

Espoo 31 maaliskuuta, 2011

Työ- ja elinkeinoministeriö
PL 32
00023 Valtioneuvosto

Viite Kirjeenne 11.10.2010

TÄYDENNYS LUPAHAKEMUKSEEN YDINENERGIALAIN 2 §:N 2 MOMENTIN MUKAISEEN TOIMINTAAN

Asia: TEM/1131/08.05.01/2010
Hakija: Talvivaara Sotkamo Oy
Ahventie 4 B 47
02170 Espoo
fax. 020 7129801

Hakijan yhteyshenkilö: Eeva Ruokonen, puh. 040 56 99368, e-mail eeva.ruokonen@talvivaara.com

Työ- ja elinkeinoministeriö on pyytänyt 11.10.2010 päivättyllä kirjeellään Talvivaara Sotkamo Oy:tä (jäljempänä "Talvivaara") täydentämään 20.4.2010 päivättyä lupahakemustaan ydinenergilain 2 §:n 2 momentin mukaiseen toimintaan. Talvivaara lausuu edellä yksilöidyssä asiassa kunnioittavasti seuraavaa:

1 KAIVOKSEN JA SUUNNITELLUN URAANINEROTUSLAITOKSEN SIJAINTIKIINTEISTÖN LAINHUUTOTODISTUS

Suunniteltu uraaninerotuslaitos sijaitsee Talvivaaran omistamalla Ruusunmaa-nimisellä kiinteistöllä (kiinteistötunnus 765-402-60-18). Kyseisen kiinteistöä koskeva 15.2.2011 päivätty lainhuutotodistus on tämän kirjeen liitteenä (Liite 1). Kyseinen kiinteistö sijaitsee Talvivaara-kaivospiirin (KaivNro 2819) alueella, jota hakija hallitsee 18.2.2010 annetun kaivoskirjan perusteella.



2 SELVITYS LOUHINTAMENETelmäSTÄ

Malmiesiintymän geologiaa ja maaperän nykytilanne

Talvivaaran kaivosalueen maa- ja kallioperää on tutkittu useaan otteeseen 1930-luvulta alkaen. Maapeite on korkeilla maastokohdilla moreenia ja alavilla suoalueilla turvetta. Moreenikerros mukailee alla olevan kallioperän muotoja ja maaperätutkimusten perusteella kallion päällä on vain ohut kerros maa-ainesta.

Talvivaaran alue sijoittuu Kainuun liuskejaksena tunnetun geologisen vyöhykkeen eteläosaan, jossa vallitsevina kivilajeina ovat kvartsiitit, mustaliuskeet ja kiilleliuskeet. Mustaliuskeen päämineraaleina ovat kvartsi, kalimaasälpä, biotiitti, grafiitti sekä rikki- ja magneettikiisu. Kiisujen kokonaismäärä on noin 10-30 %.

Malmiesiintymien isäntäkivilajina on mustaliuske. Myös esiintymien sivukivi on pääosin mustaliusketta. Esiintymien sivukivilajit ovat mustaliuske, metakarbonaattikivi, kiilleliuske ja kvartsiitti. Sivukivenä oleva mustaliuske eroaa hyödynnettävästä mustaliuskeesta lähinnä alhaisemman nikkeli-, kupari-, sinkki- ja kobolttipitoisuuden perusteella.

Päämalmimineraalit ovat magneettikiisu (FeS), rikkikiisu (FeS₂), kuparikiisu (CuFeS₂), sinkkivälke (ZnS), pentlandiitti ((Fe,Ni,Co)₉S₈) ja alabandiitti (MnS). Nikkelin jakauma eri mineraalien kesken on seuraava: pentlandiitti n. 80%, magneettikiisu n.19% ja rikkikiisu n.1%. Kuparin kantajana on kuparikiisu, sinkin sinkkivälke ja kobolttin pyriitti ja pentlandiitti. Talvivaaran esiintymien mineraalivarantoarvio (2010) perustuen nikkeliarvoon 0.07% on 1 550 Mt pitoisuuksien ollessa 0,22% Ni, 0,13% Cu, 0,02% Co, 0,49% Zn ja Mn 0,35 %. Malmin keskimääräinen rikkipitoisuus on 9 %.

Talvivaaran monimetalliesiintymä koostuu Kuusilammen ja Kolmisopen malmioista, jotka ovat noin 3,5 km etäisyydellä toisistaan. Molemmat esiintymät puhkeavat pintaan ja ovat dimensioiltaan laajamittaiseen avolouhintaan sopivia. Irtomaiden keskipaksuus Kuusilammen avolouhoksen alueella on alle 2,5 m ja Kolmisopessa vajaa 2 m.



Uraanin ja sen hajoamistuotteiden esiintyminen kallioperässä

Mustaliuskeet, joihin Talvivaaran nikkelimalmin isäntäkilvilaji kuuluu, sisältävät luonnostaan useita milligrammoja uraania kilossa, joka on enimmäkseen sitoutunut niiden orgaaniseen ainekseen. Mineralogisesti uraani esiintyy pääosin thucholiittinä, joka on radioaktiivinen hiilivety. Rakeissa on usein uraniniittiä, jota hiilimäinen aines ympäröi.

Uraanin esiintymistä on selvitetty Talvivaaran kaivosalueella Geologian tutkimuskeskuksen ja Outokummun tutkimuksissa. Analysoidut uraanipitoisuudet vaihtelevat yleensä välillä 0 – 30 mg/kg keskiarvon ollessa noin 20 mg/kg. Loukola-Ruskeeniempi ja Heino (1996) ilmoittavat Talvivaaran esiintymän keskimääräiseksi uraanipitoisuudeksi 19 mg/kg ja thoriumpitoisuudeksi 7 mg/kg. (1 mg/kg = 1 ppm = 0.0001%)

Syyskuussa 2009 GTK mittasi kannettavalla spektrometrillä gammasäteilyn ulkoista annosnopeutta ja uraanin sekä thoriumin ekvivalenttipitoisuuksia Talvivaaran kaivospiirin alueella. Mittauskohteilla ei havaittu tavanomaisesta taustasäteilystä poikkeavia ulkoisen gammasäteilyn annosnopeuksia. Nikkelimalmin alueella annosnopeudet olivat rajoissa 0,14-0,21µSv/h. Muualla kaivosalueella ja luonnontilaisilla kaivospiirin alueilla mitatut annosnopeudet olivat 0,04-0,19 µSv/h. Kaikki mitatut arvot ovat Säteilyturvakeskuksen ilmoittaman Suomen tavanomaisen taustasäteilyn rajoissa (0,05-0,30 µSv/h).

Viime vuosina malminetsinnän ja louhinnan yhteydessä nikkelimalmista mitatut uraanin pitoisuudet vaihtelivat välillä 12,2 – 22,0 mg/kg ja thoriumin pitoisuudet välillä 3,0 – 7,0 mg/kg. Pitoisuudet vastaavat malmista aikaisemmin julkaistuja kemiallisia määrittämiä. Profiilimittaus paljastetun Kuusilammen malmin yli osoitti, ettei gammasäteilyssä ja uraanipitoisuudessa ole suuria vaihteluja, jotka ilmentäisivät muita alueita voimakkaampia säteilylähteitä.

Malmin louhinta

Talvivaaran kaivospiirin kallioperä ja nikkelimalmi sisältävät luonnonuraania pieninä pitoisuuksina. Uraanin suunnitellun talteenoton seurauksena nykyiseen kaivoksen louhintamääriin tai metallien erotukseen ei tule muutoksia, vaan hankkeessa on kyse toistaiseksi hyödyntämättömän raaka-aineen erottamisesta. Uraani ei myöskään ohjaa louhintasuunnittelua.



Malmin louhinta on alkanut Kuusilammen avolouhoksella ja siirtyy myöhemmin Kolmisopen avolouhokselle. Avolouhosten pengerkorkeus tuotannossa on 15 m ja lopullinen pengerkorkeus on 30 m. Louhosten seinämäkaltevuudet suunnitellaan kallion geoteknisten ominaisuuksien mukaan.

Louhintasuunnitelma perustuu 2010 tehtyyn mineraalivarantoon ja malmiarvioon

Vuodet	Malmin tuotanto, kt / a	Sivukiven louhinta, kt/a
2008	5 200	3 000
2009-2040	15 000 – 25 000	10 000 – 45 000

Louhinta toteutetaan avolouhintana. Louhinnan osaprosessit ovat poraus, panostus, lastaus ja kuljetus. Poraus tehdään diesel-hydraulisilla avolouhintaporausvaunuilla. Panostus on urakoitu räjähdysaineen toimittajalle. Lastauskalustona käytetään isoja hydraulisia kuokkakaivinkoneita ja etukuormaajaa sekä kuljetuskalustona isoja kiviautoja. Apukalustona on lisäksi puskutraktoreita, tiehöylä, kaivinkoneita, etukuormaajia ja kurottajia. Louhinnan tunnusluvut on esitetty seuraavassa:

Poraus: reikäläpimitta 140 mm, Porauskaavio 2,6 – 4,0 m x 3,4 – 5,0 m ja ohiporaus 1.5 m.

Panostus: Pumpattava emulsioräjähdysaine (Kemiitti 510), Nonel-nallit ja hidasteet sekä aloituspalana 50 – 60 mm patruuna. Panostamaton osuus 2.5 – 4,0 m. Ominaispanostus 0.35 kg / t.

Sivukivi hyödynnetään ensisijaisesti liuotuskasojen pohjarakenteissa käyttäen sivukiveä tasoitukseen. Tällöin sivukivi sijoitetaan pohjarakenteen ja muovikalvon päälle. Toissijaisesti sivukivi läjitetään molempien louhosten läheisyyteen suunniteltuihin sivukiven tiivispohjaisille läjitysalueille. Louhosten ja läjitysalueiden valumavedet kerätään ja hyödynnetään malmin bioliuotuksessa.



3 PÄÄPIIRTEINEN SELVITYS SÄTEILYSUOJELUJÄRJESTELYISTÄ

Säteilyturvallisuuden perustana on nk. ALARA-periaate (as low as reasonable achievable) ja toimintaperiaatteet ovat alan parhaita käytäntöjä. Uraanilaitoksen säteilyturvallisuus on tarkoitus järjestää pääpiirteisesti seuraavalla tavalla:

Uraanilaitosalueelle on rajoitettu pääsy ja kulku alueelle tapahtuu henkilökohtaisilla avaimilla. Järjestelmä kerää myös tiedon siitä, kuinka kauan ko. henkilö on ollut alueella.

Laitokselle tulee säteily- ja altistustason suhteen alueet 2, 3 ja 4 ja näiden välille riittävä osastointi (nk. Zone control).

Uraanilaitoksella noudatetaan nk. työlupakäytäntöä. Altistuksen ennaltaehkäisyn periaatteet ovat pääpiirteisään seuraavat: 1) työskentelyajat alueella pidetään mahdollisimman lyhyinä, 2) etäisyydet säteilylähteestä pidetään mahdollisimman pitkinä, 3) työpisteisiin järjestetään riittävä ilmanvaihto sekä 4) nk. good housekeeping (= siisteys ja järjestys 5S mukaisesti, jolla edesautetaan hyvän hygieniatason ylläpitämistä sekä työkalujen ja työpisteiden puhtaanapitoa).

Alueella työskentelevillä tulee olla henkilökohtaiset dosimetrit (säteilylle ja radioaktiiviselle pölylle) sekä työpisteittäin määritetyt henkilökohtaiset suojaimet.

Uraanialtistumista seurataan henkilöstön biomonitorointiohjelmalla.

Uraanilaitoksella työskenteleville annetaan riittävä perehdytys säteilystä, laitoksen säteilyturvallisuudesta ja hygieniavaatimuksista.

4 SELVITYS KÄYTETTÄVISSÄ OLEVASTA SÄTEILYSUOJELUASiantuntemuksesta

Uraanilaitoksen käyttöorganisaatiota ei ole vielä kokonaisuudessaan nimetty. Rekrytointien ajankohta määräytyy, kun toiminnan aloittamisajankohta on selvillä. Samalla aloitetaan uraanilaitoksella työskentelevien turvallisuuskoulutus.

Uraanilaitoksen käyttö kuuluu kaivoksen johtajan, Lassi Lammassaaren, organisaatioon. Metallialteenottolaitoksen käyttöpäällikkö raportoi uraanin tuotannosta ja säteilyturvallisuuden toteutumisesta Talvivaara Sotkamo Oy:n johtoryhmälle. Uraanin



tuotantoon, turvallisuuteen ja säteilysuojeluun liittyvää asiantuntemusta Talvivaaran henkilöstöllä on laajasti. Asiantuntemusta katsotaan olevan muun muassa seuraavilla henkilöillä:

- DI Lassi Lammassaari – Kaivoksen johtaja
- DI Ville Heikkinen – Metallientalteenoton osastopäällikkö
- Ari Halonen – Metallientalteenoton käyttöpäällikkö. Uraanilaitoksen päällikön esimies
- DI Hannu Pietilä – Logistiikkapäällikkö ja VAK turvallisuusneuvonantaja
- FM Jukka Pitkäjärvi – Päägeologi. Malmin uraanitutkimukset
- DI Kari Vyhtinen - Liiketoiminnan kehitysjohtaja. Uraanin talteenoton hankepäällikkö
- TkL Eeva Ruukonen – Kestävän kehityksen johtaja ja konsernissa turvallisuudesta vastaava johtaja
- DI Leif Rosenback – Teknologiajohtaja. Uraanin talteenottotutkimukset
- DI Kristian Granit – Sähkö- ja automaatio-osaston esimies. Kunnossapidon säteilyturvallisuusjohtaja
- DI Tuomas Vanhanen – Tuoteturvallisuus asiantuntija. Säteilyn / uraanituotteen terveysvaikutukset
- ins. Raimo Tolonen – Turvallisuuspäällikkö
- Juha Kärkkäinen – Pelastustoimenpäällikkö
- DI Mikko Vänskä - Vaarallisten kemikaalien laajamittaisen käsittelyn ja varastoinnin valvoja
- DI Jyrki Savolainen - Vaarallisten kemikaalien laajamittaisen käsittelyn ja varastoinnin valvojan varahenkilö
- DI Annika Hämäläinen – Prosessisuunnittelija. Uraanilaitoksen suunnittelija
- DI Pertti Pekkala – Metallurginen päällikkö, projektit. Uraanilaitoksen suunnittelija

Oman henkilöstön lisäksi Talvivaaralla on käytettävissä uraanin talteenottoon, uraaniin ja säteilyyn liittyviä asiantuntijoita laajasti mm. Camecolta, Outoteciltä, Rambollilta ja GTK:lta.



Lisäksi Talvivaara haluaa täydentää 20.4.2010 päivättyä hakemustaan lausumalla seuraavaa:

5 VARASTOITAVA URAANIMÄÄRÄ JA URAANIN TUOTANTOMÄÄRÄ

Varastoitava uraanimäärä on maksimissaan 50 tonnia urania kerrallaan. Uraanin vuotuinen tuotantomäärä on 350 – 500 tonnia urania.

6 TOIMINTAJAKSO

Talvivaara hakee lupaa 46 vuoden toiminta-ajalle, joka vastaa nykyistä koko kaivoksen suunniteltua toiminta-aikaa. Hakija perustelee haettua toiminta-aikaa käytettävän teknologian vakiintuneisuudella ja uraanin talteenotosta vähäisiksi todetuilla vaikutuksilla ympäristöön.

Talteenotto toteutetaan käyttäen teollisuudessa yleisesti käytössä olevaa nesteuuttomenetelmää. Vastaavia uuttolaitteistoja käytetään metallien talteenotossa lukuisilla tuotantolaitoksilla Suomessa ja ulkomailla. Uraanin talteenotto ei eroa näiden metallien talteenotosta kyseisellä menetelmällä työntekijöiden säteilysuojauksen kannalta tarpeellisia toimenpiteitä lukuun ottamatta. Prosessin ohjaus ja valvonta toteutetaan uusimman tekniikan mukaisella ohjausjärjestelmällä.

Uraanin talteenoton ympäristövaikutukset on arvioitu ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä annetun lainsäädännön mukaisesti. Yhteysviranomaisen antaman lausunnon mukaan uraanin talteenoton ympäristövaikutukset ovat vähäisempiä kuin vaikutukset tilanteessa, jossa talteenottoa ei toteutettaisi.

7 ASIAN KIIREELLISYYS

Tällä hetkellä osa Talvivaaran kaivoksen uraanista päätyy nikkeliuutteen mukana Harjavallassa sijaitsevan Norilsk Nickel Harjalta Oy:n (jäljempänä Norilsk) nikkelitehtaaseen. Säteilyturvakeskus on maaliskuussa 2010 myöntänyt Norilskille luvan ydinaineen tuottamiseen, hallussapitoon ja varastointiin. Luvassa on asetettu talteen otettavan uraanin enimmäismääräksi 10 tonnia vuodessa.



Kun Talvivaaran nikkelituotteiden toimitukset saadaan täysimittaisena käyntiin, ei Norilskille myönnetty uraanin talteenottolupa tule olemaan vuotuiselta määrältään riittävä Talvivaaran kaivoksen toimittaman, uraania sisältävän nikkelirikasteen vastaanottamiseen. Tästä johtuen Talvivaaran nikkelitoimituksia Harjavaltaan joudutaan supistamaan luparajojen lähestyessä sekä lopulta keskeyttämään toimitukset kokonaan. Toimitusten supistuminen ja mahdollinen keskeyttäminen merkitsevät Norilskin toiminnalle suuria vaikeuksia, koska korvaavaa nikkeliraaka-ainetta ei ole välttämättä saatavissa muualta riittävästi tehtaan käyttöön. Viimeksi mainitussa tilanteessa Norilskin on sopeutettava toimintansa vähempään raaka-ainemäärään. Käytännössä toiminnan sopeuttaminen Harjavallassa merkitsisi myös henkilöstön lomautuksia.

Talvivaaran kaivoksen toiminnan kannalta nikkelituotteiden myynnin väheneminen johtaisi myös tuotannon sopeuttamiseen kysyntää vastaavaksi. Toiminnan sopeuttaminen puolestaan vähentäisi kaivoksen tulo-rahoitusta, millä olisi hidastavia vaikutuksia nykyisen tuotantotoiminnan kehittämiseen ja laajennusten suunnitteluun.

Mainitut voimassa olevasta lupatilanteesta johtuvat ongelmat poistuvat, kun Talvivaaran kaivoksen toiminnalle on saatu täytäntöönpanokelpoinen lupa uraanin talteenottoa varten. Tästä johtuen hakija katsoo, että Talvivaaran kaivoksen uraanin tuottamista kaivostoiminnassa koskevalla hakemuksella ja siihen annettavalla päätöksellä on hallintolainkäyttölaissa tarkoitettu päätöksen välittömän täytäntöönpanon edellyttämä kiireellinen luonne.

8 MUUT RAAKA-AINEET

Talvivaaran metallien erotusprosessi on kehitetty joustavaksi mineraalien erotusprosessiksi, joka sopii hyvin monenlaisten liuosten puhdistamiseen ja metallien monimutkaiseen erottamiseen. Talvivaara varautuu vastaanottamaan ja erottamaan muilta metallirikasteita tuottavilta tai jatkojalostavilta laitoksilta peräisin olevia uraanipitoisia raaka-aineita.

Talvivaara hakee oman uraanin talteenottonsa lisäksi ympäristölupaa ottaa vastaan ja käsitellä Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n prosessistaan talteenottamaa uraania. Norilsk on Talvivaaran nikkelirikasteiden pääasiakas ja yhtiön tuotantoprosessiin kertyvä uraani on peräisin Talvivaaran nikkelirikasteissa epäpuhtautena esiintyvistä uraanista. Norilskilta tuotavat uraanipitoiset raaka-aineet toimitetaan Talvivaaraan samankaltaisessa liuosmuodossa, kuin



missä Talvivaaran uraanin talteenottolaitoksella prosessiliuos on takaisinuu-ton jälkeen. Harjavallan tehtaalta tuotava uraaniliuos pumpataan suoraan kuljetussäiliöstä uraanin talteenottolaitoksen pH:n säätöreaktoreihin, jotka sijaitsevat uraanilaitoksen sisätiloissa. Uraani voi olla jalostettu Norilskin toimesta myös valmiiksi puolituotteeksi, jonka koostumus vastaa Talvivaaran uraanipuolituotetta. Raaka-aineet kuljetetaan Talvivaaraan konteissa junalla tai kuorma-autokuljetuksina. Talvivaarassa vuosittain tuotettavasta uraanista enintään 25 tonnia tulisi olemaan peräisin Norilskilta.

Talvivaaralla ei tässä vaiheessa ole tiedossa muita toimijoita tai olemassa olevia kaivoksia, joilta mahdollisesti uraanipitoista raaka-ainetta voitaisiin ottaa vastaan ja erottaa uraani osana Talvivaaran uraanin talteenotto-prosessia. Tästä huolimatta Talvivaara haluaa kuitenkin varautua siihen mahdollisuuteen, että esimerkiksi muiden kaivosten metallirikasteiden jatkojalostuksessa muodostuu uraanipitoisia sakkoja, joiden käsittely on uraanin takia laitoksille ongelmallista. Tällöin Talvivaarassa olisi valmius ottaa vastaan kyseisiä sakkoja, erottaa uraani niistä puolituotteena ja toimittaa uraani yhdessä kaivoksen oman malmin sisältämän uraanin kanssa puolituotteena jatkojalostukseen ulkomaille.

9 ARVIOIDUT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Uraanin talteenoton ympäristövaikutukset on arvioitu ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä annetun lainsäädännön mukaisesti. Yhteysviranomaisen antaman lausunnon mukaan uraanin talteenoton ympäristövaikutukset ovat vähäisempiä kuin vaikutukset tilanteeseen, jossa talteenottoa ei toteutettaisi.

Hakija on huomionnut uraanin ympäristölupahakemuksessa yhteysviranomaisen arviointiselostuksesta antaman lausunnon. Yhteysviranomaisen lausunnossaan nostamat keskeiset täydennystarpeet hankkeen ympäristövaikutuksista on koottu yhteen liitteessä 4.

10 RADIOLOGINEN PERUSTILASELVITYS

Talvivaaran tilaamassa Säteilyturvakeskuksen (STUK) toteuttamassa radiologisessa perustilaselvityksessä kartoitetaan radiologinen tilanne Talvivaaran kaivosalueen



ympäristössä. Hankkeessa tarkastellaan luonnon radioaktiivisten aineiden määriä siinä ympäristössä, johon kaivostoiminnalla ja siihen mahdollisesti liitettävällä uraanin talteenotolla voi olla vaikutusta. Hankkeen tuloksena saadaan yksityiskohtainen tieto Talvivaaran ympäristön radioaktiivisuustasosta. Hanke on kaksivuotinen ja alkoi heinäkuussa 2010. Loppuraportti julkaistaan maaliskuussa 2012. Valmistuneessa väliraportissa (liite 5) esitetään eri ympäristönäytteiden radioaktiivisuustuloksia sekä paikan päällä tehtyjen gammaspektrometrinen in-situ-mittausten tuloksia vuodelta 2010.

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 ympäristönäytteistä kuten jokivesi, jokisedimentti, järvesi, järvisedimentti, näkinsammal, kalanliha, sienet, marjat, hirvenliha, pohjavesi, maaperä, ulkoilman pöly, ulkoilman radon, mansikka, viinimarja ja peruna. Lisäksi tehtiin paikan päällä gammaspektrometrisiä in-situ -mittauksia. Analyysit ja mittaukset toistetaan vuonna 2011.

Tulokset osoittavat, että Talvivaaran alueella ympäristönäytteiden radioaktiivisuuspitoisuudet ovat matalia. Tulokset eivät poikkea muualta Suomesta mitatuista vastaavien näytteiden tuloksista ja alueen ympäristön luonnontuotteita sekä elintarvikkeita voidaan käyttää normaaliin tapaan. Perustilaselvityksen avulla voidaan arvioida tulevaisuudessa kaivostoiminnan ja mahdollisen uraanin talteenoton vaikutusta ympäristön radioaktiivisuuteen.

11 YHTEISTYÖSOPIMUS CAMECO CORPORATION KANSSA

Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oyj on allekirjoittanut 8.2.2011 kansainvälisen uraanintuottajan Camecon Corporationin (jäljempänä "Cameco") kanssa myynti- ja ostosopimuksen Talvivaaran kaivoksesta sivutuotteena saatavasta uraanista. Sopimuksen keskeiset kohdat ovat pääpiirteissään seuraavat:

- Cameco investoi enintään 60 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria uraanin talteenottolaitoksen rakentamiseen.



- Talvivaara maksaa sijoituksen takaisin uraanitoimitusten muodossa ensimmäisten sopimusvuosien aikana. Sen jälkeen kun investointi on maksettu takaisin, Cameco ostaa tuotetun uraanin toimitushetken markkinahintoihin perustuvaan hintaan 31.12.2027 saakka. Cameco saa omistusoikeuden tehtyyn uraanirikasteeseen Sotkamon kaivoksella (toimitusehto EXW Talvivaara) ja myy tuotteen yksinoikeudella asiakkailleen.

Cameco toimii jo nyt uraanipolttoaineen toimittajana Suomeen ja on näin mukana puhtaan sähköenergian tuotannossa suomalaisille voimalaitoksille ja niiden asiakkaille. Talvivaaralle Cameco antaa teknistä tukea rakennettavan uraanin talteenottolaitoksen suunnittelussa, rakentamisessa, käyttöönotossa ja toiminnassa.

Kunnioitavasti



Pekka Perä
toimitusjohtaja
Talvivaara Sotkamo Oy

LIITTEET

Liite 1 Lainhuutotodistus 15.2.2011

Liite 2 YVA – selostus

Liite 3 YVA selostuksen yhteysviranomaisen lausunto ja mielipiteet

Liite 4 YVA lausunnon huomioiminen uraanin ympäristölupahakemukseen

Liite 5 Radiologinen perustilaselvitys – väliraportti

K I I N T E I S T Ö T I E T O J Ä R J E S T E L M Ä

LAINHUUTOTODISTUS

15.2.2011

KIINTEISTÖTUNNUS: 765-402-60-18

KUNTA SOTKAMO / 765
KYLÄ JORMASKYLÄ / 402
RN:O 60:18
NIMI RUUSUNMAA
REKISTERÖITY 29.1.2008
MAAPINTA-ALA 283,8264 hehtaaria
MUODOSTUNUT 765-402-60-14
765-402-60-15
MUODOSTETTU 765-871-1-8 3.7.2010

18.6.2010 / 1781 LAINHUUTO

1/1 Talvivaara Sotkamo Oy
1852002-0

Tilusjärjestely 29.5.2010. Alueen siirtäminen
kiinteistöön 765-402-60-18.

Hakijalla aikaisempi selvennyslainhuuto
2.2.2008/9007186 kiinteistöön 765-402-60-18.

Todistuksesta käyvät ilmi ainakin kaikki ne hakemukset,
jotka ovat saapuneet kirjaamisviranomaiselle todistuksen
päiväystä edeltävänä arkipäivänä ennen viraston
aukioloajan päättymistä.

Todistusmaksu 20 EUR

Otteen oikeaksi todistaa

15/2/2011
Kainuun-Koillismaan
maanmittauslaitos

[Handwritten signature]

**TALVIVAARA SOTKAMO OY
URANIN TALTEENOTON YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET**

Päivämäärä 22/03/2011

Uraanin talteenoton ympäristövaikutukset on arvioitu ympäristövaikutusten arvioinnista annetun lain ja asetuksen edellyttämässä laajuudessa.

Yhteysviranomaisena ympäristövaikutusten arvioinnissa toimi Kainuun ELY-keskus, joka antoi lausunnon arviointiselostuksesta 1.3.2011.

Yhteysviranomaisen lausunnossaan esiin nostamat keskeiset ympäristölupahakemuksessa huomioitaviksi esitetyt täydennystarpeet on esitetty seuraavassa:

Ramboll
Terveystie 2
15870 HOLLOLA

T +358 20 755 7800
F +358 20 755 7801
www.ramboll.fi

Hankekuvaus ja tiedot hankkeesta sekä vaihtoehtojen käsittely

1. Arviointiselostukseen olisi ollut hyödyllistä liittää taulukko, jossa olisi yhteenvetona omaisesti kuvattu tehtävät selvitykset, niiden tekijät, tutkitut näytteet ja parametrit sekä käynnissä olevat tutkimukset.

Yhteenvetotaulukot radiologisten tutkimusten osalta löytyvät STUKin perustilaselvityksen väliraportista. Alla esitetyssä taulukossa 1 on esitetty käytetyistä analysointimenetelmistä nuklidikohtaisesti.

--

Taulukko 1. Analysoidut radionuklidit ja mittausmenetelmät.

Radionuklidi	Mittausmenetelmä	Viittaus ja STUK:n sisäinen ohje
U-235, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228 ja Th-232	Gammaspektrometria	IEC 1452: 1995 STUK TKO 4
Po-210 ja Pb-210	Alfaspektrometria	Vesterbacka ja Ikäheimonen, 2005 STUK OHJE TKO 3.1.14
U-234 ja U-238	Alfaspektrometria	Vesterbacka et al., 2009 STUK OHJE TKO 3.1.14
Rn-222	Gammaspektrometria, NaI-ilmaisim (vesinäytteet) Alfajälki (ulkoilma)	Mäkinen ja Hanste, 2009 STUK OHJE TKO 3.2.3 STUK OHJE TKO 3.1.9

Taulukossa 2 on esitetty kerätyt näytteet, näytemäärät ja määritetyt radionuklidit.

Taulukko 2. Kerätyt näytteet, näytemäärät ja radionuklidit.

jokivesi	10	Gammanuklidit, Po/Pb, U-234, U-238
jokisedimentti	10	Gammanuklidit, Po/Pb
mäkinsammal	3	Gammanuklidit, Po/Pb
sammal	7	Gammanuklidit, Po/Pb
järvivesi (Jormas- ja Kivijärvi)	2	Gammanuklidit, Po/Pb, U-234, U-238
järvisedimentti, (Jormas- ja Kivijärvi) 2 paikkaa 10 x 2 cm	20	Gammanuklidit, Po/Pb
sienet (haperot, tatit, rouskut, kantarelli)	12	Gammanuklidit, Po/Pb
marjat (mustikka, puolukka, karpalo)	16	Gammanuklidit, Po/Pb
pohjavesi (lähde, porakaivo)	10	Gammanuklidit, Po/Pb U-234, 238, Rn-222
kalat (hauki ja ahven, Kallio- ja Kivijärvi) ja rapu	5	Gammanuklidit, Po/Pb
hirvenliha	2	Gammanuklidit, Po/Pb
elintarvikkeet (mansikka, peruna, viinimarja)	6	Gammanuklidit, Po/Pb, kolmesta näytteestä uraanin isotoopit
ulkoilman pöly	2	Gammanuklidit, Po/Pb
ulkoilman radon	200	Rn
maaperä	3	Gammanuklidit, Po/Pb

Muiden tutkimusten osalta tutkittavat näytteet noudattivat kaivoksen tarkkailuohjelmaa. Päivitetty tarkkailuohjelma uraanilaitoksen osalta on esitetty kohdassa 10.

2. Arvioinnin pohjana ollutta aineistoa olisi voinut havainnollistaa havaintopiste- ja pitoisuuskarttoina.

Lähtökohtaisesti ympäristöluvan käsittelemisen kannalta olennaiset tutkimuspisteet on esitetty Talvivaaran kaivoksen tarkkailuohjelmien mukaisten raporttien karttaliitteissä. Uraanilaitoksen osalta ei ole esitetty varsinaisia uusia tarkkailupisteitä, vaan uraania esitetään tarkkailtavaksi nykyisen tarkkailuohjelmien mukaisista pisteistä.

Ympäristölupahakemuksessa on lisäksi esitetty STUK:in perustilaselvityksen osalta kaikki tutkimuspisteet (STUK, Talvivaaran ympäristön radiologinen perustilaselvitys, 28.2.2011), jossa oli esitetty havaintopiste- ja pitoisuuskarttoja.

Hankkeen elinkaari

3. Olisi pitänyt arvioida, onko uraanin ja uraanin hajoamissarjan tytärynuklidien esiintymisellä merkitystä alueelle jäävien rakenteiden aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin ja miten tämä huomioidaan sulkemistoimenpiteissä.

Vaikutukset kaivoksen sulkemistoimenpiteisiin ja sulkemisen jälkeen

Toiminnan päättyessä liuotuskasat, sivukivikasat, kipsisakka-allas sekä muut rakennelmat maisemoidaan kaivoksen sulkemissuunnitelman mukaisesti. Sulkemissuunnitelma päivitetään säännöllisesti toiminnan aikana (5 vuoden välein) ja suunnitelman päivityksissä otetaan huomioon esimerkiksi uraanipitoisuuden ja säteilyn tarkkailutulokset. Sulkeminen toteutetaan siten, ettei vesiliukoisista radioaktiivisista aineista tai kaasumaisesta radonista pääse muodostumaan haittaa ihmisille tai ympäristölle sulkemisen jälkeenkään.

Uraanin talteenotolla on edullisia vaikutuksia kaivoksen sulkemistoimenpiteisiin, koska kipsisakka-altaaseen päätyvän uraanin määrä vähenee talteenoton seurauksena merkittävästi. Nykytilanteessa urania päätyy kipsisakka-altaaseen laskennallisesti arvioiden noin 300 tonnia vuodessa. Talteenoton toteuttamisen jälkeen määrä putoaa alle 10 % nykytilanteen määrästä, kun yli 90 % uraanista saadaan otettua talteen.

Sulkemisen jälkeiseen bioliuotuskasojen, sivukivikasojen tai muiden rakenteiden ympäristövaikutuksiin talteenotto toiminnalla ei ole vaikutusta, koska uraanin talteenotto PLS-liuoksesta ei vaikuta kiviaineksesta liukenevan uraanin määrään. Uraanin liukeneminen bioliuotuksessa rikkoo uraanisarjan aineiden sekulaarisen tasapainon kiviaineksessa, koska aineiden liukeneminen malmista ei ole samanlaista. Uraanin liukeneminen bioliuotuksessa on kuitenkin riippumaton sen talteenotosta PLS-liuoksesta. Sekulaarisen tasapainon rikkoutuminen ei vaikuta myöskään uraanin tytäryhdisteiden liukenemisominaisuuksiin.

Sulkemistoimintojen jälkeen ja mahdollisesti niiden aikana tehdään alueella säteily selvityksiä, joilla varmistetaan, että käytetyt sulkemistoimenpiteet ovat riittävät säteilyturvallisuuden kannalta. Rakennusten ja putkistojen purkamisen yhteydessä tehdään materiaalien säteilymittauksia, joiden perusteella materiaalit toimitetaan soveltuvaan vastaanotto paikkaan. Mikäli säteilytasot purkumateriaalissa ylittävät soveltuvat raja-arvot, käsitellään radioaktiiviset purkumateriaalit säteilyvaarallisten jätteiden edellyttämällä tavalla.

4. Uraanista johtuvat kumulatiiviset ympäristövaikutukset hankkeen elinkaaren aikana olisi pitänyt arvioida myös muiden kuin louhintapölyn osalta.

Kumulatiiviset vaikutukset

Sen lisäksi mitä YVA-selostuksessa on arvioitu kaivostoiminnan pölypäästön kautta aiheutuvaksi uraanipölypäästökseksi, talteenottolaitoksen kautta aiheutuvaa uraanipäästöä on arvioitu lupahakemukseen.

Talteenottolaitoksen ilmaan kohdistuvat päästöt ovat käsiteltävät prosessiosastojen kaasut, jotka sisältävät liuotinhuruja sekä vähäisiä määriä rikkivetyä ja polyä. Uraania käsitellään laitoksella vain sisätiloissa ja laitokselta poistettavat ilmat käsitellään puhdistuslaitteistoilla ennen ulkoilmaan johtamista. Uraanipäästö laitokselta tulee olemaan erittäin pieni eikä sillä ole vaikutusta alueen ilmanlaatuun tai kumulatiivista vaikutusta maaperän, pohjaveden tai pintavesien uraanipitoisuuteen. Liuotinhurut laimenevat nopeasti ulkoilmassa ja hajoavat ilman kemiallisten prosessien vaikutuksesta.

Esitetyn päästörajan mukaisella määrällä 2 kg U/a on toiminnasta ilmaan aiheutuva uraanikuormitus laitoksen suunnitellun 46 vuoden toiminnan aikana yhteensä noin 90 kg. Osa ilmalaskeuman mukana tulevasta uraanista päättyy joko suoraan tai valuman mukana vesistöihin ja osa jää maaperään.

Liittyminen muihin hankkeisiin ja suunnitelmiin sekä kaavoitus

5. Muualta tuotavien rikasteiden koostumusta ja alkuperää ei ole esitetty. Muualta tulevissa uraanirikasteissa voi olla uraanisarjan tytärnuklideja, jolloin Talvivaaran alueelle voi tulla sijoitettavaksi nykyisestä tai selostuksen mukaisesta toiminnasta poikkeavia sakkvoja.

Muualta tuotavien rikasteiden osalta koostumustiedot on nykyisin saatavilla ainoastaan Norilsk Nickel Harjavallan osalta. Laitoksella vastaanotettavien muiden uraanipitoisten raaka-aineiden osalta tietoja täydennetään, jos tällaisia raaka-aineita myöhemmin otetaan vastaan. Tiedot Harjavallasta palautettavasta uraaniraaka-aineesta on esitetty myöhemmin kohdassa 11.

6. Rakentamista koskevat laajuus- ja määrätiedot puuttuvat selostuksesta.

Talteenottolaitoksen vaatima maa-alue on laajuudeltaan noin 2 hehtaaria. Uraanin talteenottolaitoksen rakentamisella on vain hyvin vähäinen vaikutus maankäyttöön, kun laitoksen vaatima maa-ala rakennetaan ja liitetään osaksi kaivoksen tehdasaluetta. Piha-alueet ja altaat mukaan luettuna on talteenottolaitoksen vaatima pinta-ala noin 3 hehtaaria.

Radioaktiivisuus

7. Uraanin tytäraineiden liukenemista bioliuotuksessa ja esiintymistä prosessissa olisi syytä selvittää toistamiseen lisätutkimuksilla. Selostuksessa ei ole kerrottu, sisältyvätkö nämä määritykset tekeillä oleviin selvityksiin.

Uraanin ja sen tytäryhdisteiden liukeneminen bioliuotuksessa on riippumatonta siitä, otetaanko uraani talteen kaivoksen PLS-liuksesta vai ei. Prosessiliuoksen koostumusta ja pitoisuuksia tutkitaan lisää pilot-mittakaavan kokeilla osana laitoksen suunnittelua.

Muodostuvat jätteet ja niiden ympäristövaikutukset

8. Bioliuotuksen jäännöskasoja ja sivukivikasoja ei ole kuvattu selostuksessa. Arvioinnissa ei ole huomioitu bioliuotuskasojen pohjarakenteiden peittäminen riskiä ja siihen varautumista. Lupahakemusta varten on eriteltävä ja käsiteltävä toiminnasta muodostuvat jätteet, niiden käsittely ja loppusijoitus.

Bioliuotuksen jäännöskasat sekä sivukivikasat eivät liity uraanin talteenotossa muodostuviin jätteisiin, vaan yleensä kaivostoimintaan. Uraanin talteenotolla ei ole vaikutuksia kasojen koostumukseen tai muodostumiseen. Uraanin talteenotolla ei ole vaikutusta bioliuotuskasojen pohjarakenteen peittäminen riskiin ja siihen varautumiseen, vaan kyseiset riskit liittyvät muuhun kaivostoimintaan. Riski ja aiheutuvat vaikutukset vuototilanteessa ovat suuremmat metalliliuoksen sisältämien muiden aineiden ja matalan pH:n vuoksi. Kaivosalueen ja bioliuotuskasan vedet päätyvät jälkikäsittelyalueen kautta vesistöön, jolloin vuodonhallintaan on löydettävissä keinoja.

Uraanin talteenotossa syntyvät jätteet ja niiden käsittely on kuvattu ympäristölupahakemuksessa ja tämän yhteenvedon kohdassa 12.

Pinta- ja pohjavesivaikutukset ja niiden tarkkailu

9. Olisi ollut hyvä kuvata, miksi uraanin talteenotossa käytettävien kemikaalien pääsy pintavesiin ei ole mahdollista. Kemikaalijäämien analysointi tulee liittää tarkkailuun.

Uutto ja takaisinuuhto

Uraanin talteenotto tapahtuu kaksivaiheisella uuttoprosessilla. Uraanin talteenottoprosessin ensimmäisessä vaiheessa vesiliuos (= PLS) sekoitetaan sekoitussäiliössä uuttoliuoksen kanssa, jolloin uraaniyhdisteet siirtyvät uuttoliuokseen. Apuna käytetään uuton apuainetta ja modifiointiainetta. Tämän jälkeen vesiliuos ja orgaaninen liuotin erotetaan toisistaan selkeytysaltaassa aineiden fysikaaliseen tiheyseroon perustuen. Orgaaninen uuttoliuos johdetaan selkeytysaltaasta takaisinuuhtettavaksi. Vesiliuos (PLS) johdetaan laitoksen pihalla sijaitsevaan uuton raffinaattialtaaseen, josta se jatkaa nykyiseen esineutralointivaiheeseen ja siitä edelleen nykyiseen nikkelin ja koboltin yhteissaostukseen.

Takaisinuuhtovaiheessa uraani erotetaan jälleen vesiliuokseen natriumkarbonaattiliuoksella pesemällä. Orgaaninen liuos palaa kiertoon ja uraanipitoinen vesiliuos saostusvaiheeseen. Orgaanisen liuoksen pääsy saostusvaiheeseen estetään jälkiselkeytyksellä ja tarvittaessa lisäksi aktiivihillisuodatuksella.

Orgaaninen liuos on kosketuksissa metalliliuokseen vain uuttoprosessin ensimmäisessä vaiheessa. Orgaaninen liuotin ja metalliliuos saadaan prosessissa erotettua tehokkaasti selkeytyksessä. Orgaanista liuotinta ei voida metallituotannon vuoksi johtaa lainkaan eteenpäin, koska ei aiheuttaisi prosessin seuraavassa vaiheessa häiriöitä. Apuaine ja modifiointiaine ovat prosessissa kuluvia aineita, eikä niitä siirry vesiliuokseen merkittäviä määriä. Uraanin talteenottoprosessista ei johdeta missään vaiheessa vesiä viemäriin.

Prosessihäiriö

Kemikaalien pääsy ympäristöön on mahdollista vain onnettomuustilanteessa. Prosessiin liittyviä häiriöitä voivat olla esimerkiksi laiterikot, kemikaalin annosteluongelmat sekä inhimillisistä virheistä johtuvat poikkeustilanteet. Uraanin talteenottoprosessia ohjataan ja tarkkaillaan laitoksen jatkuvasti miehitetystä valvomosta. Ohjaus- ja valvontajärjestelmään liitetään automatiikkaa, joka pitää prosessiolosuhteet haluttujen raja-arvojen sisällä. Järjestelmä antaa hälytyksen raja-arvojen ulkopuolella. Tarvittaessa uraanin talteenottolaitos voidaan vakavissa häiriötilanteissa ohittaa kokonaan, jolloin kaivoksen tuotantoprosessi jatkuu nykyisellä tavalla. Uraanin talteenottolaitoksen ohitustilanteissa uraani päättyy nykyiseen tapaan metallirikasteisiin, mutta ohitustilanteiden vähäisen keston takia määrä jää vähäiseksi eikä sillä ole vaikutusta metallirikasteiden jatkojalostukseen.

Uutossa käytettävän orgaanisen uuttoliuoksen vesiliukoisuus on erittäin pieni, mistä syystä uuttokemikaalien päätyminen PLS-liuoksen mukana seuraaviin metallien talteenoton prosessivaiheisiin on epätodennäköistä. Uuttovaiheesta uuttoliuottimien kulkeutuminen PLS-liuoksen mukana esineutralointiin ja edelleen nikkelin ja koboltin talteenottoon ehkäistään paitsi tehokkailla selkeytysaltailla, myös osastomalla uuton jälkeinen liuosallas. Osastointi mahdollistaa altaaseen mahdollisessa poikkeustilanteessa joutuneen liuottimen keräämisen talteen, mikäli sitä poikkeustilanteessa pääsisi PLS-liuoksen mukana laitokselta ulos. Uuttokemikaalien pääsyn estäminen uraanin talteenottolaitokselta eteenpäin on tärkeää kaivoksen tuotantoprosessin toimivuuden takia, koska aineet saattaisivat heikentää bioliuotuskasojen bakteerien toimintakykyä.

Uuttoliuottimen kulku prosessivesien mukana vesistöön ei ole mahdollista, koska ylijäämavesien purku on jatkuvasti valvottua ja se tapahtuu aina päätöksen seurauksena. Toisin sanoen kaivoksella ei automaattisesti tehdä jatkuvaa veden poistoa, vaan poistot tehdään aina tarpeen mukaan.

Tiedot tarkkailusta on esitetty kohdassa 10.

10. Päästöjen ja ympäristövaikutusten tarkkailusuunnitelma päivitettävä.

Uraanin talteenottolaitos muodostaa muuhun kaivoksen metallintuotantoon kiinteästi liittyvän osan, joten päästöjen ja ympäristövaikutusten tarkkailu liitetään koko kaivoksen tarkkailuohjelmaan. Säteilytarkkailu toteutetaan erikseen laadittavan säteilyntarkkailuohjelman mukaisesti ja sen osalta valvovana viranomaisena toimii STUK. Tarkkailun toteutus määräytyy tehtävän säteilyn perustilaselvityksen pohjalta ja laaditaan vasta kaksivuotisen perustilaselvityksen päätyttyä ja ennen toiminnan aloittamista. Uraanilaitoksen ympäristön tarkkailun osalta tarkkailuohjelmaehdotus on esitetty ympäristölupahakemuksessa. Tarkkailuohjelmaa päivitetään toiminnan käynnistyttyä tarpeen mukaan ja muutokset hyväksytetään ELY-keskuksessa.

Käyttötarkkailu

Uraanin talteenottoprosessia valvotaan laitoksen jatkuvasti miehitetystä valvomosta. Prosessin ohjaus ja tarkkailu toteutetaan uusimman teknologian mukaisella ohjausjärjestelmällä. Seuraavassa on listattu uraanin talteenottolaitoksen käyttöön liittyviä tarkkailu- ja käyttötarkkailuperiaatteita.

- Puhdistuslaitteiden toimintakuntoa tarkkaillaan jatkuvasti.
- Prosessiliuoksen lämpötilaa säädetään automaattisesti jäähdytysvedellä rikkihapon laimennuksessa ja saostusta edeltävässä pH-säädössä
- Laitokselle asennetaan analysaattori, jonka avulla voidaan jatkuvasti seurata tärkeimpien metallien pitoisuuksia prosessiliuoksissa. Normaalisti analysaattoria käytetään kemikaalien syötön ja poistovirtojen säätöön, mutta sen avulla voidaan myös havaita mahdollisia häiriötilanteita prosessissa.
- Uuttoalueelle asennetaan sisäilman rikkivety- ja happi-ilmaisimia. Happipitoisuuden mittaus on tärkeää, koska uuttolaitteissa käytetään suojakaasuna typpeä. Normaalitilanteessa typpeä ei ole avoimissa astioissa, eikä sitä siksi ole normaalisti uuttoluon sisäilmassakaan tavallista suurempana pitoisuutena. Rikkivetyilmaisimet asennetaan uuttoluon mahdollisesti vapautuvien hönkien takia.
- PLS-liuoksen tulo- ja lähtöaltaiden pohjarakenne vastaa uusimpien prosessiliuosaltaiden rakennetta, eli pohjan ja reunaliuskojen rakenteeseen kuuluu kaksi polyeteenikalvoa, mursketta, bentoniittikerros sekä tarkkailuputkisto, jonka avulla on mahdollista tarkkailla mahdollisia vuotoja mittaamalla putkistoon kertyvästä vedestä pH:ta tai johtokykyä. Lisäksi altaiden pohjien alle rakennetaan salaojat.
- Työntekijöiden säteilyannosta seurataan henkilökohtaisilla säteilymittareilla. Lisäksi laitoksella on kiinteitä säteilymittareita sekä kannettavia mittareita laitokselta pois lähtevän materiaalin, kuten tuotteen ja poistettavien prosessilaitteiden säteilyn mittaukseen.

Päästötarkkailu

Päästöt ilmaan

Uraanin talteenottolaitoksen päästötarkkailu liitetään koko kaivoksen päivitettyyn tarkkailuohjelmaan. Uraanin talteenottolaitoksen päästötarkkailuun sisältyy laitokselta ilmaan johdettavien poistohöngien tarkkailu. Uuttoalueelta johdettavista höngistä tarkkaillaan rikkivetypitoisuutta ja haihtuvien hiilivetyjen määrä (VOC) sekä saostus- sekä kuivaus- ja pakkausalueelta uraanipitoisuutta kaksi kertaa vuodessa tehtävillä mittauksilla. Tarkkailu lisätään koko kaivoksen muuhun ilmapäästöjen tarkkailuun.

Päästöt vesistöön

Uraanin talteenotossa käytettävän uuttoliuottimen tarkkailu sisältyy jo nykyisin kaivoksella tehtävään tarkkailuun, koska jälkikäsittely-yksiköille johdettavasta vedestä analysoidaan kerran viikossa öljyhiilivedyt. Uuttoliuotin on öljyhiilivetyihin lukeutuva valmiste, joten sen mahdollinen läsnäolo näytteessä näkyy öljyhiilivetyanalyyseissä. Muiden talteenotossa käytettävien kemikaalien tarkkailua ei katsota tarpeelliseksi, koska aineet hajoavat uuttovaiheessa metalliliuoksen kanssa reagoidessaan yhdisteiksi, joita luonnonvesissä normaalistikin esiintyy. Kemikaalien pitoisuudet jäävät jo metalliliuoksessa alle laboratorion määritysrajojen.

Uraanin määrä kaivokselta purettavissa vesissä vähenee talteenoton seurauksena nykyisestä. Uraanipitoisuuden tarkkailu kaivokselta purettavissa käsitellyissä vesissä aloitettiin vuonna 2010 ja se tullaan liittämään myös kaivoksen päivitettyyn tarkkailuohjelmaan. Uraanipitoisuus mitataan ensi vaiheessa viikoittain jälkikäsittelyyn johdettavasta vedestä.

Muiden radioaktiivisten aineiden (radium-226, torium 230, polonium-210 ja lyijy-210) pitoisuudet ovat pieniä ja niiden osalta tarkkailu toteutetaan STUK:in esittämien vaatimusten mukaisesti.

Säteily

Alueella tullaan tarkkailemaan säteilyä erikseen laadittavan säteilytarkkailuohjelman mukaisesti.

Jätteiden laatu

Kipsisakan kaatopaikkakelpoisuuden tarkkailua jatketaan metallituotannon nykyisen tarkkailun mukaisesti siten, että samassa yhteydessä määritetään uraanipitoisuus ja uraanin liukoisuus.

Vaikutustarkkailu

Uraanin talteenottolaitoksen päästöjen vaikutuksia ei voida erottaa muun toiminnan päästöjen vaikutuksista, mistä syystä talteenottolaitoksen päästöjen vaikutustarkkailu toteutetaan yhdessä kaivoksen muun vaikutustarkkailun kanssa päivitetyn tarkkailuohjelman mukaisesti. Seuraavissa kappaleissa on kuvattu uraanin talteenottolaitoksen vaikutustarkkailuun aiheuttamat muutokset periaatteellisella tasolla.

Vaikutukset ilmanlaatuun

Kaivoksen nykyisessä ilmanlaadun tarkkailussa seurataan pölylaskeuman määrää 15 kaivosalueella ja sen ympäristössä sijaitsevassa mittauspisteessä. Mittaukset tehdään 30 päivän jaksoissa ja tulokset ilmoitetaan muodossa mg U/m²/kk. Pölylaskeuman määrää tarkkaillaan jatkuvatoimisesti. Kuukausittain kerättävästä pölylaskeumanäytteestä analysoidaan muiden metallien lisäksi uraanin pitoisuudet neljä kertaa vuodessa (esimerkiksi maaliskuussa, kesä-, syys- ja joulukuussa).

Uraanin hajoamistuotteiden, kuten mm. ilman radonin osalta tarkkailu määräytyy STUK:n esittämien vaatimusten mukaisesti esimerkiksi pölyn leijumapitoisuuden mittausten ja radonmittausten perusteella.

Biologinen tarkkailu määräytyy vastaavasti STUK:n ohjelman mukaisesti. Näytteitä otetaan esimerkiksi marjoista, sienistä, perunasta, sammaleesta, jäkälistä ja hirvenlihasta.

Vaikutukset vesistöön ja pohjaveteen

Pintavesivaikutuksia tarkkaillaan purkuvesiä vastaanottavista vesistöistä kerättävin näyttein. Uraanin pitoisuus analysoidaan kaikista näytteistä neljä kertaa vuodessa (esimerkiksi maaliskuu-, kesä-, syys- ja joulukuussa). Lisäksi pintavesien ja sedimentin tarkkailu uraanin ja sen hajoamistuotteiden osalta kuuluu osaksi STUK:n tarkkailuohjelmaa.

Veden kemiallisen laadun lisäksi tarkkaillaan toiminnan vaikutuksia eliöihin (= biologinen tarkkailu). Tarkkailuun sisältyy mm. biologisten näytteiden keräämistä, bioindikaattoritutkimuksia ja lajistonselvityksiä. Biologisen tarkkailu ehdotetaan toteutettavaksi STUK:n edellyttämän ohjelman mukaisesti.

Pohjavesinäytteet kerätään kuukausittain nykyisistä kaivoksen tarkkailun mukaisista havaintoputkista ja uraanianalyysi tehdään näistä näytteistä kaksi kertaa vuodessa (esimerkiksi maaliskuu- ja syyskuussa). Lisäksi uraanipitoisuutta tarkkaillaan nykyisen pinnan korkeuden tarkkailun mukaisista kuudesta kalliopohjaveden havaintopisteestä Kuusilammen ympäristöstä kerran vuodessa otettavista näytteistä.

Raportointi

Uraanin talteenottoon liittyvän tarkkailun raportointi toteutetaan tarkkailuohjelman mukaisesti koko kaivoksen kuukausi- ja vuosiraportoinnin yhteydessä. Säteilyturvallisuuteen liittyvästä tarkkailusta raportoidaan valvoville erikseen säteilyn tarkkailusta laadittavan ohjelman mukaisesti.

Laadunvarmistus

Mittaukset, tutkimukset, selvitykset ja testaukset tehdään asiantuntevasti ja luotettavasti asianmukaisia hyväksytyjä menetelmiä käyttäen. Näytteiden ostoissa ja ympäristötutkimuksissa noudatetaan soveltuvia standardeja ja ohjeistuksia. Näytteiden analysoinneissa käytetään akkreditoituja laboratorioita.

Laitoksen mittalaitteet huolletaan ja tarkastetaan vaadituin määräajoin asiantuntevan huoltoliikkeen toimesta.

Ehdotus tarkkailun järjestämiseksi

Uraanin talteenottolaitoksen tarkkailu esitetään järjestettäväksi kuten edellä ja koko kaivoksen päivitettyssä tarkkailuohjelmassa on esitetty sekä STUK:in säteilylainsäädännön mukaisessa tarkkailusuunnitelmassa tullaan edellyttämään.

Tarvittavat lisäselvitykset

11. Muualta tuotavien uraaniraaka-aineiden koostumus, prosessointi ja ympäristövaikutukset

Talvivaara Sotkamo Oy hakee oman uraanin talteenottonsa lisäksi lupaa ottaa vastaan ja käsitellä Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n prosessistaan talteenottamaa uraania. NNH on Talvivaaran nikkelikasteiden pääasiakas ja yhtiön tuotantoprosessiin kertyvä uraani on peräisin Talvivaaran nikkelikasteissa epäpuhtautena esiintyvistä uraanista. NNH:lta tuotavat uraanipitoiset raaka-aineet

toimitetaan Talvivaaraan samankaltaisessa liuosmuodossa, kuin missä Talvivaaran uraanin talteenottolaitoksella prosessiliuos on takaisinuuon jälkeen. Uraani voi olla jalostettu NNH:n toimesta myös valmiiksi puolituotteeksi, jonka koostumus vastaa Talvivaaran uraanipuolituotetta. Ympäristövaikutusten arvioinnissa esitetysti Talvivaarassa tuotettavasta uraanista enintään 25 t/a tulee olemaan peräisin muualta tuotavista raaka-aineista. Mikäli kaikki Harjavallasta tuotava uraaniraaka-aine toimitetaan Talvivaaraan liuosmuodossa, on vuosittain vastaanotettava liuosmäärä 625-1250 t liuoksen uraanipitoisuuden ollessa luokkaa 20–40 g/l.

Harjavallan tehtaalta tuotava uraaniliuos tuodaan Talvivaaraan konteissa. Liuoksen uraanipitoisuus on 20-40 g/l ja pH noin 10. Liuos pumpataan suoraan kuljetussäiliöistä uraanin talteenottolaitoksen pH:n säätöreaktoreihin, jotka sijaitsevat laitoksen sisätiloissa. Liuos pumpataan hitaasti, jolloin lisävirtaamasta ei aiheudu prosessille ongelmia. Mikäli siirron yhteydessä ilmeni vuoto, kerääntyisi vuoto laitoksen lattiakaivoihin, joista nesteet voidaan palauttaa takaisin prosessiin. Muualta tuotavat raaka-aineet eivät siten edellytä käsittelyä ennen siirtoa talteenottolaitoksen prosessilaitteisiin eikä aineiden käytöstä aiheudu ympäristövaikutuksia.

Harjavallan tehtaan uraaniliuoksen tyypillinen koostumus on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n uraaniliuoksen tyypillinen koostumus.

Aine	Pitoisuus	Yksikkö
Uraani (U)	20-40	g/l
Natriumkarbonaatti (Na ₂ CO ₃)	75-80	g/l
Natrium (Na)	40-60	g/l
Kloridi (Cl)	max 1	g/l
Kromi (Cr)	max 50	mg/l
Rauta (Fe)	max 20	mg/l
Kupari (Cu)	max 10	mg/l
Kalium (K)	max 10	mg/l
Lyijy (Pb)	max 10	mg/l
Kalsium (Ca)	max 10	mg/l
Kadmium (Cd)	max 10	mg/l

Muita aineita ei liuosnäytteistä tehdyissä analyyseissa ole havaittu.

12. Tiedot uraanin talteenotossa syntyvistä jätteistä, niiden laadusta ja loppusijoituksesta

Taulukko 4. Uraanin talteenottolaitoksella muodostuvat jätteet.

Jätelaji	Jätenumero	Määrä (t/a)	Toimituspaikka
PLS-altaan liete	060603	3000	Kipsisakka-allas
Epäpuhtaussaostuma	010307*	10-50	Riippuen koostumuksesta ongelmajätelaitokselle, kipsisakka-altaaseen tai takaisin prosessiin.
Metallijäte	200140	vähäinen	Metallinkeräys, hyötykäyttö
Sekalainen yhdyskuntajäte	200301	vähäinen	Jätteen keräys
Loisteputket	200121*	vähäinen	Ongelmajätelaitos
Voiteluöljyjäte	130208*	vähäinen	Ongelmajätelaitos

Liutinjäte	140603*	vähäinen	Ongelmajätelaitos
------------	---------	----------	-------------------

*=ongelmajäte

13. Mahdollisten kemikaalijäämien tarkkailu ja seuranta

Ks. edellä kohta 10.

Talvivaaran ympäristön radiologinen perustilaselvitys

Väliraportti 28.2.2011



Solatie Dina, Leppänen Ari-Pekka, Heikki Reisbacka, Pia Vesterbacka
ja Petri Smolander

Säteilyturvakeskus

Luovutettu	Tekijät	pvm	(nimikirjoitus)
	Dina Solatie	11.3.2011	<i>Dina Solatie</i>
	Ari-Pekka Leppänen	11.3.2011	<i>Ari-Pekka Leppänen</i>
	Tarkastajat		
	Raimo Mustonen	11.3.2011	<i>Raimo Mustonen</i>
	Tarja K. Ikäheimonen	11.3.2011	<i>Tarja K. Ikäheimonen</i>

Yhteenveto

Tässä Talvivaara Sotkamo Oy:n Säteilyturvakeskukselta (STUK) tilaamassa radiologisessa perustilaselvityksessä kartoitetaan radiologinen tilanne Talvivaaran kaivosalueen ympäristössä. Hankkeessa tarkastellaan luonnon radioaktiivisten aineiden määriä siinä ympäristössä, johon kaivostoiminnalla ja siihen mahdollisesti liitettävällä uraanin talteenotolla voi olla vaikutusta. Hankkeen tuloksena saadaan yksityiskohtainen tieto Talvivaaran ympäristön radioaktiivisuustasosta. Hanke on kaksivuotinen ja alkoi heinäkuussa 2010. Loppuraportti julkaistaan maaliskuussa 2012. Tässä väkiraportissa esitetään eri ympäristönäytteiden radioaktiivisuustuloksia sekä paikan päällä tehtyjen gammaspektrometrinen *in-situ* mittausten tuloksia vuodelta 2010.

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 ympäristönäytteistä kuten jokivesi, jokisedimentti, järvivesi, järvisedimentti, näkinsammal, kalanliha, sienet, marjat, hirvenliha, pohjavesi, maaperä, ulkoilman pöly, ulkoilman radon, mansikka, viinimarja ja peruna. Lisäksi tehtiin paikan päällä gammaspektrometrisiä *in-situ* -mittauksia. Analyysit ja mittaukset toistetaan vuonna 2011.

Tulokset osoittivat, että Talvivaaran alueella ympäristönäytteiden radioaktiivisuuspitoisuudet olivat matalia. Tulokset eivät poikkea muualta Suomesta mitatuista vastaavien näytteiden tuloksista ja alueen ympäristön luonnontuotteita sekä elintarvikkeita voidaan käyttää normaaliin tapaan. Perustilaselvityksen avulla voidaan arvioida tulevaisuudessa kaivostoiminnan ja mahdollisen uraanin talteenoton vaikutusta ympäristön radioaktiivisuuteen.

Sisällys

Yhteenveto	2
Sisällys	3
1. Johdanto	4
2. Luonnon radioaktiivisuus Talvivaaran prosessissa	5
3. Radiologiset tutkimukset Talvivaaran ympäristössä vuonna 2010	6
3.1 Määrittymenetelmät ja laadunhallinta	6
3.2 Näytteiden otto	7
3.3 Näytteiden esikäsittely	10
3.4 Näytteiden analysointi	11
3.4.1 Gammaspektrometria	11
3.4.2 Näytteiden radiokemialliset analyysit ja alfaspektrometria	13
3.4.3 <i>In-situ</i> mittaukset	13
3.4.4 Ulkoilman radonmittaukset	14
3.4.5 Ulkoilman pölymittaukset	15
4. Tulokset ja tulosten tulkintaa	16
4.1 Gammaspektrometrinen mittausten tuloksien yhteenvedot	16
4.1.1 Ilmapölynäytteet	16
4.1.2 Sedimentti- ja vesinäytteet	17
4.1.3 Näkinsammal	20
4.1.4 Kalan- ja ravunliha	20
4.1.5 Marjat, sienet, peruna, sammaleet, jäkälät ja hirvenliha	21
4.1.6 Maaperä	22
4.2 Radonpitoisuudet vesissä	22
4.3 Radonpitoisuudet ulkoilmassa	23
4.4 Radiokemiallisten uraanianalyysien tulokset	24
4.5 Tulokset <i>in-situ</i> mittauksista	25
5. Johtopäätökset	27
Liitteet	27
Viitteet	28

1. Johdanto

Sotkamon kunnassa sijaitseva Talvivaaran kaivos hyödyntää alueen monimetalliesiintymiä ja rikastaa niistä nikkeliä, kuparia, kobolttia ja sinkkiä sisältäviä sulfideja metalliteollisuuden raaka-aineeksi. Kaivostoiminta on aloitettu keväällä 2008 ja metallien tuotanto syksyllä 2008, joten täysin neitseellistä ympäristön radiologista perustilaa ei enää voida selvittää. Yhtiö suunnittelee aloittavansa muiden metallien sivutuotteena saatavan uraanin talteenoton ja hyödyntämisen puolituotteena. Lisäksi yhtiö suunnittelee muualta tuotavien päämetallituotteiden sisältämän uraanin talteenottoa. Yhtiö on jättänyt 20.4.2010 valtioneuvostolle hakemuksen ydinenergialain mukaisen kaivos- ja rikastustoiminnan edellyttämän luvan saamiseksi.

Talvivaara Sotkamo Oy tilasi 8.7.2010 STUKilta Talvivaaran kaivosalueen ympäristön radiologisen perustilaselvityksen. Selvitys tehdään palveluhankkeena. Selvityksessä kartoitetaan radiologinen perustila Talvivaaran kaivosalueen ympäristössä. Siinä selvitetään luonnon radioaktiivisten aineiden määriä siinä ympäristössä, johon suunnitteilla olevalla uraanin talteenotto toiminnalla ja muulla kaivostoiminnalla voi olla vaikutusta. Vuonna 2010 kerättiin ja analysoitiin ympäristönäytteitä. Vastaavat näytteenotot ja analyysit toistetaan vuonna 2011. Näytteistä analysoitiin luonnon radioaktiiviset aineet. Lisäksi alueella tehtiin paikan päällä gammaspektrometrisiä *in-situ* mittauksia sekä ulkoilman radon- ja ilmapölymittauksia.

Radiologisen perustilaselvityshankkeen projektipäällikkönä toimii STUKn Pohjois-Suomen aluelaboratorion laboratorionjohtaja Dina Solatie. Hankkeen ohjausryhmään kuuluvat: Eeva Ruokonen, Kari Vyhtinen ja Heikki Kovalainen, Talvivaara Oy; Antti Lankinen, Kainuun luonnonsuojelupiiri; Tarja K. Ikäheimonen ja Raimo Mustonen, STUK.

2. Luonnon radioaktiivisuus Talvivaaran prosessissa

Alueen kallioperä ja nikkelimalmi sisältävät uraania keskimäärin 20 ppm eli 250 Bq/kg. Uraani liukenee Talvivaaran päätuotteiden tapaan metallien käsittelyn pääliuokseen. Sen sijaan uraanin hajoamistuotteiden aktiivisuuspitoisuudet pääliuoksessa ovat pieniä, mikä viittaa siihen, että bioliuotuksessa ne eivät liukene pääliuokseen, vaan jäävät bioliuotuskasaan. Alustavat mittaustulokset osoittavat uraanipitoisuuden kipsijätesakassa olevan suuruusluokkaa 300-900 Bq/kg, kun taas uraanin hajoamistuotteiden pitoisuudet ovat vähäiset, esim. radiumin pitoisuudeksi on mitattu alle 10 Bq/kg (Talvivaaran YVA-selostus, 2010). Yleistä tietoa luonnon radioaktiivisuudesta on kerrottu liitteessä 1.

3. Radiologiset tutkimukset Talvivaaran ympäristössä vuonna 2010

3.1 Määrittämenetelmät ja laadunhallinta

STUKin Tutkimus ja ympäristövalvontaosasto on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T167. Akkreditoinnissa sovelletaan standardia EN ISO/IEC 17025:2005.

STUKin keräämät näytteet otettiin akkreditoituilla näytteenottomenetelmillä. Näytteenottajina toimivat akkreditoitu näytteenottaja Kari Huusela ja sertifioitu eliöstönäytteenottaja Hannele Koukkula. Kala-, rapu-, riista- ja osa marja-, sieni- ja elintarvikenäytteistä saatiin paikallisilta asukkailta.

Kaikille näytteille tehtiin gammaspektrometrinen mittaus STUKn Pohjois-Suomen aluelaboratoriossa. Polonium (Po-210) ja lyijy (Pb-210) määritettiin radiokemiallisella menetelmällä. Lyijyn ja poloniumin pitkästä analysointiajasta johtuen tulokset valmistuvat vasta loppuraporttiin. Uraani (U-234, U-238) määritettiin radiokemiallisesti 20 vesinäytteestä ja kolmesta elintarvikenäytteestä STUKn Nuklidianalytiikkalaboratoriossa Helsingissä. Muista näytteistä uraanipitoisuus (U-238) laskettiin gammaspektrometrisestä mittauksesta. Radonmääritykset vesinäytteistä tehtiin ei-akkreditoitulla menetelmällä (paikallislaboratoriomenetelmällä NaI(Tl)-ilmaisin), mutta menetelmän laatua valvotaan samalla tavalla kuin akkreditoitujen menetelmien.

Gammaspektrometriset *in-situ* mittaukset teki STUKn Turvateknologialaboratorio ja radonmittaukset ulkoilmasta STUKn Terveysriskit ja radonturvallisuuslaboratorio. Tarkemmat kuvaukset käytetyistä analysointimenetelmistä nuklidikohtaisesti on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Analysoidut radionuklidit ja mittausmenetelmät.

Radionuklidi	Mittausmenetelmä	Viittaus ja STUK:n sisäinen ohje
U-235, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228 ja Th-232	Gammaspektrometria	IEC 1452: 1995 STUK TKO 4
Po-210 ja Pb-210	Alfaspektrometria	Vesterbacka ja Ikäheimonen, 2005 STUK OHJE TKO 3.1.14
U-234 ja U-238	Alfaspektrometria	Vesterbacka et al., 2009 STUK OHJE TKO 3.1.14
Rn-222	Gammaspektrometria, NaI-ilmaisoin (vesinäytteet) Alfajälki (ulkoilma)	Mäkinen ja Hanste, 2009 STUK OHJE TKO 3.2.3 STUK OHJE TKO 3.1.9

3.2 Näytteiden otto

Näytteenottopaikkoja ja näytelajeja suunniteltaessa on otettu huomioon, että radionuklidit voivat levitä kaivos- ja rikastamoalueelta useita eri leviämisreittejä 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. Näytelajeja suunniteltaessa otettiin myös huomioon luonnontuotteet sekä lähitilojen elintarvikkeet. Näytteenotto tehdään kahtena eri vuonna, koska luonnon radionuklidien aktiivisuuspotentiaaleissa esiintyy luonnollista vaihtelua.

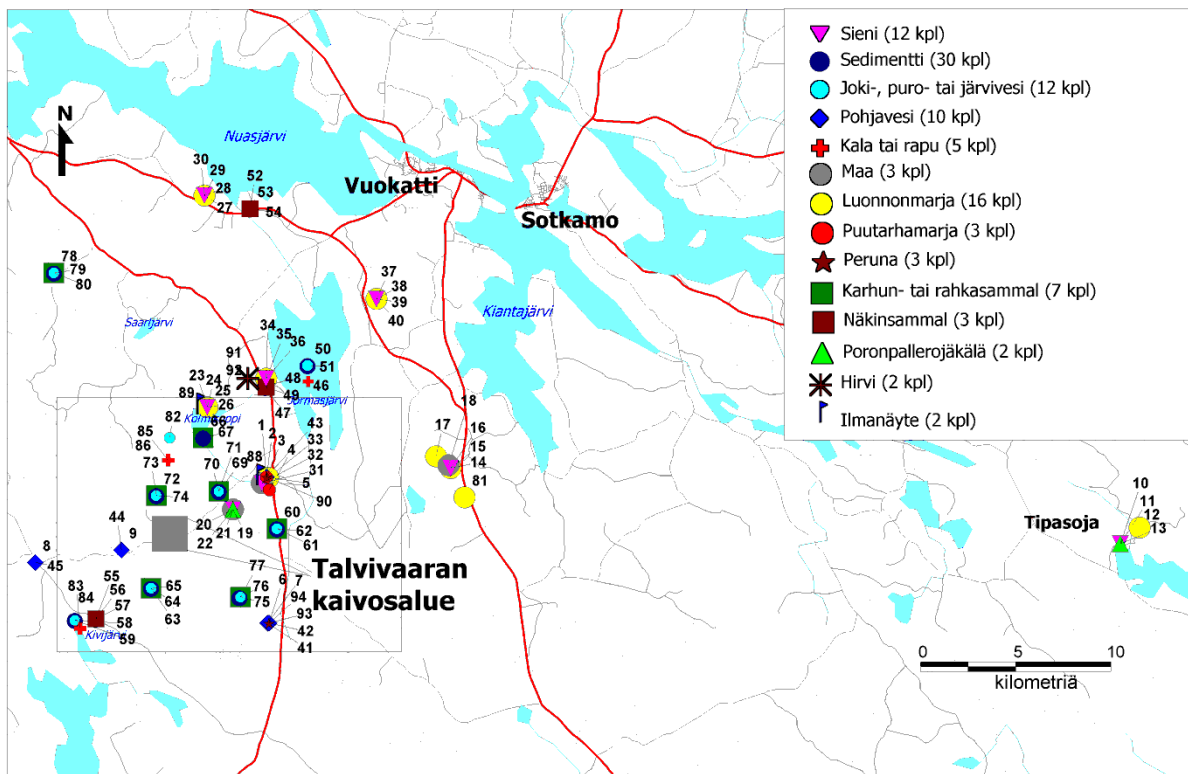
Taulukossa 2 on listattu kerätyt näytteet, näytemäärät (kpl) ja määritetyt radionuklidit. Kuvissa 1 ja 2 näytteenottopisteet on kuvattu kartoilla. Liitteessä 2 on esitetty yksityiskohtaiset näytetiedot koordinaatteineen ja näytepaineineen. Kuvat 3-5 kuvaavat näytteenottoa.

Joki- ja järvivesinäytteet otettiin suoraan 10–20 litran kanistereihin, radonmittauksiin vedet otettiin lasisiin yhden litran keräysastioihin. Näyteastiat huuhdottiin näytevedellä ennen varsinaista näytteenottoa. Jokisedimenttinäytteet otettiin (joko uimalla tai kahlaamalla varovasti) noin 1-2 metrin syvyydestä, STUK-putkinoutimen pelkällä sisäputkella (halkaisija 64mm). Näytepropun pituus putkessa mitattiin jonka jälkeen koko proppu laitettiin näyteastiaan ja pakkaseen. Järvistä

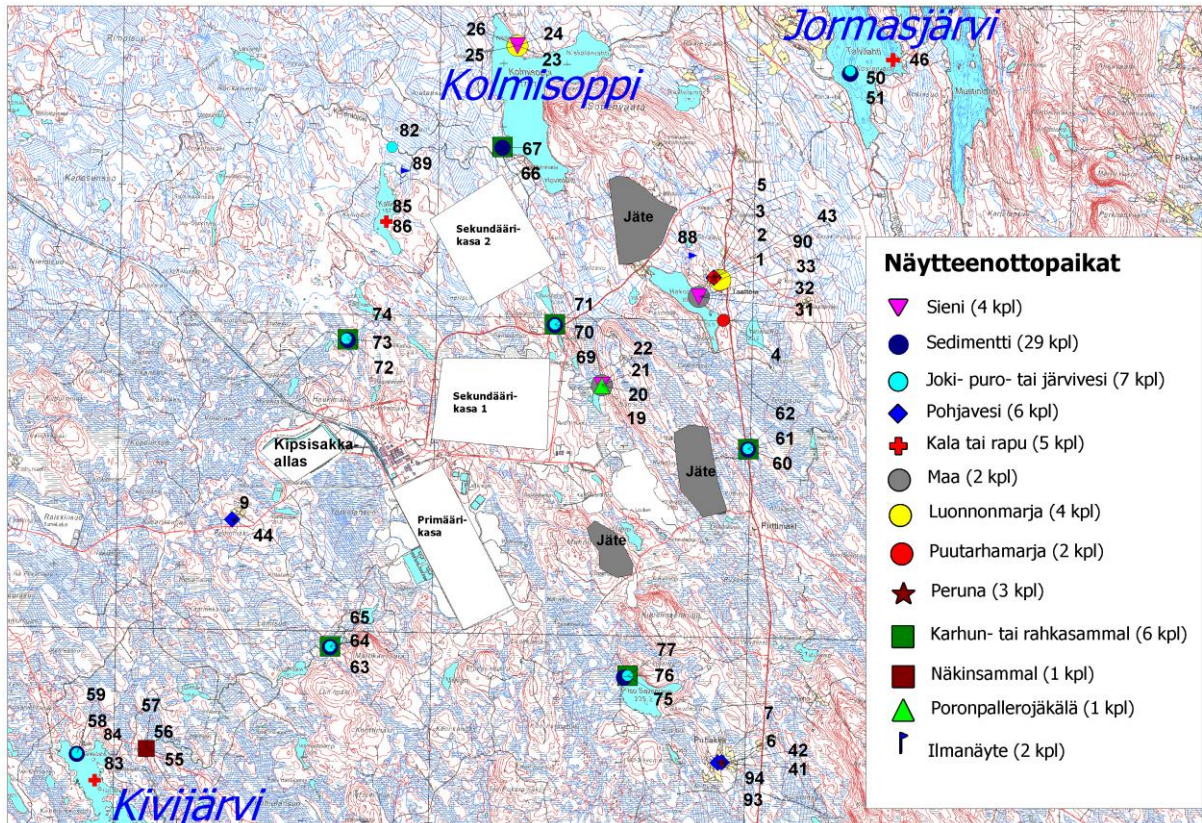
sedimenttinäytteet otettiin STUK-putkinoutimella, siten, että yhteen näytteeseen otettiin kaksi nostoa. Näyteproput mitattiin ja viipaloitiin 2 cm siivuksi pinnalta alaspäin. Rinnakkaiset siivut yhdistettiin yhdeksi näytteeksi.

Taulukko 2. Kerätyt näytteet, näytemäärät ja radionuklidit.

jokivesi	10	Gammanuklidit, Po/Pb, U-234, U-238
jokisedimentti	10	Gammanuklidit, Po/Pb
näkinsammal	3	Gammanuklidit, Po/Pb
sammal	7	Gammanuklidit, Po/Pb
järvivesi (Jormas- ja Kivijärvi)	2	Gammanuklidit, Po/Pb, U-234, U-238
järvisedimentti, (Jormas- ja Kivijärvi) 2 paikkaa 10 x 2 cm	20	Gammanuklidit, Po/Pb
sienet (haperot, tatit, rouskut, kantarelli)	12	Gammanuklidit, Po/Pb
marjat (mustikka, puolukka, karpalo)	16	Gammanuklidit, Po/Pb
pohjavesi (lähde, porakaivo)	10	Gammanuklidit, Po/Pb U-234, 238, Rn-222
kalat (hauki ja ahven, Kallio- ja Kivijärvi) ja rapu	5	Gammanuklidit, Po/Pb
hirvenliha	2	Gammanuklidit, Po/Pb
elintarvikkeet (mansikka, peruna, viinimarja)	6	Gammanuklidit, Po/Pb, kolmesta näytteestä uraanin isotoopit
ulkoilman pöly	2	Gammanuklidit, Po/Pb
ulkoilman radon	200	Rn
maaperä	3	Gammanuklidit, Po/Pb



Kuva 1. Talvivaaran kaivosalueen ympäristöstä otetut näytteet ja näytepaikat 2010. Muutama marja- ja sieninäyte otettiin vertailun vuoksi Tipasojalta.



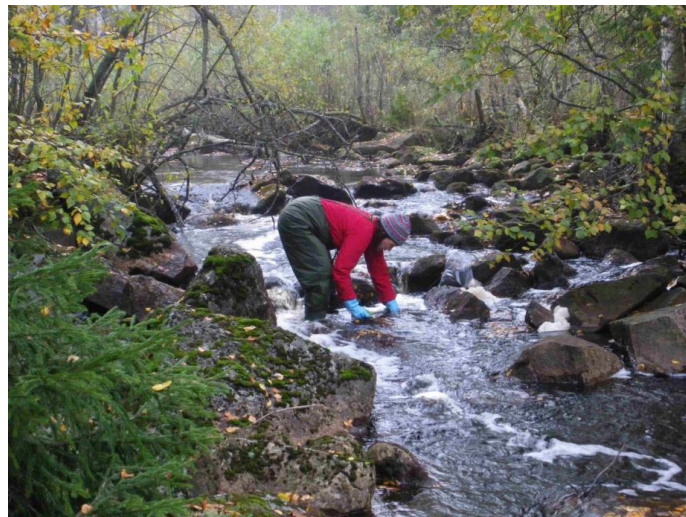
Kuva 2. Näytteenottoaikat kaivosalueen läheltä.



Kuva 3. Vesinäytteen ottoa Tammapurosta.



Kuva 4. Sieninäytteiden keräystä Tuhkakylästä.



Kuva 5. Näkinsammalnäytteiden ottoa Lumijoesta.

3.3 Näytteiden esikäsittely

Näytteet punnittiin ennen esikäsittelyä. Osa näytteistä pakastettiin pilaantumisen estämiseksi. Marja-, sieni-, peruna- ja sammalnäytteet puhdistettiin roskista. Sienet, perunat ja lihat paloitettiin. Näytteet kuivattiin lämpökaapissa tai kylmäkuivurissa, jonka jälkeen ne homogenisoitiin. Sedimentti-, hiekka- ja maaperänäytteet seulottiin 2 mm seulalla. Seulaan jäänyt orgaaninen aines ja kivet punnittiin erikseen. Gammamittauksiin menevät vesinäytteet haihdutettiin kuiviin infrapunalamppujen alla haihdutusmaljoissa ja poltettiin tuhaksi posliiniupokkaissa. Gammamittausta varten näytteet purkettiin 35 ml- tai 100 ml-purkkeihin, punnittiin ja vakumoitiin.

3.4 Näytteiden analysointi

Selvityksessä analysoitiin luonnon radioaktiivisten aineiden, uraanin (U-238, U-235, U-234), toriumin (Th-228, Th-232), radiumin (Ra-226, Ra-228), lyijyn (Pb-210), poloniumin (Po-210) ja radonin (Rn-222) aktiivisuuspitoisuudet erilaisista ympäristönäytteistä.

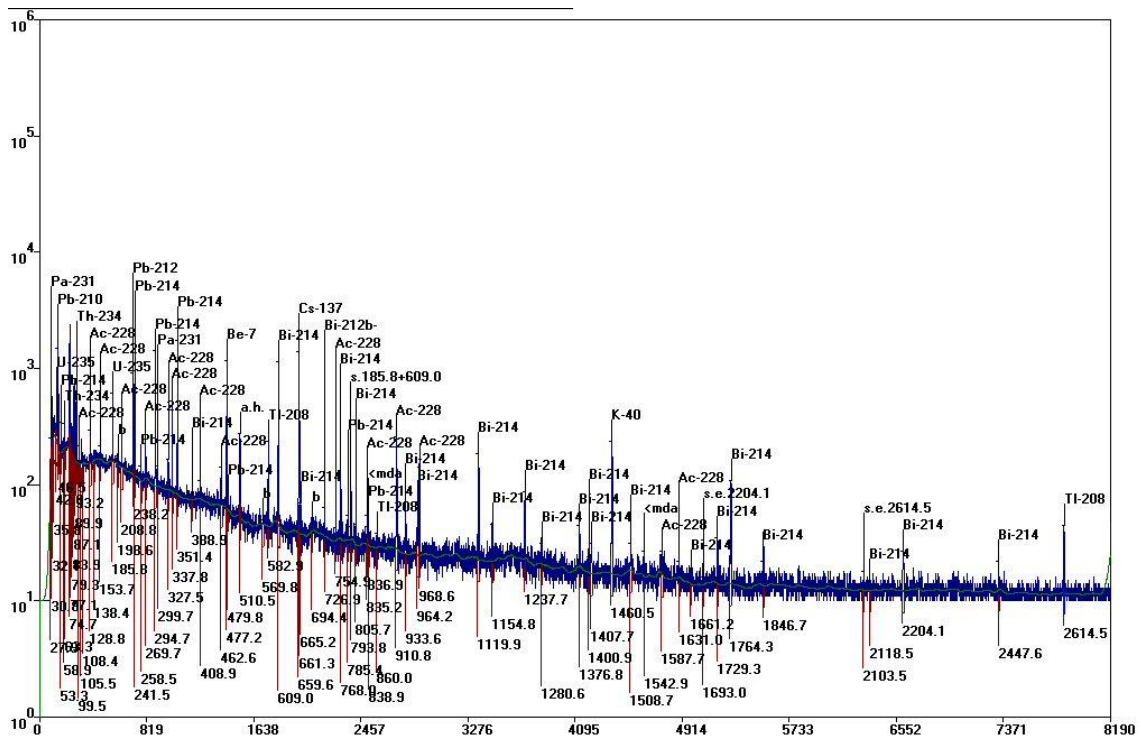
3.4.1 Gammasppektrometria

Näytteiden gammasppektrometrisesti analysoitavat nuklidit olivat Ra-226, Ra-228, Th-228, Th-232, sekä U-235 ja U-238, silloin kun uraanipitoisuudet olivat tarpeeksi suuria. Raportissa on ilmoitettu myös Cs-137:n ja K-40:n pitoisuudet, mikäli niitä havaittiin. Vesinäytteiden Rn-222 pitoisuudet määritettiin NaI-ilmaisimella seuraavana päivänä näytteenoton jälkeen.

Ennen mittauksia selvitettiin laboratorion luonnontaustasäteily, jotta se voitiin ottaa asianmukaisesti huomioon tulosten laskennassa. Näytteet vakumoitettiin alumiinisten pussien sisälle radonin vapautumisen estämiseksi (pois luettuna Rn-222 määrittökset vedestä). Kuvassa 6 on alumiiniseen pussiin vakumoitu näyteastia. Tämän jälkeen näytteitä seisotettiin kolme viikkoa, jotta radonin hajoamistuotteet olivat radioaktiivisessa tasapainossa radiumin kanssa. Mitattavista radionuklideista vain muutaman aktiivisuuspitoisuus pystyttiin määrittämään suoraan nuklidista lähtevän säteilyn perusteella. Muiden nuklidien pitoisuudet määritettiin hajoamistuotteiden (tytärnuklidien) pitoisuuksien perusteella. Näytteiden mittausaika vaihteli näytteestä riippuen kahdesta tunnista aina kolmeen päivään. Kuvassa 7 on esimerkkinä gammasppektri yhden näkinsammalnäytteen mittauksesta. Nuklidit tunnistettiin piikkien energioiden perusteella. Mitatussa spektrissä kukin piikki edustaa tiettyjen energiatilojen välistä siirtymäenergiaa. Kuvassa tunnistetut piikit on nimetty nuklidin mukaan.



Kuva 6. Vakumoitu sedimenttinäyte. Näyteastia (100 ml) on kuvan keskellä alumiinisen pussin sisällä.



Kuva 7. Näkinsammalnäytteestä mitattu gammaspektri. X-akselilla on säteilyn energia kanavina ja Y-akselilla piikin pulssien lukumäärä. Kuvassa näkyvät myös käytetyn analyysiohjelman tunnistamat ja nimeämät piikit.

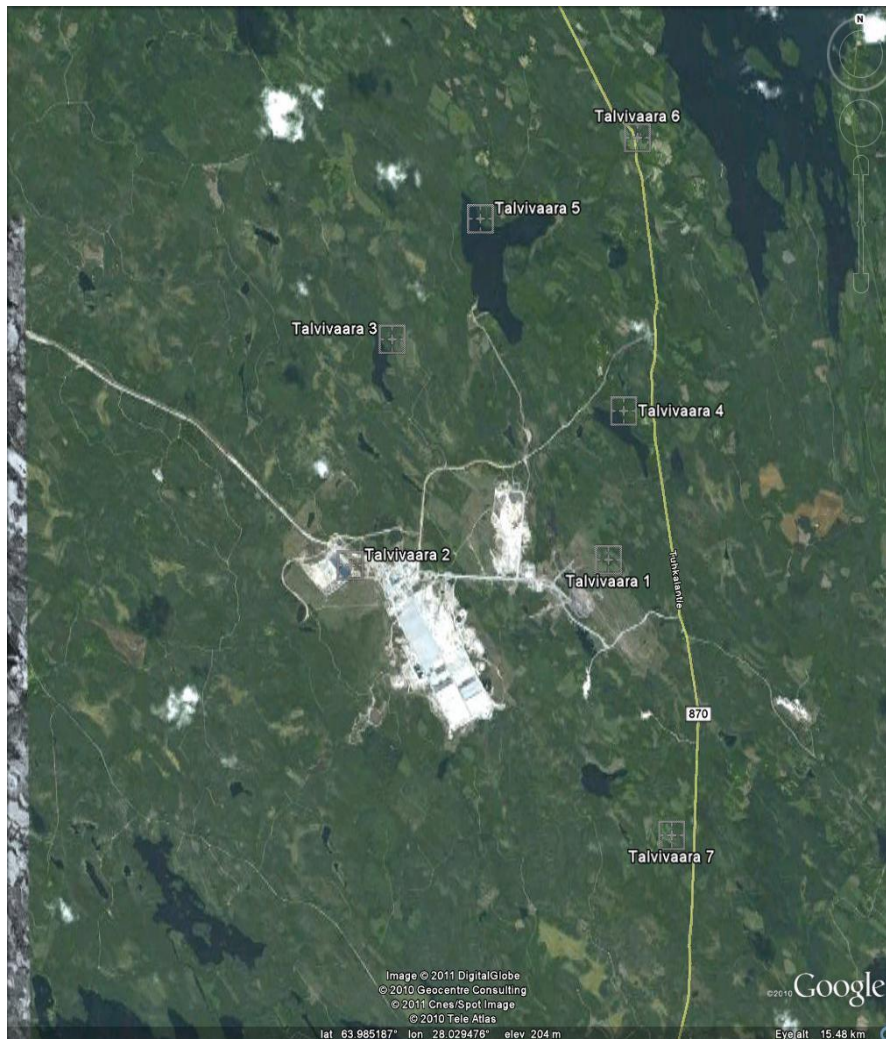
3.4.2 Näytteiden radiokemialliset analyysit ja alfaspektrometria

Vesinäytteistä sekä kolmesta elintarvikenäytteestä uraani analysoitiin radiokemiallisesti. Uraani erotettiin muista aineista ioninvaihtomenetelmällä ja näytteet mitattiin alfaspektrometrisesti. Näytteen uraanipitoisuuden laskeminen perustuu analyysin alussa lisätyn sisäisen merkkiaineen määrään, joka tunnetaan tarkasti. Merkkiaineena käytettiin U-232 isotooppia.

Poloniumin radiokemiallisessa erotuksessa käytetään hyväksi poloniumin kykyä saostua spontaanisti hopealevyille. Radiokemiallisen erotuksen jälkeen näytteet mitataan alfaspektrometrillä. Lyijy-210 määritetään samasta näytteestä, josta Po-210 ensin saostetaan ja johon Po-210:n sen jälkeen annetaan kasvaa sisään noin puolen vuoden ajan. Tämän jälkeen Po-210- ja Pb-210 - tulokset lasketaan näytteenottohetkeen. Ensimmäisessä saostuksessa käytettiin merkkiaineena Po-209:ää ja toisessa käytetään Po-208:aa. Pitkän seisotuksen takia tulokset valmistuvat vasta loppuraporttiin.

3.4.3 *In-situ* mittaukset

Gammaspektrometrisillä *in-situ* mittauksilla kartoitettiin maapinnan gammasäteilyä lähettävien radionuklidien aktiivisuuspitoisuuksia. Mittauksessa käytettiin HPGe-ilmaisinta, joka oli sijoitettu noin metrin korkeuteen kolmijalan päälle. Mittausaika oli 30 minuuttia/piste. Mittauspisteet valittiin kaivoksen länsipuolelta asutuksen- ja päätuulensuunnan (lounas) mukaan. Kuvassa 8 on esitetty mittauspisteet. Mittauspiste 1 oli avolouhoksen ja piste 2 kipsisakka-altaan vieressä, muut pisteet sijaitsivat kaivosalueen ulkopuolella.



Kuva 8. *In-situ* mittauspisteiden paikat.

3.4.4 Ulkoilman radonmittaukset

23–24.9.2010 Talvivaaran kaivosalueen ympäristöstä valittiin 50 mittauspistettä ulkoilmassa olevan kaasumaisen radonin mittaamiseksi. Mittauspisteiden koordinaatit otettiin Nokia E71 puhelimella. Ulkoilman radonmittaus suoritettiin jokaisessa mittauspisteessä neljällä STUKin radonmittauspurkillä. Mittauspisteessä maahan iskettiin rima, ja rimaan kiinnitettiin metrin korkeudelle muovipullo, jonka pohja oli poistettu. Pullon sisään sääsuojaan sijoitettiin neljä radonmittauspurkkia (kuva 9). Mittaukset lopetettiin 2-3.12.2010.



Kuva 9. Ulkoilman radonmittauspiste.

3.4.5 Ulkoilman pölymittaukset

Ilmapölynäytteitä otettiin kahdesta paikasta 2.-3.11.2010 välisenä aikana. Keräimiä oli kaksi, ”Pikkupoika” ja ”Lilliput”. Pikkupoika -keräimen keräysnopeus on 150 m³/h kun taas Lilliput -keräin on pienempi kooltaan ja imuteholtaan noin 13 m³/h. Keräimet sijoitettiin kaivosalueen ulkopuolelle tuulen alapuolelle niin, että Pikkupoika -keräin oli Hakosenjärven rannalla olevan saunamökin terassilla Taattolassa ja Lilliput Kolmisopen pohjoispäässä Nurminiemen Ykssopessa. Molemmat paikat sijaitsevat noin 2-3 km päästä Kolmisopen avolouhoksesta. Talvivaaran ympäristössä lounastuuli on vallitseva ja pääasiassa tuulen suunta on Taattolaan päin. Kuvassa 8 ilmapölykeräyspisteet ovat pisteissä Talvivaara 4 ja 5. Samoissa pisteissä tehtiin myös gammaspektrometriset *in-situ* mittauksia. Keräysjakson aikana vallitseva tuulen suunta oli lounaasta ja säätila 2.11. oli aurinkoinen ja kuiva +2 °C. 3.11. satoi vettä ja räntää, tuulen suunnan säilyessä samana. Keräysaikana kaivoksella ei räjäytetty.

4. Tulokset ja tulosten tulkintaa

Tässä kappaleessa on esitetty vuoden 2010 gammaspektrometrinen analyysien ja uraanin radiokemiallisten analyysien tuloksien yhteenvedot, *in-situ* mittausten tulokset sekä ulkoilman radonmittausten tulokset. Yksityiskohtaiset gammaspektrometrinen analyysien tulokset on esitetty liitteessä 3, uraanianalyysien tulokset liitteessä 4 ja radonmittausten tulokset ulkoilmassa liitteessä 5. Tulokset eivät poikkea muualta Suomesta mitatuista vastaavien näytteiden tuloksista ja alueen ympäristön luonnontuotteita sekä elintarvikkeita voidaan käyttää normaaliin tapaan. Ainoastaan yhdessä mitatuista porakaivovesistä radonpitoisuus ylitti yksityiselle kaivovedelle asetetun toimenpiderajan 1000 Bq/l. Kyseinen kaivo ei ole vakituksessa käytössä ja tarvittaviin toimenpiteisiin vaikuttaa kaivon vuotuinen käyttöaika.

4.1 Gammaspektrometrinen mittausten tuloksien yhteenvedot

Yksikkönä taulukoissa on käytetty Bq/kg kuivapainoa (k.p.) kohden laskettuina. Vesien tulokset on ilmoitettu Bq/kg. Taulukoissa ja liitetiedoissa käytetty merkintä <X tarkoittaa mitattua havaitsemisrajaa, jossa X indikoi kyseisen havaitsemisrajan lukuarvoa.

4.1.1 Ilmapölynäytteet

Nuklidien pitoisuudet ilmapölynäytteissä on esitetty taulukossa 3. Vertailupisteeksi valittiin kansallisen ympäristön säteilyvalvontaverkon Kajaanin ilmapölykeräysaseman tulokset samalta ajalta (1.-8.11.2010). Mittauspisteissä Talvivaara 4 ja 5 näkyy kaivoksen vaikutus kohonneina pitoisuuksina Kajaanin tuloksiin verrattuna. Yleisesti ottaen pitoisuudet mittaushetkellä olivat kuitenkin pieniä.

Taulukko 3. Ilmapölynäytteissä havaitut radionuklidit. Pitoisuudet ovat ilmoitettu yksikössä $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Paikka	koord. N	kood. E	Pb-210	Ac-228	Bi-214	Pb-212	Pb-214	Tl-208	U-235	K-40
Talvivaara 4	64.00249	28.09979		24		20			11	1750
Talvivaara 5	64.03453	28.04407	330		100	140	74			940
Kajaani	64.084738	27.708354	120	8	5	6	5	5	1,6	110

4.1.2 Sedimentti- ja vesinäytteet

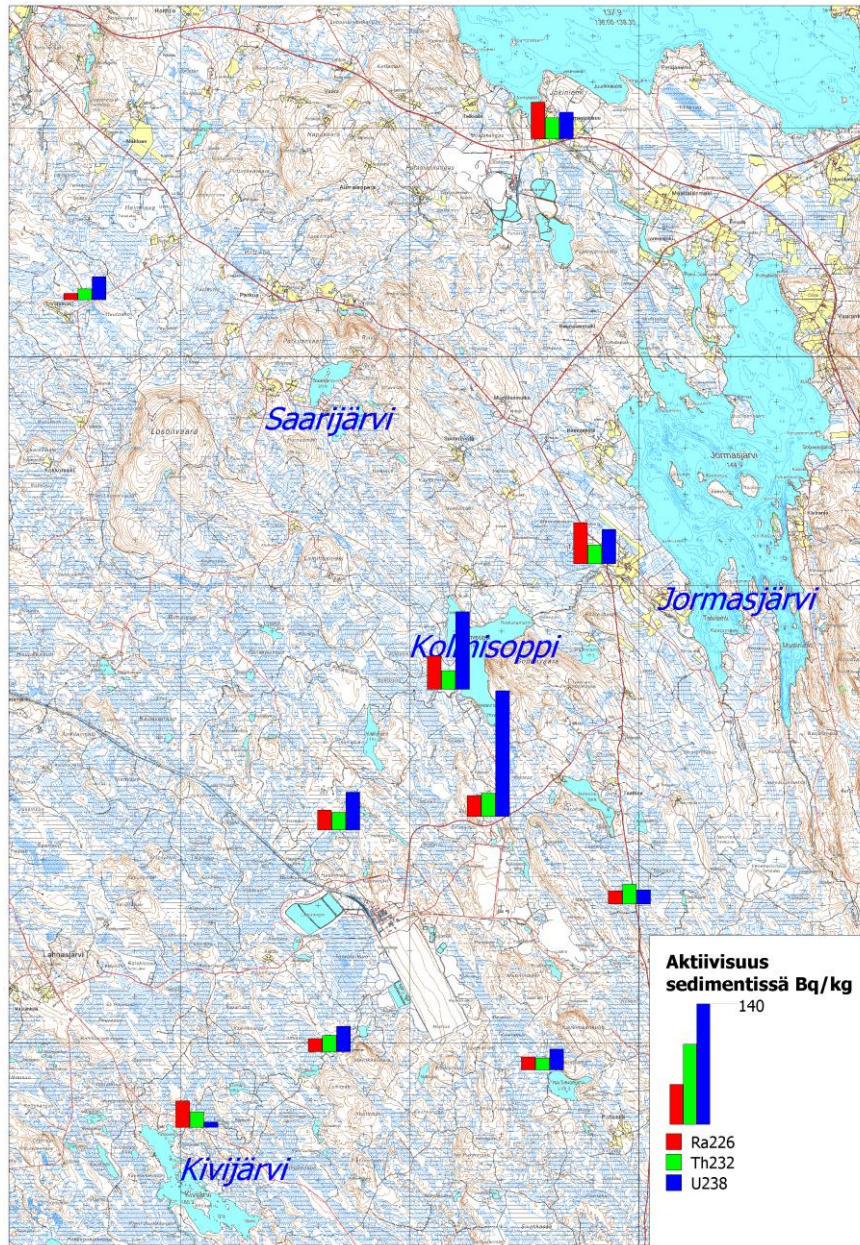
Sedimentti- ja vesinäytteitä otettiin seitsemästä pisteestä, joissa on jo ennestään vesien tarkkailua sekä kolmesta uudesta pisteestä. Kaivoksesta johdetaan puhdistettua prosessivettä kahteen suuntaan; Jormas- ja Kivijärveen. Tuhkajokea pitkin vedet kulkevat Jormasjärveen ja Lumijokea pitkin Kivijärveen. Näytteitä kerättiin Kalliojoensuulta läheltä Kolmisopen avolouhosta, Kivijärven suulta, Jormasjoesta, Tuhkajoesta, Härkäpurosta (ei johdeta kaivoksen puhdistettua prosessivettä), pohjoisen vesien jälkikäsittely-yksikön jälkeen Kärsälammesta, eteläisen vesien jälkikäsittely-yksikön jälkeen Korpelammesta, Tammapurosta ja Ruunakorvenpurosta.

Joki- ja purosedimentit

Tulokset joki- ja purosedimenttien pitoisuuksista on esitetty taulukossa 4 ja karttakuvassa 10.

Taulukko 4. Pintasedimenttinäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit.

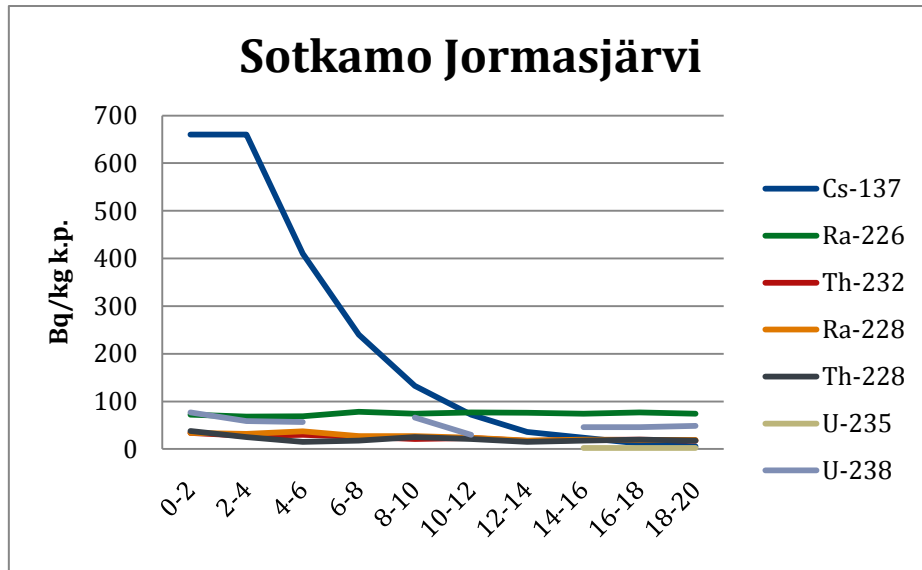
Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg]
Ra-226	14 – 46
Ra-228	12 – 26
Th-228	10 - 39
Th-232	12 - 26
U-235	1 – 11
U-238	22 - 140



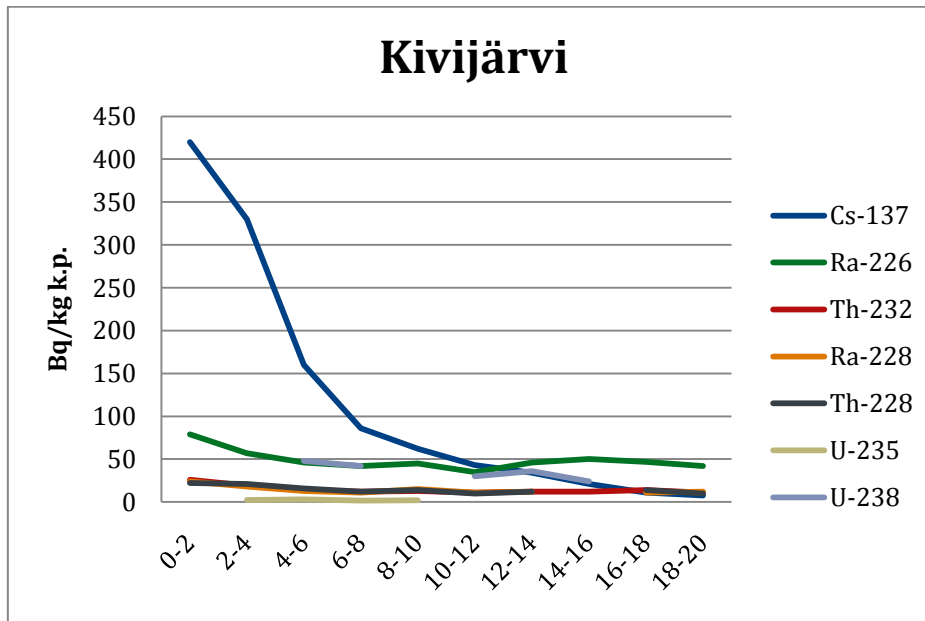
Kuva 10. Sedimentinäytteiden aktiivisuuspitoisuudet.

Järvisedimentit

Jormas- ja Kivijärvestä otettiin sedimenteistä pystyprofiilit 20 cm syvyyteen asti. Profiileissa näkyy Tshernobylin onnettomuuden aiheuttama ^{137}Cs -piikki. Luonnon radioaktiivisten nuklidien pitoisuudet olivat sen sijaan eri syvyydellä tasaisia. Kuvissa 11 ja 12 on esitetty järvisedimenttien pitoisuudet syvyyden funktiona.



Kuva 11. Jormasjärven sedimenttiprofiilin radioaktiivisuuspitoisuudet.



Kuva 12. Kivijärven sedimenttiprofiilin aktiivisuuspitoisuudet.

Pintavedet

Pintavesivesinäytteiden aktiivisuuspitoisuudet olivat suurimmassa osassa näytteitä havaitsemisrajan alapuolella. Havaitsemisraja vaihtelee näytteen koosta, käytetystä mittausajasta sekä ilmaisimesta riippuen. Mitatuista näytteistä vain muutamasta saatiin mittaustulos, pitoisuudet osoittautuivat hyvin pieneksi. Vesinäytteiden mittaustuloksien vaihteluvälit on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Vesinäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg]
Ra-226	0,004 - 0,017
Ra-228	0,0006- 0,006
Th-228	0,004 tai alle
Th-232	0,005 tai alle
U-235	0,005 tai alle
U-238	0,008 – 0,07

4.1.3 Näkinsammal

Näkinsammal on vesiympäristössä hyvä indikaattorilaji, koska se kerää itseensä tehokkaasti vesistöissä liikkuvia epäpuhtauksia. Taulukossa 6 on esitetty näkinsammalnäytteiden mittaustuloksien vaihteluvälit.

Taulukko 6. Näkinsammalnäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg]
Ra-226	35 - 537
Ra-228	37 - 233
Th-228	17 - 45
U-235	< 12
U-238	40-130

4.1.4 Kalan- ja ravunliha

Luonnon radioaktiivisten aineiden pitoisuudet kalan- ja ravunlihassa olivat pieniä ja hyvin lähellä mittalaitteistojen havaitsemisrajaa. Taulukoissa 7 ja 8 on esitetty yhteenveto kalan- ja ravunlihan radioaktiivisuuspitoisuuksista.

Taulukko 7. Kalanäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg]
Ra-226	0,8-1,1
Ra-228	<1,1
Th-228	<0,8
U-235	<0,4
U-238	<20

Taulukko 8. Rapunäytteestä mitatut aktiivisuuspitoisuudet.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg]
Ra-226	<6,0
Ra-228	<11
Th-228	<14
Th-232	<8
U-235	<5
U-238	<8

4.1.5 Marjat, sienet, peruna, sammaleet, jäkälät ja hirvenliha

Mitatuissa näytteissä aktiivisuuspitoisuudet olivat pieniä ja lähellä mittalaitteistojen havaitsemisrajaa. Taulukossa 9 on esitetty tuloksista yhteenveto.

Taulukko 9. Yhteenveto marjojen, sienien, perunan, sammaleen, jäkälän ja hirvenlihan ja radiumin, toriumin ja uraanin eri isotooppien aktiivisuuspitoisuuksista.

Nuklidi	Ra-226 [Bq/kg k.p.]	Ra-228 [Bq/kg k.p.]	Th-228 [Bq/kg k.p.]	U-235 [Bq/kg k.p.]	U-238 [Bq/kg k.p.]
Peruna, mansikka ja punaherukka	4,0 tai alle	1,4 -1,6	< 2,6	<2,6	<9
Luonnonmarjat	1,4 – 6,0	1,3 – 11	< 3,8	< 4,2	<14
Sienet	<3,5	< 4,3	< 2,7	< 5,3	< 41
Hirvenliha	<3,0	<3,0	<3,0	<3,5	<11
Sammaleet	0,5-6,6	1,4 - 4,4	1,2 – 2,2	0,1-0,3	2,9-5,0
Jäkälä	7,6 tai alle	3,8 tai alle	1,5 -4,1	< 4,0	<13

4.1.6 Maaperä

Maaperänäytteitä kerättiin yhteensä kolmesta eri paikasta; tehdasalueelta, Ohra-ahosta ja Taattolasta. Maaperän aktiivisuuspitoisuudet olivat pieniä (taulukko 10).

Taulukko 10. Maaperänäytteistä mitattujen aktiivisuuspitoisuuksien vaihteluvälit.

Nuklidi	vaihteluväli [Bq/kg]
Ra-226	9,3 – 40
Ra-228	4,4 – 14
Th-228	4,3 - 11
Th-232	4,3 - 12
U-235	0,3
U-238	7,2 - 54

4.2 Radonpitoisuudet vesissä

Taulukossa 11 on esitetty radonpitoisuudet pohjavesissä. Talvivaaran lähdevesien radonpitoisuudet olivat noin 70 Bq/l. Porakaivovesien pitoisuudet Taattolassa ja Puhakassa olivat matalia, 50 ja 134 Bq/l. Lahnasjärven metsästysmajan porakaivon radonpitoisuus (6200 Bq/l) oli korkeahko ja kuusinkertainen verrattuna yksityiselle kaivovedelle asetettuun toimenpiderajaan. Tämä radonpitoisuus ei kuitenkaan ole poikkeava verrattuna Kajaanin graniittirikkaiden alueiden porakaivovesiin (STUK A-171, 2000).

Sosiaali- ja terveysministeriön pieniä vedenkäyttöyksiköitä koskevassa asetuksessa (401/2001) on annettu yksityisessä käytössä olevien kaivojen vedelle radonia koskeva toimenpideraja 1000 Bq/l. Säteilylakiin 592/91 perustuen STUK on antanut ohjeen ST-12.3 vuonna 1993. Sen mukaan vesilaitosveden radonpitoisuus saa olla enintään 300 Bq/l. Jos vedessä on muita radioaktiivisia aineita, radonpitoisuuden on oltava edellä mainittua arvoa pienempi. Suomessa talousveden (verkostovesi) keskimääräinen radonpitoisuus on 27 Bq/l ja porakaivoveden 460 Bq/l (Säteily ympäristössä, 2003, STUK A-199, 2004). Maaperän pohjavedessä korkeimmat radonpitoisuudet ovat olleet 900 Bq/l (GTK -155, 2002).

Talvivaaran pohjavesien radonpitoisuudet olivat pieniä verrattuna asetettuihin toimenpiderajoihin, lukuun ottamatta Lahnasjärven metsästysmajan porakaivovettä.

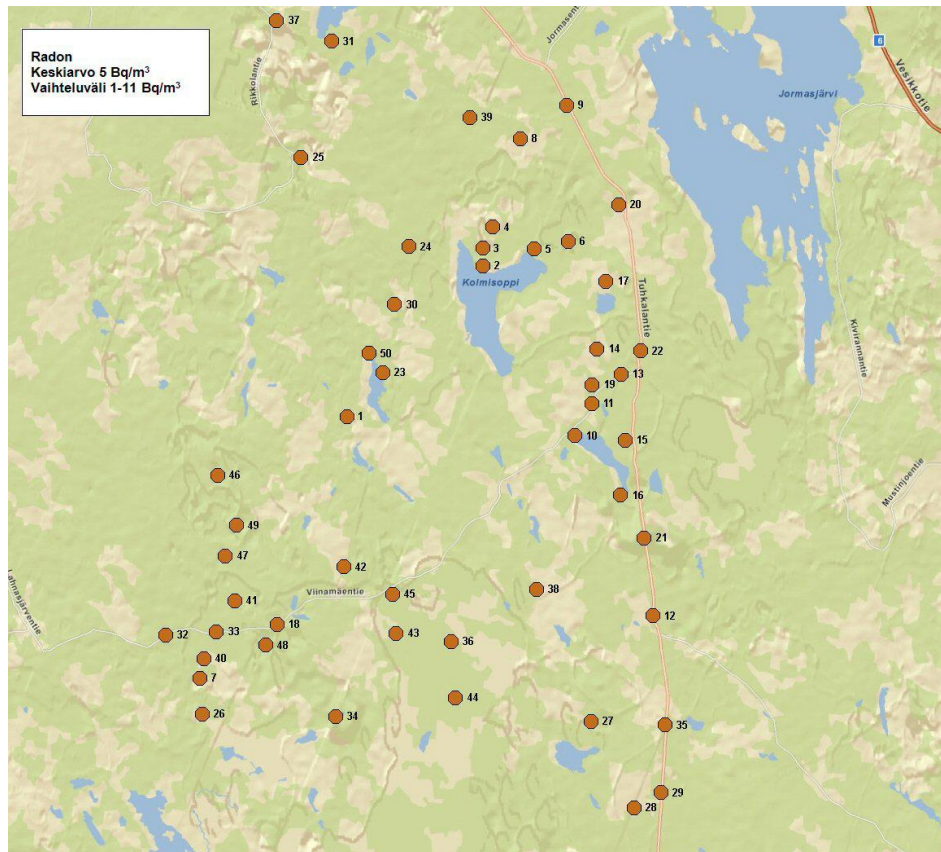
Taulukko 11. Radonpitoisuudet pohjavesissä.

Näyte Näytteenottoaika	Rn-222 Bq/l
Lähdevesi Pappila (kaivo) ja Puhakka (luonnonlähde)	68 ja 70
Porakaivosvesi Taattola ja Puhakka	50 ja 134
Porakaivosvesi Lahnasjärven läheltä, metsästysmajan pihakaivo	6180

4.3 Radonpitoisuudet ulkoilmassa

Kuvassa 13 on esitetty mittauspisteet ja radonpitoisuudet. Mittauspisteen radonpitoisuus on mittauspisteessä olleiden neljän purkin radonmittauksen keskiarvo. Kaikkien mittauspurkkien radonpitoisuuden keskiarvo oli 5 Bq/m³, ja mittauspisteiden radonpitoisuuksien vaihteluväli oli 1-11 Bq/m³. Yhdestä mittauspisteestä ei saatu tuloksia. Ulkoilman radonpitoisuudet kaikissa mittauspisteissä olivat matalia, hyvin lähellä menetelmän havaisemisrajaa.

UNSCEAR raportissa arvioidaan ulkoilman radonpitoisuuden keskiarvoksi 10 Bq/m³. Matalimmat ulkoilman radonpitoisuudet ovat merialueilla. Mantereilla ulkoilman radonpitoisuuksissa on suurta vaihtelua, korkeimmat mitatut radonpitoisuudet ovat olleet satoja Bq/m³. 1985 Paukkajanvaaran vanhan uraanikaivosalueen jätekentän yläpuolella 1 m korkeudella on mitattu 160 Bq/m³ radonpitoisuus kolmen kuukauden keskiarvona ennen alueen kunnostamista (STUK B-VALO 56). Tampereen Pispalanharjulla 6.7.2008-19.5.2010 välisen ajan kuuden mittauspisteen keskiarvo oli 22 Bq/m³ metrin korkeudella. Pispalanharjun asunnoissa on mitattu runsaasti korkeita radonpitoisuuksia, ja alueella on lisäksi toiminnassa olevia radonkaivoja, joilla asuntojen radonpitoisuutta pienennetään (Arvela H, Suullinen tiedonanto. Säteilyturvakeskus; 2011).



Kuva 13. Radonmittauspisteiden sijainti ja ulkoilman radonpitoisuudet.

4.4 Radiokemiallisten uraanianalyysien tulokset

Taulukossa 12 on esitetty vesien uraanipitoisuuksien yhteenvedot vertailuineen. Vertailussa on käytetty hyväksi koko Suomen kattavaa aineistoa. Taulukossa 13 on esitetty elintarvikenäytteiden uraanipitoisuudet.

Kaikkien mitattujen vesinäytteiden uraanipitoisuudet olivat samaa tasoa kuin aikaisemmin raportoidut uraanipitoisuudet vastaavissa vesilähteissä (Talvivaara YVA -selostus, 2010). Isotooppisuhteet (U-234/U238) vaihtelivat 1–2 välillä, mikä on normaali isotooppisuhte luonnonvesissä.

Mitattujen porakaivojen uraanipitoisuudet olivat matalia verrattuna valtakunnallisessa otantatutkimuksessa mitattujen porakaivovesien keskiarvopitoisuuteen. Yhdessä porakaivossa pitoisuus oli korkeampi (12,8 µg/l) kuin kahdessa muussa porakaivossa. Kyseisessä porakaivossa U-238 pitoisuus ei ylittänyt Säteilyturvakeskuksen toimenpiderajaa 100 µg/l.

Purovesien keskimääräiset aktiivisuuspitoisuudet ovat alhaisia, koska uraani on voimakkaasti sitoutuneena orgaaniseen ainekseen ja pysyy orgaanisissa järvi- ja jokisedimenteissä. Hapettavissa olosuhteissa uraani on kuitenkin liikkuvampi ja voi kulkeutua puroihin ja järvi-altaisiin.

Kahdessa mitatussa järivedessä uraanipitoisuus oli samaa tasoa kuin uraanipitoisuus suomalaisessa vesilaitosvedessä, kun vesilaitos käyttää raakavesilähteenä pintavettä. Pintavesi on tyypillisesti järvi- tai jokivettä.

Taulukko 12. Vesien uraanipitoisuudet, yhteenveto.

Näyte	Lkm	U-234 (mBq/l)	U-238 (mBq/l)	U-238 (µg/l)	Vertailuarvo U-238	
					keskiarvo (µg/l)	maksimi (µg/l)
Porakaiuvesi	3	93,4	55,3	4,4	21	12200
Lähdevesi	2	3,1	2,0	0,16	1,2	88
Puro- ja jokivesi	10	13,4	12,6	1,0	0,21*	13,6
Järvivesi	2	2,7	2,0	0,16	**0,23	2,8

*= Koko Suomen aineiston mediaaniarvo

** = Suomen vesilaitosveden uraanipitoisuus pintavedessä

Taulukko 13. Elintarvikenäytteiden uraanipitoisuudet.

Näyte	U-234 (mBq/kg k.p.)	U-238 (mBq/kg k.p.)
Mansikka	< 100	< 100
Punaherukka	130 ± 26	110 ± 22
Peruna	340 ± 70	210 ± 40

4.5 Tulokset *in-situ* mittauksista

Taulukossa 14 on esitetty *in-situ* mittausten tulokset eri mittauspisteissä. Tässä selvityksessä mitattuja aktiivisuuskatteita voidaan käyttää verrokkiaineistona tulevissa ympäristöselvityksissä.

Taulukko 14. *In-situ* mittaustulokset. Taulukossa esitetyt tulokset ovat yksikössä Bq/m².

In-situ piste	koord. N	kood. E	Ac-228	Bi-214	Pb-212	Pb-214	Tl-208	U-235	Cs-137	K-40
Talvivaara 1	63.97851	28.09178	290	9500	170	1980	1000	<740	590	8240
Talvivaara 2	63.97908	27.98736	340	3930	300	1430	<50	<670	<70	34300
Talvivaara 3	64.01545	28.00684	670	2920	630	1090	390	<690	300	22300
Talvivaara 4	64.00249	28.09979	580	1680	270	690	240	<670	180	15600
Talvivaara 5	64.03453	28.04407	400	1060	630	480	440	<610	1000	12200
Talvivaara 6	64.04683	28.10897	520	990	190	480	390	<650	1390	14800
Talvivaara 7	63.93370	28.11385	<230	940	62	390	100	<410	270	4060

5. Johtopäätökset

Selvityksessä analysoitiin Talvivaaran kaivosalueen lähiympäristön ympäristönäytteiden radioaktiivisuuspitoisuuksia ja alueella tehtiin gammaspektrometrisiä *in-situ* mittauksia. Selvityksen avulla voidaan arvioida tulevaisuudessa uraanin talteenoton vaikutusta ympäristön radioaktiivisuuteen toistamalla samoja mittauksia. Vuoden 2010 tulokset osoittivat että Talvivaaran ympäristönäytteiden radioaktiivisuuspitoisuudet ovat pieniä. Tulokset eivät poikkea muualta Suomesta mitatuista vastaavien näytteiden tuloksista ja alueen ympäristön luonnontuotteita sekä elintarvikkeita voidaan käyttää normaaliin tapaan. Näytteenotot ja mittaukset toistetaan vuonna 2011 ja perustilaselvityksen loppuraportti ilmestyy 2012 maaliskuussa.

Jos Talvivaara saa luvan uraanin talteenottoon ja toiminta aloitetaan, Säteilyturvakeskus edellyttää, että uraanin erotusprosessin ja ympäristön säteilytilannetta seurataan säännöllisin mittauksin. Toiminta on suunniteltava ja toteutettava niin, että ympäristön säteilyaltistus ei kohoa ja että työntekijöiden säteilyannos normaaliolosuhteissa jää murto-osaan säteilyasetuksessa säädettyistä annosrajoista.

Liitteet

LIITE 1. Radiologisia suureita ja yksiköitä sekä yleistä tietoa luonnon radioaktiivisuudesta

LIITE 2. Analysoidut näytteet 2010

LIITE 3. Gammaspektrometrysten analyysien tulokset

LIITE 4. Radiokemiallisten uraani-analyysien tulokset vesistä

LIITE 5. Ulkoilman radontulokset

Viitteet

IEC 1452: 1995, International standard IEC 1452 (1995), Nuclear instrumentation-Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides-Calibration and use of germanium spectrometers.

Lahermo P, Tarvainen T, Hatakka T, Backman B, Juntunen R, Kortelainen N, Lakoma T, Nikkarinen M, Vesterbacka P, Väisänen U, Suomela P. Tuhat kaivoa – Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Tutkimusraportti 155. Geologian tutkimuskeskus 2002: 1-92.

Mäkinen I, Hanste U-M. Proficiency testing for measurement of radon (^{222}Rn) in drinking water. Accreditation and Quality Assurance 2009; 14: 473-476.

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

Sillanpää T, Ikäheimonen T, Salonen I, Taipale T ja Mustonen R. Paukkajanvaaran vanhan uraanikaivos- ja rikastamoalueen ja sen ympäristön radioaktiivisuustutkimukset. STUK-B-VALO 56. Helsinki, Säteilyturvakeskus;1989.

STUK-A171 Voutilainen A, Mäkeläinen I, Huikuri P, Salonen L. Porakaivoveden radonkartasto/ Radonatlas över borrhunnar/ Radon Atlas of wells drilled into bedrock in Finland. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2000.

STUK-A199 Vesterbacka P, Mäkeläinen I, Tarvainen T, Hatakka T, Arvela H. Kaivoveden luonnollinen radioaktiivisuus – otantatutkimus 2001. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2004.

Talvivaara YVA –selostus, Uraanin talteenoton ympäristövaikutusten arviointi, 2010.

UNSCEAR, Effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2006 report, Volume II. United Nations, New York.2009.

Vesterbacka P, Ikäheimonen TK. Optimization of ^{210}Pb Determination via Spontaneous Deposition of ^{210}Po on a Silver Disk. Analytica Chimica Acta 2005; 545: 252–261.

Vesterbacka P, Klemola S, Salahel-Din K, Saman M. Comparison of analytical methods used to determine ^{235}U , ^{238}U and ^{210}Pb from sediment samples by alpha, beta and gamma spectrometry. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 2009; 281: 441-448.

Talvivaaran ympäristön radiologinen perustilaselvitys Väliraportin liitetiedostot 28.2.2011

Sisältö

LIITE 1. Radiologisia suureita ja yksiköitä sekä yleistä tietoa luonnon radioaktiivisuudesta	2
LIITE 2. Analysoidut näytteet 2010	5
LIITE 3. Gammasketrometrinen analyysien tulokset 2010.....	9
3.1 Maaperät	9
3.2 Marjat.....	10
3.3 Sienet	10
3.4 Sedimentit.....	11
3.5 Perunat	13
3.6 Rn-222 pohjavedessä	13
3.7 Lähde- ja kaivovedet	14
3.8 Järvi- ja jokivedet	15
3.9 Näkinsammaleet	16
3.10 Sammaleet	16
3.11 Kalan- ja ravunlihat	17
3.12 Hirvenlihat	17
3.13 Jäkälät	18
LIITE 4. Radiokemiallisten uraanianalyysien tulokset.....	19
LIITE 5. Ulkoilman radontulokset.....	20

LIITE 1. Radiologisia suureita ja yksiköitä sekä yleistä tietoa luonnon radioaktiivisuudesta

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

Aktiivisuuspitoisuus: Mitattaessa radioaktiivisten aineiden aktiivisuutta suhteessa ainemäärään kaasuissa, nesteissä tai kiinteissä aineissa käytetään yleisluontoista suuretta aktiivisuuspitoisuus, jonka yksikkö voi olla Bq/m³, Bq/l tai Bq/kg.

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

Puoliintumisaika: Koska radioaktiivinen aine hajoaa itsestään toiseksi alkuaineeksi, sen määrä jatkuvasti pienenee, ellei sitä synny lisää jonkin toisen radioaktiivisen aineen hajoamistuotteena tai ellei sitä synnytetä keinotekoisesti. Jokaisella radioaktiivisella aineella on oma keskimääräinen nopeutensa, jolla se hajoaa. Puoliintumisajalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu radioaktiivisen aineen määrän (ja samalla aktiivisuuden) vähenemiseen puoleen alkuperäisestä. U-238:n puoliintumisaika on hyvin pitkä, noin 4,5 miljardia vuotta.

Radionuklidi: epästabiili atomin ydin (nuklidi), joka voi hajota itsestään toiseksi nuklidiksi ja lähettää ionisoivaa säteilyä

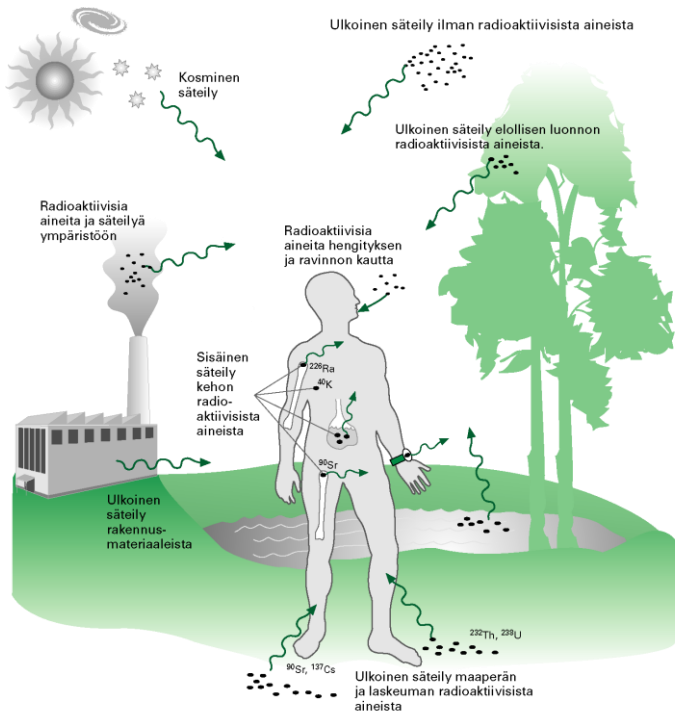
Isotooppi: saman alkuaineen erimassaisista nuklideista käytetty nimitys.

Yleistä tietoa luonnon radioaktiivisuudesta

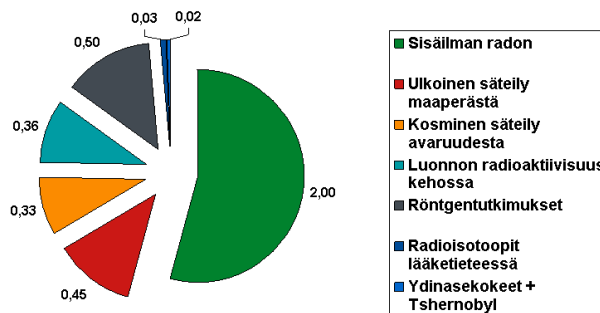
Kaikkialla ympäristössä on säteilyä ja radioaktiivisia aineita (kuva 1). Suomalaisen keskimääräinen säteilyannos on noin 3,7 millisievertiä vuodessa. Noin puolet tästä annoksesta aiheutuu asuinrakennusten sisäilman radonista. Vuotuisesta säteilyannoksesta maaperästä lähtevä gammasäteily sekä kosminen säteily aiheuttavat keskimäärin 30 prosenttia tästä vuosiannoksesta sekä säteilyn käyttö terveydenhuollossa noin 15 prosenttia (kuva 2.). 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 3 on esitetty luonnon hajoamissarjat. Nuklidin nimeen viereen on merkitty sen puoliintumisaika. Taulukossa 1 on esitetty keskimääräisiä luonnon aktiivisuuspitoisuuksia maa- ja kallioperässä.

Taulukko 1. Keskimääräisiä aktiivisuuspitoisuuksia maa- ja kallioperässä.

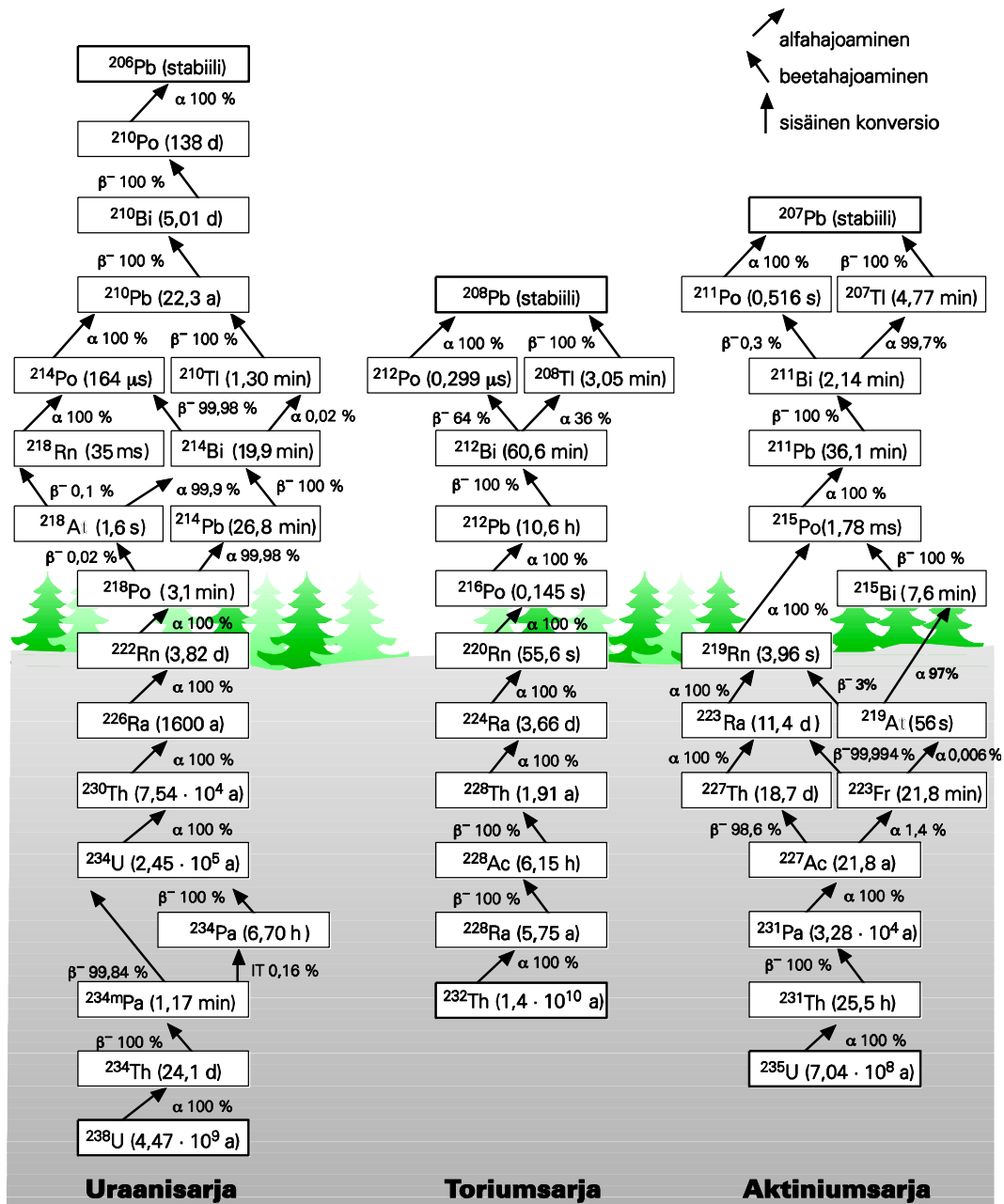
Nuklidi	Bq/kg
U-238	10-70
Th-232	20-80
U-235	0,5-3,5
K-40	300-1000



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



Kuva 2. Suomalaisen keskimääräinen säteilyannos vuodessa.



Kuva 3. Luonnon hajoamissarjat ja nuklidien puoliintumisajat (Säteily ympäristössä, 2003).

LIITE 2. Analysoidut näytteet 2010

TV 2010	saapui pvm	näyte	määrä g,l, cm	paikka	paikan tarkennus	näytteen ottaja tai toimittaja	Koord. järj.	koordinaatit N	koordinaatit E
1	12.8.2010	Mansikka	2000 g	Sotkamo	Taattola	Salme Kananen	WGS84	64,0019166	28,1079
2	12.8.2010	Peruna	1070 g	Sotkamo	Taattola	Salme Kananen	WGS84	64,0019166	28,1079
3	12.8.2010	Punaherukka	1000 g	Sotkamo	Taattola	Salme Kananen	WGS84	64,0019166	28,1079
4	12.8.2010	Mansikka	1296 g	Sotkamo	Kerilän tila	Heikki Rusanen			
5	27.8.2010	Pohjavesi	1 l	Sotkamo	Taattola	STUK	WGS84	64,0019166	28,1079
6	27.8.2010	Pohjavesi	1 l	Sotkamo	Puhakka	STUK	WGS84	63,93335728	28,11044073
7	27.8.2010	Lähdevesi	1 l	Sotkamo	Puhakka	STUK	WGS84	63,93330725	28,10914065
8	27.8.2010	Pohjavesi	1 l	Sotkamo	Lahnasjärvi	STUK	WGS84	63,9618666	27,8596166
9	27.8.2010	Lähdevesi	1 l	Sotkamo	Pappila	STUK	WGS84	63,9677333	27,9523
10	27.8.2010	Tatti	1355g	Sotkamo	Tipasoja	STUK, Keränen	WGS84	63,97075	29,02475
11	27.8.2010	Hapero	2387g	Sotkamo	Tipasoja	STUK, Keränen	WGS84	63,97075	29,02475
12	27.8.2010	Puolukka	2274g	Sotkamo	Tipasoja	STUK, Keränen	WGS84	63,97825	29,0452166
13	27.8.2010	Palleroporonjäkälä	271g	Sotkamo	Tipasoja	STUK	WGS84	63,97075	29,02475
14	27.8.2010	Puolukka	1117g	Sotkamo	Ohra-aho	STUK, Keränen	WGS84	64,0061833	28,3055166
15	27.8.2010	Mustikka	629g	Sotkamo	Ohra-aho	STUK, Keränen	WGS84	64,0061833	28,3055166
16	27.8.2010	Hapero	2797g	Sotkamo	Ohra-aho	STUK, Keränen	WGS84	64,0061833	28,3055166
17	27.8.2010	Mustikka	1499g	Sotkamo	Ohra-aho	STUK, Keränen	WGS84	64,0116666	28,2901333
18	27.8.2010	Maa	3651g	Sotkamo	Ohra-aho	STUK	WGS84	64,0075666	28,3032833
19	27.8.2010	Maa	2928g	Sotkamo	Kaivoslampi	STUK	WGS84	63,9867166	28,0717833
20	27.8.2010	Palleroporonjäkälä	348g	Sotkamo	Kaivoslampi	STUK	WGS84	63,9867166	28,0717833
21	27.8.2010	Tatti	2152g	Sotkamo	Kaivoslampi	STUK, Keränen	WGS84	63,9867166	28,0717833
22	27.8.2010	Puolukka	977g	Sotkamo	Kaivoslampi	STUK, Keränen	WGS84	63,9867166	28,0717833
23	27.8.2010	Tatti	3500g	Sotkamo	Kolmisoppi	STUK, Keränen	WGS84	64,0347666	28,0444666
24	27.8.2010	Hapero	1422g	Sotkamo	Kolmisoppi	STUK, Keränen	WGS84	64,0347666	28,0444666
25	27.8.2010	Puolukka	184g	Sotkamo	Kolmisoppi	STUK, Keränen	WGS84	64,0347666	28,0444666
26	27.8.2010	Mustikka	65g	Sotkamo	Kolmisoppi	STUK, Keränen	WGS84	64,0347666	28,0444666
27	27.8.2010	Tatti	1258g	Sotkamo	Korholanmäki	STUK	WGS84	64,1342666	28,0413166
28	27.8.2010	Mustikka	1320g	Sotkamo	Korholanmäki	STUK	WGS84	64,1342666	28,0413166
29	27.8.2010	Puolukka	1185g	Sotkamo	Korholanmäki	STUK	WGS84	64,1342666	28,0413166
30	27.8.2010	Kantarelli	459g	Sotkamo	Korholanmäki	STUK	WGS84	64,1342666	28,0413166
31	27.8.2010	Tatti	1318g	Sotkamo	Taattola	STUK	WGS84	63,9992	28,1030833
32	27.8.2010	Maa	1978g	Sotkamo	Taattola	STUK	WGS84	63,9992	28,1030833
33	27.8.2010	Mustikka	740g	Sotkamo	Taattola	STUK	WGS84	63,9992	28,1030833

34	27.8.2010	Kangasrousku	1174g	Sotkamo	Tuhkakylä	STUK	WGS84	64,0482666	28,1075
35	27.8.2010	Puolukka	1058g	Sotkamo	Tuhkakylä	STUK	WGS84	64,0482666	28,1075
36	27.8.2010	Mustikka	558g	Sotkamo	Tuhkakylä	STUK	WGS84	64,0482666	28,1075
37	27.8.2010	Puolukka	1478g	Sotkamo	Porttivaara	STUK	WGS84	64,0856666	28,2260666
38	27.8.2010	Mustikka	798g	Sotkamo	Porttivaara	STUK	WGS84	64,0856666	28,2260666
39	27.8.2010	Herkkutatti	1805g	Sotkamo	Porttivaara	STUK	WGS84	64,0856666	28,2260666
40	27.8.2010	Punikkitatti	1003g	Sotkamo	Porttivaara	STUK	WGS84	64,0856666	28,2260666
41	27.8.2010	Lähdevesi	30 l	Sotkamo	Puhakka	STUK	WGS84	63,93330725	28,10914065
42	27.8.2010	Porakaivovesi	30 l	Sotkamo	Puhakka	STUK	WGS84	63,93335728	28,11044073
43	27.8.2010	Porakaivovesi	30 l	Sotkamo	Taattola	STUK	WGS84	64,0019166	28,1079
44	27.8.2010	Lähdekaivovesi	30 l	Sotkamo	Pappila	STUK	WGS84	63,9677333	27,9523
45	27.8.2010	Porakaivovesi	30 l	Sotkamo	Lahnasjärvi	STUK	WGS84	63,9618666	27,8596166
46	27.8.2010	Rapu	507g	Sotkamo	Jormasjärvi	Eino Tolonen			
47	24.9.2010	Näkinsammal	1662g	Sotkamo	Tuhkajoki	STUK	WGS84	64,04418003	28,1076287
48	24.9.2010	Sedimentti	0-12 cm	Sotkamo	Tuhkajoki	STUK	WGS84	64,04453361	28,10596406
49	24.9.2010	Jokivesi	30 l	Sotkamo	Tuhkajoki	STUK	WGS84	64,04418003	28,1076287
50 1.	24.9.2010	Sedimentti	0-2 cm	Sotkamo	Jormasjärvi	STUK	WGS84	64,05436056	28,15177524
2.	24.9.2010	Sedimentti	2-4 cm	Sotkamo	Jormasjärvi	STUK	WGS84	64,05436056	28,15177524
3.	24.9.2010	Sedimentti	4-6 cm	Sotkamo	Jormasjärvi	STUK	WGS84	64,05436056	28,15177524
4.	24.9.2010	Sedimentti	6-8 cm	Sotkamo	Jormasjärvi	STUK	WGS84	64,05436056	28,15177524
5.	24.9.2010	Sedimentti	8-10cm	Sotkamo	Jormasjärvi	STUK	WGS84	64,05436056	28,15177524
6.	24.9.2010	Sedimentti	10-12 cm	Sotkamo	Jormasjärvi	STUK	WGS84	64,05436056	28,15177524
7.	24.9.2010	Sedimentti	12-14 cm	Sotkamo	Jormasjärvi	STUK	WGS84	64,05436056	28,15177524
8.	24.9.2010	Sedimentti	14-16 cm	Sotkamo	Jormasjärvi	STUK	WGS84	64,05436056	28,15177524
9.	24.9.2010	Sedimentti	16-18 cm	Sotkamo	Jormasjärvi	STUK	WGS84	64,05436056	28,15177524
10.	24.9.2010	Sedimentti	18-20 cm	Sotkamo	Jormasjärvi	STUK	WGS84	64,05436056	28,15177524
51	24.9.2010	Järvivesi	30 l	Sotkamo	Jormasjärvi	STUK	WGS84	64,05436056	28,15177524
52	24.9.2010	Näkinsammal	1344g	Sotkamo	Jormasjäkisuu	STUK	WGS84	64,12800494	28,09020533
53	24.9.2010	Sedimentti	2x 1-5cm	Sotkamo	Jormasjäkisuu	STUK	WGS84	64,12800494	28,09020533
54	24.9.2010	Jokivesi	30 l	Sotkamo	Jormasjäkisuu	STUK	WGS84	64,12800494	28,09020533
55	24.9.2010	Näkinsammal	851g	Sotkamo	Kivijärvensuu, Lumijoensilta	STUK	WGS84	63,9353	27,9245
56	24.9.2010	Sedimentti	0-12 cm	Sotkamo	Kivijärvensuu, Lumijokisilta	STUK	WGS84	63,9353	27,9245
57	24.9.2010	Jokivesi	30 l	Sotkamo	Kivijärvensuu, Lumijokisilta	STUK	WGS84	63,9353	27,9245

58 1.	24.9.2010	Sedimentti	0-2 cm	Sotkamo	Kivijärvi	STUK STUK	WGS84	63,93463636	27,90214823 27,90214823
2.	24.9.2010	Sedimentti	2-4 cm	Sotkamo	Kivijärvi	STUK	WGS84	63,93463636	27,90214823
3.	24.9.2010	Sedimentti	4-6 cm	Sotkamo	Kivijärvi	STUK	WGS84	63,93463636	27,90214823
4.	24.9.2010	Sedimentti	6-8 cm	Sotkamo	Kivijärvi	STUK	WGS84	63,93463636	27,90214823
5.	24.9.2010	Sedimentti	8-10 cm	Sotkamo	Kivijärvi	STUK	WGS84	63,93463636	27,90214823
6.	24.9.2010	Sedimentti	10-12 cm	Sotkamo	Kivijärvi	STUK	WGS84	63,93463636	27,90214823
7.	24.9.2010	Sedimentti	12-14 cm	Sotkamo	Kivijärvi	STUK	WGS84	63,93463636	27,90214823
8.	24.9.2010	Sedimentti	14-16 cm	Sotkamo	Kivijärvi	STUK	WGS84	63,93463636	27,90214823
9.	24.9.2010	Sedimentti	16-18 cm	Sotkamo	Kivijärvi	STUK	WGS84	63,93463636	27,90214823
10.	24.9.2010	Sedimentti	18-20 cm	Sotkamo	Kivijärvi	STUK	WGS84	63,93463636	27,90214823
59	24.9.2010	Järvivesi	30 l	Sotkamo	Kivijärvi	STUK	WGS84	63,93463636	27,90214823
60	24.9.2010	Karhunsammal	743g	Sotkamo	Kivipuro	STUK	WGS84	63,97763263	28,11898623
61	24.9.2010	Sedimentti	0-12 cm	Sotkamo	Kivipuro	STUK	WGS84	63,97769635	28,11886624
62	24.9.2010	Purovesi	30 l	Sotkamo	Kivipuro	STUK	WGS84	63,97769635	28,11886624
63	24.9.2010	Karhunsammal	549g	Sotkamo	Kortelampi lähtevä	STUK	WGS84	63,94973226	27,98395432
64	24.9.2010	Sedimentti	0-12 cm	Sotkamo	Kortelampi lähtevä	STUK	WGS84	63,94973226	27,98395432
65	24.9.2010	Purovesi	30 l	Sotkamo	Kortelampi lähtevä	STUK	WGS84	63,94973226	27,98395432
66	24.9.2010	Rahkasammal	542g	Sotkamo	Kalliojoensuu	STUK	WGS84	64,02043263	28,03964075
67	24.9.2010	Sedimentti	0-12 cm	Sotkamo	Kalliojoensuu	STUK	WGS84	64,02043263	28,03964075
69	24.9.2010	Karhunsammal	300 g	Sotkamo	Härkäpuro	STUK	WGS84	63,9953348	28,05650761
70	24.9.2010	Sedimentti	0-12 cm	Sotkamo	Härkäpuro	STUK	WGS84	63,9953348	28,05650761
71	24.9.2010	Purovesi	30 l	Sotkamo	Härkäpuro	STUK	WGS84	63,9953348	28,05650761
72	24.9.2010	Rahkasammal	1200g	Sotkamo	Kärsälampi	STUK	WGS84	63,993212	27,9896947
73	24.9.2010	Sedimentti	0-12 cm	Sotkamo	Kärsälampi	STUK	WGS84	63,993212	27,9896947
74	24.9.2010	Purovesi	30 l	Sotkamo	Kärsälampi	STUK	WGS84	63,99328805	27,98918329
75	24.9.2010	Karhunsammal	600g	Sotkamo	Ruunakorven- puro	STUK	WGS84	63,94558586	28,08001012
76	24.9.2010	Sedimentti	0-13 cm	Sotkamo	Ruunakorven- puro	STUK	WGS84	63,94545983	28,07886292
77	24.9.2010	Purovesi	30 l	Sotkamo	Ruunakorven- puro	STUK	WGS84	63,94558586	28,08001012
78	24.9.2010	Karhunsammal	612g	Sotkamo	Tammapuro	STUK	WGS84	64,09787666	27,87969961
79	24.9.2010	Sedimentti	0-17 cm	Sotkamo	Tammapuro	STUK	WGS84	64,09787666	27,87969961
80	24.9.2010	Purovesi	30 l	Sotkamo	Tammapuro	STUK	WGS84	64,09787666	27,87969961

81	24.9.2010	Karpalo	1092g	Sotkamo	Soikealampi	STUK	WGS84	63,9923763	28,32041949
82	24.9.2010	Jokivesi	30 l	Sotkamo	Kalliojoensuu	STUK	WGS84	64,02043263	28,003964075
83	24.9.2010	Ahven	953g	Sotkamo	Kivijärvi	Leo Schroderus			
84	24.9.2010	Ahven	728g	Sotkamo	Kalliojärvi	Leo Schroderus			
85	24.9.2010	Hauki	2538g	Sotkamo	Kalliojärvi	Leo Schroderus			
86	24.9.2010	Hauki	409g	Sotkamo	Kalliojärvi	Leo Schroderus			
88	4.11.2010	Filteri		Sotkamo	Talvivaara	STUK	WGS84	64,002	28,0987
89	4.11.2010	Filteri		Sotkamo	Talvivaara	STUK	WGS84	64,0343	28,0439
90	4.11.2010	Puolukka	1370g	Sotkamo	Taattola	Salme Kananen			
91	4.11.2010	Hirvenliha	704g	Sotkamo	Tuhkakylä	Leo Schroderus			
92	4.11.2010	Hirvenliha	922g	Sotkamo	Tuhkakylä	Leo Schroderus			
93	10.6.2010	Peruna, Van Gogh	3822g	Sotkamo	Puhakka	STUK	WGS84	63,93335728	28,11044073
94	10.6.2010	Peruna, Asterix	1839,6	Sotkamo	Puhakka	STUK	WGS84	63,93335728	28,11044073

LIITE 3. Gammasepektrometrinen analyysien tulokset 2010

Tulokset on ilmoitettu Bq/kg kuivapainoa (k.p.) kohden (vedet Bq/kg märkäpainoa) ja ilmapölynäytteiden tulokset mikroBq/m³. Osassa näytteissä on myös ilmoitettu kuiva-aine %. Epävarmuudet ovat ilmoitettu 2 sigman tarkkuudella, joka tarkoittaa, että tulokset ovat 95 %:n todennäköisyydellä ilmoitettujen tulosrajojen sisällä.

Osa vuoden 2010 marja- ja sieninäytteistä on vielä mittaamatta ja tulokset julkaistaan loppuraportissa 2012.

3.1 Maaperät

Taulukko 2. Maaperänäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Mittauksen epävarmuus on annettu suluisissa. Tulokset on ilmoitettu Bq/kg.

TV-tunnus	TV 19/10	TV 32/10	TV 18/10
ref. pvm	25.8.2010	26.8.2010	25.8.2010
paikka	Kaivoslampi	Taattola	Ohra-aho
Cs-137	68 (11)	170 (27)	61 (10)
K-40	430 (40)	180 (20)	450 (40)
Ra-226	40 (5)	37 (5)	9,3 (1,7)
Ra-228	14 (3)	4,4 (2,4)	9,7 (1,9)
Th-228	11 (2)	4,3 (2,2)	5,6 (1,2)
Th-232	12 (2)	4,3 (2,3)	6,3 (1,5)
U-235	<1,3	<2,1	0,3 (0,8)
U-238	36 (27)	54 (43)	7,2 (5,0)

3.2 Marjat

Taulukko 3. Marjanäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Mittauksen epävarmuus annettu suluissa. Tulokset on ilmoitettu yksikössä Bq/kg.

TV-tunnus	TV 1/10	TV 3/10	TV 4/10	TV 15/10	TV 12/10	TV 17/10	TV 25/10
näyte	Mansikka	Punaherukka	Mansikka	Mustikka	Puolukka	Mustikka	Puolukka
ref. pvm	26.7.2010	6.8.2010	29.7.2010	25.8.2010	25.8.2010	25.8.2010	25.8.2010
paikka	Taattola	Taattola	Kerilän tila	Ohra-aho	Tipasoja	Ohra-aho	Kolmisoppi
Cs-137		0,74 (0,28)		170 (30)	58 (9)	150 (10)	160 (10)
K-40	470 (40)	600 (60)	420 (30)	240 (30)	190 (20)	240 (20)	180 (20)
Ra-226	2,2 (1,0)	<2,3	4,0 (1,1)	4,5 (1,5)	6,0 (1,0)	1,6 (0,5)	5,3 (1,2)
Ra-228	1,4 (1,1)	1,6 (1,3)	1,6 (1,4)	2,2 (1,5)	11 (2)	1,7 (0,7)	2,4 (1,2)
Th-228	<2,5	<2,4	<2,6	<3,8	2,6 (0,6)	<0,4	<0,6
U-235	<2,4	<2,3	<2,6	<4,2	1,2 (0,9)	<0,3	<0,6
U-238	<9	e.m.*	<8,6	e.m.*	< 7	<2,1	<6,3

*e.m.=ei määritetty

TV-tunnus	TV 26/10	TV 35/10	TV 36/10	TV 38/10	TV 81/10	TV 90/10
näyte	Mustikka	Puolukka	Mustikka	Mustikka	Karpalo	Puolukka
ref. pvm	25.8.2010	26.8.2010	26.8.2010	26.8.2010	21.9.2010	28.8.2010
paikka	Kolmisoppi	Tuhkakylä	Tuhkakylä	Porttivaara	Soikealampi	Taattola
Cs-137	170 (30)	230 (20)	300 (50)	230 (20)	310 (40)	180 (20)
K-40	180 (30)	200 (20)	230 (30)	210 (20)	210 (40)	180 (20)
Ra-226	<3,0	1,6 (0,4)	2,5 (0,7)	1,4 (0,5)	3,1 (0,4)	3,9 (0,7)
Ra-228	<4,7	1,3 (0,4)	2,5 (1,0)	1,5 (0,4)	<0,5	1,6 (0,7)
Th-228	<1,3	<0,3	<0,6	0,4 (0,2)	<0,3	<1,7
U-235	<1,5	<0,2	<0,4	<0,2	<0,2	<1,1
U-238	e.m.*	<1,4	e.m.*	<11	<14	<1,7

*e.m.=ei määritetty

3.3 Sienet

Taulukko 4. Sieninäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Mittauksen epävarmuus on annettu suluissa. Tulokset on ilmoitettu Bq/kg.

TV-tunnus	TV 10/10	TV 11/10	TV 16/10	TV 23/10	TV 24/10
näyte	Tatti	Hapero	Hapero	Tatti	Hapero
ref. pvm	25.8.2010	25.8.2010	25.8.2010	25.8.2010	25.8.2010
paikka	Tipaso-ja	Tipaso-ja	Ohra-aho	Kolmisoppi	Kolmisoppi
Cs-137	300 (50)	1600 (200)	2300 (200)	390 (60)	1000 (200)
K-40	650 (50)	1100 (100)	1100 (100)	650 (70)	800 (60)
Ra-226	2,6 (0,5)	< 1,0	<1,0	<3,5	e.m.*
Ra-228	<4,3	<1,1	<1,2	<2,6	<2,9
Th-228	e.m.*	<1,1	<0,4	<2,5	<2,7
U-235	<2,6	<0,5	<0,3	<3,5	<5,3
U-238	<8	<29	<41	<11	<14

*e.m.=ei määritetty

TV-tunnus	TV 24/10	TV 30/10	TV 31/10	TV 39/10	TV 40/10
näyte	Hapero	Kantarelli	Tatti	Herkku-tatti	Punikki-tatti
ref. pvm	25.8.2010	26.8.2010	26.8.2010	26.8.2010	26.8.2010
paikka	Kolmisoppi	Korholanmäki	Taattola	Porttivaara	Porttivaara
Cs-137	1000 (200)	440 (40)	900 (140)	970 (100)	420 (40)
K-40	800 (60)	990 (100)	600 (50)	630 (50)	880 (70)
Ra-226	e.m.*	e.m.*	<2,8	<0,6	<0,4
Ra-228	<2,9	<1,1	<1,6	<0,5	<0,7
Th-228	<2,7	<0,5	<1,7	0,5 (0,1)	<0,3
U-235	<5,3	<0,4	<2,7	<0,3	<0,2
U-238	<14		<7,7	<18	<21

*e.m.=ei määritetty

3.4 Sedimentit

Taulukko 5. Sedimenttinäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Mittauksen epävarmuus on annettu suluissa. Tulokset on ilmoitettu yksikössä Bq/kg.

TV-tunnus	TV 48/10	TV 50/10.1	TV 50/10.2	TV 50/10.3	TV 50/10.4	TV 50/10.5
ref. pvm	20.9.2010	20.9.2010	20.9.2010	20.9.2010	20.9.2010	20.9.2010
paikka	Tuhkajoki	Jormasjärvi	Jormasjärvi	Jormasjärvi	Jormasjärvi	Jormasjärvi
Cs-137	130 (10)	660 (110)	660 (110)	410 (70)	240 (40)	130 (20)
K-40	520 (50)	420 (40)	430 (40)	430 (40)	400 (40)	370 (40)
Ra-226	46 (6)	72 (12)	68 (11)	69 (11)	78 (12)	74 (12)
Ra-228	21 (3)	34 (7)	32 (8)	37 (7)	27 (6)	27 (7)
Th-228	21 (3)	38 (7)	25 (6)	15 (5)	18 (7)	25 (6)
Th-232	21 (3)	34 (8)	28 (7)	30 (8)	26 (7)	21 (6)
U-235	1,7 (0,9)	4,8 (3,4)	<4,3	<7,7	<11	<8,5
U-238	39 (4)	77 (28)	59 (22)	57 (22)	<33	66 (24)

TV-tunnus	TV 50/10.6	TV 50/10.7	TV 50/10.8	TV 50/10.9	TV 50/10.10	TV 53/10
ref. pvm	20.9.2010	20.9.2010	20.9.2010	20.9.2010	20.9.2010	20.9.2010
paikka	Jormasjärvi	Jormasjärvi	Jormasjärvi	Jormasjärvi	Jormasjärvi	Jormasjokisuu
Cs-137	72 (7)	36 (6)	24 (3)	12 (2)	6,1 (1,1)	240 (20)
K-40	400 (80)	310 (40)	280 (30)	270 (30)	250 (30)	350 (30)
Ra-226	77 (9)	76 (11)	74 (10)	77 (11)	74 (10)	41 (6)
Ra-228	24 (4)	18 (6)	20 (4)	19 (4)	19 (5)	26 (4)
Th-228	21 (4)	15 (5)	18 (3)	20 (3)	18 (5)	23 (4)
Th-232	23 (7)	17 (6)	19 (3)	20 (4)	18 (5)	24 (4)
U-235	<4,0	<8,3	2,1 (1,1)	2,4 (1,2)	2,3 (1,3)	<3,6
U-238	51 (7)	<27	46 (6)	46 (2)	49 (8)	30 (10)

TV-tunnus	TV 58/10.1	TV 58/10.2	TV 58/10.3	TV 58/10.4	TV 58/10.5	TV 58/10.6
ref. pvm	21.9.2010	21.9.2010	21.9.2010	21.9.2010	21.9.2010	21.9.2010
paikka	Sotkamo, Kivijärvi	Sotkamo, Kivijärvi	Kivijärvi	Kivijärvi	Kivijärvi	Kivijärvi
Cs-137	420 (50)	330 (50)	160 (13)	86 (9)	62 (10)	43 (4)
K-40	160 (50)	140 (30)	160 (20)	110 (20)	64 (35)	90 (27)
Ra-226	79 (16)	57 (8)	46 (5)	42 (6)	45 (10)	35 (6)
Ra-228	24 (12)	18 (6)	13 (4)	11 (4)	15 (9)	11 (6)
Th-228	22 (11)	21 (5)	16 (2)	12 (2)	14 (10)	10 (7)
Th-232	26 (12)	19 (8)	14 (4)	12 (4)	13 (8)	11 (7)
U-235	<19	2,5 (0,5)	3,0 (2,0)	1,8 (0,4)	2,0 (5,2)	<7,0
U-238	<60	<40	48 (19)	42 (7)	<55	30 (5)

*e.m.=ei määritetty

TV-tunnus	TV 58/10.7	TV 58/10.8	TV 58/10.9	TV 58/10.10	TV 61/10	TV 64/10
ref. pvm	21.9.2010	21.9.2010	21.9.2010	21.9.2010	21.9.2010	22.9.2010
paikka	Kivijärvi	Kivijärvi	Kivijärvi	Kivijärvi	Kivipuro	Kortelampi lähtevä
Cs-137	34 (3)	21 (2)	11 (2)	7,5 (0,9)	34 (5)	2,7 (0,5)
K-40	100 (20)	100 (20)	93 (20)	110 (20)	520 (40)	510 (40)
Ra-226	46 (6)	50 (11)	47 (10)	42 (5)	15 (2)	15 (2)
Ra-228	12 (2)	12 (2)	14 (4)	12 (2)	16 (2)	20 (3)
Th-228	12 (2)		11 (4)	10 (3)	18 (2)	16 (2)
Th-232			14 (4)	11 (2)	16 (3)	19 (3)
U-235	<0,5	<0,5	<1,3	<0,6	0,8 (0,8)	<2,2
U-238	36 (4)	24 (4)	<60	23 (5)	22 (9)	29 (7)

TV-tunnus	TV 67/10	TV 70/10	TV 73/10	TV 76/10	TV 79/10
ref. pvm	22.9.2010	22.9.2010	22.9.2010	23.9.2010	23.9.2010
paikka	Kallio- joensuu	Härkäpuro	Kärsälampi	Ruuna- korvenpuro	Tammapuro
Cs-137	54 (9)	55 (8)	48 (5)	63 (10)	32 (5)
K-40	350 (40)	240 (30)	170 (20)	340 (30)	490 (50)
Ra-226	37 (5)	23 (4)	22 (3)	15 (3)	14 (2)
Ra-228	21 (4)	23 (4)	19 (3)	14 (3)	12 (3)
Th-228	21 (4)	39 (7)	20 (3)	16 (3)	13 (2)
Th-232	21 (4)	26 (7)	20 (3)	14 (2)	12 (3)
U-235	1,7 (0,9)	11 (3)	1,7 (1,0)	<3,4	1,0 (0,8)
U-238	87 (42)	140 (50)	42 (6)	23 (9)	26 (8)

3.5 Perunat

Taulukko 6. Perunanäytteen aktiivisuuspitoisuudet. Mittauksen epävarmuus on annettu suluissa. Tulokset on ilmoitettu yksikössä Bq/kg.

TV-tunnus	TV 2/10
ref. pvm	6.8.2010
paikka	Sotkamo, Taattola
Cs-137	0,4 (0,2)
K-40	620 (50)
Ra-226	<1,1
Ra-228	<2,2
Th-228	<2,2
U-235	<2,2
U-238	<8,0

3.6 Rn-222 pohjavedessä

Taulukko 7. Vesinäytteiden Rn-222 pitoisuus. Mittauksen epävarmuus on annettu suluissa. Tulokset on ilmoitettu yksikössä Bq/l.

TV-tunnus	TV 5/10	TV 6/10	TV 7/10	TV 8/10	TV 9/10
ref. pvm	27.8.2010	27.8.2010	27.8.2010	27.8.2010	27.8.2010
näyte	Pohjavesi	Pohjavesi	Lähdevesi	Pohjavesi	Lähdevesi
paikka	Taattola	Puhakka	Puhakka	Lahnasjärvi	Pappila
Rn-222	50 (12)	130 (30)	70 (15)	6200 (1200)	68 (14)

3.7 Lähde- ja kaivovedet

Taulukko 8. Lähde- ja kaivovesinäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Mittauksen epävarmuus on annettu suluissa. Tulokset on ilmoitettu yksikössä Bq/l.

TV-tunnus	TV 41/10	TV 42/10	TV 43/10	TV 44/10	TV 45/10
näyte	Lähdevesi	Kaivovesi	Kaivovesi	Kaivovesi	Kaivovesi
ref. pvm	27.8.2010	27.8.2010	26.8.2010	27.8.2010	27.8.2010
paikka	Puhakka	Puhakka	Taattola	Pappila	Lahnasjärvi
K-40	0,049 (0,007)	0,11 (0,01)	0,069 (0,014)	0,048 (0,01)	0,031 (0,012)
Ra-226	0,008 (0,001)	0,019 (0,003)	<0,004	0,005 (0,002)	0,14 (0,02)
Ra-228	0,008 (0,002)	0,008 (0,002)	<0,005	0,002 (0,003)	0,15 (0,05)
Th-228	<0,003	<0,003	<0,008	<0,005	0,002 (0,001)
Th-232					0,008 (0,006)
U-235	<0,002	<0,0022	<0,004	<0,005	0,008 (0,002)
U-238	0,11 (0,03)	<0,7	<1,4	<1,0	0,16 (0,08)

3.8 Järvi- ja jokivedet

Taulukko 9. Järvi- ja jokivesinäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Mittauksen epävarmuus on annettu suluissa. Tulokset on ilmoitettu yksikössä Bq/l.

TV-tunnus	TV 49/10	TV 51/10	TV 54/10	TV 57/10	TV 59/10	TV 62/10
näyte	Jokivesi	Järvivesi	Jokivesi	Jokivesi	Järvivesi	Purovesi
ref. pvm	20.9.2010	20.9.2010	20.9.2010	21.9.2010	21.9.2010	21.9.2010
paikka	Tuhkajoki	Jormasjärvi	Jormasjokisuu	Lumijoensilta, Kivijärvensuu	Kivijärvi	Kivipuro
Cs-137	0,022 (0,003)	0,013 (0,002)	0,012 (0,001)	0,04 (0,006)	0,04 (0,007)	0,034 (0,004)
K-40	0,028 (0,008)	0,025 (0,008)	0,019 (0,005)	0,1 (0,02)	0,047 (0,01)	
Ra-226	0,004 (0,002)	<0,003	<0,0013	0,006 (0,003)	0,006 (0,003)	0,004 (0,002)
Ra-228	0,0006 (0,002)	0,002 (0,002)	<0,0016	0,006 (0,006)	0,003 (0,006)	<0,005
Th-228	<0,004	<0,004	<0,0027	<0,009	<0,005	0,001 (0,001)
Th-232		<0,005				<0,005
U-235	<0,003	<0,003	<0,0012	<0,009	<0,005	<0,008
U-238	<0,83	<0,01	<0,48	<2,1	<1,4	e.m.*

*e.m.=ei määritetty

TV-tunnus	TV 65/10	TV 71/10	TV 74/10	TV 77/10	TV 80/10	TV 82/10
näyte	Purovesi	Purovesi	Ojavesi	Purovesi	Purovesi	Jokivesi
ref. pvm	22.9.2010	22.9.2010	22.9.2010	23.9.2010	23.9.2010	22.9.2010
paikka	Kortelampi lähtevä	Härkäpuro	Kärsälampi	Ruunakorvenpuro	Tammapuro	Kalliojoensuu
Cs-137	0,09 (0,01)	0,039 (0,005)	148 (24)	0,0099 (0,001)	0,02 (0,003)	0,025 (0,003)
K-40	0,2 (0,03)	0,059 (0,008)	0,163 (0,03)		0,02 (0,005)	0,028 (0,007)
Ra-226	<0,009	0,012 (0,002)	0,017 (0,003)	0,007 (0,001)	<0,002	0,006 (0,002)
Ra-228	0,0052 (0,005)	0,006 (0,002)	<0,02	0,006 (0,001)	0,003 (0,002)	0,002 (0,002)
Th-228	0,0033 (0,005)	<0,004	0,004 (0,004)	0,004 (0,001)	<0,003	<0,003
Th-232	0,0047 (0,004)		<0,01	0,005 (0,001)		
U-235	0,0047 (0,003)	0,002 (0,001)	<0,01	<0,002	<0,002	<0,002
U-238	e.m.*	0,07 (0,04)	<0,05	<0,44	0,008 (0,03)	0,018 (0,04)

*e.m.=ei määritetty

3.9 Näkinsammaleet

Taulukko 10. Näkinsammalnäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Mittauksen epävarmuus on annettu suluissa. Tulokset on ilmoitettu yksikössä Bq/kg.

TV-tunnus	TV 47/10	TV 52/10	TV 55/10
ref. pvm	20.9.2010	20.9.2010	21.9.2010
paikka	Tuhkakylä	Jormasjokisuu	Lumijoensilta, Kivijärvensuu
Cs-137	43 (7)	64 (6)	13 (2)
K-40	190 (30)	210 (30)	130 (10)
Ra-226	540 (60)	97 (14)	35 (3)
Ra-228	230 (30)	57 (8)	37 (3)
Th-228	45 (7)	17 (3)	18 (2)
U-235	<12	<6,4	<5,2
U-238	130 (110)	44 (17)	40 (29)

3.10 Sammaleet

Taulukko 11. Sammalnäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Mittauksen epävarmuus on annettu suluissa. Tulokset on ilmoitettu yksikössä Bq/kg.

TV-tunnus	TV 60/10	TV 63/10	TV 66/10	TV 69/10	TV 72/10	TV 75/10	TV 78/10
näyte	Karhun- sammal	Karhun- sammal	Rahka- sammal	Karhun- sammal	Rahka- sammal	Karhun- sammal	Karhun- sammal
ref. pvm	21.9.2010	22.9.2010	22.9.2010	22.9.2010	22.9.2010	23.9.2010	23.9.2010
paikka	Kivipuro	Kortelampi lähtevä	Kalliojoen- suu	Härkäpuro	Kärsälampi	Ruuna- korvenpuro	Tammapuro
Cs-137	170 (20)	27 (4)	80 (6)	83 (8)	200 (10)	350 (30)	310 (30)
K-40	310 (30)	34 (3)	260 (20)	190 (20)	160 (10)	240 (10)	310 (20)
Ra-226	3,1 (0,9)	0,5 (0,2)	<5,2	2,7 (0,7)	<5,0	6,6 (0,6)	<2,2
Ra-228	1,9 (1,0)	<1,0	3,6 (3,0)	1,4 (1,2)	4,4 (1,7)	2,2 (0,8)	3,1 (1,4)
Th-228	<3,0	<0,5	<6,2	1,2 (0,5)	<5,3	2,2 (0,5)	<4,3
Th-232	1,9 (1,7)	<1,0		1,6 (1,9)	<5,3		<7,0
U-235	<3,0	0,3 (0,1)	<4,9	0,1 (0,1)	<5,0	<4,1	<4,2
U-238	2,9 (1,7)	<3,0	<38	5,0 (2,7)	<8,1	<13	<15

3.11 Kalan- ja ravunlihat

Taulukko 12. Kalan- ja ravunlihanäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Mittauksen epävarmuus on annettu suluissa. Tulokset on ilmoitettu yksikössä Bq/kg.

TV-tunnus	TV 46/10	TV 83/10	TV 84/10	TV 85/10	TV 86/10
näyte	Rapu	Ahven	Ahven	Hauki	Hauki
ref. pvm	23.8.2010	20.9.2010	20.9.2010	20.9.2010	20.9.2010
paikka	Jormasjärvi, Virtalanranta	Kivijärvi	Kalliojärvi	Kalliojärvi	Kalliojärvi
Cs-137	120 (10)	250 (20)	650 (70)	680 (50)	340 (60)
K-40	570 (60)	630 (60)	450 (50)	580 (60)	390 (50)
Ra-226	<6,0	0,8 (0,2)	1,1 (0,5)	<0,7	1,0 (0,5)
Ra-228	<11	<0,6	<0,9	<1,0	<1,1
Th-228	<14	<0,30	<0,4	<0,8	<0,4
Th-232	<8				
U-235	<5	<0,2	<0,4	<0,6	<0,4
U-238	<8	<2,2	<6	<6	<20

3.12 Hirvenlihat

Taulukko 13. Hirvenlihanäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Mittauksen epävarmuus on annettu suluissa. Tulokset on ilmoitettu yksikössä Bq/kg.

TV-tunnus	TV 91/10	TV 92/10
ref. pvm	16.10.2010	14.10.2010
paikka	Tuhkakylä	Tuhkakylä
Cs-137	280 (30)	160 (30)
K-40	380 (40)	320 (30)
Ra-226	<1,2	<3,0
Ra-228	<1,1	<3,0
Th-228	<1,5	<3,0
Th-232		<3,0
U-235	<1,2	<3,5
U-238	<2	<11

3.13 Jäkälät

Taulukko 14. Jäkälänäytteiden aktiivisuuspitoisuudet. Mittauksen epävarmuus on annettu suluissa. Tulokset on ilmoitettu yksikössä Bq/kg.

TV-tunnus	TV 13/10	TV 20/10
näyte	Pallero- poronjäkälä	Pallero- poronjäkälä
ref. pvm	25.8.2010	25.8.2010
paikka	Tipasoja	Kaivoslampi
Cs-137	170 (30)	140 (20)
K-40	60 (10)	110 (10)
Ra-226	<3,8	7,6 (2,0)
Ra-228	<3,2	3,8 (1,4)
Th-228	1,5 (0,9)	4,1 (0,8)
Th-232	<3,2	3,8 (1,3)
U-235	<3,9	<2,9
U-238	<13	e.m.

*e.m.=ei määritetty

LIITE 4. Radiokemiallisten uraanianalyysien tulokset

Näyte	Nuklidi	Tulos ja epävarmuus
Vesinäyte, TV41/10, lähdevesi Puhakka	U-234 U-238	3,9 ± 0,6 mBq/l 2,1 ± 0,4 mBq/l
Vesinäyte, TV42/10, porakaivosi Puhakka	U-234 U-238	3,0 ± 0,5 mBq/l 2,1 ± 0,4 mBq/l
Vesinäyte, TV43/10, porakaivosi Taattola	U-234 U-238	7,2 ± 1,1 mBq/l 3,7 ± 0,6 mBq/l
Vesinäyte, TV44/10, lähdekaivosi Pappila	U-234 U-238	2,2 ± 0,5 mBq/l 1,8 ± 0,4 mBq/l
Vesinäyte, TV45/10, porakaivosi Lahnasjärvi	U-234 U-238	270 ± 40 mBq/l 160 ± 24 mBq/l
Vesinäyte, TV49/10, jokivesi Tuhkajoki	U-234 U-238	4,3 ± 0,7 mBq/l 3,3 ± 0,6 mBq/l
Vesinäyte, TV51/10, järvivesi Jormasjärvi	U-234 U-238	2,6 ± 0,5 mBq/l 2,1 ± 0,4 mBq/l
Vesinäyte, TV54/10, jokivesi Jormasjokisuu	U-234 U-238	3,0 ± 0,5 mBq/l 2,3 ± 0,4 mBq/l
Vesinäyte, TV57/10, jokivesi Kivijärvensuu, Lumijokisilta	U-234 U-238	2,6 ± 0,5 mBq/l 1,8 ± 0,3 mBq/l
Vesinäyte, TV59/10, järvivesi Kivijärvi	U-234 U-238	2,8 ± 0,6 mBq/l 1,9 ± 0,4 mBq/l
Vesinäyte, TV62/10, purovesi Kivipuro	U-234 U-238	2,2 ± 0,4 mBq/l 1,9 ± 0,4 mBq/l
Vesinäyte, TV65/10, purovesi Kortelampi, Lähtevä	U-234 U-238	41 ± 5 mBq/l 38 ± 5 mBq/l
Vesinäyte, TV71/10, purovesi, Härkäpuro	U-234 U-238	66 ± 12 mBq/l 68 ± 12 mBq/l
Vesinäyte, TV74/10, purovesi, Kärsälampi	U-234 U-238	6,0 ± 1,0 mBq/l 5,2 ± 0,8 mBq/l
Vesinäyte, TV77/10, purovesi, Ruunakorvenpuro	U-234 U-238	2,8 ± 0,5 mBq/l 1,8 ± 0,4 mBq/l
Vesinäyte, TV80/10, purovesi Tammapuro	U-234 U-238	<1,4 mBq/l <1,4 mBq/l
Vesinäyte, TV82/10, jokivesi Kalliojoensuu	U-234 U-238	4,9 ± 0,8 mBq/l 3,2 ± 0,6 mBq/l

LIITE 5. Ulkoilman radontulokset

Pullo	Koordinaatit		Rn-222 Bq/m ³
	P	I	
1	64,0062 °	27,9893 °	8
2	64,0343 °	28,0473 °	4
3	64,0376 °	28,0472 °	2
4	64,0415 °	28,05616 °	6
6	64,0389 °	28,0839 °	4
7	63,9573 °	27,9266 °	6
8	64,0580 °	28,0634 °	4
9	64,0642 °	28,0831 °	6
10	64,0026 °	28,0865 °	6
11	64,0086 °	28,0940 °	
12	63,9690 °	28,1197 °	8
13	64,0141 °	28,1062 °	7
5	64,0374 °	28,0692 °	2
14	64,0188 °	28,0960 °	5
15	64,0018 °	28,1080 °	2
16	63,9915 °	28,1061 °	3
17	64,0314 °	28,0999 °	4
18	63,9674 °	27,9596 °	5
19	64,0121 °	28,0939 °	5
20	64,0457 °	28,1052 °	6
21	63,9835 °	28,1162 °	7
22	64,0184 °	28,1145 °	3
23	64,0144 °	28,0046 °	8
24	64,0379 °	28,0158 °	6
25	64,0545 °	27,9697 °	4
26	63,9506 °	27,9276 °	4
27	63,9493 °	28,0934 °	5
28	63,9331 °	28,1118 °	3
29	63,9359 °	28,1232 °	4
30	64,0271 °	28,0097 °	10
31	64,0761 °	27,9828 °	3
32	63,9654 °	27,9119 °	1
33	63,9660 °	27,9337 °	5
34	63,9502 °	27,9845 °	2
35	63,9486 °	28,1251 °	9
36	63,9642 °	28,0338 °	7
37	64,0800 °	27,9593 °	6
38	63,9739 °	28,0702 °	4
39	64,0619 °	28,0417 °	4

40	63,9610 °	27,9282 °	4
41	63,9718 °	27,9415 °	4
42	63,9781 °	27,9879 °	4
43	63,9657 °	28,0104 °	9
44	63,9537 °	28,0356 °	7
45	63,9730 °	28,0088 °	8
46	63,9952 °	27,9341 °	5
47	63,9802 °	27,9375 °	3
48	63,9635 °	27,9547 °	4
49	63,9859 °	27,9421 °	3
50	64,0180 °	27,9988 °	11