

KESKKONNA IONISEERIVA KIIRGUSE SEIRE

2004. 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 tehislise radioisotoopide leviku uurimisele. Vastavalt viimasele on kiirgusseire oluliseks väljundiks hoiatava informatsiooni andmine keskkonna radioaktiivse saastumise kohta võimalike tuumaavariide korral naaberriikides. Keskkonna kiirgusseire tulemused on oluliseks taustinformatsiooniks kiiritustasemeid reguleerivate normatiivide väljatöötamisel ning kasutatavad ka keskkonnateaduslikes 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. Hüdrofääri satub radioaktiivne saaste eelkõige atmosfääri kaudu, kuigi tuumaobjektide vahetus läheduses olevad veekogud võivad saastuda ka otseselt. Radioaktiivsete ainete viibimisaeg hüdrofääris on oluliselt pikem. Maapind, veekogude põhjasetted ja osa elusloodusest toimivad radioaktiivsete ainete deponeerijatena, kuigi ka seal toimub radionukliidide 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 hüdrofääri saastumine. Radioaktiivsete ainete erinev mobiilsus keskkonnasfäärides ja ohtlikkuse määr on seega olulisteks teguriteks keskkonna kiirgusseire strateegia väljatöötamisel ning meetodite valikul.

Euroopa Liidu maades on keskkonna kiirgusseires rakendatud ühtne meetodika, mis on kirjeldatud Euroopa Komisjoni soovitusel 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. Kiirguskeskuse poolt teostatavas keskkonna kiirgusseire programmis arvestatakse nimetatud soovitusi juba aastast 2002. 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 ning merekeskkonna proovide võtmisel FIE Mart Saarso. Kõik radionukliidide analüüsid on teostatud Kiirguskeskuse laboratooriumis.

KOKKUVÕTE

Keskkonna kiirgusseire programmi raames jälgiti summaarse gammakiirguse doosikiirust, õhukandelist osakeste ja aerosoolide radioaktiivsust ning kunstlike radionukliidide sisaldust pinnaja joogivees, piimas, päevas toiduratsioonis ja Soome lahe piires võetud merekeskkonna proovides.

Gammakiirguse doosikiirust jälgiti atmosfääri võimaliku radioaktiivse saastumise kiireks avastamiseks ööpäevaringselt automaatjaamade abil 10 vaatlusjaamas. Automaatjaamade võrgu poolt saadud tulemused on kättesaadavad Kiirguskeskuse interneti koduleheküljel (www.envir.ee/kiirgus/). Gammakiirguse doosikiiruse aasta keskmine üle vaatlusvõrgu oli 80 nSv/h, mis on lähedane viimaste aastate keskmisele. Gammakiirgus pärineb valdavalt looduslikest radionukliididest. Kunstlike radionukliidide 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. Gammakiirguse kõrgendatud väärtused üksikudel päevadel on põhjustatud sademete poolt atmosfäärist välja pestud peamiselt looduslikest radionukliididest.

Õhukandelist osakeste radioaktiivsust mõõdeti Narva-Jõesuus, Harkus ning Tõraveres. Üldistatult võib Narva-Jõesuu ja Harku filtrite analüüsitulemuste põhjal järeldada, et nende piirkondade õhus oli ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon 2004. aasta keskmisena vastavalt $3,3 \cdot 10^{-6}$ ja $1,6 \cdot 10^{-6}$ Bq/m³. Sellise õhu sissehingamisel on ^{137}Cs poolt saadav oodatav kiirgusdoos marginaalse suurusega jäädes allapoole taset 1 nSv aastas. Atmosfääri kiirgusseire tulemused kinnitavad, et Eesti lähiümbruses asuvates tuumaelektrijaamades pole toimunud olulist radionukliidide 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 vooluhulgaga Balti merre suubuvad jõed. ^{137}Cs sisaldus jõgede vees oli väiksem kasutatud meetodi määramistundlikkusest, so väiksem kui 4-5 Bq/m³, mis on üldiselt suurusjärg madalam Soome lahe pinnavee keskmisest.

^{137}Cs eriaktiivsus oli joogivee kõigis uuritud proovides allpool määramistundlikkuse taset, mis on umbes tuhat korda väiksem EL Joogiveedirektiiviga määratletud jälgimistasemest. Kambrium-Vendi veekihistu põhjaveest toodetud joogivees oli raadiumi isotoopide ^{226}Ra ja ^{228}Ra nukliidide sisaldus Maardus linnas vastavalt 0,4 kuni 0,8 ja 0,34-0,51 Bq/l. Sellise joogivee aastane tarbimine annab täiskasvanud inimesele 0,3-0,4 mSv suuruse oodatava efektiivdoosi.

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

Merekeskkonna seires jälgiti kunstlike radionukliidide aktiivsuskontsentratsiooni HELCOM-i mereseire programmi raames Eestile määratud viies statsionaarses jaamas. 2004. aasta andmete järgi on pindmises merevees ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon muutunud vähe, kuid pikemas perspektiivis võib täheldada mõõdukat langustendentsi. ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon kalades ja põisadrus on viimase kuue aasta jooksul aeglaselt vähenenud, vastavalt tasemelt 12 Bq/kg kuni 7 Bq/kg ning 26 Bq/kg kuni 7 Bq/kg. Soome lahest püütud räime tarbimisel kogu aasta jooksul ei ületaks saadav oodatav kiiritusdoos 0,017 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 radionuclides 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 is available for review at the webpage of the Estonian Radiation Protection Centre (www.envir.ee/kiirgus). The annual average for the network was 80 nSv/h which is comparable with the dose rate level of recent years. 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. There were observed short periods of increased values of gammaradiation caused mainly by natural radionuclides scavenged down from atmosphere.

In 2004 the radioactivity of airborne particles and aerosols was measured at Narva-Jõesuu, Harku and Tõravere. At Narva-Jõesuu the mean activity of ^{137}Cs in the air was $3,3 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$ and at Harku $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$. Other artificial radioisotopes indicating a substantial release of radioactive material from a nuclear power plant in a neighbour country 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 were caused by the Chernobyl contamination re-suspended 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 less than $4\text{-}5 \text{ Bq/m}^3$, the sensitivity level of the method used, and it is less by the order of magnitude of the content in the surface water of the Gulf of Finland.

The ^{137}Cs activity concentration in all drinking water samples was below the detection level of analytical method, i.e. less than $3\text{-}4 \text{ Bq/m}^3$. The concentration of ^{226}Ra and ^{228}Ra in drinking water consumed by inhabitants in town Maardu was considerable, $0,4\text{-}0,8$ and $0,34\text{-}0,5 \text{ Bq/l}$, respectively. Annual use of that water will cause the committed effective dose of about $0,3\text{-}0,4 \text{ mSv}$.

In the milk produced in Estonia the ^{137}Cs content is very low and detectable only in few cases. At the maximum ^{137}Cs content the committed dose for infant due to the annual use of milk is around $0,004 \text{ mSv}$. The concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the daily diet is also very low, the mean daily intake of these nuclides is less than $0,22$ and $0,04 \text{ Bq}$, respectively. The maximum committed dose from the annual intake of food is around $0,001 \text{ mSv}$.

Samples from marine environment were taken in five 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 in the year 2004 insignificantly, though general trend of decrease is still observable. The ^{137}Cs content in fishes (*Baltic herring*) and aquatic plants (*Fucus vesiculosus*) has been slowly decreasing reaching in 2004 the values of $6,5$ and $7,2 \text{ Bq/kg}$, respectively. The committed dose received by inhabitants due to the use of such fish for food during a year will be around $0,015 \text{ mSv}$.

Atmosfääri seiret teostatakse teistest riikidest lähtuva võimaliku radioaktiivse saastumise varaseks avastamiseks, mis võimaldab teha õigeaegselt 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 avatud maastikul atmosfääri gammakiirguse doosikiirust reaalsajas;
- radioaktiivsete isotoopide sisaldust jälgitaks nii õhu tahketes osakestes ja aerosoolides, 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 Eestile 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 radionukliidide väga väikest (suurusjärgus mõni $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) kontsentratsiooni tõusu õhus. Filtrite mõõtetulemusi saab kasutada Eesti territooriumi radioaktiivse saastumise pikaajalise prognoosi koostamiseks, mis on aluseks eelkõige inimese toiduahelale suunatud kiirguskaitsemeetmete väljatöötamisele.

Üldine gammakiirgus

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

Seirevõrk koosnes 2004. 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. Minimaalne mõõteperiood on 10 minutit. Seirevõrgu kirjeldus on toodud tabelis 1.

Kolmes jaamas – Türil, Võrus ja Sõrves – toimus γ -kiirguse jälgimine reaalsajas allsüsteemi AAM-95 SYSTEM abil. Nimetatud süsteemis mõõdetakse GM detektoritega ainult summaarse gammakiirguse doosikiirust. Mõõtmistel saadakse integreeritud doosikiirused 10- ja 60-minutiliste perioodide kohta.

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

Nr.	Vaatlusjaam	γ -kiirguse doosikiiruse seire	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 mõõtmine reaalaajas,

F - õhuosakeste ja aerosoolide kogumine filterseadmete abil.

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

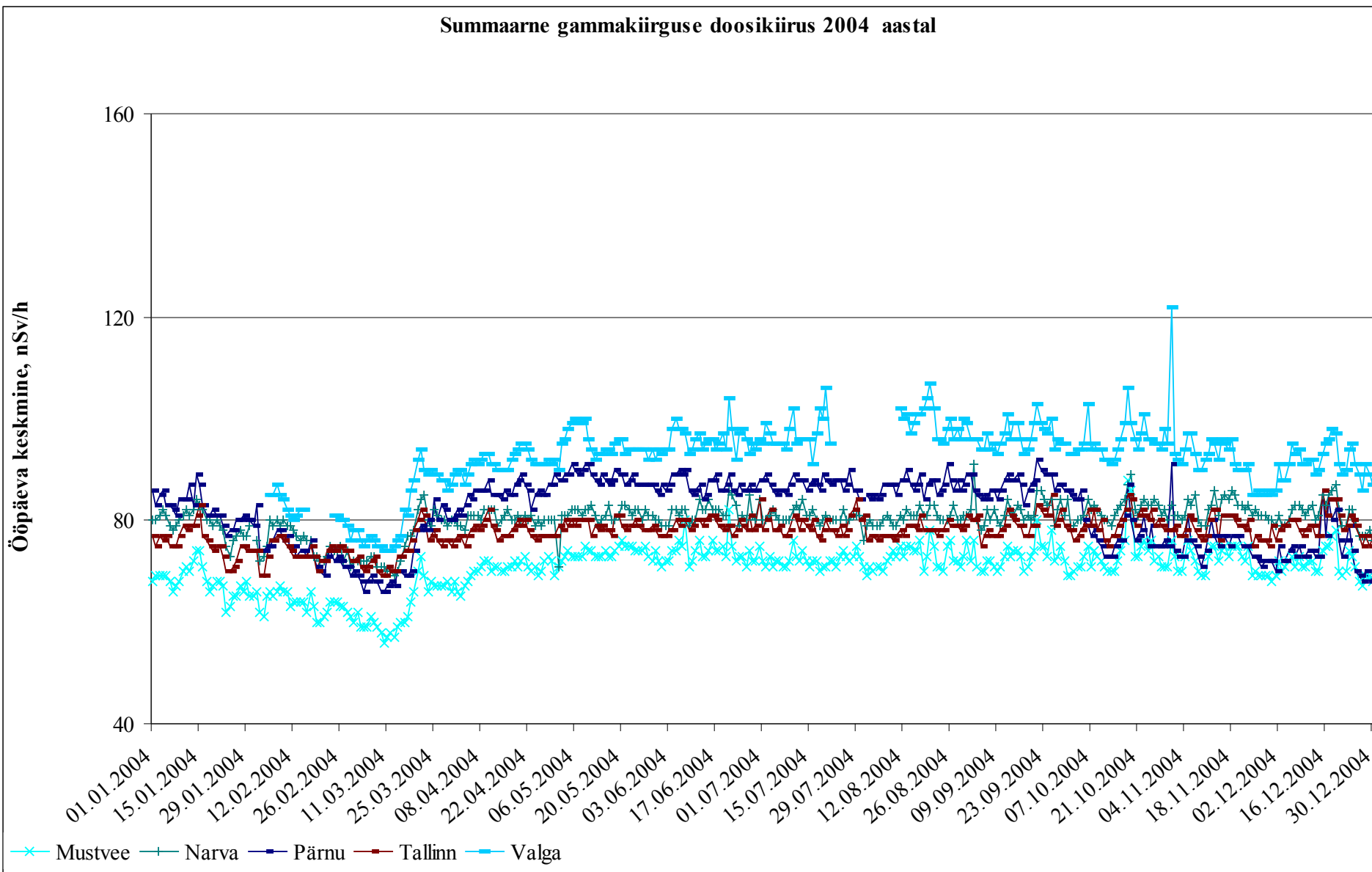
Automaatjaamade poolt genereeritud alarmteadete edastamiseks on rakendatud operatiivne infosüsteem, mis tagab Kiirguskeskuse töötajate kohese teavitamise ja võimaldab spetsialistidel juba 10-15 min jooksul alustada olukorra analüüsiga.

Üldistatud tulemuste näitena summaarse gammakiirguse doosikiiruse kohta 2004 aastal on joonisel 1 toodud andmed 5 vaatlusjaamast. Jooksvalt esitatakse automaatjaamade poolt saadud tulemused EKK interneti koduleheküljel aadressiga www.envir.ee/kiirgus/. Jaamade asukohad on toodud Eesti skemaatilisel kaardil aktiivsete ikoonidena, jälgitav on ka andmete pikaajaline arhiiv.

Gammakiirgus doosikiiruse aasta keskmine üle vaatlusvõrgu oli 80 nSv/h, mis on lähedane viimaste aastate keskmisele. Kõrgendatud väärtused üksikutel päevadel on põhjustatud sademete poolt atmosfäärist välja pestud peamiselt looduslikest radionukliididest. Doosikiiruse miinimum talvisel ajal sõltub lumikatte paksusest ja kestvusest antud piirkonnas.

Gammakiirgus on PMS tüüpi jaamade andmetel põhjustatud valdavalt looduslikest radionukliididest. Kunstlike radionukliidide tekitatud doosikomponent jäi spektri töötlemise arvutusvigade piirimaile ja moodustas vähem kui 10% summaarsest doosikiirusest. Varase hoiatamise süsteemis ette antud alarmi taset (0,3 μ Sv/h) ületavaid väärtusi ei fikseeritud üheski jaamas.

Summaarne gammakiirguse doosikiirus 2004 aastal



Õhukandeline radioaktiivsus

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

Selle seireliigi raames jälgiti radionukliidide sisaldust õhuga kanduvates tahketes osakestes ja aerosoolides aastaringset kolmes vaatlusjaamas (vt tabel 1):

– Narva-Jõesuus, kus on kasutusel suure võimsusega (900 m³ õhku tunnis) filterseade *Snow White*, mis kogub õhuosakesi ja aerosoole klaasfiiber filtrile;

– Tõraveres, kus rakendati väiksema võimsusega (150 m³ õhku tunnis) *The Hunter* tüüpi filterseadet, mis kasutab samuti klaasfiiber filtrit;

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

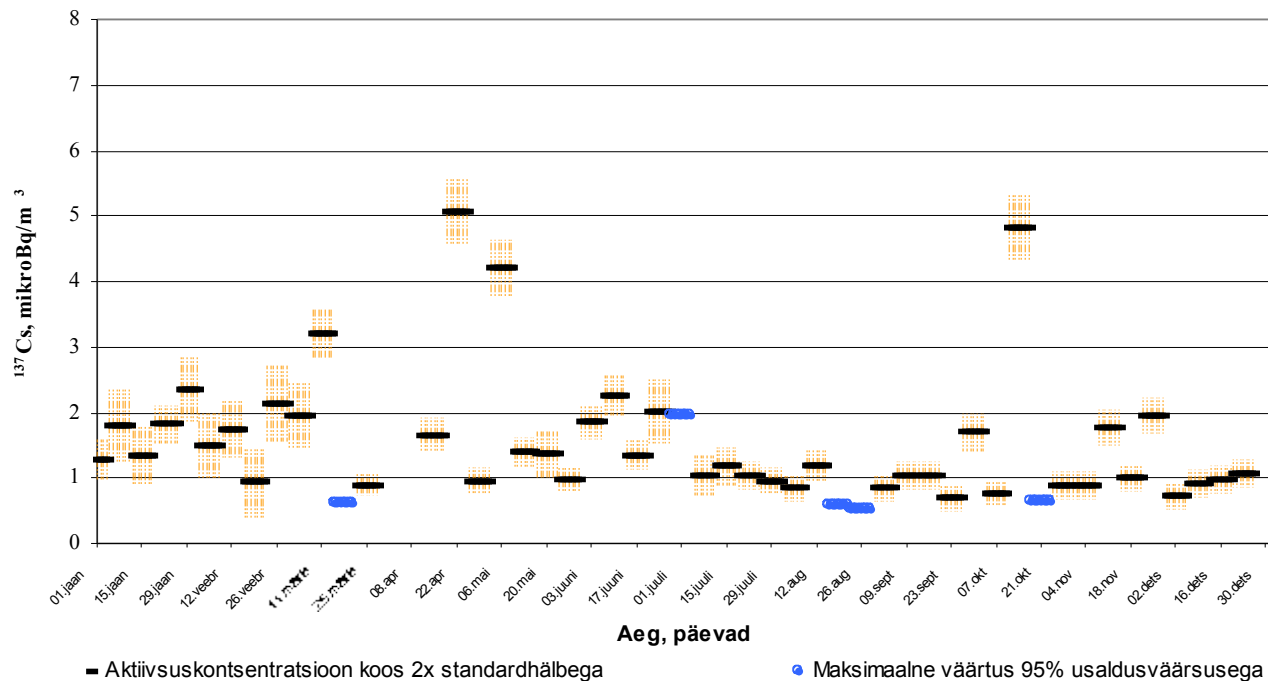
Filtrite ekspositsiooniaeg oli üks nädal. Indikaatorisotoopide nukliidide kontsentratsiooni olulisel tõusul oleks vajadusel filtreid eksponeeritud aga lühemat aega ja teostatud nende operatiivne analüüs.

Praegusel ajal on atmosfääri radioaktiivsus väga madal ning kasutatav seiremeetod võimaldab filtritel usaldusväärselt mõõta ainult loodusliku kosmogeense isotoobi ⁷Be ja kunstliku isotoobi ¹³⁷Cs nukliidide aktiivsuskontsentratsiooni. Radioaktiivset saastumist väljendavate teiste võimalike indikaatorisotoopide (⁶⁰Co, ^{103,106}Ru jt) ja looduslike terrestriiliste radioisotoopide nukliidide sisaldus oli väiksem meetodi tundlikkuse lävest. ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioonid 2004. aastal on toodud joonistel 2-4. Graafikutel toodud “Maksimaalsed väärtused” väljendavad olukorda, kui radionukliidide olemasolu ei detekteeritud ja tema tegelik sisaldus proovis on väiksem kui toodud väärtus.

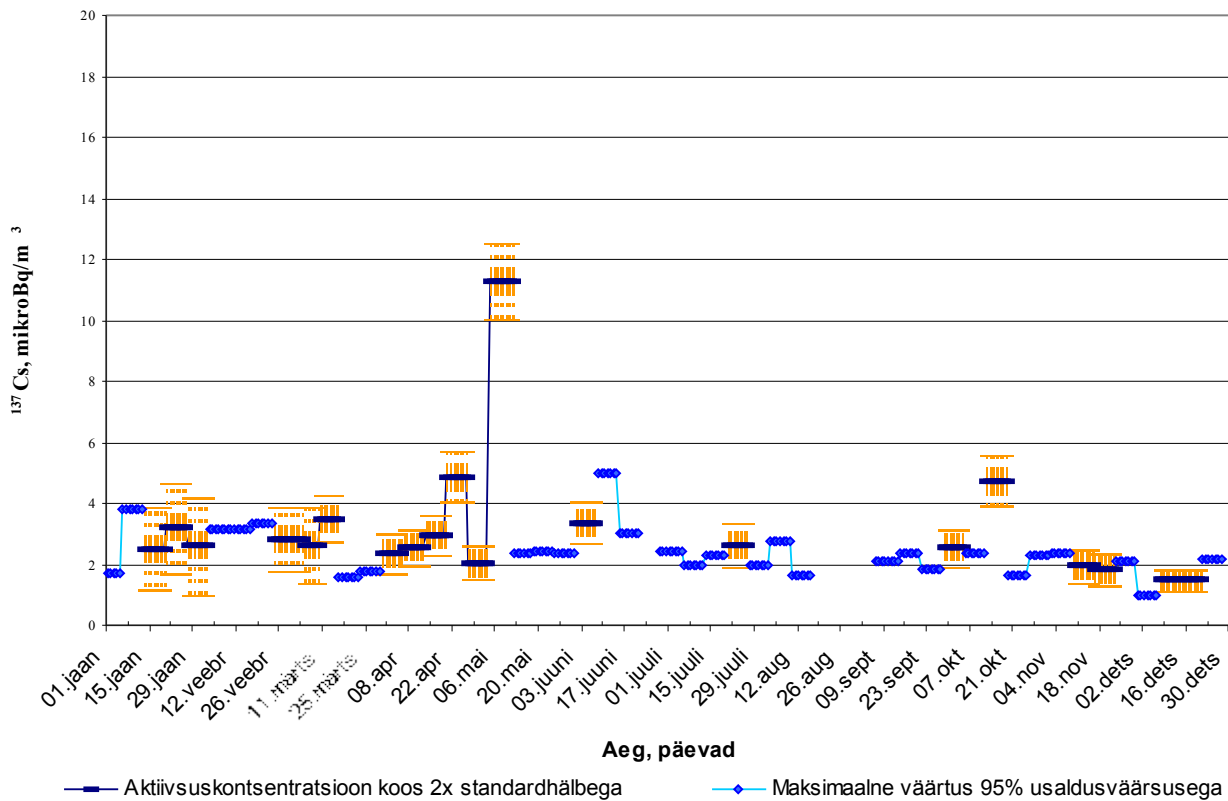
Kokkuvõtvalt võib Narva-Jõesuu ja Harku filtrite analüüsitulemuste põhjal järeldada, et nende piirkondade õhus oli ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon 2004. aasta keskmisena vastavalt $3,3 \cdot 10^{-6}$ ja $1,6 \cdot 10^{-6}$ Bq/m³. Keskmised on lähedased eelmiste aastate keskväärtustega neist seirejaamadest. Sellise õhu sissehingamisel on ¹³⁷Cs poolt saadav oodatav kiirgusdoos marginaalse suurusega jäädes alla taset 1 nSv aastas. Tõravere filtritel oli ¹³⁷Cs sisaldus pea terve aasta jooksul madalam meetodi tundlikkuse piirist. See on tingitud asjaolust, et Tõravere filterseadme pumpamisvõimsus on 6 korda väiksem kui Narva-Jõesuus. Suhteliselt kõrged maksimaalsed väärtused aasta esimestel kuudel on tingitud filtrite liialt lühiajalisest mõõtmisest.

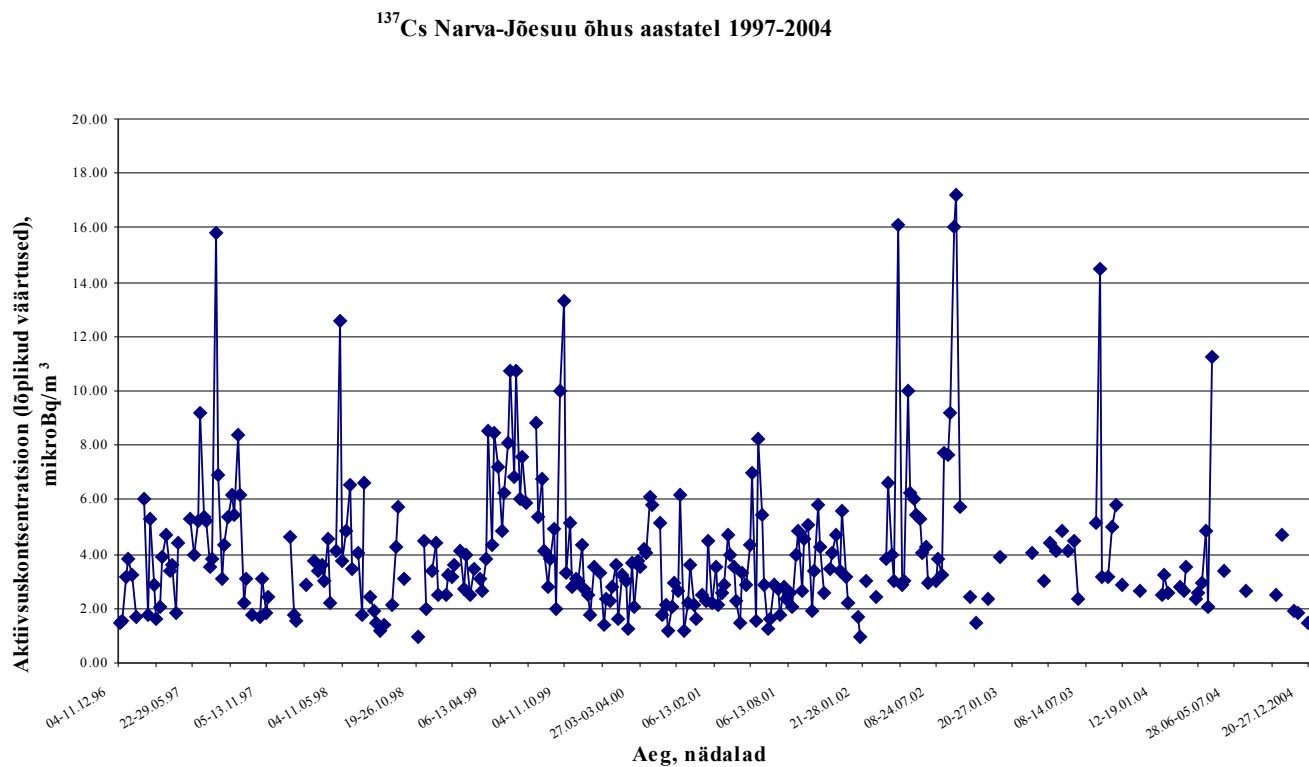
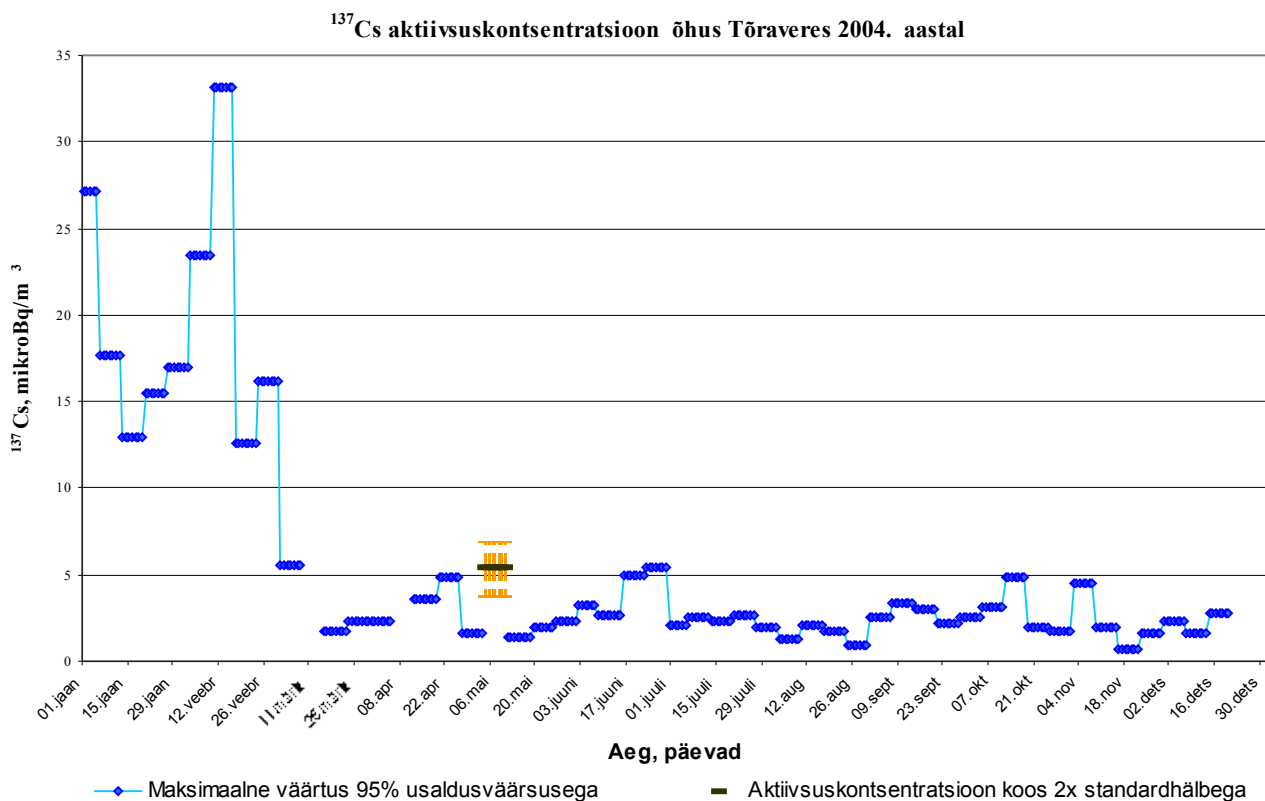
Atmosfääriosakeste seire tulemused kinnitavad, et Eestit ümbritsevates tuumaelektrijaamades pole toimunud olulist radioisotoopide pihkumist. Väga väikene ¹³⁷Cs sisaldus õhus on tingitud peamiselt atmosfääri globaalsest saastumisest. Kirde-Eestis võib siiski teatud ¹³⁷Cs sisalduse tõusu kevad-suvisel ajal põhjustada ka Tšernobõli katastroofist pärineva maapinnale sadestunud radioaktiivse saaste kandumine atmosfääri tuulte mõjul aga ka metsa- ja rabatulekahjude käigus. Need efektid on hästi jälgitavad mitmeaastaselt andmereal Narva-Jõesuu kohta, mis on esitatud joonisel 5.

¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon õhus Harkus 2004. aastal



¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon õhus Narva-Jõesuus 2004. aastal





PINNAVETE KIIRGUSSEIRE

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

Tulemustest järeldub, et ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon jõgede vees on väga madal, olles kaks suurusjärku väiksem Euroopa Komisjoni soovituslikust informeerimistasemest. Arvestades jõgede keskmisi aastasi vooluhulki, kantakse nende poolt merre vähem kui 50 GBq ^{137}Cs aastas. Soome lahes on ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon vees viimastel aastatel 20-50 Bq/m³, mis ületab umbes suurusjärgu võrra vastavaid väärtusi pinnavees. Arvestades Pühajõe väikest vooluhulka ja seega tema väga väikest mõju Soome lahele ning väga madalat radionukliidide sisalduse taset jõevees (allapoole määramistundlikkuse taset), lõpetati teisest poolaastast antud jõe vee seire.

Tabel 2. ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioonid Narva, Pühajõe ja Pärnu jõe vees

Jõgi	Seirejaama koordinaadid		Proovivõtu kuupäev	Analüüsitud proovi kogus, liitrid	^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/m ³)
	Põhjalaius	Idapikkus			
Narva	59 25 50	28 07 42	01.04.2004	30	<4*
			28.06.2004	30	<5
			07.10.2004	30	<4
			28.12.2004	30	<4
Pühajõe	59 25 32	27 32 01	01.04.2004	30	<4
			28.06.2004	30	<5
Pärnu	58 25 1,5	24 40 15,5	05.05.2004	30	<4
			24.09.2004	30	<4
			04.01.2005	30	<3

* maksimaalne väärtus 95% usaldusväärsusega

JOOGIVEE, PIIMA JA PÄEVASE TOIDURATSIOONI SEIRE

Joogivee ja toidu seire võimaldab hinnata inimeste poolt sissevõetud radionukliidide hulka ja sellest tingitud oodatavat kiiritusdoosi. Joogivee kiirgusseire raames jälgiti kunstlike radioisotoopide ^{137}Cs ja ^{90}Sr ning tritiumi nukliidide sisaldust Eesti suuremates linnades, kus joogivett toodetakse pinnaveest. Kambrium-Vendi veekihistu põhjaveest toodetud joogivees jälgiti radiumi isotoopide ^{226}Ra ja ^{228}Ra nukliidide sisaldust Maardus linnas. Kõik joogivee proovid võeti lõpptarbija juures kraanist. Inimese päevases toiduratsioonis määrati ^{137}Cs ja ^{90}Sr ning piimas lisaks nendele ka ^{40}K aktiivsuskontsentratsioonid.

Joogivee proovides oli ^{137}Cs , ^{90}Sr ja tritiumi aktiivsuskontsentratsioon allpool kasutatud meetodi

määramistundlikkuse taset (vt tabel 3a). Võrdluseks võib nimetada, et määramistundlikkusele vastavad ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr sisaldused on umbes tuhat korda väiksemad Maailma Tervishoiuorganisatsiooni poolt soovitatud jälgimistasemetest.

Tabel 3a. Pinnaveest toodetud joogivee analüüside tulemused

Proovi nimetus	Proovivõtu kuupäev, koht	Analüüsitud proovi kogus, liitrid	¹³⁷ Cs, Bq/l	⁹⁰ Sr, Bq/l	³ H, Bq/l
AS Tallinna Vesi, Ülemiste Vee-puhastusjaamast väljastatav joogivesi	18.05.2004, Sütiste tee 19, Tallinn	50	<0,003*	<0,005	<5,5
	06.01.2005, Sütiste tee 19, Tallinn	50	<0,002	<0,003	<5,6
Narva Vesi AS väljastatav joogivesi	01.04.2004, Linnavalitsuse Infobüroo, Peetri väljak	50 l	<0,003	<0,004	<5,4
	07.10.2004, Narva Haigla SA, Haigla 7	50 l	<0,003	<0,005	<5,6

* maksimaalne väärtus 95% usaldusväärsusega

Tabelis 3b toodud raadiumi nukliidide sisaldus on märkimisväärne. Sellise joogivee aastane tarbimine põhjustab inimestel 0,3-0,4 mSv suuruse oodatava kiiritusdoosi, mis ületab tunduvalt Eesti seadusandluses joogiveele kohaldatavat piirtaset.

Tabel 3b. Kambrium-Vendi põhjaveest toodetud joogivesi

Proovi nimetus	Proovi võtmise kuupäev	²²⁸ Ra (Bq/l)	²²⁶ Ra (Bq/l)
Joogivesi Kallavere haigla apteegist, Maardu, Haigla tn. 2 puurkaevude 387 ja 380 (katastri nr) vee segu.	18.05.04	0,34*	0,41±0,06**
Joogivesi Maardu Perearstikeskusest, Maardu, Haigla 2, puurkaevude 387 ja 380 (katastri nr) vee segu.	07.01.2005	0,51*	0,78±0,09**

*Hinnanguline tulemus (etalonainena kasutatud RGTh-1 referentsmaterjali)

** Antud radiomeetrilise mõõtmise kahekordse standardhällbega

Piimaproovid koguti kuude keskmiste proovidenä, mis iseloomustavad Harjumaal ja Põlvamaal kokku ostetud toorpiima ning Ida-Virumaal toodetud toorpiima. Kuude keskmised proovid ühendati vastava kvartali keskmiseks prooviks, mida ka tegelikult analüüsiti. Andmed piima radioaktiivsuse kohta on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Eestis toodetud piima radioisotoopne koostis, aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l)

Proovi esinduspiirkond	I kvartal			II kvartal			III kvartal			IV kvartal		
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	⁴⁰ K
Harjumaa	<0,3*	<0,03	50,7±3,6**	<0,17	<0,03	63,6±4,0	<0,19	<0,02	63,4±4,4	<0,23	<0,03	65,1±5,2
Põlvamaa	<0,12	<0,03	55,9±3,6	<0,13	<0,03	62,5±4,2	<0,13	<0,01	62,7±4,6	<0,37	<0,03	65,7±5,1
Ida-Virumaa	-	-	-	0,30±0,03	<0,01	54,8±2,2	0,09±0,02	<0,01	45,3±2,9	<0,1	<0,01	65,1±4,7

* maksimaalne väärtus 95% tõenäosusega

** määramatusvahemik väljendab gamma-spektromeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist standardhälvet

Andmetest järeldub, et praegusel ajal on Eestis toodetud piimas kunstlike radionukliidide aktiivsuskontsentratsioon väga madal ning nad põhjustavad inimestes ainult tühise kiiritusdoosi. Näiteks saab väikelaps, kes tarvitab aastas 180 l lehmapiima, nimetatud isotoopide sissevõttust oodatava kiiritusdoosi 0,004 mSv. See moodustab ainult umbes ühe tuhandiku aastasest looduslikust kiiritusdoosist. ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr sisalduse jälgimine piimas on siiski väga oluline baasandmete saamisel, kuna need isotoobid migreeruvad väga kiiresti toiduainetesse.

Inimese päevase toiduratsiooni proovina käsitleti toidukogust, mille statsionaaris olev haige saab päeva jooksul, kaasa arvatud ka joogid. Toiduratsiooni proovides jälgiti ainult kunstlike radionukliidide ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr sisaldusi. Tulemused on toodud tabelis 5.

Tabel 5. Päeva toiduratsiooniga sissesöödavad radionukliidid

Proovi nimetus	Proovi võtmise kuupäev	Cs-137 (Bq/päevas)	Sr-90 (Bq/päevas)
Päeva toiduratsioon Mustamäe haiglas	19.05.2004	0,23±0,06*	<0,05**
“	06.01.2005	<0,27	<0,03

* määramatusvahemik väljendab gamma-spektromeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist standardhälvet

** maksimaalne väärtus 95% tõenäosusega

Määrangute järgi sisaldab päevane toiduratsioon ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr nukliide keskmiselt vastavalt 0,23 Bq ja vähem kui 0,03 Bq. Aasta jooksul sellise isotoopse koostisega toidu söömisel saab täiskasvanud inimene vähem kui 0,001 mSv suuruse oodatava kiiritusdoosi.

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

Merekeskkonna seires jälgiti gamma-spektromeetriliselt määratavate kunstlike radionukliidide aktiivsuskontsentratsiooni HELCOM mereseire programmi raames Eestile määratud viies statsionaarses jaamas, millede koordinaadid, aga samuti kogutud proovide tüübid ja analüüsitulemused, on toodud tabelis 5.

Tabel 5. Merekeskkonna seire vaatlusjaamade võrk ja tulemused 2004 aastal

Proovi tüüp	Proovivõtu aeg	Vaatlusjaam	Koordinaadid		¹³⁷ Cs aktiivsuskontsentratsioon
			Põhjalaius	Idapikkus	
Merevesi pinnalt		N5	59 28 30	28 00 05	29±3 * (Bq/m ³)
		EE17	59 43 00	25 01 00	35±4 “
		PE	59 22 48	24 09 18	37±5 “
		PW	59 20 30	24 02 00	39±4 “
		EE22	59 26 00	23 09 00	39±5 “
Kalad (räim)		Narva laht	59 28 00	27 45 00	6,5±0,5 (Bq/kg märgkaalu kohta)
		Lahepera laht	59 22 00	24 10 00	6,9±0,5 “
Meretaimed (põisadru)		Narva laht	59 25 50	27 31 00	7,2±1,0 (Bq/kg kuivkaalu kohta)
		Lahepera laht	59 22 24	24 08 00	22,8±1,9 “

*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 üldise seaduspärasusena välja tuua ¹³⁷Cs sisalduse suurenemise idast läände. Ilmselt on see tingitud madalama ¹³⁷Cs sisaldusega vee sissekandest suurte jõgede poolt lahe idaosas (vt. tabel 2). Kuigi andmed samades jaamades on aastate lõikes muutlikud, võib pikemas perspektiivis täheldada mõõdukat ¹³⁷Cs sisalduse vähenemist. Suurimad kõikumised esinevad Narva lahes, mis on osaliselt tingitud Narva jõe poolt merre kantud puhtama vee erinevast segunemisastmest mereveega eri aastatel. Alates 2003 aastast võetakse seal veeproove jaamas koodnimetusega N5.

¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon kalades ja põisadrus on viimase kuue aasta jooksul aeglaselt vähenenud, vastavalt tasemelt 12 Bq/kg kuni 7 Bq/kg ning 26 Bq/kg kuni 7 Bq/kg. Sarnaselt mereveega on üldiselt täheldatav, et ¹³⁷Cs sisaldus biotas on Soome lahe idaosas madalam võrreldes läänepoolse osaga.

Kuna räim on eestlastele väga oluline toidukala, siis pakub huvi, kui suure ¹³⁷Cs põhjustatud kiiritusdoosi võivad inimesed saada. Võttes aluseks väga äärmusliku toitumisharjumuse, kui inimene tarbib iga päev 0,5 kg Soome lahest püütud räime (fileena), võib öelda, et 2004. aasta jooksul söödud kalast saadav oodatav kiiritusdoos on 0,017 mSv.

