



**Luonnonsäteilylle altistava
toiminta**

- polttolaitosten velvoitteet



Sisällys

- Luonnon radioaktiiviset aineet
- Säteilylainsäädäntö ja luonnonsäteily
- Luonnonsäteilyaltistuksen selvittäminen
- Tuhkasta tehtävät tutkimukset
- Aktiivisuusindeksit
- Luonnon radioaktiivisia aineita sisältävät jätteet
- Tuhkatutkimusten tuloksia

Luonnon radioaktiiviset aineet

- **Uraani-238 ja sen hajoamistuotteet**

Määritettäviä: U-238, (U-234), Ra-226, Rn222, Pb-210, Po-210

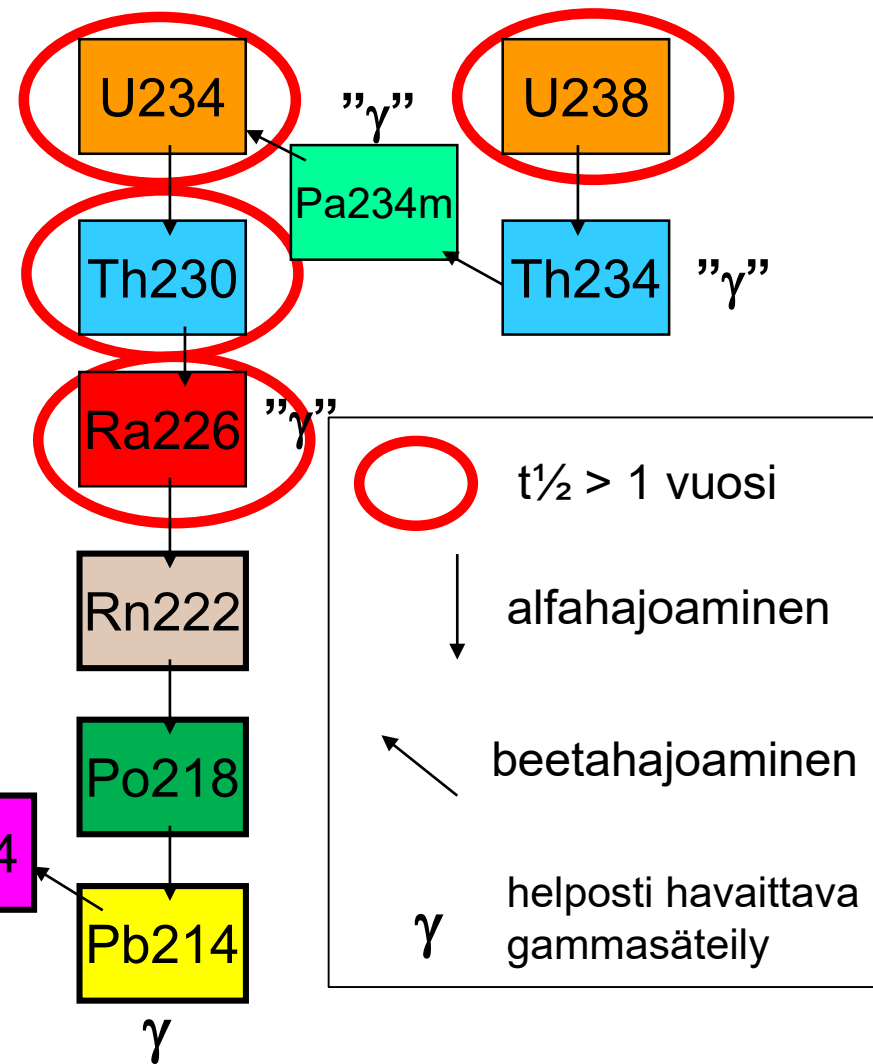
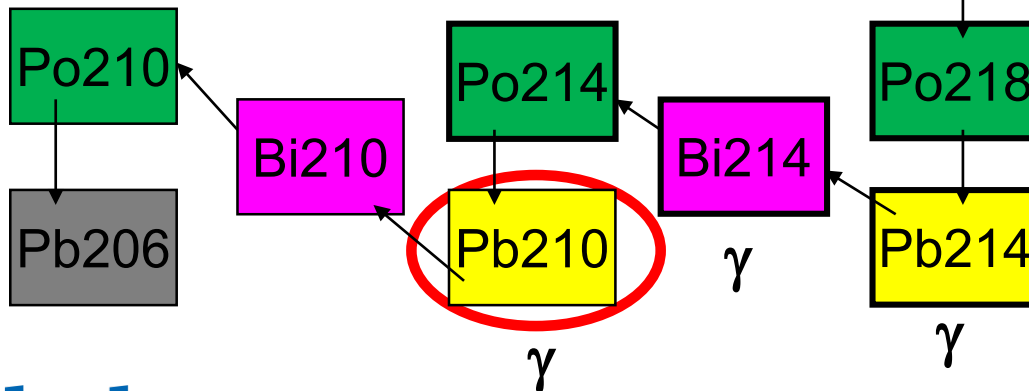
- **Torium-232 ja hajoamistuotteet**

Määritettäviä: Th-232, Ra-228, Th-228

- **K-40 (Cs-137)**, myös muita aineita olemassa: C-14, Be-7, Rb-87...
- Uraania, toriumia ja niiden hajoamistuotteita esiintyy vaihtelevia määriä luonnon kivi- ja mineraaliaineksissa sekä turpeessa
- Uraani, torium ja niiden hajoamistuotteet stabiiliin lyijyyn asti ovat radioaktiivisia eli hajoavat luonnostaan ja emittoivat ionisoivaa säteilyä
- Puoliintumisajat ovat pitkiä osalla nuklideista -> jätteet
- Luonnossa myös laskeumasta peräisin olevaa keinotekoisista Cesium-137 (puu ja turve)

Luonnon uraanisarja

- Radioaktiiviseen hajoamiseen liittyy, että aine muuttuu toiseksi alkuaineeksi, jolla on erilaiset kemialliset ominaisuudet
- Viisi isotooppia, joilla $t_{1/2} > 1$ vuosi
- Radon kaasumaisena karkaa helposti veteen tai ilmaan ja rikkoo aktiivisuustasapainon
- Po-210 hyvin säteilytoksinen sisäisessä altistuksessa
- Uraanit liukenevat veteen tietyissä olosuhteissa



Mihin materiaaleihin luonnon radioaktiiviset aineet voivat kertyä?

Esimerkkejä:

- Pölyt ja kaasut
- Tuhkat ja kuonat
- Lietteet ja sakat
- Vesi tai muu neste
- Prosessien välituotteet tai lopputuotteet
- Prosessilaitteistoissa esiintyvät saostumat esim. putkissa, suodattimilla tai lämmönvaihtimissa
- Aktiivihiilisuodattimet



Luonnon radioaktiiviset aineet polttolaitoksissa

- Polttoaineen poltossa kattiloihin tai muualle prosessilaitteistoon voi muodostua saostumia, joihin kertyy luonnon radionuklideja
 - Työntekijä voi altistua
 - Käytöstä poistettavat osat
- Tuhkat
 - Polttoaineen laatu ja alkuperä vaikuttaa
 - Lentotuhkaan kertyy erityisesti Iyijy-210 ja polonium-210, mutta myös Cs-137, U-238, Ra-226 ja Th-232 ovat lentotuhkassa usein korkeampina pitoisuuksina kuin pohjatuhkassa.

Säteilylainsäädäntö ja luonnonsäteily

Säteilylaki 859/2018 (voimaan 15.12.2018)

Asetukset ionisoivasta säteilystä (voimaan 15.12.2018)

- Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 1034/2018
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä 1044/2018

STUKin määräykset

- määräys vapaarajoista ja vapauttamisrajoista SY/1/2018
- **määräys luonnonsäteilylle altistavasta toiminnasta S/3/2019**
- määräys turvallisuuslupaa edellyttävästä toiminnasta S/6/2019

Säteilylaista tulevat velvoitteet – luonnonsäteilylle altistava toiminta

- Ilmoitusvelvollisuus ennen uuden toiminnan aloittamista:
 - Materiaalien U-238, Th-232 tai näiden hajoamistuotteita aineksissa/jätteissä > 1 Bq/g (SätL 145 §)
- Selvitysvelvollisuus jo toiminnassa olevalle teollisuudelle (SätL 151 §, VNa 1034/2018 52 §)
- Luonnonsäteilyaltistusta on rajoitettava, jos altistus suurempi kuin viitearvot (SätL 147 §)
 - Viitearvojen ylittyessä, haetaan turvallisuuslupa (SätL 148 §)
- Luonnonsäteilyaltistuksen viitearvot (muusta kuin radonista tai avaruussäteilystä, STMa 1044/2018 23 § ja 26 §):
 - 1 mSv vuodessa työntekijöille
 - 0,1 mSv vuodessa väestölle
- SätL 78 § 3 mom. mukaiset jätteet ja materiaalin uudelleen käyttö (SätL 84 §)
 - Vapauttamisrajat materiaalien U-238 ja Th-232 -sarjoille sekä K-40 (SätL 85 §)

Mitä polttolaitosten pitää tehdä?

Kivihiili- ja turvevoimalaitokset

- Säteilylain mukainen luonnonsäteilyaltistuksen selvitysvelvollisuus, kun polttoaineesta pääosa on kivihiiltä ja/tai turvetta (> 50 %)
- Tuhkasta on tehtävä radioaktiivisuusmittauksia
- Ilmoitusvelvollisuus ennen uuden toiminnan aloittamista

Puu- ja biovoimalaitokset

- ei suoraa luonnonsäteilyaltistuksen selvitysvelvollisuutta
- tuhkasta on tehtävä radioaktiivisuusmittauksia
 - hyötykäyttöön vai jätteeksi (78.3 §, 84 §)
 - luonnonsäteilyaltistus viitearvojen mukaista jatkokäytössä

Selvitysvelvolliset teollisuudenalat 1/2

Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 1034/2018 52 §:

- Säteilylain 151 §:ssä tarkoitettuja toimintoja, joissa luonnonsäteilystä aiheutuva säteilyaltistus voi olla viitearvoa suurempi, ovat ainakin:

- 1) harvinaisten maametallien tuotanto;
- 2) toriumyhdisteiden tuotanto ja toriumia sisältävien tuotteiden valmistus;
- 3) niobi-tantaalimalmin prosessointi;
- 4) öljyn ja kaasun tuotanto ja jalostus;
- 5) geotermisen energian tuotanto;
- 6) titaanidioksidipigmentin tuotanto;

Selvitysvelvolliset teollisuudenalat 1/2

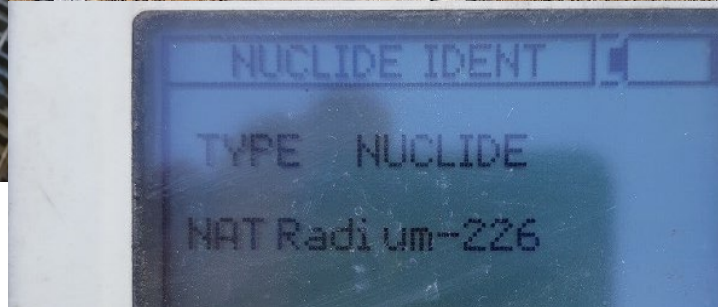
- 7) terminen fosforin tuotanto;
- 8) zirkoni- ja zirkoniumteollisuus;
- 9) fosfaattilannoitteiden tuotanto;
- 10) sementin tuotanto ja siinä käytettyjen klinkkeriuunien huolto;
- 11) turve- ja hiilivoimalaitosten käyttö ja näiden laitosten kattiloiden huolto, korjaus ja käytöstä poistaminen;**
- 12) fosforihapon tuotanto;
- 13) metallimalmien ja -rikasteiden pelkistyssulatus;
- 14) talousveden tuottaminen pohjaveden käsittelylaitoksessa;
- 15) muiden malmien kuin uraanimalmin louhinta.

Miksi luonnonsäteilyaltistus on selvitettävä?

- Luonnon materiaaleissa ja niistä johdettujen materiaalien luonnon radioaktiivisista aineista syntyy ionisoivaa säteilyä, joka aiheuttaa terveyshaittaa
- Säteilyä ei voi havaita muuten kuin mittaamalla ja tutkimalla luonnon radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuuksia
- **Teollisuudessa esiintyvän luonnonsäteilyn aiheuttamaa altistusta työntekijöille ja väestölle voidaan vähentää, jos luonnon radioaktiivisten aineiden kertymät tunnetaan**

Teollisuudessa pitää tietää mitä materiaalit sisältävät

- Toimijan velvollisuus on olla selvillä toiminnassa käsiteltävien aineiden ja materiaalien luonnon radioaktiivisista aineista



Säteilylain mukainen selvitys luonnon säteilyaltistuksesta

Selvitys luonnonsäteilyaltistuksesta (muut kuin radon)

Materiaalit ja jätteet
prosessissa < 1 Bq/g
(U-238 ja Th-232 -sarjat)

Säteilyaltistusta ei yleensä
tarvitse arvioida



Jätteet käsitellään jätelain
mukaisesti

Materiaalit tai jätteet
prosessissa > 1 Bq/g
(U-238 ja Th-232 -sarjat)

Työntekijöiden ja väestön
säteilyaltistus on arvioitava



Jätteiden käsittelyyn tarvitaan
STUKin hyväksyntä

Tavoitteena on luonnon-
säteilyaltistuksen viitearvoja
pienempi altistus

- työntekijöille 1 mSv/v
- väestölle 0,1 mSv/v

Tutkitaan materiaaleja ja
tehdään mittauksia

Säteilyaltistuksen arvioinnissa
huomioidaan:

- Ulkoinen altistus
- Sisäinen altistus
- Altistusta rajoittavat toimet

Jos altistus on suurempaa kuin
viitearvot, tarvitaan
turvallisuuslupa STUKista

Selvityksen ohjeellinen sisältö, kun U-238, Th-232 sarjat < 1 Bq/g

- Tuhkasta tehdyt radioaktiivisuustutkimukset
- Mitattava ulkoisen säteilyn annosnopeutta kertymien kartoittamiseksi ja näytteenoton kohdentamiseksi
- Prosessin osista näytteitä (vaihdon ja poiston yhteydessä)
- Selvitys toiminnasta syntyvistä luonnon radioaktiivisia aineita sisältävistä jätteistä ja päästöistä (määrä ja laatu) sekä niiden hyödyntämisestä ja loppusijoittamisesta
- Ilmoituksen perustiedot S/3/2019 3 §
- **Toimitettava tiedot STUKille, jotta voidaan todentaa < 1 Bq/g, ja myöntää vapautus altistuksen arvioimisesta**
- **Selvitysvelvollisuus on jo voimassa**

Säteilyaltistuksen arviointi

Jos U-238, Th-232 ja näiden hajoamistuotteet > 1 Bq/g, on selvityksessä arvioitava säteilyaltistus STUKin määräyksen S/3/2019 mukaisesti

- 1 Bq/g ylitettäessä työntekijän ja väestön altistumisen viitearvojen ylittyminen on mahdollista
 - Työntekijöiden ja väestön ulkoinen ja sisäinen altistus on arvioitava
 - Arvioidaan altistuvien henkilöiden lukumäärät
 - Esitetään merkittävät radionuklidit ja altistumisreitit
 - Rajoittavat toimet huomioidaan
- Jos luonnonsäteilyaltistus on viitearvoja suurempi rajoittavista toimista huolimatta, haetaan STUKilta turvallisuuslupa

Radioaktiivisuusmääritykset tuhkasta

- Näytteiden tulee olla edustavia
 - Käytetään esimerkiksi kokoomanäytteitä
- Määritysmenetelmien tulee olla luotettavia
 - Gammaskpektrometria
 - Rakennustuotteiden ja tuhkan käsittelyn indeksiä varten (väestön ja työperäisen altistumisen arviointi, ulkoinen altistus):
torium-232, radium-226, kalium-40 ja cesium-137
 - Jätteenkäsittelyä, vapauttamisrajaa ja säteilyaltistusselvitystä varten:
uraani-238, radium-226, lyijy-210, torium-232, radium-228, torium-228, kalium-40 sekä cesium-137
(altistumisen arviointi)
- Osaksi tuhkan laatu seurantaa, jos sellainen on olemassa

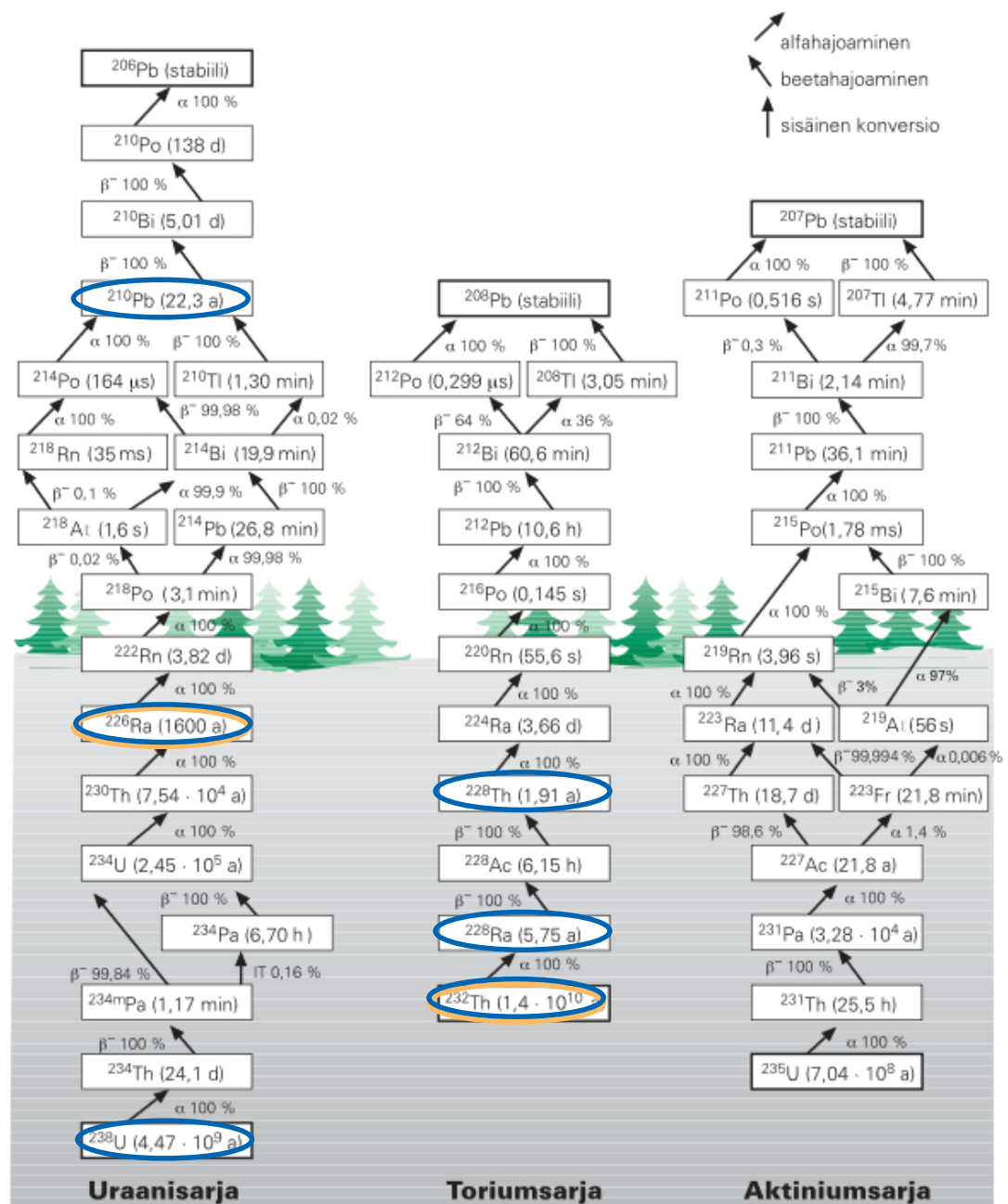
Tutkittavat radionuklidit

Rakennustuotteiden ja tuhkan käytön indeksissä huomioidaan

- Ra-226
- Th-232
- Cs-137
- K-40

Vapauttamisrajaa ja säteilyaltistusselvitystä varten tutkitaan:

U-238, Ra-226, Pb-210, Th-232, Ra-228, Th-228, K-40 sekä Cs-137



Indeksit tuhkan käsittelyyn ja rakennusmateriaaleihin

- Indeksillä selvitetään, että luonnonsäteilyaltistuksen viitearvot eivät ylity
 - Tuhkan käsittelyindeksi (työntekijän altistus < 1 mSv)
 - Rakennustuoteindeksit (väestön altistus < 0,1 mSv)
 - Rakennustuotteet katuihin, teihin ja piha-alueisiin
 - Muuhun maarakentamiseen tarkoitetut rakennustuotteet tai materiaalit
- Materiaalista aiheutuvaa säteilyaltistusta ei tarvitse selvittää, jos indeksien mukaista
- Indeksit ylittävää tuhkaa on mahdollista käyttää erillisen selvityksen perusteella

Aktiivisuusindeksit

Tuhkan käsittely:

$$C_{Th}/3000 + C_{Ra}/4000 + C_K/50000 + C_{Cs}/10000 \leq 1;$$

Talonrakennukseen tarkoitetulle rakennustuotteelle:

$$C_{Th}/200 + C_{Ra}/300 + C_K/3000 \leq 1, \text{ betonin Cs-137} < 50 \text{ Bq/kg}$$

Katujen, teiden ja piha-alueiden rakentamiseen tarkoitetulle rakennustuotteelle:

$$C_{Th}/500 + C_{Ra}/700 + C_K/8000 + C_{Cs}/2000 \leq 1;$$

Muuhun maarakentamiseen tarkoitetulle rakennustuotteelle tai maa-ainekselle:

$$C_{Th}/1500 + C_{Ra}/2000 + C_K/20000 + C_{Cs}/5000 \leq 1;$$

C_{Th} , C_{Ra} , C_K ja C_{Cs} ovat tuhkassa/rakennustuotteessa olevan torium-232:n, radium-226:n, kalium-40:n ja cesium-137:n aktiivisuuspitoisuudet yksiköissä Bq/kg.

Luonnon radioaktiiviset aineet jätteissä

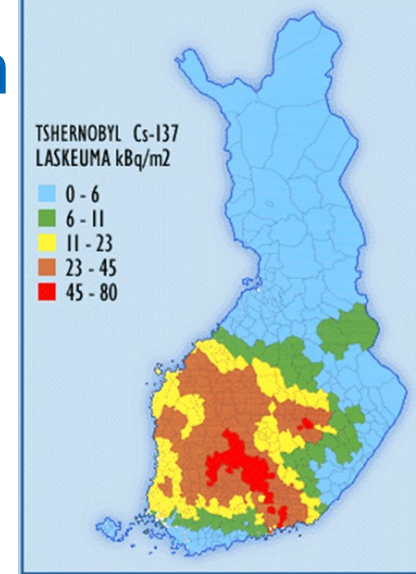
- Luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa syntynyt jäte ei ole säteilylain mukaista radioaktiivista jätettä
- Säteilylain 78.3 §:n mukaista jätettä, eli säteilysuojelu on otettava huomioon (kaikki tuhkat)
- Jos aktiivisuuspitoisuudet < vapauttamisraja, uudelleenkäyttö, kierrätys, hyödyntäminen ja loppukäsittely noudattaen jätelakia
- Jos aktiivisuuspitoisuudet > vapauttamisraja, tarvitaan myös STUKin hyväksyntä toiminnalle (ns. NORM-jätteet)

- Vapauttamisrajat:

U-238-sarjan luonnon radionuklidit	1 Bq/g
Th-232-sarjan luonnon radionuklidit	1 Bq/g
K-40	10 Bq/g

Bioenergian tuotannossa syntyvän tuhkan radioaktiivisuus (2018)

- Puu-, turve ja sekatuhkaa 600 000 tn/v
- Tutkimuksessa käsittelyindeksit alittuivat
- Käsittelyindeksissä ei huomioida uraanisarjan Pb-210, joka on rikastunut lentotuhkassa muihin sarjan nuklideihin verrattuna
- Suurimman Cs-137 laskeuman alueelta käytetyllä metsäpolttoaineella tuhkan Cs-137 aktiivisuuspitoisuus aiheuttaa indeksien ylityksiä, myös käytetty polttoaine vaikuttaa
 - Suurin laskeuma: 3100 Bq/kg = 3,1 Bq/g
 - 2. suurin laskeumaa 470 Bq/kg = 0,47 Bq/g
- Tärkeää varmistaa tuhkan käyttökelpoisuus eri käyttötarkoituksiin
- Läjityksessä tulisi selvittää ympäristövaikutukset



Energiateollisuudessa syntyvän puuntuhkan radioaktiivisuus ja sen säteilyvaikutukset (2004)

- Puunpolttolaitoksilla työntekijöiden altistuminen vähäistä
 - Polttokattilarakennus 0,10-0,15 $\mu\text{Sv/h}$ (lisäys taustasäteilyyn)
 - Peittämätön tuhkaläjitys rinnankorkeudella 0,20-0,30 $\mu\text{Sv/h}$
 - Suuren tuhkakasan pinnalla 1 $\mu\text{Sv/h}$
 - Tuhkaa kuljettavan auton kontin pinta 0,3 $\mu\text{Sv/h}$
- Vuosittaisella työajalla kerrottuna kaikki jäävät alle työntekijän viitearvon 1 mSv/v (0,1-0,2 mSv/v)
- Tuhkan radioaktiivisuudet on tärkeä huomioida jatkokäytössä
 - indeksit ja vapauttamisraja

STUKin luonnonsäteilyn valvonta

- Luonnonsäteilyn valvonnasta vastaa STUKissa ”Luonnonsäteilyn valvonta” – yksikkö
- Luonnon radioaktiivisten aineiden kertymiin (ns. NORM-ainekset) liittyvät asiat: lsv@stuk.fi
- Sisäilman radoniin liittyvät asiat: radonvalvonta@stuk.fi

