



# URAANIKAIVOSTOIMINNAN TERVEYSVAIKUTUKSET

Uraaniton - Uranfri - kansanliikkeen  
terveystyöryhmän kooste  
[www.uraaniton.org](http://www.uraaniton.org)

02/2007

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1. JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2. URAANIN LOUHINTA</b>	<b>2</b>
<b>3. SÄTEILYTURVAN PERIAATTEITA</b>	<b>2</b>
<b>4. RADIOAKTIIVISUUS JA SÄTEILY</b>	<b>3</b>
RADIOAKTIIVISTEN AINEIDEN HAJOAMINEN	3
ALFA- JA BEETASÄTEILY	3
GAMMASÄTEILY	4
RADIOAKTIIVISET AINEET ELIMISTÖSSÄ	4
<b>5. RADIOAKTIIVISUUS VEDESSÄ</b>	<b>5</b>
MAAPERÄN URAANIN VAIKUTUS TALOUSVETEEN	5
URAAKAIVOSTEN VAIKUTUS VESISTÖIHIN	6
RADIOAKTIIVISUUS ITÄMERESSÄ	6
URAAANIIN IMEYTYMINEN ELIMISTÖÖN VEDESTÄ	7
RADONIN IMEYTYMINEN ELIMISTÖÖN VEDESTÄ	7
<b>6. TERVEYDEN MITTAAMINEN</b>	<b>8</b>
LUONNOLLINEN TAUSTASÄTEILY	8
SÄTEILYTURVANORMIT	8
SÄTEILYN TURVALLISUUS?	9
SÄTEILEVIEN AINEIDEN AIHEUTTAMAT SAIRAUDET	10



*Kuva 1. Malminkäsittelylaitos  
- Limousin, Ranska*

## 1. JOHDANTO

Kansainväliset kaivosyhtiöt ovat käynnistäneet uraanin etsinnän Suomessa. Kaivostoiminnan hyödyllisyyttä perustellaan mm. työpaikkoihin vedoten. Kuitenkin nykyaikaisten pitkälle automatisoitujen uraanikaivosten työllistävä vaikutus ei ole kovinkaan merkittävä. Sen sijaan kaivostoiminta haittaa kuntien alueella jo olevaa elinkeinoelämää. Erityisen suuria kärsijöitä ovat maatalous-, matkailu- ja kiinteistöala.

Kaivostoiminta työllistää vain rajoitetun ajan. Uraanikaivoksen jälkeensä jättämät jätteet sen sijaan säilyvät seuraavaan jääkauteen asti. Avoin kustannuskysymys on, kuinka pitkään kaivosyhtiö on velvollinen kaivostoiminnan loputtua huolehtimaan jätteistään kunnes vastuu siirtyy yhteiskunnalle? Miten varmistetaan vastuun kantaminen, jos yhtiö tekee konkurssin tai suhdanteiden muuttuessa järjesteelele toimintansa uudelleen?

Julkisuudessa on esiintynyt mielipiteitä, joiden mukaan mm. Itä-Uudenmaan maaperän uraanista aiheutuvat radonpitoisuudet ovat niin korkeat, että terveyshaittojen minimoimiseksi uraani olisi syytä kaivaa pois. Taustasäteily ei kuitenkaan tällä konstilla vähenisi, koska suurin osa louhittavan maaperän uraanista jää kaivosalueelle jätekivenä. Murskattu kivi säteilee moninkertaisesti maaperässä olevaan uraaniin verrattuna.

Säteilylle asetetut ohjearvot sallivat hyvin korkean riskin verrattuna esim. vaarallisten kemikaalien ohjearvoihin. Lisäksi esim. lasten ja sairaiden kohdalla riskit ovat koko väestön keskiarvoa suuremmat. Miksi ydinvoimateollisuuden sallitaan aiheuttaa ihmisten terveydelle huomattavasti enemmän haittaa kuin muiden teollisuuden alojen?

Vaikka uraanikaivos noudattaisi toiminnassaan kaikkia lakeja ja ympäristönormeja, ympäristön vakavan pilaantumisen riski on aina olemassa. Uraaninlouhinta-alueet pysyvät jätteiden takia radioaktiivisina satoja tuhansia vuosia eteenpäin. Viranomaisten ylläpitämät rekisterit saastuneista alueista ovat vaarassa tuhoutua ajan kuluessa. Haluammeko todella jättää näin pysyvät jäljet itsestämme ja teoistamme jälkipolville?

## 2. URAANIN LOUHINTA

[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily\\_ymparistossa/fi\\_FI/uraanikaivokset/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/fi_FI/uraanikaivokset/)  
<http://www.epa.gov/ebtpages/radiationandradioactivity.html>  
<http://www.olkiluoto.info/fi/21/3/>

Uraanin louhinta tuottaa erittäin suuret määrät radioaktiivista jätettä. Kilo uraania tuottaa noin tuhat kiloa radioaktiivista jätteenä. Säilötäväksi jää korkeita hiekkakasoja ja radioaktiivista lietettä, joka syntyy kun uraani erotetaan kiviaineksesta rikkipapolla. 85 % uraanin radioaktiivisuudesta säilyy näissä jätteissä. Jäte sisältää myös raskasmetalleja ja on kemiallisesti erittäin myrkyllistä.

Laajoista jätekummuista ja liejusta leviää ympäristöön radioaktiivista pölyä ja radonia. Hiekka ja lieju sisältävät erittäin pitkäikäisiä aineita, muun muassa torium-230:ttä ja radium-226:tta, joiden puoliintumisaikat ovat 75 000 vuotta ja 1650 vuotta. Nämä aineet puolestaan tuottavat hajotessaan radon-222:ta. Näin uraaninlouhinta-alueet pysyvät radioaktiivisina satoja tuhansia vuosia. Lisäksi vesistöt ja pohjavedet ovat suuressa vaarassa saastua.

## 3. SÄTEILYTURVAN PERIAATTEITA

(säteilyturvakeskuksen mukaan)

[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sanasto/fi\\_FI/sanasto/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sanasto/fi_FI/sanasto/)

### OIKEUTUSPERIAATE

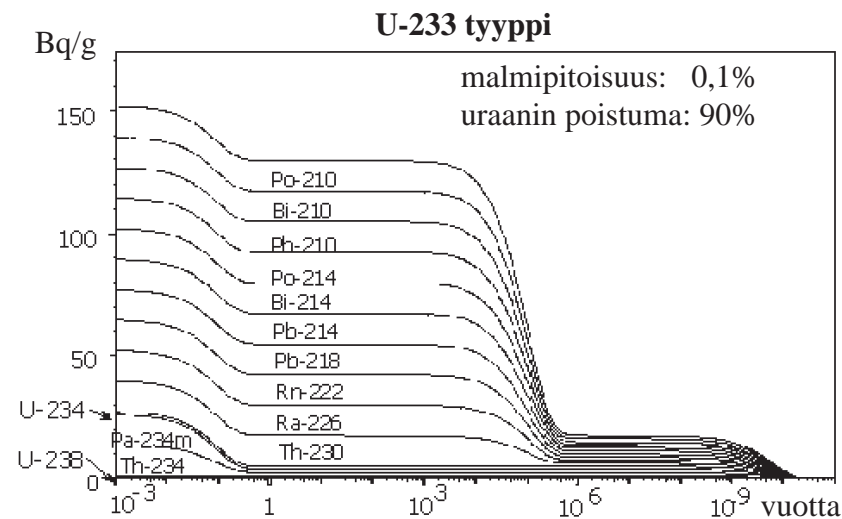
Säteilysuojelun perusperiaate, jonka mukaan säteilylle altistava toiminta on oikeutettua vain, jos siitä on enemmän hyötyä kuin haittaa.

### OPTIMOINTIPERIAATE

Säteilysuojelun perusperiaate, jonka mukaan säteilylle altistavassa toiminnassa on säteilyaltistus aina pidettävä niin pienenä kuin kohtuudella on mahdollista.

### STOKASTINEN HAITTA (Satunnainen, satumanvarainen, tilastollinen haitta)

Ionisoivan säteilyn stokastinen haitta on myöhäisvaikutuksena ilmenevä syöpä tai sukulinjan soluvauriosta aiheutuva perinnöllinen haitta. Jos esim. 1000 ihmisen suuruudessa väestöryhmässä jokainen saa 1 mSv vuosittaisen säteilyannoksen koko elämänsä ajan, sairastuu tästä ryhmästä nykyisen riskiarvion mukaan 4 - 8 ihmistä sairastumaan säteilyn aiheuttamaan syöpään.



Kuva 2. Radioaktiivisten aineiden puoliintumisaikat lietealtaissa.

## 4. RADIOAKTIIVISUUS JA SÄTEILY

[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/mitaonsateily/fi\\_FI/mitaonsateily/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/mitaonsateily/fi_FI/mitaonsateily/)

[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/ihmisen\\_radioaktiivisuus/fi\\_FI/Etusivu/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/ihmisen_radioaktiivisuus/fi_FI/Etusivu/)

[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily\\_ymparistossa/fi\\_FI/index/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/fi_FI/index/)

<http://www.epa.gov/ebtpages/radiationandradioactivity.html>

<http://www.olkiluoto.info/fi/21/3/>

<http://www.unscear.org/docs/reports/gareport.pdf>

### RADIOAKTIIVISTEN AINEIDEN HAJOAMINEN

Radioaktiivisten aineiden hajoamisessa syntyy hajoamistuotteita ja säteilyä. Jotkut radioaktiivisista aineista hajoavat hitaasti (pitkä puoliintumisaika), jopa vuosimiljoonia, kuten uraani-238. Uraanin kaivostoiminnasta jäävän materiaalin puoliintumisaika on noin kymmeniä, jopa satoja tuhansia vuosia. Haluammeko todella jättää näin pysyvät jäljet itsestämme ja teoistamme jälkipolville?

Eri radioaktiiviset aineet tuottavat hajotessaan erilaista säteilyä: ionisoivaa alfa-, beeta- ja gamma-säteilyä eli säteilyä, joka pystyy tuottamaan ioneja aineessa suoraan tai välillisesti. Ionisoiva säteily voi olla sähkömagneettista säteilyä tai hiukkassäteilyä. Ionisaatio tarkoittaa tapahtumaa, jossa sähköisesti neutraali atomi tai molekyyli varautuu, kun se saa tai menettää elektroneja.

Mitä enemmän säteily pystyy aiheuttamaan ionisaatiota, sitä suurempi on sen kyky aiheuttaa terveydellistä haittaa.

### ALFA- JA BEETASÄTEILY

Iho kykenee pysäyttämään säteilevät alfa-hiukkaset, mutta säteily vaurioittaa ihon pintakerrosta. Alfa- ja beetasäteily (hiukkassäteily) läpäisee solunseinämiä helposti. Tästä syystä alfa- ja beetahiukkasia säteilevien radioaktiivisten aineiden joutuminen elimistöön ravinnon (metsistä poimitut marjat ja sienet sekä lähialueilla kasvatetut kasvit) tai hengitysilman mukana tai muuten imeytymällä on väistämättä vaaraksi terveydelle. Elimistössä aineet joutuvat kosketuksiin sisäelinten, kuten keuhkojen, sydämen, aivojen ja munuaisten, kanssa. Mm. plutonium tuottaa alfasäteilyä, ja eläinkokeissa se on aiheuttanut keuhkosityöpää jo pieninäkin annoksina. Muita alfasäteilijöitä ovat esimerkiksi uraani-235, torium-230, radium-226 ja radon-222.

Kehon ulkopuoliset beetahiukkaset kykenevät aiheuttamaan suurina annoksina palovammoja ja muita ihovaurioita Pitkäaikainen altistus aiheuttaa mm. ihosyöpää. Beetasäteilijöitä ovat esimerkiksi cesium-137, lyijy-210 ja torium-234.



Kuva 3. Yellowcakea (uraanirikastetta) malminkäsittelylaitoksella

## GAMMASÄTEILY

Gammasäteily on elektromagneettista säteilyä. Gammasäteily on yleensä hyvin läpitunkevaa, se läpäisee suhteellisen hyvin rakenteita sekä ihmisruumiin. Ulkoiselta gammasäteilyltä on vaikeampi suojautua kuin muulta säteilyltä. Gammasäteily voi olla yhtä voimakasta kuin beetasäteily, mutta se kulkee pitkiä matkoja. Esimerkkejä gammasäteilevistä aineista ovat esimerkiksi lyijy-210 ja torium-234. Uraaninlouhinnan jätkevi voi lähettää gammasäteilyä noin 20 - 100 kertaa enemmän kuin ympäristö keskimäärin. Gammasäteily on vaarallista mm. koska se vaurioittaa solujen perimäainesta eli DNA:ta.

Soluvauriot voivat syntyä epäsuorasti ionisoitumisesta. Ionisoiva säteily häiritsee solujen toimintaa (mm. valkuaisaineiden tuotanto) ja aiheuttaa mutaatioita. Ionisoiva säteily voi myös johtaa solun epänormaaliin jakautumiseen, joka taas omalta osaltaan lisää syöpäriskiä.

## RADIOAKTIIVISET AINEET ELIMISTÖSSÄ

Kaikki radioaktiiviset halkeamistuotteet kykenevät aiheuttamaan biologisia vaurioita sekä kehon ulkopuolelta käsin että sen sisältä. Elimistö ei tee eroa alkuaineen radioaktiivisen ja ei-radioaktiivisen isotoopin välillä. Se käyttää molempia samalla tavoin ravinteena ja kudosten rakennusaineena. Radioaktiiviset aineet jäävät elimistöön, kunnes ne poistuvat virtsan tai ulosteen mukana tai kunnes ne hajoavat radioaktiivisesti.

Sisäisen altistuksen aiheuttamien terveyshaittojen vakavuus riippuu radioaktiivisen aineen biologisista ominaisuuksista ja sen viipymän pituudesta kehossa. Ihmisten erilaisuus taas aiheuttaa lisää eroja terveyshaitoissa. Jotkut ovat perimänsä tai aikaisemman altistumisensa vuoksi alttiimpia säteilyn terveyshaitoille. Lapset, vanhukset, kroonisesti sairast ja vielä syntymättömät lapset ovat erityisen alttiita. Lapset ovat alttiimpia radioaktiiviselle säteilylle, koska heillä solujen jakaantuminen on runsaampaa.

Säteily vaurioittaa kaikkia eläviä soluja. Säteily saattaa johtaa solun kuolemaan tai se saattaa muuttaa solua tai sen toimintaa. Muuttuminen voi olla väliaikaista tai pysyvää. Mikäli säteilyvaurio kohdistuu perimää välittäviin soluihin (siittiöt ja munasolut), saattavat jälkeläiset vahingoittua ja hedelmällisyys vähentyä. Vahingoittunut, epänormaali alkionkehitys saattaa päättyä keskenmenoon tai lapsi syntyy kromosomeiltaan poikkeavana (esim. Downin syndrooma).

Useat radioaktiiviset aineet ovat myös muuten myrkyllisiä. Radioaktiivinen lyijy, jota vapautuu uraaninlouhinnassa radonkaasun tytärtuotteena, on ominaisuuksiltaan yhtä vaarallista kuin tavallinen lyijy (joka aiheuttaa neurologisia oireita, jopa aivovaurioita). Plutonium ja radium (kalsiumin sukulainen) kerääntyvät luustoon, plutonium luun ulkopinnalle ja radium tasaisesti luuhun, mikä aiheuttaa mahdollisesti luusyöpää (osteosarkooma).



Kuva 4. Lietteen siirto lietealtaaseen

## 5. RADIOAKTIIVISUUS VEDESSÄ

[http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa\\_terveydesta/elinymparisto/vesi/kaivo-vesi/](http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/vesi/kaivo-vesi/)

[http://www.stuk.fi/tutkimus/terveyshaitat/fi\\_FI/index/](http://www.stuk.fi/tutkimus/terveyshaitat/fi_FI/index/)

[http://www.iaea.org/NewsCenter/Features/DU/du\\_qaa.shtml](http://www.iaea.org/NewsCenter/Features/DU/du_qaa.shtml)

<http://www.who.int/topics/uranium/en/>

<http://www.epa.gov/radon/>

[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1419\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1419_web.pdf)

<http://www.norden.org/sagsarkiv/docs/A1379.pdf>

### MAAPERÄN URAANIN VAIKUTUS TALOUSVETEEN

Uraani on radioaktiivinen alkuaine, jota esiintyy kaikkialla maankuoressa sekä pohja- ja pintavesissä. Yhdessä kuutiometrissä kiveä on noin 2,5–10 grammaa uraania. Uraania tuotavilla kaivosalueilla uraanin pitoisuudet ovat muutamien prosenttien luokkaa. Uraani voi olla kaivoksissa päämetallina tai esiintyä oheismetallina jonkin muun metallin (nik-keli, kulta, kupari, ko-boltti, arseeni) kanssa. Monimetalliesiintymissä uraanin hyödyntäminen on taloudellisesti kannattavaa vielä noin 100 miljoonasosan pitoisuuksina tai pienempinäkin.

Suomen kallioperän uraanipitoisuus vaihtelee paljon, ja uraanipitoisuudet ovat korkeimmillaan

Etelä-Suomen graniittialueilla (erityisesti Itä-Uudellamaalla). Kallio- ja maaperästä uraani liukenee pohjaveteen. Eniten uraania on porakaivojen vedessä, koska porattu reikä voi läpäistä uraanipitoisia kerroksia kalliosta ja uraani pääsee näin helpommin liukenemaan pohjaveteen. Näin mahdolliset koeporausreiät saattavat lisätä pohjavesiin liukenevan uraanin määrää. Porakaivojen suuret radioaktiivisten aineiden pitoisuudet ovat Pohjoismaissa erityinen ongelma. Uraanipitoiset kivilajialueet ovat Pohjoismaissa laajat, mutta myös veden laatu poikkeaa eurooppalaisesta vedestä. Suomelle tyypillinen pehmeä, hiilidioksidi- ja karbonaattipitoinen vesi edistää uraanin liukenemista kallioperästä.

Talousvedessä esiintyy monia luonnossa olevia radioaktiivisia aineita, joista haitallisimpia on radon-222. Radonin lisäksi vesissä esiintyy myös alfa-aktiivisia aineita, kuten uraani-238, uraani-234, polonium-210 ja radium-226. Säteilyturvakeskuksen asettama toimenpideraja vesilaitoksen vedessä ja elintarvikkeiden valmistusvedessä on radonille 300 Bq/l ja muille luonnon radioaktiivisille aineille 0,5–20 Bq/l. Säteilyturvakeskus suosittelee yksityistalouksille radonpitoisuuden pienentämistä, mikäli veden

radonpitoisuus ylittää 1 000 Bq/l. Tällöin on myös syytä selvittää, onko vedessä muita radioaktiivisia aineita.

Vesilaitokset valmistavat talousvettä pintavedestä tai käyttävät raakavetenään pohja- tai tekopohjavettä. Talousvesi ei saa sisältää kemiallisia aineita

pitoisuuksina, joista voi olla haittaa ihmisen terveydelle.



Kuva 5. Kaivoksessa käytetyn veden juoksutus

## URAAKAIIVOSTEN VAIKUTUS VESISTÖIHIN

Uraanikaivokset tarvitsevat toimintaansa paljon vettä. Olympic Dam Australiassa käyttää 30 000 kuutiota päivässä. Porvoon kaupunki kuluttaa vettä 6,9 miljoonaa litraa päivässä, josta asukkaiden osuus on 4,9 miljoonaa litraa. Australiassa mm. luonnonlähteet ovat alkaneet kuivua kaivostoiminnan seurauksena. Veden loppuminen muodostaa suuren uhan alueen ekosysteemille.

Kanadassa pintavesiin päästetään MacArthurjoen ja Key Laken kaivoksista vuosittain 12 miljoonaa kuutiota eriasteisesti käsiteltyä jätevesiä. Malminrikastamolta tähteeksi jäävä hiekka ja liete tulee eristää ympäristöstä sadoiksi tuhansiksi vuosiksi. Halvin ratkaisu tähän on altaiden peittäminen vesikerroksella. Ongelmana vain on, että veden pintaa on mahdotonta pitää halutulla tasolla tuhansien vuosien ajan.



*Kuva 6. Lieteallas*

Uraanikaivoksilla on sattunut jo nyt tuhoisia vuotoja ympäri maailmaa ja monilla vanhoilla kaivoksilla jätealtaat ovat kuivuneet niin, että tuuli pääsee levittämään radioaktiivista pölyä ympäristöön. Esimerkiksi 2001 Olympic Dam -kaivoksilla Australiassa 420 kuutiota lietettä valui vesistöihin ja Kanadan Key Lakessa vuonna 1984 100 000 kuutiota radioaktiivista jätevettä vuosi ympäristöön.

Altaita on pyritty eristämään ympäristöstä myös peittämällä ne maakerrosten alle. Tässä uhkana on mm. eroosio ja mahdollinen pohjaveden tulo altaisiin. Kanadassa on jo nyt muodostunut ongelmaksi kiinteiden kaivosjätteiden suuri määrä ja niiden säilyttäminen. Turvajärjestelmät ovat pettäneet ja mm. Wolf-järven pohjasedimentin arsenikkipitoisuus on 200-kertainen ja uraanipitoisuus 60-kertainen normaaliarvoihin verrattuna.

## RADIOAKTIIVISUUS ITÄMERESSÄ

Suomeen suunnitelluista uraanikaivoksista radioaktiiviset päästöt valuisivat jokia pitkin Itämereen. Itämeri on kuitenkin jo nyt maailman radioaktiivisesti saastuneimpia meriä. Tshernobyl, ydinkokeet ja Sellafieldin ydinjätteen jälleenkäsittelylaitos Iso-Britanniassa ovat olleet suurimpia radioaktiivisuuden lähteitä. Radioaktiivisuuden ovat osaltaan vaikuttaneet myös Itämeren ympäröivät ydinvoimalat. Itämeri on altis saastumaan, koska se on miltei sisämeri. Veden vaihtuminen suuriin meriin on vain 1% vuodessa.

Itämeren ympärillä olevista ydinvoimalaitoksista ruotsalaiset reaktorit ovat aiheuttaneet suurimmat päästöt Itämeren ympäristön väestölle ajanjaksolla 1970-2000. Kesällä 2005 huomattiin ruotsalaisen Forsmarkin ydinvoimalan matala- ja keskiaktiivisen jätteen säilytyspaikasta vuotavan nestettä, joka sisälsi mm. cesiumia. Forsmarkin säiliöiden oli luvattu kestävän ainakin 50-100 vuotta. Radioaktiivista ainetta sisältävät säiliöt ruostuivat kuitenkin rikki jo 10 vuoden jälkeen.

Itämeren suojelukomissio HELCOM ja Ruotsin säteilyturvakeskus ovat todenneet kohonneita pitoisuuksia cesium 137:ää kaloissa, jotka on pyydetty Oskarshamin, Forsmarkin, Studsvikin ja Olkiluodon ulkopuolelta ja jopa Gotlannin pohjoispuolelta. Kuitenkin mm. cesiumia ja strontiumia on havaittavissa vaihtelevina

pitoisuuksina koko Pohjanlahdella ja Suomenlahdella. Risö-laboratorion raportissa ”Modellig and Assessment of Doses” (Annosten mallintaminen ja arviointi) Sven P. Nielsen kirjoittaa: ”Pääasiallinen tie altistumiselle on kalan syöminen, mikä aiheuttaa noin 2400 manSv (94%), muiden teiden aiheuttaessa loput...” Kalan syöminen arvellaan siis olevan pääasiallinen syy ihmisten Itämerestä saamaan radioaktiivisuuteen.

## **URAANIIN IMEYTYMINEN ELIMISTÖÖN VEDESTÄ**

Uraani imeytyy ruuansulatuskanavasta elimistöön huonosti (0.1 -1 %); mutta riittävästi, jotta se voi aiheuttaa terveysriskin. Suurin osa uraanista erittyy elimistöstä pois vuorokauden kuluessa (noin 90 %), pääasiassa virtsaan. Uraani kertyy elimistössä luustoon kalsiumin paikalle ja sieltä se vapautuu paljon hitaammin. Juomaveden uraanipitoisuuden ja virtsan uraanipitoisuuden välillä on erittäin hyvä korrelaatio. Juomaveden uraani on yhteydessä kohonneeseen verensokeriin ja lisääntyneeseen virtsaneritykseen.

Uraanin merkittävin haitallinen vaikutus on munuaistoksisuus. Suurina pitoisuuksina uraani saattaa aiheuttaa akuutin munuaisten vajaatoiminnan. Uraani estää munuaisten eritystoimintaa munuaistiehyeen alkuosassa, jolloin mm. glukoosin, kalsiumin ja fosfaatin eritysvirtsan lisääntyy. Pienten proteiinien lisääntynyt eritysvirtsan alkaa jo alhaisilla veden uraanipitoisuuksilla. Isommilla annoksilla munuaisten soluvaurioita kuvastavien entsyymien eritysvirtsan kasvaa. Koe-eläimissä uraanin on todettu aiheuttavan palautumattoman munuaistautia. Vaikka munuaistautia ei välittömästi seuraisikaan, uraani saattaa kuluttaa munuaisten toiminnan varakapasiteettia.



*Kuva 7. Radioaktiivista rautaromua rinteessä*

Kaikkia uraanin haittavaikutuksia ei mahdollisesti vielä tunneta, ja juomaveden uraanin muita kuin munuaisiin kohdistuvia vaikutuksia ei ole vielä tutkittu. Uraanin terveysriskiä on toistaiseksi arvioitu lähinnä säteilyn perusteella vaikka uraanin muu myrkyllisyys on työperäisen altistuksen ja eläinkokeiden perusteella tunnettu jo 1940-luvulta. Ympäristöperäisen altistumisen terveysriskeihin on kiinnitetty vasta aivan äskettäin huomiota ja tutkimustietoa on vielä niukalti. Nykytiedon mukaan juomaveden uraanin kemiallinen myrkyllisyys on suurempi riski kuin sen säteilyn aiheuttama riski. Kuka haluaa lastensa altistuvan uraanille jo pienestä pitäen, kun ei voida varmasti sanoa, minkälaisia pitkäaikaisvaikutuksia siitä aiheutuu?

## **RADONIN IMEYTYMINEN ELIMISTÖÖN VEDESTÄ**

Uraaninlouhinnan sivutuotteet (kuten radon, arseni, polonium) leviävät ympäristöön. Radon on ilmaa raskaampaa, joten se pysyttelee lähellä maanpintaa. Samalla se vaikuttaa kasveihin, eläimiin ja vesistöihin ja ravintoketjun huipulla oleva ihminen saa lisäannoksen ra-

dioaktiivista ainetta syödessään vihanneksia, marjoja, lihaa tai kalaa.

Juomaveden radon altistaa säteilylle lähinnä ruuansulatuskanavaa ja virtsateitä. Tarkkaa juodun radonin aiheuttamaa syöpäriskin suuruutta ei tiedetä. Säteilyturvakeskus sallii yksityistalouksille 1000 Bq/l radonia sisältävän porakaivoveden käytön. Jos kaikki suomalaiset käyttäisivät jatkuvasti porakaivovettä, jonka radonpitoisuus on 1000 Bq litrassa, aiheuttaisi juotu vesi 30–400 vuosittaista mahasyöpää. Vdestä huoneilmaan vapautunut hengitetty radon aiheuttaa vuosittain 100–600 keuhkasyöpää. Huoneilman radon saattaa olla yhteydessä myös leukemiaan. Erityisesti lasten leukemioita on yhdistetty korkeaan veden ja huoneilman radonpitoisuuteen.

## 6. TERVEYDEN MITTAAMINEN

<http://www.unscear.org/docs/reports/gareport.pdf>

<http://www.gsf.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Uraanikaivokset.htm>

<http://www.stuk.fi>

[http://www.ktl.fi/portal/suomi/osiot/ktl\\_tutkii/tutkimus/ymparistoterveys/](http://www.ktl.fi/portal/suomi/osiot/ktl_tutkii/tutkimus/ymparistoterveys/)

keumasta arvioidaan aiheutuvan noin 0,04 mSv:n säteilyannos vuodessa.

Suomessa on paikoin maailman korkein taustasäteily kallioperän ja asuntojen radonin takia. Mahdollinen lisäännos uraanikaivostoiminnasta tulisi tämän päälle. Uraanikaivoksilla radonia vapautuu normaalia enemmän, koska kiviaineksessa syntyvä radon vapautuu ympäristöön paljon helpommin, kun aines murskataan.

### LUONNOLLINEN TAUSTASÄTEILY

Luonnossa esiintyvät radioaktiiviset aineet säteilevät eikä tätä luonnon taustasäteilyä voi kokonaan välttää. Luonnonsäteilystä saatavat vuosiannokset on tyypillisesti 2-20 mSv (mSv= millisievert, jolla säteilyannosta mitataan).

Jokainen meistä nielee ja hengittää pieniä määriä uraania ja sen tytäraineita joka päivä. Suomalaisen keskimääräinen säteilyannos eri säteilylähteistä on noin 3,7 mSv vuodessa. Tästä noin 2 mSv aiheutuu sisäilman radonista. Kehossa olevista luonnon radioaktiivisista aineista aiheutuu noin 0,3 mSv ja röntgentutkimuksista noin 0,5 mSv. Tshernobylin las-

### SÄTEILYTURVANORMIT

Vuotuinen työaika	Radonpitoisuuden toimenpidearvo (Bq·m <sup>-3</sup> )
Säännöllinen työ	400
Enintään 600 tuntia	1 000
Enintään 300 tuntia	2 000
Enintään 100 tuntia	6 000

### Valtioneuvoston päätöksiä ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevista yleisistä määräyksistä

#### 9 § Normaalikäytön raja-arvo

Ydinvoimalaitoksen vuoden mittaisesta normaalista käytöstä väestön yksilölle aiheutuvan



Kuva 8. Uraanikaivosaluetta

annositouman raja-arvo on 0,1 mSv. Raja-arvon perusteella määritellään radioaktiivisten aineiden päästörajat ydinvoimalaitoksen normaaliin käytölle.

### 10 § Odotettavissa olevan käyttöhäiriön raja-arvo

Odotettavissa olevan käyttöhäiriön seurauksena vuoden mittaisena ajanjaksona saatavasta ulkoisesta säteilystä ja samana aikana kehoon joutuvista radioaktiivisista aineista väestön yksilölle yhteensä aiheutuvan annoksen raja-arvo on 0,1 mSv.

kautta onnettomuuden jälkeen, suurempaa vaaraa kuin mitä edellä mainittua raja-arvoa vastaavasta cesiumpäästöstä aiheutuisi. Mahdollisuuden, että vakavan reaktorionnettomuuden seurauksena edellä esitetty vaatimus ei täyty, on oltava erittäin pieni.

### Kuolemantapaukset, jotka yhdistetään työolosuhteisiin:

(Miljoonaa työntekijää kohden vuodessa)

<b>Tehdas</b>	<b>110</b>
<b>Rakentaminen</b>	<b>164</b>
<b>Säteilyalue @ 3 mSv</b>	<b>5 500</b>
<b>Säteilyalue @ 20 mSv</b>	<b>37 500</b>

<b>Annoksen suuruus</b>	<b>Mistä/Mitä aiheuttaa</b>
6000 mSv	Annos, joka äkillisesti saatuna saattaa johtaa henkilön kuolemaan
1000 mSv	Annos, joka alle vuorokaudessa saatuna aiheuttaa säteilysairauden oireita (esim. väsymystä ja pahoinvointia)
100 mSv	Säteilytyöntekijöille suurin sallittu annos viiden vuoden aikana
4 mSv	Suomalaiselle säteilystä (sisäilman radon, röntgentutkimukset jne.) aiheutuva keskimääräinen annos vuodessa
2 mSv	Lentokonetyöntekijän kosmisesta säteilystä saama vuoden annos
0,1 mSv	Keuhkojen röntgenkuvauksesta potilaalle aiheutuva annos
0,01 mSv	Hammasröntgenkuvauksesta potilaalle aiheutuva annos

### 11 § Oletetun onnettomuuden raja-arvo

Oletetun onnettomuuden seurauksena vuoden mittaisena ajanjaksona saatavasta ulkoisesta säteilystä ja samana aikana kehoon joutuvista radioaktiivisista aineista väestön yksilölle yhteensä aiheutuvan annoksen raja-arvo on 5 mSv.

### 12 § Vakavan reaktorionnettomuuden raja-arvo

Vakavasta reaktorionnettomuudesta aiheutuvan radioaktiivisten aineiden päästön raja-arvona on päästö, josta ei aiheudu ydinvoimalaitoksen ympäristön väestölle välittömiä terveyshaittoja eikä pitkäaikaisia rajoituksia laajojen maa- ja vesialueiden käytölle. Pitkäaikaisvaikutuksia koskevan vaatimuksen täyttämiseksi on ulkoilmaan vapautuvan cesium 137 päästön raja-arvo 100 TBq eikä muista nuklideista kuin cesiumisotoopeista muodostuva kokonaislaskeuma saa aiheuttaa pitkällä aikavälillä, alkaen kolme kuu-

### SÄTEILYN TURVALLISUUS?

Altistuminen säteilylle aiheuttaa aina solussa muutoksia, eikä elimistö kykene korjaamaan näitä kaikkia. Säteilyllä ei kuitenkaan ole kynnysarvoa, jota vähäisemmällä annoksilla haittoja ei synny.

Uraanikaivos voi aiheuttaa säteilyaltistusta mm. radonin ja sen tytäraineiden, radioaktiivisen pölyn ja juomaveden joutuneiden radioaktiivisten aineiden kautta. Viranomaiset usein viittaavat siihen, että laskelmien mukaan kaivostuominnasta väestölle aiheutuvat säteilyannokset jäävät niin pieniksi, että tavanomaisten terveydellisten myöhäisvaikutusten määrä ei merkittävästi kasva kaivostuominnan takia.. Haitallisia terveysvaikutuksia voi kuitenkin ilmetä, vaikka annokset jäisivät alle viranomaisien määrittelmien sallittujen arvojen.



*Kuva 9-11. Malminkäsittelylaitos ja kaivoksen radioaktiivista metalliromua*

Säteilylle asetetut ohjearvot sallivat hyvin korkean vakavien terveystahojen, kuten syövän, riskin verrattuna esim. vaarallisten kemikaalien ohjearvoihin. Lisäksi esim. lasten ja sairaiden kohdalla riskit ovat koko väestön keskiarvoa suuremmat. Henkilökohtaisella tasolla ei ole merkitystä sillä, kuinka paljon haitallisia terveysvaikutuksia on väestötasolla. Riittää, jos omalle kohdalle sattuu niistä yksikin.

## **SÄTEILEVIEN AINEIDEN AIHEUTTAMAT SAIRAUDET**

Uraanin syöpävaarallisuudesta ei ole kovin paljon tutkimustietoa. On todettu, että soluviljelmissä uraani aiheuttaa DNA-vaurioita sekä kemiallisin että luultavasti myös säteilystä johtuvien mekanismien. Koe-eläimissä uraani on vaikuttanut sikiöihin haitallisesti, mutta toistaiseksi ei ole juurikaan tietoa esimerkiksi juomaveden uraanin mahdollisista haittavaikutuksista kehittyvälle sikiölle raskauden aikana.

Keskenmenot ja synnynnäiset epämuodostumat lisääntyvät säteilyannosten noustessa. Aina säteilyaltistus ei johda epämuodostumiin, mutta säteilyaltistus sikiökauden aikana lisää syntyvän lapsen riskiä sairastua syöpään. Syövät ja muut säteilyn aiheuttamat mahdolliset terveyshaitat eivät välttämättä ilmene heti, vaan vasta kymmenien vuosien päästä. Kaikki eivät sairastu, ihmisten vastustuskyvyllä on eroja, joten on äärimmäisen vaikea todistaa jälkeensä, mikä johtuu mistäkin. Lisääntyviä terveysongelmia on vaikea osoittaa tilastollisesti juuri tämän viiveen takia.

Altistuminen matala-aktiiviselle säteilylle pidemmän ajanjakson kuluessa on kuitenkin aina riski ihmisen terveydelle. Radioaktiiviselle säteilylle altistumisen uraaninlouhinnan yhteydessä on todettu aiheuttavan mm. alhaisempia testosteroniarvoja, ihosyöpää, keuhkoputken tulehduksia, ilmapöhhä, keuhkosyöpää (erityisesti liittyen tupakointiin), munuaissyöpää, lusuypää, kromosomipoikkeamia ja kohonneita terveysriskejä lapsille.

Terveydelliset vaikutukset eivät koske vain kaivostyöläisiä vaan myös ihmisiä, jotka asuvat kaivoksen ympärillä. Uraaninlouhinnassa vapautuvan pölyn ja jätevesien kautta pääsee myrkyllisiä aineita uraanikaivoksen ympäristöön ja joutuu siten ihmisiin, eläimiin ja kasveihin. Uraanin erottamisessa syntyvät tuotteet kuten lyijy ja radon, mutta myös prosessissa käytetyt hapot joutuvat ympäristöön leviten jokien ja pohjaviesien kautta laajoille alueille.



*Kuva 12. Kaivostunneli*

Venäjäin lääketieteellinen akademia on tutkinut Venäjän Oktjabriskin kaivoskylän asukkaiden terveyttä. Akatemian mukaan pitkään jatkunut altistuminen radioaktiiviselle pölylle ja radonille on moninkertaistanut syöpätapaukset, keskenmenot ja sikiöiden epämuodostumat. Miesten syöpätapaukset olivat lisääntyneet 3,2-kertaisiksi vuodesta 1971. Vuoden 1991 tutkimuksen mukaan uraanilouhoksen lähellä asuvista miehistä 65% kuoli ennen 60-vuoden ikää. DNA:n ja RNA:n luonnollinen tuhoutuminen on yksi osa ihmisen biologista vanhenemista, mutta säteily vauhdittaa tätä prosessia.

**Uraanikaivostoimintaan ja säteilyturvallisuuteen liittyvää lisätietoa alla olevista linkeistä:**

<http://www.who.int/en/>

<http://www.wise-uranium.org/>

<http://www.atsdr.cdc.gov/>

<http://www.ccnr.org/>

<http://www.criirad.org>

<http://www.stuk.fi>

<http://www.unscear.org>

<http://www.ktl.fi>



*Kuva 13. Yellowcaken (uraanirikasteen) jäännöksiä ratakiskoilla*

***Kuvat: Association Sources et Rivières du Limosin***

*(Kansalaisliike Limousinen pohjavesien ja vesistöjen puolesta)*

*- Ranskalainen järjestö, joka on haastanut uraanikaivosyhtiö Cogema/Areva NC:n oikeuteen, koska yritys on saastuttanut pohjavesiä ja vesistöjä sekä jättänyt jälkeensä valtavia jätemääriä.*

*Kaikki kuvat Limousin-alueelta Ranskasta.*