

URAAIMALMIN LOUHINNASTA

Uraanimalmi

Uraani on yleinen alkuaine ja sitä on lähes kaikkialla Suomenkin kalliassa ja maaperässä? Suomen alue kiinnostaa kaivosyhtiöitä siksi, että suoritetuissa kartoituksissa uraania on todettu esiintyvän mielenkiintoa herättävässä määrin Uudellamaalla, Pohjois-Karjalassa, Kuusamo-Salla -alueella sekä Länsi-Lapissa. Myös muualla on jonkin verran viitteitä esiintymistä, joita kannattanee tutkia. Aikaisemman etsinnän tulosten perusteella taloudellisen esiintymän löytäminen Suomen kallioperästä ei ole kovin todennäköistä, mutta geologisten edellytysten puolesta se on kyllä mahdollista. Uraanin hinnannousu mahdollistaa aikaisempaa köyhempien esiintymien hyödyntämisen.

Suurimmat tunnetut uraanivarannot ovat Australiassa, Pohjois-Amerikassa, Kazakstanissa, Venäjällä, Etelä-Afrikassa, Nigerissä ja Namibiassa. Kaikkiaan uraanirikastetta tuotetaan 21 eri maassa. Maailman suurimmat tuottajat ovat Australia ja Kanada, joiden osuus on yli 50 prosenttia.

Suomessa uraanimalmia on louhittu Enossa ja Askolassa 1950- ja 1960-lukujen vaihteessa yhteensä 30 tonnia. Kummallakin paikkakunnalla oli kyseessä koetoiminta. Enossa toiminta lopetettiin kannattamattomana.

Uraanin etsintä

Kaivoskivennäisten, joihin luonnossa esiintyvät radioaktiiviset alkuaineet uraani ja torium kuuluvat, etsinnässä kaivoslain määrittämät oikeudet ovat varaus, valtaus ja kaivospiiri (kaivosoikeus).

Varaamalla jonkin alueen itselleen, varaaja saa etuoikeuden vallata alueen tarkempiin tutkimuksiin. Pisin varausaika on yksi vuosi. Varaus ei oikeuta tutkimustoimenpiteisiin maastossa, koska kyseessä on vain etuoikeuden varaaminen tutkimuslupan (valtausoikeus) hakemiseen. Tutkimustoimenpiteitä on mahdollista tehdä ns. jokamiehen-oikeuksien perusteella sekä maanomistajan suostumuksella.

Säteilymittaukset ilman koemonttujen kaivamista ja pienimuotoinen näytteiden otto ovat mahdollisia ilman maanomistajan lupaa. Tähän vaiheeseen ei liity minkäänlaisia radonkaasu- tai gammasäteilyriskejä.

Kaivoslain mukainen *valtaus* oikeuttaa valtaajan mm. kaivamiseen, koelouhintaan, syväkairaukseen ja koerikastamiseen. Enimmillään valtausaika voi olla kahdeksan vuotta.

Uraanin etsintävaiheessa valtausalueella saatetaan tehdä kallionäytekairauksia, koelouhintaa ja laboratorioluokan koerikastusta. Koerikastuspalvelut tehdään joko itse tai ostetaan muilta laboratorioilta. Valtaukseen liittyvistä toiminnoista, joita Säteilyturva-

keskus valvoo säteilylain nojalla, ei ole yleensä odotettavissa merkittäviä säteilystä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia ihmisille eikä ympäristölle. Jos kuitenkin säteilylaissa säädetyt rajat ylittyisivät, niin silloin ryhdyttäisiin työsuojelullisiin toimiin.

Valtausvaiheessa ympäristövaikutusten arviointimenettelyn soveltaminen ei lain mukaan ole pakollista. Harkinnanvaraista YVA:n soveltamista uraanin etsintä- ja koelouhintavaiheessa voi pyytää kuka tahansa tekemällä aloitteen alueelliselle ympäristökeskukselle, joka tekee asiasta päätöksen. Ympäristökeskus voi itsekin käynnistää prosessin.

Taloudellisesti käyttökelpoisen uraani esiintymän löytämisestä kestää ainakin 10 – 15 vuotta mahdollisen kaivoksen perustamiseen.

Uraanin louhinta (kaivosvaihe)

Kaivoslain mukaista kaivosoikeutta haetaan KTM:stä kaivospiirihakemuksella. Mikäli hakemus täyttää kaivoslain edellytykset eikä asianosaisten kuulemisessa tai viranomaisten antamissa lausunnoissa ilmene kaivospiirin määrittämisen esteitä tai rajoituksia, ministeriö määrää maanmittaustoimiston suorittamaan kaivospiiritoimituksen. Toimituksen päätyttyä hakijalle myönnetään kaivosoikeus kaivospiirin alueeseen. Ennen kaivostoiminnan aloittamista hanke vaatii vielä ympäristöluvan ja mahdollisesti maankäytöllisen tarkastelun eli kaavaratkaisun.

Lisäksi kaivos- tai rikastustoimintaan, jonka tarkoituksena on uraanin tai toriumin tuottaminen, tarvitaan ydinenergialain mukainen valtioneuvoston lupa, jota harkittaessa otetaan huomioon yhteiskunnan kokonaisuus.

Turvatekniikan keskus tarkistaa vuosittain yleisen kaivosturvallisuuden. Säteilyturvakeskus tarkkailee työntekijöiden ja ympäristön säteilyaltistusta ja suorittaa vientivalvontaa ydinenergialain nojalla.

Uraanin rikastus

Maailmalla luonnonuraania tuotetaan kolmella eri tavalla: avolouhoksista, maanalaisista kaivoksista ja uuttamismenetelmällä. Viimeksi mainittu ei sovellu Suomessa käytettäväksi kallioperän ominaisuuksien vuoksi. Valtaosa uraanista louhitaan tavanomaisella tekniikalla, mutta uuttamismenetelmän osuus on kasvussa.

Tavanomaisissa kaivoksissa malmi louhitaan kalliosta, murskataan ja jauhetaan. Murskaus ja jauhatus on mahdollista tehdä maanalaisissa tiloissa. Hienonnettu malmi siirretään tai kuljetetaan rikastamoon, jossa siitä liuotetaan uraani, useimmiten hapon avulla. Uraanista saadaan talteen useimmiten 75 – 90 %. Happoliuksesta uraani rikastetaan uuttamalla erilaisilla liuottimilla, minkä jälkeen uraani saostetaan, sakka erotetaan, pestään ja kuivataan. Näin saatua tuotetta kutsutaan uraanirikasteeksi, mikä on keltaista, vihertävää tai harmaata uraanioksidipulveria (yellow cake), joka sellaisenaan ei vielä kelpaa ydinvoimalan polttoaineeksi. Rikaste pakataan ilmatiiviisiin teräsastioihin kuljetettavaksi kaivokselta jatkojalostukseen. Koska uraanirikaste on vain

heikosti radioaktiivista, kuljetus vaatii vain vaarallisten aineiden kuljetukseen soveltuvan kaluston.

Ennen polttoaineeksi valmistamista mahdollisen suomalaisen uraanin rikaste, yellow cake, konvertoidaan kemiallisesti ja väkevöidään U-235 isotoopin suhteen. Väkevöintiä varten uraanirikaste konvertoidaan uraaniheksafluoridiksi. Väkevöinti tapahtuu joko sentrifugeilla (esimerkiksi Hollannissa) tai kaasudiffuusion avulla (USA:ssa ja Ranskassa) käyttäen hyväksi uraanin kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia.

Tämän jälkeen välituote kuljetetaan polttoainetehtaalte (lähin Ruotsissa), jossa se vielä kerran konvertoidaan, nyt uraanidioksidiksi. Nyt siitä valmistetaan tyypilliset pienet polttoainepätkät, jotka kootaan edelleen sauvoiksi ja polttoaine-elementeiksi, joita esimerkiksi Loviisan voimalaitoksen reaktorissa on 313 kappaletta. Kaikkia edellä mainittuja välituotteita kuljetetaan ja kaupataan. Niiden kuljetuksiin liittyvät riskit ovat pienet, mutta esimerkiksi ydinaseiden leviämisen vuoksi Kansainvälinen Atomienenergiajärjestö IAEA valvoo kaikkia vaiheita. Suomeen on vaikea kuvitella mitään edellä mainittuun ketjuun kuuluvista tehtaista, koska tämä teollisuus on kallista ja riittävästi kilpailtua, joten tuotteita on hyvin saatavissa.

Uraanikaivos & turvallisuus

Uraanikaivosturvallisuudessa on kaksi aspektia: normaali kaivosturvallisuus ja säteilyä aiheuttavat toimet.

Turvatekniikan keskuksen mukaan kaivosten tapaturmataajuus on muuhun teollisuuden verrattuna melko hyvällä tasolla. Kansainvälisessä vertailussa olemme kuitenkin nykyisin vain keskitasolla, jos vertailun kohteena pidetään muita länsimaita (Eurooppa, Yhdysvallat, Kanada, Australia jne.).

Seuraavassa tarkastellaan muuta kuin tavanomaista kaivosturvallisuutta.

Työntekijöiden turvallisuus

Erona muuhun kaivostoimintaan verrattuna uraania louhittaessa on se, että ilmaan vapautuu uraanin hajoamistuotetta, kaasumaista *radonia*, jonka tiedetään aiheuttavan keuhkosyöpää. Sitä nousee maaperästä ja kalliosta kaikkialla, missä on uraania. Maanalaisissa kaivoksissa ongelma on suurempi kuin avolouhoksilla.

Vapautuvan radonin määrä riippuu kallioperän rakenteesta ja uraanin määrästä. Yksilötasolla lisäksi on merkittävää altistumisaika.

Altistusta voidaan ratkaisevasti vähentää vaarattomalle tasolle hyvällä ilmanvaihdolla. On huomattava, että muissakin kuin uraanikaivoksissa, voi olla radonia.

Lisäksi työntekijöiden uhkana on *gammasäteily*. Kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan ICRP:n suositusten mukaan henkilökohtainen säteilyannos, jota seurataan mukana kannettavilla mittareilla, voi olla enintään 50 mSv (milliSievert) vuodessa, mutta viiden vuoden aikana vuotta kohden laskettu keskimääräinen altistus ei saa ylittää 20 mSv vuodessa. Käytännössä hyvin hoidetuissa kaivoksissa esimerkiksi Kanadassa Camecon-yhtiön Saskatchewan kaivoksissa keskimääräinen altistus oli 2 % vuosittaisesta sallitusta maksimimäärästä ja 5 % keskimääräisestä vuosittaisesta määrästä.

Vertailun vuoksi huomattakoon, että suomalaiset saavat keskimäärin 3,7 mSv:n annostuksen vuodessa luonnonsäteilynä. Itäisellä Uudellamaalla annos on 6 mSv/vuosi.

Säteilyturvakeskus antaa kehotuksen alentaa radonpitoisuuksia, jos säteilypitoisuus on vähintään 1/3 sallitusta. Turvatekniikan keskus valvoo tästä aiheutuvia käytännön toimenpiteitä. Myös työsuojeluviranomaisilla on velvollisuus puuttua havaitsemiinsa epäkohtiin.

Hyvin rikkaissa uraaniensiintymissä toimivissa kaivoksissa (esim. Kanadan McArthur River) gammasäteily- ja radonhaittoja työntekijöille on vähennetty louhintatekniikan automatisoinnilla ja työkoneiden kauko-ohjauksella. Ympäristöhaittoja on vähennetty suorittamalla malmin murskaus ja hienonnus maan alla.

Vaikutukset lähiasukkaiden terveyteen

Uraanipitoisen kallioperän läheisyydessä ilman radonpitoisuudet voivat olla keskimääräistä korkeampia. Radonin pääsy kaivosalueelta ilmaan riippuu muun muassa malmin uraanipitoisuudesta ja louhintamenetelmästä. Haittoja voidaan vähentää hyvällä toiminnan suunnittelulla.

Avolouhoksesta kaasumainen radon pääsee helpommin vapautumaan ja kaivosten läheisyydessä radonpitoisuus kasvaa. Myös tuulten voimakkuus ja suunta vaikuttavat asiaan. Pitoisuudet laimenevat nopeasti mitä kauemmaksi kaivoksesta edetään.

Radonia lukuunottamatta muut uraanin hajoamistuotteet ovat kiinteitä aineita ja ne voivat päästä ympäristöön vain vesistöjen tai pölyämisen kautta. Käytännössä vain radiumilla on liikkuvuutensa ja myrkyllisyytensä vuoksi merkitystä ja siksi se saostetaan prosessivedestä pois.

Kuivilla alueilla pölyäminen pitää estää esimerkiksi peittämällä rikastushiekka-alueet. Sateisilla alueilla on huolehdittava, etteivät sadevedet uudestaan liuota sitä jättekasoista. Tämä hoidetaan kerroskattamisella. Esimerkiksi Kanadan Key Laken kaivoksella jätevesiä tarkkaillaan. Siellä radium-pitoisuuden yläraja on alempi kuin Kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan (ICRP) juomavedelle suosittama yläraja.

Ympäristön kuormitus ja loppusijoitus

Kaivosyhtiöitä sitoo ydinenergialain mukainen jätehuoltovelvollisuus.

Uraanimalmin louhinnassa ja rikastuksessa syntyy kahdentyypistä jätettä: sivukiveä eli raakkua ja lietemäistä rikastushiekkaa. Lisäksi saastuneet välineet on loppusijoitettava.

Sivukivi on louhittua kiveä, jonka uraanipitoisuus on niin pieni, ettei sitä kannata rikastaa. Sen aktiivisuuspitoisuus voi olla kuitenkin niin suuri, ettei sitä kannata käyttää esimerkiksi tienrakennusaineena. Se voidaan yleensä loppusijoittaa sellaisenaan louhoksiin tai maaston luonnollisiin syvänteisiin. On kuitenkin tärkeää, että sivukivi eristetään niin, ettei se pääse rapautumaan hapen ja veden vaikutuksesta eikä radonkaasu pääse purkautumaan.

Sellainen osa sivukivestä, jossa ei ole uraani- tai toriummineraaleja, voidaan käyttää normaalin tapaan maanrakennusaineena. Tällaista kiveä voi olla esiintymän päällä.

Rikastushiekka on hienoksi murskattua malmia, josta uraani on pääosin erotettu. Siinä on jäljellä radiumia ja muita uraanin hajoamistuotteita. Siinä voi olla myös raskasme-

talleja, esimerkiksi arseenia tai muita kemiallisia myrkkyyjä, jos niitä on malmisissa eikä niitä ole otettu prosessissa talteen. Rikastushiekka vaatii huolellisen loppusijoittamisen. Tavallisesti se varastoidaan toiminnan aikana maanpäällisissä padotuissa altaissa. Viimeistään toiminnan loputtua liete kuivataan ja saatetaan geotekstiileillä ja kemiaaleilla liukenemattomaan ja vettä läpäisemättömään muotoon loppusijoitusta varten.

Rikastushiekka voidaan usein sijoittaa maanalaisiin kaivoskäytäviin tai varta vasten louhittuihin onkaloihin, koska se ei välttämättä mahdu alkuperäisiin louhoksiin. Kuilut ja tunnelit suljetaan, jotta saadaan hapettomat olosuhteet. Rikastushiekka voidaan sijoittaa myös maan pinnalle avolouhoksiin tai luonnonsyvänteisiin.

Saastuneet välineet ja muu materiaali loppusijoitetaan normaalisti rikastushiekan alle tai sekaan.

Loppusijoitustilan pohja ja seinämät eristetään bentoniitilla, joka laajentuessaan täyttää halkeamat ja eristää jätteen ympäristön vesisysteemistä. Alueen ympärille tehdään hyvin vettä läpäisevä vyöhyke. Jäte peitetään erilaisilla maa-aineskerroksilla niin, että estetään veden kulkeutuminen pystysuuntaan ja radonin kulkeutuminen ulos. Riittäväällä erilaisten aineiden kerrosrakenteella ja aitaamalla estetään eläinten kaivutyö ja radioaktiivisten aineiden rikastuminen riistaan. Alueen vesistöjen ja pohjaveden tilaa seurataan ainakin muutama vuosi, ehkä vuosikymmeniä. Jätealue merkitään kiinteistörekisteriin. Lopuksi sitä voidaan käyttää metsätalousmaana, mutta jossa kaikenlainen kaivutyö olisi kielletty. Hyvin hoidetuissa tapauksissa radonin määrä ei juuri erotu muusta ympäristöstä.

Sivukiven ja rikastushiekan määrä riippuvat siitä, kuinka rikas esiintymä on. Jätettä kertyy suunnilleen sama määrä kuin on louhittu malmimäärä.

Julkisuuteen on tuotu väittämiä, että 1 kg urania tuottaa 2000 kg radioaktiivista jätettä. Tällöin malmin keskipitoisuus on 0,05 %, mikä Suomen oloissa ei kelpaa malmiksi.

Jos esiintymä olisi niin rikas, että keskipitoisuus olisi 1 %, jätemäärä olisi vain 100 kg. Yleisesti voidaan sanoa, että jätteen määrä suhteessa uraaniin riippuu esiintymän rikkaudesta ja voi vaihdella 10:stä 1000 tonniin (vastaavasti keskimääräinen pitoisuus 10 %:sta 0,1 %:iin).

Turvatekniikan keskus valvoo loppusijoituksen yleisen turvallisuuden kannalta. Säteilyturvakeskus hoitaa säteily- ja radontarkkailun. Nämä tehtäisiin todennäköisesti kaivosyhtiön kustannuksella.

Enon Paukkajavaarassa 1958 – 1961 ollut uranikaivosalue kunnostettiin loppusijoitusmaisesti vasta 1990-luvulla. 0,25 km²:n laajuinen sivukivi- ja rikastushiekka-alue peitettiin 1-2 metrin vahvaisilla savi- ja pintamaakerroksilla, kaivoskuilu kalliosta räjäytetyillä kivenlohkareilla. Alueella tehtiin ojituksia ja se kirjattiin maarekisteriin metsätalousmaaksi.

Riskejä

Toisen maailmansodan aikana ja pian sen jälkeen kaikkialla ei ole huolehdittu jätteistä eikä aina ole ymmärretty niiden haitallisuutta tai ei ole välitetty. On sattunut, että tuulet ovat kuljettaneet kuivumaan päässeistä rikastusaltaista rikastushiekkaa ympäristöön tai rankkasateet, maanjäristys tai eroosio ovat murtaneet allaspadot tai radioaktiivi-

visia aineita on päässyt pohjavesistöön tai läheisiin järviin ja jokiin. Jäteaineita on käytetty tienrakennusaineina. Joskus rikastetta on kuljetettu muualle niin, että radioaktiivista pölyä on levinnyt ympäristöön. Ei ole ymmärretty, että radionuklidit¹ voivat kerääntyä kasveihin ja eläimiin ja sitä kautta ravintoketjun yläpäässä oleviin riistaan, karjaan ja ihmisiin.

Vaikka nykyisin riskit tiedetään hyvin ja niihin varaudutaan, ongelmia voi tulla. Jätteen loppusijoituspaikkojen hydrokemiallisen vakauden tulee olla hyvin tiedossa. Loppusijoituspaikka saattaa unohtua ja alueelle voidaan rakentaa tai tehdään muutoin maansiirtotöitä. Täten jatkuvasta valvonnasta on huolehdittava.²

Lainsäädännön tila suomessa

Kaivoslakia ollaan parhaillaan uudistamassa. Voimassa olevassa lainsäädännössä on aukkoja yleensä kaivostoimintaan ja erityisesti uraanimalmin louhintaan liittyen. Uudistuksen yhteydessä selvitetään, onko muutakin säännöstöä syytä täydentää.

Ydinenergia- ja säteilylainsäädäntö lienevät riittävällä tasolla. Meneillään olevan lakimuutoksen yhteydessä tehdään ydinenergia-asetukseen pieniä tarkistuksia uraanikaivostoimintaa ajatellen.

Uraanikaivostoiminnasta ei ole erikseen turvallisuussäännöksiä. Jos uraanikaivoksen avaaminen näyttäisi todennäköiseltä, täytyisi aiheesta laatia ydinenergielain mukaisesti valtioneuvoston asetus ja sitä tarkentava Säteilyturvakeskuksen ohje. YVA-asetus on tarkistettu uraanikaivostoimintaa ajatellen.

Esimerkkikaivos

Jokainen kaivos on yksilöllinen eikä yksinkertaisesti voida antaa yleisluontoista suositusta mallikaivoksesta. Jokaisen kaivoksen turvallisuus ja haittojen minimointi on suunniteltava räätälintyönä. Kaivoksia perustetaan niihin paikkoihin, joissa on hyvä malmiesiintymä ja kaikilla näillä paikoilla on omat geologiset, maantieteelliset ja biologiset ominaisuutensa. Radonkaasun kulkeutumiseen vaikuttavat paikalliset tuuliolot ja pinnanmuodot mitä suurimmassa määrin samoin kuin se, onko kyseessä maanalainen kaivos vai avolouhos.

Tästä huolimatta tässä kuvataan lyhyesti Etelä-Australiassa toimivaa esimerkillisesti hoidettua Olympic Dam -nimistä uraanikaivosta, jonka omistaa Olympic Dam Corporation. Tämän puolestaan omistaa kokonaan BHP Billiton Limited.

Esiintymä sijaitsee 560 km pohjoiseen Adelaidesta. Se on maailman neljänneksi suurin kuparin ja suurin uraanin tuottaja. Siinä on myös runsaat määrät hopeaa ja kultaa.

¹ Radionuklidi on aine, joka muuttuu itsestään toiseksi aineeksi lähettäen samalla ionisoivaa säteilyä.

² Uudenmaan ympäristökeskuksen nettisivulla on ”Uraanietiekartta: etsinnästä uraanin vientiin”.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=53364&lan=FI>. Siinä luetellaan sovellettavat säädökset ja luvitusmenettely pääpiirteittäin.

Olympic Dam on Australian suurin maanalainen ja maailman suurin tunnettu uraani-eesiintymä, joka sijaitsee 350 metrin syvyydessä.

Maanalainen toiminta on pitkälle mekanisoitu ja tavara kulkee automaattisesti kiskoilla. Murskaus on myös mekanisoitu. Uraanipitoisuus on 0,044 %.

Kaivosyhtiö sai vuonna 2005 ISO 14001³-ympäristösertifikaatin. Yhtiö on sitoutunut jatkuvaan ympäristön parantamiseen ja ympäristön tilan arvioimiseen.

Kaivos on hyvin tuuletettu ja radonille altistuminen on hyvin vähäistä. Gamma-säteilyn määrä on minimaalinen johtuen mineralisaation alhaisesta uraanipitoisuudesta. Työntekijöiden keskimääräinen vuotuinen säteilyannos on noin 1,7 mSv, mikä alittaa standardit ja suositukset. Yhtiö on ottanut käyttöönsä turvallisuuden hallintajärjestelmän, jolla on korkea virallinen luokitus.

Karjan laiduntaminen on estetty kaivosalueella ja sen läheisyydessä vuodesta 1986 lähtien. Alueelle on järjestetty villieläimille turvallisia juomapaikkoja, minkä seurauksena kenguruuden määrä on jonkin verran suurempi kuin ympäristössä. Kauemmaksi on perustettu suojelualueita, joilla suojellaan ympäristön ja paikallisen kulttuurin säilymistä. Ennen uusia toimenpiteitä käydään aina läpi ympäristölupamenettely.

Vuonna 1994 havaittiin pieni saastuneen veden vuoto patoaltaasta, mutta vesi imeytyi saveen ja kalkkikiveen eikä suurempaa vahinkoa päässyt syntymään.

Yhtiö raportoi vuosittain ympäristö- ja lupaviranomaisille mm. ympäristön tilasta, päästöistä, pohjaveden tilasta, yleisön saamasta säteilyannostuksesta, jne.

Kun kaivostoiminta joskus lakkaa, niin yhtiöllä on sitä varten viranomaisten hyväksymä lopetussuunnitelma.

Uraanikaivoksen toiminnan lopettamisen järjestelyistä

Kansainvälinen Atomienergiajärjestö IAEA:n nettisivuilta on saatavissa best practice-ohje (IAEA-TECDOC-1059), jossa käsitellään uraanikaivoksen louhinnan suunnittelua, hallintoa ja lopettamistoimia. Yksityiskohtaisimmillaan se on toimenpideluettelo esimerkiksi jäteongelman ratkaisemiseksi.

Malliesimerkkinä voidaan mainita Australiassa toimintansa 1979 aloittaneen ja vuonna 1988 lopettaneen Nabarlekin kaivoksen entisöinti vuoteen 1995 mennessä.

Ympäristön suojelun tavoitteiksi asetettiin

- saastuneiden vesien hallinta
- jätevesien käsittely neutralisoimalla ja bariumkloridilla
- tarvittavan maa-alueen minimointi
- rikastusjätteen sijoittaminen suoraan avokaivantoon
- sivukiven sijoittaminen takaisin kaivokseen

³ EU:lla on oma EMAS-asetus, joka asettaa ISO 14001-standardia kovemmat vaatimukset. Keskeinen ero on suhtautuminen avoimuuteen ja ympäristölainsäädännön noudattamiseen. EMAS edellyttää aina julkista ympäristöselontekoa ja antaa ohjeita sen laatimiseksi. ISO 14001:n mukaan julkinen raportti on vapaaehtoinen.

- maisemointi ja uudelleenkasvitus.

Loppusijoitusta ruvettiin suunnittelemaan pian toiminnan aloittamisen jälkeen ja sitä päivitettiin vuosittain viranomaisten hyväksymällä tavalla kaivostoiminnan keston ajan. Nabarlek oli ensimmäinen avokaivos, jonka jätteet voitiin kaikki sijoittaa kaivokseen. Täten jätteet ovat lähes yhtä turvallisesti maan alla kuin alkuperäisessä tilanteessa ennen kaivoksen avaamista. Hydrauliset virtaukset ovat minimaaliset. Radioaktiivisen säteilyn välttämiseksi kaivosalueen kattaminen helpottui eikä jätteitä tarvinnut käsitellä useaan kertaan. Suurimmaksi pulmaksi tuli se, miten pian jätteet tiivistyisivät niin paljon, että alue voitaisiin suojakattaa lopullisesti.

Tutkimuksellisin keinoin selvitettiin, miten suojakerroksen päälle saataisiin puusto ja muu kasvillisuus mahdollisimman nopeasti. Tämä oli tärkeää eroosion estämiseksi.

Raskasmetallit neutraloitiin ja radium saostettiin bariumkloridin avulla. Kaikki saastuneet vedet pidettiin täysin kurissa tai puhdistettiin. Saastuneet jätteet sijoitettiin kaivokseen.

Säteilytaso on paikoin jopa alhaisempi kuin ennen kaivoksen avaamista.

Vuonna 2000 alueen entisöinnistä järjestettiin tutkijoille avoin työpaja, jonka tärkein tehtävä oli sen selvittäminen, voitiinko kaivosyhtiö vapauttaa vastuusta ja mitkä olivat tapauksen opetukset.⁴ Asiat todettiin pääpiirteissään hyvin hoidetuiksi, mutta pientä parantamisen varaa löytyi. Muun muassa kasvillisuuden monimuotoisuudesta käytiin runsaasti keskustelua.

Lähteet (satunnaisessa järjestyksessä)

Olli Äikäs, GTK
 Mikko Tontti, GTK
 Jorma Aurela, KTM
 Päivi Kurtio, STUK
 Päivi Rantakoski, TUKES

Hyvä tietää uraanista, Energiateollisuus
 Nuclear Energy Agency:n (OECD) julkaisuja
 International Atomic Energy Agency:n julkaisuja
 Esko Ruokolan (STUK) kalvosarja ”Uraanikaivosten ympäristövaikutukset”
 Eräät Kanadan ja Australian viranomaisten ja kaivosyhtiöiden nettisivut

⁴ DA Klessa (ed) 2001. The Rehabilitation of Nabarlek Uranium Mine: Proceedings of Workshop. Darwin NT Australia, 18-19 April 2000, Supervising Scientist Report 160.