietojärjestelmään USVAan, jonka keskuslaitteisto sijaitsee STUKin tiloissa. Automaattiset mittausasemat lähettävät tuloksensa heti niiden valmistuttua USVAan, USVA:n varajärjestelmään (Ilmatieteen laitoksen tiloissa) sekä paikalliseen hätäkeskukseen. Tietoliikenne keskuslaitteiston ja asemien välillä hyödyntää viranomaisille tarkoitettua radioverkkoa (Virve). Mittausasemien tuloksista kerättiin ulkoisen säteilyn valvontatietojen hallintajärjestelmä USVAan yli 97 % kaikkien mittausasemien tuottamista mittauksista. Puuttuvat tiedot aiheutuivat laitehäiriöistä tai tietoliikenneongelmista.

Hälytysten käsittely

Alin hälytysraja on 0,4 mikrosievertiä tunnissa tai säteilyn annosnopeuden nouseminen yli 0,1 mikrosievertiä tunnissa suuremmaksi kuin edellisten seitsemän vuorokauden annosnopeuden keskiarvo ko. asemalla. Tieto jonkin aseman hälytyksestä ja ympäröivien mittausasemien havaitsemista säteilytasoista on käytettävissä heti paitsi STUKissa myös siinä hätäkeskuksessa, jonka alueella asema sijaitsee. Hälytyksen syyn selvittäminen alkaa välittömästi.

Hälytykset

Vuoden 2018 aikana valvontaverkon GM-anturi hälytti kerran. Hälytys aiheutui raja-asemalla tehdystä läpivalaisuauton testauksesta. Spektrometriverkossa ei ollut hälytyksiä vuoden 2018 aikana.

Tulosten välittäminen eteenpäin

STUK toimitti vuonna 2018 jatkuvasti kaikkien noin 260 mittausaseman yhden tunnin annosnopeustiedot julkisille [www-sivuilleen \(www.stuk.fi\)](http://www.stuk.fi). Kahdeksan mittausaseman koko vuoden mittauksien tulokset on esitetty kuvassa 3.3.

STUK ylläpitää palvelinta, josta erikseen sovitut ulkopuoliset käyttäjät (Euroopan komissio, Itämeren maiden neuvoston jäsenvaltiot) voivat halutessaan hakea Suomen säteilytietoja. STUK toimittaa annosnopeustulokset myös Ilmatieteen laitoksen avoimen datan portaaliin.

Yhteistyökumppanit

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

3 Extern strålning

Den externa stråldosraten i Finland övervakas i realtid med ett heltäckande mätstationsnät. I Strålsäkerhetscentralens automatiska övervakningsnät (bild 3.1) ingår cirka 260 mätstationer som försetts med GM-detektorer. En del av stationerna har också en LaBr₃-spektrometer. Därtill är GM-mätstationerna kring de inhemska kärnkraftverken anslutna till nätet. Även Meteorologiska institutet och försvarsmakten följer med den externa strålningsraten med sina egna mätstationer, och i kommunerna finns det beredskap i att manuellt övervaka extern strålning. Ett exempel av en detektor vid en mätstation visas i bild 3.2.

Registrering av mätvärdena

Alla mätvärdena sätts in i stråltillsynens datasystem USVA, vars centraldatorer finns på Strålsäkerhetscentralen. De automatiska mätstationerna förmedlar resultaten kontinuerligt till USVA, dess reservsystem (på Meteorologiska institutet) och den lokala nödcentralen. Datatrafiken mellan centralsystemet och mätstationerna sker via myndigheternas radionät (Virve). Av mätstationernas resultat samlades till övervakningssystemet för extern strålning, USVA, över 97 procent av alla mätstationernas mätdata. Orsaken till att data saknades var antingen apparatfel eller störningar i datatrafiken.

Hantering av alarm

Den lägsta larmgränsen i nätet är 0,4 mikrosievert i timmen men larmet genereras också i fall att dosraten överstiger medelvärdet under de sju senaste dygnet med 0,1 mikrosievert i timmen i stationen. Om strålningsnivån på någon mätstation överstiger larmgränsen, så vet både STUK och de lokala räddningsmyndigheterna genast om alarmet och även om strålningsnivåer på de näraliggande andra mätstationerna. Utredningen av orsaken till alarmet inleds omedelbart.

Larm

Under år 2018 larmade övervakningsnätets GM-detektor en gång. Orsaken till larmet var testning av en genomlysningssbil vid gränsstationen. Spektrometernätverket gav inga larm under 2018.

Förmedling av mätvärdena

Under år 2018 visade Strålsäkerhetscentralen kontinuerligt en timmes mätvärden från alla cirka 260 mätstationer på sina offentliga [www-sidor \(www.stuk.fi\)](http://www.stuk.fi). Mätvärdena från åtta stationer finns i bild 3.3.

Strålsäkerhetscentralen upprätthåller en server, där vissa andra parter (såsom Europakommissionen och medlemsländer i Östersjörådet) kan avläsa uppgifter om strålningen i Finland. Resultaten är också tillgängliga via Meteorologiska institutets portal för öppen data.

Samarbetspartner

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

3 External radiation

Finland has an automatic nation-wide monitoring network for external dose rate, which consists of about 260 stations equipped with GM tubes (Fig. 3.1). Some stations include also a LaBr₃ spectrometer. The maintenance and development of the network are carried out by STUK. The monitoring stations situated around the domestic nuclear power plants and administrated by the power companies are also connected to the network. The Finnish Meteorological Institute and the Defence Forces have their own monitoring stations. In addition, the municipalities maintain readiness for performing manual radiation measurements in the case of an emergency. An example of a radiation detector is shown figure 3.2.

Data collection

All measurement results are stored in the data management system (USVA) of radiation monitoring, the central hardware of which is located in the facilities of STUK. Automatic monitoring stations send data continuously to USVA and its back-up system (at the Finnish Meteorological Institute), and to the local emergency response centre. The data communication between the central equipment and the stations uses the wireless network of the authorities (Virve). Of the measuring station results, the external radiation monitoring data management system USVA collected more than 97% of the measurements produced at all measuring stations. Missing data was caused by equipment malfunctions or telecommunication problems.

Handling of alarms

An alarm is generated either if the dose rate at a monitoring station exceeds 0,4 microsieverts per hour or if it exceeds the average value during the previous seven days by 0,1 microsieverts per hour at station. Both STUK and the local authorities receive an alarm message and have also immediately access to the radiation levels at the other stations close to the alarming station. Activities finding the cause of the alarm will be started immediately after the alarm is given.

Alarms

In 2018, the GM sensor of the monitoring network issued one alarm. The alarm was caused by testing of a mobile X-ray scanner at a border station. There were no alarms in the spectrometer network in 2018.

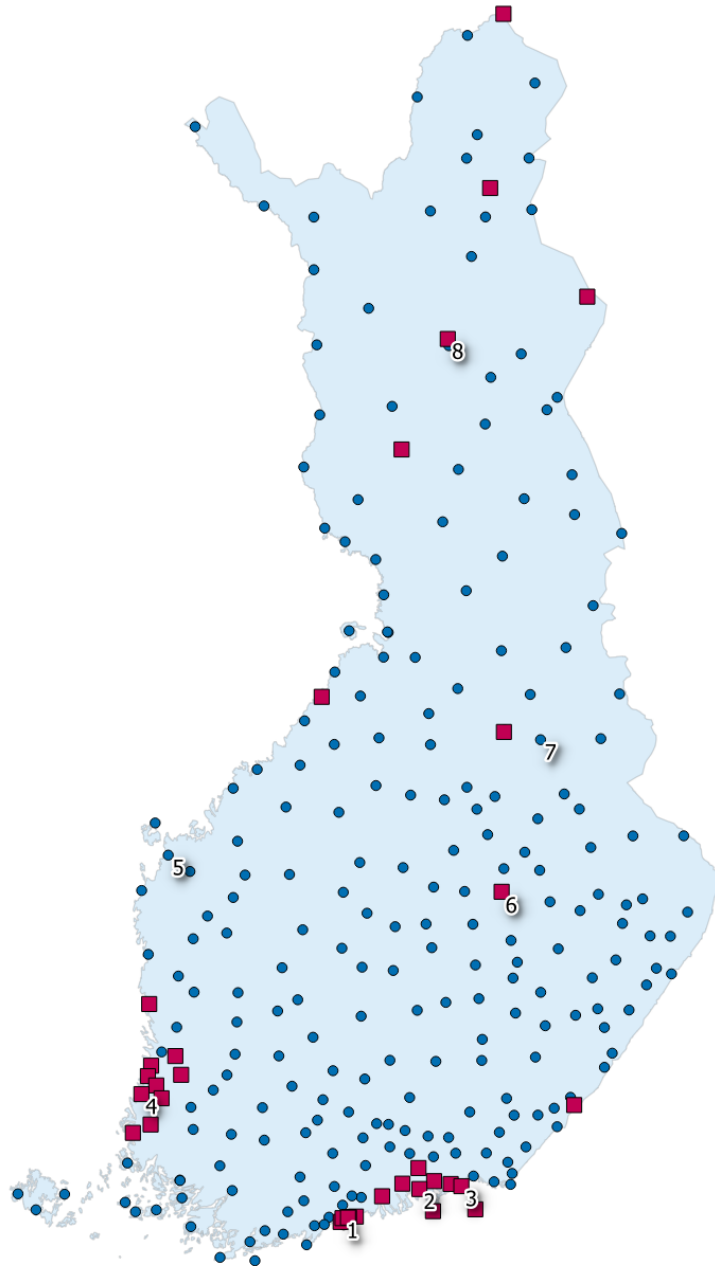
Delivering of data

In 2018 one-hour monitoring data from all about 260 stations were continuously available on the public home pages of STUK (www.stuk.fi). The whole-year data from eight of the stations are shown in Fig. 3.3.

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) whenever they are interested in the Finnish radiation data. STUK also dispatches the results of dose rate monitoring network to open data portal hosted by Finnish Meteorological Institute.

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.



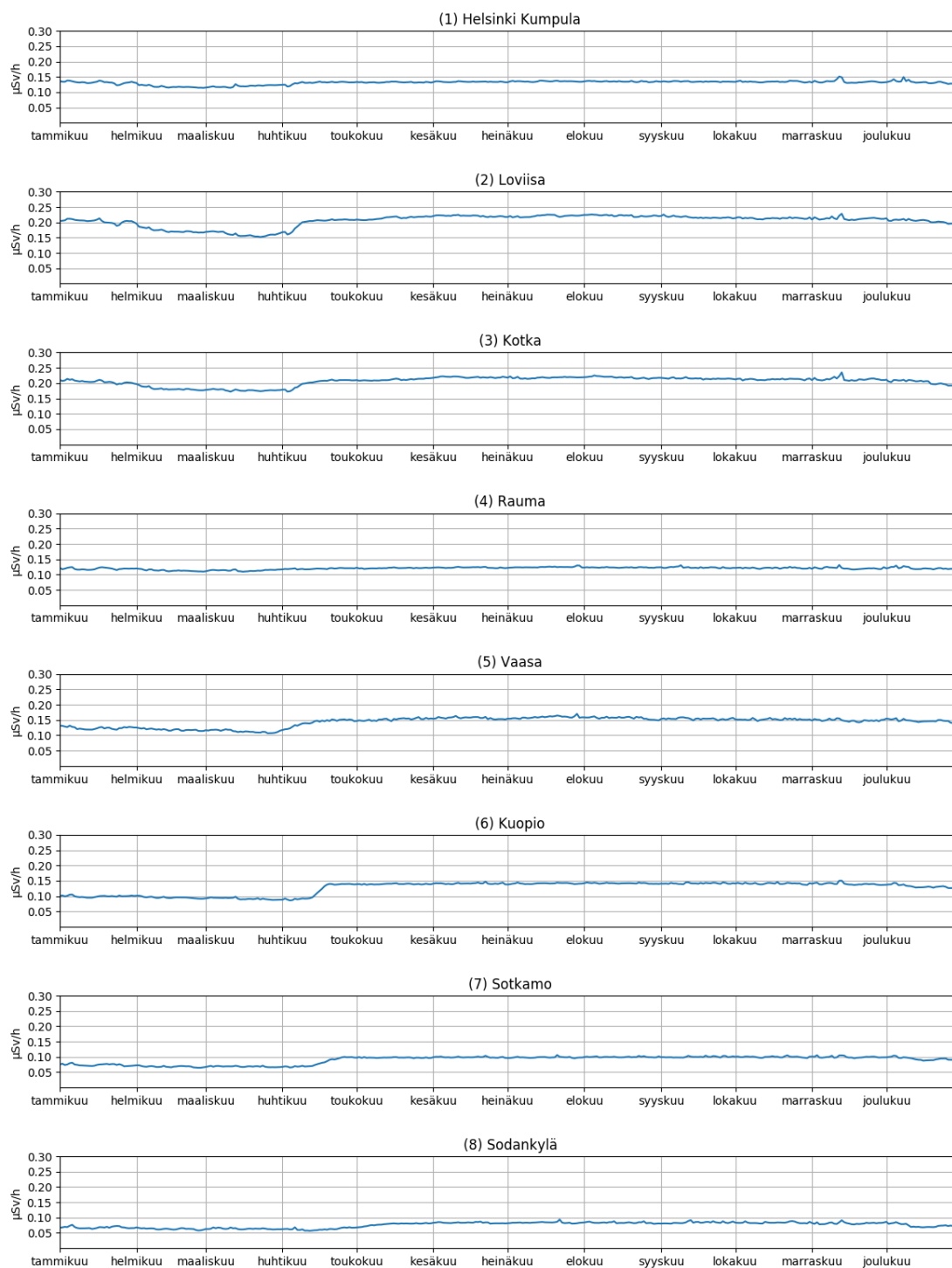
Kuva 3.1. Ulkoisen säteilyn valvontaverkon automaattiset mittausasemat. Punaiset neliösymbolit kuvaavat asemia, joilla on GM-anturin lisäksi LaBr₃-spektrometri. Kuvassa numeroitujen asemien mittaustulokset on esitetty kuvassa 3.3.

Bild 3.1. Automatiska mätstationer i nätet för extern strålning. Röda kvadrater representerar stationer som har både en GM-detektor och en LaBr₃-spektrometer. På bilden numreras de mätstationer, vars mätvärden finns i bild 3.3.

Fig. 3.1. Automatic dose-rate monitoring stations. Red squares indicate stations that have both a GM detector and a LaBr₃ spectrometer. The numbers refer to stations whose results are shown in Fig. 3.3.



Kuva 3.2. Ulkoisen säteilyn valvontaverkon mittausaseman Pernajan anturit.
Bild 3.2. Detektorer vid mätstationen Pernå i övervakningsnätet för extern strålning.
Fig. 3.2. Detectors of the automatic dose-rate monitoring station at Pernaja.



Kuva 3.3. Ulkoisen säteilyn annosnopeus kahdeksalla mittausasemalla vuonna 2018.

Bild 3.3. Externa dosrater vid åtta mätstationer år 2018.

Fig. 3.3. Observed radiation levels at eight monitoring stations in 2018.

Yhteyshenkilö: Tuomas Peltonen, Säteilyturvakeskus (tuomas.peltonen@stuk.fi)

Kontaktperson: Tuomas Peltonen, Strålsäkerhetscentralen (tuomas.peltonen@stuk.fi)

Contact person: Tuomas Peltonen, Radiation and Nuclear Safety Authority (tuomas.peltonen@stuk.fi)

4 Ulkoilman radioaktiiviset aineet

STUK valvoo ulkoilman radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia kahdeksalla paikkakunnalla (kuva 4.1). Molempien ydinvoimalaitosten ympäristössä – Loviisassa ja Olkiluodossa – on neljä voimayhtiöiden valvonta-asemaa. Yhteenvedo voimalaitosten ympäristön säteilyvalvonnasta julkaistaan raporttisarjassa STUK-B.

4.1 Ulkoilman gamma-aktiiviset aineet

Näytteiden keräys

Ulkoilman sisältämiä radioaktiivisia aineita valvotaan pumppaamalla suuria määriä ilmaa radioaktiiviset aineet pidättävien suodattimien läpi. Lasikuitusuodatin kerää radioaktiivisia aineita sisältävät hiukkaset ja aktiivihiihiisuodatin pidättää kaasumaisen radioaktiivisen jodin. Näytteet kerätään tehtävää varten suunnitelluilla kerääjillä (kuva 4.2). Kerääjissä on lasikuitusuodattimeen kertyvää radioaktiivisuutta monitoroiva LaBr_3 -spektrometri. Kerääjässä olevalla spektrometrillä voidaan havaita suodattimelle kertyvät keinotekoiset radioaktiiviset aineet jo näytteen keräyksen aikana, jos aineiden pitoisuus ulkoilmassa on tarpeeksi suuri.

Kerääjien suodattimet vaihdetaan yksi tai kaksi kertaa viikossa kerääjän mallista riippuen ja lähetetään STUKin laboratorioon Helsinkiin analysoitaviksi. STUKilla on myös Kuopiossa suodattimien mittaamiseen tarvittava laitteisto, jolla aseman suodattimet mitataan paikan päällä ja tulokset analysoidaan Helsingissä. STUKin toimipisteessä Helsingissä on automaattilaitteisto joka kerää ja käsittelee suodattimen sekä analysoi ensimmäiset alustavat tulokset automaattisesti. Laite vaihtaa suodattimen vuorokauden välein.

Näytteiden käsittely ja mittaus

Laboratoriossa tehtävällä mittauksella suodattimista voidaan havaita hyvin pienet määrät radioaktiivisia aineita. Suodattimet mitataan gammaspektrometrillä ja spektristä tunnistetaan suodattimeen pidäytyneet radionuklidit. Radioaktiivisten aineiden havaitsemisraja ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) on nuklidikohtainen ja riippuu mm. suodatetusta ilmamäärästä, näytteen sisältämistä muista radioaktiivisista aineista, näytteen iästä, mittausajasta, ilmaisuuden havaitsemistehokkuudesta ja taustasuojasta (taulukko 4.1). Havaitsemisrajat ovat tyypillisesti alle miljardisosia siihen aktiivisuuspitoisuuteen nähden, joka aiheuttaisi väestön suojaustoimenpiteitä. Kerääjissä oleva, suodattimelle kertyvää radioaktiivisuutta mittaava LaBr_3 -spektrometri ei herkkyytensä puolesta riitä korvaamaan suodattimien laboratorioanalyysijä, mutta antaa ensisignaalin mikäli radioaktiivisten aineiden määrät ilmassa ovat riittävän suuria.

Tulokset

Kuvassa 4.3 on esitetty ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuden keskiarvo näytteenkeräysjaksoilla havaintoasemittain. Tšernobylistä peräisin olevaa ^{137}Cs :a havaitaan ulkoilmassa jatkuvasti pieniä määriä. Keväisin havaitaan tyypillisesti muita vuodenaikoja suurempia pitoisuuksia ^{137}Cs :ää, joka johtuu maasta nousevan pölyn mukana kulkeutuneesta vanhasta laskeumasta. Kuvassa 4.4 on esitetty ^{137}Cs aktiivisuuspitoisuuden kuukausikeskiarvot pitkällä aikavälillä Helsingin seudulta. Keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät ulkoilmassa ovat olleet erittäin pieniä, eikä niillä ole ollut terveysvaikutuksia. Vuonna 2018 suomalaiset saivat ulkoilman keinotekoisista radioaktiivisista aineista keskimäärin noin $0,0000001 \text{ mSv}$ säteilyannoksen.

Taulukossa 4.2 on esitetty vuoden 2018 aikana tehdyt poikkeavat keinotekoisien radioaktiivisten aineiden havainnot. Alkuvuodesta tammikuun alusta maaliskuun puoleen väliin havaittiin jodin isotooppia 131 Sodankylää ja Ivaloa lukuun ottamatta kaikilla asemilla kerätyistä näytteistä. Jodi havaittiin myös monissa muissa Euroopan maissa. Huhtikuusta toukokuun loppuun asti havaittiin voimalaitosperäisiä fissio- ja aktivoitumistuotteita Kotkassa kerätyistä näytteistä. Samoja nuklideja havaittiin myös satunnaisesti Helsingissä toukokuussa kerätyissä näytteissä.

4 Radioaktiva ämnen i uteluft

Strålsäkerhetscentralen övervakar halten av luftburna radioaktiva ämnen nära jordytan på åtta orter och försvarsmakten på en ort i Finland (bild 4.1). Nära kärnkraftverken i Lovisa och Olkiluoto har kraftbolagen fyra mätstationer, vars resultat rapporteras i Strålsäkerhetscentralens rapportserie STUK-B.

4.1 Gamma-aktiva ämnen i uteluft

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 ämnen, och ett filter av aktivt kol fångar radioaktiv jodgas. Proven samlas in med en aerosolsamlare som planerats enkom för detta ändamål (bild 4.2). En del av dessa aerosolsamlare har en LaBr_3 -spektrometer som mäter radioaktiviteten i glasfiberfiltret. Ifall halten av radioaktiva ämnen i luften är tillräckligt stor, så kan spektrometern upptäcka dessa medan filtret ännu är i bruk.

Filtren byts ut en eller två gånger i veckan beroende på aerosolsamlarmodellen och sänds till Strålsäkerhetscentralens laboratorium i Helsingfors för att analyseras. Filtren från Kuopios mätstation mäts på plats och resultaten skickas till Helsingfors för analys. I Helsingfors har Strålsäkerhetscentralen utrustning som automatiskt samlar in, hanterar och analyserar preliminära resultat av filtrena. Apparaturen byter filter en gång per dygn.

Hantering och mätning av proven

Med hjälp av noggranna mätningar i laboratorier kan ytterst små mängder radioaktiva ämnen som fastnat i filtren observeras. Filtren mäts med en gammadetektor och radionukliderna identifieras utgående från spektrumet. Observationsgränsen uttrycks i $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ och beror bl.a. på vilken nuklid det gäller, hur stor mängd luft som passerat filtret, andra radioaktiva ämnen i provet, provets ålder, mättiden, detektorns känslighet samt skyddet mot bakgrundsstrålning (tabell 4.1).

Observationsgränserna är i allmänhet under en miljarddel av den koncentrationsnivå som skulle föranleda åtgärder för att skydda befolkningen. Mätssystemen, som finns i en del av aerosolsamlarna och som övervakar halten av radioaktiva ämnen i filtren medan dessa ännu är i bruk, är inte tillräckligt känsliga för att ersätta laboratorieanalyser. Ifall halten av radioaktiva ämnen i luften är tillräckligt stor, så kan spektrometern upptäcka dessa medan filtret ännu är i bruk.

Mätresultat

På bild 4.3 visas medelvärdet för ^{137}Cs -aktivitetshalten under provtagningsperioderna enligt observationsstation. Små halter ^{137}Cs som härstammar från Tjernobyl observeras ständigt. Under våren uppmäts ofta högre halter av ^{137}Cs än under de övriga årstiderna, vilket har att göra med gammalt nedfall som sprids med uppstigande markdamm. På bild 4.4 visas det månatliga medelvärdet för ^{137}Cs aktivitetshalt på lång sikt i Helsingfors. År 2018 fick finländarna i medeltal en stråldos på ca 0,0000001 mSv från konstgjorda radioaktiva ämnen i uteluften.

I tabell 4.2 visas avvikande observationer av artificiella radioaktiva ämnen under 2018. I början av året, från början av januari till mitten av mars observerades isotopen jod-131 i prov från alla stationer förutom Sodankylä och Ivalo. Jod observerades även i många andra europeiska länder. Från april till början av maj observerades fissions- och aktiveringsprodukter från kraftverk i prover från Kotka. Samma nuklider observerades sporadiskt även i prover som samlades i Helsingfors i maj.

4 Airborne radioactive substances

STUK operates eight sampling stations for nationwide monitoring of airborne radioactive substances. The Defence Forces has one station (Fig. 4.1). In addition, four samplers are located around each of the nuclear power plants in Loviisa and Olkiluoto. Their results are reported in STUK-B report series.

4.1 Gamma activity of ground level air

Sampling

Sampling is performed by filtrating large amounts of air. Airborne radioactive particles are deposited on glass fibre filters whereas charcoal filters are used to trap gaseous iodine. Sampling is performed using specially designed samplers (Fig. 4.2). Some of the samplers have been equipped with a LaBr₃-spectrometer to monitor activity depositing on the filter. These spectrometers enable the detection of artificial radioactivity during sample collection if the activity in the outdoor air is high enough.

The filters are changed once or twice a week depending on the sampler type and are sent to STUK laboratory in Helsinki for analysis. In the Kuopio monitoring station STUK has on-site equipment for filter measurements. These measurements are analysed in Helsinki. The sampler at the STUK offices in Helsinki is robotic: sampling, filter processing, analysis of the first preliminary results are done automatically with a one day filter change interval.

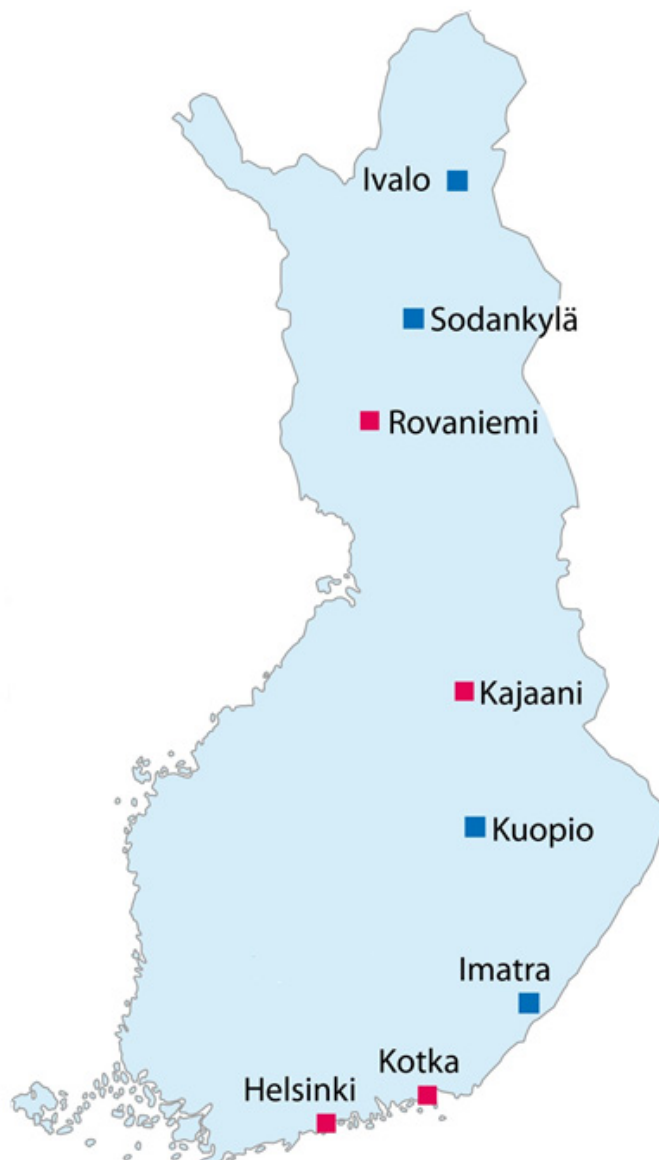
Sample treatment and analysis

Small quantities of radioactive material can be detected in the samples in laboratory analysis. Filters are measured using a high-resolution gamma-ray spectrometer and different radionuclides are identified from the measured spectrum. Nuclide-specific minimum detectable concentrations ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) depend on the filtered air volume, on the activity of other radionuclides in the sample, on the measuring time and the decay time before the measurement, detection efficiency and the background shield (Table 4.1). Detection limits are typically a billion times smaller than the concentrations which may lead to protective actions being taken. The sampler spectrometers monitoring activity depositing on the filter are not sensitive enough to substitute for filter laboratory analysis. However, spectrometers gives first signal if the activity in the outdoor air is high enough.

Results

Figures 4.3 and 4.4 shows the average of ¹³⁷Cs activity content during the sampling periods at each observation station. The ¹³⁷Cs from Chernobyl is constantly detected in outdoor air in small quantities. In spring, higher contents of ¹³⁷Cs were typically observed than in other seasons, which results from old fallout that is carried in dust rising from the ground. Figure 4.5 shows the monthly averages of ¹³⁷Cs activity content in the long term in the Helsinki region. The amounts of artificial radioactive substances in external air have been extremely small, and have had no impact on health. Airborne artificial radioactive substances were estimated to cause a radiation dose of about 0,0000001 mSv per capita in Finland in 2018.

Table 4.2 presents the deviating observations of artificial radioactive substances in 2018. Isotope iodine-131 was detected in samples collected from all the stations, with the exception of Sodankylä and Ivalo, from the beginning of January to mid-March. Iodine was also detected in many other European countries. From April to the end of May, fission and activation products from power plants were found in samples collected in Kotka. The same nuclides were also occasionally found in samples collected in Helsinki in May.



Kuva 4.1. Ulkoilman ja laskeuman sisältämien radioaktiivisten aineiden keräysasemat. STUK ylläpitää asemia ja analysoi niiden näytteet. Punaisella merkityillä asemilla on käytössä suuritehoiset ilmankerääjät ($550 - 900 \text{ m}^3/\text{h}$), sinisellä merkityissä asemilla käytössä on käytössä pienempitehoiset ($150 \text{ m}^3/\text{h}$) ilmankerääjät.

Bild 4.1. Mätstationer för radioaktiva ämnen i uteluft och nedfall. Strålsäkerhetscentralen upprätthåller de stationerna och analyserar proven från dem. De röda stationerna har luftinsamlare med hög effekt ($550 - 850 \text{ m}^3/\text{h}$), de blåa stationernas luftinsamlare har mindre effekt ($150 \text{ m}^3/\text{h}$).

Fig. 4.1. Sampling locations for airborne radioactive substances and deposition. STUK operates the stations. The stations marked with red colour have high-powered air samplers ($550 - 850 \text{ m}^3/\text{h}$) and the stations marked with blue have low-powered air samplers ($150 \text{ m}^3/\text{h}$).



Kuva 4.2. Imatran monitorintiaseman hiukkaskerääjä. Kuvassa näkyy myös Ritva-laskeumakerääjä. Kuvassa vaihdetaan huoltoreissun yhteydessä ilmankerääjän suodatin.

Bild 4.2. Aerosolsamlaren i Imatra. Även nedfallsinsamlaren Ritva syns på bilden. På bilden byts luftinsamlarens filter ut under en underhållsresa.

Fig. 4.2. Air sampler at Imatra monitoring station. Also the deposition sampler Ritva can be seen in the picture. The filter of the air sampler is changed during the maintenance work.

Taulukko 4.1. Hiukkaskerääjien virtausnopeudet, näytteenvaihtotiheydet sekä eräiden radionuklidien tyypilliset havaitsemisrajat. Lisäksi taulukkoon on merkitty onko asemalla suodattimelle kertyvää radioaktiivisuutta monitoroiva laitteisto.

Tabell 4.1. Luftflödet genom filtret, provtagningsfrekvenserna samt typiska observationsgränser för några radionuklider. Tabellen berättar även om stationen mäter filtrena medan dessa ännu är i bruk.

Table 4.1. Flow rates of the air samplers, the sampling frequencies and typical detection limits for some radionuclides. The station's capability to monitor activity deposited on the filter is also marked in the table.

Site	Flow rate (m ³ /h)	Sampling frequency (wk-1)	Typical detection limit (microBq/m ³)			Sampling with on-line monitor
			Cs-134	Cs-137	I-131	
Helsinki*	550	7	2,8	2,8	3,1	yes
Kotka	850	1	0,1	0,1	0,2	yes
Imatra	150	2	0,4	0,4	0,6	yes
Kuopio	150	2	1,2	1,2	1,4	yes
Kajaani	850	1	0,1	0,1	0,2	yes
Rovaniemi	850	1	0,1	0,1	0,2	yes
Sodankylä	150	2	0,4	0,4	0,7	yes
Ivalo	150	2	0,3	0,3	0,6	yes

* Helsingin korkeampi määritysraja johtuu lyhyemmästä mittausajasta ja kerätystä ilmamäärästä.

* Observationsgränsen är högre i Helsingfors på grund av den kortare mättiden och mängden insamlad luft.

* The higher detection limit of Helsinki is due to shorter measurement time and the collected air volume.

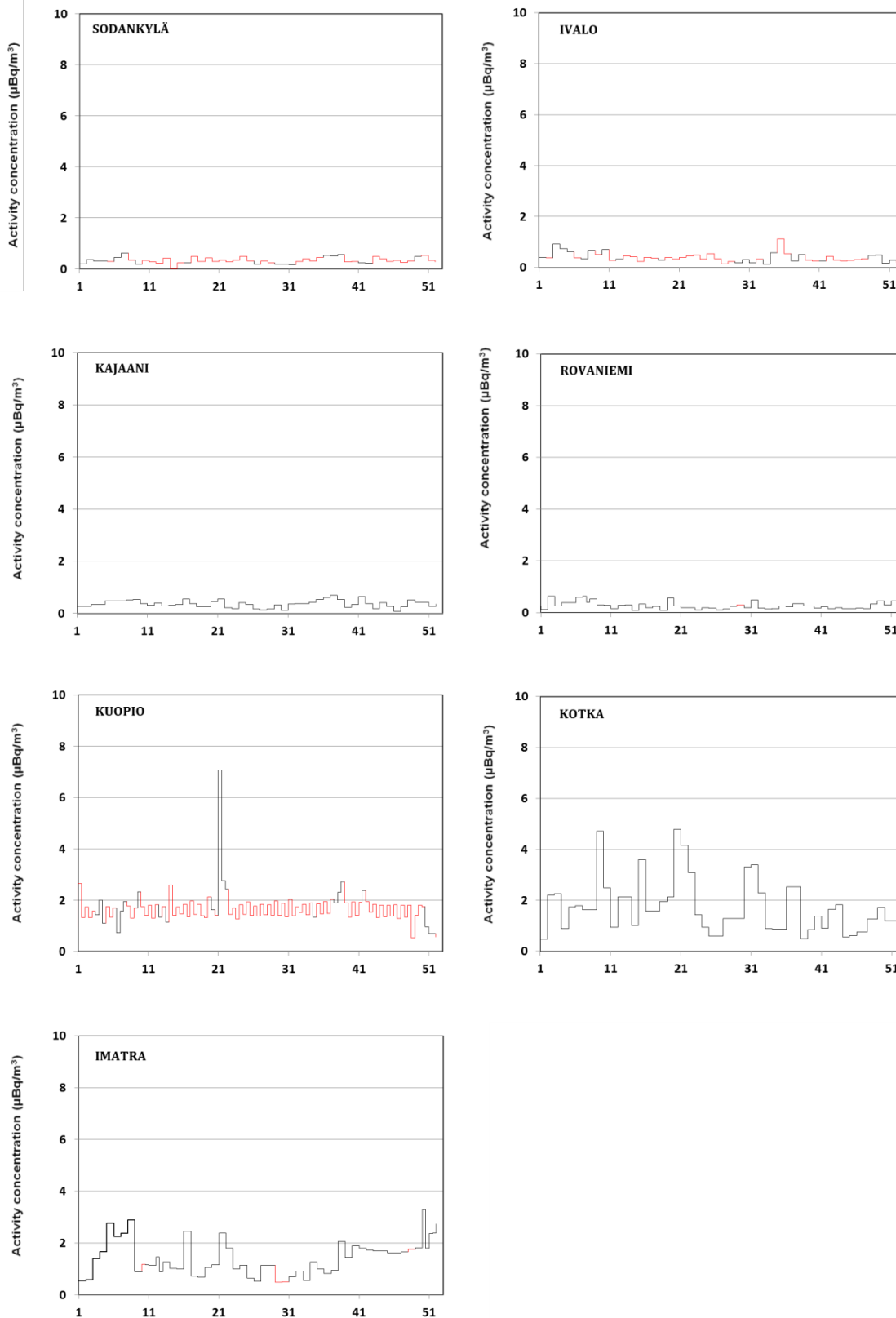
Taulukko 4.2. Hiukkaskeräysasemilla vuonna 2018 tehdyt poikkeavat keinotekoisien radioaktiivisten aineiden havainnot.

Tabell 4.2. Observationer av de avvikande artificiella radionukliderna i uteluften år 2018.

Table 4.2. Observations of unusual artificial radionuclides in outdoor air during the year 2018.

Site	Nuklidi	Sampling period	Average concentration microBq/m ³ (two sigma uncertainty %)
Kajaani	¹³¹ I	15.1. – 22.1.2018	0.3 (31)
Kotka	¹³¹ I	15.1. – 22.1.2018	1.0 (21)
Kajaani	¹³¹ I	5.2. – 12.2.2018	0.9 (22)
Imatra	¹³¹ I	5.2. – 12.2.2018	1.6 (37)
Kotka	¹³¹ I	5.2. – 12.2.2018	0.8 (16)
Helsinki	¹³¹ I	8.2. – 15.2.2018	0.7 (33)
Rovaniemi	¹³¹ I	11.2. – 19.2.2018	0.6 (54)
Imatra	¹³¹ I	12.2. – 19.2.2018	1.7 (36)
Kuopio	¹³¹ I	15.2. – 19.2.2018	0.5 (22)
Kotka	¹³¹ I	15.2. – 26.2.2018	0.3 (18)
Helsinki	¹³¹ I	1.3. – 8.3.2018	0.9 (37)
Kajaani	¹³¹ I	5.3. – 12.3.2018	1.3 (19)
Kotka	¹³¹ I	5.3. – 12.3.2018	2.7 (11)
Kuopio	¹³¹ I	8.3. – 12.3.2018	1.8 (50)
Helsinki	¹³¹ I	8.3. – 15.3.2018	0.7 (46)
Rovaniemi	¹³¹ I	16.3. – 19.3.2018	0.7 (15)
Kotka	⁵⁴ Mn	2.4. – 9.4.2018	0.1 (36)
Kotka	⁵⁹ Fe	2.4. – 9.4.2018	0.2 (60)
Kotka	⁶⁰ Co	2.4. – 9.4.2018	0.1 (37)
Kotka	⁵⁴ Mn	9.4. – 16.4.2018	1.0 (17)
Kotka	⁵⁸ Co	9.4. – 16.4.2018	2.5 (12)
Kotka	⁵⁹ Fe	9.4. – 16.4.2018	0.5 (21)
Kotka	⁶⁰ Co	9.4. – 16.4.2018	0.7 (15)
Kotka	⁹⁵ Nb	9.4. – 16.4.2018	0.3 (29)
Kotka	¹⁰³ Ru	9.4. – 16.4.2018	0.2 (29)
Kotka	¹³⁴ Cs	9.4. – 16.4.2018	0.4 (24)
Kotka	⁵⁴ Mn	16.4. – 23.4.2018	0.3 (24)
Kotka	⁵⁸ Co	16.4. – 23.4.2018	0.2 (34)
Kotka	⁵⁹ Fe	16.4. – 23.4.2018	0.5 (23)
Kotka	⁶⁰ Co	16.4. – 23.4.2018	0.2 (33)
Kotka	⁹⁵ Nb	16.4. – 23.4.2018	0.1 (41)
Kotka	⁵⁴ Mn	23.4. – 3.5.2018	0.4 (15)
Kotka	⁵⁹ Fe	23.4. – 3.5.2018	0.5 (13)
Kotka	⁶⁰ Co	23.4. – 3.5.2018	0.9 (8)
Kotka	⁹⁵ Zr	23.4. – 3.5.2018	0.3 (15)
Kotka	⁹⁵ Nb	23.4. – 3.5.2018	0.5 (16)
Kotka	¹⁰³ Ru	23.4. – 3.5.2018	0.4 (14)
Kotka	¹³⁴ Cs	23.4. – 3.5.2018	0.9 (8)
Kotka	¹⁴¹ Ce	23.4. – 3.5.2018	0.2 (30)

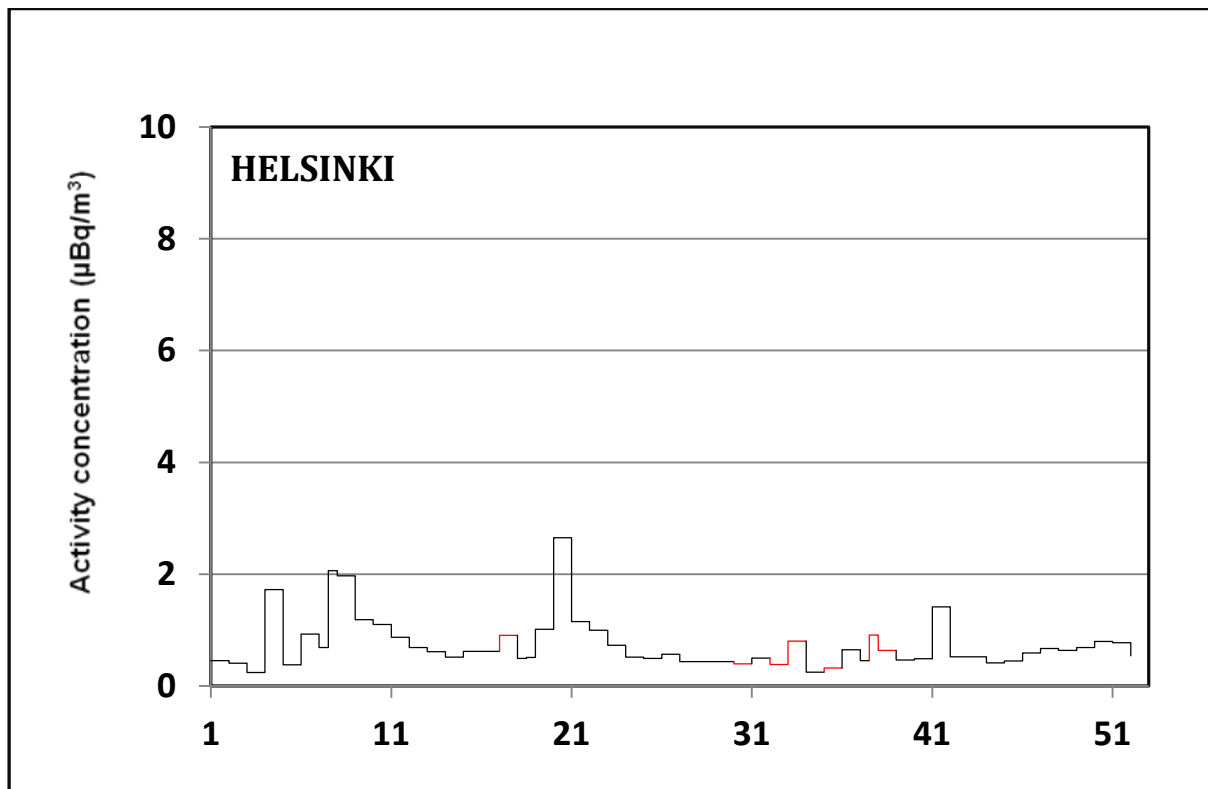
Site	Nuklidi	Sampling period	Average concentration microBq/m ³ (two sigma uncertainty %)
Kotka	⁴⁶ Sc	3.5. – 14.5.2018	0.2 (28)
Kotka	⁵⁹ Fe	3.5. – 14.5.2018	0.3 (30)
Kotka	⁶⁰ Co	3.5. – 14.5.2018	1.5 (11)
Helsinki	⁶⁰ Co	3.5. – 9.5.2018	0.6 (37)
Helsinki	⁶⁰ Co	9.5. – 17.5.2018	1.7 (15)
Kotka	⁶⁰ Co	16.5. – 29.5.2018	0.2 (20)
Kuopio	¹³¹ I	21.5. – 24.5.2018	2.4 (51)
Imatra	⁶⁰ Co	11.6. – 18.6.2018	0.6 (35)
Kotka	⁶⁰ Co	11.6. – 18.6.2018	0.2 (26)
Kotka	⁶⁰ Co	27.8. – 17.9.2018	0.1 (28)
Kotka	¹³¹ I	27.8. – 17.9.2018	0.3 (45)
Helsinki	¹³¹ I	6.9. – 13.9.2018	1.2 (26)
Kotka	⁶⁰ Co	30.10. – 5.11.2018	0.3 (17)



Kuva 4.3. ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuksien viikkokeskiarvot ulkoilmassa eri valvonta-asetilla vuonna 2018. Punaisella värillä merkityillä jaksoilla ^{137}Cs ei ole havaittu ja kuvaan merkitty lukuarvo on puolet havaitsemisrajasta. Keväällä ^{137}Cs -pitoisuuksissa esiintyy keskimääräistä suurempia arvoja maan pinnalta kohoavan pölyn vuoksi.

Bild 4.3. Veckomedeltal av ^{137}Cs -koncentrationer i uteluften på olika mätstationer år 2018. Under perioderna märkta med rött har inget ^{137}Cs upptäckts och värdet i tabellen motsvarar hälften av observationsgränsen. På våren förekommer högre ^{137}Cs -koncentrationer på grund av damm från jordytan.

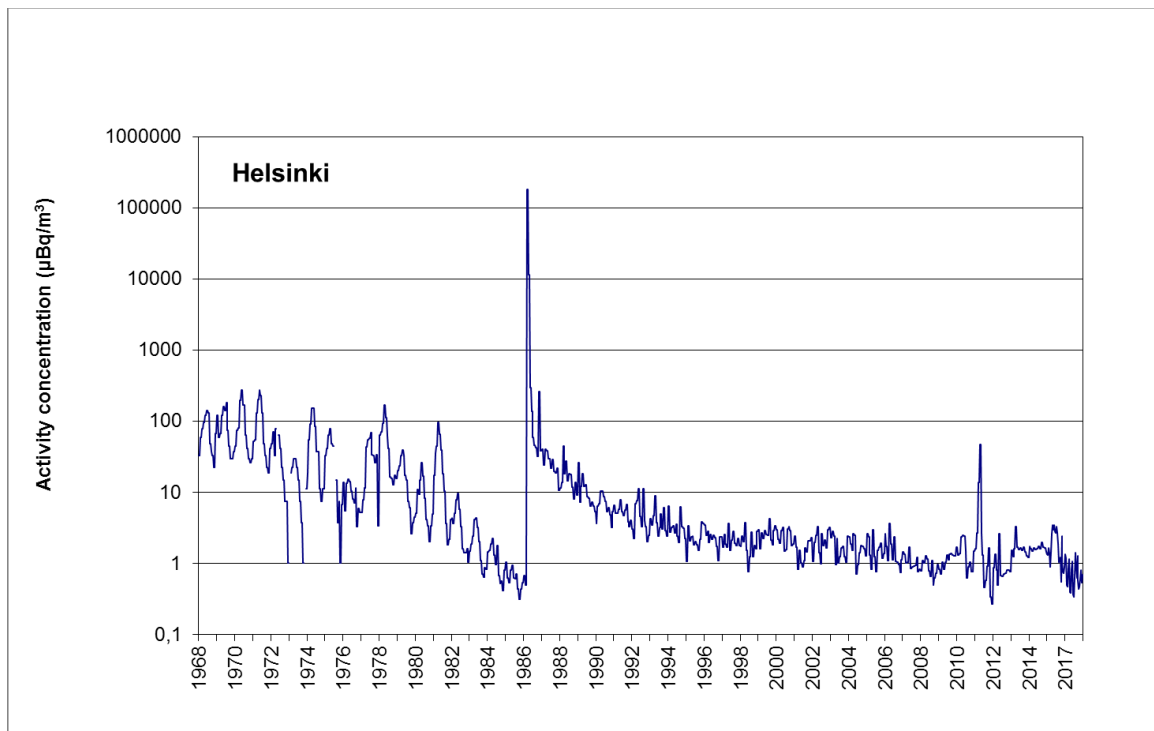
Fig. 4.3. Weekly averages of airborne ^{137}Cs activity concentrations at different monitoring stations in 2018. During the periods marked with red ^{137}Cs was not observed and the value shown in the graph is half of the detection limit. In the spring time higher than average ^{137}Cs concentrations are detected due to dust rising from the ground.



Kuva 4.4. Ilman ¹³⁷Cs-aktiivisuuspitoisuuden viikkokeskiarvo Helsingin asemalla vuonna 2018. Punaisella värillä merkityillä jaksoilla ¹³⁷Cs ei ole havaittu ja kuvaan merkitty lukuarvo on puolet havaitsemisrajasta. Keväällä ¹³⁷Cs-pitoisuuksissa esiintyy keskimääräistä suurempia arvoja maan pinnalta kohoavan pölyn vuoksi.

Bild 4.4. Veckomedelvärdet för ¹³⁷Cs-koncentrationen i luften i mätstationen i Helsingfors år 2018. Under perioderna märkta med rött har inget ¹³⁷Cs upptäckts och värdet i tabellen motsvarar hälften av observationsgränsen. På våren förekommer högre ¹³⁷Cs-koncentrationer på grund av damm från jordytan.

Fig. 4.4. The weekly average of ¹³⁷Cs activity concentration in 2018 at Helsinki station. During the periods marked with red ¹³⁷Cs was not observed and the value shown in the graph is half of the detection limit. In the spring time higher than average ¹³⁷Cs concentrations are detected due to dust rising from the ground.



Kuva 4.5. Ilman ¹³⁷Cs-aktiivisuuspitoisuuden kuukausikeskiarvot Helsingin seudulla vuosina 1968 – 2018. Ennen Tšernobylin onnettomuutta (v. 1986) esiintyvä ¹³⁷Cs on peräisin ilmakehässä tehdyistä ydinasekokeista. Tälle laskeumalle on tyypillistä kuvassa näkyvä vuodenaikaisvaihtelu. Fukushima Daiichin ydinvoimalaitosonnettomuus näkyy piikkinä vuoden 2011 alussa.

Bild 4.5. Månadsmedeltal för ¹³⁷Cs-koncentrationen i Helsingforsregionen år 1968 – 2018. ¹³⁷Cs som förekom före Tjernobyl olyckan (år 1986) härstammar från kärnvapenprov i atmosfären. Årstidsvariationerna som framgår ur bilden är typiska för detta gamla nedfall. Fukushima Daiichi olyckan syns som en pik i början av 2011.

Fig. 4.5. Airborne activity concentrations of ¹³⁷Cs in Helsinki in 1968 – 2018. Before the Chernobyl accident in 1986, ¹³⁷Cs originated from atmospheric nuclear weapon tests. The regular seasonal fluctuation seen in the figure was typical for this old deposition. Fukushima Daiichi accident is seen as a peak at the beginning of year 2011.

4.2 Ulkoilman kokonaisbeeta-aktiivisuus

Ilmatieteen laitos on seurannut pintailman kokonaisbeeta-aktiivisuutta vuodesta 1959. Vuonna 2018 toiminnassa oli yhdeksän viikkonäytteitä keräävää asemaa (kuvat 4.6 ja 4.7).

Näytteiden keräys

Näytteet kerätään imemällä ulkoilmaa suodattimien läpi. Suodattimet vaihdetaan maanantaiaamuisin kello 8 Suomen talviaikaa. Keräinlaitteistossa käytetään kahta suorakaiteen muotoista paperi- tai lasikuitusuodatinta, joiden koko on 120 mm x 140 mm. Viikossa suodatettu ilmamäärä paperisuodattimilla on noin 800 m³ ja lasikuitusuodattimilla noin 4000 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 mahdollisista keinotekoisista radioaktiivisista aineista. Mittaukset tehdään automaattisella alfa/beeta-analysaattorilla, jossa ilmaisimina käytetään verrannollisuuslaskureita.

Tulokset

Kuvassa 4.8 on esitetty ulkoilman pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden viikottaiset pitoisuudet yhdeksällä seuranta-aseamalla vuonna 2018. Käyrät kuvaavat lähinnä ²¹⁰Pb:n pitoisuutta pintailmassa. Koska ilmakehän ²¹⁰Pb on peräisin maaperästä ilmakehään siirtyneestä ²²²Rn:sta, riippuu ²¹⁰Pb:n pitoisuus suursäätilanteesta eli ilmamassojen stabiilisuudesta ja alkuperästä. Korkeimmat pitoisuudet ovat mantereellisissa ilmamassoissa ja pienimmät merellisissä ja arktisissa ilmamassoissa. Vuoden 2018 aikana ei seurantaohjelman puitteissa havaittu poikkeuksellista kokonaisbeeta-aktiivisuutta ilmassa.

4.2 Total beta aktivitet i uteluft

Meteorologiska institutet har mätt total betaaktivitet i luften nära markytan sedan år 1959. På nio stationer samlades aerosolprov varje vecka under året 2018 (bilder 4.6 och 4.7).

Provtagning

Proven tas genom att luften sugas genom filter. Filtren byts varje måndag klockan 8 enligt finsk vintertid. I apparaten används två rektangelformiga filter, som består av papper eller glasfiber och som har dimensionen 120 x 140 mm. Luftmängden är ca 800 m³ i veckan genom pappersfiltret och ca 4000 m³ i veckan genom glasfiberfiltret.

Mätning av proven

Aerosolprovets totala betaaktivitet mäts ca fem dagar efter att 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 eventuella konstgjorda radioaktiva ämnen. Mätningarna utförs med en automatisk alfa/beta-analysator med proportionalitetsräknare.

Mätresultat

I bild 4.8 visas koncentrationer av långlivad betaaktivitet på nio bevakningsstationer under året 2018. 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 2018.

4.2 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 nine stations in 2018, using filter sampling (Figures 4.6 and 4.7).

Sample collection

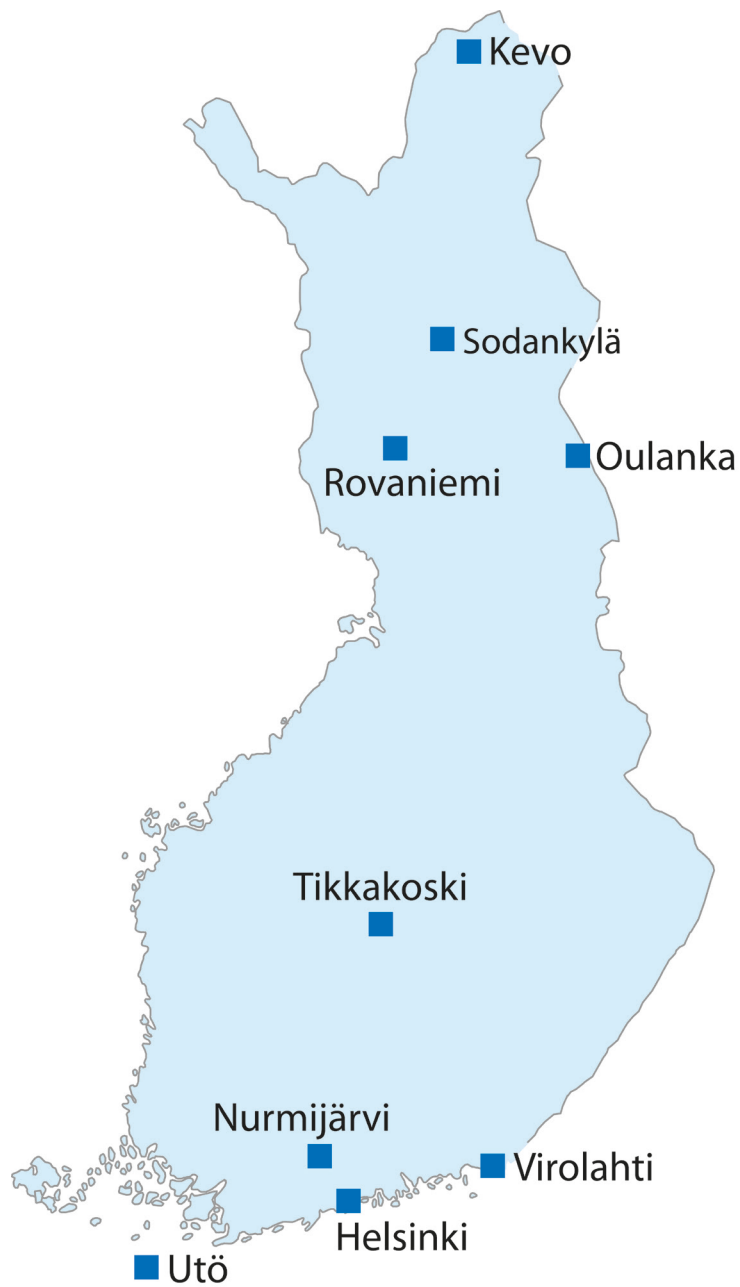
Filters of the samplers operating on a weekly cycle are changed every Monday at 06 UTC. The sampling equipment uses two rectangular paper or glass fibre filters with a filtering area of 120 mm x 140 mm. The weekly air volumes are 800 m³ and 4000 m³ for paper and glass fibre filters, respectively.

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 five monitoring stations in 2018 are presented in figure 4.8. 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 2018 within the FMI's monitoring programme.



Kuva 4.6. Seuranta-asemat vuonna 2018.

Bild 4.6. Bevakningsstationerna under året 2018.

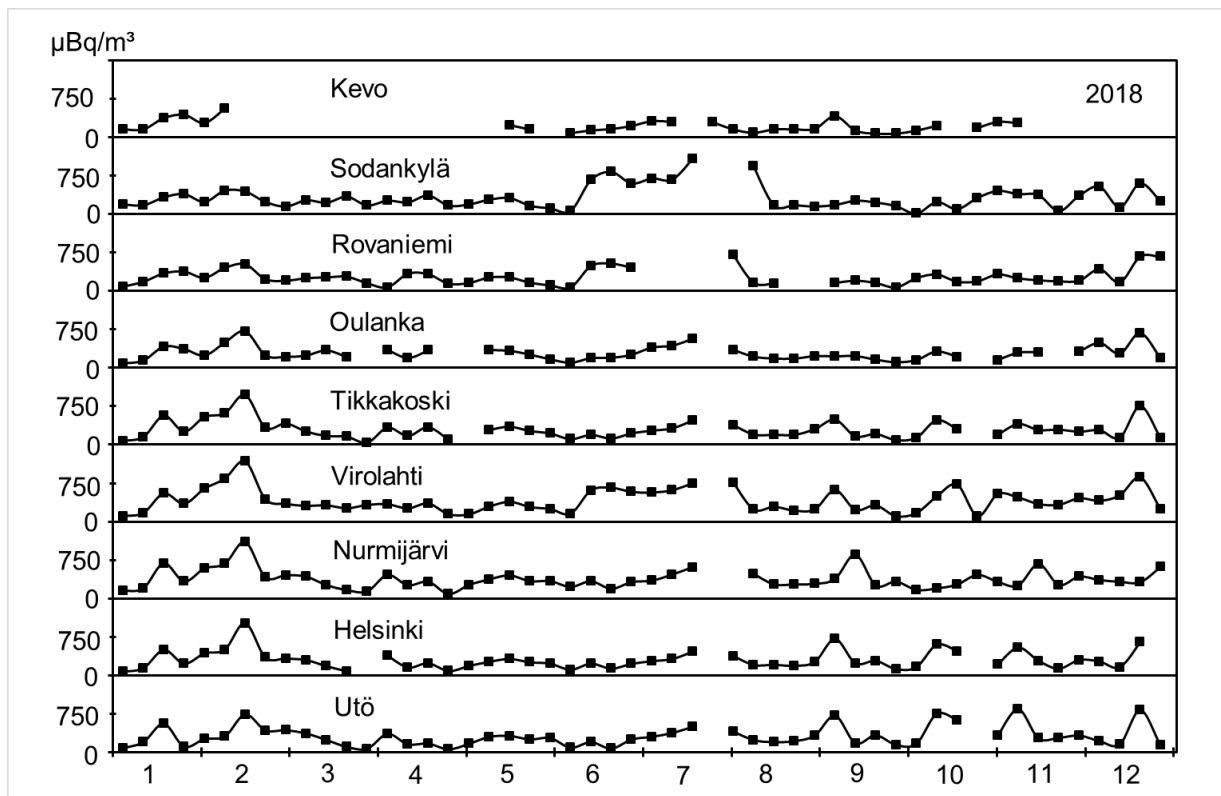
Fig. 4.6. Monitoring stations in 2018.



Kuva 4.7. Turun yliopiston Lapin tutkimuslaitos Kevo. Punainen nuoli osoittaa kohti Ilmatieteen laitoksen seuranta-asemaa.

Bild 4.7. Åbo Universitets Lapplands forskningsinstitut Kevo. Den röda pilen pekar på Meteorologiska institutets bevakningsstation.

Fig. 4.7. Kevo Subarctic Research Institute of the University of Turku. The red arrow points to the FMI's monitoring station.



Kuva 4.8. Aerosolin pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden pitoisuudet ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) vuonna 2018.

Bild 4.8. Koncentrationer ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) av långlivad betaaktivitet i aerosoler år 2018.

Fig. 4.8. Concentrations of aerosol-bound long-lived gross beta activity ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) in 2018.

Ulkoilman gamma-aktiivisuus:

Yhteyshenkilö: Tero Karhunen, Säteilyturvakeskus (tero.karhunen@stuk.fi)

Kontaktperson: Tero Karhunen, Strålsäkerhetscentralen (tero.karhunen@stuk.fi)

Contact person: Tero Karhunen, Radiation and Nuclear Safety Authority (tero.karhunen@stuk.fi)

Ulkoilman beeta-aktiivisuus:

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

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

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

5 Laskeuman radioaktiiviset aineet

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

Näytteiden keräys

Laskeumanäytteitä kerätään jatkuvasti samoilla kahdeksalla paikalla kuin ilmanäytteitä (kuva 4.1). Näytteen keräysjakso on tavallisesti yksi kuukausi. 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 (kuva 4.2).

Näytteiden käsittely ja analysointi

Gammamittaukseen menevät näytteet yhdistetään neljännesvuosinäytteiksi ja ⁹⁰Sr yhdistetään vuosinäytteeksi. Näytteisiin lisätään stabiilia strontiumia ja cesiumia kantaja-aineiksi, ja näytteet tehdään happamiksi typpihapolla. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla lämpölampun alla ja haihdutusjäännökset tuhitetaan. Gammasäteilyä lähettävät keinotekoiset radioaktiiviset aineet analysoidaan gammaspektrometrisesti tuhitetusta näytteestä. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, minkä jälkeen ⁹⁰Sr määritetään tytärnuklidinsa ⁹⁰Y:n kautta matalataustaisella verrannollisuuslaskurilla.

Kahden aseman sadevesinäytteistä määritetään gammasäteilyä lähettävien radioaktiivisten aineiden lisäksi myös tritium (³H) pitoisuudet. Näytteet tislataan ja ³H mitataan nestetuikespektrometrilla.

Tulokset

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

Taulukossa 5.1 on esitetty ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-laskeumat vuonna 2018. Kuukausilaskeumat eri paikkakunnilla olivat pienet, useilla asemilla alle havaitsemisrajan. Yleisimmin käytetyillä mittausajoilla ¹³⁷Cs:n havaitsemisraja on noin 0,1 Bq/m². Havaitsemista voidaan parantaa pidentämällä mittausaikaa. ⁹⁰Sr:n havaitsemisraja on noin 0,05 Bq/m². Kuvassa 5.1 on ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-laskeumat Helsingin seudulla vuodesta 1960 alkaen ja kuvassa 5.2 on ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-laskeumat Rovaniemen seudulla vuodesta 1972 alkaen. Ennen vuotta 1986 havaitun laskeuman radioaktiiviset aineet ovat peräisin ilmakehään tehdyistä ydinasekokeista. Tälle laskeumalle on tyypillistä kuvissa näkyvä vuodenaikaisvaihtelu. Sadeveden tritiumpitoisuudet vuonna 2018 olivat pienet, yleensä 1 – 2 Bq/l (kuva 5.3).

5 Radioaktiva ämnen i nedfall

Med radioaktivt nedfall avses radioaktiva ämnen som fallit ner på marken eller i vattnet som dammkorn eller i form av regn. Genom att analysera nedfallsprov får man uppgifter om mängden av radioaktiva ämnen på olika håll i landet. Dessa uppgifter är en utgångspunkt för forskning och avveckling om vandringsen av radioaktiva ämnen i marken och i vattendrag.

Provtagning

Nedfallsprov insamlas fortlöpande på samma åtta orter där man tar luftprov (bild 4.1). Provtagningen pågår vanligtvis en månad åt gången. Nedfallsproven tas med en apparat av rostfritt stål med en uppsamlingsyta på 0,07 m². Apparaten skiljer inte på torrt nedfall och vått nedfall som kommit med regn, utan proven slås ihop. På vintern underlättas provtagningen av ett uppvärmningsmotstånd i apparaten, vilket håller provet i smält form och garanterar att all snö som faller på provkärlet kommer med i provet (bild 4.2).

Hantering och analys av proven

De prov som mäts för gammastrålning sammanslås kvartalsvis och ⁹⁰Sr-proven årsvis. Man tillsätter stabilt strontium och cesium som bärare och proven försuras med salpetersyra. Proven koncentreras genom att låta dem indunsta under värmelampa, varefter de föraskas. De konstgjorda radioaktiva ämnen som ger gammastrålning analyseras med gammaskpektrometer ur de föraskade proven. Strontium avskiljs från proven med extraktionskromatografi, varefter mängden ⁹⁰Sr bestäms genom att mäta dotternukliden ⁹⁰Y i en proportionalitetsräknare med låg bakgrundsstrålning.

I regnvattenprov från två stationer bestäms utöver gammastrålande ämnen även tritium-halten (³H). Proven destilleras och ³H-halten mäts med vätskescintillationsspektrometer.

Resultat

¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr som man sett i nedfallsproven efter 1986 härrör huvudsakligen från Tjernobylyolyckan. De radioaktiva ämnen som kommit med nedfallet rör sig lokalt och en liten del av dem hamnar på nytt i luften.

I tabell 5.1 visas nedfallet av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr år 2018. Det månatliga nedfallet på de olika orterna var små, vid många mätstationer under detektionsgränsen. Med de vanligaste mättiderna blir detektionsgränsen för ¹³⁷Cs 0,1 Bq/m². Detektionsmöjligheterna kan förbättras genom att förlänga mättiden. Detektionsgränsen för ⁹⁰Sr är ungefär 0,05 Bq/m². Bild 5.1 visar nedfallet av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr i Helsingforsregionen från och med år 1960 och bild 5.2 visar nedfallet av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr i Rovaniemiregionen från och med år 1972. Nedfallet före år 1986 härrör från kärnvapenprov i atmosfären. Typiskt för detta nedfall är årstidsvariationerna som framgår av bilden. I övrigt var tritiumhalterna låga år 2018, vanligtvis 1 – 2 Bq/l (bild 5.3).

5 Radionuclides in deposition

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

Sampling

Deposition samples are collected continuously at eight sites, which are the same sites as for air sampling (Fig. 4.1). The usual sampling period is one month. The sampling 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 are collected together. In order to facilitate sampling in wintertime, there is a light heating resistor inside the collector that melts the snow and ice accumulated in the funnel thus ensuring it is included in the sample (Fig. 4.2).

Pre-treatment and analyses

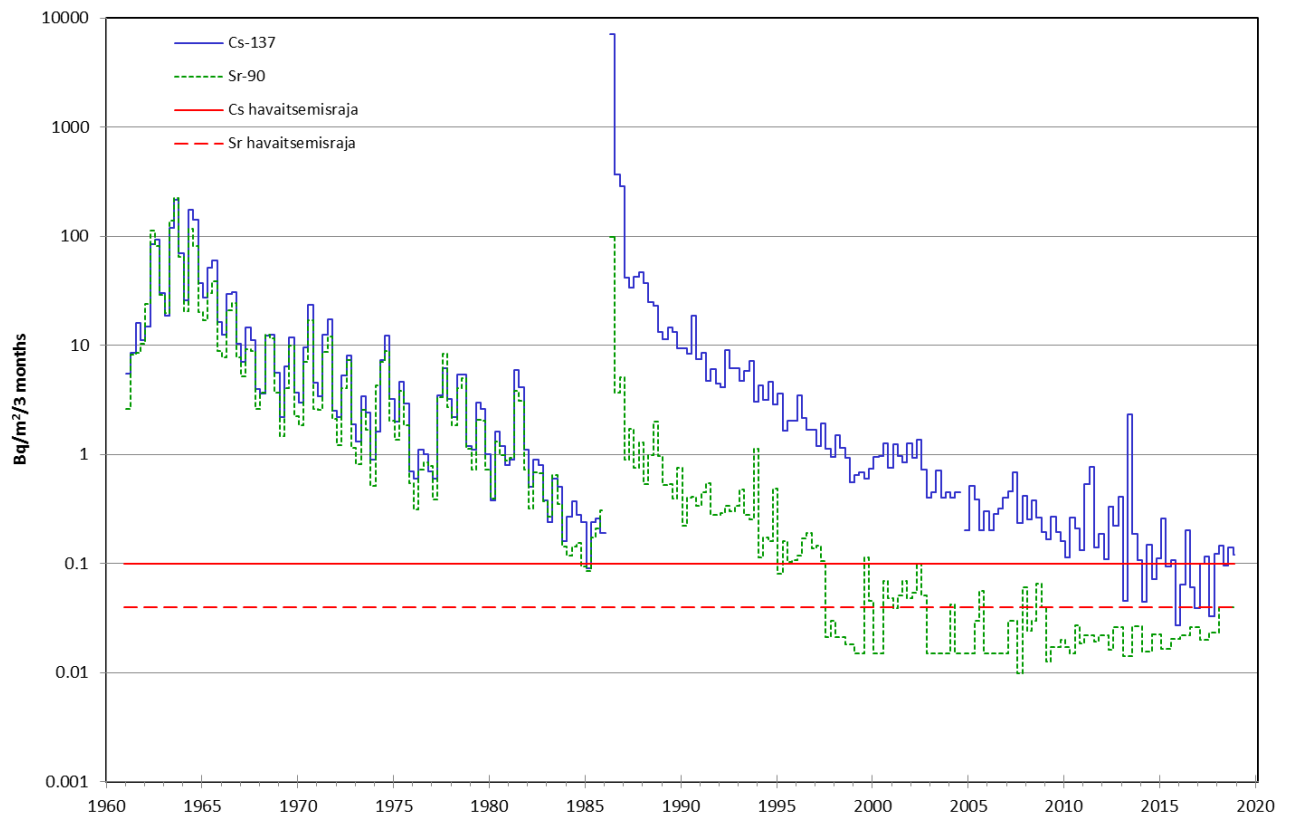
The gamma-emitting nuclides are combined in quarterly samples and ⁹⁰Sr in the annual combined samples for gamma measurement.

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 evaporating them under infrared thermal lamps, and the residues are ashed. The ashed samples are analysed for artificial 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. In addition to gamma-emitting radionuclides, concentrations of tritium (³H) are determined in rainwater samples from two stations. The samples are distilled and then measured with liquid scintillation spectrometry.

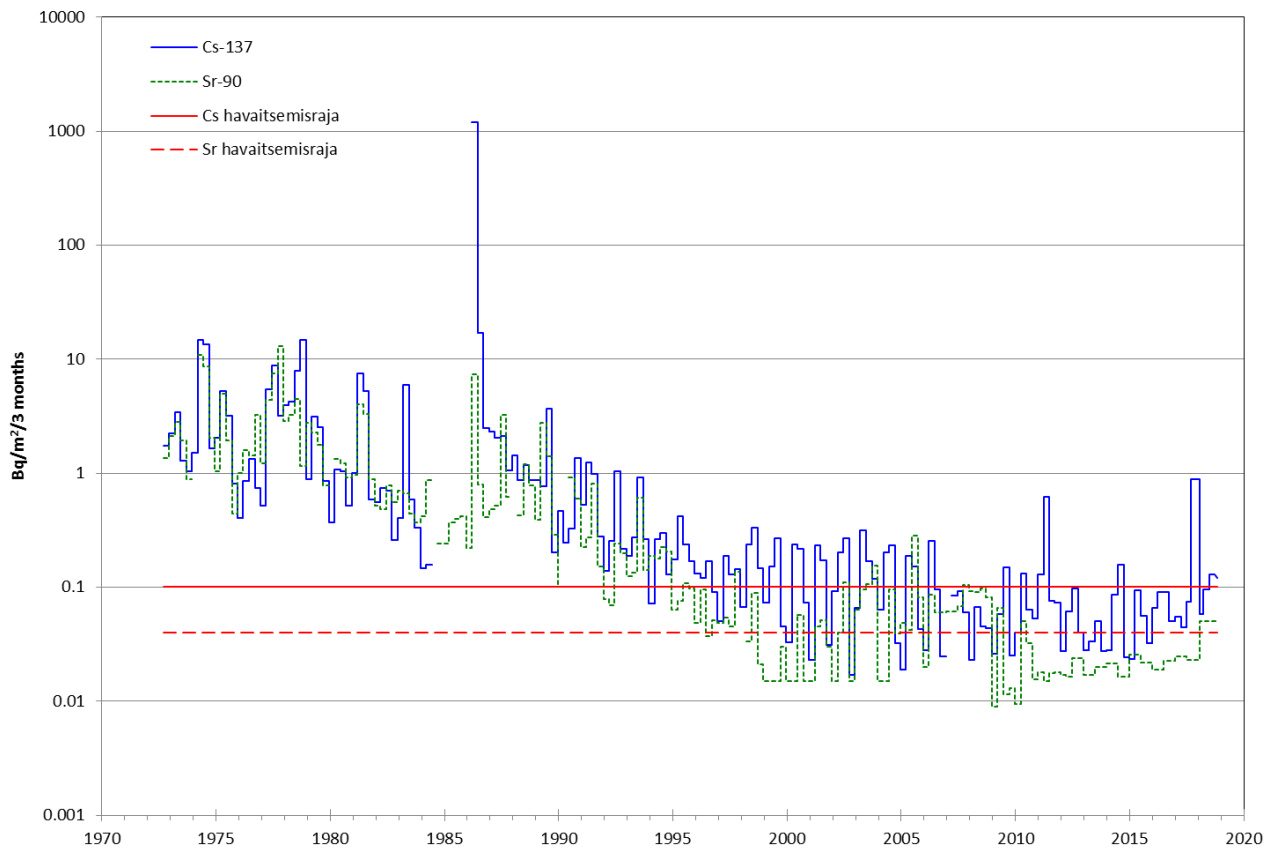
Results

The amounts of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr observed in the deposition samples after 1986 originate mainly from the Chernobyl accident. The deposited radionuclides circulate locally, and a small amount may end up back in the air.

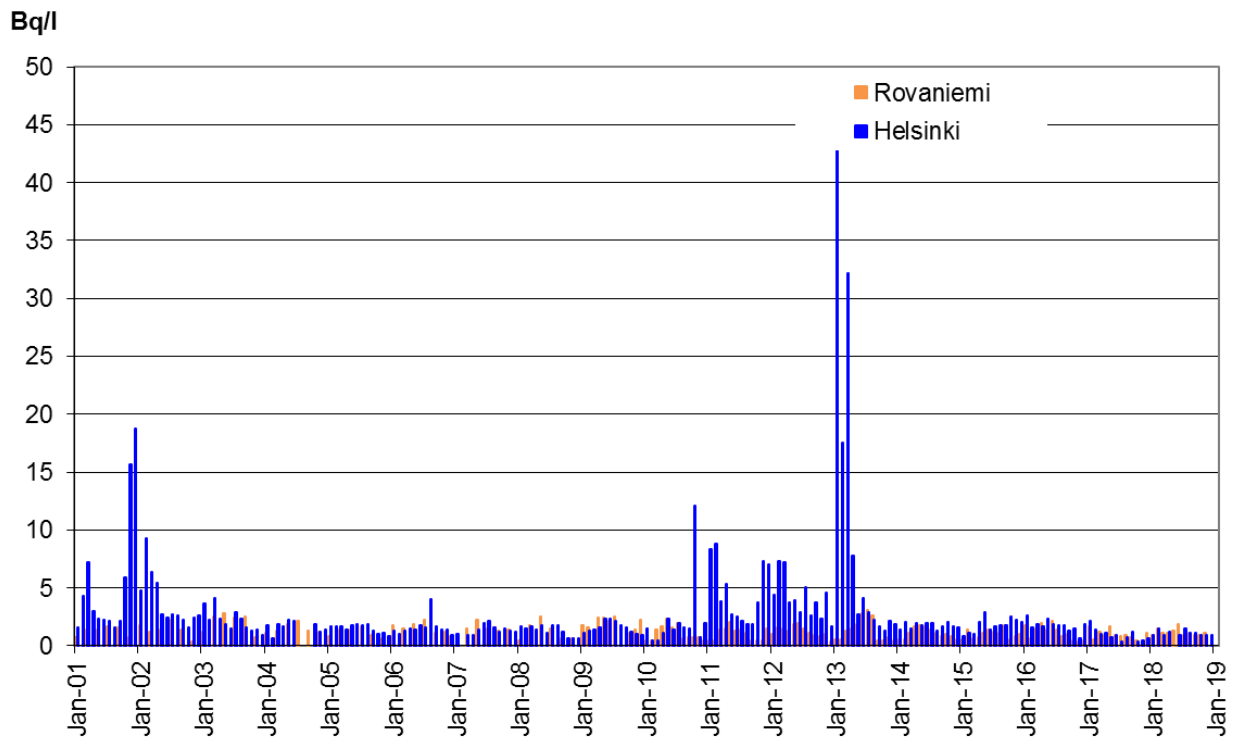
Table 5.1 shows the depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in 2018. The monthly depositions at the different sites were low, and at some stations were below the detection limit. The most commonly used counting times give ¹³⁷Cs a detection limit of approximately 0,1 Bq/m². The detection limit can be lowered using longer counting times. The detection limit of ⁹⁰Sr is approximately 0,05 Bq/m². Figure 5.1 presents the depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the Helsinki area since 1960 and figure 5.2 presents the depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the Rovaniemi area since 1972. As the figure 5.1 illustrates, before 1986 the regular seasonal fluctuation is typical of this stratospheric deposition. In 2018, the concentrations of tritium in rainwater were low, typically 1 – 2 Bq/l (Fig. 5.3).



Kuva 5.1. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -laskeumat Helsingin seudulla 1960 – 2018.
Bild 5.1. Nedfall av ^{137}Cs och ^{90}Sr i Helsingforsregionen, 1960 till 2018.
Fig. 5.1. Depositions of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the Helsinki area, 1960 – 2018.



Kuva 5.2. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -laskeumat Rovaniemellä 1972 – 2018.
Bild 5.2. Nedfall av ^{137}Cs och ^{90}Sr i Rovaniemi, 1972 till 2018.
Fig. 5.2. Depositions of ^{137}Cs and ^{90}Sr in Rovaniemi, 1972 – 2018.



Kuva 5.3. Tritiumpitoisuudet (Bq/l) Helsingin ja Rovaniemen sadevesinäytteissä 2001 – 2018.

Bild 5.3. Halter av tritium (Bq/l) i regnvatten i Helsingfors och i Rovaniemi, 2001 till 2018.

Fig. 5.3. Activity concentrations (Bq/l) of tritium (^3H) in rainwater in Helsinki and Rovaniemi, 2001 – 2018.

Taulukko 5.1. ^{137}Cs - laskeumien neljännesvuosi- ja ^{90}Sr -laskeumien puolivuosisummat eri paikkakunnilla vuonna 2018 (Bq/m^2).

Tabell 5.1. Nedfall av ^{137}Cs under kvartalen och ^{90}Sr under året på olika orter år 2018 (Bq/m^2).

Table 5.1. Quarterly depositions of ^{137}Cs and annual depositions of ^{90}Sr at various stations in 2018 (Bq/m^2).

	^{137}Cs				^{90}Sr
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	1.1 – 31.12.
Helsinki	0.2	0.1	<0.1	0.1	<0.05
Imatra	0.2	0.2	0.1	0.2	0.30
Ivalo	<0.1	<0.2	<0.1	<0.1	<0.05
Kajaani	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.18
Kotka	0.3	0.4	0.5	0.4	0.10
Kuopio	0.1	0.2	0.1	<0.2	<0.05
Rovaniemi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.05
Sodankylä	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	0.10

Yhteyshenkilö: Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

Kontaktperson: Kaisa Vaaramaa, Strålsäkerhetscentralen (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

Contact person: Kaisa Vaaramaa, Radiation and Nuclear Safety Authority (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

6 Pintaveden radioaktiiviset aineet

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

Näytteenotto

Pintavesinäytteitä otetaan kerran vuodessa neljän suuren joen, Kymijoen, Kokemäenjoen, Oulujoen ja Kemijoen, suista (kuva 6.1).

Näytteiden käsittely ja analysointi

Laboratoriossa näytteisiin lisätään stabiilia strontiumia ja cesiumia kantaja-aineksiksi, ja näytteet tehdään happamiksi typpihapolla. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla lämpölamppujen alla kuiviin, jonka jälkeen ne tuhitetaan. Tuhitetuista näytteistä määritetään ^{137}Cs ja mahdolliset muut gammanuklidit gammaspektrometrisesti. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, ja ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrilla.

Tulokset

Tšernobylin laskeuman epätasainen alueellinen jakautuminen sekä ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n erilainen käyttäytyminen vesiympäristössä näkyy edelleen pintavesien tuloksissa. Toisin kuin Tšernobyl-laskeuma, ydinkoelaskeuma jakautui Suomeen lähes tasaisesti. Ydinkoelaskeuman vaikutukset näkyvät yhä 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 Kemijoessa, jonka valuma-alueelle ^{137}Cs :a tuli huomattavasti vähemmän kuin Kymijoen alueelle, vedestä nopeammin vähenevän ^{137}Cs :n pitoisuudet ovat jo pienemmät kuin hitaammin vedestä poistuvan ^{90}Sr :n.

Vuonna 2018 Kymijoen ^{137}Cs -pitoisuus oli noin 10-kertainen ja ^{90}Sr -pitoisuus noin 3-kertainen Kemijoen vastaaviin pitoisuuksiin verrattuna (kuva 6.1). Kymijoen ^{137}Cs -pitoisuudet olivat myös korkeampia kuin Kokemäenjoen. Oulujoen ^{137}Cs -pitoisuus keväällä 2018 oli $7,3 \text{ Bq/m}^3$, joka on samaa suuruusluokkaa kuin vuonna 2017 ja ^{90}Sr -pitoisuus oli $2,7 \text{ Bq/m}^3$. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -pitoisuudet olivat Kemijoessa ja Kymijoessa samaa tasoa kuin vuosina 2016 ja 2017.

6 Radioaktiva ämnen i ytvatten

Genom att regelbundet analysera radioaktiva ämnen i ytvattnet får man information om förekomsten av dessa ämnen i vattenmiljön under olika tidpunkter. Prover från olika vattendrag ger en bild av radionuklidernas regionala variation.

Provtagning

Ytvattenprov tas en gång om året vid mynningen av fyra stora älvar; Kymmene älv, Kumo älv, Ule älv och Kemi älv (bild 6.1).

Hantering och analys av proven

I laboratoriet tillsätts strontium- och cesiumbärare till proven och proven försuras med salpetersyra. Proven koncentreras genom att låta dem indunsta under värmelampa, varefter de föraskas. Ur de föraskade proven analyseras ^{137}Cs med gammaspektrometer. Strontium avskiljs med extraktionskromatografi, varefter mängden ^{90}Sr bestäms med 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. Till skillnad från Tjernobylnedfallet fördelade sig nedfallet från kärnvapenprov nästan jämnt över hela Finland. Dess påverkan syns fortfarande i resultaten från älvarna i norra Finland.

Eftersom nedfallet av ^{137}Cs på Kymmene älvs avrinningsområde 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 . I Kemi älv däremot, på vars avrinningsområde nedfallet av ^{137}Cs var betydligt mindre än i Kymmene älv, är halterna av ^{137}Cs redan nu lägre än halterna av ^{90}Sr , som försvinner långsammare från vatten än ^{137}Cs .

År 2018 var ^{137}Cs -halterna i Kymmene älv cirka 10-faldiga och ^{90}Sr -halterna cirka trefaldiga jämfört med motsvarande halter i Kemi älv (bild 6.1). Halterna av ^{137}Cs i Kymmene älv var högre än i Kumo älv. ^{137}Cs -halten våren 2018 i Ule älv var $7,3 \text{ Bq/m}^3$, vilket motsvarar värdet för 2017, ^{90}Sr -halten var $2,7 \text{ Bq/m}^3$ (bild 6.1). Halterna av ^{90}Sr och Cs i Kymmene och Kemi älvar var på samma nivå som år 2016 och 2017.

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 regional variation in the concentrations of radionuclides.

Sampling

Samples of surface water are taken once a year from the mouths of four major rivers in Finland, Kymijoki, Kokemäenjoki, Oulujoki and Kemijoki (Fig. 6.1).

Pre-treatment and analyses

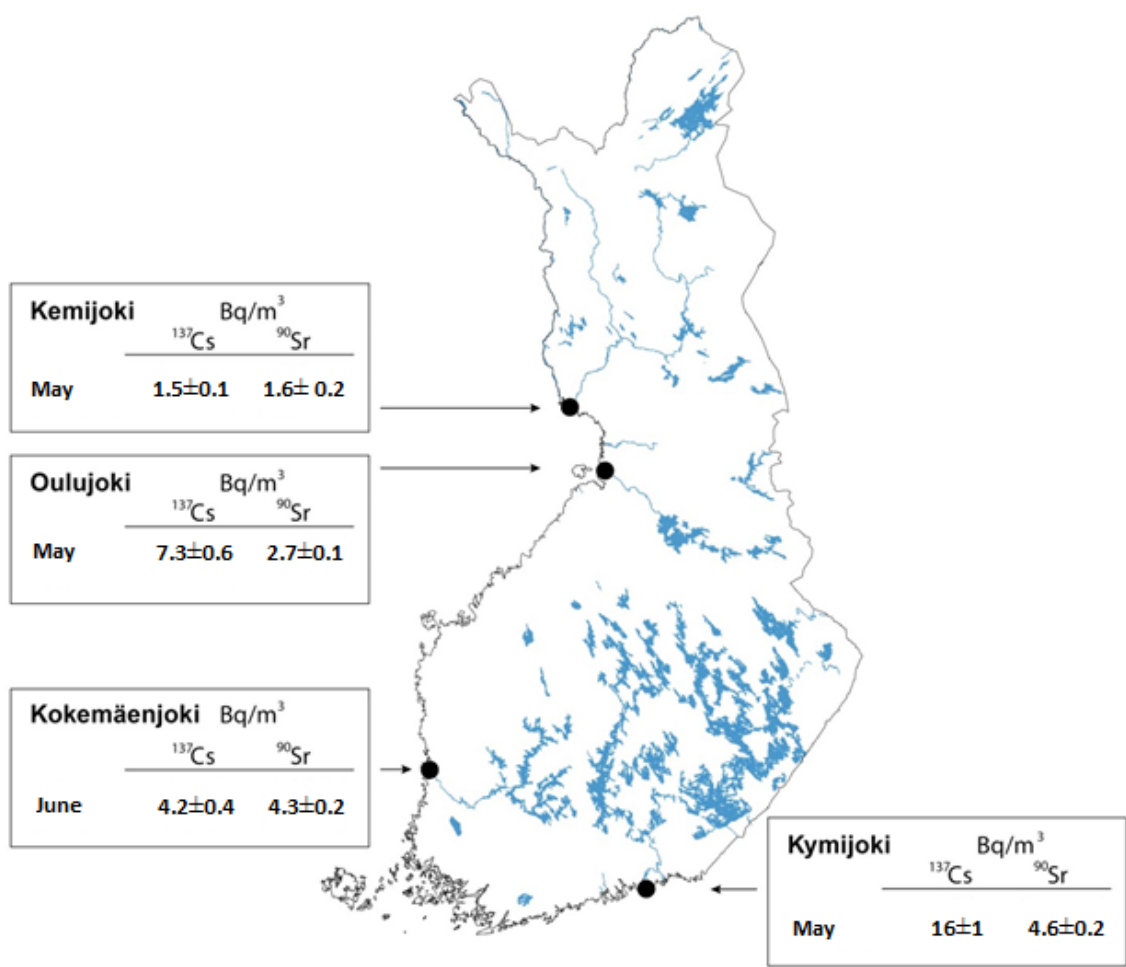
In the laboratory, known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples, and are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps, after which the dry residues are ashed. Gamma-emitting radionuclides are analysed with gamma spectrometers on the ashed samples. Strontium is separated by an extraction chromatographic method, and ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

Results

The results of the surface water analyses show the uneven regional distribution of the Chernobyl fallout and the different behaviour of ^{137}Cs and ^{90}Sr in an aquatic environment. The fallout from nuclear weapon tests was quite 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 considerably 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 . On the other hand, concerning the River Kemijoki, the ^{137}Cs deposition to its catchment area was considerably smaller than to the catchment area of River Kymijoki, and the concentrations of the quickly removing ^{137}Cs are already lower there than those of ^{90}Sr that remains better in the water phase than ^{137}Cs .

The activity concentrations of ^{137}Cs in the River Kymijoki were about ten times higher and the concentrations of ^{90}Sr three times higher than the respective contents in Kemijoki (Fig. 6.1). ^{137}Cs concentrations in the River Kymijoki were also higher than in the River Kokemäenjoki. The ^{137}Cs concentration of the Oulujoki river in spring of 2018 was $7,3 \text{ Bq/m}^3$, which was the same level as in 2017 (Fig. 6.1). The ^{90}Sr concentration was $2,7 \text{ Bq/m}^3$. In 2018 the levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr were about the same as in 2016 – 2017 in the Kemijoki and Kymijoki.



Kuva 6.1. Pintaveden näytteenottoaikat ja näytteiden ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-pitoisuudet (Bq/m³) vuonna 2018.
Bild 6.1. Provtagningsplatser för ytvatten samt halter av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr (Bq/m³) år 2018.
Fig. 6.1. The sampling sites of surface water and the activity concentrations of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr (Bq/m³) in 2018.

Yhteyshenkilö: Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)
 Kontaktperson: Kaisa Vaaramaa, Strålsäkerhetscentralen (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)
 Contact person: Kaisa Vaaramaa, Radiation and Nuclear Safety Authority (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

7 Juomaveden radioaktiiviset aineet

Juomaveden radioaktiivisuutta seurataan, jotta voidaan arvioida ihmiselle keinotekoisesta radioaktiivisuudesta juomaveden kautta aiheutuvaa säteilyaltistusta. Valvontaohjelman näytteistä analysoidaan keinotekoiset radioaktiiviset aineet, joita esiintyy yleensä vain pintavedestä tehdyssä juomavedessä. Juomaveden ^{137}Cs ja ^{90}Sr ovat peräisin pääosin Tšernobyl-laskeumasta ja tritium (^3H) ilmakehässä suoritetuista ydinasekokeista. Suuremman säteilyaltistuksen Suomessa aiheuttavat talousvesissä esiintyvät luonnon radioaktiiviset aineet, joiden enimmäispitoisuuksille vesilaitosten jakamassa vedessä on asetettu enimmäisarvot sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 1352/2015. Talousvesiasetusta on uudistettu muutosasetuksella 683/2017.

Näytteenotto

Juomavesinäytteet otetaan kerran vuodessa Helsingin, Oulun, Rovaniemen, Tampereen ja Turun vesijohtovedestä (kuva 7.1).

Näytteiden käsittely ja analysointi

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

Tulokset

Kaikkien näytteiden ^{90}Sr - ja ^{137}Cs -pitoisuudet olivat pienet vuonna 2018 vaihdellen välillä alle 0,0001 – 0,012 Bq/l (taulukko 7.1). Turussa ja Rovaniemellä näytteiden ^{137}Cs -pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan. Havaitsemisraja ^{137}Cs :lle on noin 0,0002 – 0,0005 Bq/l ja ^{90}Sr :lle noin 0,0001 – 0,0002 Bq/l. Paikkakuntien väliset radionuklidien pitoisuuserot johtuvat sekä erilaisesta Tšernobyl-laskeumasta alueilla että raakavetenä käytettyjen pinta- ja pohjavesien määrästä. Tampereen raakavesi sisältää sekä pinta- että pohjavettä. Rovaniemellä käytetään yksinomaan pohjavettä. Helsingissä ja Oulussa juomavesi on lähes kokonaan pintavettä. Syksystä 2012 lähtien Turussa juomavesi on ollut tekopohjavettä.

Näytteiden ^3H -pitoisuudet olivat kaikki alle havaitsemisrajan 0,9 Bq/l, ja siis paljon pienempiä kuin Euroopan neuvoston direktiivissä (98/83/EY) tai sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 1352/2015 talusveden ^3H asetettu enimmäisarvo 100 Bq/l (taulukko 7.1).

Säteilyannokset

Juomaveden ^3H :sta, ^{90}Sr :sta ja ^{137}Cs :sta yhteensä aiheutuva säteilyannos oli erittäin pieni ja vaihteli välillä 0,00002 – 0,0002 mSv eri paikkakunnilla vuonna 2018; Helsingissä se oli 0,0002 mSv, Oulussa ja Tampereella noin 0,0001 mSv, Rovaniemellä ja Turussa 0,00002 mSv. Tampereen juomavedestä saatu annos oli noin puolet Helsingin annoksesta, mutta noin puolitoistakertainen Oulun vedestä saatuun annokseen verrattuna. Helsingissä ^3H :n osuus juomaveden aiheuttamasta säteilyannoksesta oli vain 5 %, loppuosa aiheutui ^{137}Cs :sta (53 %) ja ^{90}Sr :sta (42 %). ^3H :n osuus säteilyannoksesta oli suurin Rovaniemellä, noin 70 % ja ^{90}Sr :n osuus säteilyannoksesta oli suurin Tampereella, noin 70 %. Arviossa on juomaveden kulutukseksi oletettu 2 litraa päivässä.

7 Radioaktiva ämnen i dricksvatten

Man övervakar radioaktiviteten i dricksvatten för att kunna beräkna hur stor strålningsexponering dricksvatten utgör. Ur proven i detta övervakningsprogram analyseras artificiella radioaktiva ämnen som i allmänhet endast förekommer i dricksvatten som består av ytvatten. Cesium (^{137}Cs) och strontium (^{90}Sr) i dricksvatten härrör huvudsakligen från nedfallet efter olyckan i Tjernobyli och tritium (^3H) härrör från kärnvapenprov i atmosfären. Den största strålningsexponeringen av hushållsvatten i Finland orsakas dock av naturliga radioaktiva ämnen, för vilka Social- och hälsovårdsministeriet har satt gränsvärden (Förordning 1352/2015). Förordningen om hushållsvatten har förnyats med en förordning om ändring 683/2017.

Provtagning

Dricksvattenprov tas en gång om året ur vattenledningarna i Helsingfors, Uleåborg, Rovaniemi, Tammerfors och i Åbo (bild 7.1).

Hantering och analys av proven

Ur proven tar man först delprov för att bestämma halten av ^3H . Till resten av provet tillsätts Sr- och Cs-bärare och provet försuras med salpetersyra. Proven koncentreras genom att låta dem indunsta under värmelampa, varefter de föraskas. Ur de föraskade proven analyseras ^{137}Cs med gammaspektrometer. Strontium avskiljs ur provet med extraktionskromatografisk metod och halten av ^{90}Sr mäts med vätskescintillationsspektrometer. För att bestämma tritium destilleras provet så att orenheter avlägsnas. Halten av ^3H bestäms genom att mäta det destillerade provet med vätskescintillationsspektrometer.

Resultat

Halterna av ^{90}Sr och ^{137}Cs i alla dricksvattenprov var låga år 2018 och de varierade mellan under 0,0001 och 0,012 Bq/l (tabell 7.1). I Åbo och i Rovaniemi var halterna av ^{137}Cs under detektionsnivån. Detektionsnivån för ^{137}Cs var cirka 0,0002 – 0,0005 Bq/l och cirka 0,0001 – 0,0002 Bq/l för ^{90}Sr . Skillnaderna mellan halterna i dricksvatten på olika orter beror på skillnader i Tjernobylnedfallet samt på att mängderna ytvatten och grundvatten i råvattnet är olika. Råvattnet för dricksvatten i Tammerfors innehåller både ytvatten och grundvatten. I Rovaniemi används enbart grundvatten. I Helsingfors och Uleåborg är dricksvattnet nästan helt och hållet ytvatten. Från och med hösten 2012 är dricksvattnet i Åbo nytt konstgjord grundvatten.

Halterna av ^3H var under detektionsnivån 0,9 Bq/l och låg alltså mycket under gränsvärdet enligt Europarådets direktiv (98/83/EG) som anger gränsvärdet 100 Bq/l för tritium i hushållsvatten (tabell 7.1).

Stråldoser

Den sammanlagda stråldosen orsakad av ^3H , ^{90}Sr och ^{137}Cs i dricksvatten var mycket liten och varierade mellan 0,00002 – 0,0002 mSv på olika orter år 2018; i Helsingfors var dosen 0,0002 mSv, i Uleåborg och i Tammerfors cirka 0,0001 mSv, i Rovaniemi och i Åbo 0,00002 mSv. Dosen från dricksvattnet i Tammerfors var ungefär hälften av dosen i Helsingfors men ungefär 1,5-faldig jämfört med dosen i från dricksvattnet i Uleåborg.

I Helsingfors orsakade ^3H cirka 5 procent av dosen; resten var orsakad av ^{137}Cs (53 %) och ^{90}Sr (42 %). Andelen av ^3H av dosen var störst i Rovaniemi, cirka 70 procent och andelen av ^{90}Sr var störst i Tammerfors, cirka 70 procent. Dricksvattenkonsumtionen har antagits vara två liter per dygn.

7 Radioactive substances in drinking water

Drinking water is monitored to estimate the internal radiation dose people receive from artificial radionuclides via drinking water. Artificial radionuclides, which are normally found in drinking water comprised of surface water, are analysed in this monitoring programme. Cesium (^{137}Cs) and strontium (^{90}Sr) observed in drinking water mainly originate in the Chernobyl deposition, whereas tritium (^3H) originates in the deposition from atmospheric nuclear weapon tests. Most radiation exposure via drinking water in Finland comes from natural radionuclides in the ground water. The action limits of the maximum concentrations of natural radionuclides are issued by the Ministry of Social Affairs and Health (Degree 1352/2015). Decree of the Ministry of Social Affairs and Health relating to the quality and monitoring of water intended for human consumption has been updated with the amendment decree 683/2017.

Sampling

Drinking water samples are collected once a year. Samples are taken from tap water in Helsinki, Oulu, Rovaniemi, Tampere and in Turku (Fig. 7.1).

Pre-treatment and analysis

First, a subsample is taken from the samples for ^3H analysis. Known amounts of Sr and Cs carriers are added to the rest of the samples, which are then acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps 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, after which ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer. The samples for ^3H analysis are distilled until dry to remove any 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 samples were low in 2018, varying from below 0,0001 to 0,012 Bq/l (Table 7.1). In Turku and in Rovaniemi, the activity concentrations of ^{137}Cs in the samples were below the detection limit. The detection limits for ^{137}Cs were approximately 0,0002 – 0,0005 Bq/l and for ^{90}Sr 0,0001 – 0,0002 Bq/l. The differences between the sites are due to differences in Chernobyl deposition in the areas and the divergent amounts of surface and ground water used as raw water. The raw water of Tampere consists of both surface and ground water. In Rovaniemi raw water is drawn exclusively from ground water. In Helsinki and Oulu, drinking water is drawn almost entirely from surface water. Since autumn 2012, the drinking water in Turku has been man-made ground water.

The activity concentrations of ^3H were below the detection limit 0,9 Bq/l (Table 7.1), thus being well below the limit of 100 Bq/l that has been set for ^3H in household water by the European Commission Regulation (98/83/EY).

Radiation doses

The radiation dose induced by ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs in drinking water was very small and varied between 0,00002 – 0,0002 mSv at the various sites in 2018; in Helsinki the dose was 0,0002 mSv, in Oulu and in Tampere approximately 0,0001 mSv, in Rovaniemi and in Turku 0,00002 mSv. The radiation dose received via drinking water in Tampere was approximately half of that in Helsinki, but approximately one and half times than the dose in Oulu.

In Helsinki the contribution of ^3H to the dose was 5%, the rest was caused by ^{137}Cs (53%) and ^{90}Sr (42%). The contribution of ^3H to the dose was highest in Rovaniemi (about 70%), and that of ^{90}Sr was highest in Tampere (about 70%). The consumption of drinking water is assumed to be 2 litres per day.

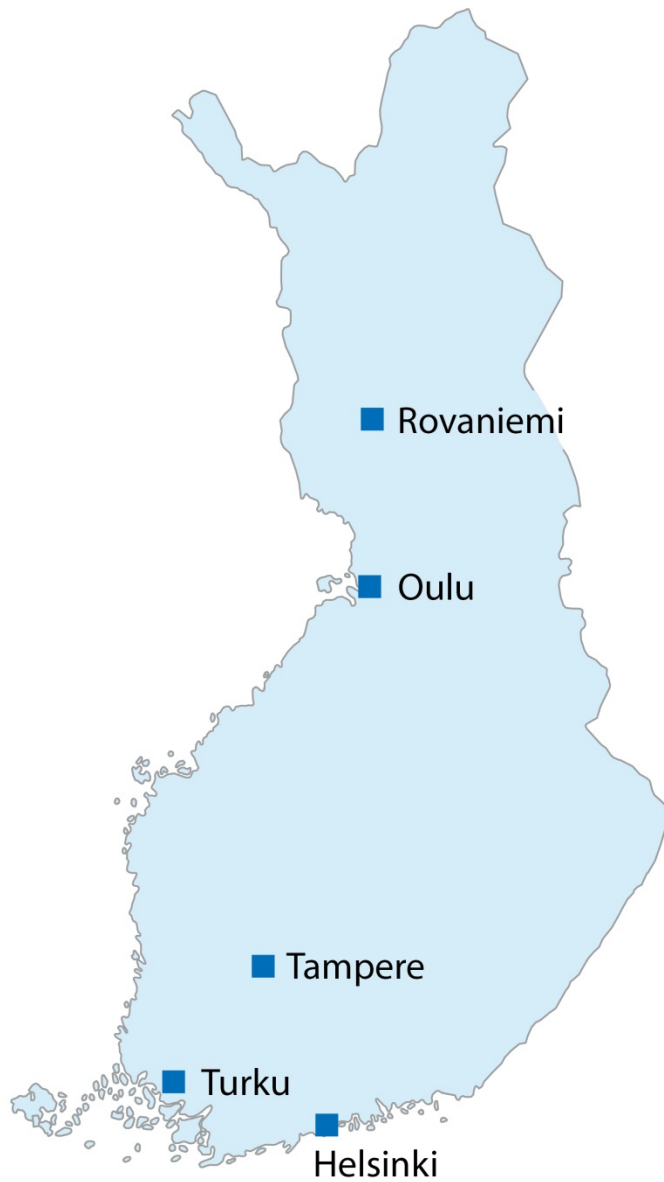
Taulukko 7.1. Juomaveden ^3H -, ^{90}Sr - ja ^{137}Cs -pitoisuudet (Bq/l) Helsingissä, Oulussa, Rovaniemellä, Tampereella ja Turussa vuonna 2018.

Tabell 7.1. Halt av ^3H , ^{90}Sr och ^{137}Cs i dricksvatten (Bq/l) i Helsingfors, Uleåborg, Rovaniemi, Tammerfors och Åbo år 2018.

Table 7.1. The concentrations of ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs in drinking water (Bq/l) in Helsinki, Oulu, Rovaniemi, Tampere and Turku in 2018.

City	Sampling date	^3H , Bq/l	^{90}Sr , Bq/l	^{137}Cs , Bq/l
Helsinki	3.10.2018	<0.9	0.0045 ± 10%	0.012 ± 15%
Oulu	1.10.2018	<0.9	0.0030 ± 10%	0.002 ± 19%
Rovaniemi	10.10.2018	<0.9	0.0002 ± 46%	<0.0002
Tampere	10.10.2018	<0.9	0.0040 ± 10%	0.003 ± 19%
Turku	2.10.2018	<0.9	<0.0001	<0.0005

Uncertainty is given two sigma uncertainty



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

Yhteyshenkilö: Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)
Kontaktperson: Kaisa Vaaramaa, Strålsäkerhetscentralen (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)
Contact person: Kaisa Vaaramaa, Radiation and Nuclear Safety Authority (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

8 Maidon radioaktiiviset aineet

Tämä valvontaohjelma antaa kuvan maidon radioaktiivisuustasosta ja maidon kautta aiheutuvasta säteilyannoksesta. Ihmisten eniten käyttämät elintarvikkeet ovat maataloustuotteita. Ravintoketjussa ympäristössä olevat radioaktiiviset aineet siirtyvät tehokkaasti rehun kautta maitoon. Maidon kulutus on runsasta, joten maidon radioaktiivisten aineiden seuranta on tärkeää. Säteilyvalvontaohjelman meijerit on valittu sellaisilta paikkakunnilta, että saadaan mahdollisimman kattava kuva Suomessa tuotetun maidon radioaktiivisten aineiden pitoisuuksista. Paikkakunnat edustavat myös erilaisia laskeumatasoja.

Näytteenotto

Näytteet kerätään meijereistä, jotka sijaitsevat Joensuussa, Jyväskylässä, Oulussa, Riihimäellä ja Seinäjoella (kuva 8.1). Viikoittain kerättävät näytteet pakastetaan ja yhdistetään STUKissa analysointia varten.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteet konsentroidaan haihuttamalla ja tuhitetaan ennen niiden analysointia. Tuhitetuista yhdistetyistä näytteistä määritetään ^{137}Cs -pitoisuus gammaspektrometrisesti. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, minkä jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrilla.

Tulokset

Meijerimaidon ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n alueelliset aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) vuonna 2018 on esitetty neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvoina taulukossa 8.1. Meijerimaidon ^{137}Cs -pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,13 – 1,2 Bq/l. Maidon ^{137}Cs -pitoisuudet olivat korkeimmat niillä alueilla, joille tuli eniten Tšernobylin onnettomuudesta johtuvaa laskeumaa. Kuvassa 8.2 on esitetty maidon keskimääräinen ^{137}Cs -pitoisuus Etelä-Suomessa tuotetussa maidossa vuodesta 1960 lähtien. Näytteenottoalueet ovat vaihdelleet eri aikoina.

Maidon ^{137}Cs -pitoisuudet ovat jo lähes samaa tasoa kuin ennen Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuutta. Havaitut pitoisuudet ovat alle tuhannesosan siitä toimenpidetasosta ja elintarvikekaupan raja-arvosta (1000 Bq/l), jota sovelletaan Euroopan unionin alueella säteilyonnettomuuden jälkeisessä tilanteessa (87/3954/Euratom, 89/2218/EEC).

Maidosta aiheutuva säteilyannos vuonna 2018 oli 0,0005 – 0,0014 mSv, josta ^{90}Sr :n osuus oli keskimäärin 14 %. Arviossa on oletettu maidon kulutukseksi 140 litraa vuodessa henkilöä kohti (Maatilatilastollinen vuosikirja 2008).

8 Radioaktiva ämnen i mjölk

Detta program för strålningsövervakning ger en bild av radioaktivitetsnivån i mjölk och stråldosen som fås via mjölk. Jordbruksprodukter är de livsmedel som befolkningen använder mest. I näringskedjan förflyttar sig radioaktiva ämnen i miljön mycket effektivt via foder till mjölk. Eftersom mjölkkonsumtionen är hög, är det viktigt att övervaka radioaktiva ämnen i mjölk. Mejerierna i programmet för strålningsövervakning har valts ut på sådana orter att man får en tillräckligt täckande bild över radioaktivitetshalterna i mjölken som produceras i Finland. Orterna representerar också olika nedfallsnivåer.

Provtagning

Proven tas vid mejerier i Joensuu, Jyväskylä, Uleåborg, Riihimäki och Seinäjoki (bild 8.1). Proven samlas in varje vecka och fryses ner. Proven sammanslås för analys i STUK.

Hantering och analys av proven

Proven indunstas under värmelampa och föraskas innan analysen. Bestämningen av ^{137}Cs och ^{90}Sr görs ur prov som slagits samman. Halten av ^{137}Cs bestäms med gammaspektrometer. Strontium avskiljs först med extraktionskromatografisk metod, varefter halten av ^{90}Sr mäts med vätskescintillationsspektrometer.

Resultat

I tabell 8.1 presenteras de regionala års- och kvartalsmedeltalen av ^{137}Cs - och ^{90}Sr -halterna i mejerimjölk (Bq/l) år 2018. ^{137}Cs -halten i mejerimjölk varierade mellan 0,13 – 1,2 Bq/l. Halterna av ^{137}Cs i mjölken var högre på de områden där nedfallet efter Tjernobylyolyckan var som störs. I bild 8.2 visas halterna av ^{137}Cs sedan 1960-talet i mjölk som producerats i södra Finland. Provtagningsområdet har varierat vid olika tider.

Halterna av ^{137}Cs i mjölk är idag nästan på samma nivå som innan Tjernobyl kärnkraftsolyckan. De observerade halterna är mindre än en tusendel av den åtgärdsnivå och det gränsvärde för livsmedelshandeln (1000 Bq/l) som tillämpas i Europeiska unionen efter en strålningsolycka (87/3954/Euratom, 89/2218/EEC).

Stråldosen som orsakades av mjölk år 2018 var 0,0005 – 0,0014 mSv, varav ^{90}Sr utgjorde en andel på drygt 14 procent. Den uppskattade mjölkkonsumtionen var 140 liter per år och person (Lantbruksstatistisk årsbok 2008).

8 Radioactive substances in milk

The monitoring programme provides information about radioactivity concentration levels in milk produced in Finland. Milk is also monitored in order to estimate the internal radiation dose for people via milk. Agricultural produce forms the greatest part of people's overall consumption of foodstuffs. Grass is an efficient collector of atmospheric contaminants, and radionuclides in the food chain are rapidly transferred through cattle feed to milk. Since milk is consumed in high amounts, it is important to monitor the levels of radioactive substances in it. The sampling sites represent different levels of deposition.

Sampling

The samples are collected from Finnish dairies in Joensuu, Jyväskylä, Oulu, Riihimäki and Seinäjoki (Fig. 8.1). The weekly samples from each sampling site are frozen. The samples are then bulked together for ^{137}Cs and ^{90}Sr analyses in STUK.

Pre-treatment and analysis

The bulked samples are evaporated under infrared thermal lamps and ashed before the analysis. The concentration of ^{137}Cs is determined by gamma spectrometric measurements. Strontium is separated by an extraction chromatographic method and thereafter ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

Results

The concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in dairy milk (Bq/l) by sampling site in 2018 are presented as quarterly and annual means in table 8.1. The concentration of ^{137}Cs in milk varied between 0,13 – 1,2 Bq/l. The concentrations were highest in the areas with the highest deposition after the Chernobyl accident. Figure 8.2 presents concentrations of ^{137}Cs in milk produced in southern Finland since the 1960s. The sampling sites have changed throughout the years.

^{137}Cs contents in milk are nearly at the same level as before the deposition caused by the Chernobyl accident. The concentrations of ^{137}Cs observed are about one-thousandth of the action level and the maximum permitted level (1000 Bq/l), which must be applied within the European Union after a radiation accident (87/3954/Euratom, 89/2218/EEC).

In 2018, the radiation dose received through milk was 0,0005 – 0,0014 mSv. On average 14% of this radiation dose was due to ^{90}Sr . The annual consumption of milk in this dose estimate was assumed to be 140 litres per capita (Yearbook of Farm Statistics 2008).

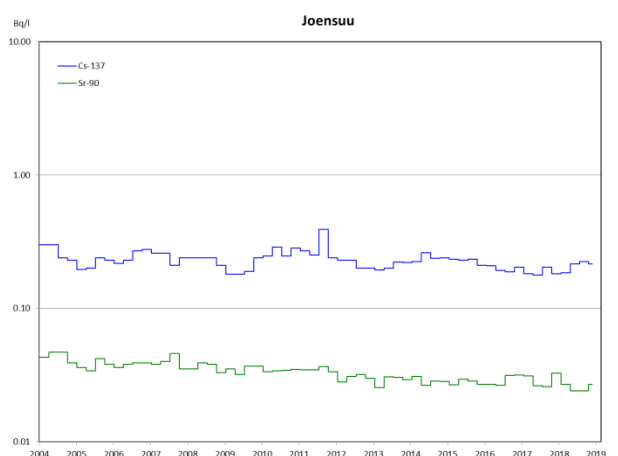
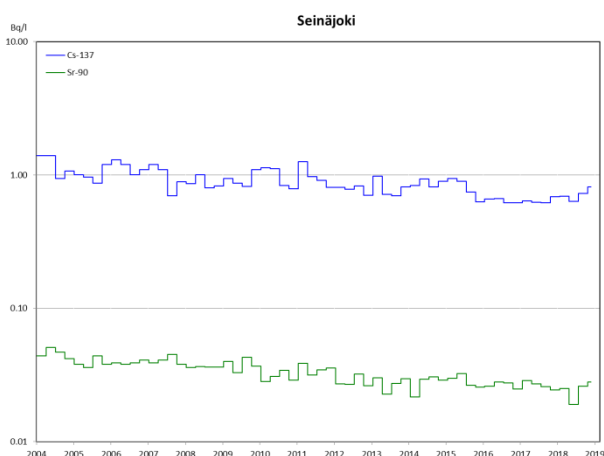
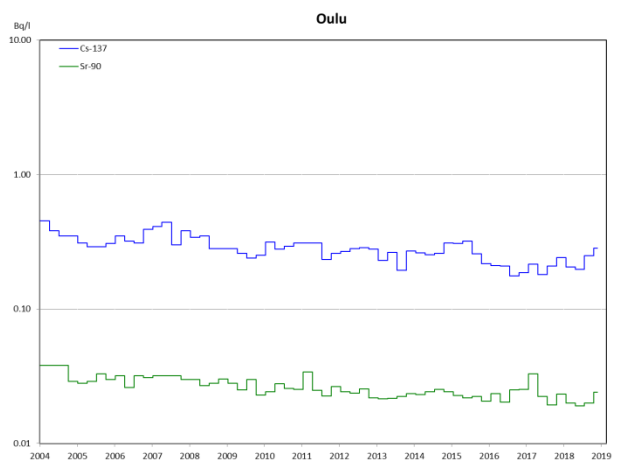
Taulukko 8.1. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) maidossa vuonna 2018, neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvot.

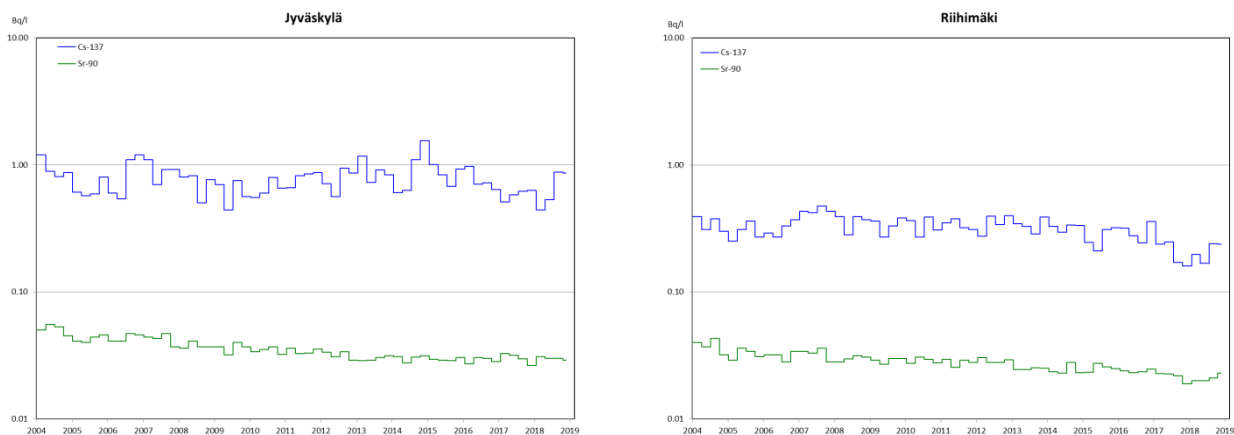
Tabell 8.1. ^{137}Cs - och ^{90}Sr -halter (Bq/l) i mjölk år 2018, kvartals- och årsmedeltal.

Table 8.1. The concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr (Bq/l) in milk in 2018, 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	0.19	0.027	0.22	0.024	0.22	0.024	0.21	0.027	0.21	0.025
Jyväskylä	0.44	0.031	0.53	0.030	0.87	0.030	0.86	0.029	0.68	0.030
Oulu	0.21*	0.020*	0.20	0.019	0.25	0.020	0.28	0.024	0.24	0.021
Riihimäki	0.20	0.020	0.17	0.020	0.24	0.021	0.24	0.023	0.21	0.021
Seinäjäki	0.69	0.025	0.63	0.019	0.73	0.026	0.82	0.028	0.72	0.025

*Samples 1.1-28.2.

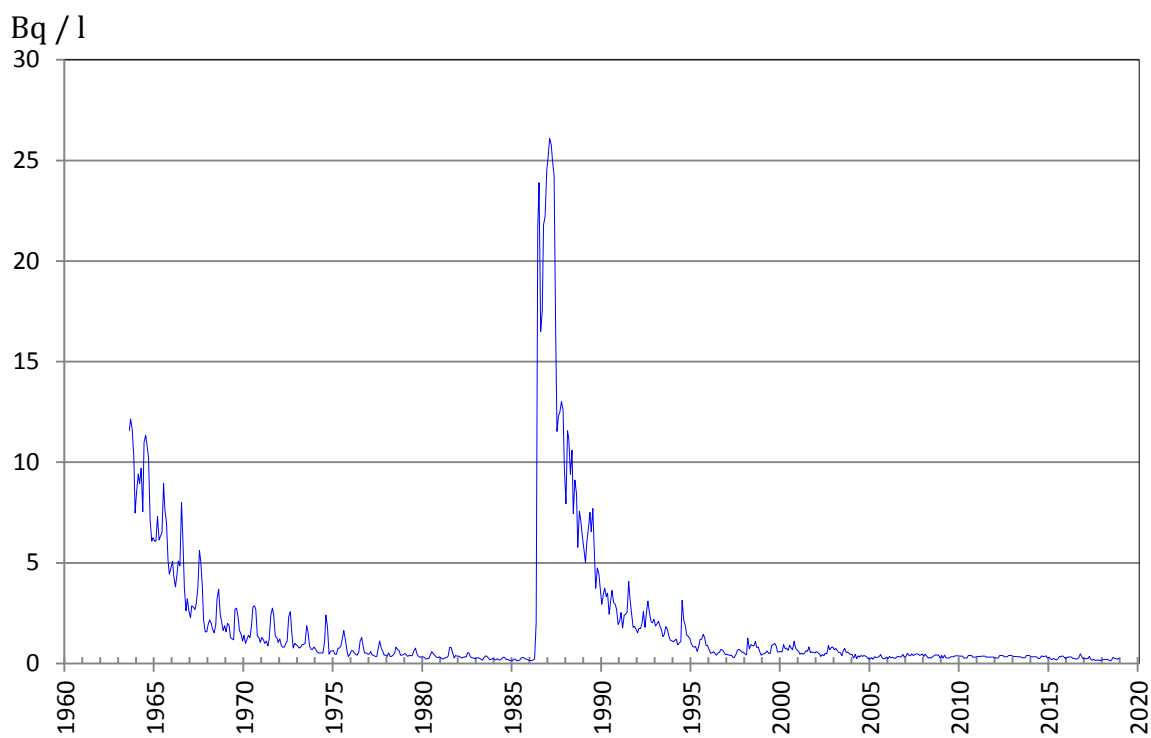




Kuva 8.1. Maitonäytteiden keräyspaikkakunnat ja ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n aktiivisuuspitoisuudet maidossa (Bq/l) vuodesta 2004 lähtien.

Bild 8.1. Provtagningsorter för mjölk och ^{137}Cs - och ^{90}Sr -halter (Bq/l) i mjölk sedan 2004.

Fig. 8.1. The sampling sites of milk and areal concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr (Bq/l) in milk since 2004.



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) som producerats i södra Finland sedan 1960.

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

Yhteyshenkilö: Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

Kontaktperson: Kaisa Vaaramaa, Strålsäkerhetscentralen (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

Contact person: Kaisa Vaaramaa, Radiation and Nuclear Safety Authority (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

9 Elintarvikkeiden radioaktiiviset aineet

Elintarvikenäytteiden radioaktiivisuusmittausten tavoitteena on hankkia tietoa radionuklidien saannista ruoan kautta. Samalla saadaan arvio väestön päivittäisestä ravinnon kautta saamasta säteilyaltistuksesta.

9.1 Yhden viikon ateriat

Yhden viikon aterioiden keinotekoisien radioaktiivisuuden valvonnalla saadaan kuva suurkeittiöiden ruoan radioaktiivisuustasosta sekä suurkeittiöiden ruokaa käyttävien henkilöiden ruoasta saamasta säteilyannoksesta. Näytteiden radioaktiivisuutta valvotaan keräämällä yhden viikon ajalta päivittäiset kiinteät ruoka-annokset. Juomat kerätään vain yhdeltä päivältä. Koko vuorokauden aterioiden analysointi yksittäisten elintarvikkeiden sijasta antaa suoraan saannin, jossa on jo huomioitu ruoan valmistuksen vaikutukset ja kulutustekijät.

Näytteenoton paikkakunnat ovat Etelä-, Keski- ja Pohjois-Suomessa (Helsinki, Tampere ja Rovaniemi) edustaen suurimpia asutuskeskuksia ja elintarvikkeiden käytön alueellisia eroja. Samoilta paikoilta otetaan samaan aikaan myös juomavesinäytteet suoraan vesijohtovedestä.

Näytteenotto

Näytteet kerätään syksyllä, jolloin uuden sadon tuotteet ovat mukana. Näytteenottopaikkoina ovat sairaaloiden suurkeittiöt. Näytteet sisältävät vuorokauden kaikki ateriat mukaan lukien juomat ja leivät. Ruoka- ja juomanäytteet kerätään erikseen. Aterioiden vuorokauden energiasisältö on noin 8000 – 9200 kJ.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Vuorokauden kiinteät ruokanäytteet yhdistetään yhdeksi näytteeksi, joka kuivataan ja homogenisoidaan. Kuivatuista vuorokausinäytteistä määritetään ^{137}Cs gammaspektrometrisellä mittauksella. Cesiummäärityksen jälkeen vuorokausinäytteet tuhitetaan ja yhdistetään ^{90}Sr :n analysointia varten viikkonäytteeksi. Strontium erotetaan näytteistä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, jonka jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrilla.

Vuorokauden juomat yhdistetään yhdeksi näytteeksi, haihdutetaan lämpölamppujen alla ja tuhitetaan. Tuhitetuista vuorokausinäytteistä analysoidaan ^{137}Cs ja ^{90}Sr . ^{137}Cs määritetään gammaspektrometrisellä mittauksella. Strontium erotetaan näytteistä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, minkä jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrilla.

Tulokset

Päivittäisen ravinnon ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -pitoisuudet ovat pieniä, koska ruoan raaka-aineena käytetyt maataloustuotteet ovat lähes puhtaita radioaktiivisista aineista. Tulosten vaihtelut johtuvat lähinnä näytteenottopäivän dieetin ja ruoan alueellisen alkuperän vaihteluista. Vuonna 2018 ^{137}Cs -pitoisuudet ruoassa olivat 0,03 – 2,7 Bq/kg ja juomissa 0,17 – 0,37 Bq/l. Päivittäinen cesiumin saanti ruoan kautta vaihteli välillä 0,05 – 4,6 Bq/d ja juomien kautta 0,16 – 0,32 Bq/d. Aluekohtaiset tulokset on esitetty taulukoissa 9.2 ja 9.3. Suurkeittiöiden ruokaa käyttävien ruoasta saama säteilyannos oli vuonna 2018 alle 0,004 mSv, josta ^{137}Cs :n osuus oli 93 %.

Ruoan ^{137}Cs -pitoisuus voi olla huomattavasti korkeampi, mikäli ravinto sisältää runsaasti luonnontuotteita, sillä metsämarjoissa, järvikalassa, sienissä ja riistassa on vielä Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevaa radioaktiivista cesiumia.

9.2 Kaupan elintarvikkeet

Syksyllä 2018 hankittiin kaupan elintarvikkeita elintarvikeliikkeistä samoilta paikkakunnilta kuin vuorokausiruokanäytteet. Näytteiksi valittiin luonnonvaraista riistaa, kalaa ja luonnontuotteita ^{137}Cs -pitoisuuksien määrittämistä varten (kuva 9.2). Näiden mittausten tulokset ovat taulukossa 9.1.

Mitatuista näytteistä kolmen villisianlihanäytteen ^{137}Cs -pitoisuus ylitti 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 keittämällä vedessä ennen ruoaksi valmistamista saadaan 80 – 90 prosenttia ^{137}Cs :sta poistettua. Sienien kuivaaminen ilman liotusta ei vähennä ^{137}Cs :n määrää. Lisätietoa käsittelymenetelmistä, joilla voidaan vähentää sienten radioaktiivista ^{137}Cs :a, löytyy Säteilyturvakeskuksen verkkosivuilta.

Luonnontuotteita mitataan myös tutkimus- ja tiedotustarkoituksessa. Eri elintarvikkeiden ^{137}Cs -pitoisuuksista on yksityiskohtaisempaa tietoa Säteilyturvakeskuksen verkkosivuilla osoitteessa www.stuk.fi.

9 Radioaktiva ämnen i livsmedel

Målet för radioaktivitetsmätningar i livsmedel är att erhålla uppgifter om intaget av radionuklider via födan. På samma gång fås en uppskattning av den dagliga stråldos som befolkningen får via födan.

9.1 En veckas måltider

Detta övervakningsprogram ger en bild av radioaktivitetsnivån i maten från storkök samt den stråldos som de som äter mat från storkök får. Artificiella radioaktiva ämnen i livsmedel övervakas genom att samla in dagportioner av fast föda under en vecka. Drycker samlas under endast en dag. Genom att analysera mat och dryck från ett helt dygn i stället för enstaka livsmedel får man direkt det intag, där faktorer i tillagningen och konsumtion av maten redan beaktats.

Provtagningsorterna ligger i södra, mellersta och norra Finland och de representerar de största bosättningscentra samt de regionala skillnaderna i användningen av livsmedel (Helsingfors, Tammerfors och Rovaniemi). På samma orter tas samtidigt också dricksvattenprov direkt från vattnet i ledningsnätet.

Provtagning

Tidpunkten för provtagningen är på hösten, så att produkterna från den nya skörden finns med. Proven tas i storkök i sjukhus. Proven innefattar dygnets alla måltider inklusive drycker och bröd. Prov av mat och dryck uppsamlas skilt. Energiinnehållet för måltiderna under ett dygn är cirka 8000 – 9200 kJ.

Behandling och analys av proven

De fasta proven av födan för ett dygn sammanslås till ett prov som torkas och homogeniseras. Ur de torkade dygnsproven bestäms ^{137}Cs med gammaspektrometri. Efter bestämning av ^{137}Cs -halten föraskas proven och sammanslås till veckoprov för analys av ^{90}Sr . Strontium avskiljs med extraktionskromatografi, varefter halten av ^{90}Sr bestäms med vätskescintillationsspektrometer.

Dryckerna från ett dygn sammanslås till ett prov, indunstas under värmelampor och föraskas. Ur de föraskade proven analyseras ^{137}Cs och ^{90}Sr . ^{137}Cs -halten bestäms gammaspektrometriskt. Strontium avskiljs extraktionskromatografiskt, varefter halten av ^{90}Sr bestäms med vätskescintillationsspektrometer.

Resultat

Halterna av ^{137}Cs och ^{90}Sr i den dagliga födan är låga, eftersom de lantbruksprodukter som används som råvaror är nästan fria från radioaktiva ämnen. Variationerna i mätresultaten beror främst på kosthållningen på provtagningsdagen och på att råvarornas regionala ursprung varierar. År 2018 var ^{137}Cs -halterna i maten 0,03 – 2,7 Bq/kg och i dryckerna 0,17 – 0,37 Bq/l. Det dagliga intaget av cesium via maten varierade 0,05 – 4,6 Bq/d och via drycker 0,16 – 0,32 Bq/d. De regionala mätresultaten finns i tabell 9.2 och i tabell 9.3. Under 2018 förorsakade storköken en stråldos på under 0,004 mSv åt konsumenterna. 93 procent av denna dos berodde på ^{137}Cs .

Halten av ^{137}Cs i maten kan vara betydligt högre om födan innehåller rikligt med naturprodukter, eftersom skogsbär, insjöfisk, svamp och vilt ännu innehåller radioaktivt cesium som härstammar från Tjernobylolyckan.

9.2 Livsmedel i butiker

Under hösten 2018 skaffades livsmedel från livsmedelsbutiker på samma orter där matproven från ett dygn hämtats. Till proven valdes vilt fisk och naturprodukter för att bestämma halterna av ^{137}Cs (bild 9.2). Resultaten från dessa mätningar finns i tabell 9.1.

Halten av ^{137}Cs i proven översteg gränsvärdet 600 Bq/kg i tre vildsvinskött prov. Detta gränsvärde rekommenderas att tillämpa på ^{137}Cs i vilt, vilda bär, vilda svampar och insjöfiskar som säljs på marknaden (EU-rekommendation 2003/274/Euratom). Genom att blötlägga eller koka färska, saltade eller torkade svampar i vatten kan 80 – 90 procent av cesiumet avlägsnas. Torkning utan blötläggning sänker inte ^{137}Cs halten i svamp. Mer information om metoder för att sänka halten av radioaktivt ^{137}Cs i svampar finns på Strålsäkerhetscentralens webbsida.

Naturprodukter mäts också för forskning och informationssyften. Mer specifika detaljer om halterna av ^{137}Cs i olika livsmedel finns på Strålsäkerhetscentralens webbsida www.stuk.fi.

9 Radioactive substances in foodstuffs

The aim of the foodstuffs monitoring programme is to obtain information about the intake of radionuclides through ingestion for estimating internal doses.

9.1 One-week diet

The monitoring programme typifies the level of artificial radioactivity in food of institutional kitchens and gives estimation of internal doses received by ingestion. The artificial radioactivity levels in foodstuffs are monitored by collecting daily meals of solid food over one week in the institutional kitchens in hospitals. Drinks are collected only once a week for one day. An analysis of the whole mixed diet samples rather than the main components of diet gives the intake in which the consumption and food processing are already included.

The sampling sites are located in southern, central and northern Finland, representing the main population centres and regional differences in the consumption of foodstuffs (Helsinki, Tampere and Rovaniemi). Drinking water samples, taken directly from running tap water, are also collected at the same sites.

Sampling

The diet samples are collected once a year. The sampling time is autumn in order to include the products of the new crop in the sampling. The sampling sites comprise institutional kitchens in hospitals (Fig. 9.1). The samples consist of all the meals of a day, including drinks and bread. Food and drink samples are collected separately. The daily energy content of meals totals is approximately 8000 – 9200 kJ.

Pre-treatment and analysis

The solid food samples collected during a day are combined into one sample, which is dried and homogenised. The ^{137}Cs of the dried daily samples is determined by gamma-spectrometric measurement. After ^{137}Cs has been determined, the samples are ashed and combined into weekly samples for ^{90}Sr analysis. Strontium is separated from the samples by an extraction chromatographic method, after which ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

The drinks collected during a day are evaporated under infrared thermal lamps and ashed. ^{137}Cs is determined by gamma-spectrometric measurement from the ashed drink samples. Strontium is separated from the samples by an extraction chromatographic method, after which ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

Results

The concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in daily meals are low because the agricultural products used as raw material are almost free of artificial radionuclides. The variation in the results is caused by the differences in the types of meals that were prepared on the sampling dates and in the regional origins of raw materials. The concentrations of ^{137}Cs in the solid food in 2018 ranged from 0,03 – 2,7 Bq/kg, and in the drinks from 0,17 – 0,37 Bq/l. The daily intakes of ^{137}Cs via food varied between 0,05 – 4,6 Bq/d, and via drinks from 0,16 – 0,32 Bq/d. The regional results are given in table 9.2 and in table 9.3. The average internal radiation dose received

through food from the institutional kitchens in 2018 was less than 0,004 mSv, and 93% of which is due to ^{137}Cs .

Radioactive concentrations may be considerably higher in food containing a lot of natural produces (wild berries, freshwater fish, wild mushrooms and game).

9.2 Foodstuffs on the market

In the autumn of 2018, the foodstuffs on the market were acquired from grocery shops in the same cities as the daily diet samples. Wild game, wild berries, wild mushrooms and fish were chosen as samples in order to determine concentrations of ^{137}Cs (Fig. 9.2). The results of these measurements are presented in table 9.1.

In the analysed samples, the concentration of ^{137}Cs in three wild boar samples was 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 or cooking removes up to 80 – 90% of ^{137}Cs contents in fresh, dried or salted mushrooms. Drying without soaking does not reduce the ^{137}Cs contents of the mushrooms. More information about the pre-treatment methods of mushrooms can be found at STUK's website.

Natural products are also monitored for the purposes of research and media. More detailed information about the concentrations of ^{137}Cs in various foodstuffs can be found at STUK's website, www.stuk.fi.

Taulukko 9.1. ¹³⁷Cs-pitoisuudet (Bq/kg tuorepaino) elintarvikeliikkeistä hankituissa näytteissä vuonna 2018.

Tabell 9.1. ¹³⁷Cs (Bq/kg färsk vikt) i prov som köpts i livsmedelsbutiker år 2018.

Table 9.1. ¹³⁷Cs (Bq/kg fresh weight) in the samples purchased from food shops in 2018.

Elintarvike	Livsmedel	Foodstuff	¹³⁷ Cs, Bq/kg (number of samples)					
			Helsinki		Tampere		Rovaniemi	
hirvenliha	älgkött	venison	5 – 15	(4)	8 – 38	(3)	9 – 16	(2)
peuranliha	hjortkött	deer meat	92	(1)	–	–	–	–
poronliha	renkött	reindeer meat	–	–	–	–	35 – 52	(2)
villisianliha meat	vildsvinskött	wild boar	19 – 681*	(3)*	17 – 708	(4)	–	–
metsämarjat	skogsbär	wild berries	2 – 270	(9)	11 – 33	(3)	3 – 25	(8)
sienet	svampar	mushrooms	5 – 135	(12)	1 – 400	(10)	25 – 40	(3)
järvi- ja fish jokikala	insjöfisk	freshwater	–	–	8 – 150	(8)	2 – 66	(6)
murtovesi - ja merikala fish	brack- och havsfisk	brackwater and marine	–	–	8 – 14	(2)	4 – 17	(3)
kasvatettu kala (meri- ja sisä vesiallas)	odlad fisk (havs- och insjöbassäng)	farmed fish (sea and fresh water basin)	–	–	–	–	–	–

*Näytteenottopaikat, provtagningsorter, sampling sites: Loviisa (2) ja Jaala (1).

Taulukko 9.2. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n saanti ruoasta vuonna 2018.

Tabell 9.2. Intag av ^{137}Cs och ^{90}Sr i maten år 2018.

Table 9.2. The intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr via ingestion in 2018.

Site	Sampling date	^{137}Cs (Bq/d) meal	^{90}Sr (Bq/week) meal
Helsinki	1.10.2018	0.55	0.38
	2.10.2018	0.21	
	3.10.2018	1.07	
	4.10.2018	0.29	
	5.10.2018	0.29	
	6.10.2018	0.22	
	7.10.2018	0.31	
Rovaniemi	8.10.2018	0.20	0.33
	9.10.2018	0.05	
	10.10.2018	0.05	
	11.10.2018	0.22	
	12.10.2018	0.12	
	13.10.2018	0.14	
	14.10.2018	0.28	
Tampere	8.10.2018	0.17	0.37
	9.10.2018	0.55	
	10.10.2018	0.16	
	11.10.2018	4.57	
	12.10.2018	0.15	
	13.10.2018	0.63	
	14.10.2018	0.07	

Taulukko 9.3. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n päivittäinen saanti juomasta vuonna 2018.
Tabell 9.3. Daglig intag av ^{137}Cs och ^{90}Sr i dryckerna år 2018.
Table 9.3. The daily intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr via drinks in 2018.

Site	Sampling date	^{137}Cs (Bq/d) drinks	^{90}Sr (Bq/d) drinks
Helsinki	5.10.2018	0.16	0.02
Rovaniemi	10.10.2018	0.32	0.02
Tampere	16.10.2018	0.20	0.01



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



Kuva 9.2. Kantarelli (*Cantharellus cibarius*)
Bild 9.2. Kantarell (*Cantharellus cibarius*)
Fig. 9.2. Chanterelle (*Cantharellus cibarius*)

Yhteyshenkilö: Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)
 Kontaktperson: Kaisa Vaaramaa, Strålsäkerhetscentralen (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)
 Contact person: Kaisa Vaaramaa, Radiation and Nuclear Safety Authority (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

10 Radioaktiiviset aineet ihmisessä

Ihminen saa radioaktiivisia aineita elimistönsä hengittämällä tai ravinnon mukana. Nämä aineet ovat joko luonnollista alkuperää tai keinotekoisesti tuotettuja. Näistä gammasäteilyä lähettäviä aineita voidaan mitata suoraan ihmisen kehosta. Mittaukset tehdään ns. kokokehomittauslaitteistoilla, joista toinen on kiinteästi asennettuna laboratorioon Helsingissä ja toinen on kuorma-autoon rakennettu. Kiinteästi asennettu mittauslaitteisto otettiin käyttöön vuonna 1965 ja liikkuva yksikkö kymmenen vuotta myöhemmin.

Mittaukset

Kiinteä mittauslaitteisto on sijoitettu 80 tonnia painavaan rautahuoneeseen. Paksujen rautaseinien tarkoituksena on vaimentaa ympäristöstä tulevaa taustasäteilyä. Liikkuva yksikkö painaa noin 2,5 tonnia, kuva 10.1a. Helsingin ulkopuoliset mittaukset tehdään yleensä liikkuvalla yksiköllä. Mittauslaitteistoon kuuluu mittaustuoli, johon mitattava henkilö asettuu, ja edessä olevat gammasäteilyä havaitsevat ilmaisimet (kuva 10.1b). Mitattava aktiivisuusmäärä on yleensä pieni ja siksi ympäristöstä tulevan taustasäteilyn vaimentamiseksi tuoli on tehty lyijystä ja säteilyilmaisain ympäröity lyijyvaipalla.

Kokokehomittauksessa ihmiseen ei kohdistu säteilyä. Mittaus perustuu kehossa olevien radioaktiivisten aineiden hajotessaan lähettämän gammasäteilyn havaitsemiseen. Tällä hetkellä yleisin Suomessa väestön kokokehomittauksissa havaittu keinotekoinen radioaktiivinen aine on ^{137}Cs .

Mitattavat ihmisryhmät

Suomessa on vuodesta 1965 lähtien seurattu helsinkiläistä vertailuryhmää. Vuodesta 1999 alkaen on tämän ryhmän lisäksi mitattu Helsingistä, Tampereelta (2001 alk.) ja Rovaniemeltä kouluista valittuja ryhmiä. Näiden neljän ryhmän tulosten perusteella arvioidaan suomalaisten saama säteilyannos keinotekoisista radioaktiivisista aineista. Tampere edustaa Suomessa Tšernobylin onnettomuuden aiheuttaman korkeimman laskeuman aluetta.

Helsingin, Tampereen ja Rovaniemen kouluryhmät koostuvat vapaaehtoisista oppilaista ja opettajista. Koulut on valittu siksi, että samassa mittauspaikassa on eri-ikäisiä henkilöitä. Mitattavilta kysytään lyhyesti ruokavaliosta ja tiettyjen, runsaasti radioaktiivista ^{137}Cs :ää sisältävien elintarvikkeiden kulutuksesta.

Tulokset

Mittaustulokset ovat kuvassa 10.2. Kuvassa oleviin tuloksiin sisältyvät vain aikuisten (yli 14-vuotiaiden) mittaustulosten mediaanit. Tässä yhteydessä mediaani on parempi tunnusluku kuin keskiarvo, koska otokset ovat pieniä, jolloin yksittäiset huomattavan suuret tai pienet tulokset painottuvat liikaa (ks. kuva 10.2).

Lasten eli alle 15-vuotiaiden tuloksista voidaan todeta, että kehossa oleva ^{137}Cs -aktiivisuus oli yleensä alle 100 Bq. Myös alle havaitsemisrajan olevia tuloksia oli suhteellisesti enemmän kuin aikuisissa. Tämä sopii hyvin yhteen aikaisemmissa tutkimuksissa saatujen tulosten kanssa.

Mittaustulosten vuotuinen vaihtelu johtuu kaupasta ostettujen ja luonnosta kerättyjen elintarvikkeiden aktiivisuuspitoisuuksien suurista eroista sekä luonnosta kerättyjen elintarvikkeiden satunnaisesta käytöstä.

Helsingissä mitattiin 39 henkilöä. Suurin mitattu ^{137}Cs -aktiivisuus kehossa oli 186 Bq ja alle havaitsemisrajan (noin 50 Bq) jäi 28 henkilön tulos. Vastaavasti Tampereella mitattiin 35 henkilöä, suurin mitattu ^{137}Cs -aktiivisuus kehossa oli 1151 Bq ja alle havaitsemisrajan jäi 12 kpl mitatuista henkilöistä. Rovaniemellä mitattiin 35 henkilöä, suurin mitattu ^{137}Cs -aktiivisuus kehossa oli 289 Bq ja alle havaitsemisrajan jäi 18 henkilön tulos.

Kuvassa 10.3 on esitetty keskimääräinen ^{137}Cs -aktiivisuus helsinkiläisen vertailuryhmän jäsenissä 1960-luvun puolivälistä vuoteen 2018. Mittauksia ei tehty vuosina 2014 – 2017. Kuvassa erottuvat selvästi ilmakehässä suoritettujen ydinkokeiden ja Tšernobylin ydinonnettomuuden vaikutukset kehossa olevaan ^{137}Cs -aktiivisuuteen.

Kehossa olevan ^{137}Cs :n aiheuttaman säteilyannoksen arvioitiin vuonna 2018 jääneen alle 0,01 mSv/ henkilö.

10 Radioaktiva ämnen i människokroppen

Människan får i sig radioaktiva ämnen genom att andas in dem eller med födan. Dessa ämnen är antingen av naturligt ursprung eller artificiella. De ämnen som emitterar gammastrålning i människokroppen kan mätas direkt med helkroppsmätning. Strålsäkerhetscentralen har två utrustningar för detta: den ena är fast installerad i laboratoriet i Helsingfors och den andra är installerad i en lastbil. Den fasta helkroppsmätaren togs i bruk år 1965 och den mobila tio år senare.

Mätningar

Helkroppsmätaren i laboratoriet har placerats i ett järnrum som väger 80 ton. De tjocka järnväggarna ska absorbera den bakgrundsstrålning som kommer från omgivningen. Den mobila enheten väger cirka 2,5 ton, bild 10.1a. Mätningar utanför Helsingfors görs vanligtvis med denna utrustning. Mätutrustningen består av en stol för testpersonen och detektorer framför stolen (bild 10.1b). Aktiviteten som mäts är vanligtvis liten och för att skärma av bakgrundsstrålningen från omgivningen är stolen tillverkad av bly och detektorn har en blymantel.

Vid helkroppsmätning utsätts testpersonen inte för strålning. Mätningen går ut på att detektera den gammastrålning som radioaktiva ämnen i kroppen emitterar vid sitt sönderfall. För närvarande är ^{137}Cs det vanligaste artificiella radioaktiva ämnet som upptäcks vid helkroppsmätningar.

Människogrupper som undersöks

I Finland har man sedan år 1965 utfört mätningar på en referensgrupp av Helsingforsbor. Från och med år 1999 har man dessutom utfört mätningar på tre grupper från skolor i Helsingfors, Rovaniemi och Tammerfors (fr.o.m. 2001). På basis av resultaten från mätningarna på dessa fyra grupper beräknar man den stråldos som finländarna i genomsnitt får från artificiella radioaktiva ämnen. Tammerfors representerar området med det största nedfallet från Tjernobylolyckan i Finland.

Skolgrupperna i Helsingfors, Tammerfors och Rovaniemi består av frivilliga elever och lärare. Skolorna har valts för att inkludera olika åldersgrupper på samma mätplats. Personerna intervjuas kortfattat om matvanor samt om deras konsumtion av vissa livsmedel som innehåller rikligt med radioaktivt ^{137}Cs .

Resultat

Resultaten visas på bild 10.2. Endast medianen av mätvärdena för vuxna personer (över 14 år) har tagits med. I detta sammanhang är medianen en bättre parameter än medeltalet eftersom samplet är litet och enstaka avvikande stora eller små resultat inverkar för mycket (se bild 10.2).

Om barns resultat (under 15 år) kan det konstateras att ^{137}Cs aktiviteten i kroppen vanligtvis låg under 100 Bq. Fall under detekteringsgränsen förekom relativt sett oftare bland barn än bland

vuxna. Detta stämmer väl överens med resultat från tidigare undersökningar. Årsvariationen i mätresultaten beror på de stora skillnaderna i aktiviteten i inhandlad mat och livsmedel som samlats i naturen samt på att livsmedel som samlas i naturen används sporadiskt.

I gruppen från Helsingfors utfördes mätningar på 39 personer, i den från Rovaniemi 35 och i den från Tammerfors 35 personer. I Helsingfors var den högsta uppmätta ^{137}Cs aktiviteten i kroppen 186 Bq och 28 personer låg under detekteringsgränsen (ung. 50 Bq). Rovaniemi var de motsvarande värdena 289 Bq och 18 personer och i Tammerfors 1151 Bq och 12 personer.

Bild 10.3 visar kroppsinnehållet av ^{137}Cs som medelvärde för män och kvinnor i referensgruppen från Helsingfors mätt årligen sedan 1960-talets mitt. Inverkan av kärnvapenprov i atmosfären och av Tjernobylyolyckan på ^{137}Cs aktiviteten i kroppen ses tydligt i bilden.

År 2018 uppskattades ^{137}Cs i människokroppen i medeltal förorsaka en stråldos på cirka 0,01 mSv per person.

10 Radioactivity in man

Radioactive substances enter the human body via breath or in foodstuffs. These substances are either of natural or of artificial origin of which gamma ray emitters can be measured directly using a dedicated whole body counter. There are two such counters in use at STUK. One is a permanently installed system in the laboratory and the other one is a mobile system. The stationary system was installed in 1965 and the mobile system ten years later.

The measurements

The stationary system is installed inside an 80-tonne iron room. The thick iron walls are there to reduce the environmental background radiation. The mobile unit weighs about 2.5 tonnes and is installed on a truck (Fig. 10.1a). This mobile system is used in measurements away from Helsinki. The mobile system includes a lead chair for the person to be measured and in front of that a lead shielded gamma ray detector (Fig. 10.1b). The amount of radioactive substances to be measured is usually small, therefore, the lead shielding is necessary in order to reduce the background radiation from the environment.

The measurement itself does not cause any additional exposure to radiation. The measurement is based on detection of gamma radiation emitted by the radioactive substances in the body. Today, ^{137}Cs is the most common artificial radionuclide detected in these measurements.

Groups of people to be measured

A reference group from Helsinki has been monitored since 1965. The groups from Helsinki and Rovaniemi have been followed since 1999 and in 2001 a group from Tampere was added (for a map, see Fig. 9.1). These groups include volunteer children and teachers from local schools where different age groups are easily available. The measured persons 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 internal radiation dose for the people from artificial radioactive substances can be estimated.

Results

The medians on the measurement results are presented for the adults (older than 14 years) in Helsinki, Rovaniemi and Tampere in figure 10.2. The median better suits the purpose than the mean value because, when groups measured are small, a single large or small result gets too much weight (see Fig. 10.2).

Some children below 15 years age were measured and their body contents were usually below 100 Bq. In addition, there were relatively more results among children below detection limit than among adults. This result agrees well with results from our earlier studies.

In the Helsinki group in 2018, there were 39 measurements. The highest content was 186 Bq and 28 persons were below the detection limit of 50 Bq. Corresponding values in Tampere were 35 persons in measurement, the highest content was 1151 Bq and 12 persons were below the detection limit and in Rovaniemi there were 35 persons in measurement, the highest value being 289 Bq and 18 persons were below detection limit.

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

The mean internal radiation dose from ^{137}Cs in 2018 was estimated at 0,01mSv/person.



Kuva 10.1a. Kokokehomittauksissa käytettävä liikkuva laboratorio.

Bild 10.1a. Det mobila laboratoriet som används för helkroppsmätningar.

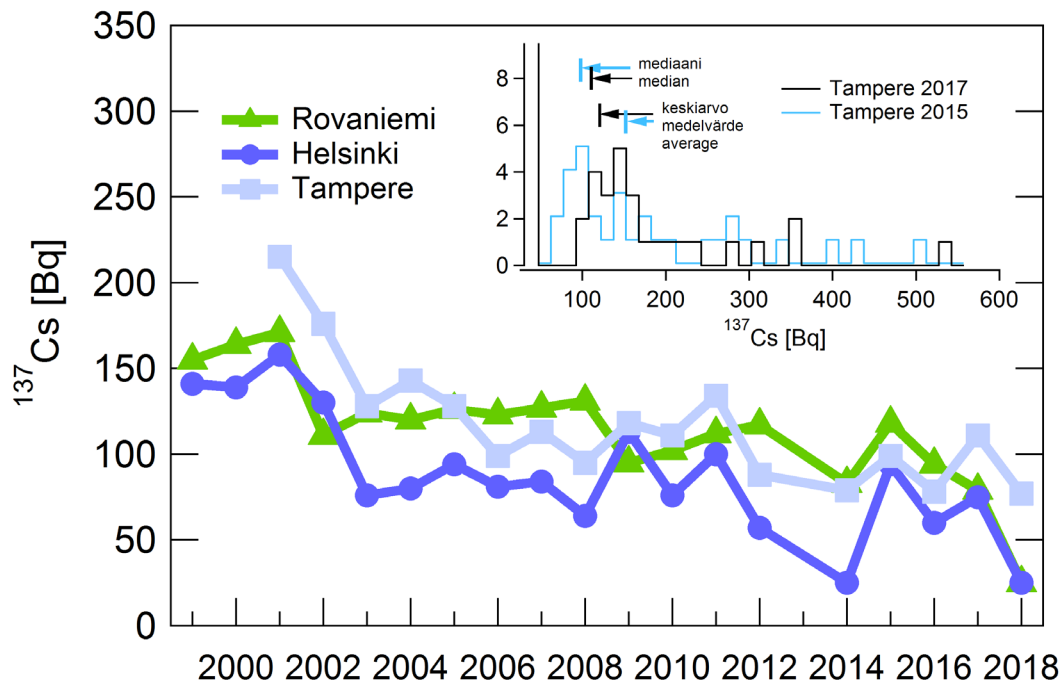
Fig 10.1a. The mobile laboratory used in the whole-body measurements.



Kuva 10.1b. Liikkuvan laboratorion taustasuoja ja ilmaisimet ja STUKin toimitiloissa oleva gammamittauslaitteisto.

Bild 10.1b. Mättningsstol i det mobila laboratoriet och gammamätning i STUK.

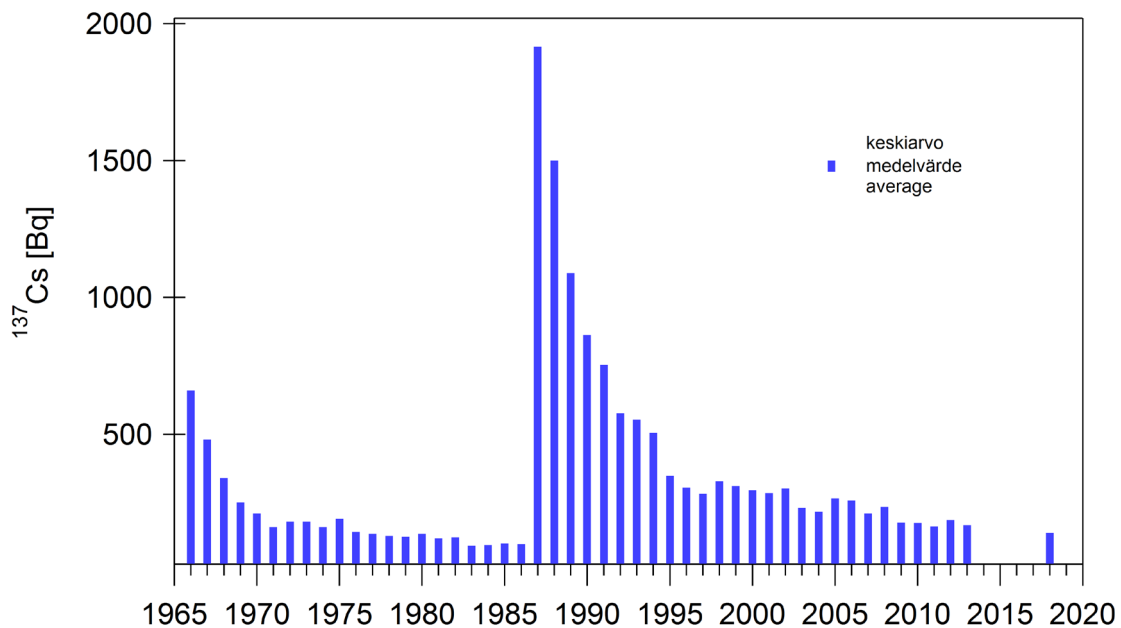
Fig. 10.1b. The background shield and detectors of the mobile unit and gamma measurement at STUK.



Kuva 10.2. Kehossa oleva ^{137}Cs -aktiivisuus. Ryhmissä on mukana kaikki yli 14-vuotiaat, jotka kävivät mittauksessa. Varsinaisen kuvan sisällä olevassa histogrammissa on Tampereen jakaumat vuosilta 2015 ja 2017.

Bild 10.2. Kroppsinnehållet av ^{137}Cs för kvinnor och män. I grupperna ingår alla personer äldre än 14 år som mättes. Histogrammet innanför figuren visar fördelningen av resultaten från skolmätningarna i Tammerfors 2015 och 2017.

Fig. 10.2. The ^{137}Cs body content for women and men. All persons older than 14 years are included in the groups. The inserted histogram shows the distributions of the measurement results for the Tampere group in 2015 and 2017.



Kuva 10.3. Kehossa oleva ¹³⁷Cs-aktiivisuus keskiarvona helsinkiläisessä vertailuryhmässä vuosina 1965 – 2013 ja 2018.

Bild 10.3. Kroppsinnehållet av ¹³⁷Cs som medelvärde i referensgruppen i Helsingfors mätt 1965 – 2013 och 2018.

Fig. 10.3. Body content of ¹³⁷Cs as the mean in the Helsinki reference group measured 1965 – 2013 and 2018 at STUK.

Yhteyshenkilö: Tiina Torvela, Säteilyturvakeskus (tiina.torvela@stuk.fi)

Kontaktperson: Tiina Torvela, Strålsäkerhetscentralen (tiina.torvela@stuk.fi)

Contact person: Tiina Torvela, Radiation and Nuclear Safety Authority (tiina.torvela@stuk.fi)

11 Jätelietteen radioaktiiviset aineet

Ympäristön säteilyvalvontaohjelmaan otettiin vuonna 2009 mukaan Helsingin Viikinmäen jätevesipuhdistamon lietteet, joista seurataan keinotekoisien radionuklidien esiintymistä. Monet ympäristöön kulkeutuneet radionuklidit voidaan havaita jätevedenpuhdistamon lietteestä, sillä puhdistusprosessissa lietteeseen rikastuu monia jätevedessä olevia radionuklideja. Viikinmäen jätevedenpuhdistamon lietteessä havaitaan radionuklideja, jotka ovat peräisin mm. Tšernobylin onnettomuudesta, lääkinnällisestä radioisotooppien käytöstä sekä luonnosta. Tutkimalla lietteitä saadaan myös tietoa radionuklidien kulkeutumisesta ympäristössä.

Viikinmäen jätevedenpuhdistamo otettiin käyttöön vuonna 1994 (kuva 11.1). Siellä puhdistetaan paitsi Helsingin myös Vantaan itä- ja keskiosien, Keravan, Tuusulan, Järvenpään, Sipoon, Mäntsälän eteläosan ja Pornaisen jätevedet. Vuonna 2018 puhdistamon kokonaisvirtaama oli noin 253000 m³ vuorokaudessa. Kuivattua jätevesilietettä syntyi vuonna 2018 noin 65000 tonnia.

Näytteenotto

Jätevedenpuhdistamon raakalietteestä ja mädätetystä kuivatusta lietteestä otetaan kaksi kertaa vuodessa näytteet, joista analysoidaan gammasäteilyä lähettävät radionuklidit. Näytteenottokuukaudet ovat maaliskuu- ja syyskuu ja molemmat näytteet otetaan samana päivänä.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Laboratoriossa raakaliete kuivataan lämpökaapissa ja jauhetaan. Muuta esikäsittelyä näytteelle ei tehdä. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet analysoidaan jauhetuista näytteistä gammaspektrometrisesti.

Mädätetystä kuivatusta lietteestä gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet analysoidaan ilman esikäsittelyä. Mittaus tehdään mahdollisimman nopeasti sen jälkeen, kun näyte on saapunut laboratorioon lyhytikäisten nuklidien toteamiseksi. Kuiva-ainemääritys tehdään mittauksen jälkeen.

Tulokset

Radionuklideja käyttävien sairaaloiden syöpäklinikoiden ja isotooppiosastojen potilaiden eritteet menevät Viikinmäen puhdistamoon. Hoitoja annetaan yleensä vain tiettyinä päivinä, joten päästöt jätevesiin jakautuvat ajallisesti epätasaisesti. Tästä johtuen sairaalanuklidien pitoisuudet lietteessä vaihtelevat suuresti.

Sairaaloissa käytettäviä radionuklideja ovat ¹³¹I, ¹⁷⁷Lu ja ²⁰¹Tl. ¹³⁷Cs on peräisin Tšernobylin onnettomuudesta ja ²³⁸U on vedessä luonnollisesti esiintyvä radioaktiivinen aine. Jätelietteen gamma-aktiivisten radionuklidien pitoisuudet raakalietteessä vuonna 2018 on esitetty taulukossa 11.1 ja kuivatussa lietteessä taulukossa 11.2. Vuoden 2018 maaliskuun mädätetyssä kuivatussa lietenäytteessä havaittiin 3 Bq/kg ruteniumia (¹⁰⁶Ru).

11 Radioaktiva ämnen i avloppsslam

I programmet för övervakning av strålning i miljön tog man år 2009 med slammet från Viksbacka avloppsreningsverk i Helsingfors. Man ska undersöka förekomsten av artificiella radionuklider i slammet. I slammet från avloppsreningsverket kan man upptäcka många radionuklider som släppts ut i miljön, eftersom slammet från avloppsvattnet berikas med dessa under reningsprocessen. I slammet från Viksbacka avloppsreningsverk har man upptäckt radionuklider som härrör bland annat från Tjernobylyolyckan, användningen av radioisotoper inom medicin och från naturen. Genom att undersöka slammet får man också information om radionuklidernas förflyttning i miljön.

Viksbacka avloppsreningsverk togs i bruk år 1994 (bild 11.1). Här behandlas avloppsvatten förutom från Helsingfors även från östra och mellersta Vanda, Kervo, Tusby, Träskända, Sibbo, södra Mäntsälä och Borgnäs. År 2018 var reningsverkets totala flöde cirka 253000 m³ per dygn. Under 2018 uppstod det cirka 65000 ton torkat avloppsvattenslam.

Provtagning

Två gånger per år tar man prov från avloppsreningsverkets råslam och rötade torkade slam och analyserar radionukliderna som emitterar gammastrålning. Provtagningsmånaderna är mars och september. Båda proven tas på samma dag.

Hantering och analys av proven

I laboratoriet torkas råslammet i ett värmeskåp och mals. Någon annan förbehandling görs inte med provet. De radioaktiva ämnen som sänder gammastrålning i de malda proven analyseras med gammaspektrometer.

De radioaktiva ämnena som finns i det rötade slammet och som sänder gammastrålning analyseras utan förbehandling. För att observera de kortlivade radionukliderna görs mätningen så snabbt som möjligt efter att provet anlant till laboratoriet. Bestämning av torrsubstansen görs efter mätningen.

Resultat

Exkret från patienterna på cancerkliniker och vid isotopavdelningar i sjukhus där man använder radionuklider går till reningsverket i Viksbacka. Behandlingarna ges oftast bara på vissa dagar så utsläppen i avloppsvattnet fördelas tidsmässigt ojämnt. Till följd av detta finns det stora variationer i halterna av sjukhusnuklider i slammet.

På sjukhus används radionukliderna ¹³¹I, ¹⁷⁷Lu och ²⁰¹Tl. ¹³⁷Cs härrör från Tjernobylyolyckan och ²³⁸U är ett radioaktivt ämne som förekommer naturligt i vatten. Halterna av gammaaktiva radionuklider i avfallsslammet år 2018 presenteras i tabell 11.1 (råslam) och i tabell 11.2 (torkat slam). I det rötade och torkade slamprovet från mars 2018 observerades 3 Bq/kg rutenium (¹⁰⁶Ru).

11 Radioactive substances in wastewater sludge

In 2009, the programme for the monitoring of environmental radiation was expanded to monitor the occurrence of artificial radionuclides in sludge from the Viikinmäki wastewater treatment plant in Helsinki. Sludge is a sensitive indicator of radionuclides that enter the environment since many radionuclides in wastewater are enriched during the water treatment process. Sludge from the Viikinmäki wastewater treatment plant has been found to contain radionuclides that originate, for instance, in the Chernobyl accident, medical use of radioisotopes and natural sources. Investigating sludge also provides useful information about the transfer of radionuclides in the environment.

The Viikinmäki wastewater treatment plant in Helsinki was commissioned in 1994 (Fig. 11.1). The plant processes the wastewater of Helsinki, eastern and central parts of Vantaa, Kerava, Tuusula, Järvenpää, Sipoo, southern part of Mäntsälä and Pornainen. In 2018, about 253000 m³ of wastewater per day flowed through the plant. The plant produced 65000 tonnes of dried waste sludge in 2018.

Sampling

Samples of undigested sludge and dewatered sludge from the wastewater treatment plant are collected two times a year and analysed for gamma-emitting radionuclides. Samples are collected in March and in September. Both types of samples are collected on the same day.

Pre-treatment and analyses

In the laboratory, the samples of undigested sludge are dried in a drying oven and ground into powder. The samples are not pre-treated in any other way. The samples are then analysed gamma-spectrometrically for gamma-emitting radioactive substances.

The samples of dewatered sludge are analysed for gamma-emitting radioactive substances without any pre-treatment. Measurements are carried out as soon as possible after the samples have arrived in the laboratory in order to detect any short-term nuclides. The percentage of dry material in the samples is determined after the measurements.

Results

The Viikinmäki wastewater treatment plant processes excretion from patients who have been treated with radioactive isotopes. Treatments are usually given only on certain weekdays so the emission of radionuclides into wastewater is distributed unevenly regarding the time. As a result, the concentrations of such radionuclides in the sludge vary a great deal.

Radionuclides used in hospitals include ¹³¹I, ¹⁷⁷Lu and ²⁰¹Tl. ¹³⁷Cs derives from the Chernobyl accident, while ²³⁸U is a natural radioactive substance that can be found in water. The concentrations of gamma-emitting radionuclides in undigested sludge and dewatered sludge in 2018 are presented in tables 11.1 and 11.2, respectively. 3 Bq/kg of ¹⁰⁶Ru was observed in the dewatered sludge sample in March 2018.

Taulukko 11.1. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet Viikinmäen jätevedenpuhdistamon raakalietteessä Bq kg⁻¹ kuivapainoa kohden vuonna 2018.

Tabell 11.1. Gammastrålande radioaktiva ämnen i råslammet från Viksbacka avloppsreningsverk Bq kg⁻¹ torrsvikt år 2018.

Table 11.1. Gamma-emitting radionuclides in undigested sludge in the Viikinmäki wastewater treatment plant Bq kg⁻¹ dry weight in 2018.

Sampling date	¹³¹ I	¹³⁷ Cs	¹⁷⁷ Lu	²⁰¹ Tl	²³⁸ U
6.3.2018	2400 ± 10%*	3.1 ± 14%	1800 ± 16%	44 ± 12%	330 ± 16%
27.9.2018	2200 ± 12%	2.7 ± 24%	3300 ± 16%	50 ± 14%	180 ± 26%

*Uncertainty is given two sigma uncertainty

Taulukko 11.2. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet Viikinmäen jätevedenpuhdistamon kuivatussa lietteessä Bq kg⁻¹ kuivapainoa kohden vuonna 2018.

Tabell 11.2. Gammastrålande radioaktiva ämnen i det torkade slammet från Viksbacka avloppsreningsverk Bq kg⁻¹ torrsvikt år 2018.

Table 11.2. Gamma-emitting radionuclides in dewatered sludge in the Viikinmäki wastewater treatment plant Bq kg⁻¹ dry weight in 2018.

Sampling date	¹³¹ I	¹³⁷ Cs	¹⁷⁷ Lu	²⁰¹ Tl	²³⁸ U
6.3.2018	560 ± 10%*	4.9 ± 12%	2100 ± 14%	13 ± 12%	680 ± 16%
27.9.2018	270 ± 10%	4.1 ± 16%	1400 ± 15%	7.2 ± 17%	310 ± 14%

*Uncertainty is given two sigma uncertainty



Kuva 11.1. Viikinmäen jätevedenpuhdistamo.
Bild 11.1. Viksbacka avloppsreningsverk.
Fig. 11.1. Viikinmäki wastewater treatment plant.

Yhteyshenkilö: Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)
Kontaktperson: Kaisa Vaaramaa, Strålsäkerhetscentralen (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)
Contact person: Kaisa Vaaramaa, Radiation and Nuclear Safety Authority (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

12 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 reilut sata 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 määräajoin. Lisäksi STUK ylläpitää päästörekiesteriä, johon kaikkien Itämeren piirissä toimivien ydinvoimalaitosten radioaktiivisten aineiden päästöt raportoidaan vuosittain.

Näytteenotto

Merivesi-, pohjasedimentti-, kala- ja muiden eliönäytteiden (kuten levät ja pohjaeläimet) näytteenottopisteet on esitetty kuvassa 12.1. Näytteet otetaan vuosittain tutkimusalue Arandalla, sekä rannikon läheisyydessä STUKin tai paikallisten näytteenottajien toimesta. Vuoden 2017 heinäkuussa tutkimusalue Arandalla aloitettiin peruskorjaus- ja muutostyöt ja alus luovutettiin SYKELLE syyskuussa 2018. Tästä johtuen vuonna 2018 Arandalla tehtiin vain yksi matka, jolla otettiin STUKin näytteitä ja normaalia näytteenotto-ohjelmaa jouduttiin supistamaan merkittävästi. Merivesi- ja sedimenttinäytteitä otettiin vain kahdelta pisteeltä ja näistäkin toinen ei kuulunut vakiintuneisiin näytteenottopisteisiin.

Tulokset

Itämeri on ollut intensiivisen radioekologisen tutkimuksen kohteena jo 1950-luvun lopulta alkaen. Tšernobylin ydinvoimalaitoksessa 1986 tapahtunut onnettomuus lisäsi edelleen siihen kohdistunutta radioekologista mielenkiintoa, sillä Itämeri oli kaikkein eniten laskeumaa saanut merialue maapallolla.

Tšernobylin laskeuma jakautui hyvin epätasaisesti Itämeren valuma-alueelle; eniten laskeumaa kertyi Selkämeren ja itäisen Suomenlahden alueille. Vuosien kuluessa Tšernobyl-cesiumin levinneisyyskuva on muuttunut jokien tuoman cesiumin, vesimassojen sekoittumisen, merivirtojen ja sedimentoitumisen vaikutuksesta. Cesiumia on kulkeutunut virtausten mukana Suomenlahdelta ja Pohjanlahdelta varsinaiselle Itämerelle, ja edelleen Tanskan salmien kautta Pohjanmerelle.

Vuonna 2018 pinnan läheisessä vesikerroksessa mitattiin ^{137}Cs :ää 11 – 26 becquereliä kuutiometrissä vettä (Bq/m^3). Vaikka ^{137}Cs -pitoisuudet merivedessä ovat laskeneet huippuvuosista (kuva 12.2), Itämeri on yhä yksi maailman saastuneimmista merialueista ^{137}Cs :n suhteen. Merivedestä mitatut tritiumpitoisuudet vaihtelivat $< 1,0 - 9,1$ becquereliä litrassa (Bq/l). Suurimmat tritiumpitoisuudet mitattiin ydinvoimalaitosten välittömässä läheisyydessä. Meriveden ^{90}Sr -pitoisuus vaihteli välillä 5,6 – 7,1 becquereliä kuutiometrissä vettä (Bq/m^3).

Suurin osa Itämereen tulleesta radioaktiivisesta cesiumista on vajonnut pohjasedimentteihin. Itämeren pohjaan arvioidaan olevan varastoituneena $2,5 \times 10^{15}$ Bq (2,5 terabecquereliä) ^{137}Cs :ää, josta yli puolet on sitoutuneena Selkämeren pohjasedimentteihin.

Vuonna 2018 cesiumin pitoisuudet vaihtelivat Suomen rannikoilta pyydetyissä hauissa 5 – 14 becquereliä kilossa (Bq/kg) ja olivat silakoissa korkeimmillaan 3,7 Bq/kg (kuva 12.3). Itämeren kaloista suomalaisille aiheutunut sisäisen säteilyannos oli alle 0,0005 millisieverttiä (mSv) vuonna 2018.

12 Radioaktiva ämnen i Östersjön

Alla Östersjöländer har ratificerat Helsingforskonventionen, Konventionen om skydd av Östersjöområdet marina miljö. Helsingforskommissionen (HELCOM) koordinerar det internationella samarbetet som ser till att konventionen verkställs. HELCOMs rekommendation 26/3 definierar programmet för övervakning av förekomst, transport och mängder av radioaktiva ämnen i Östersjön. Alla Östersjöländer deltar i övervakningen med sina egna nationella program. I Finlands andel ingår tagning av ungefär hundra prov på havsvatten, bottensediment, fisk och annan biota, analysering av radioaktiva ämnen i proverna och rapportering av resultaten till HELCOMs databas. STUK är ansvarigt för Finlands andel i programmet. Resultaten publiceras regelbundet i gemensamma rapporter. Därtill upprätthåller STUK ett utsläppsregister, i vilket parterna rapporterar årliga utsläppsdata från alla de kärnanläggningar som är i drift i Östersjöområdet.

Provtagning

Provtagningsplatserna för havsvatten, bottensediment, fisk och annan biota visas i bild 12.1. Proven tas årligen på det finska forskningsfartyget Aranda samt i kustområdena av STUK:s personal eller andra lokala provtagare. På forskningsfartyget Aranda inleddes reparations- och ändringsarbeten i juli 2017 och fartyget överlämnades till Finlands miljöcentral SYKE i september 2018. På grund av detta gjorde Aranda 2018 endast en provtagningsresa där man tog STUK:s prov och det normala provtagningsprogrammet måste begränsas betydligt. Havsvatten- och sedimentprov togs endast vid två provtagningsplatser, varav den ena inte tillhör de etablerade provtagningsplatserna.

Resultat

Östersjön har sedan 1950-talets slut varit föremål för intensiva radioekologiska undersökningar. Olyckan i Tjernobyli år 1986 ökade dess radioekologiska intresse ytterligare, då Östersjön var det havsområde globalt sett som påverkades mest av Tjernobylnedfallet. Nedfallet fördelades mycket ojämnt i Östersjöns avrinningsområden; områdena kring Bottenhavet och östra Finska viken mottog mest nedfall. Under årens lopp har spridningsbilden av Tjernobylicesium förändrats något till följd av cesiumutsläpp med älvar, blandning av vattenmassorna, havsströmmar och sedimentationsprocesser. Cesium har transporterats med havsströmmarna från Finska viken och Bottenhavet till den egentliga Östersjön och vidare ut i Nordsjön genom de danska sunden.

År 2018 varierade halterna av ^{137}Cs i ytvattnet från 11 till 26 becquerel per kubikmeter vatten (Bq/m^3). Även om ^{137}Cs -halterna i havsvattnet har minskat med tiden efter olyckan i Tjernobyli (bild 12.2), är Östersjön fortfarande världens mest förorenade havsområde vad gäller ^{137}Cs . Tritiumhalterna i havsvatten varierade $< 1,0 - 9,1$ becquerel per liter (Bq/l). De högsta tritiumhalterna observerades nära kärnkraftverk. Havsvattnets ^{90}Sr -halt varierade mellan $5,6 - 7,1$ Becquerel per kubikmeter vatten (Bq/m^3).

Merpart av ^{137}Cs har sjunkit ner botten sediment. Den totala mängden ^{137}Cs i Östersjöns botten uppskattas vara cirka $2,5 \times 10^{15}$ Bq (2,5 terabecquerel). Över hälften av detta är bundet i Bottenhavets sediment.

År 20 varierade cesiumhalterna i gäddor som fiskats längs den finska kusten $5 - 14$ Bq/kg. I strömmingar var cesiumhalten som högst $3,7$ Bq/kg (bild 12.3). Den interna stråldos som finländare fick från Östersjöfiskar år 2018 uppskattades vara mindre än $0,0005$ millisievert (mSv).

12 Radioactive substances in the Baltic Sea

All 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) coordinates 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 100 annual samples from seawater, bottom sediments, fish and other biota, the analysis of radioactive substances and the 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 regularly. In addition, STUK maintains a Discharge Register, to which the Contracting Parties annually report discharge data from all nuclear facilities operating in the Baltic Sea area.

Sampling

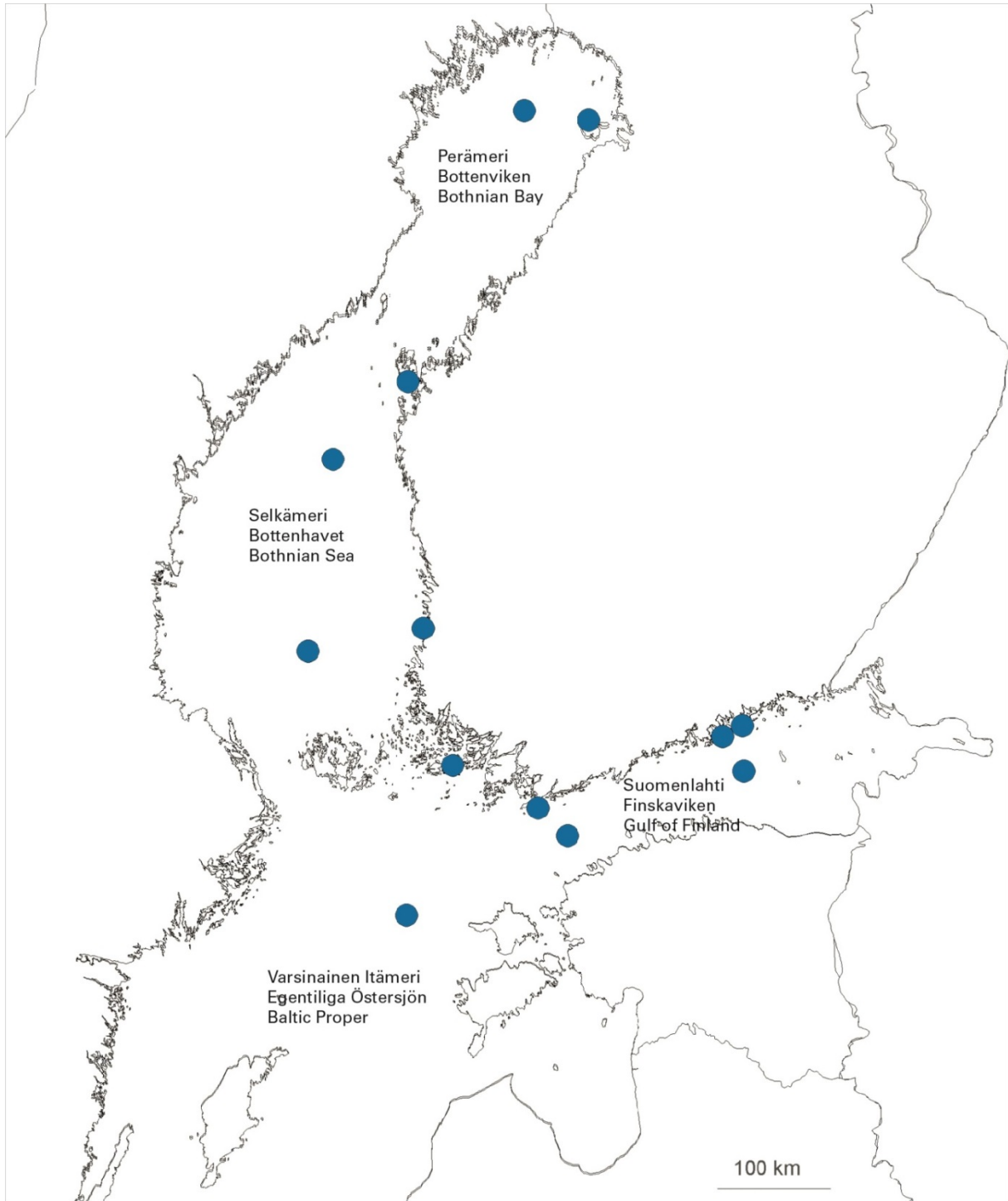
The sampling stations or areas for seawater, bottom sediments, fish and other biota are shown in Fig. 12.1. The samples are taken annually on board the Finnish Research Vessel Aranda or in the coastal areas by the staff of STUK or other local people. In July 2017 the Aranda was docked for renovation and remodelling. For this reason, Aranda completed just one voyage in 2018, during which STUK samples were collected and the normal sampling programme had to be reduced significantly.

Results

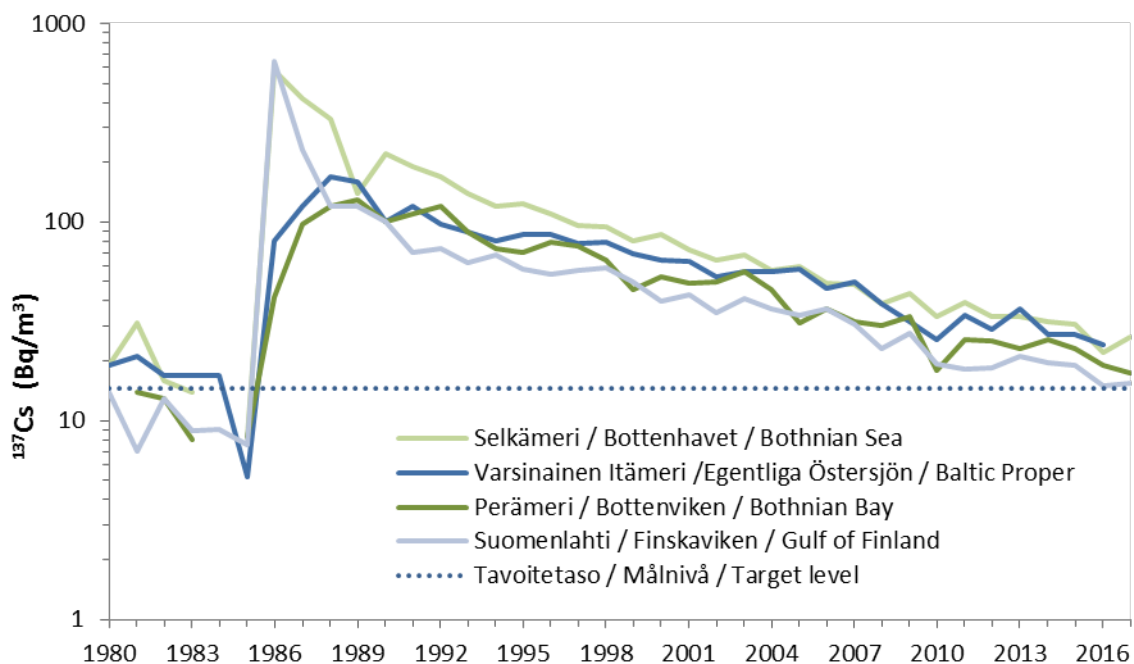
Since the late 1950s, the Baltic Sea has been an object of intensive radioecological studies. The accident at the Chernobyl NPP in 1986 further increased its radioecological interest because the Baltic was the marine area most affected by the Chernobyl fallout. The fallout from Chernobyl was very unevenly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

In 2018, the ^{137}Cs concentrations of surface water varied from 11 to 26 becquerel per cubic metre (Bq/m^3). Even though the ^{137}Cs concentrations in seawater have decreased with time (Fig. 12.2), the Baltic Sea is still the most contaminated sea in the world with respect of ^{137}Cs . Tritium concentrations in sea water varied $< 1,0 - 9,1$ (Bq/l). The highest tritium concentrations were measured in vicinity of nuclear power plants. The ^{90}Sr concentration in sea water varied between $5.6 - 7.1$ becquerel per cubic metre (Bq/m^3) of water.

Most of the ^{137}Cs present in the Baltic Sea has buried in the bottom sediments. According to a recent evaluation, the total inventory of ^{137}Cs in the Baltic Sea sediments was about 2.5×10^{15} Bq (2,5 tera becquerel), and more than half of this was bound in the seabed of the Gulf of Bothnia. In 2018, the cesium concentrations varied $5 - 14$ Bq/kg in pikes caught on Finnish coasts (Fig. 12.3) while in Baltic herrings they were $3,7$ Bq/kg at maximum. The internal radiation dose from Baltic Sea fish to Finnish people was estimated to be less than $0,0005$ mSv in 2018.



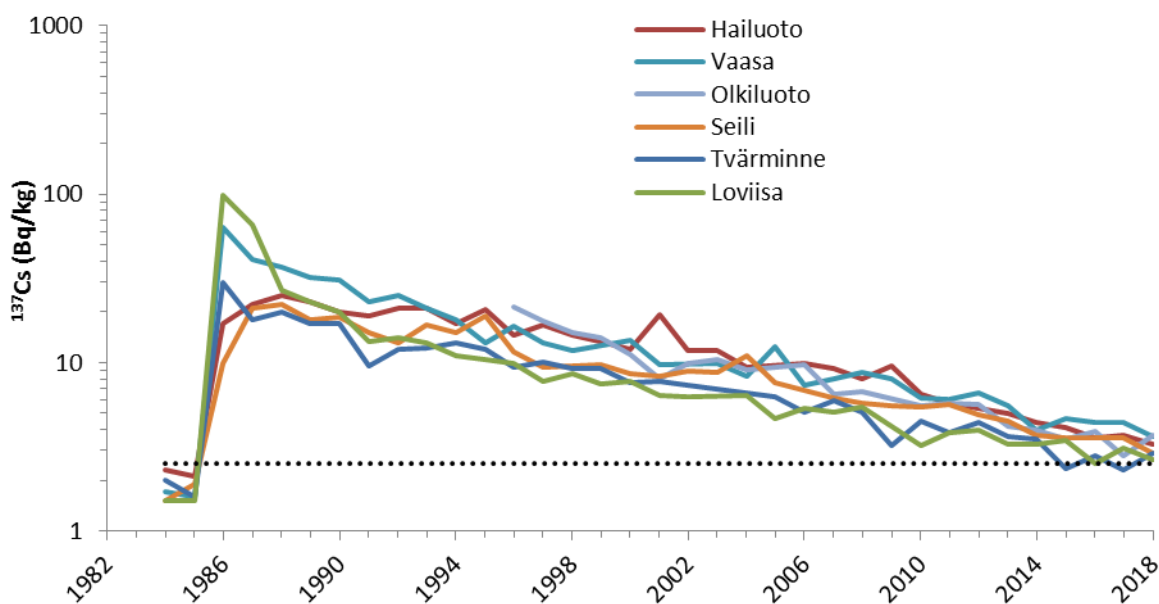
Kuva 12.1. Näytteenottopisteet merivedelle, pohjasedimentille, kaloille ja muulle biotalle.
Bild 12.1. Provtagningsplatserna för havsvatten, bottensediment, fisk och annan biota.
Fig. 12.1. Sampling stations and areas for sea water, bottom sediment, fish and other biota.



Kuva 12.2. ^{137}Cs :n aktiivisuuspitoisuus (Bq/m^3) merivedessä vuosina 1980 – 2017.

Bild 12.2. ^{137}Cs -halter (Bq/m^3) i ytvatten år 1980 – 2017.

Fig. 12.2. Activity concentration of ^{137}Cs (Bq/m^3) in seawater during 1980 – 2017.



Kuva 12.3. ^{137}Cs :n aktiivisuuspitoisuus (Bq/kg) Itämerestä pyydystetyssä silakassa 1984 – 2018.

Bild 12.3. ^{137}Cs -halter (Bq/kg) i fisk (strömmingar) i Östersjön år 1984 – 2018.

Fig. 12.3. Activity concentration of ^{137}Cs (Bq/kg) in fish (herring) in the Baltic Sea during 1984 – 2018.

Yhteyshenkilö: Vesa-Pekka Vartti, Säteilyturvakeskus (vesa-pekka.vartti@stuk.fi)

Kontaktperson: Vesa-Pekka Vartti, Strålsäkerhetscentralen (vesa-pekka.vartti@stuk.fi)

Contact person: Vesa-Pekka Vartti, Radiation and Nuclear Safety Authority (vesa-pekka.vartti@stuk.fi)

13 Sisäilman radon

Suurin tavallisen suomalaisen säteilyaltistuminen tulee oman kodin sisäilman radonista. Kuntien terveydensuojeluviranomainen valvoo asuntojen ja muiden oleskelutilojen radonpitoisuuksia. STUK tekee niihin palveluna radonmittauksia. Sisäilman radonin (^{222}Rn) pääasiallinen lähde on maaperän uraanipitoinen kiviaines. Korkeita radonpitoisuuksia esiintyy niissä asunnoissa, joiden perusrakenteet eivät ole riittävän tiiviitä estämään radonpitoisen maaperän huokosilman pääsy sisätiloihin. Radonkorjauksiin löytyy tehokkaita keinoja. Säteilylain 19 §:n perusteella STUK ylläpitää rekisteriä asuntojen, muiden oleskelutilojen ja työpaikkojen radonpitoisuuksista. STUKilla on oman radonmittaustoiminnan vuoksi kansainvälisesti verrattuna kattava (mutta ei edustava) ja koko ajan täydentyvä sisäilman radonpitoisuuksien kartasto ja tietokanta. STUKissa tehdyt asuntojen sisäilman radonmittausten tulokset sekä kaikkien radonmittauksia tarjoavien toimijoiden työpaikkojen radonmittausten tulokset kerätään kansalliseen radontietokantaan, jota hyödynnetään tilastojen, radonkarttojen ja muiden radonraporttien laatimisessa.

Kansalliseen radontietokantaan tallennettujen mittausten (vuodesta 1980 alkaen) vuosikeskiarvo on 237 Bq/m^3 ja mediaani 128 Bq/m^3 . Radontietokantaan tallennetut tiedot pitoisuuksista yliarvioivat koko Suomen radonpitoisuuksia, sillä tunnetuilla korkeiden radonpitoisuuksien alueilla asuntoja mitataan enemmän kuin muualla. Keskimääräinen radonpitoisuus, jolle suomalainen altistuu kotonaan arvioidaan olevan hieman alle 94 Bq/m^3 . Suomessa on arviolta 100000 (88000 pientaloa ja 10000 kerrostalojen alimpien kerrosten asuntoa), joissa radonpitoisuus on suurempi kuin viitearvo 300 Bq/m^3 . Työpaikkojen radonvalvonnan tulokset raportoidaan STUKin Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta -vuosiraportissa.

13.1 Radonpurkkimittaukset

Vuonna 2018 Säteilyturvakeskuksen radonpurkeilla tehtiin lähes 8300 radonmittausta asunnoissa. Useissa Suomen kunnissa 200 Bq/m^3 suuremmat radonpitoisuudet ovat yleisiä (kuva 13.1 ja 13.2). Vuonna 2018 tehdyissä mittauksissa uusien asuntojen radonpitoisuuden enimmäisarvo 200 Bq/m^3 oli suurempi 31 %:ssa, viitearvo 300 Bq/m^3 18 %:ssa ja vanha enimmäisarvo 400 Bq/m^3 ylittyi 12 %:ssa mittauksia. On kuitenkin huomioitava, että kansallisesta radontietokannasta saadut pitoisuudet yliarvioivat radonpitoisuuksia, koska esim. korkeiden radonpitoisuuksien alueilla asuntoja mitataan enemmän kuin muualla. Koko Suomen pientaloasunnoista on mitattu noin 10 %, mutta korkeiden radonpitoisuuksien kunnissa mitattuja asuntoja on yli 20 %.

Tehokkaimmin radonia torjutaan rakennusvaiheen toimenpiteillä; rakentamalla alapohjarakenteet tiiviiksi ja asentamalla lattialaatan alle radonputkisto. Nykyään yli puoleen uusista rakennuksista tehdään radontorjuntatoimenpiteitä. Radonpitoisuudet ovat alkaneet laskea pientaloissa 1980-luvun puolivälistä alkaen (kuva 13.3). Lasku on ollut erityisen merkittävää korkeiden radonpitoisuuksien maakunnissa. Tämä johtunee siitä, että korkeiden radonpitoisuuksien alueilla rakennuslupaviranomaiset vaativat yleensä radontorjuntatoimenpiteitä. Vuonna 2003 rakennetuissa pientaloissa ei enää voitu nähdä eroja sisäilman radonpitoisuuksissa korkean radonpitoisuuden maakuntien ja muiden alueiden välillä. Radontorjuntaan kuuluu myös radonpitoisuuden mittaaminen ja tarvittaessa radonputkiston

aktivoiminen, mitkä jäävät useimmiten tekemättä. Radonpitoisuuksien valtakunnallista kehittymistä on seurattava, koska tapa rakentaa muuttuu ja kehittyä koko ajan ja sillä voi olla merkittäviä vaikutusta sisäilman radonpitoisuuksiin.

13.2 Radonkampanjat

Radonkorjauskoulutus järjestettiin yrityksille, kiinteistöalan ammattilaisille ja viranomaisille STUKissa. Asukkaita radonkorjauksen suunnittelua helpottamaan järjestettiin radonkorjauswebinaari netissä. Lisätietoja: www.stuk.fi/aiheet/radon/radonkorjaukset/radonkorjauskoulutuksen-materiaalit.

Kymenlaakson neuvoloihin toteutettiin kohdennettu viestintäkampanja. Kampanjassa lähestyttiin alueen neuvoloita, joita pyydettiin jakamaan radontietoa perheille. Mukana oli 12 äitiysneuvolaa Kotkan, Kouvolan ja Virolahden alueilla ja 1100 pakettia (puuhakirja, radonaiheinen muistipeli, infolehtinen radonista) on lähetetty jaettavaksi perheille. Radon- ja UV-tietoa sisältävää Oppi ja ilo –puuhakirjaa on jaettu ilmaiseksi messuilla ja Meidän Perhe -lehden liitteenä (20000 kpl) sekä neuvoloiden, kirjastojen ja päiväkotien kautta radonriskialueilla (40000 kpl). Lisäksi puuhakirjan sähköistä versiota <https://sisalto.oppijailo.fi/puuhakirjat/stuk/> on jaettu aktiivisesti. Sosiaalisen median kampanja, kilpailu & lapsiperheille suunnattuja päivityksiä ja keskustelunavauksia on tehty ja Puutalobaby-blogi –yhteistyötä jatkettu. Lisätietoja: www.stuk.fi/radonvapaalapsuus.

13 Radon i inomhusluften

Vanliga finländare får den största strålningsexponeringen genom radonet i inomhusluften i sitt eget hem. Kommunernas hälsoinspektörer övervakar radonhalterna i bostäder och övriga vistelseutrymmen. STUK erbjuder en tjänst för radonmätningar i dem. Radon (^{222}Rn) i inomhusluften härstammar oftast från uranhaltigt stenmaterial i marken. Höga radonhalter förekommer i bostadslägenheter vars grundkonstruktion inte är tillräckligt tät för att förebygga att radonhaltig jordluft tränger in i huset. Det finns effektiva metoder för radonsanering. STUK upprätthåller enligt 19 § i strålsäkerhetslagen ett register över radonhalter i bostäder och andra vistelseutrymmen och på arbetsplatser. Tack vare den egna radonmätningens verksamheten har STUK en internationellt sett omfattande (men inte representativ) kartläggning och databas av radonhalterna i inomhusluften som ständigt kompletteras. Resultaten från mätningarna av radonhalterna i inomhusluften i bostäder som gjorts vid STUK samt resultaten från radonmätningarna på arbetsplatser, gjorda av alla aktörer, samlas i den nationella radondatabasen som utnyttjas vid framställning av statistik, radonkartor och andra radonrapporter.

Årsmedelvärdet för de mätningar finns registrerade i den nationella radondatabasen (från år 1980) är 237 Bq/m^3 , medianvärdet 128 Bq/m^3 . Informationen om halterna som sparas i radondatabasen överskattar radonhalterna i hela Finland, eftersom det görs fler mätningar i bostäderna i områden där man vet att radonhalten är hög än i andra områden. Den genomsnittliga radonhalten som finländare utsätts för i hemmet uppskattas till strax under 94 Bq/m^3 . I Finland finns uppskattningsvis 100000 bostäder (88000 småhus och 10000 bostäder på bottenvåningen i flerbostadshus), där radonhalten överskrider referensvärdet 300 Bq/m^3 . Radonövervakningens resultat av arbetsplatser rapporteras i STUK:s årsrapport Användning av strålning och annan verksamhet som medför exponering för strålning.

13.1 Radonmätning med burk

År 2018 gjordes det nästan 8300 radonmätningar i bostäder med Strålsäkerhetscentralens radonburkar. I flera kommuner i Finland är det vanligt med radonhalter över 200 Bq/m^3 (bild 13.1 och 13.2). I mätningarna från 2018 överskreds maximivärdet för radonhalten i nya bostäder, 200 Bq/m^3 , i 31 procent av mätningarna, referensvärdet 300 Bq/m^3 i 18 procent av mätningarna och det gamla maximivärdet, 400 Bq/m^3 , i 12 procent av mätningarna. Det bör dock beaktas att halterna som fås från den nationella radondatabasen överskattar radonhalterna, till exempel eftersom det görs fler mätningar i bostäderna i områden med hög radonhalt än i andra områden. I hela Finland har man mätt cirka 10 procent av alla småhusbostäder, men i kommuner med hög radonhalt har över 20 procent av bostäderna mätts.

Det effektivaste sättet att bekämpa radon är genom åtgärder under byggtiden; genom att bygga en tät konstruktion i det nedre bjälklaget och montera ett radonrörverk under golvplattan. Numera vidtas radonbekämpningsåtgärder i över hälften av alla nya byggnader. Radonhalterna har sedan mitten av 1980-talet börjat minska i småhus (bild 13.3). Speciellt stor har minskningen varit i landskap med hög radonhalt. Detta torde bero på att i områden med hög radonhalt kräver bygglovmyndigheten ofta radonbekämpningsåtgärder. I småhus byggda 2003 kunde man inte längre se någon skillnad i radonhalten mellan landskap med hög radonhalt och andra regioner. Till radonbekämpning hör även mätning av radonhalten och vid behov aktivering av ett radonrörverk, åtgärder som oftast försummas. Den nationella utvecklingen av

radonhalterna måste följas upp, eftersom byggmetoderna hela tiden förändras och utvecklas, vilket kan ha betydande inverkan på radonhalten i inomhusluften.

13.2 Radonkampanjer

STUK ordnade en utbildning om radonsanering för företag, fackmän inom fastighetsbranschen och för myndigheter. För invånarna ordnades ett webinarium för att underlätta planeringen av radonsanering. Mer information: www.stuk.fi/aiheet/radon/radonkorjaukset/radonkorjauskoulutuksen-materiaalit.

I rådgivningsbyråerna i Kymmenedalen genomfördes en riktad informationskampanj. Inom kampanjen ombads rådgivningsbyråerna i regionen att dela ut radoninformation till familjerna. I kampanjen deltog tolv mödrarrådgivningar i Kotka, Kouvola och Vederlax och 1100 paket (pysselbok, memoryspel med radontema, ett infoblad om radon) har skickats ut för att delas ut till familjer. Pysselboken Oppi ja ilo som innehåller information om radon och UV-strålning har delats ut gratis på mässor och som bilaga till tidskriften Meidän perhe (20000 ex.) samt i områden med hög radonrisk via rådgivningsbyråer, bibliotek och daghem (40000 ex.) Dessutom har den elektroniska versionen av pysselboken, <https://sisalto.oppijailo.fi/puuhakirjat/stuk>, delats aktivt. Man har genomfört en kampanj på sociala medier och en tävling, gjort uppdateringar och inlägg riktade till barnfamiljer och fortsatt samarbetet med bloggen Puutalobaby. Mer information: www.stuk.fi/radonvapaalapsuus.

13 Radon in indoor air

By and large, the Finns receive their highest level of radiation exposure from radon in indoor air of their homes. Municipal health protection authorities monitor radon concentrations in housing units and other living spaces. STUK conducts radon measurements in these spaces as a service. The primary source of radon (^{222}Rn) in indoor air is the rock material containing uranium in the soil. High radon concentrations occur in homes whose foundations are not sufficiently well sealed to prevent the entry of radon-carrying soil air. There are effective methods for radon mitigation. According to Section 19 of the Radiation Act, STUK maintains a register of the radon concentration values of housing units, other living spaces and workplaces. On an international scale, STUK has, due to its own radon measurement activities, an extensive (but not representative) atlas and database of indoor radon concentration values which receives new entries constantly. At STUK, the results of the conducted radon measurements of the indoor air of housing units and the radon measurement results of all operators offering radon measurements at workplaces are gathered into the national radon database that is utilised in compiling statistics, radon maps and other radon reports.

The annual average of measurements recorded in the national radon database (since 1980) is 237 Bq/m^3 and median 128 Bq/m^3 . The concentration data recorded in the radon database overestimate the radon concentration of all Finland, because housing units are tested more frequently in areas known for high radon concentration values than elsewhere. The average radon concentration value, to which a Finn is exposed at home is estimated to be little under 94 Bq/m^3 . In Finland, it is estimated that there are 100000 housing units (88000 detached and semi-detached houses and 10000 ground-floor flats in blocks of flats) where radon concentration is higher than the reference value of 300 Bq/m^3 . Information on radon monitoring results at workplaces is provided in STUK's annual report *Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta* (Use of radiation and other practices that cause radiation exposure).

13.1 Measurements with passive radon detectors

In 2018, the Radiation and Nuclear Safety Authority's passive radon detectors were used to perform 8300 radon measurements in housing units. Radon concentration values higher than 200 Bq/m^3 are common in several Finnish municipalities (Figures 13.1 and 13.2). In the measurements performed in 2018, the maximum value of 200 Bq/m^3 for new housing units was exceeded in 31% of the measurements, 300 Bq/m^3 was exceeded in 18% and the old maximum value of 400 Bq/m^3 was exceeded in 12% of the measurements. It should be noted, however, that the concentration values received from the national radon database overestimate the radon concentration values, since more housing units are measured in areas of high radon concentration than anywhere else, for example. Approximately 10% of the detached and semi-detached housing units in whole Finland have been tested, but the corresponding percentage in municipalities with high radon concentration values is over 20%.

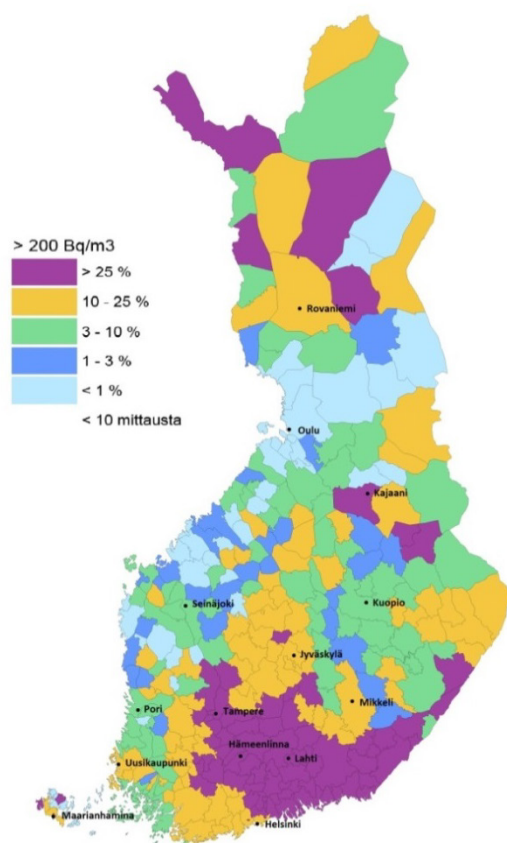
Radon is most effectively prevented by measures taken at the construction stage: building the base floor structures to be leak-tight and installing radon piping under the floor slab. Today, over half of new buildings undergo radon mitigation measures. Radon concentration values in detached and semi-detached houses have been on the decline since the mid-1980s (Figure 13.3). The decline has been particularly substantial in regions where there are high radon concentration values. This is most likely due to the fact that, in areas with high radon

concentration, the building permit authorities usually require radon mitigation measures to be performed. Detached and semi-detached houses constructed in 2003 no longer displayed any differences in indoor radon concentration values between regions with high radon concentration and other regions. Radon prevention also includes the measurement of radon concentration and, if needed, the activation of radon piping, which are often neglected. The national trend in radon concentration must be monitored, since construction methods are continuously changing and evolving and may have a substantial effect on indoor air radon concentration values.

13.2 Radon campaigns

Radon mitigation training for businesses, real estate professionals and authorities was organised at STUK. An online radon mitigation webinar was organised to facilitate the planning of radon mitigation by residents. Further information: www.stuk.fi/aiheet/radon/radonkorjaukset/radonkorjauskoulutuksen-materiaalit (in Finnish).

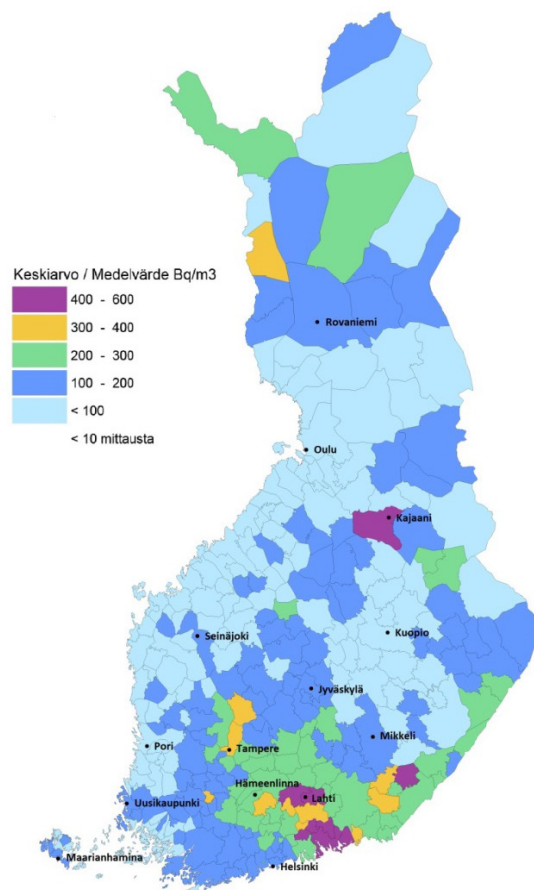
A communications campaign was implemented targeting the Kymenlaakso maternity clinics. The campaign approached the maternity clinics of the area and asked their staff to hand out radon information to families. The campaign involved 12 maternity clinics in the areas of Kotka, Kouvola and Virolahti and 1100 packages (an activity book, radon-themed memory game, information leaflet on radon) were sent to be distributed to families. The activity book of Oppi ja ilo containing radon and UV information has been handed out for free at fairs and appended to the Meidän Perhe magazine (20000 copies) and distributed via maternity and child health clinics, libraries and day-care centres in radon risk areas (40000 copies). In addition, the electronic version of the activity book https://sisalto.oppijailo.fi/puuhakirjat/stuk/index_en.html has been actively shared. Other activities include a social media campaign, prize draw & posts targeted at families with children and discussion openings. Cooperation with the Puutalobaby blog was continued. Further information: www.stuk.fi/web/en/topics/radon/radon-free-childhood.



Kuva 13.1. Uusille rakennuksille asetetun suunnittelu- ja rakentamisen radonpitoisuuden enimmäisarvon 200 Bq/m³ ylitysten osuudet kunnittain pientaloissa kansallisen radontietokannan mukaan.

Bild 13.1. Andelen fall där maximivärdet för radonhalten för nya bostäder 200 Bq/m³ överskrids i småhus enligt kommun. Källa: nationella radondatabas.

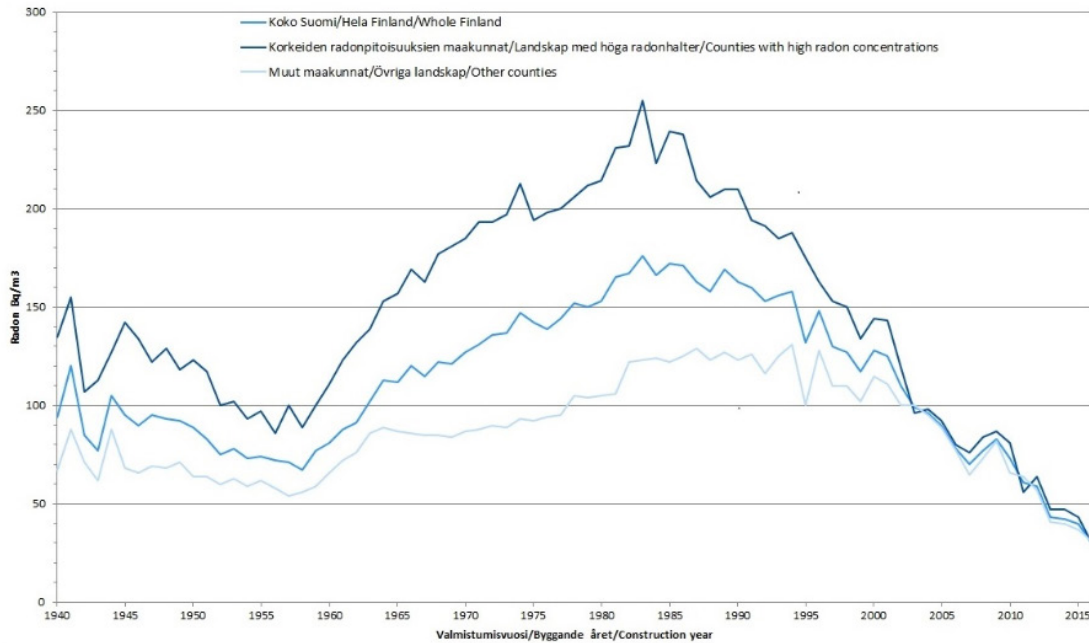
Fig. 13.1. Percentages exceeding the target level of 200 Bq/m³ set for the design and construction of new buildings in detached and semi-detached dwellings according to national radon database.



Kuva 13.2. Radonpitoisuuksien kuntakeskiarvot pientaloissa kansallisen radontietokannan mukaan.

Bild 13.2. De genomsnittliga kommunala värdena för radonhalterna i småhus i enlighet med den nationella radondatabasen.

Fig. 13.2. The municipal averages of radon concentrations in detached and semi-detached houses according to the national radon database.



Kuva 13.3. Pientaloissa mitattujen radonpitoisuuksien mediaanit rakennusvuoden mukaan korkeiden radonpitoisuuksien maakunnissa (Etelä-Karjala, Kanta-Häme, Kymenlaakso, Pirkanmaa, Päijät-Häme ja entinen Itä-Uusimaa) ja muissa maakunnissa sekä koko Suomessa. Aineisto on otettu suoraan kansallisesta radontietokannasta, joten mittaukset korkeissa radonpitoisuuksissa ovat yliedustettuja, koska mittauksia tehdään enemmän tunnetuilla korkeiden radonpitoisuuksien alueilla.

Bild 13.3. De senaste mätta medianerna för radonhalter i småhus i enlighet med byggåret i landskap med höga radonhalter (den mörkaste linjen) (Södra Karelen, Egentliga Tavastland, Kymmenedalen, Birkaland, Päijänne-Tavastland och före detta Östra Nyland) och i de övriga landskapen (den ljusaste linjen) samt i hela Finland. Halterna har tagits direkt ur den nationella radondatabasen. Därför är mätningarna med höga radonhalter överrepresenterade.

Fig. 13.3. Medians for most recent radon concentration measurement in detached and semi-detached houses according to the year of construction in regions (darkest line) with high radon concentrations (Southern Karelia, Tavastia Proper, Kymenlaakso, Pirkanmaa, Päijänne Tavastia and the former Eastern Uusimaa), in other regions (lightest line), and all of Finland. The concentrations have been taken directly from the national radon database, which means that the measurements at high radon concentrations are overrepresented.

Yhteyshenkilö: Päivi Kurttio, Säteilyturvakeskus (paivi.kurttio@stuk.fi)

Kontaktperson: Päivi Kurttio, Strålsäkerhetscentralen (paivi.kurttio@stuk.fi)

Contact person: Päivi Kurttio, Radiation and Nuclear Safety Authority (paivi.kurttio@stuk.fi)

14 Erillishankkeet

14.1 Koulujen radon

Koulujen radonhankkeessa koulujen seuranta jatkettiin edelleen. Hankkeen alussa (syksy 2016) STUKiin ilmoitettiin 1268 mitattavaa oppilaitosta, joista loppuvuodesta 2018 radonmittaustulokset puuttuvat vielä 128 osalta.

14.2 Bioenergian tuotannossa syntyvän tuhkan radioaktiivisuus

Säteilyturvakeskus toteutti yhdessä Energiateollisuus ry:n sekä Bioenergia ry:n kanssa vuosina 2015 – 2018 hankkeen ”Bioenergian tuotannossa syntyvän tuhkan radioaktiivisuus Suomessa”. Hankkeesta saatujen tulosten on tarkoitus palvella toiminnanharjoittajia ja viranomaisia arvioimaan bioenergian tuotannossa syntyvän tuhkan käytöstä aiheutuvia säteilyvaikutuksia.

Tuhkan radioaktiivisuuspitoisuuksia mitattiin 11 voimalaitokselta kerätyistä lento-, pohja- ja arinatuhkista. Tutkimuksessa tarkasteltiin sekä Tšernobylin ydinonnettomuudesta peräisin olevan ^{137}Cs :n että luonnonnuklidien aktiivisuuspitoisuuksia. Tuhkanäytteiden radionuklidipitoisuuksien perusteella arvioitiin tuhkan käytölle ja käsittelylle asetettujen toimenpidearvojen ylittymistä nk. aktiivisuusindeksien avulla Säteilyturvakeskuksen määräyksen mukaisesti ([Säteilyturvakeskuksen määräys luonnonsäteilylle altistavasta toiminnasta S/3/2019](#)). Tuhkan käsittelylle ja hyötykäytölle määritetään eri käyttötarkoitusten mukaan erilliset aktiivisuusindeksit. Tulokset osoittavat, että työntekijöille ei tarvitse asettaa rajoituksia radioaktiivisuuden vuoksi tuhkaa käsiteltäessä, koska aktiivisuusindeksin raja-arvo ei ylittynyt. Kuitenkaan lento- ja arinatuhkia ei tulisi ilman erillisiä selvityksiä käyttää rakennusmateriaaleihin tai tieverkoston ja vastaavien rakentamiseen eikä läjitykseen, maantäyttöön tai maisemarakentamiseen. Tämä siksi, että osassa lento- ja arinatuhkanäytteitä todettiin aktiivisuusindeksien raja-arvojen ylittymistä arvioitaessa toimenpidearvon toteutumista tuhkan hyötykäytön yhteydessä.

Säteilysuojelun kannalta on huomioitava, että osassa lentotuhkanäytteitä ^{210}Pb on merkittävästi rikastunut verrattuna muihin uraanisarjan nuklideihin. Näin ollen pelkkä aktiivisuusindeksin määrittäminen ei riitä kaikissa tilanteissa tarkasteltaessa mahdollista säteilyaltistuksen viitearvon ylittymistä ja tarvetta käytännön säteilysuojeluun, koska tuhkan käsittelyn aktiivisuusindeksi ei huomioi tuhkan ^{210}Pb -pitoisuutta, vaan uraanisarjaa edustava osa lasketaan pelkästään ^{226}Ra :n perusteella. Tutkimuksen pohjalta suositellaankin, että ^{210}Pb -pitoisuus otetaan jatkossa huomioon ohjeistettaessa tuhkan käsittelystä aiheutuvan säteilyaltistuksen arviointia.

Tarkasteltaessa Tšernobylin ydinonnettomuuden aiheuttaman laskeuman vaikutusta arinatuhkan ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuteen oli suurimman laskeuman saaneelta alueelta kerätyn metsäpolttoaineen arinatuhkan ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuden mediaani 3100 Bq/kg. Korkeat tuhkan ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuudet aiheuttavat aktiivisuusindeksien ylityksiä. Kun käytetään suuren laskeuman alueelta kerättyä polttoainetta tulisi mittauksin varmistaa tuhkan käyttökelpoisuus eri käyttötarkoituksissa. Vastaavasti seuraavaksi suurimman laskeuman alueen ja vähiten laskeumaa saaneen alueen arinatuhkan ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuksien mediaanit olivat 470 Bq/kg ja 130 Bq/kg. Näiltä alueilta kerätyssä polttoaineessa oli myös

turvetta mukana, joten osa ¹³⁷Cs-aktiivisuuden vaihtelusta johtunee myös käytetystä polttoaineesta.

Lisääntyvän bioenergian käytön myötä syntyvän tuhkan määrä kasvaa entisestään. Ympäristöön vapautuvan radioaktiivisuuden määrä riippuu läjitysalueen muodosta, tiivyydestä ja suotovesien keräys- ja käsittelyjärjestelmistä. Tulevaisuudessa olisikin tarpeen selvittää polttolaitosten ja tuhkan varastointialueiden läheisyydestä päästöjen ja tuhkan läjityksen vaikutukset ympäristön radioaktiivisten aineiden pitoisuuksiin. ¹³⁷Cs:n kerääntymistä saostuskaivoihin ja kulkeutumista läjitysalueilta ympäristöön voitaisiin selvittää pitkän aikavälin seurantamittauksin.

Taulukko 14.1. Radioaktiivisten aineiden pitoisuudet tuhassa tuhkatyypeittäin. Pitoisuudet ovat yksiköissä Bq/kg kuivapainoa kohden.

Nuklidi	Keskiarvo	Keski-hajonta	Mediaani	Mediaani-hajonta	Minimi	Maksimi	N (lkm)
lentotuhka							
¹³⁷ Cs	1260	531	1270	382	481	3442	78
⁴⁰ K	1269	727	1038	294	491	4348	78
²³⁸ U	151	134	98	96	3	481	71
²²⁶ Ra	152	52	160	54	50	291	78
²¹⁰ Pb	723	753	569	372	76	4336	61
²³² Th	81	33	75	29	29	227	78
pohjatuhka							
¹³⁷ Cs	309	201	258	141	6	1168	69
⁴⁰ K	1157	317	1162	340	325	1840	69
²³⁸ U	26	15	24	13	6	90	68
²²⁶ Ra	58	24	55	13	16	134	69
²¹⁰ Pb	23	15	18	6	9	74	17
²³² Th	32	12	30	5	16	80	69
arinatuhka							
¹³⁷ Cs	1936	1827	1959	2537	101	6085	40
⁴⁰ K	1322	800	1239	954	250	3122	40
²³⁸ U	29	47	10	11	2	192	27
²²⁶ Ra	143	63	145	62	50	272	40
²¹⁰ Pb	439	424	232	215	48	1670	23
²³² Th	69	31	73	34	21	148	40

Taulukko 14.2. Voimalaitostuhkan keskimääräiset (keskiarvo) aktiivisuusindeksit tuhkatyypeittäin ja voimalaitoksittain. Aktiivisuusindeksit on laskettu Säteilysäilytyskeskuksen määräyksen mukaisesti (Säteilysäilytyskeskuksen määräys luonnonsäteilystä altistavasta toiminnasta S/3/2019).

I_1 = aktiivisuusindeksi talonrakennustuotantoon käytettäville valmiille rakennusmateriaaleille

I_2 = aktiivisuusindeksi katujen, teiden ja vastaavien rakentamiseen käytettäville materiaaleille

I_3 = aktiivisuusindeksi läjitettäville sekä maantäyttöön ja maisemanrakentamiseen käytettäville materiaaleille

I_4 = tuhkan käsittelyn aktiivisuusindeksi

Tuhkatyyppi ja voimalaitos	Aktiivisuusindeksi				
	I_1	I_2	I_3	I_4	
lentotuhka	1	1,58	1,28	0,49	0,24
	2	1,43	1,25	0,47	0,23
	3	1,05	0,87	0,33	0,16
	4	0,71	1,02	0,40	0,19
	5	0,80	0,64	0,24	0,12
	6	1,46	1,24	0,47	0,23
	7	1,68	1,63	0,63	0,30
pohjatuhka	1	0,87	0,53	0,20	0,09
	2	0,64	0,34	0,13	0,06
	3	0,79	0,49	0,19	0,09
	4	1,09	0,92	0,36	0,17
	5	0,48	0,26	0,10	0,05
	6	0,88	0,54	0,21	0,10
	7	0,88	0,54	0,21	0,10
arinatuhka	8	1,89	2,76	1,08	0,53
	9	1,61	2,14	0,83	0,41
	10	1,00	0,72	0,27	0,13
	11	0,56	0,29	0,11	0,05

14 Särskilda projekt

14.1 Radonhalten i skolor

I skolornas radonprojekt fortsatte man att följa upp skolorna. I början av projektet (hösten 2016) anmäldes 1 268 läroanstalter för mätning till STUK, av vilka radonmätningresultat för 128 läroanstalter fortfarande saknades i slutet av 2018.

14.2 Radioaktiviteten i aska som uppstår vid produktionen av bioenergi

Åren 2015 – 2018 genomförde Strålsäkerhetscentralen tillsammans med Finsk Energiindustri rf och Bioenergi rf projektet ”Bioenergian tuotannossa syntyvän tuhkan radioaktiivisuus Suomessa” (Radioaktiviteten i aska som uppstår vid produktionen av bioenergi i Finland). Resultaten från projektet är avsedda för användning av verksamhetsutövare och myndigheter i deras bedömning av strålningseffekterna från aska som uppstår vid produktionen av bioenergi.

Radioaktivitetshalterna i aska mättes i flyg-, botten- och rosteraska som samlats från 11 kraftverk. I undersökningen granskades aktivitetskoncentrationerna i både ^{137}Cs som härstammar från Tjernobylyolyckan och naturligt förekommande nuklider. Utifrån radionuklidhalterna i askproverna uppskattades överskridandet av åtgärdervärdena som satts för användning och hantering av aska med hjälp av ett så kallat aktivitetsindex enligt Strålsäkerhetscentralens föreskrift ([Strålsäkerhetscentralens föreskrift om verksamhet som medför exponering för naturlig strålning S/3/2019](#)). För hantering och återvinning av aska definieras separata aktivitetsindex utifrån olika användningsändamål. Resultaten visar att man inte behöver ställa begränsningar för arbetstagarna med tanke på radioaktiviteten vid hantering av aska, eftersom gränsvärdet i aktivitetsindex inte överskreds. Dock bör man inte använda flyg- och rosteraska utan separata utredningar i byggnadsmaterial eller vägnät och motsvarande byggande och inte heller för deponering, markfyllning eller landskapsbyggande. Detta på grund av att i en del prover av flyg- och rosteraska konstaterades vid bedömningen av överskridande av gränsvärdena i aktivitetsindex att åtgärdsnivån uppnåddes i samband med återvinningen av aska.

Med tanke på strålskyddet bör det beaktas att i en del prover av flygaska är ackumuleringen av ^{210}Pb betydande jämfört med andra nukleider i uranserien. Därför räcker det inte alltid att endast beräkna aktivitetsindex vid granskning av eventuellt överskridande av referensvärdet för strålningsexponering och behovet av praktiskt strålskydd, eftersom aktivitetsindex för hanteringen av aska inte beaktar askans ^{210}Pb -halt, utan andelen som representerar uranserien beräknas endast utifrån ^{226}Ra . Utifrån undersökningen rekommenderas att man i fortsättningen beaktar ^{210}Pb -halten i instruktioner gällande uppskattningen av strålningsexponeringen från hanteringen av aska.

Vid granskningen av hur nedfallet som orsakades av Tjernobylyolyckan påverkar ^{137}Cs -aktivitetshalten i rosteraska, var medianen för ^{137}Cs -aktivitetshalten i rosteraska från skogsbränsle som tagits ut från området som fick störst nedfall 3100 Bq/kg. Höga ^{137}Cs -aktivitetshalter i askan orsakar överskridningar av aktivitetsindex. När man använder bränsle från ett område med stort nedfall bör man med mätningar säkerställa askans användbarhet för olika syften. På motsvarande sätt var medianerna för ^{137}Cs -aktivitetshalten i rosteraska från området som fick näst störst nedfall och området som fick minst nedfall 470 Bq/kg respektive

130 Bq/kg. Bränslet som tagits ut från dessa områden innehöll även torv, så en del av variationen i ¹³⁷Cs-aktiviteten torde även bero på det använda bränslet.

Mängden aska som uppstår i och med den ökade användningen av bioenergi fortsätter att öka. Mängden radioaktivitet som frigörs till omgivningen beror på deponeringsområdets form och täthet samt dess insamlings- och behandlingssystem för lakvatten. I framtiden skulle man behöva utreda, i närheten av förbränningsanläggningarna och förvaringsområdena för aska, vilken effekt utsläpp och askdeponering har på halterna av radioaktiva ämnen i miljön. Ansamlingen av ¹³⁷Cs i slamavskiljare och spridningen av ämnet från deponeringsområdena till miljön skulle kunna utredas med långsiktiga uppföljningsmätningar.

Tabell 14.3. Halterna av radioaktiva ämnen i aska per asktyp. Halterna visas i enheterna Bq/kg per torrsvikt.

Nuklid	Medel- värde	Standard- avvikelse	Median	Median- avvikelse	Minimi- värde	Maximi- värde	N (antal)
flygaska							
¹³⁷ Cs	1260	531	1270	382	481	3442	78
⁴⁰ K	1269	727	1038	294	491	4348	78
²³⁸ U	151	134	98	96	3	481	71
²²⁶ Ra	152	52	160	54	50	291	78
²¹⁰ Pb	723	753	569	372	76	4336	61
²³² Th	81	33	75	29	29	227	78
bottenaska							
¹³⁷ Cs	309	201	258	141	6	1168	69
⁴⁰ K	1157	317	1162	340	325	1840	69
²³⁸ U	26	15	24	13	6	90	68
²²⁶ Ra	58	24	55	13	16	134	69
²¹⁰ Pb	23	15	18	6	9	74	17
²³² Th	32	12	30	5	16	80	69
rosteraska							
¹³⁷ Cs	1936	1827	1959	2537	101	6085	40
⁴⁰ K	1322	800	1239	954	250	3122	40
²³⁸ U	29	47	10	11	2	192	27
²²⁶ Ra	143	63	145	62	50	272	40
²¹⁰ Pb	439	424	232	215	48	1670	23
²³² Th	69	31	73	34	21	148	40

Tabell 14.4. Genomsnittliga (medelvärde) aktivitetsindex för kraftverksaska per asktyp och kraftverk. Aktivitetsindex har beräknats enligt Strålsäkerhetscentralens föreskrift (Strålsäkerhetscentralens föreskrift om verksamhet som medför exponering för naturlig strålning S/3/2019).

I_1 = aktivitetsindex för färdigt byggnadsmaterial som används i produktion av byggnader

I_2 = aktivitetsindex för material som används vid byggande av gator, vägar och motsvarande

I_3 = aktivitetsindex för material som ska deponeras samt material som används vid markfyllning och landskapsbyggande

I_4 = aktivitetsindex för hantering av aska

Asktyp och kraftverk	Aktivitetsindex			
	I_1	I_2	I_3	I_4
flygaska				
1	1,58	1,28	0,49	0,24
2	1,43	1,25	0,47	0,23
3	1,05	0,87	0,33	0,16
4	0,71	1,02	0,40	0,19
5	0,80	0,64	0,24	0,12
6	1,46	1,24	0,47	0,23
7	1,68	1,63	0,63	0,30
bottenaska				
1	0,87	0,53	0,20	0,09
2	0,64	0,34	0,13	0,06
3	0,79	0,49	0,19	0,09
4	1,09	0,92	0,36	0,17
5	0,48	0,26	0,10	0,05
7	0,88	0,54	0,21	0,10
rosteraska				
8	1,89	2,76	1,08	0,53
9	1,61	2,14	0,83	0,41
10	1,00	0,72	0,27	0,13
11	0,56	0,29	0,11	0,05

14 Separate projects

14.1 Radon concentration in schools

In radon project for schools, the monitoring of schools was further extended. At the beginning of the project (autumn 2016), 1268 educational institutes were reported to STUK for measurement. In late 2018, radon measurement results were still missing from 128 schools.

14.2 Radioactivity of ash generated in the production of bioenergy

Together with Finnish Energy and the Bioenergy Association, the Radiation and Nuclear Safety Authority implemented the project "Bioenergian tuotannossa syntyvän tuhkan radioaktiivisuus Suomessa" (Radioactivity of ash generated in the production of bioenergy in Finland) in 2015 – 2018. The results of the project aim to serve operators and authorities in assessing radiation impacts of the utilisation of ash generated in the production of bioenergy.

The radioactivity concentrations of ash were measured from fly ash, bottom ash and grate ash collected from 11 power plants. The research examined activity concentrations of both ^{137}Cs from the Chernobyl disaster and natural nuclides. Based on the radionuclide concentrations of the ash samples, exceeding of the action levels set for the use and processing of ash was assessed with the help of so-called activity indexes in accordance with regulation (S/3/2019) of the Radiation and Nuclear Safety Authority. Separate activity indexes are specified for the processing and utilising of ash according to different purposes of use. The results demonstrate that there is no need to set restrictions for employees on the account of radioactivity when processing ash, because the limit value of the activity index was not exceeded. Fly ash and grate ash should not, however, be used without separate investigations in construction materials or in the building of the road network or similar or for mounding, landfilling or landscaping. This is due to the fact that the activity index limit values were exceeded in some of the fly ash and grate ash samples when assessing the realisation of the action value in connection with the utilisation of ash.

In view of radiation protection, it must be taken into account that in some of the fly ash samples ^{210}Pb has been significantly enriched in comparison to the other nuclides of the uranium series. Thus, a simple determination of the radioactivity index is not enough in all situations when considering possible instances of exceeding the radiation exposure reference value and the need for practical radiation protection, because the activity index of ash processing does not take into consideration the ^{210}Pb concentration of ash, since the portion representing the uranium series is calculated based on ^{226}Ra only. Therefore, based on the research, it is recommended that the ^{210}Pb concentration be taken into consideration in future when providing guidance for assessing the radiation exposure caused by ash processing.

When examining the impact of the Chernobyl disaster fallout on the ^{137}Cs activity concentration of grate ash, the median of the ^{137}Cs activity concentration of grate ash, from forest fuel collected from the area that received the greatest share of fallout, was 3100 Bq/kg. High ^{137}Cs activity concentrations of ash cause exceeding of the activity indexes. When using fuel collected from an area of major fallout, it should be verified by measurements that ash is suitable for the different purposes of use. Correspondingly, the medians of the ^{137}Cs activity concentrations of grate ash, from areas that received the second greatest and smallest fallout, were 470 Bq/kg and

130 Bq/kg respectively. Fuel collected from these areas also included peat, so a part of the variation in the ¹³⁷Cs activity is also probably due to the used fuel.

With the increasing use of bioenergy, the amount of resulting ash will continue to increase. The amount of radioactivity released to the environment depends on the shape, compactness and the collection and treatment systems of seepage water of the mounding area. In the future, it would be necessary to establish, in the vicinity of combustion plants and storage areas of ash, the impact of emissions and ash mounding on the concentrations of radioactive substances in the environment. The collection of ¹³⁷Cs in settling wells and its migration from mounding areas to the environment could be established with the help of long-term surveillance measurements.

Table 14.5. Concentrations of radioactive substances in ash according to ash types. The unit of the concentrations is Bq/kg of dry weight.

Nuclide	Average	Standard deviation	Median	Median deviation	Minimum	Maximum	No.
fly ash							
¹³⁷ Cs	1260	531	1270	382	481	3442	78
⁴⁰ K	1269	727	1038	294	491	4348	78
²³⁸ U	151	134	98	96	3	481	71
²²⁶ Ra	152	52	160	54	50	291	78
²¹⁰ Pb	723	753	569	372	76	4336	61
²³² Th	81	33	75	29	29	227	78
bottom ash							
¹³⁷ Cs	309	201	258	141	6	1168	69
⁴⁰ K	1157	317	1162	340	325	1840	69
²³⁸ U	26	15	24	13	6	90	68
²²⁶ Ra	58	24	55	13	16	134	69
²¹⁰ Pb	23	15	18	6	9	74	17
²³² Th	32	12	30	5	16	80	69
grate ash							
¹³⁷ Cs	1936	1827	1959	2537	101	6085	40
⁴⁰ K	1322	800	1239	954	250	3122	40
²³⁸ U	29	47	10	11	2	192	27
²²⁶ Ra	143	63	145	62	50	272	40
²¹⁰ Pb	439	424	232	215	48	1670	23
²³² Th	69	31	73	34	21	148	40

Table 14.6. Average activity indexes of plant ash according to ash types and power plants. The activity indexes have been calculated according to regulation S/3/2019 of the Radiation and Nuclear Safety Authority.

I_1 = activity index for final building materials intended for use in building construction

I_2 = activity index for materials used in road, street and related construction work

I_3 = activity index for materials used in mounding, landfill and landscaping

I_4 = activity index for handling of ash

Ash type and power plant		Activity index			
		I_1	I_2	I_3	I_4
fly ash	1	1,58	1,28	0,49	0,24
	2	1,43	1,25	0,47	0,23
	3	1,05	0,87	0,33	0,16
	4	0,71	1,02	0,40	0,19
	5	0,80	0,64	0,24	0,12
	6	1,46	1,24	0,47	0,23
	7	1,68	1,63	0,63	0,30
bottom ash	1	0,87	0,53	0,20	0,09
	2	0,64	0,34	0,13	0,06
	3	0,79	0,49	0,19	0,09
	4	1,09	0,92	0,36	0,17
	5	0,48	0,26	0,10	0,05
	6	0,88	0,54	0,21	0,10
	7	0,88	0,54	0,21	0,10
grate ash	8	1,89	2,76	1,08	0,53
	9	1,61	2,14	0,83	0,41
	10	1,00	0,72	0,27	0,13
	11	0,56	0,29	0,11	0,05

LIITE 1

Ionisoivaan säteilyyn liittyviä keskeisiä suureita ja niiden yksiköitä

Aktiivisuus: Aineen radioaktiivisuutta määrällisesti kuvaava suure on aktiivisuus, jonka yksikkö on becquerel (Bq). Lähteen tai aineen aktiivisuus on 1 Bq, kun siinä tapahtuu keskimäärin yksi radioaktiivinen hajoaminen sekunnissa.

Aktiivisuuspitoisuus: Mitattaessa radioaktiivisten aineiden aktiivisuutta tilavuus- tai painoyksikköä kohden kaasuissa, nesteissä tai kiinteissä aineissa käytetään suuretta aktiivisuuspitoisuus, jonka yksikkö voi olla Bq/m³, Bq/l tai Bq/kg.

Säteilyannos: Säteilyannoksella tarkoitetaan yleisesti sitä energiamäärää, jonka säteily jättää kohdeaineeseen sen painoyksikköä kohti. Tässä raportissa käytettävällä säteilyannoksella tarkoitetaan kuitenkin ns. **efektiivistä säteilyannosta**, joka kuvaa sitä terveysriskiä (lähinnä syöpäriskiä), jonka ihmiseen kohdistuva säteily aiheuttaa. Efektiivisen annoksen yksikkö on sievert (Sv). 1 Sv vastaa noin 5 % todennäköisyyttä saada elinaikana säteilystä aiheutunut syöpä. Käytännössä käytetään sievertin tuhannesosaa, millisievert (mSv) tai sievertin miljoonasosaa, mikrosievert (µSv). Jos ihminen saa mistä tahansa säteilylähteestä 1 mSv efektiivisen säteilyannoksen, on hänellä noin 0,005 % todennäköisyys saada tästä aiheutuva syöpä elinaikanaan.

Puoliintumisaika: Koska radioaktiivinen aine hajoaa itsestään toiseksi alkuaineeksi, sen määrä jatkuvasti pienenee, ellei sitä synny lisää jonkin toisen radioaktiivisen aineen hajoamistuotteena tai ellei sitä synnytetä keinotekoisesti. Jokaisella radioaktiivisella aineella on oma keskimääräinen nopeutensa, jolla se hajoaa. Puoliintumisajalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu radioaktiivisen aineen määrän (ja samalla aktiivisuuden) vähenemiseen puoleen alkuperäisestä.

BILAGA 1

Joniserande strålning, dess viktigaste storheter och deras enheter

Aktivitet: Mängd av ett radioaktivt ämne beskrivs med dess aktivitet. Aktivitetens enhet är becquerel (Bq). Ämnets aktivitet är 1 Bq, när det händer i genomsnitt ett radioaktivt sönderfall per sekund.

Aktivitetskoncentration: Mängd av ett radioaktivt ämne i gaser, vätskor eller fasta ämnen uppges som en aktivitetskoncentration, vilkens enhet kan vara Bq/m³, Bq/l eller Bq/kg.

Stråldos: Stråldos betyder den mängd energi som strålning lämnar i målmaterialet per viktenhet. Stråldos, som används i denna rapport, betyder dock den så kallade **effektiva dosen**, vilket indikerar den hälsorisk (främst risken för cancer), som strålningen orsakar på människor. Enheten för effektiv dos är sievert (Sv). 1 Sv motsvarar cirka 5% risk för att få cancer från strålning under livstid. I praktiken används tusendels sievert, millisievert (mSv), eller miljondels sievert, mikrosievets (µSv). Om en person får 1 mSv effektiv dos från en strålkälla, har han/hon ungefär 0,005% sannolikhet att få cancer under sin livstid.

Halveringstid: Eftersom det radioaktiva ämnet av sig själv sönder ned till andra element, dess mängd kontinuerligt minskar, om det inte är en sönderfallsprodukt av ett annat radioaktivt ämne eller om det inte skapas konstgjort. Varje radioaktivt ämne har sin egen genomsnittliga sönderfallshastighet. Halveringstid betyder den tid som förflyter när den mängd radioaktivt ämne (och därmed aktivitet) minskar till hälften av den ursprungliga mängden.

APPENDIX 1

Ionizing radiation, the key parameters and their units

Activity: Quantity of a radioactive material is described by its activity. The unit of activity is becquerel (Bq). Activity of a radioactive material is 1 Bq, when there happens, as an average, one radioactive decay per second.

Activity concentration: Quantity of a radioactive material per unit volume or weight of gases, liquids or solids is given in general as an activity concentration. Concentration unit can be Bq/m³, Bq/l or Bq/kg.

Radiation dose: Radiation dose refers generally to the amount of energy left by radiation in the target material per its unit weight. In this report the radiation dose means, however, the so-called **effective dose**, which indicates the health risk (mainly the risk of cancer) caused by radiation on humans. Unit of effective dose is sievert (Sv). 1 Sv corresponds to about 5% likelihood to get a radiation induced cancer. In practice thousandth of sievert, millisieverts (mSv), or millionth of sievert, microsievert (μSv), are used. If a person receives 1 mSv effective dose from any source of radiation, he/she has approximately of 0,005% probability of getting a cancer as the result of this dose during his/her lifetime.

Half-life: Since the radioactive substance decays naturally to another element, its amount declines continuously, if it is not a decay product of other radioactive substance, or if it is not created artificially. Each radioactive substance has its own average speed at which it decays. Half-life means the time during which the amount of radioactive substance (and thus the activity) lessens to half of the original amount.