



STUK-B 249 / KESÄKUU 2020

Aleksi Mattila, Samu Inkinen (toim.)

B

Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa

Vuosiraportti 2019

Strålningsövervakning av miljön i Finland

Årsrapport 2019

Environmental Radiation Monitoring in Finland

Annual Report 2019

Säteilyturvakeskus
PL 14
00811 Helsinki
www.stuk.fi

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

ISBN 978-952-309-461-1
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, reagoida muutoksiin sekä arvioida ihmisen saamia säteilyannoksia että 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 2019 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. Luonnon radioaktiivisten aineita tutkitaan määrävuosin 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.

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 realtidsinformation 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 2019 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. Naturliga radioaktiva ämnen har 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.

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 sänts till kommissionen. Rapporten finns även på Strålsäkerhetscentralens hemsida på adressen www.stuk.fi.

MATTILA Aleks, INKINEN Samu (eds.). Environmental Radiation Monitoring in Finland. Annual report 2019. STUK-B 249. Helsinki 2020. 93 pp. + Appendices 3 pp.

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 2019 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. Natural radioactive substances have been determined in domestic water, surface water, milk and foodstuffs during selected years. 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.

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 | 18 |
| 4 ULKOILMAN RADIOAKTIIVISET AINEET | 24 |
| 4.1 ULKOILMAN GAMMA-AKTIIVISET AINEET | 24 |
| 4.2 ULKOILMAN KOKONAISBEETA-AKTIIVISUUS | 34 |
| 5 LASKEUMAN RADIOAKTIIVISET AINEET | 40 |
| 6 PINTAVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET | 45 |
| 7 TALOUSVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET | 49 |
| 8 MAIDON RADIOAKTIIVISET AINEET | 54 |
| 9 ELINTARVIKKEIDEN RADIOAKTIIVISET AINEET | 59 |
| 9.1 YHDEN VIIKON ATERIAT | 59 |
| 9.2 KAUPAN ELINTARVIKKEET | 60 |
| 10 RADIOAKTIIVISET AINEET IHMISESSÄ | 67 |
| 11 JÄTELIETTEEN RADIOAKTIIVISET AINEET | 76 |
| 12 RADIOAKTIIVISET AINEET ITÄMERESSÄ | 80 |
| 13 SISÄILMAN RADON | 85 |
| 13.1 RADONPURKKIMITTAUKSET | 85 |
| 13.2 RADONVIESTINTÄ | 86 |
| LIITE 1 IONISOIVAAN SÄTEILYYN LIITTYVIÄ KESKEISIÄ SUUREITA JA NIIDEN YKSIKÖITÄ | 94 |

Innehallsförteckning

| | |
|--|-----------|
| FÖRORD | 4 |
| 1 SAMMANDRAG | 11 |
| 2 STRÅLDOSER | 16 |
| 3 EXTERN STRÅLING | 19 |
| 4 RADIOAKTIVA ÄMNEN I UTELUFT | 26 |
| 4.1 GAMMA-AKTIVA ÄMNEN I UTELUFT | 26 |
| 4.2 TOTAL BETA AKTIVITET I UTELUFT | 35 |
| 5 RADIOAKTIVA ÄMNEN I NEDFALL | 41 |
| 6 RADIOAKTIVA ÄMNEN I YTVATTEN | 46 |
| 7 RADIOAKTIVA ÄMNEN I HUSHÅLLSVATTEN | 50 |
| 8 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MJÖLK | 55 |
| 9 RADIOAKTIVA ÄMNEN I LIVSMEDEL | 61 |
| 9.1 EN VECKAS MÅLTIDER | 61 |
| 9.2 LIVSMEDEL I BUTIKER | 62 |
| 10 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MÄNNISKROPPEN | 69 |
| 11 RADIOAKTIVA ÄMNEN I AVLOPPSSLAM | 77 |
| 12 RADIOAKTIVA ÄMNEN I ÖSTERSJÖN | 81 |
| 13 RADON I INOMHUSLUFTEN | 87 |
| 13.1 RADONMÄTNING MED BRUK | 87 |
| 13.2 INFORMATION OM RADON | 90 |
| BILAGA 1 JONISERANDE STRÅLNING, DESS VIKTIGASTE STORHETER OCH DERAS ENHETER | 95 |

Contents

| | |
|--|-----------|
| PREFACE | 5 |
| 1 SUMMARY | 13 |
| 2 RADIATION DOSES | 17 |
| 3 EXTERNAL RADIATION | 20 |
| 4 AIRBORNE RADIOACTIVE SUBSTANCES | 27 |
| 4.1 GAMMA ACTIVITY OF GROUND LEVEL AIR | 27 |
| 4.2 GROSS BETA ACTIVITY OF GROUND LEVEL AIR | 35 |
| 5 RADIONUCLIDES IN DEPOSITION | 42 |
| 6 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN SURFACE WATER | 47 |
| 7 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN HOUSEHOLD WATER | 51 |
| 8 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN MILK | 56 |
| 9 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN FOODSTUFFS | 63 |
| 9.1 ONE-WEEK DIET | 63 |
| 9.2 FOODSTUFFS ON THE MARKET | 64 |
| 10 RADIOACTIVITY IN MAN | 71 |
| 11 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN WASTEWATER SLUDGE | 78 |
| 12 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN THE BALTIC SEA | 82 |
| 13 RADON IN INDOOR AIR | 89 |
| 13.1 MEASUREMENTS WITH PASSIVE RADON DETECTORS | 89 |
| 13.2 RADON COMMUNICATIONS | 90 |
| APPENDIX 1 IONIZING RADIATION, THE KEY PARAMETERS AND THEIR UNITS | 96 |

1 Yhteenveto

Tämä raportti on yhteenveto ympäristön säteilyvalvonnan tuloksista Suomessa vuonna 2019. 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 talousveden, 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 osaohjelmien aihekohtaisista selvityksistä.

Vuoden 2019 tulokset osoittavat, että ympäristössä olevat keinotekoiset radioaktiiviset aineet ovat pääosin peräisin vuoden 1986 Tšernobylin onnettomuudesta ja ilmakehässä 1950- ja 1960-luvuilla tehdyistä ydinkokeista.

Vuoden 2019 aikana ulkoilmassa havaittiin jodin isotooppia ^{131}I Kotkassa tammikuun lopulla. Koboltin isotooppia ^{60}Co havaittiin maalisi- ja huhtikuun vaihteessa Ivalossa ja Kotkassa. Useita voimalaitosperäisiä fissio- ja aktivaatiotuotteita havaittiin Kotkassa ja Helsingissä myöhemmin huhtikuussa, voimalaitosperäisiä radionuklideja havaittiin myös heinäkuun puolivälissä Imatralla, Kotkassa ja Helsingissä. Syyskuussa Imatralla kerätystä näytteestä havaittiin vielä ^{60}Co :tä. Havaintojen alkuperää ei voitu varmuudella selvittää. Kaikkien vuoden aikana havaittujen keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät olivat äärimmäisen pieniä eikä niillä ole vaikutuksia ihmisten terveyteen.

Ulkoisen säteilyn valvontaverkko toimi hyvin. Mittausasemien tuloksista kerättiin ulkoisen säteilyn valvontatietojen hallintajärjestelmä USVAan yli 97 % kaikkien mittausasemien tuottamista mittaustuloksista. Puuttuvat tiedot aiheutuivat laitehäiriöistä tai tietoliikenneongelmista. Vuoden 2019 aikana valvontaverkon GM-anturit hälyttivät kaksi kertaa. Kummankaan hälytyksen aiheuttaja ei selvinnyt. Spektrometriverkko hälytti kerran, mihin oli todennäköisesti syynä jodi-isotooppihoitoa saanut potilas.

Laskeuma- ja talousvesinäytteiden tritiumpitoisuudet olivat pieniä, yleensä 1 – 2 Bq/l. Elintarvikkeista yhdessä sieninäytteessä 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 järvikaloja.

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

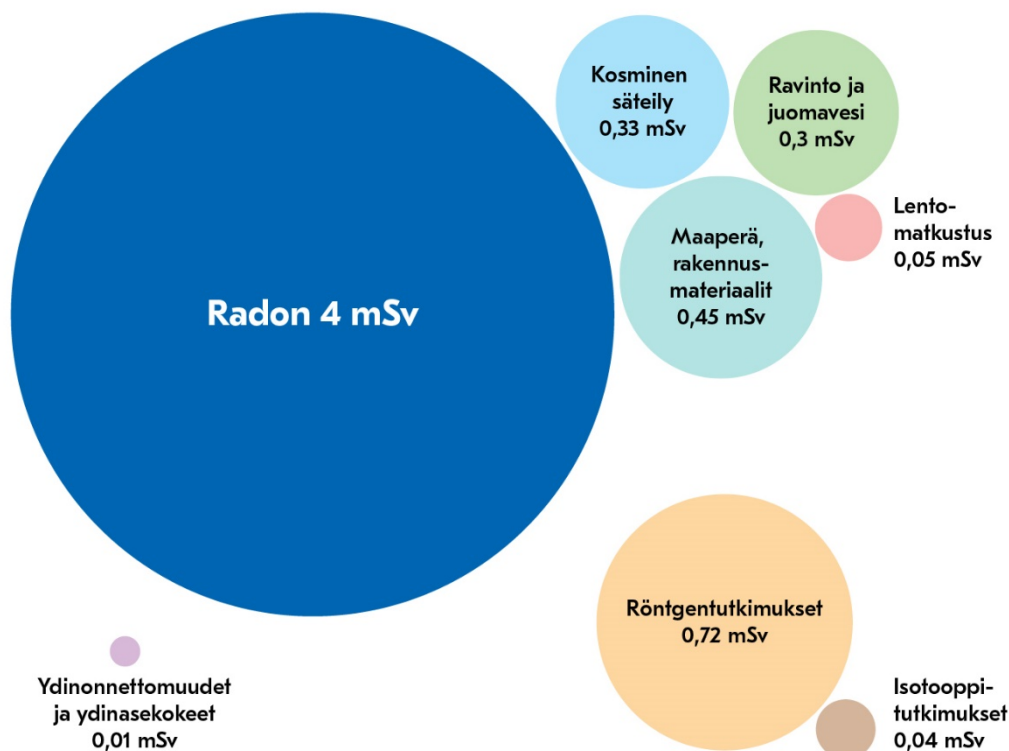
Ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2019 oli alle 0,02 mSv, mikä on pieni suomalaisten vuotuisen keskimääräiseen annokseen 5,9 mSv verrattuna. Vuoden 2019 tulokset osoittavat, että vuoden aikana ympäristöön ei tapahtunut sellaisia radioaktiivisten aineiden 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 2019 kirjattujen asuntojen radonpitoisuuksien mediaani oli 111 Bq/m³. Mittauksia, joissa radonpitoisuus oli pienempi kuin 200 Bq/m³ (uusien rakennusten suunnittelun viitearvo) oli 68 % mittauksista. Vuonna 2019 yli 20 %:ssa STUKin radonmittauspurkeilla tehdyissä asuntomittauksissa radonpitoisuudet olivat suurempia kuin viitearvo 300 Bq/m³. 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 mSv vuodessa, kun aiemmin käytössä olleella tavalla annokseksi arvioitiin 1,6 mSv vuodessa. STUK julkaisi erikseen päivitetyn arvion suomalaisten keskimääräisestä vuotuisesta säteilyannoksesta, jossa huomioidaan muuttunut sisäilman radonista aiheutuvan annoksen arviointitapa.



Kuva 1.1. Suomalaisten vuosittain saama ionisoivan säteilyn aiheuttama keskimääräinen annos on 5,9 millisievertiä. Yli viisi millisievertiä on peräisin luonnon radioaktiivisista aineista ja alle yksi millisieverti säteilyn lääketieteellisestä käytöstä. Ympäristössä olevien keinotekoisien radioaktiivisten aineiden osuus efektiivisestä annoksesta on hyvin pieni, alle 0,02 mSv.

Bild 1.1. Finländarnas genomsnittliga årsdos på grund av joniserande strålning är 5,9 mSv. Över 5 mSv härstammar från naturliga radioaktiva ämnen och under 1 mSv från medicinsk användning av strålning. Andelen för artificiella radioaktiva ämnen i miljön av den effektiva dosen är mycket liten, under 0,02 mSv.

Fig. 1.1. Finns' average annual dose caused by ionising radiation is 5,9 millisieverts. More than five millisieverts originate from naturally occurring radioactive substances and under one millisievert from medical uses of radiation. The proportion in the effective dose of artificial radioactive substances occurring in the environment is very low, less than 0,02 mSv.

1 Sammandrag

Denna rapport är ett nationellt sammandrag av övervakningen av strålning i miljön i Finland 2019. 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 hushållsvatten, 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 2019 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.

Under 2019 observerades jodisotopen ^{131}I i Kotka i slutet av januari. Koboltisotopen ^{60}Co observerades i månadsskiftet mars-april i Ivalo och Kotka. Senare i april observerades flera fissions- och aktiveringsprodukter från kraftverk i Kotka och Helsingfors, radionuklider från kraftverk observerades även i mitten av juli i Imatra, Kotka och Helsingfors. I provet som samlades in i Imatra i september observerades ännu ^{60}Co . 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 2019 larmade övervakningsnätets GM-detektorer två gånger. Orsaken till larmen kunde inte fastställas. Spektrometernätet larmade en gång; troligtvis var orsaken en patient som fått nukleärmedicinsk behandling.

Tritiumhalterna i nedfalls- och hushållsvattenproven var låga, vanligtvis 1 – 2 Bq/l. I en svampprov 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 2019 under 0,02 mSv, vilket är lågt jämfört med den genomsnittliga stråldosen som finländarna får under ett år, 5,9 mSv. Resultaten för 2019 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 radonhalten i inomhusluften i bostäder som registrerades i den nationella radondatabasen 2019 var 111 Bq/m³. I 68 procent av mätningarna låg radonhalten under 200 Bq/m³ (referensvärdet för planeringen av nya bostäder). År 2019 överskred radonhalten referensvärdet 300 Bq/m³ i över 20 procent av de mätningar i bostäder som gjordes med STUKs radondosor. 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 bostäder i sådana 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 mSv per år, då den uppskattade dosen enligt den tidigare bedömningsmetoden var 1,6 mSv per år. STUK publicerade separat en uppdaterad bedömning av finländarnas genomsnittliga årsdos, där den nya bedömningsmetoden för dosen från radon i inomhusluften beaktas.

1 Summary

This report is a national summary of the results of environmental radiation monitoring in Finland in 2019. 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 household 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 2019 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.

During 2019, the iodine isotope ^{131}I was detected in outdoor air in Kotka at the end of January. The cobalt isotope ^{60}Co was detected at the turn of March and April in Ivalo and Kotka. Several fission and activation products originating from power plants were discovered in Kotka and Helsinki later in April, and in mid-July radionuclides of power plant origin were also detected in Imatra, Kotka and Helsinki. In addition, ^{60}Co was detected in a sample collected in Imatra in September. 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 2019, the GM sensor of the monitoring network issued two alarms. It was not possible to find out the cause of either alarm. The spectrometer network issued one alarm, probably due to a patient who received iodine isotope treatment.

The tritium contents in fallout and household 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 one mushroom sample. 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 wastewater treatment plants and are thus evident in waste.

The radiation exposure caused by artificial radioactive substances in the environment in 2019 was under 0,02 mSv, which is low compared to Finns' overall average dose of 5,9 mSv. The 2019 results demonstrate that there were no releases of radioactive substances into the environment during the year that would have any detrimental impact on 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.

The median of radon concentrations of housing units recorded in the national radon database in 2019 was 111 Bq/m³. Measurements with radon concentration of under 200 Bq/m³ (design reference value of new buildings) constituted 68% of the measurements. In 2019, over 20% of measurements in housing units made with STUK's radon measurement boxes were higher than the reference value of 300 Bq/m³. Radon concentration values of housing units were slightly higher 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 radon dose assessment method in indoor air changed in late 2018. Applying the new assessment method, the radon dose value in homes is 4 mSv per year while the previous method estimated the dose at 1,6 mSv annually. Separately, STUK published an updated assessment of the average annual radiation dose of Finns with consideration of the changed dose assessment method of radon in indoor air.

2 Säteilyannokset

Suomalaisten vuotuinen keskimääräinen säteilyannos on 5,9 mSv.

Sisäilman radonista aiheutuvan annoksen arviointitapa muuttui vuoden 2018 lopussa ICRP:n suositusten (ICRP 2017) mukaiseksi (VN-asetuksen 1034/2018 Liite 3). Uudella annosmuutokertoimella laskettaessa saadaan radonin kodeissa aiheuttaman annoksen arvioksi 4 mSv vuodessa. Vanhalla arviointitavalla samalla radonpitoisuustasolla radonin aiheuttama keskimääräiseksi annokseksi arvioitiin 1,6 mSv vuodessa

Luonnon taustasäteily aiheuttaa meille noin viidenneksen (1,1 mSv) vuotuisesta säteilyannoksestamme. Kehoon joutuneet luonnolliset radioaktiiviset aineet aiheuttavat tästä noin 0,30 mSv annoksen. Ulkoisesta taustasäteilystä aiheutuva annos tulee maaperästä sekä rakennusmateriaaleista ja on keskimäärin 0,45 mSv/a suomalaista kohti. Arvot vaihtelevat hieman eri paikkakunnilla (0,17 – 1 mSv/a). Suurimmillaan ulkoinen säteily on Kaakkois-Suomen rapa-kivigraniittialueella. Lumi- ja jääkerros vaimentaa maaperästä tulevaa säteilyä. Paikallista ja lyhytaikaista nousua annosnopeudessa saattaa aiheuttaa sade, joka tuo radonia ja sen hajoamistuotteita lähemmäksi maanpintaa. Avaruudesta peräisin olevasta kosmisesta säteilystä suomalaiset saavat noin 0,33 mSv annoksen vuodessa. Lentomatkestus aiheuttaa keskimäärin 0,05 mSv vuotuisen annoksen.

Maaperässä olevista keinotekoisista radioaktiivisista aineista (lähinnä Tšernobyl-laskeumasta) aiheutui suomalaisille vuonna 2019 keskimäärin 0,01 millisievertin suuruinen ulkoisen säteilyn annos. Ulkoilman keinotekoisista radioaktiivisista aineista aiheutuva säteilyannos oli vuonna 2019 erittäin pieni. Samoin talousvedestä, maidosta ja elintarvikkeista saatu säteilyannos oli pieni. Pääosin säteilyannosta aiheuttavat keinotekoiset radioaktiiviset aineet ^{137}Cs ja ^{90}Sr . Kehossa olevan ^{137}Cs :n aiheuttaman säteilyannokseksi arvioitiin vuonna 2019 0,003 mSv/henkilö. Kaiken kaikkiaan ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2019 oli alle 0,02 mSv, mikä on merkityksettömän pieni kokonaissäteilyaltistukseen verrattuna.

2 Stråldoser

Finländarnas genomsnittliga stråldos per år är 5,9 mSv.

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 mSv per år. Med den gamla bedömningsmetoden uppskattades den genomsnittliga dosen med samma radonhalt till 1,6 mSv per år.

Bakgrundsstrålningen orsakar ungefär en femtedel (1,1 mSv) av vår årliga stråldos. Radioaktiva ämnen som hamnar i kroppen orsakar en dos på ungefär 0,30 mSv av denna. Dosen som orsakas av extern bakgrundsstrålning härstammar från marken och från byggnadsmaterial och är i genomsnitt 0,45 mSv per år för finländarna. Värdena varierar lite på olika orter (0,17 – 1 mSv/a). Som störst är den externa strålningen i området med rapakivgranit i sydöstra Finland. Om marken är under snö eller istäcke dämpas strålningen från marken. Regn som för med sig radon och dess sönderfallsprodukter närmare markytan kan orsaka en lokal och kortvarig höjning av dosraten. Den kosmiska strålningen från rymden orsakar finländarna en dos på ungefär 0,33 mSv per år. Flygresor orsakar en genomsnittlig dos på 0,05 mSv per år.

De artificiella radioaktiva ämnena i marken (främst från Tjernobylnedfallet) orsakade 2019 finländarna en genomsnittlig extern stråldos på 0,01 mSv. År 2019 var stråldosen från artificiella radioaktiva ämnen i uteluften mycket låg. Likaså var stråldosen från hushållsvatten, mjölk och livsmedel låg. Stråldosen härrör främst från de artificiella radioaktiva ämnena ^{137}Cs och ^{90}Sr . År 2019 uppskattades ^{137}Cs i människokroppen orsaka en stråldos på 0,003 mSv per person. Allt som allt stod artificiella radioaktiva ämnen år 2019 för en stråldos på under 0,02 mSv, vilket är en obetydligt liten del av den totala strålningsexponeringen.

2 Radiation doses

The average annual radiation dose Finns receive is 5,9 mSv.

The radon dose assessment method in indoor air changed in late 2018 to match the ICRP (ICRP 2017) recommendations (Appendix 3 of Government Decree 1034/2018). Calculations applying the new dose conversion factor give an estimated dose of 4 mSv caused by radon in homes annually. With the same radon concentration level, the previous assessment method estimated the average dose caused by radon at 1,6 mSv annually.

Natural background radiation causes about one fifth (1,1 mSv) of our annual radiation dose. Natural radioactive substances ending up in the body cause about 0,30 mSv of this. The dose caused by external background radiation is from the soil and from building materials, and is on average 0,45 mSv/year per Finn. Values vary slightly in different towns and cities (0,17 – 1 mSv/a). The largest external radiation can be found in the rapakivi granite area in Southeast Finland. A layer of snow and ice dilutes 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. Annually, Finns receive a dose of some 0,33 mSv from cosmic radiation from space. Air travel causes an average annual dose of 0,05 mSv.

The artificial radioactive substances in the soil (chiefly from the Chernobyl fallout) in 2019 subjected the Finns to an average dose of 0,01 millisieverts of external radiation. In 2019, the radiation dose resulting from radioactive substances in outdoor air was very small. Similarly, the radiation dose from drinking water, milk and foodstuffs was small. The main sources causing a dose of radiation were the artificial radioactive substances of ^{137}Cs and ^{90}Sr . In 2019, the radiation dose caused by ^{137}Cs in the body was estimated to be 0,003 mSv/person. All in all, the exposure to radiation caused by artificial radioactive substances in the environment in 2019 was under 0,02 mSv, which is insignificant compared to the overall exposure to radiation.

Taulukko 2.1. Ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2019.

Tabell 2.1. Strålningsexponering orsakad av artificiella radioaktiva ämnen i miljön från olika källor 2019.

Table 2.1. Exposure to radiation caused by artificial radioactive substances in the environment from different sources in 2019.

| Lähde, källa, source | Efektiiivinen säteilyannos, stråldoser, radiation dose (mSv) |
|--|--|
| Ulkoinen säteily, Extern stråling, External radiation | 0,01 |
| Ulkoilman radioaktiiviset aineet, Radioaktiva ämnen i uteluft, Airborne radioactive substances | 0,0000001 |
| Talousvesi, Hushållsvatten, Household water | 0,0002 |
| Maito, Radioaktiva ämnen i mjölk, Radioactive substances in milk | 0,0004 – 0,0016 |
| Elintarvikkeet (suurkeittiöiden ruoka), Radioaktiva ämnen i livsmedel (storköken), Radioactive substances in foodstuffs (institutuinal kitchens) | 0,0035 |
| Yhteensä, Sammanlagt, In total | alle 0,02 |

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, USVAN 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 2019 aikana valvontaverkon GM-anturit hälyttivät kaksi kertaa. Kummankaan hälytyksen aiheuttaja ei selvinnyt. Spektrometriverkko hälytti kerran, mihin oli todennäköisesti syynä jodi-isotooppihoitoa saanut potilas.

Tulosten välittäminen eteenpäin

STUK toimitti vuonna 2019 jatkuvasti kaikkien noin 260 mittausaseman yhden tunnin annosnopeustiedot julkisille www-sivuilleen (www.stuk.fi). Kahdeksan mittausaseman koko vuoden mittaustulokset 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 räddning myndigheterna genast om alarmet och även om strålningsnivåer på de näraliggande andra mätstationerna. Utredningen av orsaken till alarmet inleds omedelbart.

Larm

Under år 2019 larmade GM-detektor två gånger. Orsakerna till de båda larmen förblev okänd. Spektrometernätverket gav ett alarm under 2019. Orsaken till det här larmen var troligen en person som har fått radioterapi.

Förmedling av mätvärdena

Under år 2019 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 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

During the year 2019 dose rate levels higher than normal background radiation was observed two times. The reasons for both alarms remained unknown. There was one alarm on spectrometer network during 2019. The reason for the alarms was likely a patient who has received radiotherapy treatment.

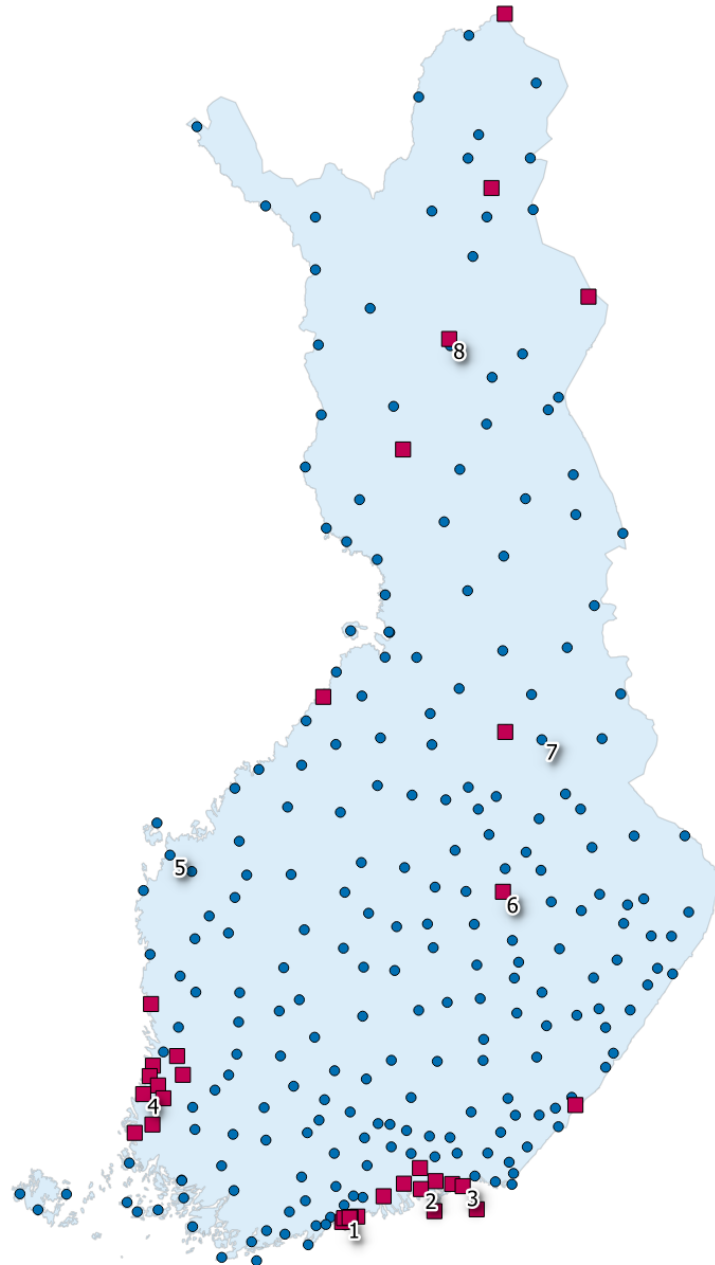
Delivering of data

In 2019 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.

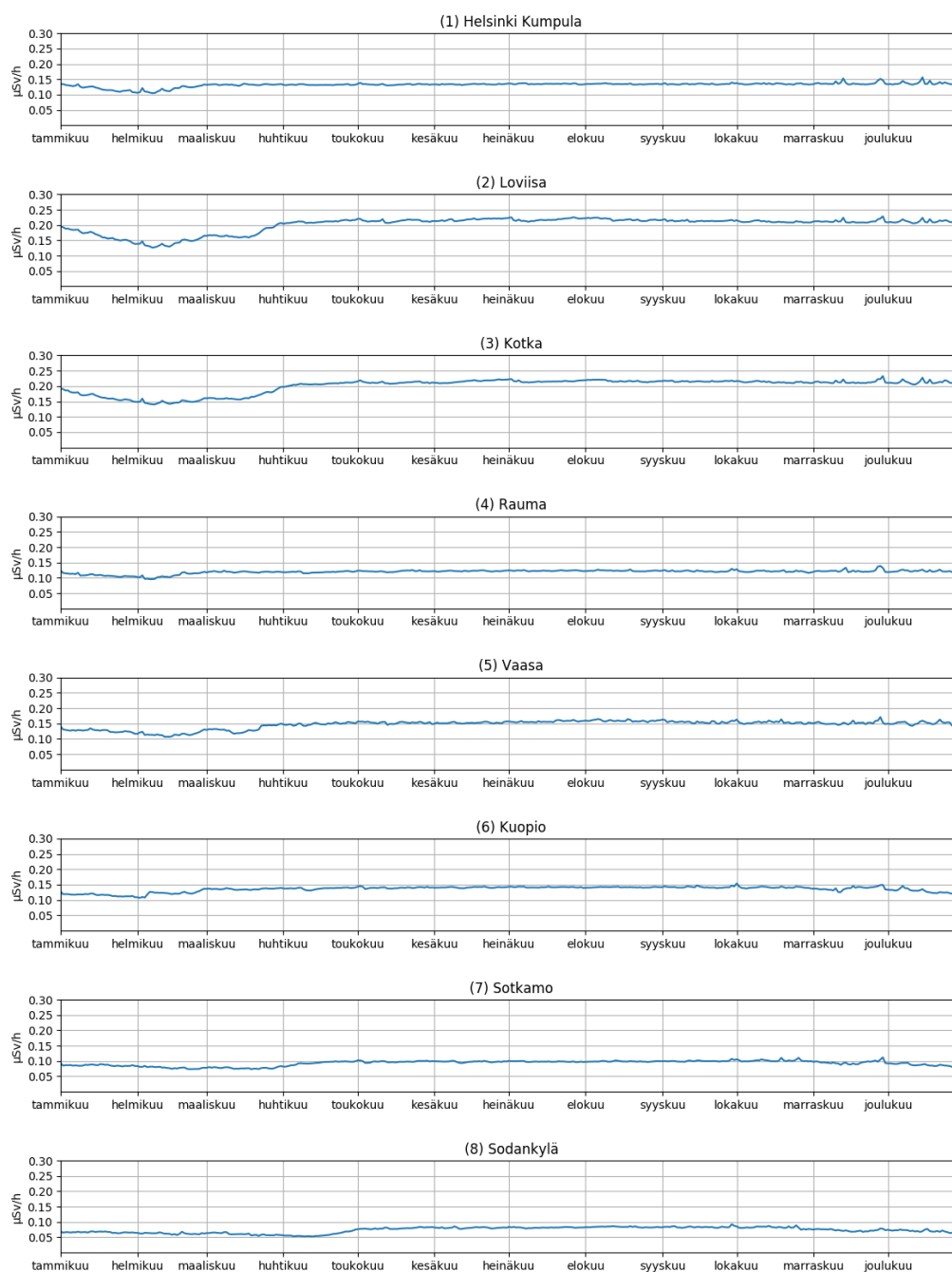
Fig. 3.1. Automatic dose-rate monitoring stations. Red squares indicate stations that have both a GM detector and a LaBr₃ spectrometer. The numbers refer to stations whose results are shown in Fig. 3.3.



Kuva 3.2. Ulkoisen säteilyn valvontaverkon mittausaseman Roihupelto, Helsinki anturit.

Bild 3.2. Detektorer vid mätstationen Kasåkern, Helsingfors i övervakningsnätet för extern strålning.

Fig. 3.2. Detectors of the automatic dose-rate monitoring station at Roihupelto, Helsinki.



Kuva 3.3. Ulkoisen säteilyn annosnopeus kahdeksalla mittausasemalla vuonna 2019. Lumi ja jääpeite vaimentavat maaperän taustasäteilyä aiheuttaen vaihtelua talven ja lumettoman ajan välisiin annosnopeuksiin.

Bild 3.3. Externa dosrater vid åtta mätstationer år 2019. Snö och is dämpar bakgrundsstrålningen från jordmånen and därför dosraten kan vara olika under vintern och den snöfria tiden.

Fig. 3.3. Observed radiation levels at eight monitoring stations in 2019. Snow and ice damp background radiation from soil and therefor dose rates can be different during winter and snow-free season.

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. Yhteenveto voimalaitosten ympäristön säteilyvalvonnasta julkaistaan raporttisarjassa STUK-B.

4.1 Ulkoilman gamma-aktiiviset aineet

Näytteiden keräys

Ulkoilman sisältämiä radioaktiivisia aineita valvotaan pumpppaamalla suuria määriä ilmaa radioaktiiviset aineet pidättävien suodattimien läpi. Lasikuitusuodatin kerää radioaktiivisia aineita sisältävät hiukkaset ja aktiivihilisuodatin pidättää kaasumaisen radioaktiivisen jodin. Näytteet kerätään tehtävää varten suunnitelluilla kerääjillä (kuva 4.2). Kerääjissä on lasikuitusuodattimeen kertyvää radioaktiivisuutta monitoroiva LaBr₃-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 pidättyneet radionuklidit. Radioaktiivisten aineiden havaitsemisraja ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) on nuklidikohtainen ja riippuu mm. suodatetusta ilmamäärästä, näytteen sisältämisestä muista radioaktiivisista aineista, näytteen iästä, mittausajasta, ilmaisimen havaitsemistehokkuudesta ja taustasuojasta (taulukko 4.1). Havaitsemisrajat ovat tyypillisesti alle miljardiosia siihen aktiivisuuspitoisuuteen nähden, joka aiheuttaisi väestön suojaustoimenpiteitä. Kerääjissä oleva, suodattimelle kertyvää radioaktiivisuutta mittaava LaBr₃-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 ¹³⁷Cs-aktiivisuuspitoisuuden keskiarvo näytteenkeräysjaksoilla havaintoasemittain. Tšernobylistä peräisin olevaa ¹³⁷Cs:a havaitaan ulkoilmassa jatkuvasti pieniä määriä. Keväisin havaitaan tyypillisesti muita vuodenaikoja suurempia pitoisuuksia ¹³⁷Cs:ää, joka johtuu maasta nousevan pölyn mukana kulkeutuneesta vanhasta laskeumasta. Kuvassa 4.4 on esitetty ¹³⁷Cs aktiivisuuspitoisuuden kuukausikeskiarvot pitkällä aikavälillä Helsingin seudulta. Keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät ulkoilmassa ovat olleet erittäin pieniä, eikä niillä ole ollut terveysvaikutuksia. Vuonna 2019 suomalaiset saivat ulkoilman keinotekoisista radioaktiivisista aineista keskimäärin noin 0,0000001 mSv säteilyannoksen.

Taulukossa 4.2 on esitetty vuoden 2019 aikana tehdyt poikkeavat keinotekoisien radioaktiivisten aineiden havainnot. Jodin isotooppia ¹³¹I havaittiin Kotkassa tammikuun lopulla kerätystä näytteestä. Kobolttin isotooppia ⁶⁰Co havaittiin maaliskuu- ja huhtikuun vaihteessa Ivalossa ja Kotkassa kerätystä näytteistä. Useita voimalaitosperäisiä fissio- ja aktivaatiotuotteita havaittiin Kotkassa ja Helsingissä

myöhemmin huhtikuussa kerätyistä näytteistä. Lisää voimalaitosperäisiä radionuklideja havaittiin heinäkuun puolivälissä Imatralla, Kotkassa ja Helsingissä kerätyistä näytteistä. Syyskuussa Imatralla kerätystä näytteestä havaittiin vielä koboltin isotooppia 60.

4 Radioaktiva ämnen i uteluft

Strålsäkerhetscentralen övervakar halten av luftburna radioaktiva ämnen nära jordytan på åtta orter 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 gammaspktrometer 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 alla 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 2019 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 2019. Jodisotopen ^{131}I observerades i prov som samlats in i Kotka i slutet av januari. Koboltisotopen ^{60}Co observerades i prov som samlats in i månadsskiftet mars-april i Ivalo och Kotka. Flera fissions- och aktiveringsprodukter från kraftverk observerades i prov som samlats in i Kotka och Helsingfors under senare delen av april. Fler radionuklider från kraftverk observerades även i prov som samlats in i mitten av juli i Imatra, Kotka och Helsingfors. I provet som samlades in i Imatra i september observerades ännu koboltisotopen ^{60}Co .

4 Airborne radioactive substances

STUK operates eight sampling stations for nationwide monitoring of airborne radioactive substances (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). The samplers are equipped with LaBr₃-spectrometers to monitor the 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.

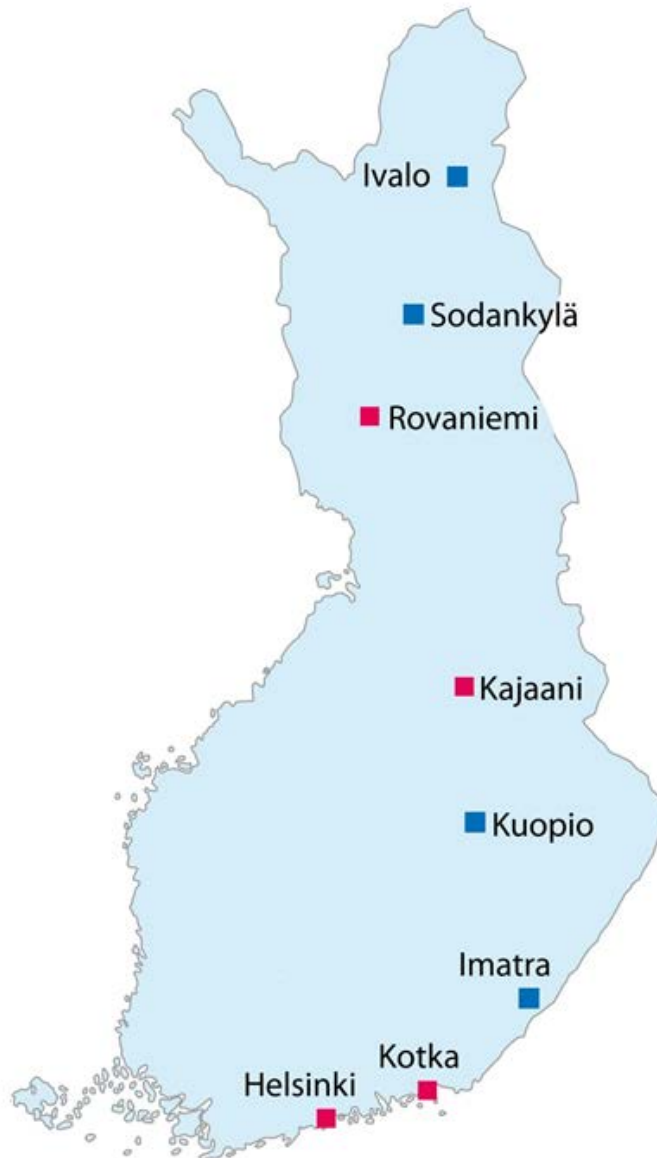
Sample treatment and analysis

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 provide the 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 2019.

Anomalous detections of artificial radioactive substances in the year 2019 are given in table 4.2. Isotope iodine-131 was detected in a sample collected at Kotka at the end of January. Isotope cobalt-60 was detected in samples collected at Ivalo and Kotka at the turn of March and April. Later in April, several fission and activation products typically originating from nuclear power plants were detected in samples collected at Kotka and Helsinki. More radionuclides of nuclear power plant origin were detected in samples collected in mid July at Imatra, Kotka and Helsinki. The isotope cobalt-60 was detected in a sample collected at Imatra at the turn of August and September.



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 m³/h), sinisellä merkityissä asemilla käytössä on käytössä pienempitehoiset (150 m³/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 m³/h), de blåa stationernas luftinsamlare har mindre effekt (150 m³/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 m³/h) and the stations marked with blue have low-powered air samplers (150 m³/h).



Kuva 4.2. Imatran monitorointiaseman 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. The deposition sampler Ritva can be seen in the picture also. 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 määrittäysraja johtuu lyhyemmästä mittausajasta ja kerätystä ilmamäärästä.

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

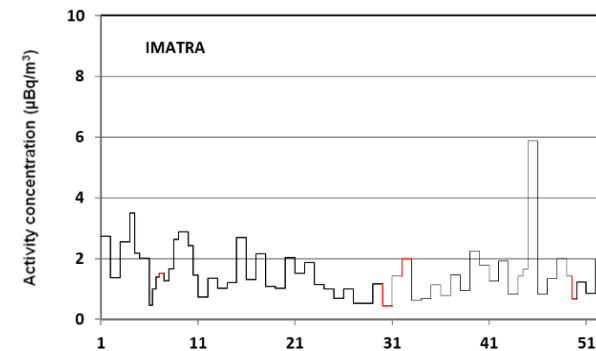
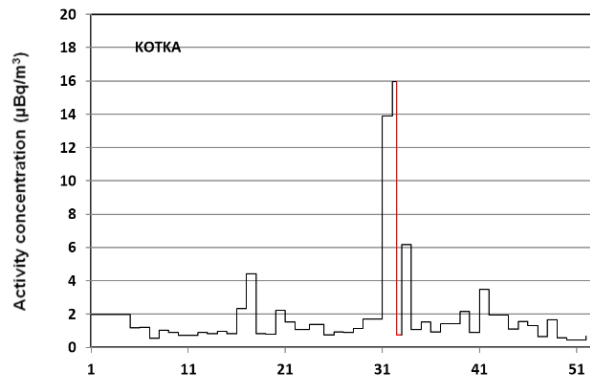
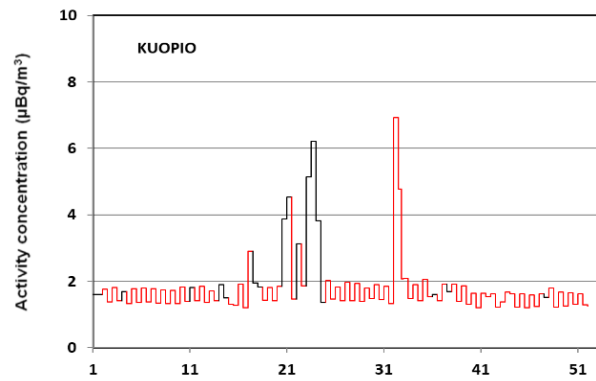
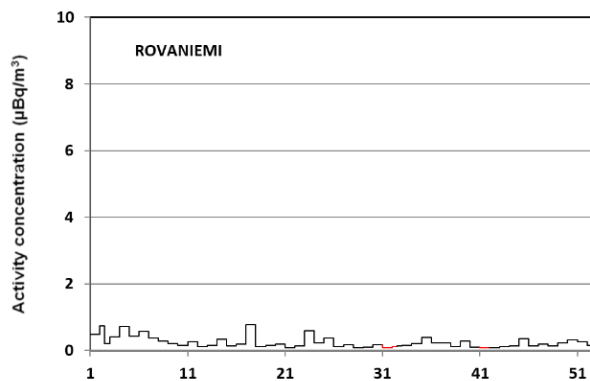
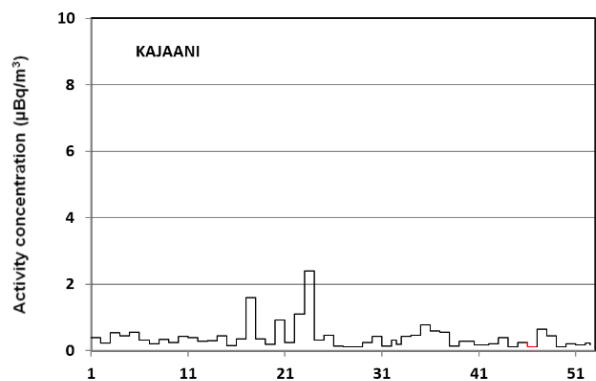
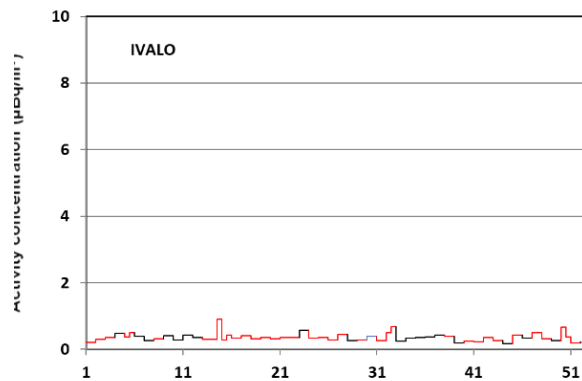
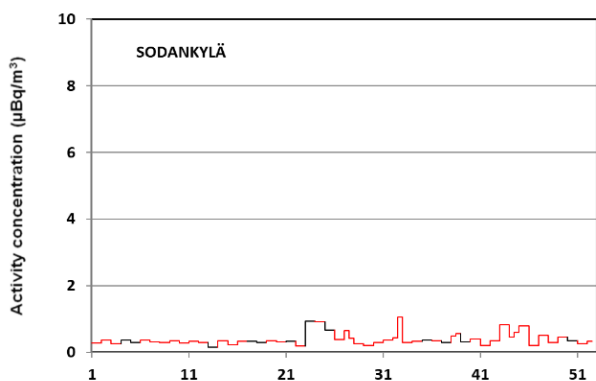
* The higher detection limit of Helsinki is due to shorter measurement time and the collected air volume.

Taulukko 4.2. Hiukkaskeräysasemilla vuonna 2019 tehdyt poikkeavat keinotekoisien radioaktiivisten aineiden havainnot.

Tabell 4.2. Observationer av de avvikande artificiella radionukliderna i uteluften år 2019.

Table 4.2. Observations of unusual artificial radionuclides in outdoor air during the year 2019.

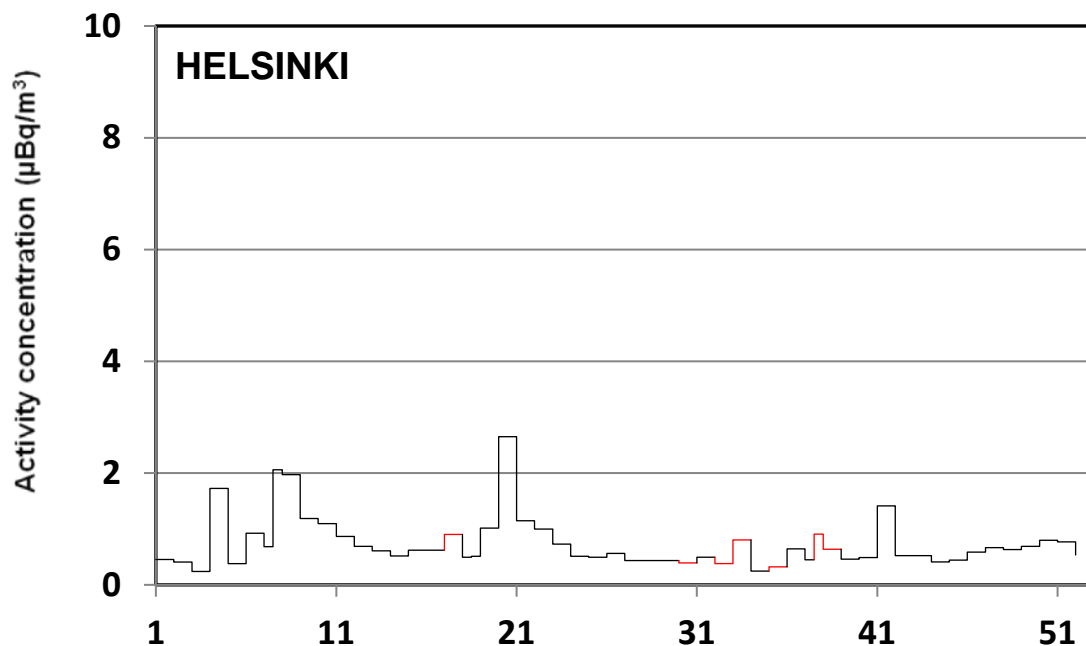
| Site | Nuklidi | Sampling period | Average concentration microBq/m ³ (two sigma uncertainty %) |
|----------|------------------|-------------------|--|
| Kotka | ¹³¹ I | 29.1. – 5.2.2019 | 0,2 (45) |
| Ivalo | ⁶⁰ Co | 28.3. – 1.4.2019 | 0,9 (27) |
| Kotka | ⁶⁰ Co | 1.4. – 9.4.2019 | 1,0 (31) |
| Kotka | ⁵⁴ Mn | 15.4. – 22.4.2019 | 0,8 (17) |
| Kotka | ⁵⁸ Co | 15.4. – 22.4.2019 | 0,2 (32) |
| Kotka | ⁵⁹ Fe | 15.4. – 22.4.2019 | 0,8 (17) |
| Kotka | ⁶⁰ Co | 15.4. – 22.4.2019 | 1,1 (12) |
| Kotka | ⁹⁵ Zr | 15.4. – 22.4.2019 | 0,2 (56) |
| Kotka | ⁹⁵ Nb | 15.4. – 22.4.2019 | 0,5 (22) |
| Helsinki | ⁵⁴ Mn | 18.4. – 25.4.2019 | 0,9 (24) |
| Helsinki | ⁵⁸ Co | 18.4. – 25.4.2019 | 0,3 (59) |
| Helsinki | ⁵⁹ Fe | 18.4. – 25.4.2019 | 0,6 (58) |
| Helsinki | ⁶⁰ Co | 18.4. – 25.4.2019 | 0,6 (26) |
| Helsinki | ⁹⁵ Zr | 18.4. – 25.4.2019 | 0,7 (25) |
| Helsinki | ⁹⁵ Nb | 18.4. – 25.4.2019 | 1,2 (21) |
| Helsinki | ¹³¹ I | 18.4. – 25.4.2019 | 2,1 (19) |
| Kotka | ¹³¹ I | 22.4. – 30.4.2019 | 0,9 (27) |
| Imatra | ⁴⁶ Sc | 15.7. – 22.7.2019 | 0,7 (31) |
| Imatra | ⁶⁰ Co | 15.7. – 22.7.2019 | 1,9 (15) |
| Kotka | ⁴⁶ Sc | 15.7. – 22.7.2019 | 0,7 (26) |
| Kotka | ⁵⁴ Mn | 15.7. – 22.7.2019 | 0,4 (38) |
| Kotka | ⁵⁹ Fe | 15.7. – 22.7.2019 | 1,1 (31) |
| Kotka | ⁶⁰ Co | 15.7. – 22.7.2019 | 2,0 (12) |
| Helsinki | ⁴⁶ Sc | 16.7. – 17.7.2019 | 1,8 (23) |
| Helsinki | ⁶⁰ Co | 16.7. – 17.7.2019 | 2,5 (17) |
| Imatra | ⁶⁰ Co | 29.8. – 3.9.2019 | 1,0 (18) |



Kuva 4.3. ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuksien viikkokeskiarvot ulkoilmassa eri valvonta-aseilla vuonna 2019. Punaisella värillä merkityillä jaksoilla ^{137}Cs ei ole havaittu ja kuvaan on merkitty havaitsemisraja aktiivisuuspitoisuuden sijaan. 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 2019. Under de perioder som är märkta med rött har ingen ^{137}Cs observerats, och på bilden anges i stället för aktivitetskoncentrationen observationsgränsen. På våren förekommer högre ^{137}Cs -koncentrationer på grund av damm från jordytan.

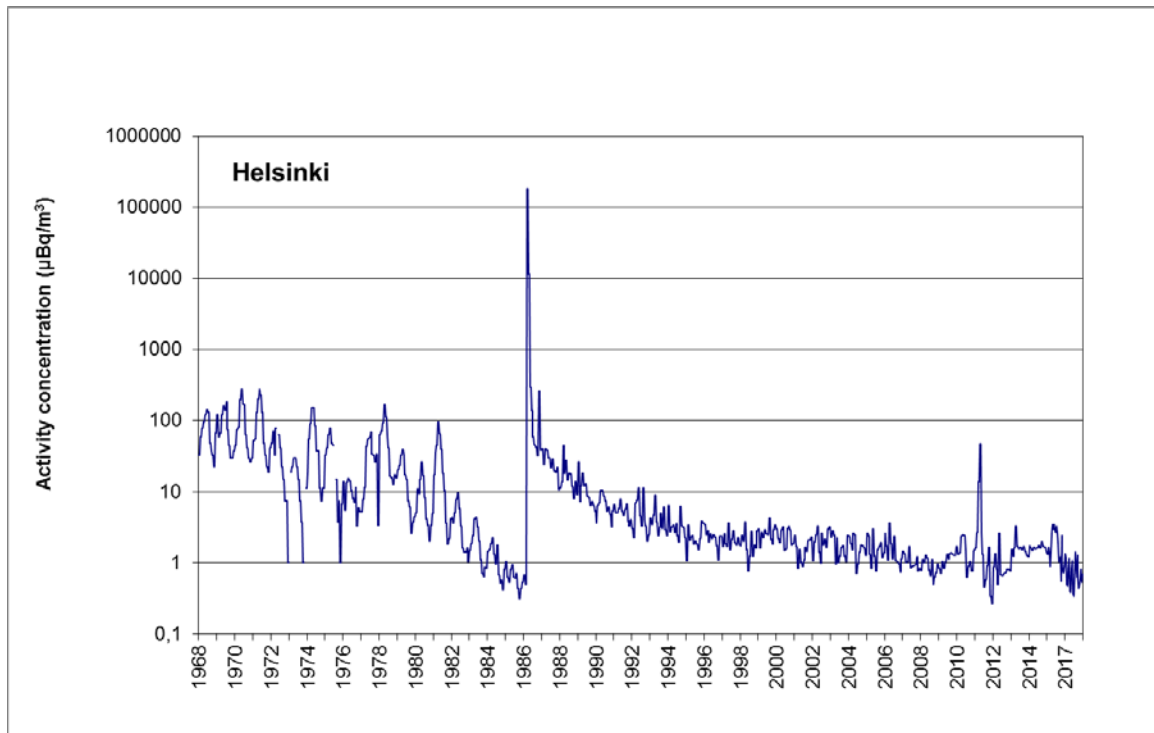
Fig. 4.3. Weekly averages of airborne ^{137}Cs activity concentrations at different monitoring stations in 2019. During the periods marked with red ^{137}Cs was not observed and the value shown in the graph is the detection limit instead of the activity concentration. In the spring time higher than average ^{137}Cs concentrations are detected due to dust rising from the ground.



Kuva 4.4. Ilman ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuden viikkokeskiarvo Helsingin asemalla vuonna 2019. Punaisella värillä merkityillä jaksoilla ^{137}Cs ei ole havaittu ja kuvaan on merkitty havaitsemisraja aktiivisuuspitoisuuden sijaan. Keväällä ^{137}Cs -pitoisuuksissa esiintyy keskimääräistä suurempia arvoja maan pinnalta kohoavan pölyn vuoksi.

Bild 4.4. Veckomedelvärdet för ^{137}Cs -koncentrationen i luften i mätstationen i Helsingfors år 2019. Under de perioder som är märkta med rött har ingen ^{137}Cs observerats, och på bilden anges i stället för aktivitetskoncentrationen observationsgränsen. På våren förekommer högre ^{137}Cs -koncentrationer på grund av damm från jordytan.

Fig. 4.4. The weekly average of ^{137}Cs activity concentration in 2019 at Helsinki station. During the periods marked with red ^{137}Cs was not observed and the value shown in the graph is the detection limit instead of the activity concentration. In the spring time higher than average ^{137}Cs concentrations are detected due to dust rising from the ground.



Kuva 4.5. Ilman ¹³⁷Cs-aktiivisuuspitoisuuden kuukausikeskiarvot Helsingin seudulla vuosina 1968 – 2019. 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 – 2019. 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 – 2019. 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 2019 toiminnassa oli kymmenen 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-analysointilaitteella, jossa ilmaisimina käytetään verrannollisuuslaskureita.

Tulokset

Kuvassa 4.8 on esitetty ulkoilman pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden viikottaiset pitoisuudet kymmenellä seuranta-asemalla vuonna 2019. Käyrät kuvaavat lähinnä ²¹⁰Pb:n pitoisuutta pintailmassa. Koska ilmakehän ²¹⁰Pb on peräisin maaperästä ilmakehään siirtyneestä ²²²Rn:sta, riippuu ²¹⁰Pb:n pitoisuus suursäätilanteesta eli ilmassojen stabiilisuudesta ja alkuperästä. Korkeimmat pitoisuudet ovat mantereellisissa ilmassoissa ja pienimmät merellisissä ja arktisissa ilmassoissa. Vuoden 2019 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 tio stationer samlades aerosolprov varje vecka under året 2019 (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 2019. 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 2019.

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 ten stations in 2019, using filter sampling (Figures 4.6 and 4.7).

Sample collection

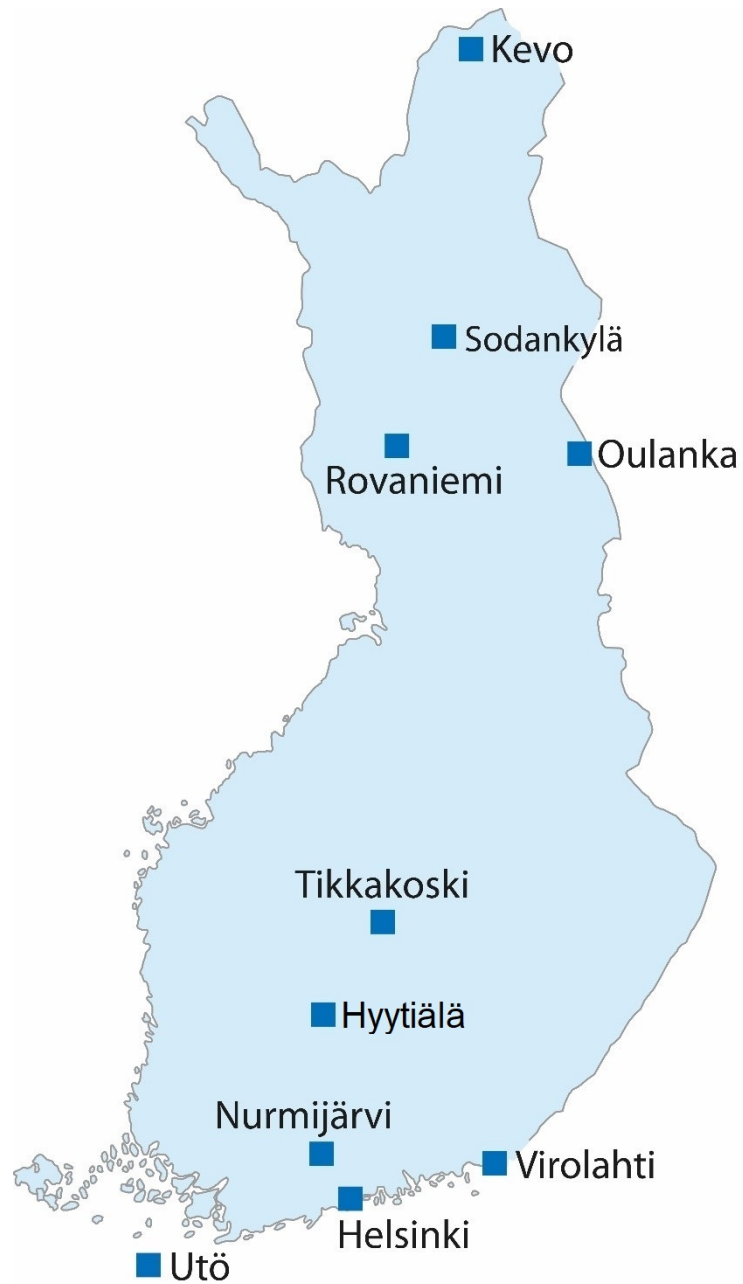
Filters of the samplers operating on a weekly cycle are changed every Monday at 06 UTC. The sampling equipment uses two rectangular paper or glass fibre filters with a filtering area of 120 mm x 140 mm. The weekly air volumes are 800 m³ and 4000 m³ for paper and glass fibre filters, respectively.

Measurements

The gross beta activity content of the filters is 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 ten monitoring stations in 2019 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 2019 within the FMI's monitoring programme.



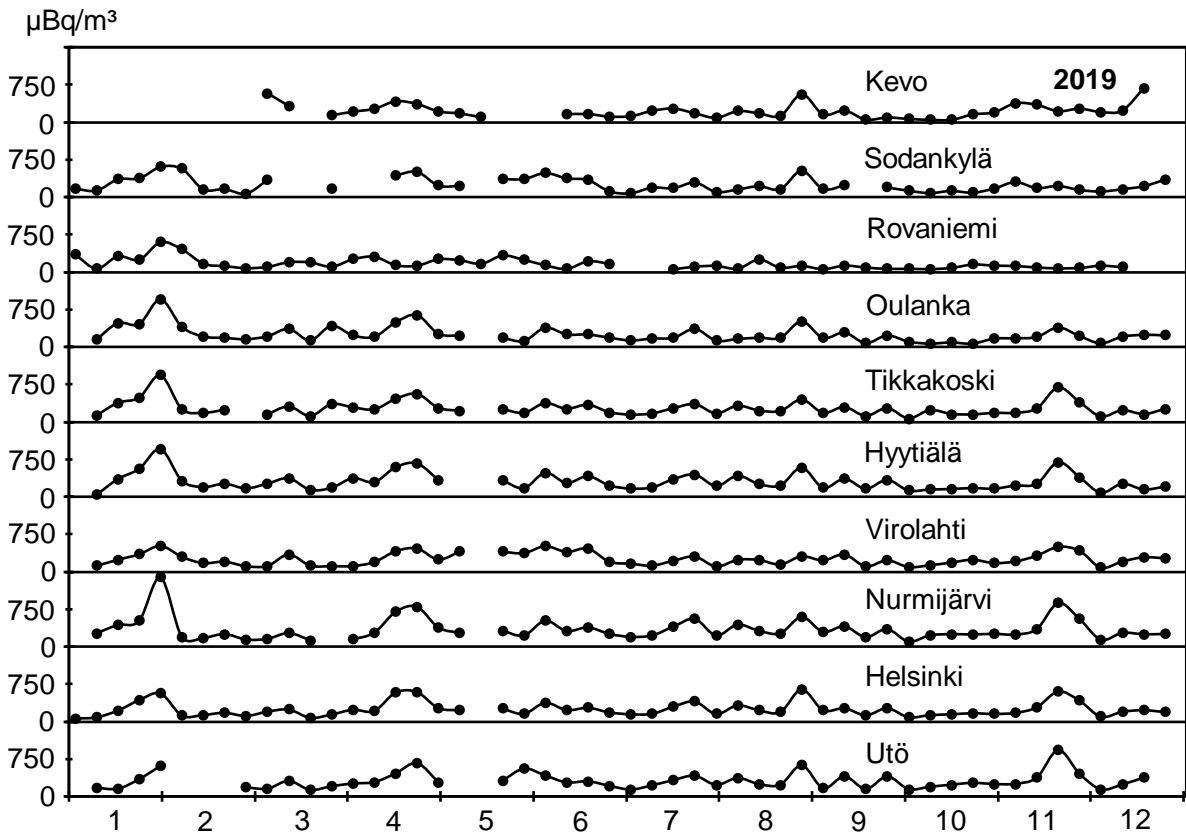
Kuva 4.6. Seuranta-asemat vuonna 2019.

Bild 4.6. Bevakningsstationerna under året 2019.

Fig. 4.6. Monitoring stations in 2019.



Kuva 4.7. Ilmatieteen laitoksen havaintoasema Helsingin yliopiston Hyytiälän metsäasemalla.
Bild 4.7. Meteorologiska institutets observationsstation vid Hyytiälä skogsstation, Helsingfors universitet.
Fig. 4.7. The Finnish Meteorological Institute's monitoring station at the Hyytiälä forestry field station, University of Helsinki.



Kuva 4.8. Aerosolin pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden pitoisuudet ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) vuonna 2019.

Bild 4.8. Koncentrationer ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) av långlivad betaaktivitet i aerosoler år 2019.

Fig. 4.8. Concentrations of aerosol-bound long-lived gross beta activity ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) in 2019.

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 määrästä 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 (kuva 4.2). Laite ei erota sateen mukana tullutta märkää laskeumaa ja kuivaa laskeumaa toisistaan, vaan kerää ne yhteen. Talviajan näytteiden keruun helpottamiseksi laitteessa on lämmitysvastus, mikä pitää näytteen sulana ja varmistaa sen, että kaikki keräysastiaan satanut lumi tulee mukaan näytteeseen.

Näytteiden käsittely ja analysointi

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

Kahden aseman sadevesinäytteistä määritetään lisäksi tritiumpitoisuudet (³H). 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 2019. Laskeumat eri paikkakunnilla olivat pienet ja 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 0,08 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 ilmakehässä tehdyistä ydinasekokeista. Tälle laskeumalle on tyypillistä kuvissa näkyvä vuodenaikaisvaihtelu. Sadeveden tritiumpitoisuudet vuonna 2019 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 vandrigen 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 (bild 4.2). 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.

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 gammaspektrometer ur de föraskade proven. Strontium avskiljs från proven med extraktionskromatografi, varefter mängden ⁹⁰Sr bestäms genom att mäta dotternukliden ⁹⁰Y i en vätskescintillationsspektrometer med låg bakgrundsstrålning.

På regnvattenprov från två stationer bestäms 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 Tjernobylolyckan. 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 2019. 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 0,08 Bq/m². Bild 5.1 visar nedfallet av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr i Helsingforsregionen från år 1960 och bild 5.2 visar nedfallet av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr i Rovaniemiregionen från år 1972. Nedfallet före år 1986 härrör från kärnvapenprov i atmosfären. Typiskt för detta nedfall är årstidsvariationerna som framgår av bilden. Regnvattens tritiumhalterna var låga år 2019, 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 disquisitions 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 (Fig. 4.2). The deposition samplers do not separate wet and dry deposition, and these 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.

Pre-treatment and analyses

Gamma-emitting nuclides are analysed from combined quarterly samples and ⁹⁰Sr from combined annual samples.

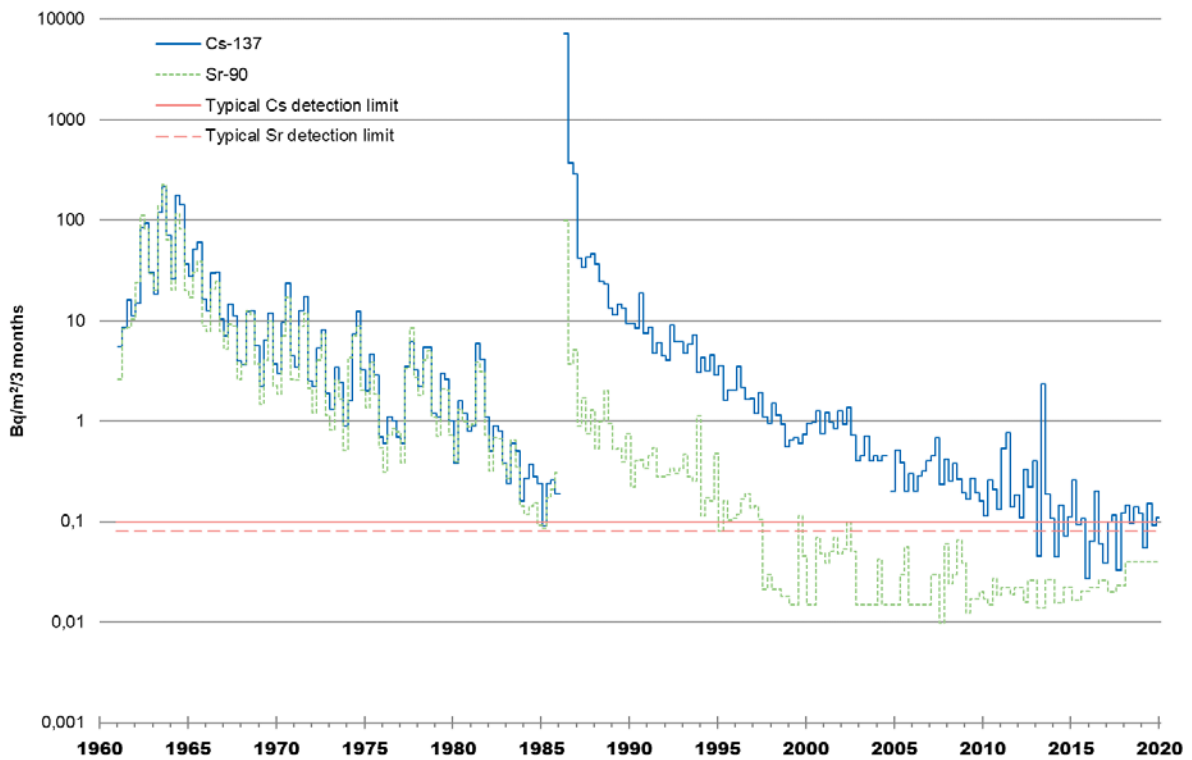
Known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples and the samples are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps and the residues are ashed. The ashed samples are analysed for artificial gamma-emitting radionuclides with gamma spectrometers. Strontium is separated by an extraction chromatographic method, and thereafter ⁹⁰Sr is determined via its daughter nuclide ⁹⁰Y, which is measured with a low background liquid scintillation spectrometer.

In addition, the tritium (³H) concentrations in rainwater samples are determined from two stations. The samples are distilled and then measured with liquid scintillation spectrometry.

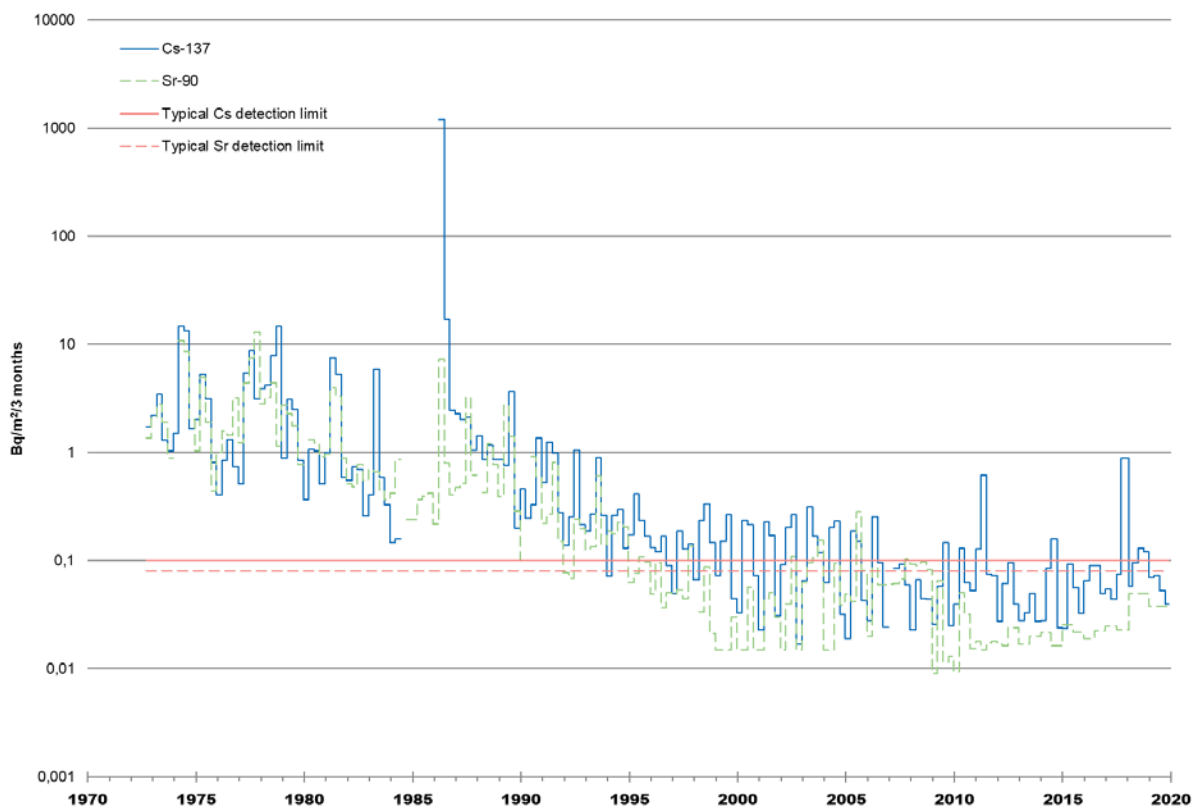
Results

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

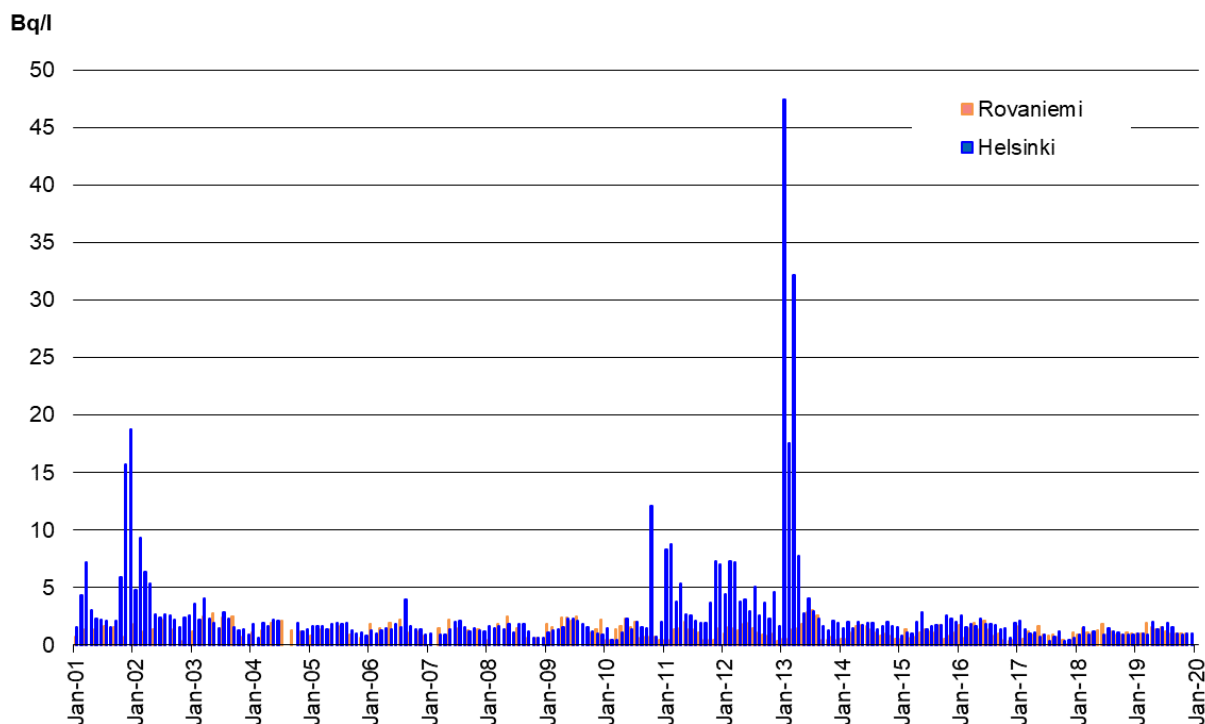
Table 5.1 shows the depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in 2019. The depositions at the different sites were low and at some stations these were below the detection limit. The most commonly used counting times give ¹³⁷Cs a detection limit of approximately 0,1 Bq/m². The detection limit can be lowered using longer counting times. The detection limit of ⁹⁰Sr is approximately 0,08 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. Before 1986 regular seasonal fluctuation is typical of this stratospheric deposition, as figure 5.1 illustrates. In 2019, 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 – 2019.
Bild 5.1. Nedfall av ^{137}Cs och ^{90}Sr i Helsingforsregionen, 1960 till 2019.
Fig. 5.1. Depositions of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the Helsinki area, 1960 – 2019.



Kuva 5.2. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -laskeumat Rovaniemellä 1972 – 2019.
Bild 5.2. Nedfall av ^{137}Cs och ^{90}Sr i Rovaniemi, 1972 till 2019.
Fig. 5.2. Depositions of ^{137}Cs and ^{90}Sr in Rovaniemi, 1972 – 2019.



Kuva 5.3. Tritiumpitoisuudet (Bq/l) Helsingin ja Rovaniemen sadevesinäytteissä 2001 – 2019.

Bild 5.3. Halter av tritium (Bq/l) i regnvatten i Helsingfors och i Rovaniemi, 2001 till 2019.

Fig. 5.3. Activity concentrations (Bq/l) of tritium (^3H) in rainwater in Helsinki and Rovaniemi, 2001 – 2019.

Taulukko 5.1. ^{137}Cs -laskeumien neljännesvuosi- ja ^{90}Sr -laskeumien vuosisummat eri paikkakunnilla vuonna 2019 (Bq/m^2).

Tabell 5.1. Nedfall av ^{137}Cs under kvartalen och ^{90}Sr under året på olika orter år 2019 (Bq/m^2).

Table 5.1. Quarterly depositions of ^{137}Cs and annual depositions of ^{90}Sr at various stations in 2019 (Bq/m^2).

| | ^{137}Cs | | | | ^{90}Sr |
|-----------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | 1 st | 2 nd | 3 rd | 4 th | Annual |
| Helsinki | 0,06 | 0,15 | <0,2 | 0,11 | <0,08 |
| Imatra | 0,33 | 0,37 | 0,17 | 0,39 | 0,65 |
| Ivalo | <0,1 | <0,2 | <0,1 | <0,1 | <0,11 |
| Kajaani | 0,14 | 0,32 | <0,1 | 0,06 | 0,34 |
| Kotka | 0,47 | 0,33 | 1,2 | 0,35 | 0,13 |
| Kuopio | 0,12 | 0,52 | 0,22 | 0,08 | <0,06 |
| Rovaniemi | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,08 |
| Sodankylä | 0,17 | <0,2 | <0,2 | <0,1 | <0,08 |

Yhteyshenkilö: Jani Turunen, Säteilyturvakeskus (jani.turunen@stuk.fi)

Kontaktperson: Jani Turunen, Strålsäkerhetscentralen (jani.turunen@stuk.fi)

Contact person: Jani Turunen, Radiation and Nuclear Safety Authority (jani.turunen@stuk.fi)

6 Pintaveden radioaktiiviset aineet

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

Näytteenotto

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

Näytteiden käsittely ja analysointi

Laboratoriossa näytteisiin lisätään stabiilia strontiumia ja cesiumia kantaja-aineiksi, ja näytteet tehdään happamiksi typpihapolla. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla lämpölampujen alla kuiviin, jonka jälkeen ne tuhitetaan. Tuhitetuista näytteistä määritetään ^{137}Cs ja mahdolliset muut gamma-nuklidit 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 2019 Kymijoen ^{137}Cs -pitoisuus oli yli 15-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 syksyllä 2019 oli 2,3 Bq/m³, joka on laskenut vuodesta 2017 ja 2018. Oulujoen ^{90}Sr -pitoisuus oli 2,6 Bq/m³. Kemijoessa ja Kymijoessa. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -pitoisuudet olivat samaa tasoa kuin vuosina 2017 ja 2018.

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 på våren eller på hösten 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 gammaspetsrometer. 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 2019 var ^{137}Cs -halterna i Kymmene älv över 15-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 på hösten 2019 i Ule älv var 2,3 Bq/m³, vilket är lägre värdet än 2017 och 2018, ^{90}Sr -halten var 2,6 Bq/m³ (bild 6.1). Halterna av ^{90}Sr och Cs i Kymmene och Kemi älvar var på samma nivå som år 2017 och 2018.

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 either in spring or in autumn from the mouths of four major rivers in Finland, Kymijoki, Kokemäenjoki, Oulujoki and Kemijoki (Fig. 6.1).

Pre-treatment and analyses

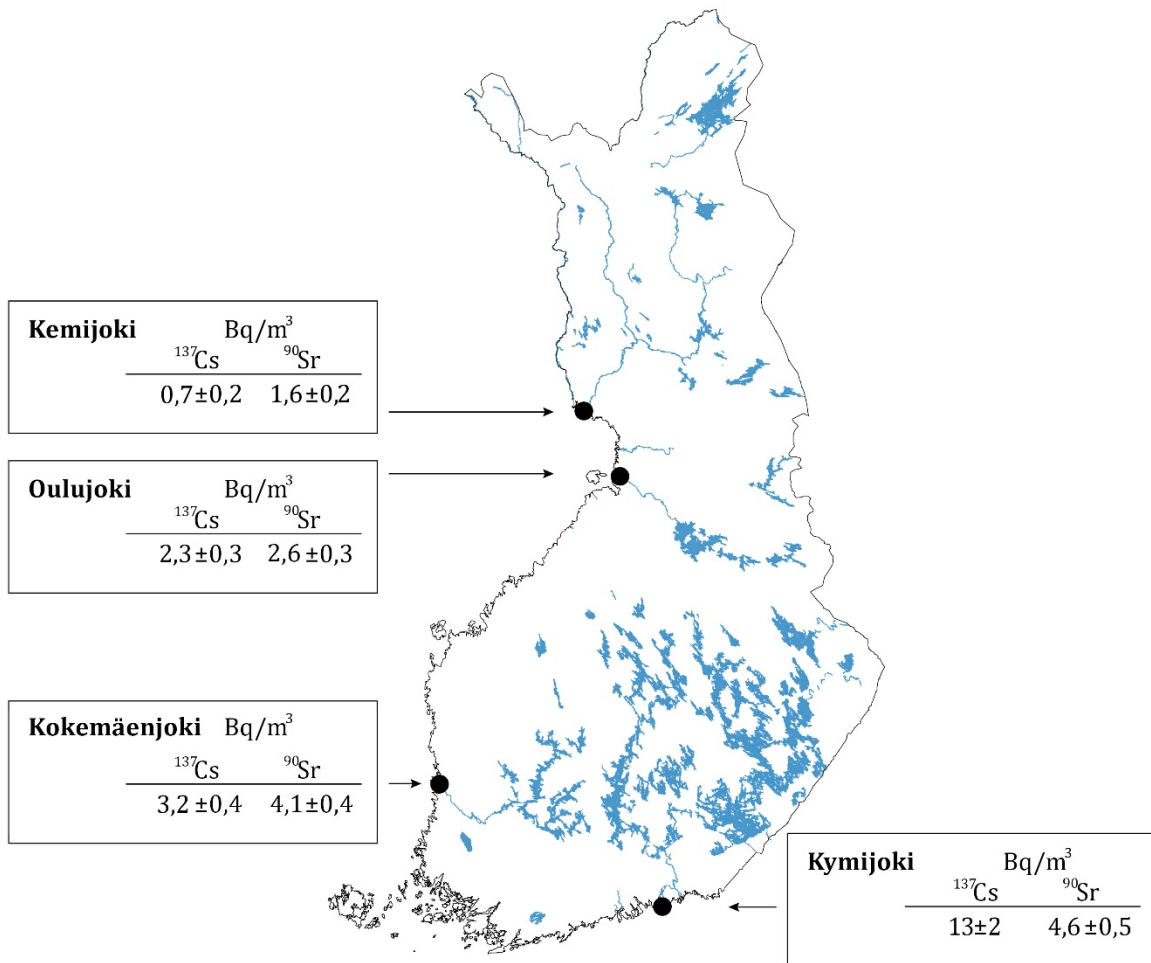
In the laboratory, known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples, and are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps, after which the dry residues are ashed. Gamma-emitting radionuclides are analysed with gamma spectrometers 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 over 15 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 autumn of 2019 was 2,3 Bq/m³, which was lower than in 2017 and 2018 (Fig. 6.1). The ^{90}Sr concentration was 2,6 Bq/m³. In 2019 the levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr were about the same as in 2017 and 2018 in the Kemijoki and Kymijoki.



Kuva 6.1. Pintaveden näytteenottoaikat ja näytteiden ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -pitoisuudet (Bq/m³) vuonna 2019.

Bild 6.1. Provtagningsplatser för ytvatten samt halter av ^{137}Cs och ^{90}Sr (Bq/m³) år 2019.

Fig. 6.1. The sampling sites of surface water and the activity concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr (Bq/m³) in 2019.

Yhteyshenkilö: Sinikka Virtanen, Säteilyturvakeskus (sinikka.virtanen@stuk.fi)

Kontaktperson: Sinikka Virtanen, Strålsäkerhetscentralen (sinikka.virtanen@stuk.fi)

Contact person: Sinikka Virtanen, Radiation and Nuclear Safety Authority (sinikka.virtanen@stuk.fi)

7 Talousveden radioaktiiviset aineet

Talousveden radioaktiivisuutta seurataan, jotta voidaan arvioida ihmiselle keinotekoisesta radioaktiivisuudesta talousveden kautta aiheutuvaa säteilyaltistusta. Valvontaohjelman näytteistä analysoidaan keinotekoiset radioaktiiviset aineet, joita esiintyy yleensä vain pintavedestä tehdyssä talousvedessä. Talousveden ^{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

Talousvesinäytteet 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 määrittämistä varten näyte tislataan epäpuhtauksien poistamiseksi. ^3H määritetään mittaamalla tislattu näyte nestetuikespektrometrilla.

Tulokset

Kaikkien näytteiden ^{90}Sr - ja ^{137}Cs -pitoisuudet olivat pienet vuonna 2019 vaihdellen välillä alle 0,0001 – 0,011 Bq/l (taulukko 7.1). Turussa ja Rovaniemellä näytteiden ^{90}Sr - ja ^{137}Cs -pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan. Havaitsemisraja ^{137}Cs :lle on noin 0,0002 – 0,0004 Bq/l ja ^{90}Sr :lle noin 0,0001 Bq/l. Paikkakuntien väliset radionuklidien pitoisuuserot johtuvat sekä erilaisesta Tšernobyl-laskeumasta alueilla että raakavetenä käytettyjen pinta- ja pohjavesien määristä. Tampereen raakavesi sisältää sekä pinta- että pohjavettä. Rovaniemellä käytetään yksinomaan pohjavettä. Helsingissä ja Oulussa talousvesivesi on lähes kokonaan pintavettä. Syksystä 2012 lähtien Turussa talousvesi on ollut tekopohjavettä.

Ainostaan Helsingin talousvedessä havaittiin 1,0 Bq/l ^3H :ia, kun muiden näytteiden ^3H -pitoisuudet olivat kaikki alle havaitsemisrajan 0,98 Bq/l. Pitoisuudet ovat paljon pienempiä kuin Euroopan neuvoston direktiivissä (98/83/EY) tai sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (1352/2015) talousveden ^3H asetettu enimmäisarvo 100 Bq/l (taulukko 7.1).

Säteilyannokset

Talousveden ^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 2019; Helsingissä se oli 0,0002 mSv, Oulussa ja Tampereella noin 0,0001 mSv, Rovaniemellä ja Turussa 0,00002 – 0,00003 mSv. Helsingissä ^3H :n osuus talousveden aiheuttamasta säteilyannoksesta oli vain 7 %, loppuosa aiheutui ^{137}Cs :sta (49 %) ja ^{90}Sr :sta (44 %). ^3H :n osuus säteilyannoksesta oli suurin Turussa, noin 68 % ja Rovaniemellä, noin 41 % ja ^{90}Sr :n osuus säteilyannoksesta oli suurin Tampereella, noin 74 %. Arviossa on talousveden veden kulutukseksi oletettu 2 litraa päivässä.

7 Radioaktiva ämnen i hushållsvatten

Man övervakar radioaktiviteten i hushållsvatten för att kunna beräkna hur stor strålningsexponering hushållsvatten utgör. Ur proven i detta övervakningsprogram analyseras artificiella radioaktiva ämnen som i allmänhet endast förekommer i hushållsvatten som består av ytvatten. Cesium (^{137}Cs) och strontium (^{90}Sr) i hushållsvatten härrör huvudsakligen från nedfallet efter olyckan i Tjernobyl 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

Hushållsvattenprov 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 hushållsvattenprov var låga år 2019 och de varierade mellan under 0,0001 och 0,011 Bq/l (tabell 7.1). I Åbo och i Rovaniemi var halterna av ^{90}Sr och ^{137}Cs under detektionsnivån. Detektionsnivån för ^{137}Cs var cirka 0,0002 – 0,0004 Bq/l och cirka 0,0001 Bq/l för ^{90}Sr . Skillnaderna mellan halterna i hushållsvatten på olika orter beror på skillnader i Tjernobylnedfallet samt på att mängderna ytvatten och grundvatten i råvattnet är olika. Råvattnet för hushållsvatten i Tammerfors innehåller både ytvatten och grundvatten. I Rovaniemi används enbart grundvatten. I Helsingfors och Uleåborg är hushållsvattnet nästan helt och hållet ytvatten. Från och med hösten 2012 är hushållsvattnet i Åbo nytt konstgjord grundvatten.

Bara i Helsingfors var ^3H halter 1,0 Bq/l och över detektionsnivån medan alla andra 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 hushållsvatten var mycket liten och varierade mellan 0,00002 – 0,0002 mSv på olika orter år 2019; i Helsingfors var dosen 0,0002 mSv, i Uleåborg och i Tammerfors cirka 0,0001 mSv, i Rovaniemi och i Åbo 0,00002 – 0,00003 mSv.

I Helsingfors orsakade ^3H cirka 7 procent av dosen; resten var orsakad av ^{137}Cs (49 %) och ^{90}Sr (44 %). Andelen av ^3H av dosen var störst i Åbo, cirka 68 procent och Rovaniemi, cirka 41 procent och andelen av ^{90}Sr var störst i Tammerfors, cirka 74 procent. Hushållsvattenkonsumtionen har antagits vara två liter per dygn.

7 Radioactive substances in household water

Household water is monitored to estimate the internal radiation dose people receive from artificial radionuclides via household water. Artificial radionuclides, which are normally found in household water comprised of surface water, are analysed in this monitoring programme. Cesium (^{137}Cs) and strontium (^{90}Sr) observed in household water mainly originate in the Chernobyl deposition, whereas tritium (^3H) originates in the deposition from atmospheric nuclear weapon tests. Most radiation exposure via household 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

Household 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 2019, varying from below 0,0001 to 0,011 Bq/l (Table 7.1). In Turku and in Rovaniemi, the activity concentrations of ^{90}Sr and ^{137}Cs in the samples were below the detection limit. The detection limits for ^{137}Cs were approximately 0,0002 – 0,0004 Bq/l and for ^{90}Sr 0,0001 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, household water is drawn almost entirely from surface water. Since autumn 2012, the household water in Turku has been man-made ground water.

Only in Helsinki the activity concentration of ^3H was 1,0 Bq/l whereas elsewhere the activity concentrations of ^3H were below the detection limit 0,98 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 household water was very small and varied between 0,00002 – 0,0002 mSv at the various sites in 2019; in Helsinki the dose was 0,0002 mSv, in Oulu and in Tampere approximately 0,0001 mSv, in Rovaniemi and in Turku between 0,00002 – 0,00003 mSv.

In Helsinki the contribution of ^3H to the dose was 7%, the rest was caused by ^{137}Cs (49%) and ^{90}Sr (44%). The contribution of ^3H to the dose was highest in Turku (about 68%) and in Rovaniemi (about 41%), and that of ^{90}Sr was highest in Tampere (about 74%). The consumption of household water is assumed to be 2 litres per day.

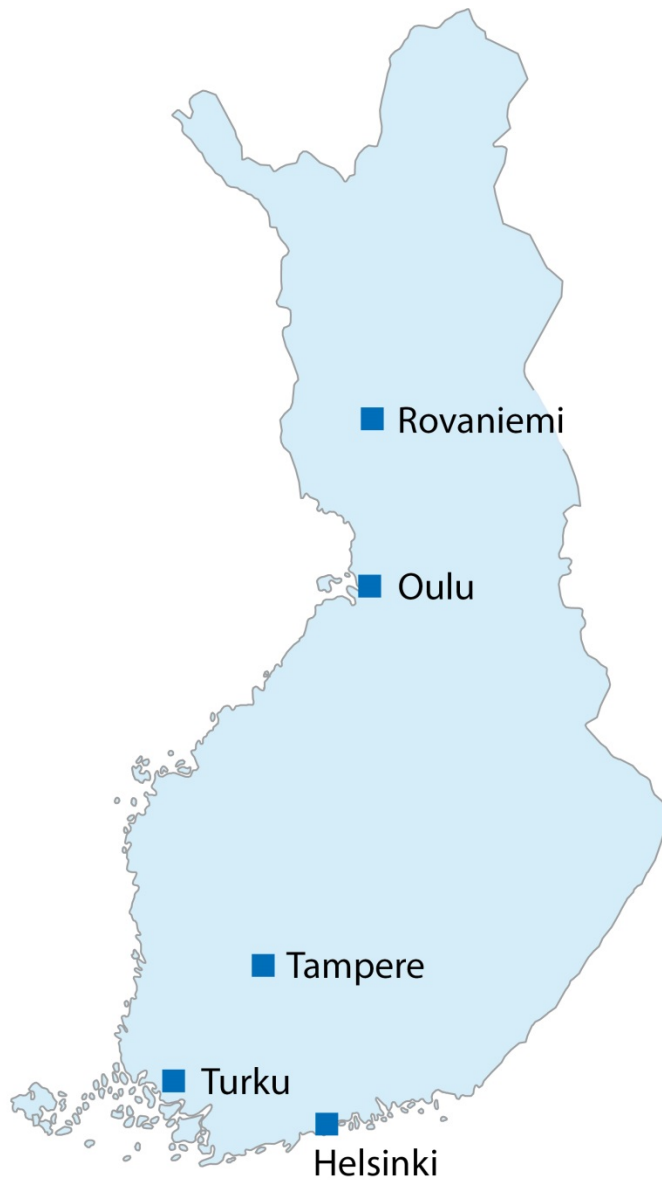
Taulukko 7.1. Talousveden ^3H -, ^{90}Sr - ja ^{137}Cs -pitoisuudet (Bq/l) Helsingissä, Oulussa, Rovaniemellä, Tampereella ja Turussa vuonna 2019.

Tabell 7.1. Halt av ^3H , ^{90}Sr och ^{137}Cs i hushållsvatten (Bq/l) i Helsingfors, Uleåborg, Rovaniemi, Tammerfors och Åbo år 2019.

Table 7.1. The concentrations of ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs in household water (Bq/l) in Helsinki, Oulu, Rovaniemi, Tampere and Turku in 2019.

| City | Sampling date | ^3H , Bq/l | ^{90}Sr , Bq/l | ^{137}Cs , Bq/l |
|-----------|---------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|
| Helsinki | 3.5.2019 | $1,0 \pm 60\%$ | $0,0045 \pm 10\%$ | $0,011 \pm 14\%$ |
| Oulu | 29.4.2019 | <0,98 | $0,0026 \pm 11\%$ | $0,0018 \pm 28\%$ |
| Rovaniemi | 29.4.2019 | <0,98 | <0,0001 | <0,0002 |
| Tampere | 17.5.2019 | <0,97 | $0,0042 \pm 10\%$ | $0,0018 \pm 24\%$ |
| Turku | 30.4.2019 | <0,98 | <0,0001 | <0,0004 |

Uncertainty is given two sigma uncertainty



Kuva 7.1. Talousveden keräyspaikkakunnat.

Bild 7.1. Provtagningsorter för hushållsvatten.

Fig. 7.1. The sampling sites for household water samples.

Yhteyshenkilö: Sinikka Virtanen, Säteilyturvakeskus (sinikka.virtanen@stuk.fi)

Kontaktperson: Sinikka Virtanen, Strålsäkerhetscentralen (sinikka.virtanen@stuk.fi)

Contact person: Sinikka Virtanen, Radiation and Nuclear Safety Authority (sinikka.virtanen@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 haihduttamalla 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 2019 on esitetty neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvoina taulukossa 8.1. Meijerimaidon ^{137}Cs -pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,11 – 1,4 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 (2016/52/Euratom).

Maidosta aiheutuva säteilyannos vuonna 2019 oli 0,0004 – 0,0016 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 gammadetektor. 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 2019. ^{137}Cs -halten i mejerimjölk varierade mellan 0,11 – 1,4 Bq/l. Halterna av ^{137}Cs i mjölken var högre på de områden där nedfallet efter Tjernobylyckan var som störst. 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 Tjernobylyckan. 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 (2016/52/Euratom).

Stråldosen som orsakades av mjölk år 2019 var 0,0004 – 0,0016 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 2019 are presented as quarterly and annual means in table 8.1. The concentration of ^{137}Cs in milk varied between 0,11 – 1,4 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 (2016/52/Euratom).

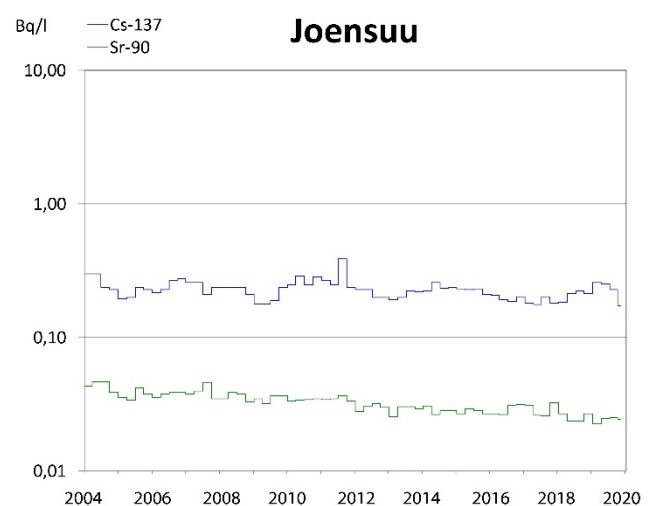
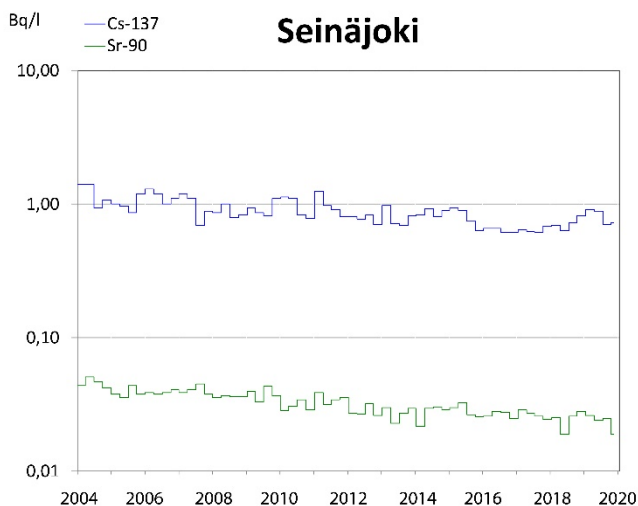
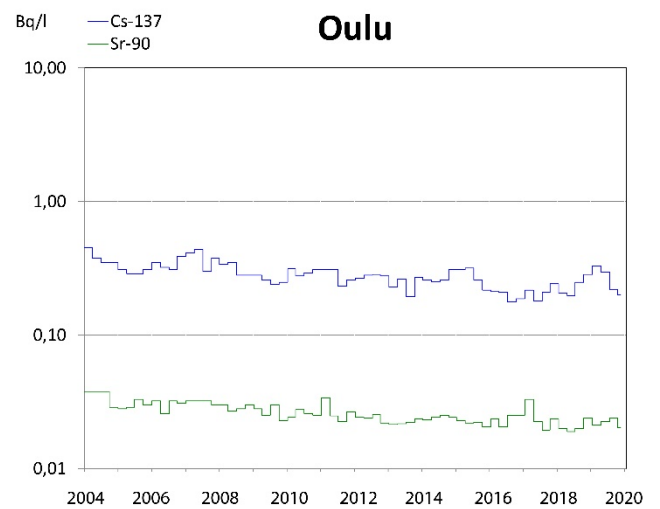
In 2019, the radiation dose received through milk was 0,0004 – 0,0016 mSv. On average 14% of this radiation dose was due to ^{90}Sr . The annual consumption of milk in this dose estimate was assumed to be 140 litres per capita (Yearbook of Farm Statistics 2008).

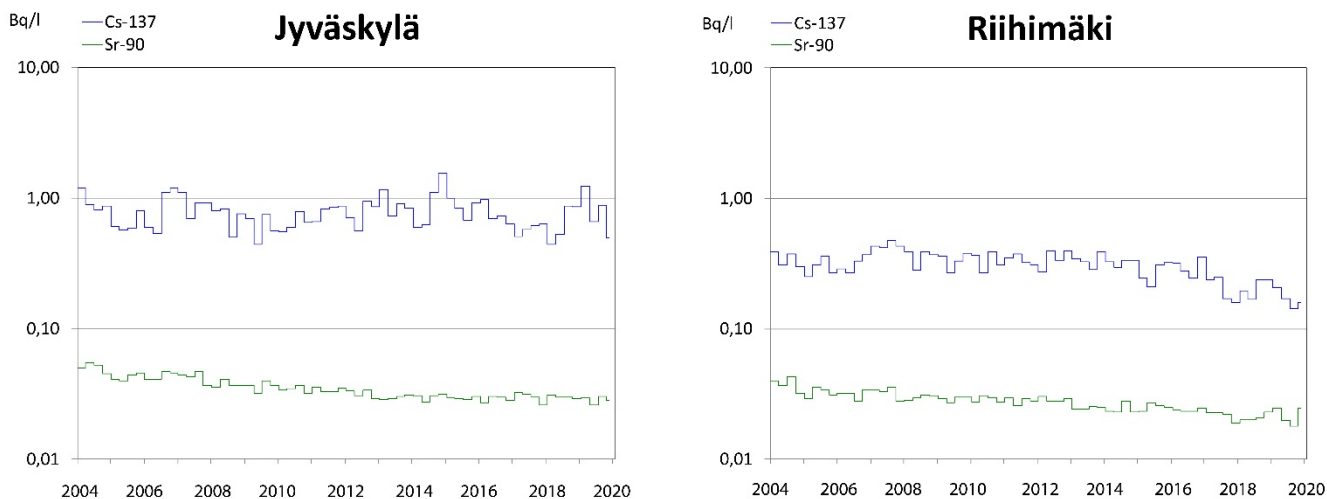
Taulukko 8.1. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) maidossa vuonna 2019, neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvot.

Tabell 8.1. ^{137}Cs - och ^{90}Sr -halter (Bq/l) i mjölk år 2019, kvartals- och årsmedeltal.

Table 8.1. The concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr (Bq/l) in milk in 2019, 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 | 0,26 | 0,023 | 0,25 | 0,025 | 0,23 | 0,025 | 0,17 | 0,025 | 0,23 | 0,024 |
| Jyväskylä | 1,23 | 0,029 | 0,66 | 0,026 | 0,88 | 0,030 | 0,50 | 0,028 | 0,82 | 0,029 |
| Oulu | 0,33 | 0,021 | 0,30 | 0,022 | 0,22 | 0,024 | 0,20 | 0,020 | 0,26 | 0,022 |
| Riihimäki | 0,21 | 0,025 | 0,17 | 0,020 | 0,14 | 0,018 | 0,16 | 0,025 | 0,17 | 0,022 |
| Seinäjoki | 0,92 | 0,026 | 0,89 | 0,024 | 0,70 | 0,025 | 0,73 | 0,019 | 0,81 | 0,024 |

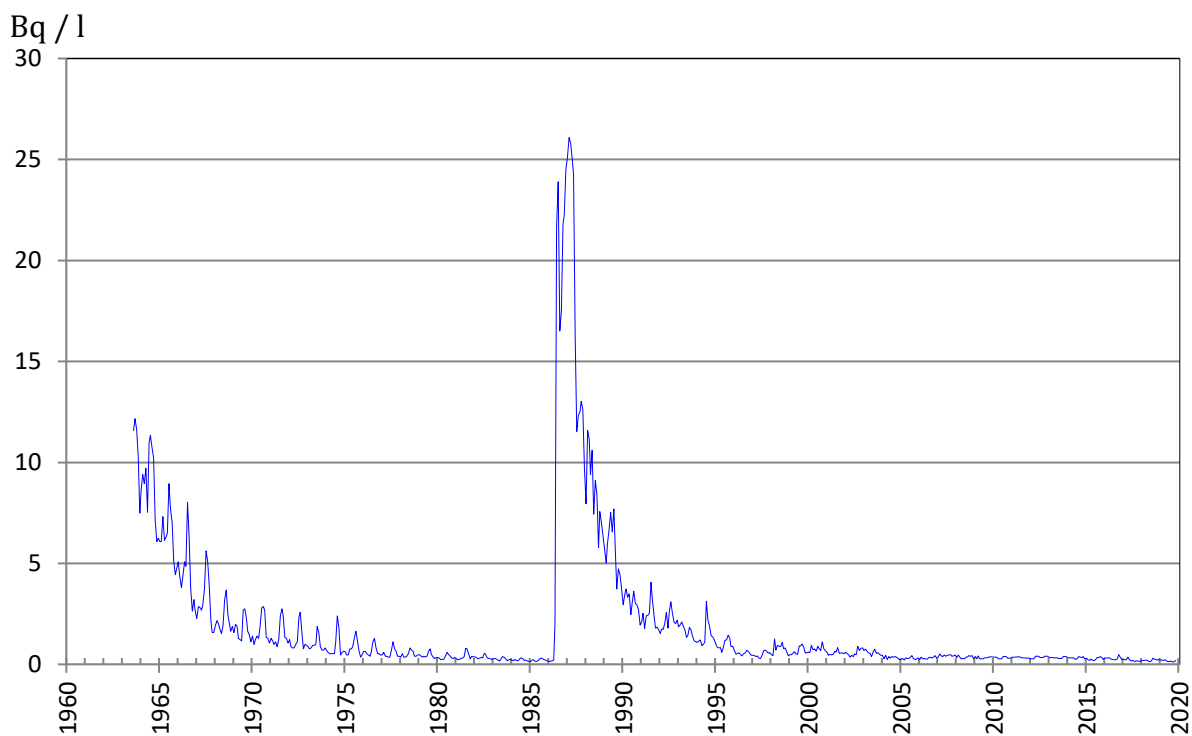




Kuva 8.1. Maitonäytteiden keräyspaikkakunnat ja ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n aktiivisuuspitoisuudet maidossa (Bq/l) vuodesta 2004 lähtien.

Bild 8.1. Provtagninsorter 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: Sinikka Virtanen, Säteilyturvakeskus (sinikka.virtanen@stuk.fi)

Kontaktperson: Sinikka Virtanen, Strålsäkerhetscentralen (sinikka.virtanen@stuk.fi)

Contact person: Sinikka Virtanen, Radiation and Nuclear Safety Authority (sinikka.virtanen@stuk.fi)

9 Elintarvikkeiden radioaktiiviset aineet

Elintarvikenäytteiden radioaktiivisuusmittausten tavoitteena on hankkia tietoa radionuklidien saannista ruoan kautta. Mittausten kautta saadaan arvio väestön päivittäisen 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. Valvontaa toteutetaan keräämällä yhden viikon ajan päivittäiset ruoka-annokset. Koko vuorokauden aterioiden analysointi yksittäisten elintarvikkeiden sijasta antaa suoraan saannin, jossa on jo huomioitu ruoan valmistuksen vaikutukset ja kulutustekijät.

Näytteet kerätään Helsingistä, Tampereelta ja Rovaniemeltä edustaen suurimpia asutuskeskuksia ja elintarvikkeiden alueellisia eroja. Samoilta paikoilta otetaan samaan aikaan ruoka-annosten keräilyyn kanssa myös juomavesinäytteet suoraan vesijohtovedestä.

Näytteenotto

Näytteet kerätään syksyllä, jolloin uuden sadon tuotteet ovat mukana. Näytteenottopaikkoina ovat sairaaloiden suurkeittiöt. Näytteet sisältävät vuorokauden kaikki ateriat. Ruoka- ja juomanäytteet kerätään erikseen. Juomanäytteet kerätään vain yhdeltä päivältä. 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 gammaspektrometrillä mittauksella. Cesiummäärityksen jälkeen vuorokausinäytteet tuhitetaan ja yhdistetään ^{90}Sr :n analysointia varten viikkonäytteeksi. Strontium erotetaan näytteistä ekstraktiokroma-tografisella menetelmällä, jonka jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrillä.

Vuorokauden juomat yhdistetään yhdeksi näytteeksi, haihdutetaan lämpölamppujen alla ja tuhitetaan. Tuhitetuista vuorokausinäytteistä analysoidaan ^{137}Cs ja ^{90}Sr . ^{137}Cs määritetään gammaspektrometrillä mittauksella. Strontium erotetaan näytteistä ekstraktiokroma-tografisella menetelmällä, minkä jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrillä.

Tulokset

Päivittäisen ravinnon ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -pitoisuudet ovat pieniä, koska ruoan raaka-aineena käytetyt maataloustuotteet ovat lähes puhtaita radioaktiivisista aineista. Tulosten vaihtelut johtuvat lähinnä näytteenottopäivän dieetin ja ruoan alueellisen alkuperän vaihteluista. Vuonna 2019 ^{137}Cs -pitoisuudet ruoassa olivat 0,06 – 1,5 Bq/kg ja juomissa 0,17 – 0,27 Bq/l. Päivittäinen cesiumin saanti ruoan kautta vaihteli välillä 0,11 – 2,3 Bq/d ja juomien kautta 0,11 – 0,21 Bq/d. Aluekohtaiset tulokset on esitetty taulukoissa 9.2 ja 9.3. Suurkeittiöiden ruokaa käyttävien ruoasta saama säteilyannos oli vuonna 2019 0,0035 mSv, josta ^{137}Cs :n osuus oli 83 %.

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 2019 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 yhden sieninäytteen ^{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 föda under en vecka. 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. Proven av drycker tas från en dag i veckan. 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 2019 var ^{137}Cs -halterna i maten 0,06 – 1,5 Bq/kg och i dryckerna 0,17 – 0,27 Bq/l. Det dagliga intaget av cesium via maten varierade 0,11 – 2,3 Bq/d och via drycker 0,11 – 0,21 Bq/d. De regionala mätresultaten finns i tabell 9.2 och i tabell 9.3. Under 2019 förorsakade storköken en stråldos på under 0,0035 mSv åt konsumenterna. 83 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 Tjernobylyckan.

9.2 Livsmedel i butiker

Under hösten 2019 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 en svamp 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 over one week in the institutional kitchens in hospitals. 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. Drinks are collected only once a week for one day. 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 2019 ranged from 0,06 – 1,5 Bq/kg, and in the drinks from 0,17 – 0,27 Bq/l. The daily intakes of ^{137}Cs via food varied between 0,11 – 2,3 Bq/d, and via drinks from 0,11 – 0,21 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 2019 was less than 0,0035 mSv, and 83% 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 2019, the foodstuffs on the market were acquired from grocery shops in the same cities as the daily diet samples. Wild game, 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 one mushroom sample 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 2019.

Tabell 9.1. ¹³⁷Cs (Bq/kg färsk vikt) i prov som köpts i livsmedelsbutiker år 2019.

Table 9.1. ¹³⁷Cs (Bq/kg fresh weight) in the samples purchased from food shops in 2019.

| Elintarvike | Livsmedel | Foodstuff | ¹³⁷ Cs, Bq/kg (number of samples) | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|--|-----|----------|------|-----------|------|
| | | | Helsinki | | Tampere | | Rovaniemi | |
| hirvenliha | älgkött | venison | 16 – 18 | (2) | 18 – 22 | (2) | 24 | (1) |
| peuranliha | hjortkött | deer meat | 110 | (1) | 85 – 170 | (3) | – | – |
| poronliha | renkött | reindeer meat | – | – | – | – | 33 – 97 | (10) |
| sienet | svampar | mushrooms | 7 – 150 | (9) | 5 – 770 | (7) | 2 – 110 | (5) |
| järvi- ja jokikala | insjöfisk | freshwater fish | 14 | (1) | 1 – 86 | (14) | 2 – 70 | (5) |
| murtovesi - ja merikala | brack- och havsfisk | brackwater and marine fish | 1 – 11 | (7) | 3 – 11 | (4) | 5 – 11 | (2) |
| kasvatettu kala (meri- ja sisävesiallas) | odlad fisk (havs- och insjöbassäng) | farmed fish (sea and fresh water basin) | – | – | 0,3 | (1) | 0,3 | (1) |

Taulukko 9.2. ¹³⁷Cs:n ja ⁹⁰Sr:n saanti ruoasta vuonna 2019.

Tabell 9.2. Intag av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr i maten år 2019.

Table 9.2. The intake of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr via ingestion in 2019.

| Site | Sampling date | ¹³⁷ Cs (Bq/d) meal | ⁹⁰ Sr (Bq/week) meal |
|-----------|---------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Helsinki | 14.10.2019 | 0,15 | 0,28 |
| | 15.10.2019 | 0,46 | |
| | 16.10.2019 | 0,41 | |
| | 17.10.2019 | 0,47 | |
| | 18.10.2019 | 0,27 | |
| | 19.10.2019 | 0,14 | |
| | 20.10.2019 | 0,35 | |
| Rovaniemi | 7.10.2019 | 0,31 | 0,28 |
| | 8.10.2019 | 0,50 | |
| | 9.10.2019 | 0,17 | |
| | 10.10.2019 | 0,20 | |
| | 11.10.2019 | 2,35 | |
| | 12.10.2019 | 0,12 | |
| | 13.10.2019 | 0,11 | |
| Tampere | 7.10.2019 | 0,13 | 0,31 |
| | 8.10.2019 | 0,54 | |
| | 9.10.2019 | 0,43 | |
| | 10.10.2019 | 1,71 | |
| | 11.10.2019 | 0,21 | |
| | 12.10.2019 | 0,16 | |
| | 13.10.2019 | 0,15 | |

Taulukko 9.3. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n päivittäinen saanti juomasta vuonna 2019.
Tabell 9.3. Daglig intag av ^{137}Cs och ^{90}Sr i dryckerna år 2019.
Table 9.3. The daily intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr via drinks in 2019.

| Site | Sampling date | ^{137}Cs (Bq/d) drinks | ^{90}Sr (Bq/d) drinks |
|-----------|---------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Helsinki | 15.10.2019 | 0,11 | 0,01 |
| Rovaniemi | 11.10.2019 | 0,20 | 0,02 |
| Tampere | 13.10.2019 | 0,21 | 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: Sinikka Virtanen, Säteilyturvakeskus (sinikka.virtanen@stuk.fi)
 Kontaktperson: Sinikka Virtanen, Strålsäkerhetscentralen (sinikka.virtanen@stuk.fi)
 Contact person: Sinikka Virtanen, Radiation and Nuclear Safety Authority (sinikka.virtanen@stuk.fi)

10 Radioaktiiviset aineet ihmisessä

Ihminen saa radioaktiivisia aineita elimistönsä hengittämällä tai ravinnon mukana. Nämä aineet ovat joko luonnollista alkuperää tai keinotekoisesti tuotettuja. Sellaiset radioaktiiviset aineet, jotka lähettävät gammasäteilyä, voidaan havaita mittaamalla suoraan ihmisen kehosta. STUKilla on kaksi kokokehomittauslaitteistoa, 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 säteilyilmaisim 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

Koulumittausten tulokset 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 nykyisin todeta, että kehossa oleva ^{137}Cs -aktiivisuus on yleensä alle havaitsemisrajan. 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, joista 22 yli 14-vuotiasta. Suurin mitattu ^{137}Cs -aktiivisuus kehossa oli 149 Bq ja alle havaitsemisrajan (noin 50 Bq) jäi 11 aikuisen tulos. Vastaavasti Tampereella mitattiin

45 henkilöä, suurin mitattu ^{137}Cs -aktiivisuus kehossa oli 553 Bq ja alle havaitsemisrajan jäi 24 kpl mitattua tulosta. Rovaniemellä mitattiin 47 henkilöä, suurin mitattu ^{137}Cs -aktiivisuus kehossa oli 1206 Bq ja alle havaitsemisrajan jäi 19 henkilön tulos.

Kuvassa 10.3 on esitetty keskimääräinen ^{137}Cs -aktiivisuus helsinkiläisen vertailuryhmän jäsenissä 1960-luvun puolivälistä vuoteen 2019. Mittauksia ei tehty vuosina 2014 – 2017. Vuoden 2019 keskiarvossa on mukana mittaustuloksia myös henkilöiltä, jotka eivät kuulu helsinkiläiseen vertailuryhmään eivätkä mihinkään muista erityisryhmistä. Kuvassa erottuvat selvästi ilmakehässä suoritettujen ydinkokeiden ja Tšernobylin ydinonnettomuuden vaikutukset kehossa olevaan ^{137}Cs -aktiivisuuteen.

Kehossa olevan ^{137}Cs :n aiheuttaman säteilyannoksen arvioitiin vuonna 2019 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 Tjernobylyolyckan 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

Bild 10.2 visar resultaten från skolmätningarna. Resultaten på bilden omfattar endast medianvärdet för mätresultaten för vuxna (över 14 år). I detta samband är medianvärdet ett bättre nyckeltal än genomsnittet, eftersom urvalen är små, vilket betyder att enstaka mycket höga eller låga resultat får för stor vikt (se bild 10.2).

Av resultaten för barn, det vill säga personer under 15 år, kan man numera konstatera att ^{137}Cs -aktiviteten i kroppen oftast ligger under observationsgränsen. Detta stämmer väl överens med resultaten från tidigare studier. Den årliga variationen i mätresultaten beror på de stora skillnaderna i aktivitetskoncentrationen hos livsmedel som köps i butik respektive livsmedel som man plockar i naturen och av den sporadiska användningen av livsmedel som man plockar i i naturen.

I Helsingfors gjordes mätningen för 39 personer, varav 22 var över 14 år. Den största uppmätta ^{137}Cs -aktiviteten i kroppen var 149 Bq och för elva vuxna låg resultatet under observationsgränsen (ca 50 Bq). I Tammerfors gjordes mätningen för 45 personer. Den största uppmätta ^{137}Cs -aktiviteten i

kroppen var 553 Bq och resultatet låg under observationsgränsen i 24 mätningar. I Rovaniemi gjordes mätningen för 47 personer. Den största uppmätta ^{137}Cs -aktiviteten i kroppen var 1206 Bq och resultatet låg under observationsgränsen i 19 mätningar.

Bild 10.3 visar den genomsnittliga ^{137}Cs -aktiviteten hos individerna i referensgruppen i Helsingfors från 1960-talets mitt till 2019. Under åren 2014 – 2017 gjordes inga mätningar. Genomsnittet för 2019 inkluderar mätresultat även från personer som inte ingår i referensgruppen i Helsingfors eller i några andra specialgrupper. På bilden ser man tydligt hur kärnvapenprov som gjorts i atmosfären och Tjernobylolyckan har påverkat ^{137}Cs -aktiviteten i kroppen.

År 2019 uppskattades ^{137}Cs i kroppen ha orsakat en stråldos på under 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 results of the school measurements are shown in figure 10.2. The results shown in the figure only include the medians of the measurements performed on adults (over-14-year-olds). In this context, the median is a better index than the average, because the sample sizes are small, thus placing too much emphasis on individual significantly high or low results (see Figure 10.2).

With regard to the results of children, or those under the age of 15, the ^{137}Cs activity in the body is usually below the detection limit. This is very much in line with the results of previous studies. The annual variation in the measurement results is due to the large differences in activity levels of food purchased from shops and collected from nature and the occasional use of food collected from nature.

In Helsinki, measurements were performed on 39 persons, of whom 22 were over 14 years of age. The highest measured ^{137}Cs activity in the body was 149 Bq, and 11 adults remained below the detection limit (approximately 50 Bq). In Tampere, measurements were performed on 45 persons, the highest measured ^{137}Cs activity in the body was 553 Bq, and 24 measured results were below the detection limit. In Rovaniemi, measurements were performed on 47 persons, the highest measured ^{137}Cs activity in the body was 1206 Bq, and 19 persons remained below the detection limit.

Figure 10.3 shows the average ^{137}Cs activity in the members of the Helsinki comparison group from the mid-1960s to 2019. No measurements were made between 2014 and 2017. The average for 2019

also includes measurement results from persons who are not part of the Helsinki comparison group or any other special category. The picture clearly shows the effects of nuclear tests carried out in the atmosphere and of the Chernobyl nuclear accident on the ^{137}Cs activity in the body.

In 2019, the radiation dose caused by ^{137}Cs in the body was estimated to be less than 0,01 mSv/person.



Kuva 10.1a. Kokokehomittauksissa käytettävä liikkuva laboratorio.

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

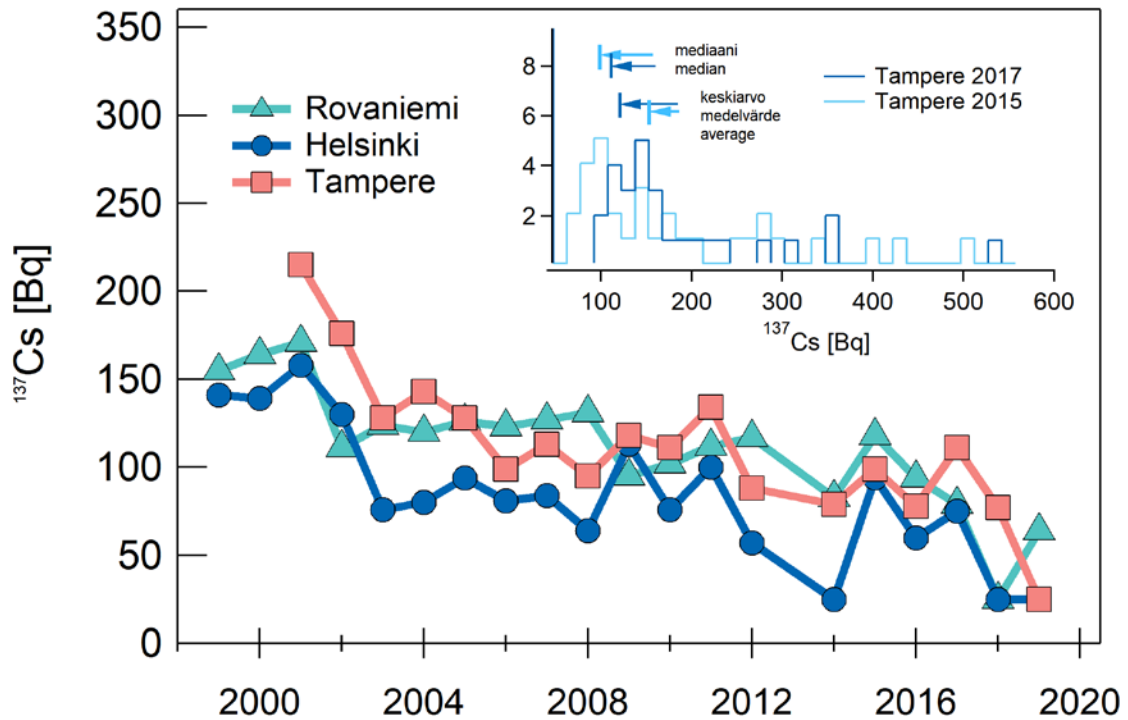
Fig 10.1a. The mobile laboratory used in the whole-body measurements.



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.

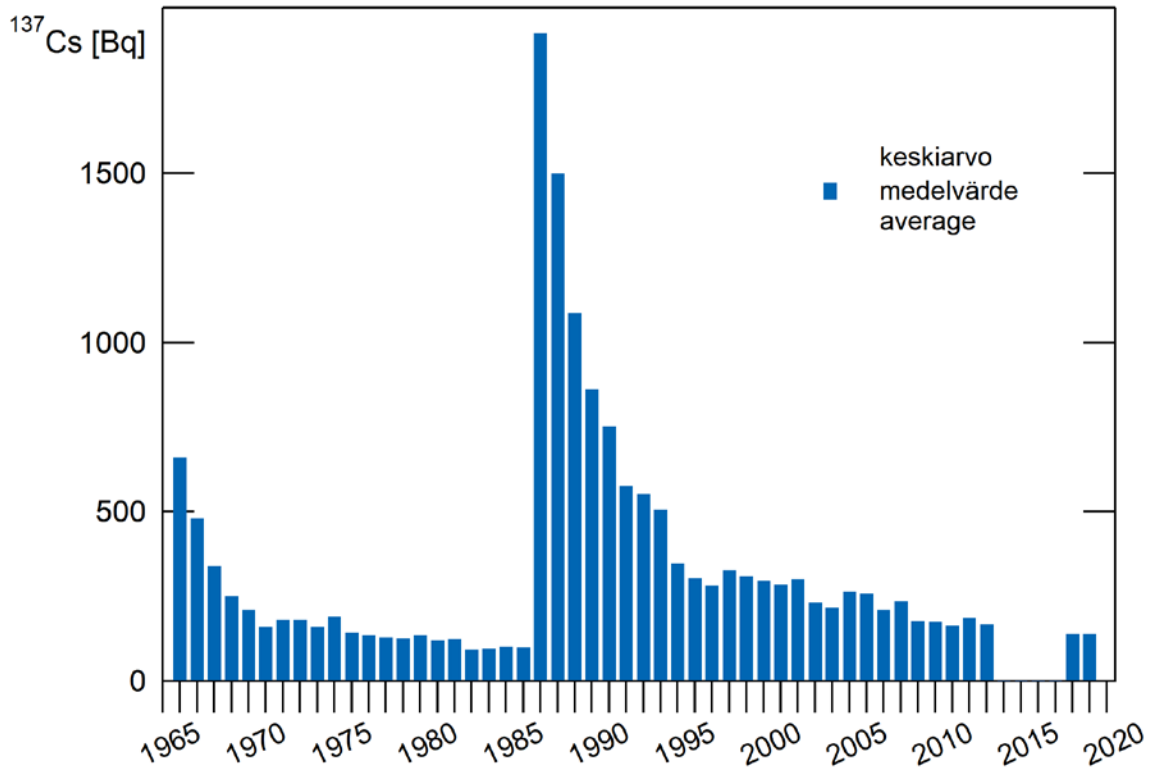
Fig. 10.1b. The background shield and detectors of the mobile unit and gamma measurement at STUK.



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 vuodesta 1965.
Bild 10.3. Kroppsinnehållet av ¹³⁷Cs som medelvärde i referensgruppen i Helsingfors mätt sedan år 1965.
Fig. 10.3. Body content of ¹³⁷Cs as the mean in the Helsinki reference group measured since 1965.

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 keinotekkoisten 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. Puhdistamon kokonaisvirtaama on noin 270000 m³ vuorokaudessa. Kuivattua jätevesilietettä syntyy vuosittain noin 60000 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 syöpäklonikoiden ja isotooppiosastojen potilaiden eritteet menevät Viikinmäen puhdistamoon. Hoitoja annetaan yleensä vain tiettyinä päivinä, joten päästöt jätevesiin jakautuvat ajallisesti epätasaisesti. Tämän takia 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 gammaaktiivisten radionuklidien pitoisuudet raakalietteessä vuonna 2019 on esitetty taulukossa 11.1 ja kuivatussa lietteessä taulukossa 11.2

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 Tjernobylolyckan, 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. Reningsverkets totala flöde är cirka 270000 m³ per dygn. Det uppstår cirka 60000 ton torkat avloppsslam per år.

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 gammadetektorer.

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 anlärt 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 Tjernobylolyckan och ²³⁸U är ett radioaktivt ämne som förekommer naturligt i vatten. Halterna av gammaaktiva radionuklider i avfallsslammet år 2019 presenteras i tabell 11.1 (råslam) och i tabell 11.2 (torkat slam).

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. Yearly, about 270000 m³ of wastewater per day flows through the plant. The plant produces about 60000 tonnes of dried waste sludge yearly.

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 can vary considerably.

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 2019 are presented in tables 11.1 and 11.2, respectively.

Taulukko 11.1. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet Viikinmäen jätevedenpuhdistamon raakalietteessä Bq kg⁻¹ kuivapainoa kohden vuonna 2019.

Tabell 11.1. Gammastrålande radioaktiva ämnen i råslammet från Viksbacka avloppsreningsverk Bq kg⁻¹ torrsvikt år 2019.

Table 11.1. Gamma-emitting radionuclides in undigested sludge in the Viikinmäki wastewater treatment plant Bq kg⁻¹ dry weight in 2019.

| Sampling date | ¹³¹ I | ¹³⁷ Cs | ¹⁷⁷ Lu | ²⁰¹ Tl | ²³⁸ U |
|---------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 9.4.2019 | 1800 ± 12%* | 3,7 ± 15% | 1700 ± 16% | 72 ± 13% | 410 ± 16% |
| 1.10.2019 | 1900 ± 8% | 3,4 ± 24% | 1500 ± 14% | 120 ± 12% | 260 ± 36% |

*Uncertainty is given two sigma uncertainty

Taulukko 11.2. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet Viikinmäen jätevedenpuhdistamon kuivatussa lietteessä Bq kg⁻¹ kuivapainoa kohden vuonna 2019.

Tabell 11.2. Gammastrålande radioaktiva ämnen i det torkade slammet från Viksbacka avloppsreningsverk Bq kg⁻¹ torrsvikt år 2019.

Table 11.2. Gamma-emitting radionuclides in dewatered sludge in the Viikinmäki wastewater treatment plant Bq kg⁻¹ dry weight in 2019.

| Sampling date | ¹³¹ I | ¹³⁷ Cs | ¹⁷⁷ Lu | ²⁰¹ Tl | ²³⁸ U |
|---------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 10.4.2019 | 250 ± 12%* | 5,9 ± 20% | 1700 ± 16% | 15 ± 15% | 690 ± 18% |
| 1.10.2019 | 190 ± 8% | 3,7 ± 16% | 1400 ± 14% | 8,8 ± 36% | 530 ± 20% |

*Uncertainty is given two sigma uncertainty



Kuva 11.1. Viikinmäen jätevedenpuhdistamo.

Bild 11.1. Viksbacka avloppsreningsverk.

Fig. 11.1. Viikinmäki wastewater treatment plant.

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)

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 päästörekisteriä, 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

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 Tšernobylin 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 2019 pinnan läheisessä vesikerroksessa mitattiin ^{137}Cs :ää 10 – 23 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 $< 1,0 - 9,5$ becquereliä litrassa (Bq/l). Suurimmat tritiumpitoisuudet mitattiin ydinvoimalaitosten välittömässä läheisyydessä. Meriveden ^{90}Sr -pitoisuus vaihteli välillä 4,7 – 6,1 becquereliä kuutiometrissä vettä (Bq/m^3).

Suurin osa Itämereen tulleesta radioaktiivisesta cesiumista on vajonnut pohjasedimentteihin. Sedimentin pintakerroksessa ^{137}Cs -pitoisuus vaihteli 30 – 680 Bq/kg . Pohjasedimenteissä ^{137}Cs :n kokonaismäärät pinnasta noin 30 cm syvyyteen olivat itäisen Suomenlahden ja Selkämeren havaintopaikoissa 17900 – 38900 becquereliä neliometrillä (Bq/m^2). Muissa Itämeren alueen havaintopaikoissa kokonaismäärät vaihtelivat välillä 1600 – 4600 Bq/m^2 . 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 2019 cesiumin pitoisuudet vaihtelivat Suomen rannikoilta pyydetyissä hauissa 5 – 11 becquereliä kilossa (Bq/kg) ja olivat silakoissa korkeimmillaan 9,2 Bq/kg (kuva 12.3). Itämeren kaloista suomalaisille aiheutunut sisäisen säteilyannos oli alle 0,0005 millisieverttiä (mSv) vuonna 2019.

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.

Resultat

Östersjön har sedan 1950-talets slut varit föremål för intensiva radioekologiska undersökningar. Olyckan i Tjernobyl 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 Tjernobylcesium 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 2019 varierade halterna av ^{137}Cs i ytvattnet från 10 till 23 becquerel per kubikmeter vatten (Bq/m^3). Även om ^{137}Cs -halterna i havsvattnet har minskat med tiden efter olyckan i Tjernobyl (bild 12.2), är Östersjön fortfarande världens mest förorenade havsområde vad gäller ^{137}Cs . Tritiumhalterna i havsvatten varierade $< 1,0 - 9,5$ becquerel per liter (Bq/l). De högsta tritiumhalterna observerades nära kärnkraftverk. Havsvattnets ^{90}Sr -halt varierade mellan 4,7 – 6,1 Becquerel per kubikmeter vatten (Bq/m^3).

Merpart av ^{137}Cs har sjunkit ner botten sediment. I sediments ytskikt ^{137}Cs halterna varierade 30 – 680 Bq/kg . I bottensedimenten var totalmängderna av ^{137}Cs från ytan till cirka 30 centimeters djup 17900 – 38900 becquerel per kvadratmeter (Bq/m^2) vid provtagningsstationerna i östra Finska viken och Bottenhavet. Vid de andra stationerna i Östersjön varierade totalmängderna från 1600 till 4600 Bq/m^2 . 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 2019 varierade cesiumhalterna i gäddor som fiskats längs den finska kusten 5 – 11 Bq/kg . I strömmingar var cesiumhalten som högst 9,2 Bq/kg (bild 12.3). Den interna stråldos som finländare fick från Östersjöfiskar år 2019 uppskattades vara mindre än 0,0005 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) co-ordinates 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.

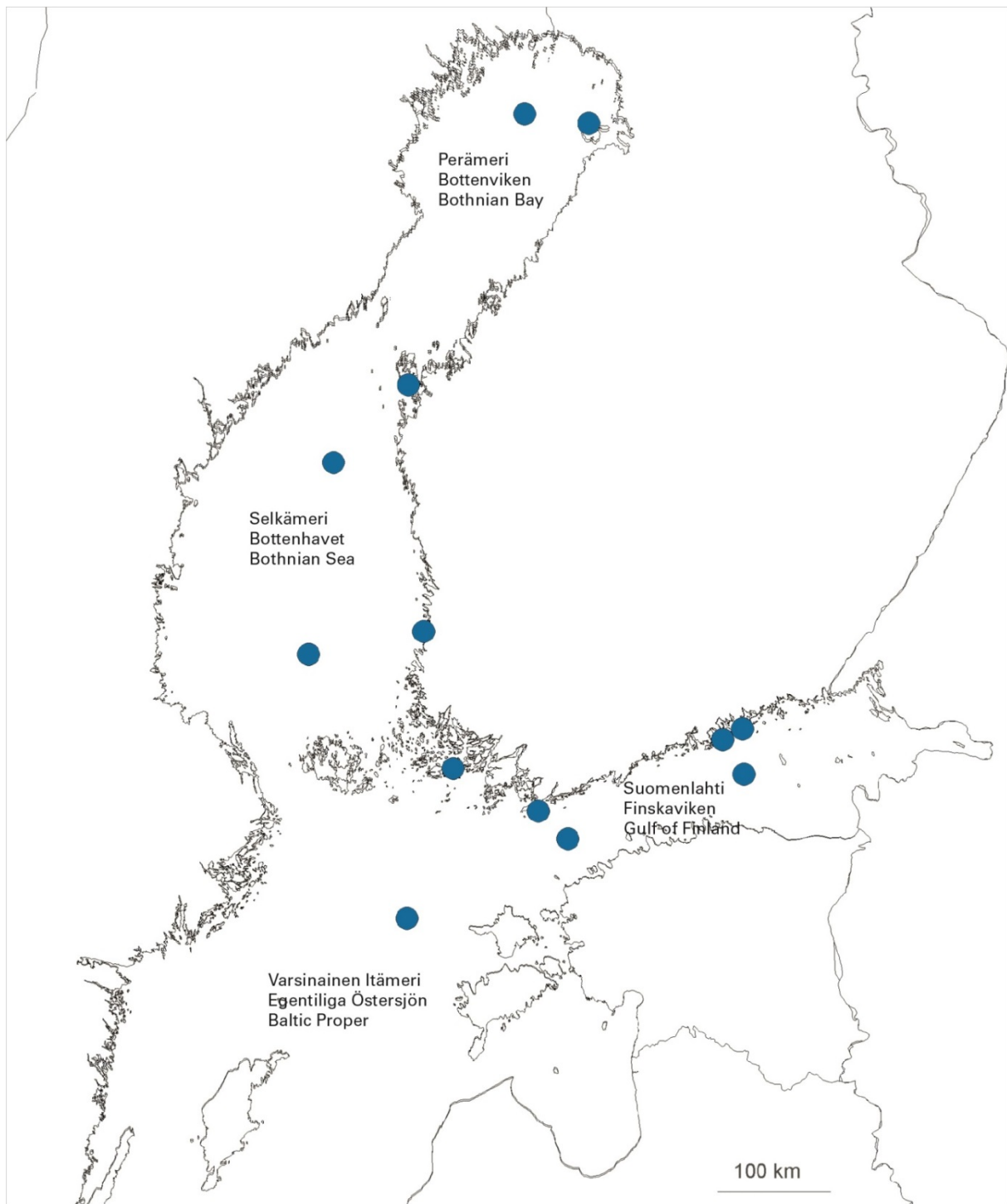
Results

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.

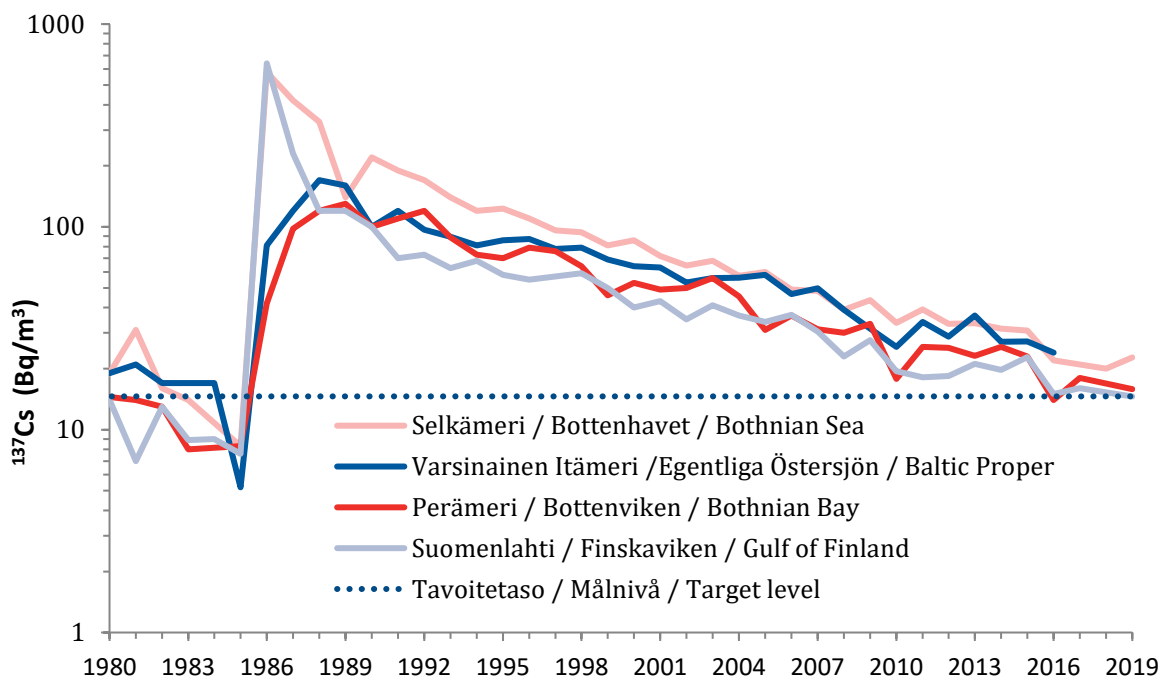
In 2019, the ^{137}Cs concentrations of surface water varied from 10 to 23 becquerel per cubic metre (Bq/m^3). Even though the ^{137}Cs concentrations in seawater have decreased with time (Fig. 12.2), the Baltic Sea is still the most contaminated sea in the world with respect of ^{137}Cs . Tritium concentrations in sea water varied $< 1,0 - 9,5$ (Bq/l). The highest tritium concentrations were measured in vicinity of nuclear power plants. The ^{90}Sr concentration in sea water varied between 4,7 – 6,1 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. In the surface layer of sediment the ^{137}Cs concentration varied 30 – 680 Bq/kg . The total amounts of ^{137}Cs in bottom sediments were 17900 – 38900 Bq/m^2 at the sampling stations of the eastern Gulf of Finland and the Bothnian Sea. At the other stations in the Baltic Sea, the amounts of cesium were clearly smaller: 1600 – 4600 Bq/m^2 . According to a recent evaluation, the total inventory of ^{137}Cs in the Baltic Sea sediments was about $2,5 \times 10^{15}$ Bq (2,5 tera becquerel), and more than half of this was bound in the seabed of the Gulf of Bothnia.

In 2019, the cesium concentrations varied 5 – 11 Bq/kg in pikes caught on Finnish coasts (Fig. 12.3), while in Baltic herrings they were 9,2 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 2019.



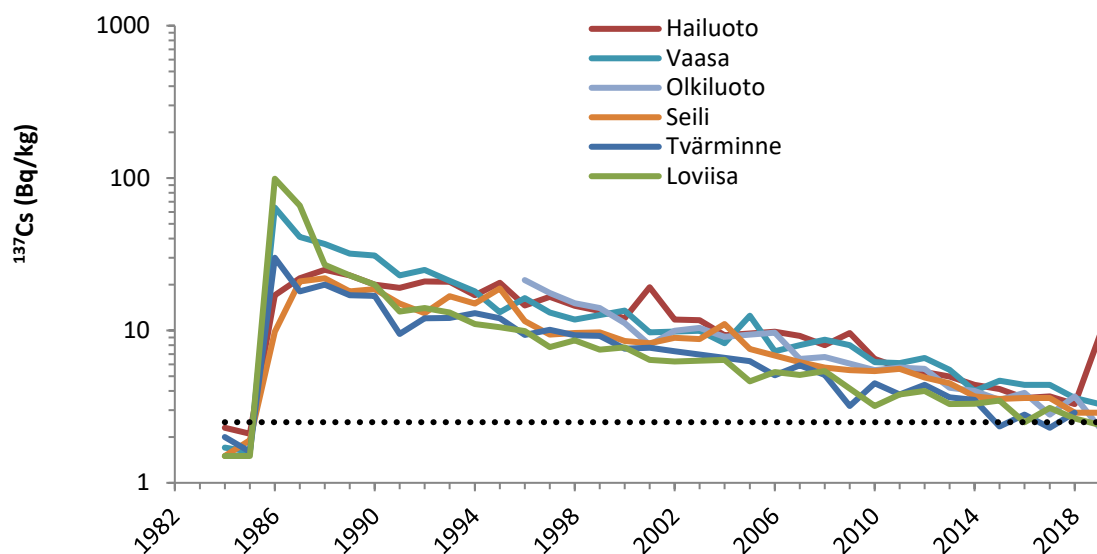
Kuva 12.1. Näytteenottpisteet merivedelle, pohjasedimentille, kaloille ja muulle biotalle.
Bild 12.1. Provtagningsplatserna för havsvatten, bottensediment, fisk och annan biota.
Fig. 12.1. Sampling stations and areas for sea water, bottom sediment, fish and other biota.



Kuva 12.2. ^{137}Cs :n aktiivisuuspitoisuus (Bq/m^3) merivedessä vuosina 1980 – 2019.

Bild 12.2. ^{137}Cs -halter (Bq/m^3) i ytvatten år 1980 – 2019.

Fig. 12.2. Activity concentration of ^{137}Cs (Bq/m^3) in seawater during 1980 – 2019.



Kuva 12.3. ^{137}Cs :n aktiivisuuspitoisuus (Bq/kg) Itämerestä pyydystetyssä silakassa 1984 – 2019.

Bild 12.3. ^{137}Cs -halter (Bq/kg) i fisk (strömmingar) i Östersjön år 1984 – 2019.

Fig. 12.3. Activity concentration of ^{137}Cs (Bq/kg) in fish (herring) in the Baltic Sea during 1984 – 2019.

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 perustusrakenteet 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 viranomaisvalvonnan kohdentamisessa, tilastojen, radonkarttojen ja muiden radonraporttien laatimisessa.

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.*

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 ns. 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 kehittyy koko ajan ja sillä voi olla merkittäviä vaikutusta sisäilman radonpitoisuuksiin.

13.1 Radonpurkkimittaukset

Vuonna 2019 Säteilyturvakeskuksen radonmittauspurkeilla tehtiin lähes 4700 radonmittausta asunnoissa. Useissa Suomen kunnissa 200 Bq/m^3 suuremmat radonpitoisuudet ovat yleisiä (kuva 13.1 ja 13.2). Kansalliseen radontietokantaan vuonna 2019 kirjattujen asuntojen radonpitoisuuksien mediaani oli 111 Bq/m^3 ja yli 20 %:ssa STUKin radonmittauspurkeilla tehdyissä asuntomittauksissa radonpitoisuudet olivat suurempia kuin viitearvo 300 Bq/m^3 . Asuntojen radonpitoisuus oli pienempi kuin 200 Bq/m^3 (uusien rakennusten suunnittelun viitearvo) 68 % mittauksista. Asuntojen radonpitoisuudet olivat hieman edellistä vuotta suurempia (kuva 13.4). Korkeammat radonpitoisuudet voivat olla osoitus siitä, että STUK onnistui välittämään radontietoa ongelmalueille. Radontietokantaan tallennetut tiedot pitoisuuksista yliarvioivat koko Suomen radonpitoisuuksia, sillä tunnetuilla korkeiden radonpitoisuuksien alueilla asuntoja mitataan enemmän kuin muualla. Koko Suomen pientaloasunnoista on mitattu noin 10 %, mutta korkeiden radonpitoisuuksien kunnissa mitattuja asuntoja on yli 20 %.

13.2 Radonviestintä

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

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 radonmättningsverksamheten 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 leverantörer, samlas till den nationella radondatabasen som utnyttjas vid allokering av myndighetstillsynen, framställning av statistik, radonkartor och andra radonrapporter.

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.

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.

13.1 Radonmätning med burk

År 2019 gjordes det nästan 4700 radonmätningar i bostäder med Strålsäkerhetscentralens radondosor. I flera kommuner i Finland är det vanligt med radonhalter över 200 Bq/m^3 (bild 13.1 och 13.2). Medianvärdet för radonhalten i inomhusluften i bostäder som registrerades i den nationella radondatabasen 2019 var 111 Bq/m^3 , och i över 20 procent av mätningarna i bostäder som gjordes med STUKs radondosor överskred radonhalten referensvärdet på 300 Bq/m^3 . I 68 procent av mätningarna underskred radonhalten 200 Bq/m^3 (referensvärde för planeringen av nya bostäder). Radonhalterna i bostäder var något högre än året innan (bild 13.4). Högre radonhalter kan vara ett tecken på att STUK lyckades förmedla radoninformation till problemområden. 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. 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.

13.2 Information om radon

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.

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 radon measurements of the indoor air of housing units and the radon measurement results of all operators offering radon measurements at workplaces are collected into the national radon database, which is utilised in targeting regulatory control, compiling statistics, radon maps and other radon reports.

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).

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.

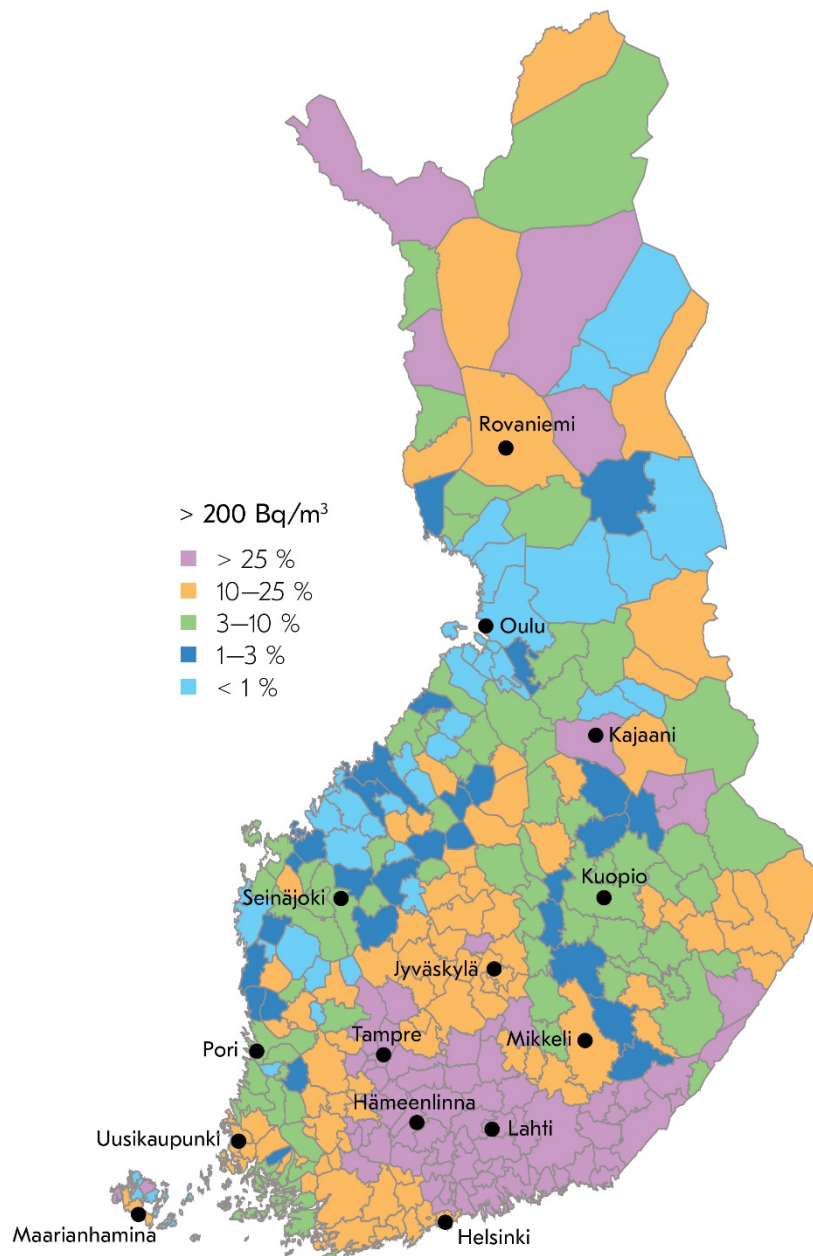
13.1 Measurements with passive radon detectors

In 2019, the Radiation and Nuclear Safety Authority's passive radon detectors were used to perform nearly 4700 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). The median radon concentration of dwellings recorded in the national radon database in 2019 was 111 Bq/m^3 , and in more than 20% of the housing-unit measurements performed with STUK's radon passive radon detectors, radon concentrations were higher than the reference value of 300 Bq/m^3 . In 68% of the measurements, the radon concentration of housing units was under 200 Bq/m^3 (design reference value for new buildings). The radon concentration values of housing units were slightly higher than in the previous year (Figure 13.4). 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 data recorded in the radon database overestimate the radon concentrations of all Finland, because housing units are tested more frequently in areas known for high radon concentration values than elsewhere. Approximately 10% of the detached and semi-detached housing units in entire Finland have been

tested, but the corresponding percentage in municipalities with high radon concentration values is over 20%.

13.2 Radon communications

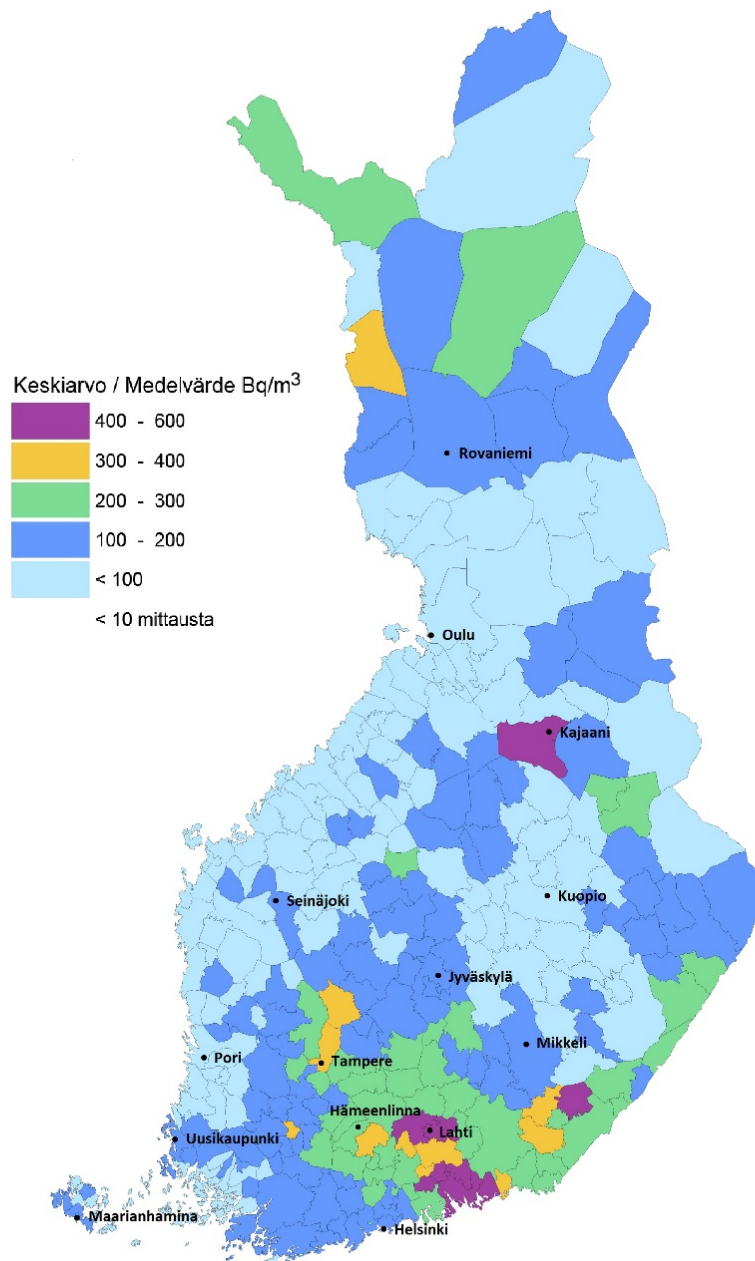
Radon mitigation training for businesses, real estate professionals and authorities was organised at STUK. An online radon mitigation webinar was organised to facilitate the planning of radon mitigation by residents. Further information: www.stuk.fi/aiheet/radon/radonkorjaukset/radonkorjauskoulutuksen-materiaalit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



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

Bild 13.1. Andelen fall där referensvärdet för radonhalten i nya bostäder (200 Bq/m³) överskrids i småhus ordnade efter kommun. Uppgifterna kommer från den nationella radondatabasen.

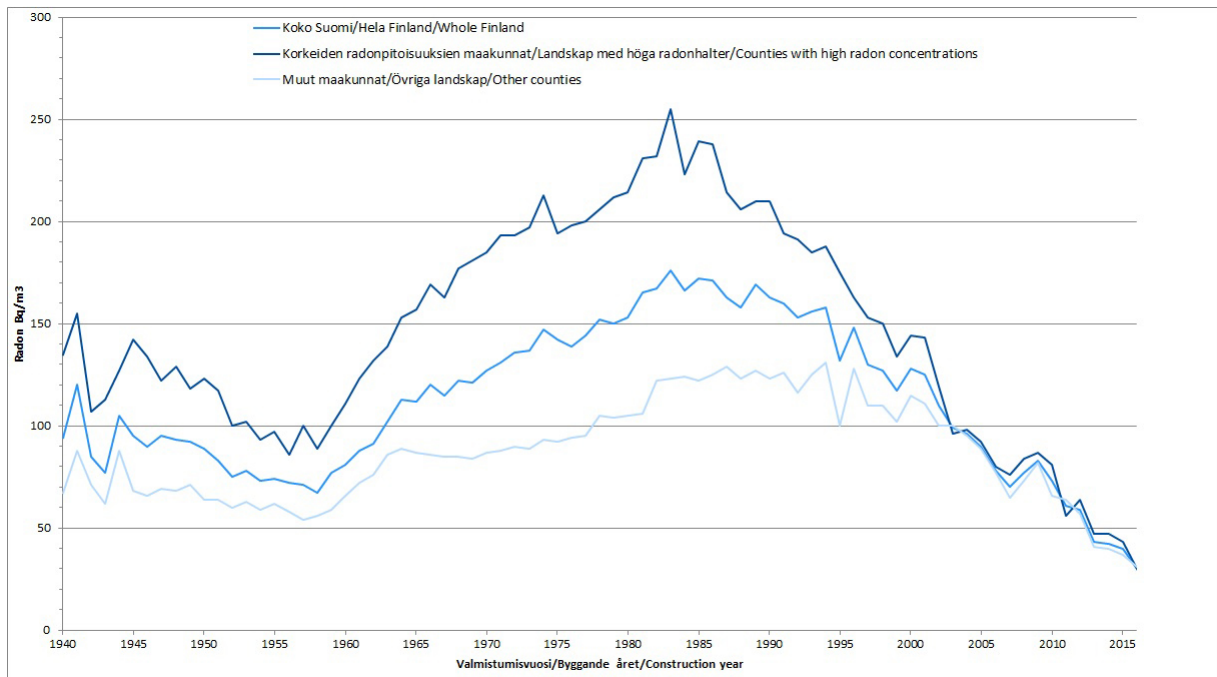
Fig. 13.1. Percentages exceeding the reference level of 200 Bq/m³ set for the design and construction of new buildings in detached and semi-detached dwellings according to national radon database.



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.

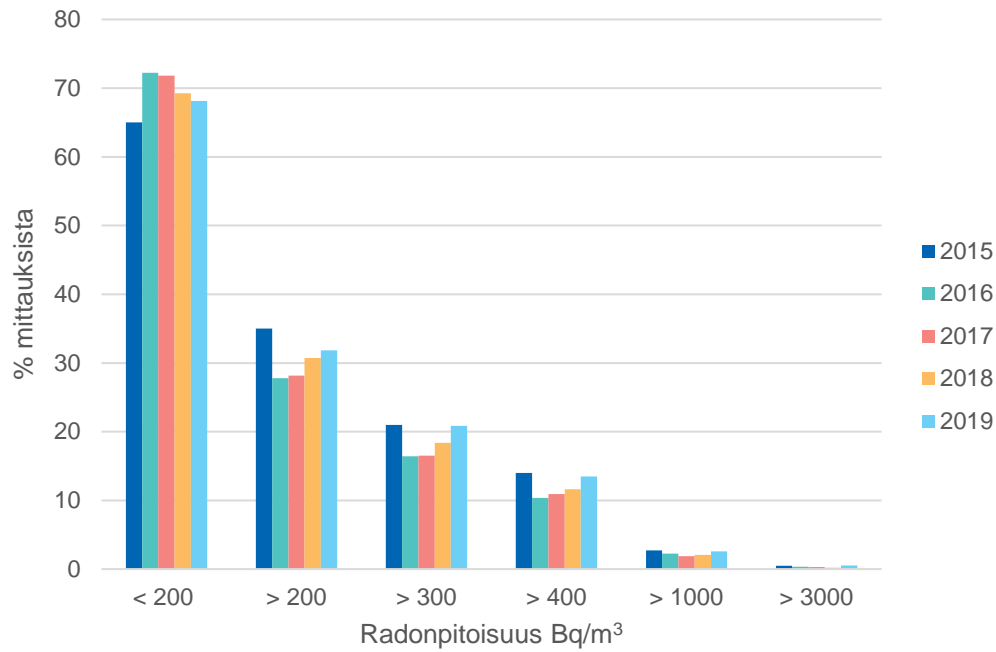
Fig. 13.2. The municipal averages of radon concentrations in detached and semi-detached houses according to the national radon database.



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 ylliedustettuja, 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.



Kuva 13.4. Radonpitoisuuksia STUKin mittauspurkilla tehdyissä asuntomittauksissa vuosina 2015 – 2019.
Bild 13.4. Radonhalter vid mätningar i bostäder med STUKs radondosa 2015 – 2019.
Fig. 13.4. Radon concentrations in housing-unit measurements made with STUK's passive radon detectors in 2015 – 2019.

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)

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 kaasuisissa, 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.