



Soklin radiologinen perustilaselvitys

Väliraportti

31.12.2008

Dina Solatie, Ari Leppänen, Jarkko Ylipieti ja Petri Smolander

**Säteilyturvakeskus
Tutkimus ja ympäristövalvonta**

Summary

Sokli is located at the Northeast corner of the Savukoski municipality at the river basin of rivers Nuorttijoki and Soklioja. Sokli's deposit is associated with a carbonatite massif some 360 million years old, with a land surface diameter of 5–6 km. In addition to the phosphorus ores themselves, the carbonatite massif contains other ore minerals, such as iron, niobium and vermiculite minerals. Plans for the Sokli mine project include opencast ore extraction and treatment, crushing and grinding of the ore, beneficiation, dewatering and storage of the products, storage of tailings, water treatment and auxiliary activities. The planned production is 2.0 million tons of phosphorous concentrate. Mining of phosphorus ore will be 4-10 Mt/a depending on the mining plans in the area. There are also plans to extract iron and other valuable minerals later. According the planned capacity, it has been estimated that the richest phosphorus ores will last for around 20 years of production. If the poorer parts of the deposit are exploited, it may be possible to extend the life time of the mine by twenty to thirty years, or even more. The opening of the mine is planned for 2012-2013.

From the radiation protection point of view the Sokli carbonatite massif's phosphorus ore contains considerable amounts of natural radioactive substances such as thorium and uranium. These substances are especially rich in the niobium ore. Yara has ordered a radiological baseline study from the site of the planned Sokli phosphate mine from the Radiation and Nuclear Safety Authority - STUK. In the baseline study the activity concentrations will be studied in the ecosystems at the Sokli site and in the vicinity where the mine could have some radiological impact. The objective of the study is a detailed understanding of the radiation levels at and in the vicinity of the Sokli mining site. This study can be used in the future to assess possible impacts to the environment from the natural radionuclides released during the mining process. The baseline study started in the summer of 2008 and lasts for two years. The final report from the study will be published in May 2010.

This intermediate report will cover radiation measurements results from the samples collected during 2008. The samples were pre-treated and analysed at the STUK's Regional Laboratory in Northern Finland. *In-situ* measurements were made by the STUK's laboratory for Security Technology in Helsinki. The environmental samples were analysed for gamma-emitting radionuclides with HPGe-gammaspectrometers. In addition, radiochemical analyses were done to analyse activity concentrations for Polonium-210 (Po-210). The ground water samples were studied for Radon-222 (Rn-222). In this intermediate report the sampling methods, sample pre-treatment and analysis methods are described in addition to the results of the measurements.

The highest radioactivity concentrations were measured in the niobium ore and in the old mill tailings. In the niobium ore the radioactivity concentrations were 8500 Bq/kg for Th-232 and 2200

Bq/kg for U-238. In the sediments the activity concentrations varied from few Bq/kg up to one hundred and above. In reindeer meat, berries, mushrooms, river waters the activity concentrations remained in nearly all the samples below the detection limits. The activity concentrations of Rn-222 in ground water samples were at normal level.

Tiivistelmä

Sokli sijaitsee Savukosken kunnan koillisosassa Nuorttjoen latvan ja sen sivujoen Sokliojan valuma-alueella. Soklin esiintymä liittyy noin 360 miljoonaa vuotta vanhaan karbonaattimassiiviin, jonka halkaisija maan pinnalta on 5-6 km. Karbonaattimassiivi sisältää fosforimalmien lisäksi muitakin malmimineraaleja kuten rauta-, niobi ja vermikuliittimineraaleja. Suunniteltu kaivostoiminta käsittää fosforimalmien hyödyntämisen Soklin karbonaattimassiivin alueelta. Fosforimalmin arvioitu louhintamäärä on 4-10 Mt/a riippuen tuotantosuunnitelmista. Myös rautamineraali on tarkoitus hyödyntää. Lisäksi selvitetään Soklin esiintymässä olevien niobimalmien ja niiden sisältämien muiden arvoaineiden (uraani, tantaali, torium) ja vermikuliitin talteenottoa ja tuotantoa. Arvion mukaan malmivarat riittävät ainakin 20 vuoden tuotantoon. Hyödyntämällä esiintymää laajasti, mukaan lukien myös fosforipitoisuudeltaan köyhemmät alueet, voitaisiin toimintaa jatkaa useita kymmeniä vuosia. Tuotannon suunniteltu alkamisajankohta on vuonna 2012-2013.

Soklin karbonaattiesiintymän fosforimalmit ja etenkin niobimalmi sisältävät säteilysuojelullisesti merkittäviä määriä luonnon radioaktiivisia aineita, erityisesti toriumia. Yaran Säteilyturvakeskukselta (STUK) tilaamassa radiologisessa perustilaselvityksessä kartoitetaan radiologinen lähtötilanne suunnitteilla olevan Soklin kaivosalueen ympäristössä. Selvityksessä selvitetään luonnon radioaktiivisten aineiden määriä siinä ympäristössä johon toiminnalla voi olla vaikutusta. Hankkeen tuloksena saadaan yksityiskohtainen tieto Soklin ympäristön radioaktiivisuustasosta ennen kaivostoiminnan aloittamista. Sen avulla voidaan arvioida mahdollisen kaivostoiminnan vaikutusta ympäristön radioaktiivisuuteen. Hanke on kaksivuotinen ja alkoi kesäkuussa 2008. Loppuraportti julkaistaan touku-kuussa 2010.

Tässä väliraportissa esitetään eri ympäristönäytteiden radioaktiivisuustuloksia vuodelta 2008 sekä STUKin vuonna 1988 analysoimat tulokset. Uudet näytteet esikäsiteltiin ja analysoitiin STUKin Pohjois-Suomen aluelaboratoriossa, *in-situ* gammaspektrometriset mittaukset teki STUKin Turvateknologialaboratorio. Näytteet analysoitiin gammaspektrometrisesti sekä niistä analysoitiin radio-kemiallisella menetelmällä myös polonium-210. Pohjavesistä sekä vanhan allasalueen vedestä mitattiin myös radon-222. Selvityksessä kuvataan tulosten lisäksi myös näytteenotto, näytteenottopisteet,

esikäsittely ja analysointi.

Korkeimmat gammapitoisuudet mitattiin niobimalmista sekä vanhan rikastushiekan maaperästä. Niobimalmissa korkeimmat pitoisuudet olivat Th-232 8500 Bq/kg ja U-238 2200 Bq/kg. Sedimenteissä gammapitoisuudet vaihtelivat muutamasta Bq/kg aina sadan Bq/kg luokkaan. Poronlihassa, marjoissa ja naavassa lähes kaikki tulokset olivat alle määritysrajan. Radonpitoisuudet pohjavesissä olivat normaalia tasoa.

Sisällysluettelo:

1 Johdanto	6
1.1 Sijainti, ympäristö ja suunniteltu kaivostoiminta	9
1.2 Radiologisen perustilaselvityksen tavoitteet	10
2 Näytteenotto ja näytteiden esikäsittely	11
2.1 Näytteiden esikäsittely	16
3 Analyysi- ja mittausmenetelmät	17
3.1 Gammaspektrometria	17
3.1.1 Näytteen mittaaminen	18
3.1.2 Tulosten laskeminen	18
3.1.3 Radonin mittaus vedestä	20
3.2 Alfaspektrometria	20
3.3 <i>In-situ</i> mittaukset	20
3.3.1 <i>In-situ</i> mittauspaikat	22
3.3.2 Annosnopeusmittaukset	22
4 Tulokset	26
4.1 Radon pohjavedessä	26
4.2 Ra-226, Ra-228, Th-228, Th-232, U-235 ja U-238 aktiivisuuspitoisuudet	26
4.2.1 Aktiivisuuspitoisuudet näytelajeittain	27
4.3 Po-210 tulokset	32
4.4 <i>In-situ</i> mittausten ja annosnopeusmittausten tulokset	34
4.5 Vertailu vuonna 1988 mitattuihin tuloksiin	37
5. Viitteet	38
6. Liitteet	38

1 JOHDANTO

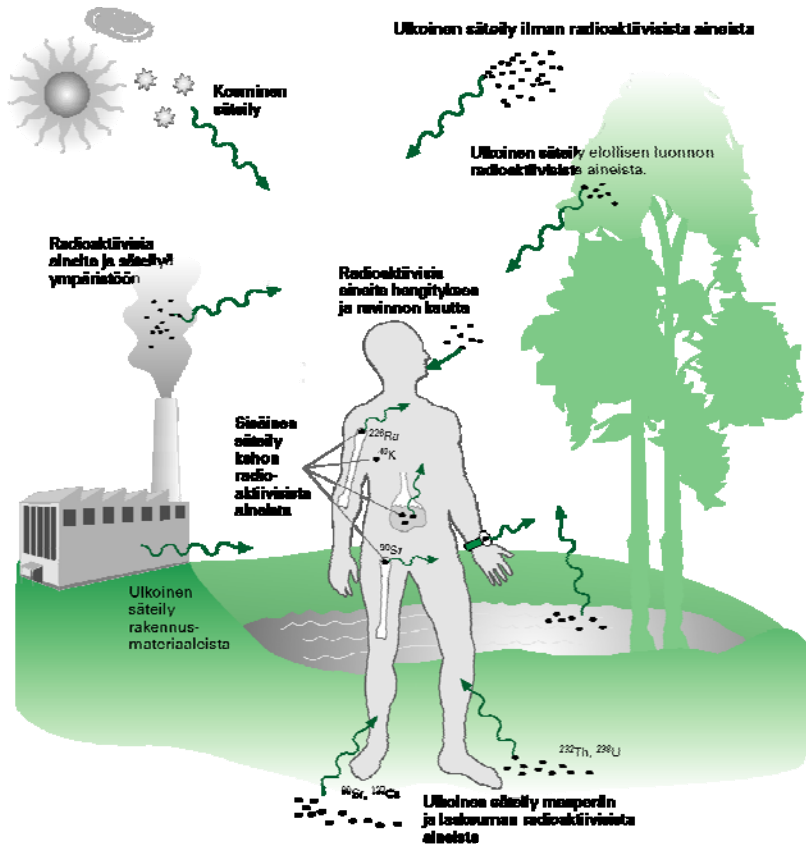
Kaikkialla ympäristössä on säteilyä ja radioaktiivisia aineita (kuva 1). Suomalaisen keskimääräinen säteilyannos on noin 3,7 millisievertiä vuodessa. Noin puolet tästä annoksesta aiheutuu sisäilman radonista. Lisäksi luonnon taustasäteilystä (maaperästä lähtevästä gammasäteilystä ja kosmisesta säteilystä) aiheutuu keskimäärin 30 prosenttia ja säteilyn käytöstä terveydenhuollossa noin 15 prosenttia vuosittain. Maaperässä on erittäin pitkäikäisiä niin sanottuja primordiaalisia radioaktiivisia aineita, jotka ovat olleet olemassa jo maapallon syntyessä. U-238, U-235 ja Th-232 ovat luonnon hajoamissarjojen lähtönuklidit. Kuvassa 2 on esitetty luonnon hajoamissarjat. Nuklidin nimeen viereen on merkitty sen puoliintumisaika eli aika jonka kuluessa radioaktiivisen aineen määrä vähenee puoleen radioaktiivisen hajoamisen seurauksena.

Soklin karbonaattiesiintymän fosforimalmit ja etenkin niobimalmi sisältävät säteilysuojelullisesti merkittäviä määriä luonnon radioaktiivisia aineita, erityisesti toriumia ja myös mm. uraania ja radiumia. Jos kyseisiä luonnonvaroja aiotaan hyödyntää, toiminta tulee olemaan säteilytoimintaa ja Säteilyturvakeskus valvoo toimintaa. Lähtökohtana on, ettei ympäristöä saastuteta. Tällöin ei ympäröivän alueen kasveihin tai eläimiin pääse kertymään poikkeavia määriä radioaktiivisia aineita ja alueella voidaan edelleen mm. marjastaa, sienestää, metsästää ja harjoittaa poronhoitoa. On todennäköistä, että kaivostoiminnan päästöille ympäristöön asetetaan säteilyannoksen yläraja, jolla suojellaan alueen väestöä.

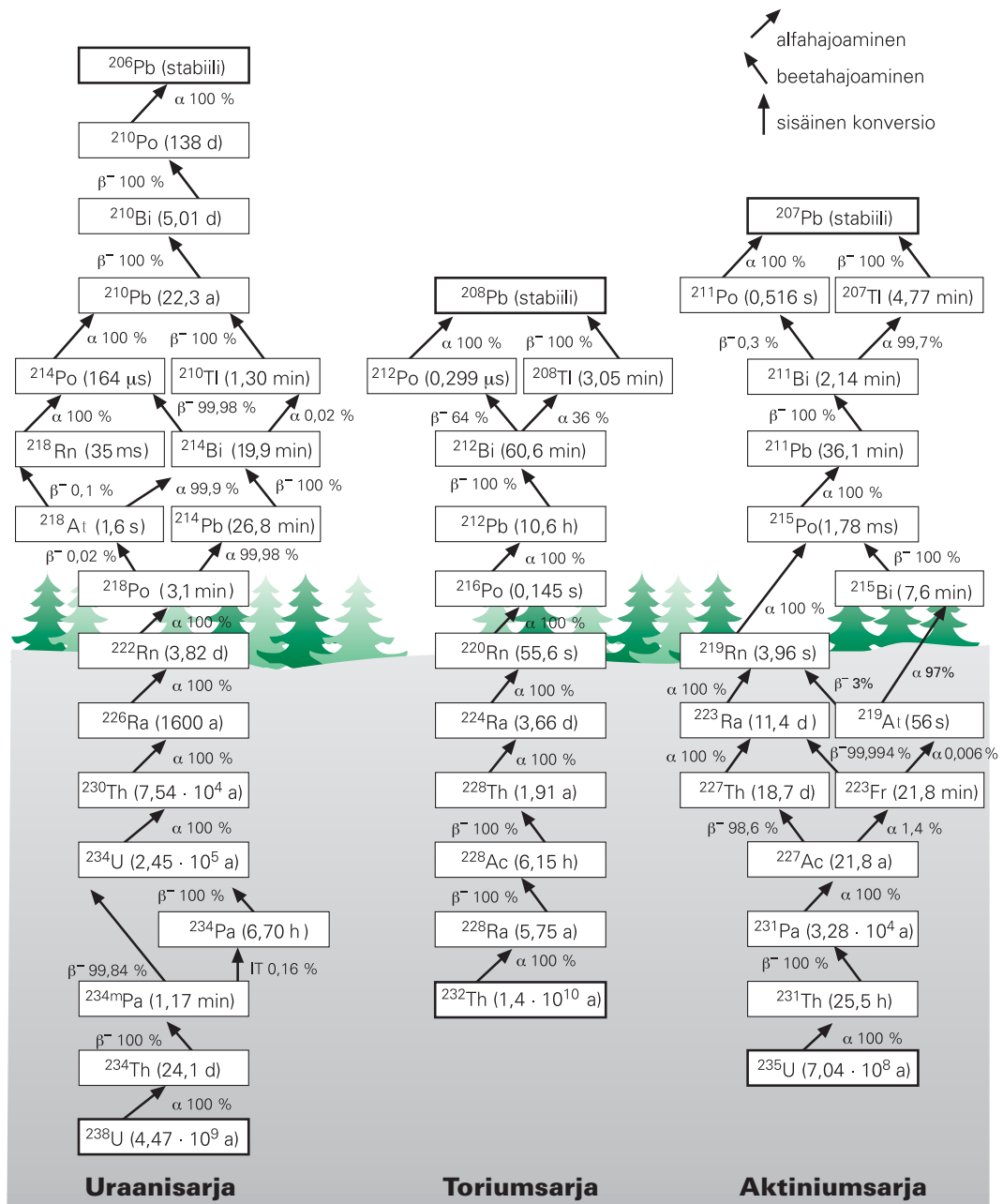
Perustilaselvityksen tavoitteena on selvittää Soklin ympäristön radiologinen perustila ennen kaivostoiminnan aloittamista. Hanke alkoi kesäkuussa 2008 ja kestää kaksi vuotta. Tässä väliraportissa esitetään vuoden 2008 näytteiden radioaktiivisuustuloksia sekä kuvataan näytteenotto, näytteenottopisteet, esikäsittely ja analysointi. STUKin tekemät mittaustulokset 80-luvun lopussa on liitetty myös selostukseen. Loppuraportti valmistuu toukokuussa 2010.

STUK esikäsitteli ja analysoi perustilaselvitykseen kuuluvat näytteet Pohjois-Suomen aluelaboratoriossa. Radiokemialliset uraanianalyysit tekee STUKin Nuklidianalytiikkalaboratorio Helsingissä. Nab Labsin sertifioidut näytteenottajat toimittivat vesi- ja sedimenttinäytteet STUKille. Pöyry Environment toimitti sieni- ja näkinsammalnäytteet. Kala-, poronliha- ja riistanlihanäytteet tilattiin paikallisilta asukkailta. Osan näytteistä STUK keräsi itse. Selvityksessä analysoitiin seuraavia luonnon radioaktiivisia aineita: uraani (U-238, U-235), torium (Th-228, Th-232), radium (Ra-226, Ra-228), lyijy (Pb-210), polonium (Po-210) ja radon (Rn-222) erilaisista näytteistä: jokivesi, jokisedimentti, näkinsammal, kalat, jäkälä, sienet, naava, marjat (mustikka, puolukka, hilla), poronliha, hirvenliha,

pohjavesi ja maaperä. Lisäksi tehtiin paikan päällä *in-situ* gammaspektrometrisiä mittauksia.



Kuva 1. Kaikkialla ympäristössä on säteilyä ja radioaktiivisia aineita (Säteily ympäristössä, 2003).



Kuva 2. Luonnon hajoamissarjat ja nuklidien puoliintumisajat (Säteily ympäristössä, 2003).

1.1 Sijainti, ympäristö ja suunniteltu kaivostoiminta

Sokli sijaitsee Savukosken kunnan koillisosassa Nuorttijoen latvan ja sen sivujoen Sokliojan valuma-alueella. Savukosken keskustaan on matkaa noin 100 km ja Venäjän rajalle noin 12 km. Kemijärvelle etäisyys on 190 km ja Rovaniemelle 275 km. Lähin rautatie on Kellošelässä noin 110 km:n etäisyydellä ja lähin lentokenttä Rovaniemellä. Soklin alue sijaitsee Urho Kekkosen kansallispuiston ja Värriön luonnonpuiston välissä. Lähimmät vastaavat esiintymät ovat Kovdor ja Apatiitti Venäjällä. Soklin alueella virtaavia jokia ovat Yli-Nuortti, Tulppiojoki, Soklioja ja Sotajoki. Joet yhtyvät Nuorttijoeksi, joka laskee lopulta Venäjän puolelle Nuorttijärveen. Kemijoen latvaosat sijaitsevat Soklin alueen länsipuolella.

Soklin alue on pääosin valtion maata. Alue on Tuntsan tunturialuetta, topografialtaan vaihtelevaa ja tunturit ovat matalia ja loivia. Soklin alue on kaukana asutuskeskittymistä ja pääosin rakentamatonta. Poronhoito on merkittävä elinkeino alueella ja lisäksi alue on melko suosittu virkistys- ja matkailukohte.

Soklin esiintymä liittyy noin 360 miljoonaa vuotta vanhaan karbonaattimassiiviin, jonka halkaisija maan pinnalla on 5–6 km. Karbonaattimassiiviin sisältyy varsinaisten fosforimalmien lisäksi muitakin malmimineraaleja kuten rauta-, niobi ja vermikuliittimineraaleja. Varsinainen fosforimalmi liittyy karbonaattimassiivin rapautumiskuoreen. Rapautumisprosessit ovat rikastaneet karbonaattimassiivin pinta-osaa niin, että fosforipitoisuus on noussut keskimäärin noin 15 prosenttiin. Muut mineraaliaineet esiintyvät erillään fosforimalmeista rapautumiskuoreessa ja kovassa kivessä. Kilometrien syvyyksiin ulottuva karbonaattimassiivi muodostaa mittasuhteiltaan suunnattoman fosforimalmi-reservin. Soklin karbonaattikompleksin materiaalit ovat tunkeutuneet kallioperässä olevaan muodostumaan, jota nimitetään Kantalahden syvämurrokseksi. Tuohon aikaan, yli 360 miljoonaa vuotta sitten, mannerlaattamme sijaitsi suunnilleen päiväntasaajan seutuvilla. Karbonaattien magmat ja muutokset aiheuttavat kaasut ja liuokset ovat peräisin 70 - 200 km:n syvyydeltä. Tämä selittää karbonaateille tyypilliset malmikomponenttien kemialliset ja mineralogiset koostumukset (Yara, Soklin kaivoshanke).

Esiintymää on tutkittu sen löytymisestä 1967 lähtien. 1970-luvun lopussa tehtiin Soklissa pilotmittakaavan koeajo. Rautaruukki Oy:n jälkeen Kemira Oy sai kaivosoikeudet ja vuosina 1986–1989 toteutettiin kehitysprojekti. Silloin STUK teki myös radioaktiivisuusmittauksia alueen ympäristönäytteistä. Kaivosoikeuksiin saatiin viimeinen uusi jatkoaika kesäkuussa 2007, jolloin Kauppa- ja teollisuusministeriö, nykyinen Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM), myönsi Kemira GrowHow Oy:lle

(nykyiselle Yara Suomi Oy:lle) kaksi vuotta aikaa selvittää kaivostoiminnan mahdollisuudet Soklin esiintymällä. Tällä hetkellä Soklin kaivosoikeudet, hallinta ja tutkimusten ohjaus kuuluu Yara Suomi Oy:lle (Yara, Soklin kaivoshanke).

Soklin kaivoshankkeessa suunnittelun lähtökohtana on, että Sokliin rakennetaan kaivos jonka tuotteina ovat sekä fosfori- että rautarikaste. Mahdollista on, että myöhemmässä vaiheessa hyödynnetään myös muita esiintymän arvomineraaleja. Soklin kaivoshankkeen suunnitelmat sisältävät malmin irrotuksen ja käsittelyn avolouhoksessa, malmin murskauksen, jauhatuksen ja arvoaineiden erotuksen, tuotteiden käsittelyn ja varastoinnin, malmin käsittelyssä hyödyntämättä jäävän mineraaliaineksen varastoinnin ja vesien käsittelyn ja kaikkeen toimintaan liittyvät aputoiminnot. Näiden lisäksi suunnittelun ja selvityksen alla on ratayhteys ja sähkölinja Sokliin sekä Sokliin vievän tien perusparannus. Suunnitelmien lähtökohtana on fosforirikasteen määrä, 1,5 Mt vuodessa. Tämä edellyttää malmin käsittelyä noin 300 hehtaarin alueella 4 - 10 Mt vuodessa riippuen kulloisenkin tuotantoalueen fosforipitoisuudesta. Lisäksi maanpoistomassoja tulee vuosittain 2 - 3 Mt. Suunnitellulla kapasiteetilla rikkaimmat fosforimalmit riittävät noin 20 vuoden tuotantoon. Hyödyntämällä esiintymä laajasti, mukaan lukien myös fosforipitoisuudeltaan köyhemmät alueet, voidaan toiminta-aikaa jatkaa useita kymmeniä vuosia. Hankkeessa on käynnissä ympäristövaikutusten arvioinnit, kaavoitukseen liittyvät asiat ja teknistaloudelliset laskelmat tavoitteena luoda edellytykset päätöksenteolle vuoden 2010 loppuun mennessä. Tuotannon suunniteltu alkamisajankohta on vuonna 2012–2013 (Yara, Soklin kaivoshanke).

1.2 Radiologisen perustilaselvityksen tavoitteet

Perustilaselvityksen tavoitteena on selvittää Soklin ympäristön radiologinen perustila. Selvityksessä kartoitetaan luonnon radioaktiivisten aineiden määriä siinä ympäristössä, johon suunnitteilla olevalla kaivostoiminnalla voi olla vaikutusta. Hankkeen tuloksena saadaan yksityiskohtainen tieto Soklin ympäristön radioaktiivisuustasosta. Sen avulla voidaan arvioida mahdollisen kaivostoiminnan vaikutusta ympäristön radioaktiivisuuteen.

2 NÄYTTEENOTTO JA NÄYTTEIDEN ESIKÄSITTELY

Taulukossa 1 on listattu käsitellyt näytteet ja kuvissa 6-8 näytteenottopisteet on kuvattu kartalla. Näytteenottoaikoja ja näytelajeja suunniteltaessa on otettu huomioon, että radionuklidit voivat levitä kaivos- ja rikastamoalueelta useita eri leviämisteitä pitkin. Mahdollisia leviämisreittejä ovat leviäminen pinta- ja pohjavesien mukana joko veteen liuenneena tai hiukkasiin kiinnittyneinä, tuulen levittämän pölyn mukana tai kun kysymys on radonista, erittymällä jätteistä tai maaperästä kaasumaisena ilmaan. Radon (Rn-222) ja toron (Rn-220) kuitenkin laimenevat nopeasti ulkoilmassa eivätkä aiheuta ongelmaa lähiasukkaille. Veden mukana tapahtuva leviäminen on merkittävin. Näytelajeja suunniteltaessa otettiin myös huomioon Lapin luonnolle ominainen ravintoketju: jäkälä, naava, sienet - poro -ihminen, jossa radionuklidit rikastuvat tehokkaasti sekä lisäksi Lapille tärkeät luonnontuotteet.

Liitteessä 1 on esitetty tarkemmin näytetiedot. Nab Labsin sertifioidut näytteenottajat Jouni Paso ja Jouni Haikonen (JoH) toimittivat vesi- ja sedimenttinäytteet STUKille. Pöyry Environment toimitti sieni- ja näkinsammalnäytteet (*Fontialis antipyretica* ja *Fontinalis dalecarliga*). Kala-, poronliha-, jäkälä- naava- ja riistanlihanäytteet tilattiin paikallisilta asukkailta. Osan näytteistä STUK keräsi itse. STUK ohjeisti näytteiden toimittajille näytteenoton ja näytteenottopisteet. STUKin Tutkimus ja ympäristövalvonta -osaston johtaja Tarja K. Ikäheimonen auditoi Nab Labsin ja Pohjois-Suomen alue-laboratorion näytteenoton 12.–13.8.2008. Auditointiraportti on esitetty liitteessä 2.

Jokivesinäytteet otettiin suoraan 10 litran kanistereihin, jotka olivat uusia ja käyttämättömiä. Pohjavesinäytteet otettiin käsikäyttöisellä alipainepumpulla, keräysastiat olivat lasia (1 l) radonmittausta varten sekä muovikanistereita (10 l) muihin analyysihin (kuva 3.). Putket pumpattiin ensin tyhjiksi ja näyte otettiin putkeen tulleesta uudesta vedestä. Myös lähdevedestä otettiin näytteet (kuva 4.). Sedimenttinäytteet otettiin vanhasta selkeytysaltaasta Ekman -noutimella. Virtavesistä sedimenttinäytteet otettiin muovipullosta ja varresta valmistetulla näytteenottimella. Varren pituus oli noin 2m ja katkaistun pullon suun halkaisija noin 10cm, (pieni halkaisija pieni huuhtouma). Näytteet otettiin mahdollisimman syvältä, korkealla ollut vedenpinta vaikeutti hieman näytteenottoa. Kuvassa 5 on kuvattu maanäytteenotto vanhalta läjitysalueelta.

Taulukko 1. Saapuneet näytteet.

Näyte	Näytemäärä (kpl)
Jokivesi	14
Jokisedimentti	14
Näkingsammal	15
Kalat	9 (4 Nuorttijoki, 2 Yli-Nuorttijoki, 1 Loitsanjärvi, 1 Sotajoki, 1 Soklioja) taimen ja harjus
Jäkälä	3 porojen laidunalueilta
Sienet	16
Naava	3 porojen laidunalueilta
Marjat	1 hilla (Savukosken kunta), 1 variksenmarja (Sokli), 1 puolukka (Savukosken kunta), 1 mustikka (Savukosken kunta)
Poronliha	7
Riistanliha	2 hirvinäytettä
Pohjavesi	1 lähdevesi parakin läheltä, 2 pohjavettä läjitysalueen takana, 6 tullut lisäksi Pöyryltä
Vanha-allasalue	1 sedimentti, 1 vesi
Maaperä	3 vanhalta läjitysalueelta
Hiekka	2 Kaulusrovan ohutmaapeitteinen niobimalmialue



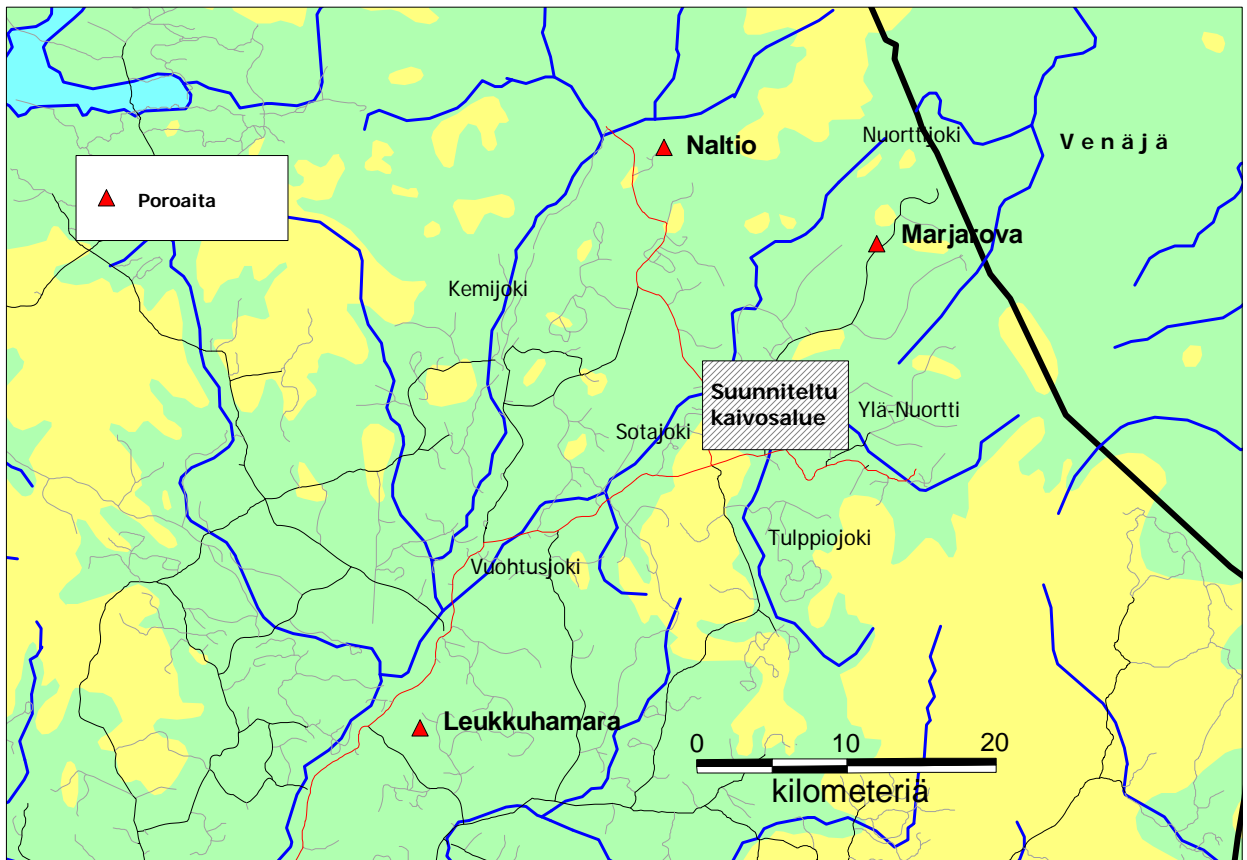
Kuva 3. Pohjaveden ottaminen suolta vanhan läjitysalueen takaa (Nab Labs).



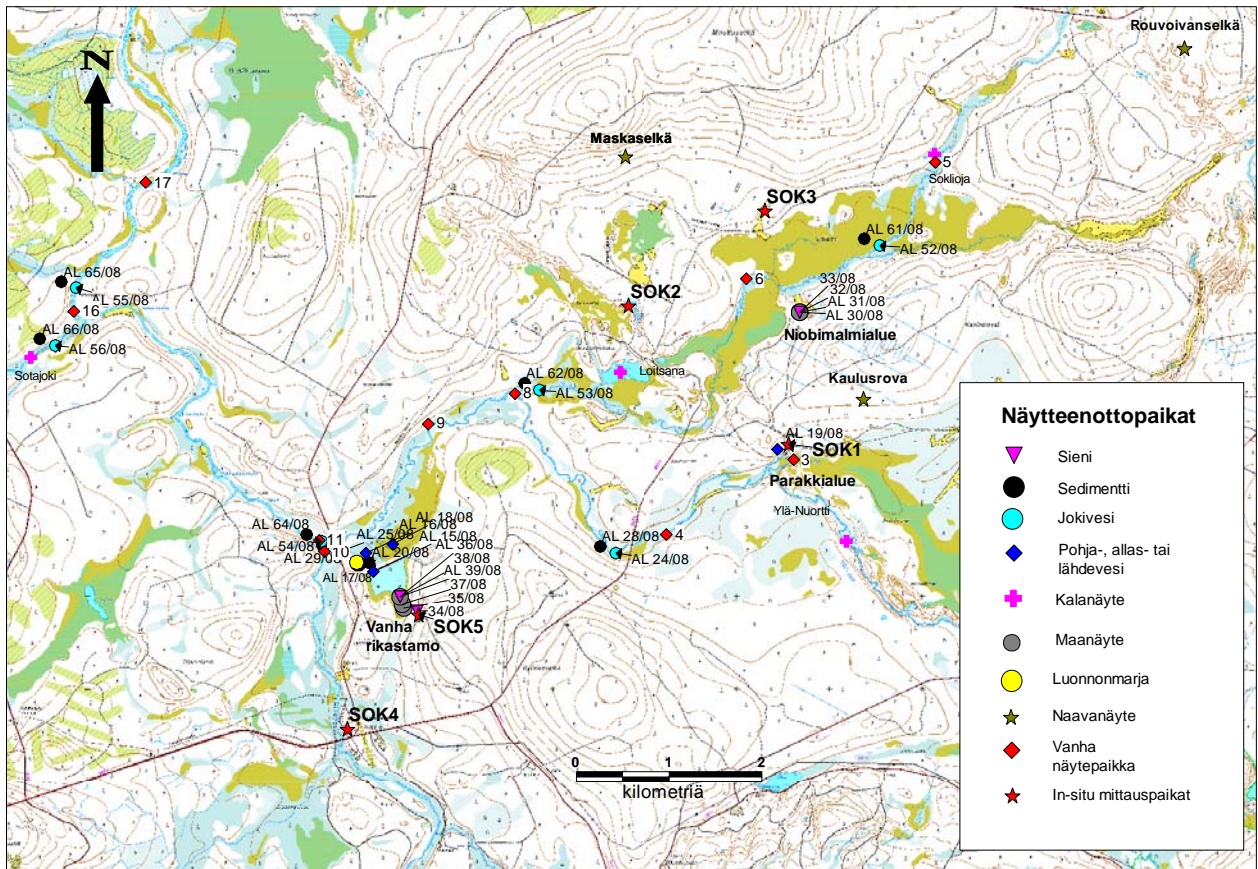
Kuva 4. Lähdeveden ottaminen parakkinen takaa litran lasipulloon radonin mittausta varten (STUK).



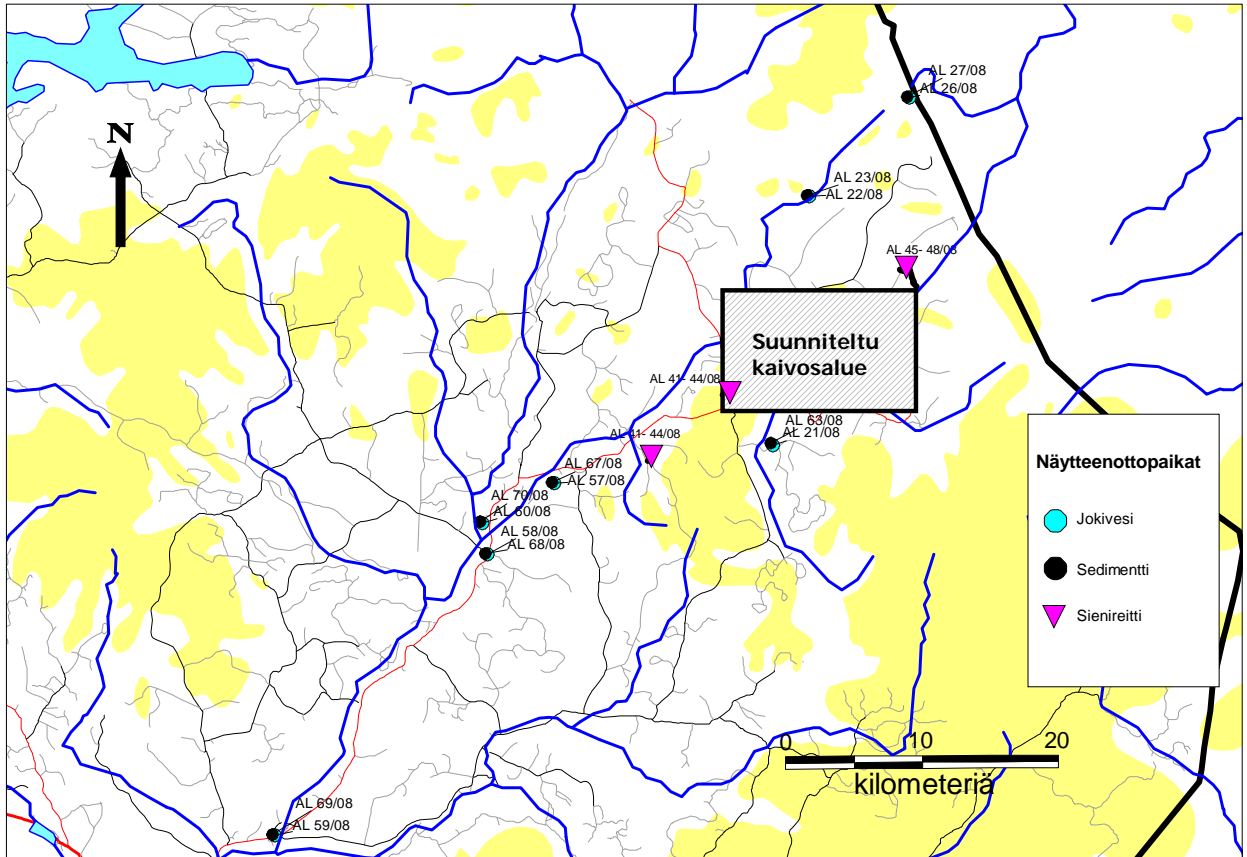
Kuva 5. Maanäytteenotto vanhalta läjitysalueelta (STUK ja Nab Labs).



Kuva 6. Kemin-Sompion paliskunnan poroerotusaidat, joista saatu poronlihanäytteet, sekä Kemi- ja Nuorttjoen vesistöt.



Kuva 7. Näytteenottoaikat suunnitellun kaivosalueen läheisyydessä.



Kuva 8. Näytteenottoaikat suunnitellun kaivosalueen ulkopuolella.

2.1 Näytteiden esikäsittely

Kaikki näytteet punnittiin ennen esikäsittelyä. Osa näytteistä pakastettiin ennen esikäsittelyä. Marja-, sieni-, näkinsammal- ja naavanäytteet puhdistettiin roskista. Sienet ja lihat paloitteltiin. Näytteet kuivattiin lämpökaapissa 105 °C tai kylmäkuivurissa ja homogenisoitiin. Sedimentti-, hiekka- ja maaperänäytteet seulottiin 2 mm seulalla. Seulaan jäänyt mahdollinen orgaaninen aines ja kivet punnittiin erikseen. Gammamittausta varten näytteet purkettiin T- tai Williams-purkkiin, punnittiin ja vakuoitiin.

Vesinäytteitä otettiin 10 l/näytepiste. Vedet toimitettiin heti näytteenoton jälkeen STUKkiin ja esikäsiteltiin välittömästi. Po-210/Pb-210 analyysiin erotettiin 2 l näytettä. Loppuun määrään lisättiin 80 ml väkevää suolahappoa (HCl) ja sekoitettiin hyvin. Uraanianalyysiin (U-234, U-238) lähetettiin Helsinkiin STUKin Nuklidianalytiikkalaboratorioon 2 l näytettä (tulokset loppuraportissa). Gamma-

analyysiin otettiin 5 l näytettä ja niihin lisättiin Ba- ja Cs-kantajat. Kantajat lisättiin, ettei tutkittava nuklidi (ne jotka ovat herkästi absorboituvia) absorboituisi astian seinämiin happokäsittelystä huolimatta. Kantajana käytettiin tutkittavan nuklidin inaktiivista isotooppia tai sen inaktiivista analogia. Näytteet haihdutettiin kuiviin infrapunalamppujen alla haihdutusmaljoissa ja tuhitettiin posliiniupok-
kaissa 450°C yli yön. Tuhka siirrettiin punnittuun, näytetiedot omaavalla etiketillä merkittyn Williams purkkiin ja punnittiin. Sen jälkeen näytteet vakumoitiin gammamittausta varten.

Polonium-210 analyysijä varten kiinteät näytteet saatiin liuosmuotoon MARS mikroaaltopolttolaitteella happojen avulla. Nestemäiset näytteet (2 l) konsentroititiin haihduttamalla. Ennen MARS polttoa tai haihdutuksia näytteisiin laitettiin Po-209 merkkiaine.

3 ANALYYSI- JA MITTAUSMENETELMÄT

3.1 Gammaspktrometria

Perustilaselvitykseen kuuluvien ympäristönäytteiden gammasäteilyä emittoivien radionuklidien mitaukset tehtiin Säteilyturvakeskuksen Pohjois-Suomen aluelaboratoriossa Rovaniemellä. Laboratorio on akkreditoitu tekemään gammaspektrometrisiä analyysijä SFS-EN-ISO/IEC 17025:2005 standardin mukaan. Analyysimenetelmän periaatteet ja kalibrointi on kuvattu standardissa IEC 1452: 1995 (*International standard IEC 1452 (1995), Nuclear instrumentation-Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides-Calibration and use of germanium spectrometers.*) Näytteistä analysoitiin seuraavat nuklidit: Ra-226, Ra-228, Th-228, Th-232, U-235 ja U-238.

Pohjois-Suomen aluelaboratoriossa on neljä lyijysuojan sisällä olevaa HPGe-ilmaisinta. Ilmaisimet ovat p-tyyppin germanium ilmaisimia, joita jäähdytetään sähköjäähdyttimellä. Neljästä ilmaisimesta yksi ilmaisim on alhaistaustainen, joka on lisäksi alhaistaustaisessa lyijysuojassa. Loput kolme ovat tavallisia ilmaisimia, joissa taustaominaisuudet ovat selkeästi huonommat. Näillä ilmaisimilla mitattaessa määritysrajat jäävät huomattavasti alhaistaustaista ilmaisinjärjestelmää korkeammiksi. Ennen mittauksia selvitettiin laboratorion taustasäteilyominaisuudet, jotta ne voitiin ottaa asianmukaisesti huomioon tulosten laskennassa.

3.1.1 Näytteen mittaaminen

Tässä tutkimuksessa käytettiin kahta mittausgeometriaa, Williams ja T-purkki. Vakuuminenettel-
mässä näyte laitetaan tavalliseen Williams tai T-purkkiin, tämän jälkeen näyte laitetaan muovilla pinnoi-
tetun alumiinipussin sisälle. Kuvassa 9 on vakumoitu näyteastia.



Kuva 9. Vakumoitu sedimenttinäyte. Näyteastia (T-purkki) on kuvan keskellä alumiini-
sen pussin sisällä.

Alumiini pidättää radonkaasun pussin sisällä. Pussiin imetään vakuumi tavallisella kaupallisessa käy-
tössä olevalla vakuumointilaitteella. Tämän jälkeen näytettä seisotetaan kolme viikkoa, jotta radonin
hajoamistuotteet ovat tasapainossa. Näiden hajoamistuotteiden perusteella lasketaan haluttujen iso-
tooppien pitoisuudet. Näin ollen näytteen mittaamiseen käytetty aika riippuu näytteen koosta, näyte-
matriisista sekä näytteen aktiivisuudesta. Näytteiden mittausaika vaihtelee näytteestä riippuen kah-
desta tunnista aina kolmeen päivään.

3.1.2 Tulosten laskeminen

Luonnon radioaktiivisuuspitoisuuksien määrittäminen on yleisesti ottaen hankalaa johtuen yllä esite-
tyistä syistä sekä ydinfysikaalisista syistä. Kiinnostuksen kohteena olevista isotoopeista vain muuta-
man pitoisuus pystytään määrittämään suoraan nuklidista lähtevän säteilyn perusteella. Monen iso-
toopin pitoisuudet joudutaan laskemaan hajoamissarjaan kuuluvien tyttären perusteella. Seuraavien

3.1.3 Radonin mittaus vedestä

Radon mitattiin paikallislaboratoriomittarilla (NaI-ilmaisim) kolmesta STUKin ottamasta pohjavesinäytteestä heti seuraavana päivänä näytteenoton jälkeen. Radonin mittausmenetelmää ei ole akkreditoitu Pohjois-Suomen aluelaboratoriossa, joten näytteenoton yhteydessä otettiin rinnakkaisnäytteet, jotka mitattiin akkreditoidulla menetelmällä Helsingin STUKin Nuklidianalytiikkalaboratoriossa. Tuloksia vertailtiin keskenään.

3.2 Alfaspektrometria

Polonium-210 ja lyijy-210 määritettiin radiokemiallisesti akkreditoidulla menetelmällä. Menetelmä on akkreditoitu SFS-EN-ISO/IEC 17025:2005 standardin mukaan. Polonium määrittäminen tehtiin spontaanilla saostuksella hopealevyille ja mitattiin alfaspektrometrillä (Alpha Analyst, Canberra). Lyijy-210 määritetään samasta näytteestä, josta Po-210 ensin saostettiin ja johon Po-210 sen jälkeen annetaan kasvaa sisään noin puolen vuoden ajan. Tämän jälkeen Po-210 ja Pb-210 tulokset voidaan laskea näytteenottohetkeen. Mittausaika poloniumille oli 4000 minuuttia.

3.3 *In-situ* mittaukset

Soklin alueella suoritettiin spektrometrisia *in-situ* mittauksia viidessä eri kohteessa 15.10.2008. Mittausten tarkoituksena oli selvittää radioaktiivisten aineiden esiintymistä suunnitellulla kaivosalueella ja luoda perustaso johon jatkossa suoritettavia mittauksia voidaan verrata. Mittaukset suoritettiin kannettavalla Ametek Ortec Detective HPGe-spektrometrillä (kuva 11). Lisäksi kaivosalueen yleistä säteilytilannetta kartoitettiin ajamalla alueen teitä Säteilyturvakeskuksen liikkuvalla laboratorionla (kuva 12). Ajon aikana mitattiin annosnopeutta ja autoa ympäröivää säteilykenttää NaI-tuikemilmaisimiin perustuvilla spektrometreillä.



Kuva 11. *In-situ* mittausten mittausjärjestely. Järjestely oli sama kaikilla viidellä mitta-
uspaikalla. Kuva on otettu mittaustaikalla SOK4 (Tulppion maja).



Kuva 12. Säteilyturvakeskuksen liikkuva laboratorio.

3.3.1 In-situ mittauspaikat

In-situ mittauspaikkojen tiedot on esitetty taulukossa 2. Mittauspisteet näkyvät kartalla kuvassa 14.

Taulukko 2. In-situ mittauspaikkojen tiedot.

Koodi	Koordinaatit [lon/lat WGS84]	Ilmaisimen korkeus maasta [cm]	Kuvaus
SOK1	29.32192 67.79793	89	Kaivosalueen tukikohta
SOK2	29.28052 67.81122	88	Loitson-monttu
SOK3	29.31518 67.82053	91	Pohjoinen niobimalmi- alue
SOK4	29.20981 67.76988	95	Tulppion maja
SOK5	29.22770 67.78101	92	Koerikastamo

Jokaisessa mittauspisteessä suoritettiin 30 minuutin mittaus (mittausaika kaikissa 1801 s). Mittaustulokset tallennettiin kentällä ja analysoitiin jälkikäteen Aatami-ohjelmalla. Tallennetuista spektreistä analysoitiin luonnonnuklidien sekä ¹³⁷Cs laskeuman aiheuttamat piikit. Koska mittausgeometriat ja mittausympäristöt vaihtelivat suuresti, ei mittaustuloksista ole mahdollista laskea eri mittauspisteiden välillä vertailukelpoisia aktiivisuuskatteita eri nuklideille. Piikkien pinta-alat kuitenkin kuvastavat kyseessä olevasta nuklidista peräisin olevan säteilyn määrää mittauspisteessä.

3.3.2 Annosnopeusmittaukset

Annosnopeusmittaukset tehtiin Säteilyturvakeskuksen liikkuvan laboratorion sisälle asennetulla annosnopeusmittarilla. Annosnopeusmittari mittaa ulkoisen säteilyn ekvivalenttiannosta yhden minuutin mittaisilla mittauksilla.

Kuvat eri mittauspisteistä numerjärjestyksessä SOK1 - SOK5:







4 TULOKSET

4.1 Radon pohjavedessä

Taulukossa 3 on esitetty STUKin ottaman kolmen pohjavesinäytteen radon-222 tulokset ja tuloksien epävarmuudet. Näytteitä analysoitiin Rovaniemellä (PSL) ja Helsingissä Nuklidianalytiikkalaboratoriossa (NAL) ja molemmissa laboratorioissa saatiin yhtäpitävät tulokset. Suolla mitatuissa vesissä radon pitoisuus oli matala, lähteessä vanhojen parakkien takana pitoisuus oli keskimäärin 100 Bq/l.

Yksityisessä käytössä olevien kaivojen vedelle radonia koskeva toimenpideraja on 1000 Bq/l. Vesilaitosten vedessä radonpitoisuus saa olla enintään 300 Bq/l (enintään 0,5 mSv/vuodessa säteilyannosta).

Taulukko 3. Rn-222 (Bq/kg) pitoisuudet pohjavedestä

Näyte Näytteenottoaika	Rn-222, NAL Bq/kg (epäv. %)	Rn-222, PSL Bq/kg (epäv. %)
Lähdevesi AL14/08 Parakkien takaa	120 (5) 115 (5)*	104 (20)
Pohjavesi AL12/08 Suo, vanhan läjitysalueen takana	5 (20)	<25
Pohjavesi AL13/08 Suo, vanhan läjitysalueen takana	6 (17)	<25

* kaksi rinnakkaisnäytettä

4.2 Ra-226, Ra-228, Th-228, Th-232, U-235 ja U-238 aktiivisuuspitoisuudet

Kaikki gammatulokset on esitetty yksityiskohtaisesti liitteessä 3. Tulokset on ilmoitettu Bq/kg kuivapainoa (k.p.) kohti. Myös kuiva-aine % on ilmoitettu. Epävarmuudet ovat ilmoitettu 2 sigman tarkkuudella, joka tarkoittaa, että tulokset ovat 95 %:n todennäköisyydellä ilmoitettujen tulosrajojen sisällä. Kaikkia vuonna 2008 saapuneita näytteitä ei ole vielä ehditty mittaamaan, joten loput tulokset esitetään loppuraportissa toukokuussa 2010.

4.2.1 Aktiivisuuspitoisuudet näytelajeittain

Niobimalmihiekka

Niobimalmihiekassa havaittiin yleisesti ottaen suurimmat Ra-226, Ra-228, Th-228, Th-232, U-235 ja U-238 pitoisuudet. Hiekkänäytteet ovat Soklin niobimalmihiekkaa Kaulusrovan ohutmaapeitteiseltä niobimalmialueelta, jossa luonnonnuklidien pitoisuuksien odotetaan olevan suurimmat. Aktiivisuuspitoisuudet ovat useilla nuklideilla useita tuhansia Bq/kg. Taulukossa 4 on esitetty mitattujen niobihiekkänäytteiden aktiivisuuspitoisuuden vaihtelu eri radium, torium ja uraani-isotoopeille.

Niobimalmissa etenkin toriumpitoisuus on korkea. Normaali maa- ja kallioperän toriumpitoisuus on 20-80 Bq/kg. Soklin fosforimalmin toriumpitoisuus on keskimäärin noin 140 Bq/kg. Soklin niobihiekan uraani-238 pitoisuus oli suurimmillaan 2200 Bq/kg. Maailmalla olevilla uraanikaivoksilla pitoisuudet ovat yleensä ottaen yli 10000 Bq/kg.

Taulukko 4. Niobimalmialueen hiekkänäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg k.p.]
Ra-226	1500 - 1700
Ra-228	3400-10000
Th-228	3000-7700
Th-232	3500-8500
U-235	<130-150
U-238	1800-2200

Maaperä

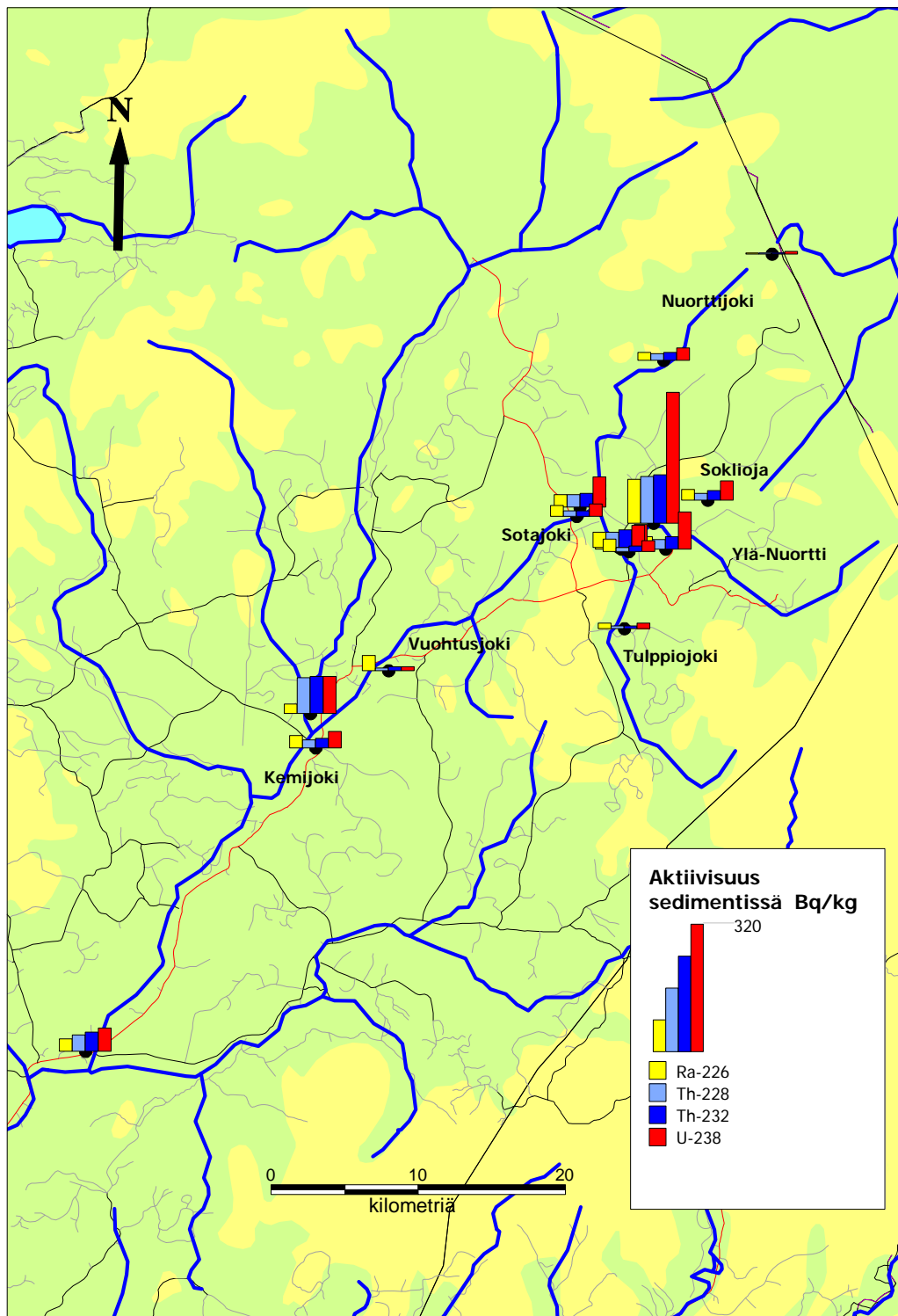
Maaperänäytteitä otettiin kolmesta kuopasta vanhalta läjitysalueelta. Niobihiekkänäytteisiin verrattuna pitoisuudet ovat noin 10-kertaa alhaisemmat. Maaperänäytteiden aktiivisuuspitoisuudet ovat yleisesti muutamia satoja Bq/kg. Taulukossa 5 on esitetty maaperänäytteiden aktiivisuuspitoisuuden vaihtelu eri isotoopeille.

Taulukko 5. Maaperänäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluväli.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg k.p.]
Ra-226	610 - 710
Ra-228	560- 650
Th-228	490 - 620
Th-232	550-660
U-235	50-100
U-238	530-1000

Sedimentti

Sedimenttinäytteissä aktiivisuuspitoisuudet olivat maanäytteiden pitoisuuksia huomattavasti pienemmät. Pitoisuudet vaihtelivat muutamasta Bq/kg kohden aina sadan becquerelin luokkaan. Ero suurimman ja pienimmän pitoisuuden välillä saattoi kasvaa 50-60 -kertaiseksi. Yleisesti sedimenttinäytteiden aktiivisuuspitoisuudet olivat muutamia kymmeniä Bq/kg. Taulukossa 6 on esitetty mitattujen näytteiden aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit. Kuvassa 13 on esitetty Ra-226, Th-228, Th-232 ja U-238 pitoisuudet sedimenteissä teemakartalla.



Kuva 13. Ra-226, Th-228, Th-232 ja U-238 pitoisuudet sedimenteissä.

Taulukko 6. Sedimenttinäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg k.p.]
Ra-226	2,2 - 104
Ra-228	3,6 - 112
Th-228	2,2 - 112
Th-232	3,2 - 116
U-235	0,7 - 14
U-238	5 - 312

Pohjavesi

Pohjavesinäytteiden pitoisuudet olivat monessa tapauksessa alle määrittämissä rajoissa. Määrittämissä rajoissa vaihtelu riippuu näytteen koosta, käytetystä mittausajasta, taustasta ja ilmaisimesta. Vesinäytteiden mittaus tuloksien vaihteluväli on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Pohjavesinäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg]
Ra-226	<0,004 - 0,016
Ra-228	<0,006 - <0,013
Th-228	<0,009 - <0,017
Th-232	<0,004 - 0,016
U-235	<0,007 - <0,010
U-238	<0,028 - < 5,2

Jokivesi

Pitoisuudet olivat hyvin pieniä ja yli määrittämissä rajoissa olevia tuloksia saatiin vain muutamasta näytteestä. Jokivesinäytteiden mittaus tuloksien vaihteluväli on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Jokivesinäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg]
Ra-226	<0,004 - 0,016
Ra-228	<0,0056 - 0,022
Th-228	<0,008 - 0,032
Th-232	<0,005 - <0,012
U-235	<0,004 - 0,034
U-238	<1,0 - <8,6

Poronliha

Tutkimukseen analysoitiin poronlihanäytteitä Kemin-Sompion paliskunnan alueelta eri erotuspai-koista. Poronlihassa kuiva-aineprosentti on yleisesti 20-30 %. Tulokset jäivät yleisesti ottaen alle määritysrajan joka oli muutamia Bq/kg. Taulukossa 9 on esitetty poronlihanäytteistä mitattujen tu-loksien vaihteluväli.

Taulukko 9. Poronlihanäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg k.p.]
Ra-226	<1,5 - 7,1
Ra-228	<1,2 - 7,4
Th-228	<1,8 - <4,9
Th-232	<1,3 - <5,2
U-235	<1,4 - 3,0
U-238	<3,8 - <290

Sienet

Sienissä kuiva-aineosuus on tavallisesti noin 10 % luokkaa. Sienissä aktiivisuuspitoisuudet olivat kauttaaltaan melko pieniä jätään useasti alle määritysrajan. Varsinaisia tuloksia saatiin vain muuta-masta näytteestä. Taulukossa 10 on esitetty sieninäytteiden mittaustuloksien vaihteluväli. Sieninäyt-teiden keräyspaikat on merkitty kuvaan 7 ja 8. Yksittäisen sieninäytteen keräyspaikka on luettavissa kuvassa 8 esiintyvistä näyttenumerosta siten, että symbolin ja näytetunnuksin merkitty paikka esittää tuloksissa mainittua kartta1, kartta2 tai kartta3 paikkaa.

Taulukko 10. Sieninäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg k.p.]
Ra-226	<1,8 - <4,8
Ra-228	<2,2 - 58
Th-228	<2,6 - 66
Th-232	1,8 - 57
U-235	1,1 - <5,0
U-238	<4,4 - <140

Marjat

Hillanäytteen marjat ovat sekoitus, jossa marjat on kerätty koko Savukosken kunnan alueelta. Varik-senmarjat STUK keräsi Soklista vanhan läjitysalueen takana olevalta vallilta. Marjoissa kuiva-

aineprosentti on noin 15 %. Aktiivisuuspitoisuudet marjoissa vain muutamia Bq/kg. Variksenmarjoissa korkein pitoisuus oli U-238 69 Bq/kg (epävarmuus 76%). Taulukossa 11 on esitetty marjanäytteiden mittaustuloksien vaihteluväli.

Taulukko 11. Marjanäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg k.p.]
Ra-226	<2,1
Ra-228	<1,2 -2,1
Th-228	<1,3
Th-232	<1,3 - 1,7
U-235	<1,6 - <1,8
U-238	<5,5 - 69

4.3 Po-210 tulokset

Taulukossa 12 on esitetty yhteenveto ensimmäisen saostuksen jälkeen mitatuista poloniu-210 tuloksista mittauspäivänä kuiva painoa kohti laskettuna. Mittaukset on tehty kuuden kuukauden sisällä näytteiden saapumisesta. Po-210 ja Pb-210 tulokset näytteenottopäivänä saadaan vasta puolen vuoden seisotuksen ja uuden mittauksen jälkeen laskettua (loppuraportti). Po-210 puoliintumisaika on 128 päivää, joten osa poloniumista on jo hajonnut pois mittauspäivänä ja sitä on kasvanut myös sisään sen emonuklidista (Pb-210) näytteenottopäivästä lukien. Täten lopulliset Po-210 pitoisuudet voivat olla enimmiltään 2-3 kertaisia. Po-210 tulokset olivat korkeimpia sienissä ja matalimpia joki- ja pohjavesissä.

Taulukko 12. Yhteenveto Po-210 tuloksista.

Näyte	Bq/kg k.p. ^x
Poronliha	3 - 31
Pohjavesi	0,03 - 0,04
Jokivesi	0,002 - 0,02
Kangastatti	276
Koivunpunikitatti	82
Kangasrousku	14 - 23
Hapero	6 - 7
Maamuna	62
Hilla	1
Variksenmarja	4

^xtulokset mittauspäivänä. Lopulliset tulokset ovat 1-3 kertaisia.

4.4 In-situ mittausten ja annosnopeusmittausten tulokset

Taulukossa 13 on esitetty analysoitujen nuklidien analysoitujen piikkien suuruudet sekä verrattu niitä vertailukohtana käytettyyn SOK1 mittauspisteessä havaittuihin piikkien suuruuksiin.

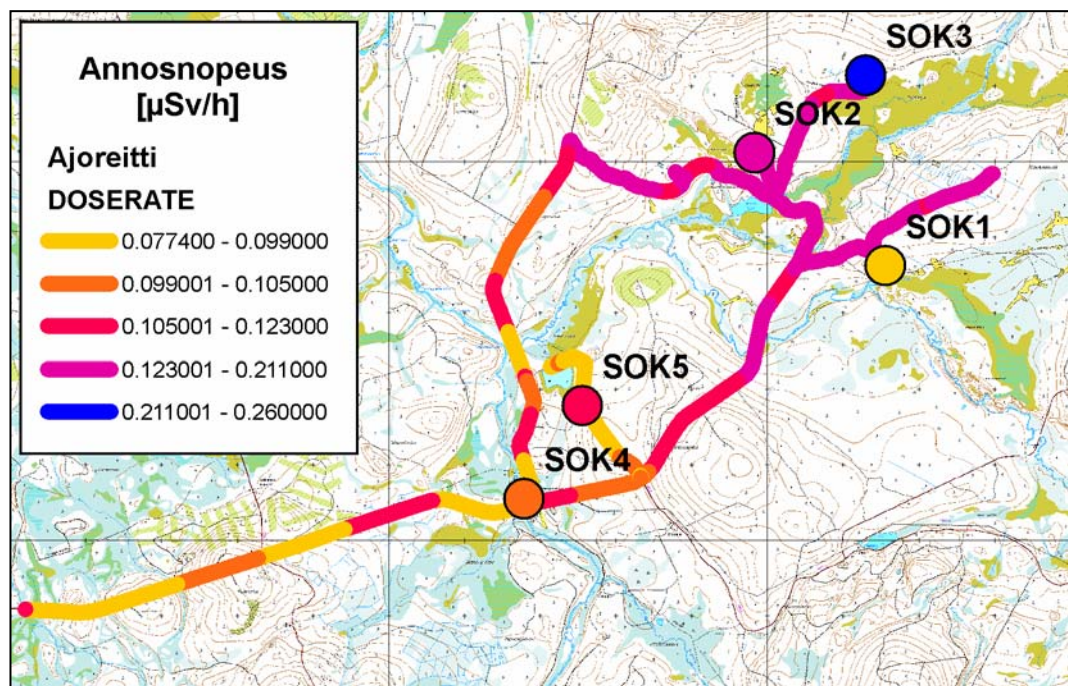
Taulukko 13. Analysoitujen piikkien suuruudet.

Nuklidi Piikin energia [keV]	Piikin pinta-ala [pulsssia, laskennallinen] Suhteellinen pinta-ala [% SOK1 pinta-alasta]				
	SOK1	SOK2	SOK3	SOK4	SOK5
Uraanisarja					
²¹⁴ Pb 351.93	179.0 ± 18.7 100 %	2172.6 ± 58.5 1214 %	1045.6 ± 46.1 584 %	80.8 ± 15.8 45 %	313.2 ± 24.2 175 %
²¹⁴ Bi 609.32	138.4 ± 14.3 100 %	1998.3 ± 49.8 1444 %	1098.8 ± 38.5 794 %	84.2 ± 12.4 61 %	308.0 ± 20.4 223 %
Toriumsarja					
²²⁸ Ac 911.32	74.0 ± 10.7 100 %	1308.4 ± 39.1 1768 %	902.8 ± 32.8 1220 %	82.8 ± 11.2 112 %	167.5 ± 15.3 226 %
²¹² Pb 238.63	243.1 ± 24.8 100 %	4074.8 ± 83.2 1676 %	2578.5 ± 73.5 1061 %	265.6 ± 25.1 109 %	608.8 ± 35.9 250 %
²¹² Bi 727.33	35.5 ± 9.3 100 %	372.5 ± 27.5 1049 %	262.9 ± 23.6 741 %	30.4 ± 9.2 86 %	58.7 ± 11.8 165 %
²⁰⁸ Tl 583.19	95.3 ± 12.9 100 %	1788.4 ± 48.0 1877 %	1277.3 ± 41.1 1340 %	106.1 ± 13.4 111 %	231.3 ± 18.7 243 %
Muut nuklidit					
²²⁶ Ra / ²³⁵ U ¹ 186.21 / 185.71	Ei havaittu	651.4 ± 71.0	341.9 ± 72.9	Ei havaittu	Ei havaittu
⁴⁰ K 1460.82	423.1 ± 21.0 100 %	480.6 ± 4.3 114 %	59.2 ± 12.1 14 %	510.1 ± 23.0 121 %	575.8 ± 24.5 136 %
¹³⁷ Cs 661.657 ²	149.4 ± 14.4 100 %	Ei havaittu	Ei havaittu	175.2 ± 15.4 117 %	52.1 ± 12.1 35 %
¹ Piikkejä ei voida erottaa toisistaan niiden läheisyyden takia. ²²⁶ Ra on uraanisarjan nuklidi ja ²³⁵ U aktiniumsarjan nuklidi. ² Piikki on ¹³⁷ Cs:n hajoamistuotteen ^{137m} Ba piikki. Piikkiä käytetään yleisesti ¹³⁷ Cs nuklidin analysointiin					

Mittaustuloksista näkee että pintamaan muokkaaminen lisää huomattavasti luonnonnuklideista aiheutuvaa annosnopeutta (2-3 kertainen). Spektreissä näkyy selvästi muutos muokatun maan ja koskemattoman maan välillä. Muutosta näkyy myös koerikastamon kohdalla. Tuloksista havaitaan selvästi myös että Cs-137 laskeuma poistuu pintamaan mukana. Cs-137 laskeumaa on tullut ympäristöön mm. 50-60 luvuilla suoritetuissa ydinasekokeista ja Tshernobylin onnettomuudesta. Kaivostoiminnassa Cs-137 ja muiden keinotekoisien, ihmisten toiminnasta aiheutuvien radionuklidien, tarkastelu ei ole kuitenkaan säteilysuojelun osalta oleellista.

Annosnopeusmittaukset

Mittaustulokset on esitetty kartalla kuvassa 14. In-situ mittauspisteitä vastaavat annosnopeudet on laskettu keskiarvona niistä annosnopeusmittauksista, jotka mitattiin laboratorion seisoessa paikallaan in-situ mittauspisteen läheisyydessä kun in-situ mittausta suoritettiin.



Kuva 14. Ulkoisen säteilyn annosnopeus kaivosalueella ja sen läheisyydessä.

Lisäksi mitattiin Inspector 1000 annosnopeusmittarilla annosnopeuksia niobimalmialueella (SOK 3:n eteläpuolelta, joen toiselta puolelta) ja vanhalla läjitysalueella (SOK 5) 10 cm päästä kohteen pinnasta. Annosnopeudet laskivat nopeasti jo metrinkin etäisyydessä. Suomen normaali taustäsäteily vaih-

telee välillä 0,05 - 0,30 $\mu\text{Sv/h}$ (mittaus tehty metrin korkeudelta). Korkein annosnopeus Soklissa mitattiin niobimalmialueella malmikasojen päältä ojan pohjalta 5,3 $\mu\text{Sv/h}$. Jos henkilö makaa niobimalmialueella ojan pohjalla 700 h, aiheutuu siitä 3,7 mSv säteilyannoksen, joka vastaa jokaisen suomalaisen vuosittain saamaa säteilyannosta. Jos henkilö makaa ojan pohjalla 19 h, niin aiheutuu siitä hänelle 0,1 mSv säteilyannos, joka on sama kuin keuhkoröntgenkuvauksesta aiheutuva annos. Vanhalla läjitysalueella annosnopeus maanpinnalla sekä näytteenottoreikien pohjalla vaihteli välillä 0,3-0,64 $\mu\text{Sv/h}$.

4.5 Vertailu vuonna 1988 mitattuihin tuloksiin

Alla olevassa taulukossa 14 on esitetty vuonna 1988 mitattujen vesinäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Karttakuvaan 6 on merkitty näytteenottpisteet. Vertaamalla taulukon 14 ja liitteessä 3 esitettyjen vesinäytteiden arvoja, nähdään tulosten olevan mittaustarkkuuden rajoissa samaa suuruusluokkaa. Näytteenottpisteet eivät ole aivan samat, joten suoraa vertailua tulosten kanssa ei voi tehdä. Ympäristönäytteissä, erityisesti pienten aktiivisuuksien kohdalla, 2-3 kertainen ero on normaalia.

Taulukko 14. Vuonna 1988 mitattujen vesinäytteiden tulokset.

Näytteen					Aktiivisuus Bq l ⁻¹		
ottpaikka	ref.pvm	²³⁸ U	²³⁴ U	²²⁶ Ra	²²² Rn	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Po
1	25.8.88	0.002	0.006	<0.004	6	<0.020	0.009
2	25.8.88	0.002	0.007	<0.004	4	<0.020	0.005
3	24.8.88	0.006	0.015	<0.004	6	0.028	0.004
4	24.8.88	0.003	0.010	0.004	6	<0.020	0.003
5	24.8.88	0.003	0.007	<0.004	5	<0.020	0.022
6	24.8.88	0.003	0.008	0.011	46	0.029	0.009
7	24.8.88	0.005	0.013	<0.004	15	0.021	0.007
8	24.8.88	0.006	0.013	0.005	14	<0.020	0.007
9	24.8.88	0.006	0.013	<0.004	17	<0.020	0.011
10	25.8.88	0.003	0.005	<0.004	6	0.028	0.007
11	24.8.88	0.004	0.013	<0.004	16	0.028	0.007
12	25.8.88	0.001	0.002	<0.004	–	0.021	0.011
13	25.8.88	0.003	0.008	0.004	3	0.030	0.011
14	23.8.88	0.006	0.014	0.004	17	<0.020	0.008
15	23.8.88	0.004	0.007	<0.004	18	<0.020	0.016
16	23.8.88	0.004	0.009	0.009	14	<0.020	0.005
17	23.8.88	0.005	0.012	0.007	8	<0.020	0.076

Jokivesien pienten pitoisuuksien takia parempi vertailukohde on vesistöjen sedimentit. Virtaava vesi kuljettaa radionuklideja, mutta suurin osa kertyy vesistöjen sedimentteihin. Taulukossa 15 on esitetty vuonna 1988 analysoitujen sedimenttinäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Nykyiset ja vanhat näytteenottpisteet eivät ole identtisiä (kuva 6), jolloin tuloksia ei voi verrata kuin suuruusluokkatasolla. Sedimenttien aktiivisuuspitoisuudet taulukoissa 14 ja liitteessä 3 ovat hyvin samanlaiset eikä nousua vuosien kuluessa ollut havaittavissa.

Taulukko 15. Vuonna 1988 mitattujen sedimenttinäytteiden tulokset.

Näytteen				Aktiivisuus Bq kg ⁻¹ k.p.				
ottopaikka	ref.pvm.	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Po	²²⁸ Ra	²²⁸ Th	²³⁵ U
1	25.8.88	120	9.5	<20	6.0	17	21	4.6
2	25.8.88	13 ¹⁾	19	<20	19	42	43	2.0
3	24.8.88	43 ¹⁾	210	250	180	170	150	11
4	24.8.88	31 ¹⁾	33	23	38	40	35	4.2
5	24.8.88	60 ¹⁾	18	120	94	43	36	6.1
6	24.8.88	250	23	23	37	35	37	11
7	24.8.88	140	49	39	43	42	39	2.5
8	24.8.88	130	58	140	120	32	35	8.2
9	24.8.88	55 ¹⁾	63	110	86	56	58	3.9
10	25.8.88	130	22	59	69	21	23	3.2
11	24.8.88	51 ¹⁾	36	35	44	44	46	3.5
13	25.8.88	7.0 ¹⁾	13	<20	14	35	32	1.4
14	23.8.88	50 ¹⁾	34	320	220	30	41	5.4
15	23.8.88	28 ¹⁾	19	25	27	28	31	1.3
16	23.8.88	9.4 ¹⁾	20	36	27	11	15	0.6
17	23.8.88	140	35	<20	24	51	52	2.9

¹⁾ Radiokemiallinen määrittäminen

5. VIITTEET

Pöllänen R. 2003. Säteily ympäristössä, toim. Roy Pöllänen, Säteilyturvakeskus, Helsinki.

Yara, Soklin kaivosohjelma info.

6. LIITTEET

Liite 1. Saapuneiden näytteiden näytetiedot.

Liite 2. Auditointiraportti.

Liite 3. Gammatulokset.

Liite 1. Saapuneiden näytteiden näytetiedot.

AL 2008	saapui pvm	näyte	määrä g,l	paikka	paikan tarken- nus	näytteen ottaja tai toimittaja	Koord. järj.	koordinaa- tit N	koordinaa- tit E
5	19.3.2008	Poron niska- liha	734,5g	Kemin- Sompio plk	Naltio	Oravan porotuote			
6	19.3.2008	Poron niska- liha	433,9g	Kemin- Sompio plk	Naltio	Oravan porotuote			
7	19.3.2008	Poron niska- liha	438,7g	Kemin- Sompio plk	Naltio	Oravan porotuote			
8	19.3.2008	Poron niska- liha	525,4g	Kemin- Sompio plk	Marjorova	Oravan porotuote			
9	19.3.2008	Poron niska- liha	470,5g	Kemin- Sompio plk	Marjorova	Oravan porotuote			
10	19.3.2008	Poron niska- liha	612,4g	Kemin- Sompio plk	Marjorova	Oravan porotuote			
11	19.3.2008	Poron niska- liha	513,7g	Kemin- Sompio plk	Leukkuhamara	Oravan porotuote			
12	13.8.2008	Radonvesi	1l	Savukoski	Sokli	STUK /Nab Labs	KKJ3	7523845,53	3593774,24
13	13.8.2008	Radonvesi	1l	Savukoski	Sokli	STUK /Nab Labs	KKJ3	7523967,17	3594053,54
14	13.8.2008	Radonvesi	1l	Savukoski	Sokli	STUK	KKJ3	7525198,86	3598154,57
15	13.8.2008	Allasvesi	10l	Savukoski	Sokli	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7523670	3593860
16	13.8.2008	Pohjavesi	10l	Savukoski	Sokli	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7523856	3593770
17	13.8.2008	Varixenmar- ja	413g	Savukoski	Sokli, vanhan läjitysalueen takana vallilta	STUK	KKJ3	7523740,24	3593689,31
18	13.8.2008	Pohjavesi	10l	Savukoski	Sokli	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7523967,17	3594053,54
19	13.8.2008	Lähdevesi	10l	Savukoski	Sokli	STUK	KKJ3	7525198,86	3598154,57
20	13.8.2008	Sedimentti	1961g	Savukoski	Sokli	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7523766	3593810
21	13.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Tulppiojoki	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7518431	3593784
22	13.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Nuorttijoki	Nab Labs/JoH	KKJ3	7536860	3595540
23	13.8.2008	Sedimentti	1591g	Savukoski	Nuorttijoki	Nab Labs/JoH		7536860	3595540
24	13.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Yli-Nuortti	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7524054	3596297
25	13.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Yli-Nuortti	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7523917	3593300
26	13.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Nuorttijoki	Nab Labs/JoH	KKJ3	7544442	3602536
27	13.8.2008	Sedimentti	1523g	Savukoski	Nuorttijoki	Nab Labs/JoH	KKJ3	7544442	3602536
28	13.8.2008	Sedimentti	1150g	Savukoski	Yli-Nuortti	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7524054	3596297
29	13.8.2008	Sedimentti	1103g	Savukoski	Yli-Nuortti	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7523917	3593300
30	13.8.2008	Maamuna	228g	Savukoski	Sokli, Kaulusro- van Niobimalmi-	STUK	KKJ3	7526743,15	3598159,15

					alue				
31	13.8.2008	Mustesieni	103g	Savukoski	Sokli, Kaulusrovan Niobimalmi-alue	STUK	KKJ3	7526743,15	3598159,15
32	13.8.2008	Hiekka	825g	Savukoski	Sokli, Kaulusrovan Niobimalmi-alue	STUK	KKJ3	7526743,15	3598159,23
33	13.8.2008	Hiekka	3304g	Savukoski	Sokli, Kaulusrovan Niobimalmi-alue	STUK	KKJ3	7526743,15	3598159,23
34	13.8.2008	Karvarousku	238g	Savukoski	Sokli	STUK	KKJ3	7523324,55	3594185,82
35	13.8.2008	Maa	1616g	Savukoski	Sokli, vanha läjitysalue	STUK	KKJ3	7523347,31	3594042,75
36	13.8.2008	Haperoita	343g	Savukoski	Sokli	STUK	KKJ3	7523470,39	3593998,28
37	13.8.2008	Maa	1092g	Savukoski	Sokli, vanha läjitysalue	STUK	KKJ3	7523387,46	3594020,19
38	13.8.2008	Maa	1192g	Savukoski	Sokli, vanha läjitysalue	STUK	KKJ3	7523470	3593998,28
39	13.8.2008	Kangasrousku	235g	Savukoski	Sokli	STUK	KKJ3	7523470	3593998,28
40	13.8.2008	Hilla	2000g	Savukoski	Sokli	Korvatunturinmaan osuuskunta			
41	15.8.2008	Kangasrousku	752g	Savukoski	Sokli	Pöyry/Sari Ylitulkila, Tiina Sauvola			
42	15.8.2008	Kangastatti	1020g	Savukoski	Sokli	Pöyry/Sari Ylitulkila, Tiina Sauvola			
43	15.8.2008	Haperoita	630g	Savukoski	Sokli	Pöyry/Sari Ylitulkila, Tiina Sauvola			
44	15.8.2008	Koivunpunikitatti	410g	Savukoski	Sokli	Pöyry/Sari Ylitulkila, Tiina Sauvola			
45	15.8.2008	Kangastatti	648g	Savukoski	Sokli	Pöyry/Sari Ylitulkila, Tiina Sauvola			
46	15.8.2008	Haperoita	372g	Savukoski	Sokli	Pöyry/Sari Ylitulkila, Tiina Sauvola			
47	15.8.2008	Koivunpunikitatti	1027g	Savukoski	Sokli	Pöyry/Sari Ylitulkila, Tiina Sauvola			
48	15.8.2008	Kangasrousku	710g	Savukoski	Sokli	Pöyry/Sari Ylitulkila, Tiina Sauvola			
49	15.8.2008	Haperoita	330g	Savukoski	Sokli	Pöyry/Sari Ylitulkila, Tiina Sauvola			
50	15.8.2008	Kangastatti	857g	Savukoski	Sokli	Pöyry/Sari Ylitulkila,			

						Tiina Sauvola			
51	15.8.2008	Kangasrousku	729g	Savukoski	Sokli	Pöyry/Sari Ylitulkila, Tiina Sauvola			
52	15.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Soklioja	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7527507	3598984
53	15.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Soklioja	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7525774	3595391
54	15.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Yli-Nuortti	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7524024	3593117
55	15.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Nuorttijoki	Nab Labs/JoH	KKJ3	7526630	3590340
56	15.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Sotajoki	Nab Labs/JoH	KKJ3	7526007	3590141
57	15.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Vouhtusjoki	Nab Labs/JoH	KKJ3	7514867	3577876
58	15.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Vouhtusjoki	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7509404	3573189
59	15.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Kemijoki	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7488019	3558573
60	15.8.2008	Jokivesi	10l	Savukoski	Kemijoki	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7511709	3572727
61	15.8.2008	Sedimentti	1673g	Savukoski	Soklioja 1	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7527507	3598984
62	15.8.2008	Sedimentti	1248g	Savukoski	Soklioja 2	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7525774	3595391
63	15.8.2008	Sedimentti	492g	Savukoski	Tulppiojoki	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7518528	3593749
64	15.8.2008	Sedimentti	1328g	Savukoski	Yli-Nuortti	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7524024	3593117
65	15.8.2008	Sedimentti	1535g	Savukoski	Nuorttijoki	Nab Labs/JoH	KKJ3	7526630	3590340
66	15.8.2008	Sedimentti	1794g	Savukoski	Sotajoki	Nab Labs/JoH	KKJ3	7526007	3590141
67	15.8.2008	Sedimentti	759g	Savukoski	Vouhtusjoki	Nab Labs/JoH	KKJ3	7514867	3577876
68	15.8.2008	Sedimentti	1043g	Savukoski	Vouhtusjoki	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7509404	3573189
69	15.8.2008	Sedimentti	1465g	Savukoski	Kemijoki	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7488019	3558573
70	15.8.2008	Sedimentti	1441g	Savukoski	Kemijoki	Nab Labs/Paso Jouni	KKJ3	7511709	3572727
73	12.9.2008	Taimen	397,5g	Savukoski	Nuorttijoki	Karpeeki Teuvo			
74	12.9.2008	Taimen	343,5g	Savukoski	Nuorttijoki	Karpeeki Teuvo			
(71), 75	12.9.2008	Taimen	203,1g	Savukoski	Nuorttijoki	Karpeeki Teuvo			
(72), 76	12.9.2008	Harjus	335g	Savukoski	Nuortti- ja Yli- Nuorttijoki	Karpeeki Teuvo			
77	12.9.2008	Taimen	258,8g	Savukoski	Loitsanjärvi	Karpeeki Teuvo			
78	12.9.2008	Taimenien suolisto	144g	Savukoski	Loitsanjärvi	Karpeeki Teuvo			
83	2.10.2008	Taimen	90,56g	Savukoski	Yli-Nuorttijoki	(Karpeeki toiminut kalastajien oppaana)			
84	2.10.2008	Taimen	236,2g	Savukoski	Soklioja	(Karpeeki toiminut kalastajien oppaana)			
85	2.10.2008	Taimen	388,4g	Savukoski	Sotajoki	(Karpeeki toiminut kalastajien oppaana)			
86	2.10.2008	Taimen	211,2g	Savukoski	Nuorttijoki	(Karpeeki toiminut kalastajien oppaana)			
91	21.10.2008	Naava	669g	Savukoski	Rovoivanselkä	Hannuniemi Raimo			

92	21.10.2008	Naava	912g	Savukoski	Kaulusrova etelänokka	Hannuniemi Raimo			
93	21.10.2008	Naava	786g	Savukoski	Maskaselkä	Hannuniemi Raimo			
94	21.10.2008	Pohjavesi	5l	Savukoski	Sokli	Pöyry Environment OY/Yara Suomi	KKJ3	7526098	3596207,71
95	21.10.2008	Pohjavesi	5l	Savukoski	Sokli	Pöyry Environment OY/Yara Suomi	KKJ3	7526033,51	3595910,46
96	21.10.2008	Pohjavesi	5l	Savukoski	Sokli	Pöyry Environment OY/Yara Suomi	KKJ3	7526105,85	3596472,67
97	21.10.2008	Pohjavesi	5l	Savukoski	Sokli	Pöyry Environment OY/Yara Suomi	KKJ3	7526906,11	3596353,74
98	21.10.2008	Pohjavesi	5l	Savukoski	Sokli	Pöyry Environment OY/Yara Suomi	KKJ3	7527702,48	3596670,55
99	21.10.2008	Pohjavesi	5l	Savukoski	Sokli	Pöyry Environment OY/Yara Suomi	KKJ3	7523854	3593769
100	11.11.2008	Hirvenliha	806g	Savukoski	Sokli	Teuvo Karpeeki			
101	11.11.2008	Hirvenliha	942g	Savukoski	Sokli	Teuvo Karpeeki			
102	11.11.2008	Näkinsammal	257,6g	Savukoski	Yli-Nuorti	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7524256	3596559
103	11.11.2008	Näkinsammal	341,9g	Savukoski	Soklioja	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7530123	3600895
104	11.11.2008	Näkinsammal	354,6g	Savukoski	Nuorttijoki	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7529380	3590774
105	11.11.2008	Näkinsammal	490,5g	Savukoski	Nuorttijoki	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7526032	3591452
106	11.11.2008	Näkinsammal	118,8g	Savukoski	Yli-Nuorti	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7524557	3593858
107	11.11.2008	Näkinsammal	442,1g	Savukoski	Vouhtusjoki	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7515983	3579084
108	11.11.2008	Näkinsammal	333,5g	Savukoski	Sotajoki	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7524245	3588000
109	11.11.2008	Näkinsammal	421,8g	Savukoski	Nuorttijoki	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7526790	3590382
110	11.11.2008	Näkinsammal	297g	Savukoski	Sotajoki	Pöyry,Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7526174	3590277
111	11.11.2008	Näkinsammal	460,7g	Savukoski	Sotajoki	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7525807	3589816
112	11.11.2008	Näkinsammal	296,2g	Savukoski	Kemijoki	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7491971	3562776
113	11.11.2008	Näkinsammal	353g	Savukoski	Kemijoki	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7496694	3563794

114	11.11.2008	Näkinsammal	251,3g	Savukoski	Vouhtusjoki	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7509382	357353
115	11.11.2008	Näkinsammal	299,1g	Savukoski	Kemijoki	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7502623	3567475
116	11.11.2008	Näkinsammal	286g	Savukoski	Vouhtusjoki	Pöyry Environment OY/Majuri Pekka	KKJ3	7511594	3575611

Liite 2. Auditointiraportti.

SÄTEILYTURVAKESKUS

TK Ikäheimonen

12.-13.8.2008

SOKLIN SUUNNITELLUN FOSFAATTIKAIVOSHANKKEEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSIEN ARVIOINTIIN KUULUVAN RADIOLOGISEN PERUSTILASELVITYKSEN NÄYTTEENOTON AUDITOINTI

Tein auditoinnin Soklin suunnitellulla kaivosalueella ja sen lähiympäristössä tapahtuvan sen hetkisen näytteenoton sekä suunnitelmien perusteella. Tutustuin ympäristöön ja näytteenottoon PSL:n, selvityksen tilaajan ja näytteenoton alihankkijan opastuksella 12. - 13.8.2008.

HUOMIOT

- Näytteenotto ja aikataulutus on hyvin suunniteltu.
- Näytteenotto sujuu asiantuntevasti.
- Suunnitelmassa on tarpeeksi joustoa, jotta siitä voidaan poiketa silloin, kun näytettä suunnitellulta paikalta ei saada (esimerkiksi pohjasedimenttinäytteet).
- Jatkuva tiedonvälitys PSL:n ja eri toimijoiden välillä on edellä olevan vuoksi hyvin tärkeää. Se tuntui toimivan hyvin.
- Kaikkia näytteenottoalueita ei ole etukäteen merkitty ohjeistukseen/karttoihin. Tämä koskee varsinkin keräilytuotteita. Tämän takia on ensiarvoisen tärkeää saada näytteenkerääjältä tarkka tieto keräyspaikasta/paikoista. Nyt esimerkiksi lakkanäytteiden kohdalla näin ei tapahtunut. Jatkossa on pidettävä huolta, että tämä tieto saadaan. Tilaajalta on hyvä pyytää sellainen alueen kartta, jossa näkyy esiintymän alueen rajat ja josta voidaan nähdä, onko näyte kerätty esiintymäalueelta.
- Näytteenottopaikan sijainnilla saattaa olla ratkaiseva merkitys nuklidien kertymiin ja kulkeutumiseen, koska maapohja/perä on itse fosfaattiesiintymän alueella tyystin toisenlainen kuin sitä ympäröivillä alueilla. Tämä olisi ehdottomasti huomioitava tuloksia tulkittaessa nyt perustilaselvityksen yhteydessä ja myöhemmin kaivostoiminnan aikana/jälkeen tehdyissä vaikutus selvityksissä.
- Projektilla on seurantakokous ensimmäisen näytteenottokesän jälkeen. Tällöin voidaan käydä läpi myös ensimmäisen vuoden näytteenottokokemukset sekä tarkentaa/muuttaa suunnitelmia, jos on tarpeen.

Liite 3. Gammatulokset

Kemin-Somion paliskunnan poronlihatulokset

AL-tunnus	5/08	6/08	7/08	8/08	9/08	10/08	11/08
AB-tunnus	68/08	69/08	70/08	75/08	76/08	74/08	77/08
referenssi pvm	4.10.2007	11.10.2007	11.10.2007	2.11.2007	2.11.2007	2.11.2007	20.12.2007
kuiva-aine%	25,1	26,9	27,7	26,0	25,7	28,9	26,0
paikka	Naltio	Naltio	Naltio	Marjorova	Marjorova	Marjorova	Leukkuhamara
Ac-228						3,0	
epäv. %						64	
Bi-214				8,5			
epäv. %				28			
Cs-137	260	640	350	600	490	890	720
epäv. %	10	8	4	14	4	8	14
K-40	350	350	310	420	340	350	380
epäv. %	8	12	6	10	10	10	10
Pb-210					9,6		
epäv. %					82		
Pb-214				6,1			
epäv. %				36			
Po-210		3,9	3,4	18	23	5,0	31
epäv. %		20	20	10	18	20	18
Ra-226	<2,2	<3,5	<1,5	2,8	<3,6	<2,9	<2,7
epäv. %				160			
Ra-228	<3,5	<3,7	<1,2	<3,1	<2,5	0,4	<3,0
epäv. %						600	
Th-228	<3,9	<3,5	<1,8	<3,7	<4,1	<3,8	<3,8
epäv. %							
Th-232	<2,9	<5,2	<1,3	<3,7	<2,5	<2,1	<3,8
epäv. %							
U-235	<3,5	<3,3	<1,4	<3,6	3,0	<2,6	<4,0
epäv. %					140		
U-238	<12	<4,9	<290	<900	<5,0	<3,8	<13

Maanäytetulokset

AL-tunnus	32/08	33/08	35/08	37/08	38/08
Laji	Hiekka	Hiekka	Maaperä	Maaperä	Maaperä
referenssi pvm	13.8.2008	13.8.2008	13.8.2008	13.8.2008	13.8.2008
kuiva-aine%	92,5	94,6	69,7	71,9	48,1
x	67,81070	67,81070	67,78163	67,78200	67,78275
y	29,32445	29,32445	29,22400	29,22350	29,22305
Ac-228	3600	9600	650	570	720
epäv. %	2	2	4	2	2
Bi-214	1610	1350	670	580	670
epäv. %	2	6	6	2	2
K-40			130	110	130
epäv. %			38	28	30
Pa-234m	2150	1750	1000	940	640
epäv. %	36	64	44	30	52
Pb-210	520	230		230	290
epäv. %	20	6		14	16
Pb-214	1930	1430	820	670	800
epäv. %	4	8	6	4	4
Ra-226	1680	1500	700	610	710
epäv. %	10	14	14	10	10
Ra-228	3420	10000	650	560	650
epäv. %	10	16	16	10	10
Th-228	3000	7700	490	540	620
epäv. %	10	8	12	10	10
Th-232	3480	8500	640	550	660
epäv. %	10	16	18	10	10
Th-234	1030	5740	560	460	510
epäv. %	10	20	24	6	8
Tl-208	3260	8850	530	530	650
epäv. %	2	6	8	4	4
U-235	150	<130	100	70	50
epäv. %	46		32	26	36
U-238	2160	1800	1000	950	640
epäv. %	36	64	44	30	52

Metsäsienitulokset

Laji	Maamuna	Mustesieni	Karvarousku	Kangasrousku	Kangasrousku
AL-tunnus	AL 30/08	AL 31/08	34/08	AL 39/08	41/08
referenssi	13.8.2008	13.8.2008	13.8.2008	13.8.2008	14.8.2008
pvm					
kuiva-aine%	10,9	5,9	6,9	8,1	7,8
paikka					kartta1
x	67,81070	67,81070	67,78138	67,78275	
y	29,32445	29,32445	29,22736	29,22305	
Ac-228		64,1			
epäv. %		8			
Bi-214		7,02			
epäv. %		80			
Cs-137	1,75	1,99	86,4	1212	846
epäv. %	48	46	14	4	8
K-40	523	1590	938	1186	1050
epäv. %	12	8	8	6	6
Pb-210				26,6	19,1
epäv. %				52	38
Ra-226	<4,5	<4,7	<3,6	<4,8	<2,2
Ra-228	<5,0	58,0	<4,0	<3,0	3,70
epäv. %		22			54
Th-228	<6,4	66,0	<4,9	<4,7	<3,1
epäv. %		26			
Th-232	<5,0	57,0	<3,9	<3,1	<3,0
epäv. %		26			
Th-234	19,3	78,0			
epäv. %	98	40			
Tl-208		68,8			
epäv. %		14			
U-235	<4,5	<4,8	<3,6	<4,6	1,10
epäv. %					72
U-238	19,0	92,0	<140	<7,1	<4,4
epäv. %	110	38			

Metsäsienitulokset

Laji	Kangastatti	Koivunpunikkitatti	Hapero	Koivunpunikkitatti	Kangastatti
AL-tunnus	42/08	44/08	46/08	47/08	50/08
referenssi pvm	14.8.2008	14.8.2008	13.8.2008	13.8.2008	14.8.2008
kuiva-aine%	6,2	8,2	10,1	8,7	6,0
paikka	kartta1	kartta1	kartta2	kartta2	kartta3
x					
y					
Cs-137	706	165	161	230	1210
epäv. %	10	14	12	14	14
K-40	591	1020	901	942	844
epäv. %	6	8	6	8	8
Ra-226	<2,5	<2,1	<2,9	<1,8	<3,0
Ra-228	<2,2	<3,1	<2,6	<2,8	<2,7
Th-228	<2,6	<3,3	<3,8	5,4	<3,6
epäv. %				34	
Th-232	<2,6	<3,2	<3,5	1,8	<3,6
epäv. %				120	
Tl-208				5,4	
epäv. %				34	
U-235	<4,4	<3,0	<3,4	<2,6	<4,7
U-238	<12	<11	<12	<9,8	<14

Metsäsienitulokset

Laji	Kangasrousku
AL-tunnus	51/08
referenssi pvm	14.8.2008
kuiva-aine%	7,6
paikka	kartta3
x	
y	
Bi-214	2,8
epäv. %	68
Cs-137	652
epäv. %	10
K-40	978
epäv. %	6
Pb-214	2,6
epäv. %	78
Ra-226	2,4
epäv. %	100
Ra-228	<3,5
Th-228	<4,5
epäv. %	
Th-232	<3,5
epäv. %	
Tl-208	
epäv. %	
U-235	<5,0
U-238	<14

Sedimenttitulokset

AL-tunnus	AL 20/08	AL 23/08	AL 27/08	AL 28/08	AL 29/08	AL 61/08	AL 62/08
referenssi	13.8.2008	12.8.2008	13.8.2008	12.8.2008	12.8.2008	14.8.2008	14.8.2008
pvm							
kuiva-aine%	5,2	80,2	73,1	77,8	70,3	62,4	41,6
paikka	Selkeytysal- las	Nuortti- joki	Nuortti- joki	Ylä- Nuortti	Ylä- Nuortti	Soklioja	Soklioja
x	67,78546	67,90223	67,96773	67,78723	67,78697	67,81726	67,80293
y	29,21885	29,27119	29,44476	29,27798	29,20690	29,34469	29,25801
Ac-228	13,9	22,5	3,9	33,1	46,9	26,8	123,6
epäv. %	10	10	14	8	2	8	4
Bi-214	29,7	21,1	2,0	26,1	36,1	25,8	119,8
epäv. %	6	12	26	8	2	10	4
Cs-137	11,4	11,2	11,7	5,6	0,4	6,6	23,1
epäv. %	18	20	16	16	42	20	8
K-40	13,7	439	208	310	387,6		435,6
epäv. %	42	10	10	8	6		8
Pa-234m					60,7		309,6
epäv. %					38		34
Pb-210				19,2	37,3		158,6
epäv. %				42	8		10
Pb-214	32,1	22,1	2,5	33,4	42,4	27,5	156
epäv. %	8	10	16	8	4	8	4
Ra-226	31,0	20,0	2,2	28,8	37,2	25,0	104,4
epäv. %	20	24	40	10	10	22	8
Ra-228	13,0	22,0	3,6	30,0	42,0	27,0	111,6
epäv. %	22	22	28	14	8	20	8
Th-228	9,7	16,0	2,2	22,8	40,8	17,0	111,6
epäv. %	24	22	38	24	8	20	12
Th-232	12	19,0	3,20	31,2	43,2	23,0	116,4
epäv. %	24	24	30	16	8	22	20
Th-234	21,3	24,7	3,3	42,7	48,2	21,5	
epäv. %	32	34	80	14	6	38	
Tl-208	11,2	17,5	2,7	30,4	43,4	20,3	123,6
epäv. %	16	16	22	10	4	14	4
U-235	<3,6	<2,4	0,7	3,0	4,3	<2,2	14,4
epäv. %			116	122	28		40
U-238	27	31	5	87,6	61,2	47	312
epäv. %	30	36	70	64	38	60	34

Sedimenttitulokset

AL-tunnus	AL 63/08	AL 64/08	AL 65/08	AL 66/08	AL 67/08	AL 68/08	AL 69/08	AL 70/08
referenssi pvm	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008
kuiva-aine%	71,7	39,6	72,9	81,2	55,7	75,2	76,6	63,1
paikka	Tulppiojoki	Ylä-Nuortti	Nuorttijoki	Sotajoki	Vouhtujoki	Vouhtujoki	Kemijoki	Kemijoki
x	67,73855	67,78799	67,81221	67,80669	67,71040	67,66264	67,47423	67,68342
y	29,21297	29,20266	29,13904	29,13382	28,83529	28,72107	28,36559	28,71169
Ac-228	9,3	45,2	40,5	14,4	11,9	23,0	46,6	86,0
epäv. %	12	6	6	8	20	2	6	4
Bi-214	11,7	31,8	27,3	23,5	29,6	16,2	17,5	19,5
epäv. %	10	6	10	6	12	4	8	6
Cs-137	5,7	12,7	3,4	2,6	8,9	8,7	8,2	6,8
epäv. %	12	10	24	16	22	6	12	12
K-40	347	368	409	466	508		408	399
epäv. %	8	8	10	6	10		8	6
Pa-234m		52,0			88,3	40,0		
epäv. %		92			78	48		
Pb-210	32,2	52,4		61,5		23,5	19,2	24,2
epäv. %	18	18		12		10	46	28
Pb-214	12,4	39,2	30	28,1	36,3	21,3	26,5	28,3
epäv. %	10	6	10	6	10	4	8	6
Ra-226	12,0	36,0	30,0	26,4	36,0	30,0	31,2	24,7
epäv. %	20	18	18	12	22	10	22	18
Ra-228	8,8	39,6	42,0	13,2	15,0	20,4	45,6	83,2
epäv. %	22	12	18	16	30	8	10	10
Th-228	7,4	37,2	30,0	12,0	5,6	19,2	39,6	85,8
epäv. %	34	18	14	22	58	10	8	10
Th-232	8,16	44,4	34,0	12,0	9,2	21,6	45,6	88,4
epäv. %	26	14	18	18	42	8	14	12
Th-234	13,2	46,1	51,9	21,4	60,8	13,9	26,3	43,3
epäv. %	20	12	24	16	26	12	18	12
Tl-208	7,7	43,9	32,5	12,2	7,4	21,2	39,7	89,1
epäv. %	18	8	10	10	30	4	8	4

U-235	1,7	9,7	<2,2	2,6	4,7	1,7	7,4	2,5
epäv. %	88	46		66	58	50	64	78
U-238	14	51,6	71	30	8,8	39,6	55	88
epäv. %	26	92	26	16	78	48	20	10

Vesitulokset

AL-tunnus	AL 15/08	AL 16/08	AL 18/08	AL 19/08
Laji	Allasvesi	Pohjavesi	Pohjavesi	Lähdevesi
referenssi	13.8.2008	13.8.2008	13.8.2008	13.8.2008
pvm				
paikka	selkeytysallas	vanhan läjitysalueen vallin takainen suo	vanhan läjitysalueen vallin tak. suon nurkka	Yaran parakkialue
x	67,78458	67,78628	67,78718	67,79686
y	29,21995	29,21798	29,22478	29,32296
Ac-228			0,0082	
epäv. %			80	
Cs-137		0,0016		
epäv. %		74		
K-40			0,0547	0,0598
epäv. %			78	36
Ra-226	<0,008	<0,007	<0,007	<0,007
Ra-228	<0,007	<0,007	0,0070	<0,006
epäv. %			150	
Th-228	<0,010	<0,010	<0,010	<0,009
Th-232	<0,009	<0,01	0,11	<0,009
epäv. %			180	
Tl-208		0,0122	0,0186	
epäv. %			46	
U-235	<0,007	<0,007	0,0036	<0,006
epäv. %			90	
U-238	<1,8	<2,3	<0,028	<1,6

Vesitulokset

AL-tunnus	AL 94/08	AL 95/08	AL 96/08	AL 97/08	AL 98/08	AL 99/08
Laji	Pohjavesi	Pohjavesi	Pohjavesi	Pohjavesi	Pohjavesi	Pohjavesi
referenssi pvm	15.10.2008	15.10.2008	15.10.2008	15.10.2008	15.10.2008	15.10.2008
paikka	PVP155-80	PVP16-80	PV02-68	PV03-76	PV07-76	PVP6
x						
y						
Ac-228	0,0062			0,049		0,012
epäv. %	38			20		80
Bi-214				0,0066	0,0133	
epäv. %				76	40	
Cs-137				0,0079	0,0079	0,0076
epäv. %				41	24	42
K-40	0,0543				0,0709	
epäv. %	26				38	
Pb-214				0,033		
epäv. %				24		
Ra-226	<0,004	<0,006	<0,011	0,013	0,016	<0,011
epäv. %				90	62	
Ra-228	0,005	<0,008	<0,013	0,051	<0,007	0,008
epäv. %	74			34		166
Th-228	<0,005	<0,017	<0,017	<0,017	<0,011	<0,016
epäv. %						
Th-232	0,004	<0,009	<0,013	0,053	<0,007	0,016
epäv. %	120			36		130
Tl-208				0,049		0,027
epäv. %				30		50
U-235	<0,004	<0,006	<0,011	0,009	<0,008	<0,010
epäv. %				148		
U-238	<0,910	<0,007	<3,8	<3,4	<1,9	<5,2

Jokivesitulokset

AL-tunnus	AL 21/08	AL 22/08	AL 24/08	AL 25/08	AL 26/08	AL 52/08	AL 53/08
referenssi	12.8.2008	12.8.2008	12.8.2008	12.8.2008	13.8.2008	14.8.2008	14.8.2008
pvm							
paikka	Tulppiojoki	Nuorttijoki	Ylä- Nuorti	Ylä- Nuorti	Nuorttijoki	Soklioja	Soklioja
x	67,73767	67,90220	67,78723	67,78697	67,96773	67,81726	67,80293
y	29,21372	29,27119	29,27798	29,20690	29,44476	29,34469	29,25801
Ac-228	0,0122						
epäv. %	20						
Bi-214	0,0154						
epäv. %	34						
K-40		0,0277					0,0295
epäv. %		68					74
Pb-214						0,0123	
epäv. %						26	
Ra-226	<0,007	<0,0045	<0,007	<0,009	<0,004	<0,070	<0,008
Ra-228	0,019	<0,0056	<0,009	<0,012	0,003	<0,010	<0,010
epäv. %	20						
Th-228	<0,011	<0,0083	<0,011	<0,017	<0,009	0,032	<0,014
epäv. %						58	
Th-232	<0,01	<0,008	<0,01	0,012	<0,009	<0,01	<0,014
Th-234	0,2944		0,0522				
epäv. %	14		60				
Tl-208						0,0086	
epäv. %						39	
U-235	0,034	<0,0061	<0,006	<0,010	<0,003	0,016	<0,007
epäv. %	52					20	
U-238	<2,5	<1,5	<2,6	<8,6	<1,0	<2,2	<1,8
epäv. %							

Jokivesitulokset

AL-tunnus	AL 54/08	AL 55/08	AL 56/08	AL 57/08	AL 58/08	AL 59/08	AL 60/08
referenssi pvm	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008
paikka	Ylä-Nuortti	Nuorttijoki	Sotajoki	Vouhtujoki	Vouhtujoki	Kemijoki	Kemijoki
x	67,78799	67,81221	67,80669	67,71040	67,66264	67,47423	67,68342
y	29,20266	29,13904	29,13382	28,83529	28,72107	28,36559	28,71169
Ac-228				0,0102		0,0078	0,008
epäv. %				50		54	44
Bi-214						0,0046	
epäv. %						84	
Cs-137			0,0017			0,0011	0,001
epäv. %			62			68	98
Ra-226	<0,007	<0,006	<0,004	<0,006	<0,007	0,004	<0,004
epäv. %						200	
Ra-228	<0,008	<0,008	<0,006	0,022	<0,007	0,001	0,002
epäv. %				32		460	420
Th-228	<0,010	<0,010	<0,010	0,006	0,008	0,0009	<0,010
epäv. %				260	200	460	
Th-232	<0,009	<0,010	<0,005	0,01	0,008	<0,005	0,008
epäv. %				120	160		220
Th-234				0,0364			
epäv. %				78			
Tl-208				0,0101	0,0079		0,0105
epäv. %				64	88		38
U-235	<0,006	<0,006	<0,004	<0,006	<0,006	<0,004	<0,004
U-238	<2,4	<2,3	<1,0	<2,2	<2,3	<1,1	<1

Luonnonmarjatulokset

AL-tunnus	AL 40/08	AL 17/08
Laji	Hilla	Variksenmarja
referenssi pvm	12.8.2008	13.8.2008
kuiva-aine%	13,2	12,4
paikka		
x		67,78526
y		29,21596
Ac-228		3,0
epäv. %		48
Cs-137	220	0,8
epäv. %	16	54
K-40	335	270
epäv. %	10	12
Pa-234m		68,8
epäv. %		76
Ra-226	<1,1	<2,1
Ra-228	<1,2	2,1
epäv. %		144
Th-228	<1,3	<4,6
Th-232	<1,3	1,7
epäv. %		140
U-235	<1,6	<1,8
U-238	<5,5	69,0
epäv. %		76

Kalanäytetulokset

AL-tunnus	AL 84/08	AL 85/08	AL 74/08	AL 75/08
Laji	Taimenliha	Taimenliha	Taimenliha	Taimenliha
referenssi pvm	10.9.2008	12.9.2008	7.9.2008	2.9.2008
kuiva-aine%	25,3	23,5	25,5	21,9
paikka	Soklioja	Sotajoki	Nuorttijoki	Nuorttijoki
Ac-228				3,6
epäv. %				28
Cs-137	22,0	11,2	24,9	75,3
epäv. %	8	8	10	10
K-40	422	448	484	500
epäv. %	8	8	8	10
Pb-210	5,9	4,7		
epäv. %	90	94		
Ra-226	<1,8	<1,5	<1,8	<2,5
Ra-228	<1,9	<1,7	<2,0	2,6
epäv. %				122
Th-228	<3,4	<2,5	<3,3	<4,8
Th-232	<2,7	<1,7	<2,4	3,4
epäv. %				110
U-235	<1,9	<1,5	<1,6	<2,2
U-238	<580	<550	<2,3	<3,4

Kalanäytetulokset

AL-tunnus	AL 77/08	AL 78/08	AL 83/08	AL 86/08
Laji	Taimenliha	Taimenien suolis- tot	Taimenliha	Taimenliha
referenssi pvm	11.9.2008	11.9.2008	10.9.2008	12.9.2008
kuiva- aine%	23,1	31,1	25,6	22,8
paikka	Loitsanjärvi	Loitsanjärvi	Ylä- Nuortijoki	
Ac-228		4,2		
epäv. %		54		
Bi-214		5,3		
epäv. %		44		
Cs-137	20	13	28	18
epäv. %	16	16	10	18
K-40	520	230	510	530
epäv. %	10	16	12	10
Pb-210			10,0	
epäv. %			90	
Pb-214		4,0		
epäv. %		38		
Ra-226	<2,6	4,9	<3,6	<3,7
epäv. %		76		
Ra-228	<2,9	4,0	<3,6	<4,0
epäv. %		94		
Th-228	<3,4	<5,8	<7,1	<4,6
Th-232	<2,9	4,2	<3,7	<4,6
epäv. %		90		
U-235	<2,5	<2,4	<3,5	<3,6
U-238	10	<3,5	<5,2	<15

Naavatulokset

AL-tunnus	AL 91/08	AL 92/08
referenssi	20.10.2008	20.10.2008
pvm		
kuiva-aine%	0	0
paikka	Rovoivanselkä	Kaulusrovan etelänokka
Ac-228		
epäv. %		
Cs-137	18,0	21,0
epäv. %	6	18
K-40	81	74
epäv. %	12	16
Pb-210	330	
epäv. %	2	
Ra-226	<0,8	<2,3
Ra-228	<0,7	<1,6
epäv. %		
Th-228	<1,3	<1,9
Th-232	<0,7	<1,6
Th-234		60
epäv. %		18
U-235	<0,8	<1,9
U-238	<1,2	65
epäv. %		22