

KESKKONNA IONISEERIVA KIIRGUSE SEIRE 2002 AASTA TULEMUSED

EESSÕNA

Ioniseeriva kiirguse seire (edaspidi kiirgusseire) käigus kogutakse informatsiooni kõigi keskkonnasfääride radioaktiivsuse tasemete kohta, kuid kiirgusseire esmaseks ülesandeks on avastada ja jälgida inimtegevuse poolt esile kutsutud radioaktiivsuse tõusu pannes pearõhu tehnilike radioisotoopide leviku uurimisele. Vastavalt viimasele on kiirgusseire oluliseks väljundiks hoiatava informatsiooni andmine keskkonna radioaktiivse saastumise kohta võimalike suuremastaabiliste kiirgusavariide korral naaberriikides. Keskkonna kiirgusseire tulemused on oluliseks taustinformatsiooniks kiiritustasemeid reguleerivate normatiivide väljatöötamisel ning kasutatavad ka keskkonnateaduslike uuringutes.

Kiirgusseire teostamisel arvestatakse, et radioaktiivseid isotoope sisaldavad ained liiguvad looduskeskkonna eri sfäärides küllalt erinevalt. Näiteks tuumaavariides satub radioaktiivne saaste eelkõige atmosfääri, kus ta viibib küll lühiajaliselt, kuid võib siiski kanduda üle laialdase maa-ala. Hüdroosfääri satub radioaktiivne saaste eelkõige atmosfääri kaudu, kuigi tuumaobjektide vahetus läheduses olevad veekogud võivad saastuda ka otseselt. Radioaktiivsete ainete viibimisaeg hüdroosfääris on oluliselt pikem. Maapind, veekogude põhjasetted ja osa elusloodusest toimivad radioaktiivsete ainete deponeerijatena, kuigi ka seal toimub aeglane migratsioon. Inimesele otseselt mõjuva ioniseeriva kiirguse ohtlikkuse seisukohalt on nimetatud sfäärid samuti erinevad. Kõige kriitilisem (kuigi kõige lühiajalisema mõjuga) on selles aspektis atmosfäär, kuna õhu sissehingamisel satuvad radioaktiivsed saasteained otseselt organismi. Ohtlik on ka inimese toiduahelaga seotud biosfääri ja hüdroosfääri osade saastumine. Seega radioaktiivsete ainete erinev mobiilsus keskkonnasfäärides ja ohtlikkuse määr on olulisteks teguriteks strateegia väljatöötamisel ja meetodite valikul keskkonna kiirgusseire teostamiseks.

Euroopa Liidu maades on keskkonna kiirgusseires rakendatud ühtne metoodika, mis on kirjeldatud Euroopa Komisjoni soovitus 8. juunist 2000. Vastavalt nendele jälgitakse peamiselt kunstlike radioisotoopide ^{137}Cs ja ^{90}Sr sisaldust atmosfääris, pinna- ja joogivees, toiduainetest piimas ning üldise taustinfo saamiseks inimtoidu keskmises päevaratsioonis. Arvestades Eesti tõenäolist liitumist EL-iga järgitakse ka Kiirguskeskuse poolt teostatavas keskkonna kiirgusseire programmis nimetatud soovitusi. Kuna Eesti osaleb Läänemere Keskkonnakaitsekomisjoni (HELCOM) mereseire programmis, siis on kiirgusseiresse lülitatud ka merekeskkonna jälgimine.

Kiirguskeskuse partneriks oli atmosfääriseire võrgu tehnilisel teenindamisel Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut, piimaproovide võtmisel Veterinaar- ja Toiduamet ja merekeskkonna proovide võtmisel FIE Mart Saarso. Kõik radiomeetrilised analüüsid on teostatud Kiirguskeskuse laboratooriumis. Aastaruande valmimisele andsid olulist abi Kiirguskeskuse töötajad Iige Maalmann ja Toomas Kööp.

KOKKUVÕTE

Keskkonna kiirgusseire programmi raames jälgiti summaarse gammakiirguse doosikiirust, õhukandeliste osakeste ja aerosoolide radioaktiivsust ning kunstlike radioaktiivsete isotoopide sisaldust pinna- ja joogivees, piimas, päevases toiduratsioonis ja merekeskkonna proovides Soome lahe piires.

Gammakiirguse doosikiirust jälgiti võimaliku radioaktiivse saastumise kiireks avastamiseks ööpäevaringselt automaatjaamade abil 10 vaatlusjaamas. Automaatjaamade võrgu poolt saadud tulemused on kättesaadavad Kiirguskeskuse interneti koduleheküljel (www.envir.ee/kiirgus/). Doosikiiruse väärtused olid kõrgemad Kirde-Eestis (aasta keskmine üle vaatlusvõrgu oli 84 nSv/h ning Narva-Jõesuus ja Kundas 99 nSv/h), mis on tingitud sealse ala geoloogilisest ehitusest. Gammakiirguse kõrgendatud väärtused üksikutel päevadel teistes jaamades on põhjustatud sademete poolt atmosfäärist välja pestud looduslikest radioisotoopidest. Gammakiirgus pärineb valdavalt looduslikest radioisotoopidest. Kunstlike radioisotoopide tekitatud doosikomponent jäi arvutusvigade piirimaile ja moodustas vähem kui 10% summaarsest doosikiirusest. Varase hoiatamise süsteemis ette antud alarmi taset (300 nSv/h) ületavaid väärtusi ei fikseeritud üheski jaamas.

Õhukandeliste osakeste radioaktiivsust mõõdeti Narva-Jõesuus, Harkus ning Tõraveres. Üldistatult võib Narva-Jõesuu filtrite põhjal järeldada, et selle piirkonna õhus oli ^{137}Cs eriaktiivsus aasta keskmisena $5,5 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$. See väärtus on natuke suurem viimaste aastate tasemest ja on ilmselt põhjustatud 2002. aasta suvel toimunud ulatuslikest metsatulekahjudest. ^{137}Cs sisaldus Harku piirkonna õhus oli $2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$, mis on samal tasemel eelmiste aastate tulemustega. Atmosfääri kiirgusseire tulemused kinnitavad, et Eestit ümbritsevates tuumaelektrijaamades pole toimunud olulist radioisotoopide pihkumist. Väga väikene ^{137}Cs sisaldus õhus on tingitud peamiselt atmosfääri globaalsest saastumisest, kuid Kirde-Eestis kevad-suvisel ajal teatud määral ka Tsernobõli katastroofist pärinevast maapinnale sadestunud radioaktiivsest saastest.

Pinnavete seireks valiti Narva ja Pärnu jõgi kui suurima voluhulgaga Balti merre suubuvad jõed. Keskmine ^{137}Cs sisaldus jõgede vetes on $2,5 \text{ Bq/m}^3$, mis on suurusjärg madalam Balti mere vee pindmise kihi keskmisest tasemest.

^{137}Cs eriaktiivsus oli joogivee kõigis uuritud proovides allpool määramistundlikkuse taset, mis on umbes tuhat korda väiksem EL Joogiveedirektiiviga määratletud jälgimistasemest.

Eestis toodetud piimas on praegusel ajal kunstlike radioisotoopide aktiivsuskontsentratsioon väga madal ning nad tekitavad inimestes ainult tühise oodatava kiirgusdoosi, mille maksimumväärtus väikelapsel võib ulatuda 0,004 mSv aastas. Analoogiline on olukord ka inimese keskmise päevase toiduratsiooniga, millise tarbimisel aasta vältel saadakse oodatav kiirgusdoos alla 0,001 mSv.

Merekeskkonna seires jälgiti kunstlike radioisotoopide aktiivsuskontsentratsiooni HELCOM-i mereseire programmi raames Eestile määratud statsioonarsetes jaamades. 2002. aasta andmete järgi on pindmises merevees ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsiooni lääne-idasuunaline erinevus võrreldes eelnevate aastatega vähenenud. Vastavad ^{137}Cs väärtused on vahemikus 41 Bq/m^3 (lahe lääneosas) kuni 34 Bq/m^3 (Narva lahes). ^{137}Cs sisaldus kalades ja põisadrus on viimase viie aasta jooksul aeglaselt vähenenud, langedes 2002. aastal tasemetele vastavalt $9,5 \text{ Bq/kg}$ ja 22 Bq/kg (põisadru puhul kuivkaalu kohta). Soome lahest püütud räime aastasel tarbimisel ei ületaks saadav oodatav

kiirgusdoos 0,022 mSv.

SUMMARY

In the framework of the programme for monitoring of environmental ionizing radiation the total gammadose rate, radioactivity of airborne particles and aerosols and content of artificial radioisotopes in the river and drinking water, in the milk produced in Estonia, in the total diet and in the marine samples from the Gulf of Finland were surveyed.

The total gammadose rate was observed on-line in 10 monitoring stations by means of automatic equipment. The data measured by this network are demonstrated in the webpage of the Estonian Radiation Protection Centre (www.envir.ee/kiirgus). In NE of Estonia, at Narva-Jõesuu and Kunda the gammadose rate (99 nSv/h) was higher to some extent in comparison with the annual average for the network (84 nSv/h) due to the enhanced radioactivity of the bedrock layers in this area. The increased values of gammaradiation in the other monitoring stations have caused by natural radioisotopes scavenged down from atmosphere. According to the gamma spectra evaluated the total gammadose is mainly caused by natural radioisotopes. The value of the dose components corresponding to artificial isotopes remains close to the errors of calculations and was less than 10% of the total gammadose rate. No gammadose rate values above the alarm level for the early warning system (300 nSv/h) were detected in any station.

In 2002 the radioactivity of airborne particles and aerosols was measured at Harku, Narva-Jõesuu and Tõravere. At Narva-Jõesuu the mean atmospheric activity of ^{137}Cs was $5.5 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$. This value is higher than ones of last few years due to the large-scale forest fires in the late summer of 2002. At Harku the mean activity of ^{137}Cs was $2.4 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$ which is similar to the values of recent years. Other artificial radioisotopes indicating a substantial release of radioactive material from a nuclear power plant have not been detected. The trivial concentration of ^{137}Cs in the atmosphere is caused by the global fallout, however, in the eastern part of country the peak activity values in late summer were caused by the Tshernobyl contamination resuspended to the atmosphere.

The ^{137}Cs content in water of the Narva and Pärnu river was monitored. In case of both rivers, the content was the same and constant through the year with the mean value of 2.5 Bq/m^3 which is less by the order of magnitude of the corresponding value for surface water of the Gulf of Finland.

The ^{137}Cs activity concentration in drinking water in Tallinn and Tartu is below the detection level of analytical method, i.e. less than 4.5 Bq/m^3 .

In the milk produced in Estonia the ^{137}Cs content is very low but still detectable in most cases. The values obtained varied between 0.17 and 0.52 Bq/l. At the maximum ^{137}Cs content the committed dose for infant due to the annual use of milk does not exceed 0.004 mSv. The concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the daily diet is also very low, the mean daily intake is 0.19 and 0.05 Bq, correspondingly. The committed dose from the intake by food is around 0.001 mSv.

Samples from marine environment were taken in monitoring stations scheduled for Estonia in the frame of HELCOM MORS programme. The activity of ^{137}Cs in the surface water of Gulf of Finland decreased from the value of 41 Bq/m^3 in the Baltic Proper down to 34 Bq/m^3 in the Narva Bay. The ^{137}Cs content in fishes (*Baltic herring*) and aquatic plants (*Fucus vesiculosus*) has decreased slowly during the last five years reaching in 2002 the values of 9.5 and 22 Bq/kg, correspondingly. The committed dose received by inhabitants due to the annual use of such fish for food will be around 0.022 mSv.

ATMOSFÄÄRI KIIRGUSSEIRE

Atmosfääri seiret teostatakse teistest riikidest lähtuva võimaliku radioaktiivse saastumise varaseks avastamiseks, mis võimaldab õigeaegselt vastu võtta otsuseid vastuabinõude kohta. Sellest lähtuvalt pandi seirevõrgu rajamisel rõhk operatiivsusele ja arvestati vajadusega haarata seire alla eelkõige Eesti piirialad ning suuremate linnade ümbrus. Kiirguskeskuse seirealases tegevuses on see suund kõige olulisema tähtsusega, kuna peale rahvusvahelise eelhoiatuse on see ainuke kiire moodus varakult avastada Eesti kohale kanduvat radioaktiivset saastet.

Rahvusvahelise praktika järgi toimub tegevus kahes suunas:

- automaatjaamadega jälgitakse reaal-ajas avatud maastikul atmosfääri gammakiirguse doosikiirust;
- e radioaktiivsete isotoopide sisaldust jälgitaks nii õhu tahketes osakestes ja aerosoolides kui ka gaasilistes komponentides analüüsides õhu filtreerimise teel saadud proove.

Võimaliku radioaktiivse saaste leviku varajases hoiatussüsteemis need kaks suunda täiendavad teineteist. Pidevalt töötavad automaatjaamad reageerivad operatiivselt õhu radioaktiivsuse tõusule, mis võib näiteks juhtuda lähedal toimuvate tuumaõnnetuste korral ja mida iseloomustab sündmuste kiire dünaamika. Saadav informatsioon on aluseks elanikkonna teavitamisele kiirgusohust ja kiirguskaitsealaste kiireloomuliste meetmete rakendamisele. Kaugemal toimuvate tuumaõnnetuste puhul saaste hajub atmosfääris ja jõuab meie territooriumi kohale teatud viivitusega, andes seega ajalise reservi õhuproovide kogumiseks ja filtrite gamma-spektromeetriliseks analüüsiks. Õhuproovide mõõtmisega on võimalik identifitseerida kunstlike radioaktiivsete isotoopide väga väikest (suurusjärgus $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) kontsentratsiooni tõusu õhus. Filtrite mõõtetulemusi saab kasutada Eesti territooriumi radioaktiivse saastumise pikajalise prognoosi koostamiseks, mis on aluseks eelkõige inimese toiduahelale suunatud kiirguskaitsemeetmete väljatöötamisele.

Väline gammakiirgus

Atmosfäärist ja mõõtejaama lähiümbruse maapinnast lähtuvat gammakiirgust jälgiti automaatanduritega reaal-ajas, kusjuures mõõdeti nii summaarset doosikiirust kui ka erinevate radioisotoopide gruppide poolt tekitatud doosikiiruse komponente.

Seirevõrk koosnes 2002. aastal 10 automaatjaamast, mis on võimelised mõõtetulemusi esialgselt analüüsima ja alarminfot avaliku telefonivõrgu kaudu iseseisvalt edastama. Mõõteandmete ülekandmine andmekogusse toimub Kiirguskeskuses asuva päringuserveri abil normaalolukorras üks kord ööpäevas, kuid saastumise ilmnemisel vastavalt vajadusele tihedamini. Seirevõrgu kirjeldus on toodud tabelis 1.

Kolmes jaamas - Narva-Jõesuus, Võrus ja Sõrves - toimus γ -kiirguse jälgimine reaal-ajas telefonivõrku ühendatud allsüsteemi AAM-95 SYSTEM abil. Nimetatud süsteemis mõõdetakse ainult summaarse gammakiirguse doosikiirust GM detektoritega. Mõõtmistel saadakse integreeritud doosikiirused 15- ja 60-minutiliste perioodide kohta.

Tabel 1. Atmosfääri kiirgusseire vaatlusvõrk: määratavad parameetrid ning jaamade koordinaadid

Nr.	Vaatlusjaam	γ -kiirguse doosikiiruse	Õhuosakesed ja Aerosoolid	Koordinaadid	
				Põhjalaius	Idapikkus
1.	Harku		F	59 23 50	24 35 58
2.	Kunda	A		59 31 05	26 32 44
3.	Kärdla	A		58 59 38	22 49 19
4.	Mustvee	A		58 51 55	26 57 09
5.	Narva-Jõesuu	A	F	59 27 46	28 02 45
6.	Pärnu	A		58 22 53	24 30 00
7.	Sõrve	A		57 54 45	22 03 25
8.	Tallinn	A		59 26 55	22 43 00
9.	Tõravere		F	58 15 53	26 27 42
10.	Türi	A		58 48 34	25 24 35
11.	Valga	A		57 47 18	26 02 00
12.	Võru	A		57 50 43	27 01 10

A - γ -kiirguse doosikiiruse mõõtmise reaalajas,

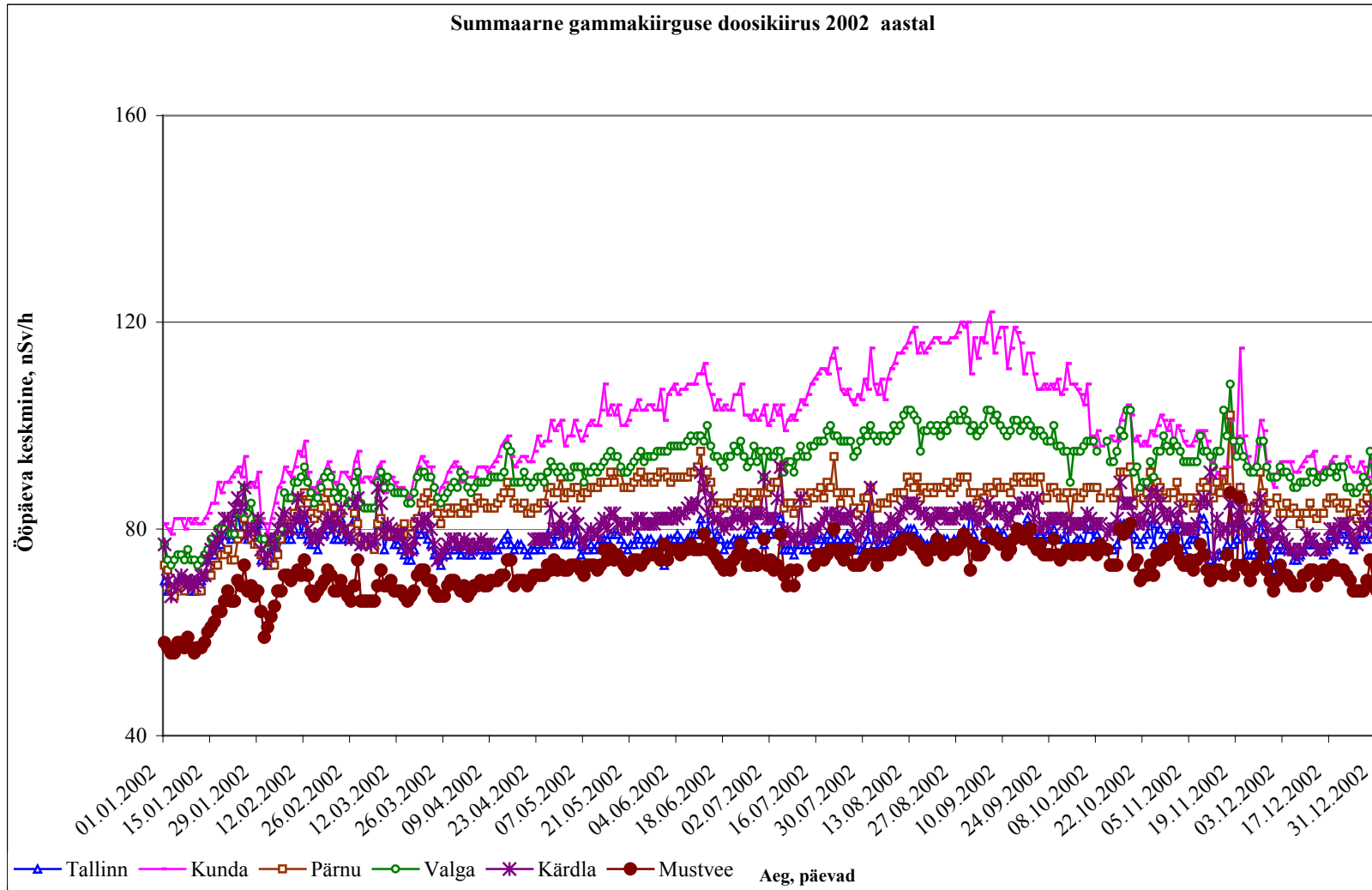
F - õhuosakeste ja aerosoolide kogumine filterseadmete abil.

Kunda, Tiirikoja, Valga, Kärdla, Pärnu, Türi ja Tallinna (Kopli) jaamades on rakendatud uue põlvkonna gammakiirguse mõõtmise PMS tüüpi automaatjaamad. PMS tüüpi jaamades kasutatakse kahte tüüpi detektoreid, milledest üks mõõdab summaarse γ -kiirguse doosikiirust ning teine, NaI(Tl) kristallil baseeruv detektor, γ -kiirgust spektraalsel kujul. Viimane võimaldab identifitseerida üksikuid isotoope ja arvutada erinevaid doosikomponente. PMS jaam registreerib summaarse doosikiiruse väärtuse nii 10-minutilise kui ka ühetunnise intervalli kohta.

Automaatjaamade poolt genereeritud alarmteadete edastamiseks on rakendatud operatiivne infosüsteem, mis tagab Päästeameti, Keskkonnaministeeriumi ja Kiirguskeskuse töötajate kohese teavitamise ja võimaldab spetsialistidel juba 10-15 min jooksul alustada olukorra analüüsiga.

Üldistatud tulemuste näitena gammakiirguse summaarse doosikiiruse kohta 2002 aastal on joonisel 1 toodud andmed 6 vaatlusjaamast. Jooksvalt esitatakse automaatjaamade poolt saadud tulemused EKK interneti koduleheküljel aadressiga www.envir.ee/kiirgus/. Jaamade asukohad on toodud Eesti kaardil aktiivsete ikoonidena, jälgitav on ka andmete pikaajaline arhiiv.

Doosikiiruse väärtused olid ootuspäraselt kõige kõrgemad Kirde-Eestis (aasta keskmine üle vaatlusvõrgu oli 84 nSv/h ning Narva-Jõesuus ja Kundas 99 nSv/h), mis on tingitud piirkonna geoloogilisest ehitusest. Kundas ja Valgas suve teisel poolel toimunud üldise gammakiirguse taseme tõusu põhjus pole üheselt selge. Teatud osa selles on metsatulekahjudes atmosfääri paisatud maapinnale deponeerunud radioaktiivses saastes, millele viitavad õhufiltrite andmed ¹³⁷Cs kohta. Kõrgendatud väärtused üksikutel päevadel on põhjustatud sademete poolt atmosfäärist välja pestud peamiselt looduslikest radioisotoopidest. Doosikiiruse miinimum talvisel ajal sõltub lumikatte paksusest ja kestvusest antud piirkonnas.



Gammakiirguse doos on PMS tüüpi jaamade andmetel põhjustatud valdavalt looduslikest radioisotoopidest. Kunstlike radioisotoopide tekitatud doosikomponent jäi spektri töötlemise arvutusvigade piirimaile ja moodustas vähem kui 10% summaarsest doosikiirusest. Varase hoiatamise süsteemis ette antud alarmi taset (0,3 $\mu\text{Sv/h}$) ületavaid väärtusi ei fikseeritud üheski jaamas.

Õhukandeline radioaktiivsus

Selle tegevussuuna eesmärgiks on täpselt identifitseerida kunstlikke radioaktiivseid isotoope ning määrata nende minimaalseid sisaldusi õhus. Võrreldes tasemetega, millele reageerivad doosikiirust mõõtvad automaatjaamad, võimaldab suurte õhukoguste filtreerimine ja filtrite gamma-spektromeetriline analüüs avastada õhus kaks kuni kolm suurusjärku väiksemaid aktiivsuskontsentratsioone.

Selle seireliigi raames jälgiti radioaktiivsete isotoopide sisaldust nii õhuga kanduvates tahketes osakestes ja aerosoolides kui ka atmosfääri inertgaasides ja gaasilises joodis.

Proovide kogumist viidi aastaringselt läbi kolmes vaatlusjaamas (vt. Tabel 1):

- Narva-Jõesuus, kus on kasutusel suure võimsusega (900 m³ õhku tunnis) filterseade *Snow White*, mis on varustatud kahte tüüpi filtriga: klaas-fiiber filter osakeste ja aerosoolide kogumiseks ning aktiivsöefilter inertgaaside ja gaasilise joodi kogumiseks;

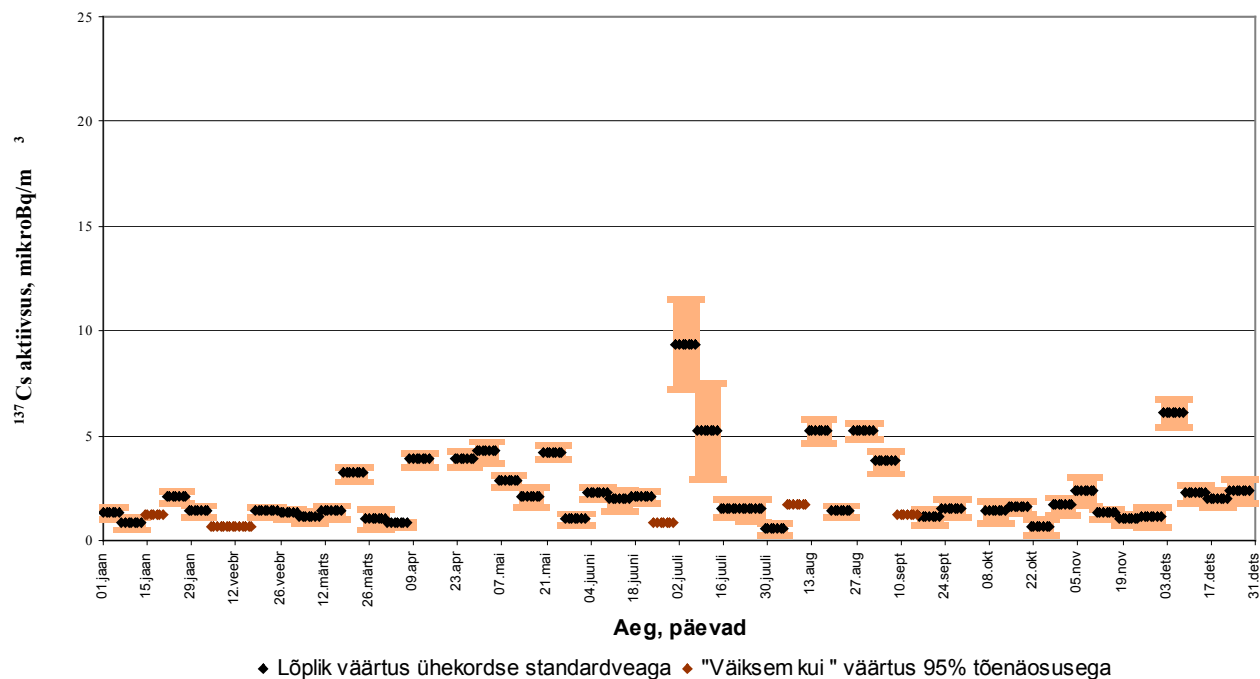
- Tõraveres, kus rakendati väiksema võimsusega (150 m³ õhku tunnis) *The Hunter* tüüpi filterseadet, mis kasutab samuti nii klaasfiiber- kui ka aktiivsöefiltrit;

- Harkus võeti proove õhu pumpamise teel läbi FPP tüüpi filtri (~2000 m³ õhku tunnis), mis võimaldab filtreerida põhiliselt õhuosakesi ning väiksema saagisega ka aerosoole;

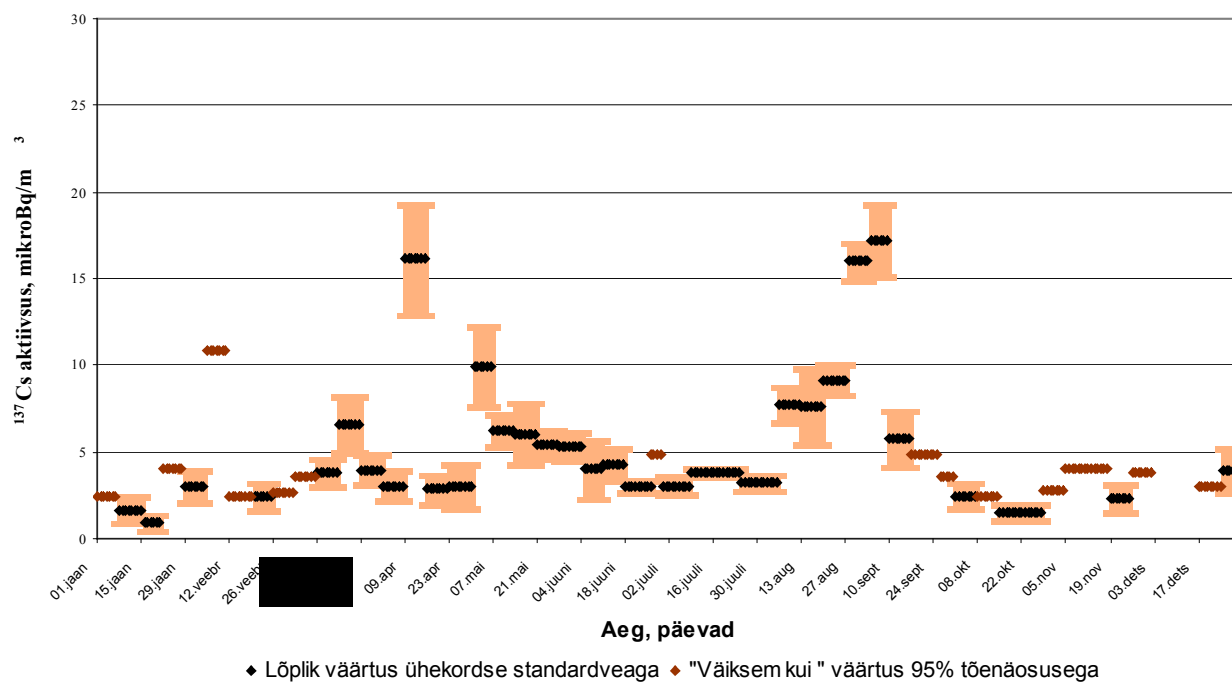
Klaasfiiber- ja FPP tüüpi filtrite ekspositsiooniaeg oli üks nädal ning aktiivsöe filtritel üks kuu. Indikaatorisotoopide kontsentratsiooni olulisel tõusul eksponeeritakse filtreid aga lühemat aega ja teostatakse nende operatiivne analüüs.

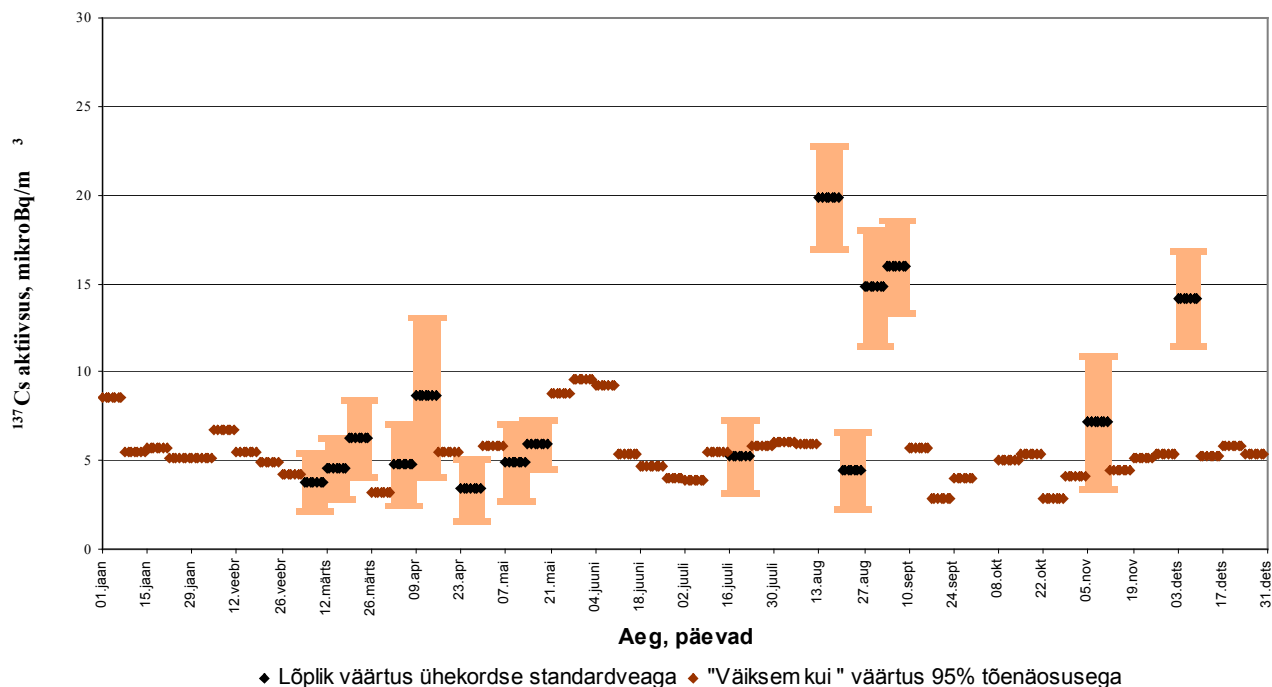
Praegusel ajal on atmosfääri radioaktiivsus väga madal ning kasutatav seiremeetod võimaldab filtritel usaldusväärselt mõõta ainult loodusliku kosmogeense isotoobi ⁷Be ja kunstliku isotoobi ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsiooni. Radioaktiivset saastumist väljendavate teiste võimalike indikaatorisotoopide (⁶⁰Co, ^{103,106}Ru jt.) ja looduslike terestriiliste radioisotoopide sisaldus oli väiksem meetodi tundlikkuse lävest. ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioonid 2002. aastal on toodud joonistel 2-4.

¹³⁷Cs aktiivsus õhus Harkus 2002 aastal



¹³⁷Cs aktiivsus õhus Narva-Jõesuus 2002 aastal



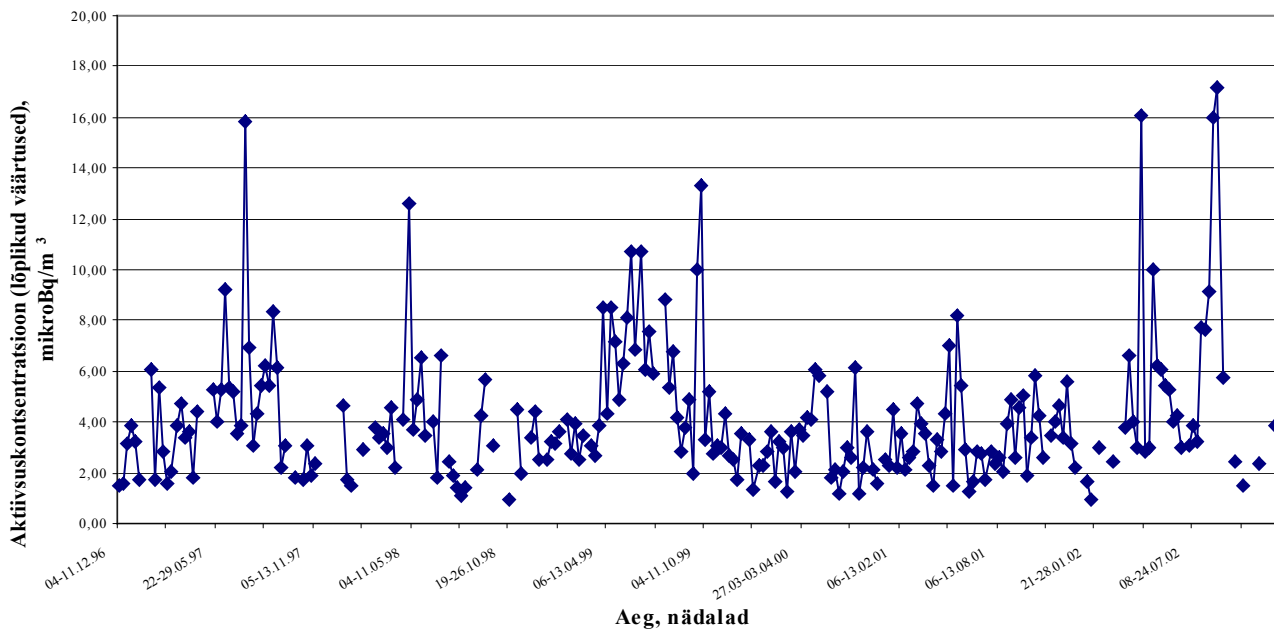
^{137}Cs aktiivsus õhus Tõraveres 2002 aastal

Kokkuvõtvalt võib Narva-Jõesuu filtrite põhjal järeldada, et selle piirkonna õhus oli ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon aasta keskmisena $5,5 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$. See väärtus on natuke suurem viimaste aastate tasemest ja on ilmselt põhjustatud 2002. aasta suvel toimunud ulatuslikest metsatulekahjudest. ^{137}Cs sisaldus Harku piirkonna õhus oli $2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$, mis on samal tasemel eelmiste aastate tulemustega. Sellise õhu sissehingamisel saadav oodatav kiirgusdoos on marginaalse suurusega jäädes alla taset 1 nSv aastas.

Tõravere filtritel ületas ^{137}Cs sisaldus meetodi tundlikkuse piiri ainult vähestel kordadel. See on tingitud asjaolust, et Tõravere filterseadme pumpamisvõimsus on 6 korda väiksem kui Narva-Jõesuus. Jooniselt 4 järeldub, et Tõravere õhus ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon ei ületanud taset $30 \mu\text{Bq/m}^3$, mis on kolm suurusjärku madalam EL Komisjoni poolt soovitatud informeerimistasemest.

Atmosfääriosakeste seire tulemused kinnitavad, et Eestit ümbritsevates tuumaelektrijaamades pole toimunud olulist radioisotoopide pihkumist. Väga väikene ^{137}Cs sisaldus õhus on tingitud peamiselt atmosfääri globaalsest saastumisest. Kirde-Eestis võib siiski teatud ^{137}Cs sisalduse tõusu kevad-suvisel ajal põhjustada ka Tšernobõli katastroofist pärineva maapinnale sadestunud radioaktiivse saaste kandumine atmosfääri tuulte mõjul. Tuumaelektrijaamadest võimalike avariide käigus pihkuvate radioaktiivse joodi ja inertgaaside radioaktiivsete isotoopide sisaldus atmosfääris on praegusel ajal väga väike ning Eesti seirejaamades neid pole detekteeritud.

Mitmeaastane andmerida Narva-Jõesuu kohta on esitatud joonisel 5. Üldise seaduspärasusena võib täheldada ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsiooni tõusu suvekuudel, mis on seletatav maapinnale sadestunud radionukliidide kandumisega tuulte mõjul aga ka metsa- ja rabatulekahjude käigus atmosfääri.

¹³⁷Cs Narva-Jõesuu õhus aastatel 1997-2002

PINNAVETE KIIRGUSSEIRE

Jõgede vee radioaktiivsuse jälgimine võimaldab hinnata maismaalt merre kantavate radioaktiivsete ainete koguhulka. Ka siin pakuvad peamist huvi kunstlikud isotoobid, millede merekeskkonda koormav koguaktiivsus sõltub jõgede valgalade radioaktiivse saastumise tasemest ja merre kantavast veehulgast. Veeproove võeti Balti merre suubuvatest suurima vooluhulgaga Narva ja Pärnu jõest. Neist esimese vesi iseloomustab väga ulatuslikku valgala, kuhu jäävad ka Eesti ning Loode-Venemaa Tšernobõli tuumakatastroofi käigus enim saastunud alad. Pärnu jõe valgalal on deponeerunud põhiliselt globaalsest atmosfäärisaastumisest pärinevad radioisotoobid. Seirejaamad on valitud selliselt, et proovides oleks välistatud merevee mõju (tabel 2).

Tulemustest järeldub, et ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon on ühesugune ja aasta jooksul muutumatu mõlema jõe vees. Arvestades keskmisi aastasi vooluhulki, kantakse nende poolt merre vastavalt 25 ja 5 GBq ¹³⁷Cs aastas. Soome lahes on ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon viimastel aastatel 30-50 Bq/m³, Mis ületab kümnekordselt vastavaid väärtusi Narva ja Pärnu jõe vees.

Tabel 2. Kunstliku radioisotoobi ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioonid Pärnu ja Narva jõe vees

Jõgi	Seirejaama koordinaadid		Proovivõtu kuupäev	Analüüsitud proovi kogus, liitrid	¹³⁷ Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/m ³)
	Põhjalaius	Idapikkus			
Narva	59 23 19	28 12 48	24.04.02	40,8	<3,7
			28.08.02	32,0	2,56±1,19*
Pärnu	58 27 49	24 46 21	05.04.02	28,3	2,39±1,29
			17.10.02	32	2,77±1,22

* määramatusvahemik väljendab gamma-spektromeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist standardhälvet

JOOGIVEE, PIIMA JA PÄEVASE TOIDURATSIOONI SEIRE

Joogivee ja toidu seire võimaldab hinnata inimeste poolt sisse võetud radionukliidide hulka ja sellest tingitud oodatavat kiirgusdoosi. Joogivee kiirgusseire raames jälgiti ainult kunstliku radioisotoobi ^{137}Cs sisaldust. Triitiumi sisaldus meie looduslikes vetes ja seega ka joogivees on väga madal ning kiirguskaitse seisukohalt tähtsusetu, mistõttu teda ei jälgitud. Samuti ei jälgitud antud kiirgusseire programmis Kambrium-Vendi põhjavees sisalduvaid looduslikke radioisotoope. Piimas ja toiduratsioonis määrati kunstlike radioisotoopide ^{137}Cs ja ^{90}Sr sisaldused.

Joogivee proovides oli ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon allpool määramistundlikkuse taset (vt. Tabel 3). Võrdluseks võib nimetada, et määramistundlikkusele vastav ^{137}Cs sisaldus on umbes tuhat korda väiksem jälgimistasemest, mille puhul Maailma Tervishoiuorganisatsiooni arvutusmetoodika järgi joogiveest saadav oodatav kiirgusdoos (0,1 mSv aastas) kujutaks reaalselt ohtu inimeste tervisele.

Tabel 3. Joogivee analüüside tulemused

Proovi nimetus	Proovivõtu kuupäev	Analüüsitud proovi kogus (l)	^{137}Cs (Bq/m^3)
AS Tallinna Vesi, Ülemiste Vee-puhastusjaamast väljastatav joogivesi	17.04.02	20,8	<4,49*
AS Tartu Vesi, kvaternaari veekihi proov (Meltsiveski veehaarde puurkaevude segu)	27.03.02	52,2	<1,67
AS Tartu Vesi, kvaternaari veekihi proov (Meltsiveski veehaarde puurkaevude segu)	25.10.02	34	<2,26

* väljendab "väiksem kui" väärtust 95% tõenäosusega

Piimaproovid koguti kuude keskmiste proovidenä, mis iseloomustavad Harjumaa, Ida-Virumaa, Saaremaa ja Põlvamaa piires toodetud piima. Kuude keskmised proovid ühendati vastava kvartali keskmiseks prooviks, mida ka tegelikult analüüsiti. Andmed piima radioaktiivsuse kohta on toodud tabelis 4.

Andmetest järeldub, et praegusel ajal on Eestis toodetud piimas kunstlike radioisotoopide aktiivsuskontsentratsioon väga madal ning nad tekitavad inimestes ainult tühise kiirgusdoosi. Näiteks saab väikelaps, kes tarvitab aastas 180 l lehmapiima, nimetatud isotoopide sissevõetust summaarse aastase oodatava kiirgusdoosi 0,004 mSv. See moodustab ainult ühe tuhandiku aastasest looduslikust kiirgusdoosist. ^{137}Cs ja ^{90}Sr sisalduse jälgimine piimas on väga vajalik radioloogilise hädaohu korral, et hinnata elanike radioaktiivsest saastumisest põhjustatud kiirgusdoose, kuna need isotoobid migreeruvad väga kiiresti saastunud maapinnalt läbi loomade toiduahela toiduainetesse.

Tabel 4. Eestis toodetud piimas sisalduvate kunstlike radioisotoopide aktiivsuskontsentratsioonid

Proovi esinduspiir-	I kvartal		II kvartal		III kvartal		IV kvartal	
	¹³⁷ Cs, Bq/l	⁹⁰ Sr, Bq/l	¹³⁷ Cs, Bq/l	⁹⁰ Sr, Bq/l	¹³⁷ Cs, Bq/l	⁹⁰ Sr, Bq/l	¹³⁷ Cs, Bq/l	⁹⁰ Sr, Bq/l
Harjumaa	0,20±0,04*	<0,029**	0,52±0,10	<0,016	0,49±0,08	<0,02	0,17±0,05	<0,027
Ida-Virumaa	0,37±0,10	<0,028	0,51±0,08	<0,012	0,52±0,07	<0,012	0,28±0,09	<0,018
Saaremaa	0,34±0,08	<0,027	0,32±0,08	<0,016	<0,17	0,024±0,009	0,25±0,05	<0,023
Põlvamaa	0,18±0,06	<0,031	0,17±0,04	0,019±0,006	<0,13	0,039±0,013	<0,18	0,055±0,017

* määramatusvahemik väljendab gamma-spektromeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist standardhälvet

** väljendab “väiksem kui” väärtust 95% tõenäosusega

Inimese päevase toiduratsiooni proov võeti Lääne-Tallinna Keskaigla Pelgulinna korpuse köögist koguses, mis katab statsionaaris oleva haige päevase toidu koguse. Toiduratsiooni proov ei sisaldanud jooke.

Määrangu järgi sisaldab päevane toiduratsioon ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr vastavalt 0,185±0,10 ja 0,047 ±0,015 Bq. Selline sissevõtt aasta jooksul tekitab täiskasvanud inimesel vähem kui 0,001 mSv suuruse oodatava kiirgusdoosi.

Uuritud proov esindab Eesti elanike keskmist toidu tarbimist ja arvatud oodatav kiirgusdoos väljendab seega toiduga saadavat keskmist sisekiiritust. Juhul, kui lisaks tavatoiduainetele tarbitakse loodusest korjatud marju ja seeni, võib sissevõttust tingitud kiirgusdoos olla ülaltoodust märgatavalt suurem, jäädes siiski mitu suurusjärku allapoole olulist terviseriski põhjustavat taset.

MEREKESKKONNA KIIRGUSSEIRE

Merekeskkonna seires jälgiti kunstlike radioisotoopide aktiivsuskontsentratsiooni HELCOM mereseire programmi raames Eestile määratud statsionaarsetes jaamades, millede koordinaadid aga samuti kogutud proovide tüübid ja analüüsitulemused on toodud tabelis 5.

Tabel 5. Merekeskkonna seire vaatlusjaamade võrk

Proovi tüüp	Vaatlusjaam	Koordinaadid		¹³⁷ Cs aktiivsuskontsentratsioon
		Põhjalaius	Idapikkus	
Merevesi pinnalt	N8	59 29 36	27 59 00	34±3* Bq/m ³
	EE17	59 43 00	25 01 00	34±4 “
	PE	59 22 48	24 09 18	38±3 “
	PW	59 20 30	24 02 00	41±3 “
	EE22	59 26 00	23 09 00	41±5 “
	BY 28	59 02 00	21 05 00	55±4 “
Kalad (räim)	Narva laht	59 28 00	27 45 00	8,0±0,8 Bq/kg (märgkaal)
	Lahepera laht	59 22 00	24 10 00	9,4±1,0 “
Meretaimed (põisadru)	Narva laht	59 28 00	27 45 00	18,2±2,6 Bq/kg (kuivkaal)
	Lahepera laht	59 22 00	24 10 00	22,3±2,9 “

*määramatusvahemik väljendab gamma-spektromeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist standardhälvet

Merevee radioaktiivsuse kohta Eesti seirejaamades on andmeid alates 1997. aastast (joonis 6).

Nendele ja naaberriikide andmetele toetudes saab väita, et viimastel aastatel on Soome lahe idaosas (Narva lahes) ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon stabiliseerunud, kuid lahe lääneosas toimub siiski selle mõningane vähenemine. Üldise seaduspärasusena aastate lõikes võib välja tuua ^{137}Cs sisalduse vähenemise Soome lahe piires läänest itta. 2002. aasta andmete järgi on lääne-idasuunaline erinevus siiski vähenenud, vastavalt väärtustele 41 Bq/m^3 lahe lääneosas kuni 34 Bq/m^3 Narva lahes.

^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon kalades ja põisadrus on viimase viie aasta jooksul aeglaselt vähenenud. Võrdluseks 2002. aastaga olgu toodud, et ^{137}Cs sisaldus räimedes oli 1997. aastal keskmiselt 12 Bq/kg märgkaalus ning põisadrus 24 Bq/kg kuivkaalus. Kuna räim on eestlastele väga oluline toidukala, siis pakub huvi, kui suure kiirgusdoosi võivad inimesed tema tarbimisest saada. Võttes aluseks väga äärmusliku toitumisharjumuse, kui inimene tarbib iga päev $0,5 \text{ kg}$ Soome lahest pütud räime (fileena), saab välja arvutada, et 2002. aastal saadud oodatav kiirgusdoos on $0,022 \text{ mSv}$.

Joonis 6

