



Ihmisen radioaktiivisuus

Ihmisen radioaktiivisuus

Jokaisessa ihmisessä on radioaktiivisia aineita, joiden määrä voidaan mitata suoraan kehosta tai epäsuorasti ihmisen eritteistä.

Radioaktiiviset aineet eli radionuklidit kulkeutuvat ihmiseen ympäristöstä ruuan, juomaveden tai hengitysilman mukana. Kehoon joutuneet radioaktiiviset aineet, niin luonnollista kuin keinotekoisia alkuperää olevat, altistavat ihmisen sisäiselle säteilylle.

Luonnon radioaktiiviset aineet

Luonnollinen säteilyn lähde ihmisessä on esimerkiksi ravinnosta saatava kaliumin radioaktiivinen isotooppi kalium-40. Ihmisen aineenvaihdunnan kannalta tärkeässä kaliumissa on aina noin 0,01 prosenttia radioaktiivista kaliumia. Aikuisessa ihmisessä sitä on yleensä 2500–6000 becquerelia (Bq).

Kehoon kulkeutuu myös kaliooperässämme esiintyvää luonnon uraania ja toriumia sekä näiden hajoamissarjojen tuotteita. Tunne-

tuin luonnon radioaktiivisista aineista on uraanin hajoamissarjaan kuuluva radon.

Suomalaiset saavat vuosittain keskimäärin 3,7 millisievertin (mSv) suuruisen säteilyannoksen, ja huoneilman radon aiheuttaa siitä noin puolet. Juomaveden ja muiden elintarvikkeiden uraani- ja toriumsarjojen hajoamistuotteista aiheutuu huomattavasti pienempi annos, keskimäärin noin 0,2 mSv vuodessa. Näiden luonnonnuklidien pitoisuudet ovat yleensä korkeampia porakaivovedessä kuin pinta- tai rengaskaivovedessä. Porakaivoveden radon- ja uraanipitoisuus kannattaa aina selvittää.

Keinotekoiset radioaktiiviset aineet

Viime vuosisadan aikana ihmisen toiminnasta syntyneiden keinotekoisien radionuklidien vaikutus ih-

misen sisäiseen säteilyaltistukseen on ollut keskimäärin vähäisempi kuin luonnosta peräisin olevien radioaktiivisten aineiden.

Ihmisen sisäisen säteilyaltistuksen kannalta merkittävimpiä keinotekoisia radioaktiivisia aineita ovat pitkäikäiset isotoopit cesium-137 ja strontium-90, joita on ennen kaikkea luonnosta saatavissa elintarvikkeissa, kuten sienissä, järvikalassa, riistassa ja marjoissa. Näitä isotooppeja on tullut Suomeen sekä ilmakehässä tehtyjen ydinasekokeiden että Ukrainassa vuonna 1986 tapahtuneen Tshernobylin ydinvoimalaitonnettomuuden seurauksena.

Cesium-137:n fysikaalinen puoliintumisaika on 30 vuotta ja strontium-90:n 29 vuotta. Cesium jakautuu elimistössä tasaisesti lihaksistoon ja sen biologinen puoliintumisaika on noin neljä kuukautta. Pitkästä fysikaalisesta puoliintumisajasta huolimatta cesiumin määrä kehossa vähenee siis melko nopeasti ellei sitä saada lisää esimerkiksi ruuan mukana. Sen sijaan pieni osa kehoon joutu-



Sisäisen säteilyn annos aiheutuu kehossa olevista radioaktiivisista aineista, kun taas ulkoisen säteilyn annos aiheutuu kehon ulkopuolella olevien säteilylähteiden lähettämästä säteilystä.

Kehoon radioaktiiviset aineet tulevat ruuan, juomaveden ja hengitysilman mukana. Sisäiselle säteilylle altistuminen jatkuu, kunnes radioaktiiviset aineet ovat erittyneet pois kehosta tai hävinneet radioaktiivisen hajoamisen seurauksena.

Ulkoiselle säteilylle altistutaan vain, kun ihminen on säteilevän kohteen lähellä. Esimerkiksi maaperä ja kallio sisältävät luonnon radioaktiivisia aineita, jotka aiheuttavat ulkoista säteilyaltistusta.



neesta strontiumista kertyy luustoon, josta se poistuu hitaasti.

Onnettomuuksien ja ydinasekokeiden yhteydessä ympäristöön on myös joutunut useita lyhytikäisempiä radioaktiivisia aineita. Esimerkiksi Tshernobyl-laskeumassa mukana ollut cesium-134 on lyhyen puoliintumisaikansa (kaksi vuotta) vuoksi lähes kokonaan hävinnyt

luonnosta. Radioaktiivista jodi-131:tä, jonka puoliintumisaika on vain kahdeksan päivää, saatiin vähäisiä määriä hengitysilman ja maidon mukana heti onnettomuuden jälkeen.

Osa luonnossa olevista keinotekoisista radioaktiivisista aineista on tuotettu lääketieteellisiä tutkimuksia ja hoitoja varten. Ympäris-

töön joutuu pieniä määriä radioaktiivisia aineita myös ydinvoimalaitosten ja jälleenkäsittelylaitosten hallituista päästöistä. Normaalisti toimivien ydinvoimalaitosten ympäristöön päästämien radioaktiivisten aineiden määrät ovat kuitenkin niin pieniä, ettei niillä ole ihmisen saaman säteilyannoksen kannalta merkitystä.

Suorat ja epäsuorat mittausmenetelmät

Sekä luonnollisten että keinokeisten radioaktiivisten aineiden lähettämän säteilyn aiheuttama sisäinen säteilyaltistus voidaan määrittää usealla eri tavalla suorien ja epäsuorien menetelmien avulla.

Suorat mittaukset

Suorat mittaukset perustuvat ihmiskehossa olevien radioaktiivisten aineiden hajotessaan lähettämän gammasäteilyn havaitsemiseen. Suora gammaspektrometrinen mittaus onkin tärkein mittausmenetelmä, jolla ihmisessä olevat radioaktiivisten aineiden määrät voidaan selvittää. Mittauksessa ihmiseen ei kohdistu säteilyä.

Koko ihmiskehon lisäksi suorilla mittauksilla voidaan selvittää myös eri elinten ja ihmisen osien sisältämien radionuklidien määrät. Esimerkiksi kilpirauhasessa olevan radioaktiivisen jodin määrä voidaan mitata tarkoitukseen suunnitelluilla ilmaisimilla.

Suomalaisen säteilyaltistusta selvitetään väestötutkimusten avulla. Lisäksi mitataan säteilytyöntekijöitä työstä mahdollisesti aiheutuvan sisäisen säteilyaltistuksen arvioimiseksi.

STUKissa on kaksi ihmisen radioaktiivisuuden mittauslaitteistoa, joilla tehdään vuosittain noin 500 mittausta. Toinen laitteisto on asennettu STUKin ympäristötutkimuslaboratorioon Helsingissä ja toinen on sijoitettu kuorma-autoon. Autoon asennetulla laitteistolla voidaan tehdä mittauksia eri puolilla Suomea.

Epäsuorat mittaukset

Epäsuoria mittausmenetelmiä käytetään silloin, kun kehon sisältämiä radionuklideja ei voida havaita suoraan mittauksin.

Alfa- ja beetasäteilyn lyhyen kantaman takia näitä säteilyla-



Ossi Gustafsson / Hielka Graphics

Säteilyturvakeskuksen ympäristötutkimuslaboratorion mittauslaitteisto on ympäristöstä tulevan taustasäteilyn vaimentamiseksi sijoitettu huoneeseen, jonka seinissä on 15 senttimetriä rautaa. Mitattava ihminen makaa sängyllä, joka kulkee kehän läpi mittauksen aikana. Mittaus kestää noin 30 minuuttia.



Toinen STUKin ihmismittauslaitteistoista on sijoitettu kuorma-autoon. Taustasäteilyn vähentämiseksi mittaustuoli ja ilmaisimen ympärillä oleva suojuus on tehty lyijystä. Ilmaisinosat vedetään paikalleen, kun ihminen on asettunut mittaustuoliin. Mittaus kestää noin 20 minuuttia.

Veikko Pohjalainen / STUK

jeja lähettävien radioaktiivisten aineiden määriä ei voida mitata suoraan ihmisestä. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi strontium-90 ja tritium. Tällöin aktiivisuuspitoisuudet arvioidaan eritteistä tehtävillä mittauksilla.

Epäsuoria menetelmiä käytettäessä kehossa olevien radioaktiivisten aineiden määrän arviointi joudutaan tekemään ihmisen aineenvaihduntaa kuvaavien mallien avulla. Arvioon liittyy aina suurempi epävarmuus kuin käytettäessä suoria mittausten menetelmiä.

Väestömittaukset Suomessa

Suomessa on 1960-luvulta lähtien seurattu suorien mittausten avulla väestön sisäistä säteilyaltistusta. Mittauksilla on voitu seurata sekä ydinasekokeista että Tshernobylin onnettomuudesta peräisin olevien radioaktiivisten aineiden poistumista ihmiskehosta.

Koko väestön altistuksen lisäksi arvioidaan myös sellaisten ryhmien altistumista, joiden ruokavalio sisältää esimerkiksi poikkeuksellisen paljon cesium-137:ää. Tällaiseen ryhmään kuuluvat muun muassa paljon poronlihaa käyttävät poronhoitajat ja runsaasti luonnontuotteita syövät henkilöt, jotka asuvat eniten Tshernobylin laskeumaa saaneella alueella.

Tshernobylin onnettomuudesta aiheutuva säteilyaltistus on nykyisin alle yksi prosentti suomalaisten keskimääräisestä vuotuisesta kokonaisannoksesta. Kaikkiaan Tshernobyl-laskeumasta on arvioitu kertyvän elämän aikana noin kahden millisievertin säteilyannos, joka vastaa vuodessa huoneilman radonista keskimäärin saatavaa annosta. Alle puolet laskeumasta aiheutuvasta säteilyaltistuksesta on nykyisin peräisin elintarvikkeista ja loput ulkoisesta säteilyaltistuksesta.

Ydinasekokeista aiheutui suomalaisille keskimäärin hieman

pienempi sisäisen säteilyn annos kuin Tshernobylin onnettomuudesta.

Työperäinen säteilyaltistus

Vuosittain mitataan noin 300 säteilytyöntekijää joko STUKin laboratoriossa Helsingissä olevalla laitteistolla tai kuorma-autoon asennetulla laitteistolla. Mittauksella voidaan myös selvittää radioaktiivisten aineiden jakautumista kehossa.

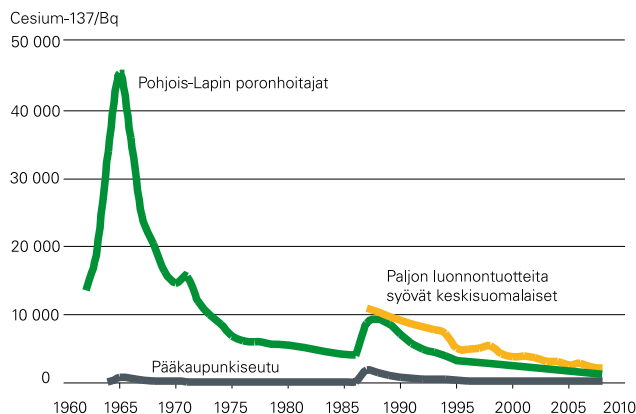
Esimerkiksi ydinvoimalaitosten työntekijöiden altistusta sisäiselle säteilylle valvotaan kaksi kertaa vuodessa tehtävien suorien ihmismittausten avulla. Toinen mittaus tehdään ydinvoimalaitoksen normaalkäytön ja toinen vuosihuoltoseisokin aikana. Lisäksi sisäisen säteilyn mittauksia tehdään, kun epäillään työntekijän saaneen sisään radioaktiivisia aineita.

Osasta työntekijöitä on havaittu pieniä määriä aktivoitumistuotteita, kuten isotooppeja koboltti-60, mangaani-54 ja hopea-110m sekä joskus fissiotuotteita.

Suomessa säteilytyössä sisäisen säteilyn aiheuttamat annokset ovat pieniä verrattuna ulkoisen säteilyn aiheuttamaan annokseen.

Sisäisesti saadun säteilyannoksen mittaukset antavat tietoa työpaikan säteilyhygienisistä olosuhteista. Huolelliseen työskentelyyn ja suojavarusteisiin kiinnitetään enemmän huomiota, kun saadaan tarkempaa tietoa omaan kehoon joutuneista radioaktiivisista aineista. Radioaktiiviselle aineelle altistuneiden lukumäärä onkin vuosien kuluessa pienentynyt.

Mittausten yhteydessä on myös mahdollista antaa työntekijöille tietoa säteilyn käyttöön liittyvistä riskeistä ja säteilysuojelusta.



Cesium-137:n aktiivisuus pääkaupunkiseudun väestöä edustavassa ryhmässä, Pohjois-Lapin poronhoitajissa sekä paljon luonnontuotteita syövässä keskiuomalaisissa. Ennen vuotta 1986 cesium on peräisin ilmakehässä tehdyistä ydinräjäytyksistä aiheutuneesta laskeumasta. Poronhoitajien muita suuremmat cesium-määrät johtuvat poronlihaan ravintoketjussa jäkälä-poro rikastuvasta cesium-137:stä ja poronlihan suuresta osuudesta poronhoitajien ruokavaliossa.



Veikko Pohjalainen / STUK

Radioaktiivisen jodin aiheuttama annos voidaan määrittää parhaiten kilpirauhasen aktiivisuuden mittauksella. Mittaus tehdään pienellä, kannettavalla ilmaisimella, joka asetetaan kaulalle kilpirauhasen kohdalle.

Radioaktiivinen jodi ja kilpirauhanen

Radioaktiivisen jodin isotooppeja voi vapautua ilmaan vakavassa ydinonnettomuudessa. Säteilyturvallisuuden kannalta merkittävä on jodi-131, jonka puoliintumisaika on kahdeksan vuorokautta.

Ihminen voi saada kehoonsa radioaktiivista jodia suoraan hengitysilman mukana tai syödessään vihanneksia ja kasviksia, joiden pinnalle on laskeutunut jodia. Lisäksi ympäristöön joutunut jodi kulkeutuu ravintoketjussa rehun mukana maitoon ja sitä kautta ihmiseen.

Kilpirauhanen on herkin elin radioaktiivisen jodin vahingollisten vaikutusten kannalta. Kolmasosa ihmiskehoon joutuneesta jodista kertyy kilpirauhaseen.

Radioaktiivisesta jodista aiheutuu suurin annos pienen lapsen kilpirauhaselle. Lapset yleensä juovat maitoa kokoonsa nähden enemmän kuin aikuiset, jolloin heidän saamansa radioaktiivisen jodin määrä

on myös suhteellisesti suurempi kuin aikuisten. Säteilysuojelussa kiinnitetäänkin erityistä huomiota lasten kilpirauhasen saaman säteilyannoksen pienentämiseen.

Tshernobylin voimalaitoksen ympäristössä mitattiin onnettomuuden jälkeen merkittäviä jodipitoisuuksia sekä ilmassa että elintarvikkeissa, erityisesti maidossa. Tästä aiheutui lasten kilpirauhasille huomattavia annoksia. Lasten kilpirauhassyöpätapausten määrä on lisääntynyt voimalaitoksen ympäristössä. Suomessa kilpirauhas-syövät eivät ole lisääntyneet.

Joditableteilla suojataan kilpirauhasta

Radioaktiivisen jodin kertymistä kilpirauhaseen voidaan merkittävästi vähentää antamalla ei-radioaktiivista (stabiilia) jodia sisältävää kaliumjodidia (KI). Stabiili kaliumjodidi kyllästää kilpirauhasen, jolloin radioaktiivinen jodi ei imeydy rauhaseen.

Laskeumatilanteessa joditabletti tulisi ottaa 1–6 tuntia ennen altistumista radioaktiiviselle jodille. Joditabletin suojavaikutus heikkenee, jos annos otetaan liian aikaisin tai liian myöhään. Kun radioaktiivisen jodin saannista on kulunut yli puoli vuorokautta, ei joditablettien nauttiminen enää vähennä kilpirauhasen saamaa säteilyannosta. Tabletin nauttimisessa on noudatettava viranomaisten antamia ohjeita.

Vaikka joditabletti vähentää tehokkaasti radioaktiivisesta jodista kilpirauhaselle aiheutuvaa annosta, se ei ole mikään ihmelääke, joka suojaa ihmisen elimistöä yleensä säteilyn haitallisilta vaikutuksilta.

Joditablettien ottaminen on erityisen tärkeää lapsille ja odottaville äideille. Yli 40-vuotiaille tablettien merkitys on hyvin pieni.

Termit tutuiksi

Isotooppi

Tietyn alkuaineen eri isotoopit sisältävät saman määrän protoneja, mutta niissä on eri määrä neutroneja. Niillä on samanlaiset kemialliset ominaisuudet, mutta niiden fysikaaliset ominaisuudet poikkeavat huomattavasti toisistaan. Esimerkiksi jodilla on yli 30 tunnettua isotooppia, joista kaikki yhtä lukuun ottamatta ovat radioaktiivisia.

Puoliintumisaika, biologinen puoliintumisaika

Radioaktiivisten aineiden poistumisnopeutta kehosta kuvaa biologinen puoliintumisaika. Sillä tarkoitetaan aikaa, jonka kuluessa puolet kehoon joutuneesta radioaktiivisesta aineesta on erittynyt pois. Radioaktiivisten aineiden määrä vähenee myös radioaktiivisen hajoamisen kautta. Tätä vähenemistä kuvaa fysikaalinen puoliintumisaika, joka ilmoittaa, missä ajassa kyseinen aktiivisuus on vähentynyt puoleen alkuperäisestä. Jokaisella radioaktiivisella aineella on sille ominainen fysikaalinen puoliintumisaika.

Radioaktiivisuus, aktiivisuus, becquerel (Bq)

Aineen radioaktiivinen isotooppi muuttuu itseksensä ko. isotoopille ominaisella fysikaalisella puoliintumisajalla toiseksi aineeksi. Prosessissa ydin lähettää hiukkassäteilyä, elektronin tai positronin (positiivisesti varautunut elektroni) tai alfahiukkasen (helium-atomin ydin) ja usein myös sähkömagneettista gammasäteilyä. Aktiivisuuden yksikkö on becquerel, Bq, joka on hajoamisia sekunnissa ($Bq = 1/s$). Elintarvikkeiden kohdalla puhutaan usein aktiivisuuspitoisuudesta, Bq/kg tai Bq/l.

Radionuklidi

Radioaktiivinen isotooppi.

Sisäinen säteily

Puhuttaessa kehossa olevien radioaktiivisten aineiden lähettämästä säteilystä käytetään usein termiä sisäinen säteily. Sisäisestä säteilystä aiheutuva annos on seurausta kehossa olevien radioaktiivisten aineiden lähettämän säteilyn energian absorboitumisesta (imeytymisestä) elimiin ja kudoksiin. Sisäisen säteilyn aiheuttaman annoksen suuruuteen vaikuttaa oleellisesti se, mistä radioaktiivisista aineista on kyse, kuinka paljon aineita on kehoon joutunut, mihin elimiin tai kudoksiin aineet kulkeutuvat ja miten nopeasti ne poistuvat kehosta. Radioaktiivisten aineiden kertymiseen ja poistumiseen elimistöstä vaikuttaa ennen kaikkea aineiden kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet.

Säteilyannos, sievert (Sv)

Säteilyn vaikutusta ihmiseen kuvaa säteilyannos, jonka yksikkö on sievert (Sv). Sievert on hyvin suuri yksikkö ja annos ilmoitetaan usein sievertin tuhannesosina eli millisieverteinä (mSv) tai miljoonasosina eli mikrosieverteinä (μ Sv). Suomalaisen vuotuinen keskimääräinen säteilyannos on 3,7 millisievertiä.

Karkeasti voidaan sanoa, että ihminen saa yhden millisievertin säteilyannoksen, jos hän saa ruuan ja juoman mukana 80 000 becquerelia (Bq) radioaktiivista cesiumia (cesium-137). Suomalaisissa maataloustuotteissa cesium-137:n aktiivisuuspitoisuus on keskimäärin alle 1 Bq/kg. Luonnosta saatavissa elintarvikkeissa cesiumpitoisuudet ovat korkeampia, paikoitellen jopa tuhatkertaisia maataloustuotteisiin verrattuna.

Elinympäristössämme on sekä luonnollisia että keinotekoisia radioaktiivisia aineita. Ihmiseen ne kulkeutuvat ruuan, juomaveden ja hengitysilman mukana. Radioaktiivisten aineiden määrä kehossa ja niistä aiheutuva säteilyannos voidaan mitata ihmisen kehosta tai eritteistä.

Lisätietoa

Katsaukset:

- Säteilyn terveysvaikutukset (Huhtikuu 2006)
- Ionisoiva säteily (Huhtikuu 2005)
- Säteilyvaara ja suojauminen (Syyskuu 2008)
- Juomaveden radioaktiivisuus (Huhtikuu 2008)

Säteily- ja ydinturvallisuuskirjasarja:

- Säteily ja sen havaitseminen
- Säteilyn terveysvaikutukset
- Säteily ympäristössä

Muut julkaisut:

- Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2008. STUK-B 103.
- Säteilysuojelutoimenpiteet säteilyvaaratilanteessa. Helsinki 2001. Ohje VAL 1.1.
- Annoskakku 2004 – Suomalaisen keskimääräinen efektiivinen annos. STUK-A211. Helsinki 2005.
- Säteilyaltistuksen seuranta. Helsinki 2007. Ohje ST 7.1.



Laippatie 4, 00880 Helsinki
Puh. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500
www.stuk.fi

Vammalan Kirjapaino Oy
Helsinki 2009