

## Ohje YVL D.5, Ydinjätteiden loppusijoitus (13.2.2018)

### 1. Soveltamisala

Ohje YVL D.5 koskee ydinjätteiden laajamittaista loppusijoitusta kallioperään rakennettaviin tiloihin. Ohjeen soveltamisalaan sisältyviä ydinjätteitä ovat käytetty ydinpolttoaine, ydinlaitoksen käytössä kertyvät radioaktiiviset jätteet, ydinlaitosta purettaessa kertyvät radioaktiiviset jätteet sekä muut radioaktiiviset jätteet, jotka sijoitetaan ydinjätteille suunniteltuihin loppusijoitustiloihin. Ohje kattaa loppusijoituslaitosten koko elinkaaren (sijoituspaikkatutkimukset, suunnittelu, rakentaminen, käyttö ja sulkeminen), ja se koskee sekä loppusijoituslaitosten käytön turvallisuutta että loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden osoittamista.

Ohjeessa YVL D.7 "Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen vapautumisesteet" esitetään vaatimukset käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitoksen vapautumisesteiden suunnittelulle, valmistukselle, rakentamiselle, asentamiselle, tarkastamiselle, testaamiselle ja vaatimuksenmukaisuuden todentamiselle.

### 2. Vaatimusten perustelut

Ohjetta sovelletaan ydinjätteiden laajamittaiseen loppusijoitukseen kallioperään. Suomen ydinvoimalaitosten käytetty ydinpolttoaine on tarkoitus kapseloida ja sijoittaa syvälle kallioperään rakennettaviin tiloihin. Ydinvoimalaitosten ja muiden ydinlaitosten käytössä kertyvät matala- ja keskiaktiiviset jätteet käsitellään ja loppusijoitetaan kallioperään keskisyvyteen rakennettuihin tiloihin. Ydinvoimalaitoksia ja muita ydinlaitoksia aikanaan käytöstä poistettaessa kertyvät jätteet aiotaan loppusijoittaa myös keskisyvyteen rakennettaviin tiloihin.

Ydinjätteiden loppusijoituksen valmistelutyöt käsittävät loppusijoituspaikan valinnan ja karakterisoinnin sekä loppusijoitusmenetelmän ja -tekniikan kehittämisen. Myös laitosten käyttöturvallisuuden ja pitkäaikaisturvallisuuden arviointiin tarvittavien menetelmien kehittäminen ja lähtötietojen hankkiminen tehdään pääosin vuosia ennen laitoksen rakentamisen aloittamista. Loppusijoituksen toteutukseen sisältyy kalliotilojen louhinta ja muut rakennustyöt, jätepakkausten siirrot loppusijoitustiloihin, muiden mahdollisten teknisten vapautumisesteiden asentaminen sekä avoimien kalliotilojen täyttö ja sulkeminen. Ohje kattaa kaikki em. vaiheet ja se koskee sekä loppusijoituslaitosten käytön turvallisuutta että loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta. Ohje asettaa velvoitteita luvanhaltijalle ja jätehuoltovelvolliselle, joiden vastuut ulottuvat siihen asti, kunnes loppusijoituslaitos on hyväksytysti suljettu.

### Vaatimusten perustelut aihealueittain

#### *Luku 3 Säteilyaltistuksen ja radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittaminen*

Ohjeen luvussa 3.1 esitetään loppusijoituslaitoksen käyttöä koskevat säteilyannosten raja-arvot väestölle. Vaatimuksessa 301 todetaan ydinenergia-asetuksen (161/1988) 22

d §:n ensimmäisen momentin määräys, jonka mukaan loppusijoituslaitoksen normaalista käytöstä väestön yksilön saaman vuosiannoksen rajoitus on 0,01 mSv.

Vaatimuksessa 303 esitetään ydinenergia-asetuksen 22 b ja 22 d §:ien raja-arvot väestön yksilöiden vuosiannoksille, jotka tulee alittaa odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden (0,1 mSv) tai oletettujen onnettomuuksien (1 tai 5 mSv onnettomuuden taajuusluokituksesta riippuen) seurauksena.

Vaatimukset 304a ja 304b koskevat radioaktiivisten aineiden päästöjä ja säteilyannoksia aiheuttavien tapahtumien valintaa analysoitaviksi. Analysoitavat tapahtumat on valittava niin, että loppusijoituslaitoksen käyttäytyminen häiriöissä ja onnettomuuksissa sekä häiriöiden ja onnettomuuksien päästöt ja säteilyannokset selvitetään kattavasti. Analysoitavia tapahtumia voivat olla esimerkiksi jätepakkauksen käsittelyvirhe tai putoaminen. Pääpaino on deterministisillä analyyseillä, joissa lasketaan ympäristön väestölle mahdollisista onnettomuuksista aiheutuva säteilyaltistus. Lisäksi onnettomuuksia, joiden seuraukset voivat olla merkittäviä, on tarkasteltava todennäköisyyspohjaisella riskianalyysillä, joka ottaa huomioon myös onnettomuuksien todennäköisyydet. Tällöin tarkempaan tarkasteluun valitaan sellaiset tapahtumaketjut, joiden seuraukset voivat ylittää tietyn kriteerin, esim. oletetun onnettomuuden annosrajan silloin, kun alkutapahtuman voittamat komponentit ja muut kuin täysin passiiviset komponentit oletetaan vikaantuneiksi.

Luvussa 3.2 esitetään loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta koskevat säteilyturvallisuusvaatimukset. Vaatimuksessa 307 lainataan ydinenergia-asetuksen 22 d §:n kolmanteen momenttiin sisältyvää vaatimusta, jota sovelletaan ajanjaksolle, jona säteilyturvallisuuteen vaikuttavat ympäristömuutokset voidaan kohtuullisesti ennakoida; käytännössä se ulottuu vähintään useaan tuhanteen vuoteen. Tänä ajanjaksona edustavan henkilön vuosiannoksen tulee jäädä alle 0,1 mSv ja suurille ihmisjoukoille aiheutuvan säteilyaltistuksen merkityksettömän pieneksi. Edustavalla henkilöllä tarkoitetaan tietylle säteilylähteelle eniten altistuvan väestöryhmän yksilöä, jonka saama säteilyannos edustaa tämän väestöryhmän yksilöiden saamia annoksia (ICRP Publication 101). Termi tarkoittaa samaa ja korvaa aikaisemmin käytetyn termin "kriittisen ryhmän keskimääräinen jäsen". Rajoitus 0,1 mSv vastaa ICRP:n suositusta, jonka mukaan väestöaltistuksen rajoittamiseksi radioaktiivisten jätteiden loppusijoitukseen tulisi soveltaa korkeintaan vuosiannosrajoitusta 0,3 mSv [1].

Vaatimuksessa 310 täsmennetään edustavan henkilön valintaa. ICRP:n loppusijoituksen säteilysuojelua koskevien ohjeiden mukaisesti edustavan henkilön valinta voi perustua elinympäristön ennakoituun kehittymiseen tai tyyliteltyyn lähestymistapaan, jossa oletetaan tietyt elintavat. Vaatimus rajaa edustavan henkilön elinympäristöksi omavaraistaloudessa elävän perheen tai pienen kyläyhteisön. Elinympäristössä oletetaan olevan pieni järvi, mikä ei välttämättä vastaa elinympäristön ennakoitua kehittymistä, mutta on perusteltua valita konservatiivinen lähestymistapa, jolloin loppusijoitustilasta mahdollisesti elinympäristöön pääsevät radioaktiiviset aineet laimenevat pienempään vesitilavuuteen. Laajemman väestöjoukon altistusta koskee vaatimus 311. Laajamittaisen säteilyaltistuksen hyväksyttävyyteen vaikuttaa altistuvan ihmisjoukon koko ja sen altistuksen vaaditaan olevan enintään 1–10 % edellä mainitusta edustavan henkilön vuosiannoksesta.

Vaatimuksessa 312 lainataan ydinenergia-asetuksen 22 d §:n neljänteen momenttiin sisältyvää säteilyturvallisuusvaatimusta, jota sovelletaan useita tuhansia vuosia pitemmille ajanjaksoille. Loppusijoituksesta aiheutuvat säteilyvaikutukset voivat tällöin olla enimmillään vastaavansuuruiset kuin maankamarassa olevista luonnon radioaktiivisista aineista aiheutuvat, ja laaja-alaisten säteilyvaikutusten tulee jäädä merkityksettömän pieniksi. Ydinenergia-asetuksessa valtuutetaan STUK asettamaan radionuklidikohtaiset päästörajoitukset, joilla mainittu säteilyturvallisuustaso saavutetaan.

Päästörajoitukset annetaan vaatimuksessa 313, ja nuklidiryhmittäin ne vaihtelevat välillä 0,03–100 GBq vuotta kohden. Päästörajoitukset on johdettu edellä mainitusta 0,1 mSv vuosiannosrajoituksesta soveltaen annosmuunnoskertoimia, jotka saadaan biosfäärianalyseistä olettaen sijoituspaikalle tyypillisiä altistusreittejä ja elinympäristöjä. Vaatimuksessa 314 esitetään, miten otetaan huomioon useamman kuin yhden nuklidin päästöjen yhteisvaikutus. Lisäksi vaatimus mahdollistaa päästöjen käsittelemisen liukuvana keskiarvona enintään 100 vuoden ajanjaksoina, millä painotetaan suunnilleen ihmisen eliniänkestoisia päästöjä.

Säteilyturvakeskuksen määräyksen ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta (STUK Y/4/2016) 35 §:n 3. kohdan mukaan sovellettaessa päästörajoja tulee samalla tarkastella aiheuttavia säteilyannoksia yksinkertaistetuilla maanpintaympäristön malleilla. Tällaisia malleja voivat olla esimerkiksi staattiset referenssibiosfäärit, kuten IAEA:n Biomass-projektissa kehitetyt. Vaatimuksissa 314a–314d esitetään ohjeet yksinkertaistettujen mallien soveltamisesta. Mallien tulee olla riittävän erilaisia, jotta maanpintaympäristön kehittyminen katetaan kokonaisuudessaan tarkasteluajanjakson puitteissa.

Edellä käsitellyt säteilyturvallisuuskriteerit koskevat odotettavissa olevista kehityskuluista aiheuttavaa säteilyaltistusta. Vaatimuksissa 315–317 esitetään pitkäaikaisturvallisuutta heikentävien harvinaisten tapahtumien säteilyturvallisuustavoitteet. Pitkäaikaisturvallisuutta heikentävällä harvinaisella tapahtumalla tarkoitetaan sellaista mahdollisena pidettävää, vapautumisesteiden toimintakykyä merkittävästi heikentävää tapahtumaa, jonka todennäköisyys on erittäin pieni, mutta joka esiintyessään voi vaarantaa pitkäaikaisturvallisuuden. Vaatimus 315 toistaa STUKin määräyksen Y/4/2016 11 §:n 1. kohdan vaatimuksen pitkäaikaisturvallisuutta heikentävien harvinaisten tapahtumien huomioon ottamisesta.

Vaatimuksissa 316 ja 316a luetellaan luonnonilmiöistä ja ihmisen toiminnasta aiheuttavia pitkäaikaisturvallisuutta heikentäviä harvinaisia tapahtumia, jotka ainakin tulee ottaa huomioon turvallisuusanalyseissa:

- jätepakkaukseen osuva kallionäytekairaus
- syvän porakaivon tekeminen sijoitustilan lähelle
- loppusijoitustilan leikkaavan kalliosirroksen syntyminen.

Ihmisen toiminnasta aiheutuvien tapausten käsittelyssä oletetaan, ettei loppusijoitetusta jätteestä ole tietoa ja että tapahtuma voi sattua aikaisintaan 200 vuoden kuluttua loppusijoituslaitoksen sulkemisen jälkeen.

Pitkäaikaisturvallisuutta heikentävien harvinaisten tapahtumien merkitystä voidaan arvioida ottamalla huomioon niiden esiintymistiheys sekä niiden seurauksena aiheutuvat annokset. Sellaisten säteilyannosten, joista voisi seurata välittömästi ilmeneviä terveysvaikutuksia (annos on suurempi kuin 0,5 Sv), todennäköisyyden on oltava hyvin pieni. Koska harvinaisten tapahtumien todennäköisyyksien ja seurauksien kvantitatiivinen analysointi ei ole aina mahdollista, jättää ohje mahdollisuuden arvioida tapahtumien merkitystä myös semikvantitatiivisin tai kvalitatiivisin menetelmin.

Vaatimukset 318–320 koskevat muun elollisen luonnon suojelua. ICRP on kehittänyt periaatteita, annoskriteereitä ja analyysimenetelmiä käytettäväksi muun elollisen luonnon suojelemisessa [2]. Lähtökohta on, että eliöitä tulee suojella populaatiotasolla: säteilyaltistuksen tulee jäädä selvästi pienemmäksi kuin niiden annosten, joista voisi aiheutua monimuotoisuuden vähenemistä tai merkittävää haittaa jollekin eliöpopulaatiolle. Nykytiedon mukaan ei osalle eliöyksilöitä koituva alle 0,1 milligrayn tuntiansos aiheuta haitallisia vaikutuksia terveille eliöpopulaatioille [3]. Tämä annos on yli tuhat kertaa suurempi kuin loppusijoituksesta eniten altistuville ihmisille asetettu annosrajoitus ja monisatakertainen luonnon taustasäteilyyn verrattuna. Suuren turvamarginaalin ansiosta voidaan pitää todennäköisenä, että myös uhanalaisten eliöiden ja ihmisen elinympäristön ulkopuolella olevien eliöiden suojelu on riittävää. Asia on kuitenkin varmistettava analysoimalla tyypillisiä säteilyannoksia loppusijoituspaikan ympäristön maa- ja vesialueiden eliöstöissä olettaen niiden säilyvän nykyisenkaltaisina.

#### ***Luku 4 Loppusijoitusmenetelmän suunnittelu***

Luvussa 4.1 esitetään loppusijoituksen vaiheittaista toteutustapaa koskevat yleiset vaatimukset. Vaatimus 401 lainaa STUKin määräyksen Y/4/2016 8 §:n 1. kohdan vaatimuksia. Vaatimuksessa 402 eritellään loppusijoituksen toteutuksen eri vaiheet:

- loppusijoituksen periaateratkaisun valinta
- sijoituspaikkatutkimukset; erityisen maanalaisen tutkimustilan rakentaminen voi olla tarpeen
- loppusijoituslaitoksen suunnittelu ja siihen liittyvä tutkimus- ja kehitystyö
- loppusijoituslaitoksen rakentaminen
- loppusijoitustoimet ja muu käyttötoiminta
- loppusijoitustilojen ja muiden maanalaisen tilojen täyttö ja sulkeminen
- mahdolliset loppusijoituslaitoksen käytön jälkeiset valvontatoimet.

Vaatimus 403 edellyttää loppusijoitusratkaisun optimointia erityisesti turvallisuusnäkökohtien kannalta. Loppusijoituksen eri vaiheet on toteutettava oikea-aikaisesti ja asettamalla pitkäaikaisturvallisuus etusijalle. Toteutuksessa otetaan huomioon jätteen aktiivisuuden ja lämmöntuoton väheneminen, tutkimustiedon riittävyys, korkeatasoisen tekniikan ja tieteellisen tiedon hyväksikäyttö, tarve varmistaa turvallisuus valvontatoimilla sekä muut olennaiset seikat. Valmiutta siirtymiselle

seuraavaan vaiheeseen arvioidaan kokonaisuutena ottaen huomioon loppusijoitusratkaisun ja -paikan soveltuvuus, menetelmän tekninen kypsyyssaste sekä turvallisuusperustelun tulokset ja luotettavuus. Mahdollisia loppusijoitustoimien jälkeisiä valvontatoimia suunniteltaessa otetaan huomioon ydinenergialain (990/1987) 7 h §:ään sisältyvä periaate, jonka mukaan pitkäaikaisturvallisuuden varmistaminen ei saa edellyttää loppusijoituspaikan valvontaa.

Luku 4.2 sisältää vaatimukset ns. moniesteperiaatteelle, joka vastaa ydinenergialain 7 b §:ään sisältyvää syvyysuuntaista turvallisuusperiaatetta. Moniesteperiaate tarkoittaa, että radioaktiivisten aineiden pääsy elinympäristöön on estetty usealla peräkkäisellä, toisiaan täydentävällä vapautumisestellä ja näiden aikaansaamilla pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoiminnoilla.

Vaatimukset 405 ja 406 koskevat teknisiä vapautumisesteitä sekä niiden aikaansaamia pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoimintoja ja vaatimukset 407 ja 408 luonnollista vapautumisestettä sekä sen aikaansaamia pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoimintoja.

Esimerkkejä teknisistä vapautumisesteistä ovat jäteaineet sitova matriisi, astia johon jätteet suljetaan, jätepakkausta ympäröivä puskuri, sijoitustiloissa olevat eristys- ja sulkurakenteet sekä täytöt. Luonnollinen vapautumiseste on loppusijoituspaikan kallioperä. Vapautumisesteiden ominaisuuksien tai prosessien aikaansaamien pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoimintojen tarkoituksena on estää, viivästyä ja rajoittaa loppusijoitettujen radioaktiivisten aineiden vapautumista ja kulkeutumista. Myös loppusijoitustiloihin tunkeutumisen estävät toiminnot voidaan tulkita vapautumisesteiksi.

Loppusijoitukseen liittyvän pitkän aikajänteen vuoksi moniesteperiaatteen soveltamiseen liittyy erityispiirteitä. Ensinnäkin vapautumisesteiden on oltava passiivisia, sillä mikään automaattinen tai ihmisen säätämä toimilaite ei ole luotettava loppusijoituksen aikajänteellä. Toiseksi varsinkin teknisten vapautumisesteiden toimintakyky voi heiketä merkittävästi hyvin pitkien aikojen kuluessa. Tämä ei välttämättä merkitse turvallisuuden huononemista, sillä moniesteperiaatteen mukaisesti toimintakyvyltään heikentyneiden vapautumisesteiden on tarkoitus täydentää toisiaan ja myös radioaktiivisten aineiden määrä vähenee nopeasti ajan myötä. Hyvin pitkien aikojen jälkeen loppusijoituksen turvallisuus voi perustua pääasiassa hyvän pitkäaikaispysyvyyden omaaviin vapautumisesteisiin kuten kallioperään, syvällä kallioperässä vallitseviin edullisiin kemiallisiin olosuhteisiin ja loppusijoitusympäristössä luontaisesti stabiileihin materiaaleihin.

On myös otettava huomioon, että vapautumisesteiden ja pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoimintojen tehokkuus vaihtelee nuklideittain. Koska radioaktiivisten aineiden puoliintumisajat vaihtelevat suuresti, vaikuttaa edellä kuvattu vapautumisesteiden toimintakyvyn ajallinen heikkeneminen siihen, mikä osuus aineesta hajoaa ja mikä osuus kulkeutuu elinympäristöön. Lisäksi esim. liukoisuusrajoitukset ja pidättyminen materiaalien pinnoille riippuu radioaktiivisen aineen kemiallisesta muodosta.

Teknisiä vapautumisesteitä suunniteltaessa on siten otettava huomioon loppusijoitettava jäte ja sen ominaisuudet. Esimerkiksi matala-aktiivisen jätteen

loppusijoituksessa jätematriisin ja jäteastian merkitys voi olla pieni turvallisuuden kannalta. Vaikka ydinpolttoainetta ei ole suunniteltu loppusijoitusta silmälläpitäen, täytyy polttoaineen ominaisuuksien pysyä pitkäaikaisturvallisuuden kannalta suotuisina ennen loppusijoitusta.

Vaatimukset 409–411a käsittelevät pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoiminnoille asetettavia toimintakykytavoitteita, jotka loppusijoitushankkeen toteuttajan on määriteltävä. Toimintakykytavoitteet ovat lähtökohtana turvallisuusperustelussa ja toisaalta suunnittelun ja tutkimusten avulla osoitetaan, että toimintakykytavoitteet voidaan saavuttaa. Toimintakykytavoitteiden on perustuttava korkeatasoiseen tutkimustietoon ja asiantuntijaharkintaan ja niitä asetettaessa on otettava huomioon loppusijoitusolosuhteisiin ajan mittaan vaikuttavat tapahtumat ja olosuhdemuutokset.

Teknisten vapautumisesteiden on taattava loppusijoitettujen radioaktiivisten aineiden eristys kallioperästä ajanjaksona, jonka pituus riippuu jätteen radioaktiivisuuden kestosta. Lyhytikäisillä jätteillä tämän ajanjakson on oltava vähintään 500 vuoden mittainen ja pitkäikäisillä jätteillä vähintään noin 10 000 vuoden mittainen. Lyhyt- ja pitkäikäiset jätteet on määritelty STUKin määräyksen Y/4/2016 2 §:ssä. Lyhytikäisiä jätteitä ovat käytännössä kaikki ydinvoimalaitoksen käytön aikana syntyvät matala- ja keskiaktiiviset jätteet ja suurin osa ydinvoimalaitoksen purkamisjätteistä. Pitkäikäisiin jätteisiin kuuluvat käytetyn ydinpolttoaineen lisäksi voimakkaasti aktivoituneet metallijätteet.

Teknisten vapautumisesteiden edellytetään eristävän tehokkaasti loppusijoitettujen radioaktiivisten aineiden vapautumista kallioperään tarkasteluajanjaksolla. Ilmaisulla ”tehokkaasti” tarkoitetaan, että vapautumisesteiden suunnittelussa tulee huomioida, että vapautumisesteiden toimintakyky voi heiketä ennakoitua aiemmin. Lisäksi samaan loppusijoitustilaan saatetaan sijoittaa myös vähemmän aktiivisia ja vähäisemmän eristyksen tarvitsevia jätteitä kuin ne, joita varten laitos on ensisijaisesti suunniteltu.

Loppusijoitusratkaisun on kokonaisuutena oltava turvallisuuden kannalta riittävästi varmennettu mm. satunnaisten laatupoikkeamien ja ennustettavissa olevien olosuhdemuutosten varalta. Loppusijoitusratkaisun suunnittelussa tulee myös olla tavoitteena, etteivät jätepakkausten ominaisuudet tai olosuhteet loppusijoitustiloissa muutu ajan mittaan tavalla, joka voi vaikuttaa haitallisesti pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoimintoihin.

Luku 4.3 käsittelee loppusijoituspaikalle ja -tiloille asetettavia vaatimuksia. Loppusijoitettuja jätteitä ympäröivä kallioperä toimii vapautumisesteenä estämällä ja viivästäväällä loppusijoitustilasta vapautuneiden radioaktiivisten aineiden pääsyä elinympäristöön. Lisäksi radioaktiivisten aineiden laimeneminen pitkän ajan kuluessa suuriin vesimääriin, joko pohjavesissä tai pintavesistöissä, vähentää mahdollisuutta suuriin yksilöaltistuksiin. Näiden suotuisten ominaispiirteiden lisäksi on joukko sijoituspaikan soveltumattomuutta indikoivia tekijöitä, kuten hyödyntämiskelpoisten luonnonvarojen läheisyys, kallion lujuuteen nähden liian suuret kalliojännitykset, seisminen tai tektoninen aktiivisuus ja tärkeiden pohjavesiparametrien poikkeukselliset arvot. Jo yksi olennainen epäedullinen piirre saattaa osoittaa alueen soveltumattomuuden loppusijoituspaikaksi.

Kallioperän on myös tarjottava suotuisat ja vakaat mekaaniset ja kemialliset olosuhteet, jotta tekniset vapautumisesteet toimivat tehokkaasti ja säilyttävät toimintakykynsä mahdollisimman pitkään. Käytetyn polttoaineen loppusijoituksessa erityisesti bentoniitti on tärkeä komponentti tässä suhteessa; sen tulisi kestää pohjaveden aiheuttamaa mekaanista ja kemiallista eroosiota ja mineraalimuuntumista. Matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoituksessa puolestaan betonirakenteilla on tärkeä rooli ja niiden tulisi kestää mahdollisimman hyvin pohjaveden aiheuttamaa rapautumista.

Loppusijoitustilat on sijoitettava riittävän syvälle, jotta maanpäälliset luonnonilmiöt ja ihmisen toiminnan vaikutukset eivät vaarantaisi turvallisuutta. Luonnonilmiöistä merkittävimpiä ovat jäätiköitymisen aikaansaamat vaikutukset, jotka voivat ulottua muutaman sadan metrin syvyyteen. Merkittäviä ihmisen toimia ovat räjäytykset, kalliotilojen rakentaminen, porakaivojen tekeminen ja pohjavesien saastuminen. Näiden vaikutukset ulottuvat enimmillään tyypillisesti parin sadan metrin syvyyteen. Loppusijoitussyvyyttä optimoitaessa on lisäksi otettava huomioon kallioperän geologiset rakenteet ja olosuhdeparametrien (jännitystila, lämpötila, pohjaveden virtaus ja kemia) riippuvuudet syvyydestä. Optimaaliseen loppusijoitussyvyyteen vaikuttaa myös jätteen aktiivisuustaso. Käytetty ydinpolttoaine ja muu korkea-aktiivinen jäte on sijoitettava usean sadan metrin syvyyteen kun taas matala- ja keskiaktiivisille jätteille riittää yleensä muutaman kymmenen metrin loppusijoitussyvyys.

#### ***Luku 5 Loppusijoituslaitoksen ja -toimintojen suunnittelu***

Luku 5 käsittelee loppusijoituslaitoksen ja -toimintojen suunnittelua. Ydinenergia-asetuksen perusteella loppusijoituslaitos on olemassa vain kaikkien tilojen hyväksytyyn sulkemiseen asti; sen jälkeen puhutaan loppusijoitustiloista. Myös luvanhaltijan velvollisuudet ulottuvat samaan ajankohtaan asti; sen jälkeen vastuu loppusijoitustiloista siirtyy valtiolle, eikä ohje aseta vaatimuksia valtiolle.

Luvussa 5.1 käsitellään loppusijoituslaitoksen ja -toimintojen säteilyturvallisuuden suunnittelua. Luvussa 5.1 viitataan C-ryhmän YVL-ohjeisiin, jotka koskevat alue- ja vyöhykejakoja, tilasuunnittelua, laitoksen sisäistä säteilyvalvontaa sekä radioaktiivisten aineiden päästöjen valvontaa.

Laitoksen sisäinen säteilytarkkailu on tarpeen työntekijöiden säteilyturvallisuuden varmistamiseksi. Laitoksesta ei odoteta normaalikäytössä pääsevän ympäristöön radioaktiivisia aineita havaittavissa määrin, mutta sen varmistamiseksi radioaktiivisten aineiden päästöjen mittaus poistoilmasta ja vuotovesistä on tarpeen.

Loppusijoituslaitoksen henkilöstön ja sen ympäristön säteilyturvallisuuden varmistamisessa käytetään hyväksi henkilökohtaista annostarkkailua sekä kiinteitä ja siirrettäviä säteilymittausjärjestelmiä ja -laitteita. Säteilyvalvonnan suunnittelussa on otettava huomioon loppusijoitustoimintojen ja maanalaisten tilojen erityispiirteet, esim. että käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksessa valvonta-alue siirtyy vaihteittain rakentamis- ja loppusijoitustoimien edistyessä. Normaalitilanteissa aiheutuu vain ulkoista säteilyaltistusta, sillä jätepakkauksista ei leviä radioaktiivisia aineita laitostiloihin. Altistumista ulkoiselle säteilylle voidaan vähentää käyttämällä säteilysuojia tai kauko-ohjattuja siirtoja.

Luku 5.2 käsittelee järjestelmien, rakenteiden ja toimintojen suunnittelua. Vaatimukset 503a–505a käsittelevät turvallisuusluokitusta, jonka avulla turvallisuuden varmistamiseen käytettävät resurssit suunnataan turvallisuuden kannalta merkityksellisimpiin kohteisiin. Luokitellun kohteen suunnittelulta, valmistukselta, asennukselta, tarkastukselta ja testaukselta edellytetään sitä korkeampaa laatutasoa mitä korkeampaan turvallisuusluokkaan se kuuluu. Loppusijoituslaitoksen käytön aikana luokituksen perustana olevat toiminnot ovat tyypillisesti jätepakkausten siirtoja, säteilymittauksia ja palosuojelua. Luokituksen kohteena ovat loppusijoitettavan jätteen ominaisuuksista riippuen myös loppusijoituspakkaukset ja niitä ympäröivät puskurimateriaalit, eristysrakenteet sekä loppusijoituslaitoksen maanalaisia osia ympäröivä lähikallio, koska ne ovat merkityksellisiä pitkäaikaisturvallisuuden kannalta.

Tarkemmat luokitusvaatimukset sisältyvät ohjeeseen YVL B.2 ”Ydinlaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelu”. Siinä esitetty maanjäristysluokitus ei kuitenkaan koske maanalaisia tiloja, sillä ohjeeseen sisältyvät kiihtyvyydskriteerit on määritelty maanpäällisille rakenteille. Maanjäristyskestävyys tulee kuitenkin mukaan sitä kautta, että maanjäristys on määritelty otettavaksi huomioon ulkoisena tapahtumana (vaatimus 518).

Vaatimukset 505b–509 käsittelevät loppusijoitustilojen rakentamista, käyttöä ja sulkemista. Ennen varsinaisten loppusijoitustilojen rakentamista on varmistettava kallioperän soveltuvuus maanpäältä ja suunnitellussa sijoitussyvyydessä tehtävin tutkimuksin. Tämä on tärkeää sekä tilojen rakennettavuuden että hyvän pitkäaikaiseristyksen saavuttamisen kannalta. Tutkimuksilla selvitetään louhittaviksi suunniteltujen kalliolohkojen kalliomekaanisia, geohydrologisia ja pohjavesikemiallisia ominaisuuksia. Tutkimuksiin voi myös sisältyä vapautumisesteiden pitkäaikaista toimintakykyä varmentavia kokeita. Koska loppusijoituslaitoksen käyttöaika on jopa yli sata vuotta, pitkäaikaisturvallisuuteen liittyviä ilmiöitä voidaan jossain määrin todentaa tutkimus- ja tarkkailuohjelman avulla. Siihen voi sisältyä esim. kallioperän jännitysten ja muodonmuutosten seuranta tarkkuusmittauksilla, pohjaveden virtauksen ja kemian tarkkailua ja teknisten vapautumisesteiden toimintakykyyn liittyviä kokeita, esim. bentoniitin vettymisen ja jätteen lämmönkehityksen vaikutusten tarkkailua. On myös mahdollista, että joitakin koeluonteisesti loppusijoitettuja jätepakkauksia poistetaan tiloistaan vuosikymmenien päästä yksityiskohtaisia tutkimuksia varten.

Loppusijoituslaitoksen ja sen tilojen sijoittamisen on perustuttava kallion soveltuvuusluokitukseen. Yksityiskohtaiset vaatimukset kallion soveltuvuusluokituksen tekemisestä käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitokselle esitetään ohjeessa YVL D.7. Tässä ohjeessa esitetään yleiset vaatimukset soveltuvuusluokituksesta. Matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoituslaitoksessa soveltuvuusluokitus voi olla yleispiirteisempi kallion soveltuvuuden arviointi.

Loppusijoitustilojen ja muiden maanalaisten tilojen rakentamisessa, käytössä ja sulkemisessa käytettävät menetelmät on valittava siten, että kallioperä säilyttää luonnollisen vapautumisesteen ominaisuudet sekä myötävaikuttaa teknisten vapautumisesteiden toimintakyvyn saavuttamiseen ja säilymiseen. Pitkäaikaisturvallisuuden kannalta haitallisten ainesten kulkeutuminen loppusijoitustiloihin (esim. orgaaniset ja hapettavat ainekset sekä emäksiset



tiivistysaineet) on pyrittävä estämään siinä määrin kuin se on käytännössä mahdollista. Loppusijoitustunnelit on täytettävä ja suljettava ilman tarpeettomia viipeitä.

Turvallisuusnäkökohdat saattavat edellyttää loppusijoitustoimintojen ja rakentamistoimintojen eriyttämistä toisistaan. Uusia loppusijoitustunneleita ja -reikiä saatetaan louhia samalla kun aiemmin tehtyihin sijoitetaan jätekapseleita eivätkä nämä toiminnot saa liiaksi häiritä toisiaan. Siten loppusijoitustoimet ja tilojen laajennustyöt on jaksotettava tai vaihtoehtoisesti näiden toimien välillä on pidettävä riittävä fyysinen etäisyys, mm. erilliset siirtoreitit. Lisäksi louhintatöitä ei saa tehdä liian lähellä jo loppusijoitettuja jätekapseleita, jottei vaaranneta tilojen kalliomekaanista vakautta.

Vaatimukset 511–514a käsittelevät loppusijoituslaitoksen rakenne- ja prosessitekniistä suunnittelua. Siinä on otettava huomioon laitoksen todennäköinen käyttöikä ja olosuhteet loppusijoitustiloissa, rikkoontumisesta ja kulumisesta aiheutuva korjaustarve sekä mahdolliset häiriöt ja onnettomuudet. Rakenteiden ja järjestelmien mitoituksessa on otettava huomioon käyttöhäiriöt ja mahdolliset onnettomuustilanteet. Viittaukset rakenteiden ja järjestelmien suunnittelun kannalta tärkeimpiin YVL-ohjeisiin esitetään (yleisvaatimukset, sähkö- ja automaatiojärjestelmät, ilmastointijärjestelmät, nosto- ja siirtolaitteet, vapautumisesteet sekä kalliorakentaminen).

Luku 5.3 käsittelee häiriöiden ja onnettomuuksien estämistä. Turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien suunnitteluperiaatteena tulee olla, että järjestelmä pystyy toimimaan suunnitellusti, vaikka sen yksittäinen laite vikaantuisi. Siksi toiminnot, joiden vikaantuminen voisi johtaa radioaktiivisten aineiden päästön ympäristöön tai työntekijöiden merkittävään altistumiseen säteilylle, on varmistettava soveltaen moninkertaisuusperiaatetta sekä mahdollisuuksien mukaan erottelu- ja erilaisuusperiaatteita. Järjestelmän luotettavuutta voidaan lisätä käyttämällä mahdollisuuksien mukaan tekniikoita, jotka eivät tarvitse ulkoista käyttövoimaa tai jotka käyttövoiman menetyksen seurauksena asettuvat turvalliseen tilaan. Varmennettavat toiminnot määräytyvät turvallisuusluokituksen perusteella; vaatimuksessa 515a luetellaan tyypillisiä yksittäisvikaantumisen varalta varmennettavia loppusijoituslaitoksen toimintoja.

Vaatimukset 515b–517 käsittelevät sisäisiä tapahtumia. Tulipalojen ja räjähdysten estämisessä keinoja ovat tilasuunnittelu ja palotekninen osastointi, palamattomien ja kuumuutta kestävien materiaalien käyttö sekä palo- ja räjähdekuormien rajoittaminen. Räjähdyksistä aiheutuvaan turvallisuushkaan voidaan vaikuttaa mm. räjähdysherkkien aineiden ja suuripaineisten säiliöiden sijoittelulla sekä louhinta- ja loppusijoitustoimien eriyttämisellä. Laitoksen eri tilat on varustettava paloilmoinjärjestelmillä. Tilat ja järjestelmät, kuten siirtoajoneuvo, on varustettava niihin soveltuvilla automaattisilla tai operatiivisilla sammutusjärjestelmillä.

Vaatimukset 518–519 käsittelevät ulkoisten tapahtumien huomioonottamista. Loppusijoituslaitoksen suunnittelussa huomioonotettavia luonnonilmiöitä ovat ainakin sähkölaitteita vahingoittava salamanisku, maanjäristys sekä suunnitteluperusteinen tulva, mikäli se on mahdollinen tunnelien ja kuilujen suuaukkojen korkeusaseman perusteella. Maanalaisissa tiloissa on otettava huomioon myös tunnelisortuman ja vuotovesien pumppaamishäiriön mahdolliset vaikutukset. Lainvastaiseen toimintaan on varauduttava niistä aiheutuvaan uhkaan suhteutetulla laajuudella ja noudattaen

soveltuvin osin ohjeiden YVL A.11 "Ydinlaitoksen turvajärjestelyt" ja YVL A.12 "Ydinlaitoksen tietoturvallisuuden hallinta" vaatimuksia.

Vaatimukset 520–520b koskevat käytetyn ydinpolttoaineen kriittisyyttä. Loppusijoituskapselin sisältämän käytetyn ydinpolttoaineen on pysyttävä alikriittisenä myös pitkällä aikavälillä. Suunnittelussa on otettava huomioon tilanteet, joissa kapselin tiiveys on menetetty ja kapselissa on mekaanisia tai korroosiosta aiheutuneita muodonmuutoksia. Pitkän aikavälin kriittisyysturvallisuusanalyysseissa on tarkasteltava kriittisyyden mahdollisuutta ja arvioita seurauksia mahdollisuuksien mukaan.

Luku 5.5 koskee jätepakkausten palautettavuutta. Palautettavuudella käsitetään kunkin loppusijoitusvaiheen peruutettavuutta (reversibility) Vaatimuksissa 523–525 esitetään vaatimukset palautettavuudelle. Käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitosta koskevassa periaatepäätöksessä on edellytetty palautettavuuden tarkastelua, joten vaatimuksilla ei ole vaikutuksia Posivan toimintaan. Ydinvoimalaitosten matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoituslaitosten (VLJ-luolien) suunnittelussa palautettavuutta ei ole huomioitu, mikä otetaan huomioon täytäntöönpanopäätöksessä.

### ***Luku 6 Loppusijoituslaitoksen käyttöönotto ja käyttö***

Vaatimukset 601a–601f koskevat loppusijoituslaitoksen käyttöönottotarkastuksia. Erityisesti käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitos rakennetaan ja otetaan käyttöön vaihe kerrallaan, joille kullekin tehdään oma käyttöönottotarkastus. Luvanhaltija tekee ensin oman käyttöönottotarkastuksensa, jonka jälkeen se pyytää STUKia tekemään käyttöönottotarkastuksen. STUK tekee käyttöönottotarkastuksen turvallisuusluokkiin 3 ja EYT/STUK luokitelluille kalliotiloille.

Vaatimus 602 koskee käyttökokemusten seuranta. Loppusijoituslaitoksen turvallisuutta on pyrittävä parantamaan käyttökokemusten sekä tieteen ja tekniikan kehityksen perusteella. Turvallisuus varmistetaan laitoksen kuntoa ja käyttökokemuksia järjestelmällisesti seuraamalla vikojen ja mahdollisten suunnitteluvirheiden korjaamiseksi. Vapautumisesteiden pitkäaikaisen toimintakyvyn varmentamista koskeva koe- ja tutkimusohjelma (vaatimus 506) on tarkoitettu ensisijaisesti turvallisuusperustelussa tarvittavan tiedon hankkimiseksi. On nähtävissä, että vielä laitoksen käyttöönottovaiheessakin loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuteen liittyy epävarmuuksia, joita voidaan vähentää laitoskohtaisella tutkimus- ja koeohjelmalla. Siihen saattaa sisältyä mm. kallioperän tarkkailua ja loppusijoitusta jäljittelevät kokeet, jotka jatkuvat koko käyttöjakson ajan ja tarvittaessa pitempäänkin.

Vaatimus 603 käsittelee loppusijoitettavista jätepakkauksista pidettäviä tallenteita. Tallennettavia tietoja ovat jätelaji sekä käsittely- ja pakkaustapa sekä turvallisuuden kannalta merkittävät rakenne- ja materiaaliominaisuudet (kuvaukset sisältyvät turvallisuusselosteeseen), pakkauksen tunniste ja sijainti loppusijoitustilassa sekä merkittävimpien nuklidien inventaarit (käytetty polttoaine pakkauskohtaisesti, muut jätteet loppusijoitustilakohtaisesti). STUKin määräyksen Y/4/2016 29 §:n 4. kohdan mukaan STUK huolehtii loppusijoitettavia jätteitä koskevien tietojen pitkäaikaisesta tallentamisesta. Niistä ja loppusijoituslaitosta koskevista tiedoista muodostetaan aikanaan kokonaisuus, joka arkistoidaan jälkipolvia varten.

Vaatus 603a koskee loppusijoituslaitokseen tuotavan jätteen hyväksymiskriteerejä. Loppusijoituslaitoksen luvanhaltijan on määriteltävä laitoksen käyttöturvallisuuden ja loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden perusteella hyväksymiskriteerit laitokseen tuotavalle jätteelle. Kriteerit perusteluineen tulee esittää alustavassa ja lopullisessa turvallisuusselosteessa.

Vaatus 604 käsittelee laitosmuutosmenettelyä, jota koskevat vaatimukset sisältyvät myös ydinenergia-asetuksen 112 §:ään. STUK voi hyväksyä sellaiset laitosmuutokset, jotka ovat käyttöluvan ehtojen rajoissa. Erityyppisissä laitosmuutoksissa noudatettavat menettelyt on määritelty tarkemmin ohjeessa YVL A.1 "Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta". Käytetyn polttoaineen loppusijoitus on tarkoitus toteuttaa vaiheittain siten, että samanaikaisesti tutkitaan ja asemoidaan loppusijoitustiloja, louhitaan uusia tiloja, sijoitetaan jätekapseleita tiloihin ja täytetään tunneleita, joissa loppusijoitustoimet on saatettu loppuun. Siirtymistä vaiheesta seuraavaan säädellään laitosmuutosmenettelyllä.

Vaatimukset 608–610 koskevat radioaktiivisten aineiden päästöjen valvontaa sekä loppusijoituslaitoksen ympäristön säteilytilanteen valvontaa. Ohjeita YVL C.3 "Ydinlaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittaminen ja valvonta" ja YVL C.7 "Ydinlaitoksen ympäristön säteilyvalvonta" tulee käyttää soveltuvin osin. Ennen loppusijoituslaitoksen rakentamista ja käyttöönottoa sen ympäristön säteilytilanteesta on tehtävä perustilaselvitys ja käytön aikana on toteutettava ympäristön säteilyntarkkailuohjelma. Säteilyntarkkailuohjelman laajuus ja kohdentuminen määräytyy mahdollisina pidettävien radioaktiivisten aineiden päästöjen perusteella. Lisäksi loppusijoituslaitokselta ympäristöön pääsevien radioaktiivisten aineiden määriä on tarkkailtava mahdollisilla päästöreiteillä.

Loppusijoituslaitoksen käyttöhenkilökunnan säteilynsuojelua ja säteilyaltistuksen seuranta koskee ohje YVL C.2 "Ydinlaitoksen työntekijöiden säteilyturvallisuus ja säteilyaltistuksen seuranta".

Loppusijoituslaitoksella on oltava valmiusjärjestelyt sen henkilöstön ja muiden laitosalueella olevien ihmisten suojaamiseksi säteilyvaaraa tai muuta vaaraa aiheuttavassa onnettomuudessa. Valmiusjärjestelyt on suhteutettava mahdollisiksi katsottaviin onnettomuuksiin. Valmiusjärjestelyjä koskee soveltuvin osin ohje YVL C.5 "Ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyt".

### ***Luku 7 Säteilyturvakeskukselle toimitettavat asiakirjat***

Luku 7.1 koskee periaatepäätös- ja lupakäsittelyjä. Ydinenergia-asetuksessa luetellaan asiakirjat, jotka on toimitettava periaatepäätöshakemuksen yhteydessä. Ohjeessa korostetaan, että laitoksen suunnitteluperiaatteita, teknistä toteutusta, sijoituspaikkaa ja turvallisuusselvityksiä koskevien asiakirjojen tulee olla niin seikkaperäisiä, että STUK voi niiden perusteella tehdä ydinenergiain 12 §:ssä tarkoitetun alustavan turvallisuusarvion. Laitoksen rakentamisluvan ja käyttöluvan osalta viitataan ohjeeseen YVL A.1 sisältyviin luetteloihin toimitettavista asiakirjoista, joiden lisäksi tulee toimittaa loppusijoitusalueen geologinen, hydrogeologinen ja pohjavesikemian paikkamalli sekä suunnitelmat tilojen asemoinnista.

Vastaavien asiakirjojen täydennykset edellytetään toimitettavan siinä tapauksessa, että ydinlaitosta laajennetaan tai laajennus otetaan käyttöön olemassa olevan luvan ehtojen nojalla. Tällöin on toimitettava myös selvitys laajennustöiden vaikutuksesta olemassa olevien ydinlaitosten turvallisuuteen. Tällaisessa tapauksessa STUK hyväksyy laajennusosan käyttöönoton ydinenergiain 20 §:n perusteella.

Vaatimuksessa 703i käsitellään tilannetta, jossa loppusijoituspaikalle rakennetaan ennen rakentamisluvan myöntämistä maanalainen tutkimustila, joka on tarkoitettu loppusijoituslaitoksen osaksi. Ennen tutkimustilan rakentamista on toimitettava STUKille vaatimuksessa luetellut asiakirjat: kuvaus tutkimustilasta ja sen toteutuksesta, selvitys rakentamisen mahdollisista vaikutuksista kallioperään, ehdotus turvallisuusluokitusasiakirjaksi, selvitys rakentamisen laadunhallinnasta, selvitys STUKin valvontamahdollisuuksien järjestämisestä sekä suunnitelma ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellisen valvonnan järjestämisestä, mikäli laitokseen on tarkoitus sijoittaa ydinaineita.

Vaatimukset 704–704b käsittelevät pitkäaikaisturvallisuuden osoittamista turvallisuusperustelulla. Turvallisuusperusteluun sisältyy mm. loppusijoitusjärjestelmän kuvaus sekä sen tulevaa käyttäytymistä kuvaavien prosessien ja kehityskulkujen määrittely eli skenaarioanalyysi, laskennallinen analyysi loppusijoitetuissa jätteissä olevien radionuklidien vapautumisesta ja kulkeutumisesta sekä täydentävät tarkastelut siltä osin kuin kvantitatiiviset analyysit eivät ole mahdollisia tai ovat liian epävarmoja. Ohjeen liitteeseen A sisältyvät tarkemmat vaatimukset turvallisuusperustelulle.

Turvallisuusperustelu on laaja aineisto, jolla osoitetaan loppusijoituksen turvallisuus ja jonka laatiminen vie paljon resursseja. Siksi on tarpeellista, että STUK seuraa tarkasti turvallisuusperustelun laatimista mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tästä syystä turvallisuusperustelun laatimista koskeva suunnitelma pyydetään toimitetaan STUKille tiedoksi ennen luvan hakemista tai määräaikaisen turvallisuusperustelun laatimista. Tarkastuksen yhteydessä STUK tekee itse tai teettää ulkopuolisella asiantuntijalla vertailevia analyysseja. Analyysien laajuuden vuoksi kaikki tarvittavat lähtötiedot eivät ole aina esitetty hakemusaineistoissa. STUK pyytää tarvittaessa luvanhakijaa toimittamaan analyysseissa tarvittavia tietoja.

Vaatimukset 706–707 käsittelevät alustavaa ja lopullista turvallisuusselostetta, jotka toimitetaan ydinlaitoksen rakentamislupahakemuksen ja käyttölupahakemuksen yhteydessä STUKin hyväksyttäväksi ja jotka ovat ajan tasalla pidettäviä asiakirjoja. Vaatimuksissa esitetään luettelo selvityksistä, jotka turvallisuusselosteiden tulee sisältää. Tiedot voidaan esittää tarvittavalla tarkkuudella turvallisuusselosteessa tai vaihtoehtoisesti voidaan esittää yhteenvetotiedot turvallisuusselosteessa ja yksityiskohdat sitä täydentävissä erillisissä aihekohtaisissa raporteissa.

Vaatimuksissa 708–711 käsitellään määräaikaista turvallisuusarviointia, johon sisällytetään erityisesti arviot laitoksen turvallisuuden tilasta ja mahdollisista kehityskohteista turvallisuuden ylläpitämiseksi ja parantamiseksi ottaen huomioon tutkimus- ja seurantaohjelmien tulokset. Loppusijoituslaitosta koskeva määräaikainen turvallisuusarvio tehdään 15 vuoden välein. Käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitoksen määräaikainen turvallisuusarvio yhdistetään kapselointilaitosta koskevaan arvioon. Turvallisuusseloste ja turvallisuusperustelu päivitetään

määräaikaisen turvallisuusarvion perusteella. Tarkemmat vaatimukset määräaikaisesta turvallisuusarviosta sisältyvät ohjeeseen YVL A.1.

Luku 7.5 koskee raportointia. Raportointi on yksi viranomaisvalvonnan muoto, ja se täydentää muita menettelyjä, kuten laitospaikalla tehtäviä valvontakäyntejä ja tarkastuksia.

Raportoinnin tarkoituksena on antaa STUKille ajantasainen kuva laitoksen tilanteesta, minkä pohjalta STUK voi suunnitella omaa toimintaansa ja arvioida tarpeita kohdentaa valvontaansa.

Rakentamisen aikaisen raportoinnin tavoitteena on, että kaikilla hankkeeseen osallistuvilla tahoilla on ajantasainen ja riittävä tieto hankkeen aikatauluista, edistymisestä, laitospaikalla toimivista organisaatioista ja niiden rajapinnoista sekä turvallisuuden kannalta merkittävistä poikkeamista ja tapahtumista projektissa sekä niihin liittyvistä korjaavista ja ehkäisevistä toimenpiteistä.

Käytön aikaisia raportteja tarkastaessaan STUK varmistaa, että

- ydinlaitosta käytetään lainsäädännön ja viranomaismääräysten mukaisesti
- ydinlaitoksen toiminnasta ja turvallisuuteen vaikuttavista tapahtumista muodostuu riittävät dokumentoidut tiedot siten, että ne ovat jälkikäteen analysoitavissa.

Rakentamisen ja käyttöönoton aikaisen raportoinnin osalta viitataan ohjeeseen YVL A.5 "Ydinlaitoksen rakentaminen ja käyttöönotto" ja VLJ-luolien käytön aikaisen raportoinnin osalta ohjeeseen YVL A.9 "Ydinlaitoksen toiminnan raportointi". Loppusijoituspaikalla tehtävien tutkimus- ja tarkkailuohjelmien tuloksista vaaditaan raportti kerran vuodessa.

### ***Luku 8 Säteilyturvakeskuksen valvontamenettelyt***

Luku 8.1 käsittelee loppusijoituslaitoksen rakentamisen, käyttöönoton, käytön ja sulkemisen valvontaa. Vaatimuksessa 805 käsitellään tilannetta, jossa loppusijoituspaikalle rakennetaan ennen rakentamisluvan myöntämistä maanalainen tutkimustila, joka on tarkoitettu loppusijoituslaitoksen osaksi. Tällöin STUK valvoo tutkimustilan rakentamista vastaavin menettelyin kuin loppusijoituslaitoksen rakentamista ottaen huomioon tutkimustilan turvallisuusmerkityksen.

Vaatimuksessa 806 kuvataan loppusijoituslaitoksen vaiheittaisessa rakentamisessa ja käytössä sovellettavat valvontamenettelyt. STUK hyväksyy uuden laitoksen käyttöönoton edellä vaatimuksessa 604 kuvattua laitosmuutosmenettelyä noudattaen.

Erityisesti loppusijoitettaessa käytettyä polttoainetta on tarkoituksenmukaista, että loppusijoitustunneleita täytetään ja suljetaan sitä mukaa kun loppusijoitustoimet niissä on saatettu loppuun. Vaatimuksen 813 mukaisesti tällöin noudatetaan laitosmuutosmenettelyä eli tunnelien täyttö ja sulkeminen voidaan panna toimeen vasta, kun STUK on hyväksynyt niitä koskevan suunnitelmat ja turvallisuus selvitykset.

Vaatimukset 814 ja 815 koskevat loppusijoituslaitoksen lopullista sulkemista. Sen edellytyksenä on, että STUK on hyväksynyt sulkemissuunnitelman, johon sisältyy kuvaus sulkemisen teknisestä toteutustavasta ja turvallisuusperustelun päivitys. Päivityksessä on otettava huomioon laitoksen koko käyttöjakson aikana toteutettujen kallioperätutkimusten ja seurantaohjelmien tulokset. Samassa yhteydessä on myös esitettävä suunnitelma mahdollisiksi jälkivalvontatoimiksi; esim. ydinmateriaalivalvonta saattaa jatkua käytetyn polttoaineen loppusijoituspaikalla kaikkien tilojen sulkemisen jälkeenkin. Luvanhaltijan on myös tehtävä ehdotus ydinenergia-asetuksen 85 §:n mukaiseksi suoja-alueeksi toimenpidekieltoineen. Tämän tarkoituksena on ylläpitää tietoa loppusijoituksesta ja siten vähentää todennäköisyyttä, että paikalla tehdään myöhemmin kalliokairauksia tai muita loppusijoituksen turvallisuuden vaarantavia toimia.

Luku 8.3 käsittelee turvallisuusperustelun valvontaa. Turvallisuusperustelu on asiakirjakokonaisuus, jonka STUK hyväksyy lupahakemuksen ja määräaikaisen turvallisuusarvion käsittelyn yhteydessä. Tarvittaessa STUK tekee itse tai teettää ulkopuolisella asiantuntijalla analyyseja, joiden tuloksia verrataan turvallisuusperustelun analyysien tuloksiin.

#### ***Liite A Turvallisuusperustelu***

STUKin määräyksen Y/4/2016 mukaan pitkäaikaisturvallisuutta koskevien säteilyturvallisuusvaatimusten täyttyminen sekä loppusijoitusmenetelmän ja loppusijoituspaikan soveltuvuus on osoitettava turvallisuusperustelulla, jossa on tarkasteltava sekä mahdollisia kehityskulkuja että pitkäaikaisturvallisuutta heikentäviä harvinaisia tapahtumia. Turvallisuusperustelun muodostaa kokeellisiin tutkimuksiin pohjautuva laskennallinen turvallisuusanalyysi sekä täydentävät tarkastelut siltä osin kuin kvantitatiiviset analyysit eivät ole mahdollisia tai niihin sisältyy huomattavia epävarmuuksia. Ohjeen liitteessä esitetään tarkemmat vaatimukset turvallisuusperustelun sisällölle.

Vaatimuksen A02 mukaisesti turvallisuusperusteluun tulee sisältyä riittävän yksityiskohtaisen kuvaus loppusijoitusjärjestelmästä. Turvallisuusperustelussa kuvataan loppusijoitettavat jätepakkaukset, teknisinä vapautumisesteinä käytettävät rakenteet ja materiaalit, kalliotilat ja niiden täyttömenetelmät sekä sijoituspaikan luonnonympäristö.

Vaatimukset A03–A03b edellyttävät, että turvallisuusperustelussa määritellään vapautumisesteet ja pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoiminnot. Pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoiminnoille asetettavien toimintakykytavoitteiden asettamista käsitellään vaatimuksissa A03c–A03e ja asetetaan niille toimintakykytavoitteet.

Vaatimukset A04–A05c koskevat skenaarioanalyysiä: loppusijoitusjärjestelmän mahdollisten kehityskulkujen koostamista systemaattisesti sellaisista ilmiöistä, tapahtumista ja prosesseista, joilla voi olla merkitystä pitkäaikaisturvallisuudelle. Skenaariot voivat koostua loppusijoitusjärjestelmän sisäisistä fysikaaliskemiallisista prosesseista ja ulkoisista tapahtumista, kuten ilmastonmuutoksista, geologisista prosesseista tai ihmisen toiminnasta. Vaatimusten A05–A05b mukaisesti skenaariot jaetaan kolmeen ryhmään:

- Perusskenaarioon, joka pohjautuu pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoiminnoille määriteltyihin toimintakykytavoitteiden toteutumiseen.
- Muunnelmaskenaarioihin, joissa yksi tai useampi pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoiminto voi olla heikentynyt
- Häiriöskenaarioihin, joissa tarkastellaan pitkäaikaisturvallisuutta heikentävien harvinaisten tapahtumien vaikutuksia; näitä käsitellään ohjeen vaatimuksessa 316.

Vaatimukset A06–A06b käsittelevät loppusijoitettujen radioaktiivisten aineiden vapautumisen ja kulkeutumisen mallintamista. Ensi vaiheessa muodostetaan konseptuaaliset mallit, joilla kuvataan pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoimintoja säätelevät ilmiöt ja prosessit. Näiden tueksi tarvitaan usein olosuhdemalleja, joilla kuvataan esim. sijoituspaikan kallioperän ominaisuuksia ja niiden evoluutiota. Konseptuaalisista malleista johdetaan laskennalliset mallit, joilla analysoidaan radioaktiivisten aineiden vapautumista sekä kulkeutumista teknisten vapautumisesteiden ja kallion läpi elinympäristöön. Mallinnuksessa ja niiden tarvitsemien lähtötietojen hankinnassa joudutaan usein tekemään yksinkertaistuksia. Tällöin on noudatettava ns. konservatiivisuusperiaatetta: tavoitteena tulee olla, ettei pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoiminnon tehokkuutta yliarvioida; toisaalta myös sen liiallista aliarviointia on vältettävä.

Turvallisuusanalyysin laatiminen edellyttää monitieteellisen asiantuntemuksen hyödyntämistä. Vaatimusten A07–A07c mukaan mallinnuksen ja lähtötietojen määrittämisen on perustuttava korkeatasoiseen tutkimustietoon ja asiantuntijakäsitykseen, jotka on saatu laboratoriotutkimusten, sijoituspaikkatutkimusten ja luonnonanalogioiden tutkimisen kautta. Mallien ja lähtötietojen tulee olla riittävästi loppusijoituspaikkakohtaisia. Mallit ja lähtötiedot saattavat olla skenaario- ja ajanjaksoriippuvia, mikä monimutkaistaa analyysien tekoa. Erityisesti kallioperän ominaisuuksissa on merkittävästi satunnaisvaihtelua, minkä vuoksi stokastisten parametrien soveltaminen lisää analyysien käyttökelpoisuutta.

Vaatimuksessa A08 esitetään ns. konservatiivisuusperiaate eli lähtökohtana on pidettävä, että todellisen säteilyaltistuksen ja vapautuvien radioaktiivisten aineiden todellisten määrien tulee hyvällä varmuudella olla pienempiä kuin turvallisuusanalyysien antamat tulokset. Vaatimuksissa A08a–A08f täsmennetään, mitä oletuksia säteilyturvallisuusanalyysissä tehdään mm. ympäristön muutosten ja ihmisten elintapojen osalta. Koska loppusijoituspaikoilla tapahtuu maan kohoamista, täytyy sen aiheuttamat muutokset elinympäristössä ottaa huomioon. Ilmastotyypissä tai ihmisten elintavoissa, ravintotarpeissa ja aineenvaihduntaominaisuuksissa ei ole nähtävissä sellaisia kehityssuuntia, jotka voisi perustellusti ottaa huomioon; siksi voidaan olettaa nykytilanteen jatkuvan koko tarkasteluajanjakson. Ohjeessa esitetään myös, millaisia merkittäviä altistusreittejä ja omavaraisia väestöyhteisöjä ainakin oletetaan sijaitsevan loppusijoituspaikalla ja sen lähiympäristössä; näille sovelletaan vuosiansosrajoitusta 0,1 mSv. Ohjeessa mainittujen altistusreittien lisäksi esimerkiksi kuivattu suo voi olla joissakin tilanteissa merkityksellinen.

Vaatus A09 koskee epävarmuuksien käsittelyä. Turvallisuusperusteluun sisältyvien epävarmuuksien merkitys edellytetään arvioitavan tarkoitukseen soveltuvilla menetelmillä, esim. herkkyysanalyysillä tai todennäköisyyspohjaisilla menetelmillä.

Kaikkia loppusijoituksen turvallisuuteen vaikuttavien ilmiöiden ja tapahtumien vaikutuksia ei voi kuvata kattavasti ja perustellusti laskennallisella turvallisuusanalyysillä. Vaatimukset A10–A10b sallivat tällaisten skenaarioiden merkityksen tarkastelun ns. täydentävin tarkasteluin, jotka voivat käsittää esim. yksinkertaistetuina menetelmin tehtyjä laskelmia, vertailuja luonnonanalogioihin tai sijoituspaikan geologista historiaa koskevia havaintoja. Tällaisten tarkastelujen merkitys on sitä suurempi, mitä pitempi tarkasteluajanjakso on kyseessä, ja yli miljoonan vuoden päähän ulottuva turvallisuuden arviointi voidaan pääasiassa perustaa tällaisiin täydentäviin menetelmiin. Täydentäviä menetelmiä edellytetään sovellettavan myös varsinaisen turvallisuusanalyysin rinnalla lisäämään luottamusta analyysin tuloksiin.

Turvallisuusanalyysien tuloksia on verrattava pitkäaikaisturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin. Lisäksi turvallisuusperusteluun tulee sisältyä arvio, miten luotettavasti turvallisuusvaatimukset täyttyvät ja mitkä ovat merkittävimmät luotettavuuteen vaikuttavat epävarmuudet.

Vaatimukset A11–A11d käsittelevät turvallisuusperustelun dokumentointia. Tavoitteena tulee olla selkeys siten, että turvallisuusperustelun kunkin osan lähtökohdat, menetelmät, tulokset ja kytkentä kokonaisuuteen käyvät helposti selville. Lisäksi tavoitteina tulee olla läpinäkyvyys ja jäljitettävyys eli perustelujen käytetyille oletuksille, lähtötiedoille ja malleille on oltava helposti löydettävissä dokumentaatiosta. Mallit ja niiden lähtötiedot on kuvattava sellaisella tarkkuudella, joka mahdollistaa niillä tehtyjä analyysijä varmentavat vertailevat analyysit.

Vaatimukset A12 ja A13 edellyttävät, että turvallisuusperustelun laatu on varmistettava loppusijoituslaitoksen suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöön liittyvällä johtamisjärjestelmällä. Hankkeen toteuttajalla on oltava tarkoitukseen soveltuva organisaatio, käytössään riittävä asiantuntemus ja tiedonhallintajärjestelmä. Turvallisuusperustelun valmistelun eri osavaiheet on suunniteltava järjestelmällisesti ja tärkeiden tutkimusten ja analyysien tulokset on arvioitava riippumattomasti esim. asiantuntijoiden avulla tai rinnakkaisia analyysimenetelmiä käyttämällä. Vaatimuksessa A14 edellytetään, että turvallisuusperustelun laatimiseen liittyvät keskeiset valinnat, oletukset ja johtopäätökset dokumentoidaan. Tarkoituksena on, että jälkikäteen on selvitettävissä miksi tietty ratkaisu on valittu, esim. onko perusteena ollut teknisten mahdollisuuksien perusteella tehty valinta, joka on perusteltu riittäväksi turvallisuuden kannalta.

#### 4. Ohjeen alaa koskeva kansainvälinen säännöstö

Ohjeen kannalta keskeinen IAEA:n ohje on:

- Disposal of Radioactive Waste. Specific Safety Requirements. IAEA Safety Standards Series No. SSR-5.

Muita loppusijoitusta koskevia IAEA:n ohjeita ovat



- Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series No. SSG-14.
- The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series No. SSG-23.

Keskeisiä ICRP:n suosituksia ovat:

- ICRP, 1998. Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste. ICRP Publication 81. Ann. ICRP 28 (4).
- ICRP, 2013. Radiological protection in geological disposal of long-lived solid radioactive waste. ICRP Publication 122. Ann. ICRP 42(3).

Vuonna 2012 IRRS-arvion aikana verrattiin vaatimuksia SSR-5:n edeltäjään (Geological Disposal of Radioactive Waste. Safety Requirements. IAEA Safety Standards Series No. WS-R-4). Vastaavuus todettiin hyväksi. Ohje vastaa myös SSR-5:n vaatimuksia.

WENRA:n radioaktiivisen jätteen loppusijoitusta koskevat referenssitasot olivat valmisteilla samanaikaisesti ohjetta valmisteltaessa. Ohje vastaa kansainvälisiä suosituksia.

## 5. Tepco Fukushima Dai-ichi onnettomuuden vaikutukset

Käytännössä ei ole vaikutuksia loppusijoituslaitoksiin. Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen ajankohtana aktiivista jäädytystä ei enää tarvita ja käsittelyssä olevan polttoaineen määrä on pieni. Tulvimiseen ja Suomessa mahdollisiin maanjäristyksiin tulee ohjeen mukaan varautua suunnittelussa.

## 6. Päivityksessä huomioidut muutostarpeet

Vaatimuksia päivitettäessä on tarkasteltu kansainvälisten ja kotimaisten laki/säännöstömuutosten aiheuttamia muutostarpeita sekä YVL-ohjeiden täytäntöönpanopäätösten laadinnan (SYLVI) yhteydessä esille tulleita ja muita STUKin muutosehdotustietokantaan kirjattuja muutosehdotuksia. Lisäksi on tarkasteltu myös ns. hallinnollisen taakan keventämismahdollisuuksia.

STUKin määräyksen Y/4/2016 35 §:n 3. kohdan mukaan usean tuhannen vuoden kuluttua loppusijoituslaitoksen sulkemisesta, jolloin turvallisuuden arvioinnissa sovelletaan päästörajoja, on analyysin rinnalla arvioitava säteilyaltistusta käyttäen yksinkertaistettuja pintaympäristön malleja. Ohjeessa annetaan tarkemmat vaatimukset yksinkertaistettujen mallien käytöstä.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen periaatepäätöksessä on edellytetty palautettavuutta. Vaatimuksia täydellisen palautettavuuden (retrievability) ottamiselle huomioon suunnittelussa ei ole lisätty ohjeeseen, mutta ohjeeseen on lisätty vaatimukset, jotka koskevat loppusijoitusvaiheen perumista (reversibility).

Ohjeeseen on lisätty vaatimukset turvallisuusperustelun valvonnasta. Kyseessä on laaja aineisto, joten sen laatimista koskeva suunnitelma vaaditaan toimitettavaksi STUKille

tiedoksi ennen lupahakemusten jättämistä ja määräaikaisen turvallisuusarvion tekemistä. Lisäksi ohjeeseen on lisätty vaatimus, että STUKille tulee toimittaa pyydettyä turvallisuusperusteluun liittyvien analyysien lähtötietoja STUKin tekemiä/teettämiä vertailevia analyyseja varten.

Lisäksi ohjetta ja erityisesti sen liitettä A on tarkennettu Posivan rakentamislupahakemuksen tarkastamisesta saatujen kokemusten perusteella.

Hallinnollisen taakan keventämismahdollisuuksia ei ohjeen vaatimuksissa ole.

Ohjeesta on poistettu tarpeettomiksi käyneitä vaatimuksia ja siirretty vapautumisestaiden suunnittelua, valmistusta, rakentamista, asentamista, tarkastamista, testaamista ja vaatimuksenmukaisuuden todentamista koskevat vaatimukset ohjeeseen YVL D.7.

## Viitteet

1. ICRP, 2013. Radiological protection in geological disposal of long-lived solid radioactive waste. ICRP Publication 122. Ann. ICRP 42(3).
2. ICRP, 2014. Protection of the Environment under Different Exposure Situations. ICRP Publication 124. Ann. ICRP 43(1).
3. Beresford, N., Brown, J., Coplestone, D., Garnier-Laplace, J., Howard, B., Larsson, CM., Oughton, D., Pröhl, G. & Zinger I. (Eds.) 2007. D-ERICA: An intergrated approach to the assessment and management of environmental risks from ionising radiation - Description of purpose, methodology and application. EC Project, FI6R-CT-2004-508847.

## Liite

Ydinjätteiden luokittelu

### Liite Ydinjätteiden luokittelu

Ydinjätteet luokitellaan niiden käsittelytavan ja loppusijoituksen perusteella. Luokittelussa otetaan huomioon jätteiden käsittelyn turvallisuusvaatimukset ja loppusijoituksen turvallisuudesta aiheutuvat eristämiskaatimukset elinympäristöstä. Vaatimukset teknisille vapautumisestaidelle ja niiden kestävyydelle sekä loppusijoitustilojen sijoitusyvyydelle riippuvat jätteiden luokittelusta.

Käsittelyä varten jätteet luokitellaan niiden aktiivisuuspitoisuuden perusteella:

- Matala-aktiiviset jätteet (low level waste, LLW)
  - voidaan käsitellä ilman erityisiä säteilysuojelujärjestelyjä
  - jätteen aktiivisuuspitoisuus on yleensä alle 1 MBq/kg
  - esimerkiksi suurin osa ydinvoimalaitosten huoltoseisokkien aikana kertyvästä sekalaisesta kiinteästä jätteestä luokitellaan matala-aktiiviseksi.

- Keskiaktiiviset jätteet (intermediate level waste, ILW)
  - jätteiden käsittely edellyttää tehokkaita säteilysuojelujärjestelyjä, kuten säteilysuojia ja etäkäsittelyä
  - jätteen aktiivisuuspitoisuus on yleensä 1 MBq/kg–10 GBq/kg
  - esimerkiksi ydinvoimalaitoksen primääripiirin puhdistukseen käytetty ioninvaihtohartsit luokitellaan keskiaktiiviseksi.
- Korkea-aktiiviset jätteet (high level waste, HLW)
  - edellyttävät hyvin tehokkaita säteilysuojelujärjestelyjä ja yleensä myös jäädytystä
  - jätteen aktiivisuuspitoisuus on yleensä yli 10 GBq/kg
  - Suomessa ydinvoimalaitosten käytetty polttoaine luokitellaan korkea-aktiiviseksi.

Edellä mainitut jätteet loppusijoitetaan kallioperään. Osa matala-aktiivisesta jätteestä voidaan luokitella hyvin matala-aktiiviseksi jätteeksi (very low level waste, VLLW), joka voidaan loppusijoittaa maaperään. Tällöin jätteen keskimääräinen aktiivisuuspitoisuus on enintään 100 kBq/kg.

Loppusijoituksessa jätteet eristetään elinympäristöstä. Eristämisaikojen pituuden valitsemiseksi jätteet luokitellaan lyhyt- ja pitkäikäisiin jätteisiin. Lyhytikäiset jätteet sisältävät nuklideja, joista valtaosan puoliintumisaika on enintään 30 vuoden luokkaa. Pitkäikäiset jätteet sisältävät nuklideja, joista valtaosan puoliintumisaika on pitempi kuin lyhytikäisillä jätteillä. Lyhytikäiset jätteet voivat sisältää myös nuklideja, joiden puoliintumisaika ylittää 30 vuotta. Näiden nuklidien määrää rajoitetaan turvallisuusanalyysin perusteella.

	<b>Lyhytikäinen jäte<sup>1</sup></b> Loppusijoituksessa eristetään elinympäristöstä vähintään useiden satojen vuosien ajan.	<b>Pitkäikäinen jäte<sup>2</sup></b> Loppusijoituksessa eristetään elinympäristöstä vähintään useiden tuhansien vuosien ajan.
<b>Hyvin matala-aktiivinen jäte<sup>3</sup></b> A < 100 kBq/kg	Esimerkiksi ydinlaitoksen huoltotoissa ja käytöstäpoiston yhteydessä kertyvä jäte. Loppusijoitus maan pintakerroksiin.	
<b>Matala-aktiivinen jäte<sup>4</sup></b> A < 1 MBq/kg	Esimerkiksi ydinlaitoksen huoltotoissa ja käytöstäpoiston yhteydessä kertyvä jäte. Loppusijoitus kallioperään kymmenien metrien syvyyteen.	
<b>Keskiaktiivinen jäte<sup>5</sup></b> 1 MBq/kg < A < 10 GBq/kg	Esimerkiksi ydinvoimalaitoksen primääripiirin veden puhdistukseen käytetyt ioninvaihtohartsit. Loppusijoitus kallioperään kymmenien metrien syvyyteen.	Esimerkiksi ydinvoimalaitoksen reaktorin aktivoituneet komponentit, reaktoripainesäiliö. Loppusijoitus kallioperään kymmenien metrien syvyyteen.
<b>Korkea-aktiivinen jäte<sup>6</sup></b> A > 10 GBq/kg		Käytetty ydinpolttoaine. Loppusijoitus kallioperään satojen metrien syvyyteen.

<sup>1</sup> Lyhytikäisellä jätteellä tarkoitetaan ydinjätettä, jossa laskennallinen aktiivisuuspitoisuus 500 vuoden jälkeen alittaa arvon 100 MBq/kg kohti kussakin loppusijoitetussa jätepakkauksessa ja keskimäärin arvon 10 MBq/kg yhteen loppusijoitustilaan sijoitetussa jätteessä.

<sup>2</sup> Pitkäikäisellä jätteellä tarkoitetaan ydinjätettä, jossa laskennallinen aktiivisuuspitoisuus 500 vuoden jälkeen ylittää arvon 100 MBq/kg loppusijoitetussa jätepakkauksessa tai keskimäärin arvon 10 MBq/kg yhteen loppusijoitustilaan sijoitetussa jätteessä.

<sup>3</sup> Hyvin matala-aktiivisella jätteellä tarkoitetaan ydinjätettä, jossa merkittävien radionuklidien keskimääräinen aktiivisuuspitoisuus ei ylitä arvoa 100 kBq kilogrammaa kohti ja jonka kokonaisaktiivisuus ei ylitä ydinenergia-asetuksen (161/1988) 6 §:n 1 momentissa säädettyjä arvoja.

<sup>4</sup> Matala-aktiivisella jätteellä tarkoitetaan ydinjätettä, jonka aktiivisuus on niin pieni, että sitä voidaan käsitellä ilman erityisiä säteilysuojausjärjestelyjä. Jätteen aktiivisuuspitoisuus on yleensä enintään 1 MBq/kg.

<sup>5</sup> Keskiaktiivisella jätteellä tarkoitetaan ydinjätettä, jonka aktiivisuus on niin suuri, että sitä käsiteltäessä tarvitaan tehokkaita säteilysuojausjärjestelyjä. Jätteen aktiivisuuspitoisuus on yleensä 1 MBq/kg ja 10 GBq/kg välillä.

<sup>6</sup> Korkea-aktiivisella jätteellä tarkoitetaan ydinjätettä, jonka aktiivisuus on niin suuri, että sitä käsiteltäessä tarvitaan hyvin tehokkaita säteilysuojausjärjestelyjä ja yleensä myös jäädytystä. Jätteen aktiivisuuspitoisuus on tällöin yleensä yli 10 GBq/kg.