M 7/2000 vp

# Valtioneuvoston periaatepäätös 21 päivänä joulukuuta 2000 Posiva Oy:n hakemukseen Suomessa tuotetun käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamisesta

Helsinki 2000

ISBN 951-739-578-1

OY EDITA AB, HELSINKI 2001

Valtioneuvoston periaatepäätös 21 päivänä joulukuuta 2000 Posiva Oy:n hakemukseen Suomessa tuotetun käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamisesta.

# Hakemus

Posiva Oy on 26.5.1999 päivätyssä hakemuksessaan pyytänyt ydinenergialain (990/1987) 11 §:ssä tarkoitettua valtioneuvoston periaatepäätöstä siitä, että Suomessa tuotetun käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentaminen Eurajoen kunnan Olkiluotoon on yhteiskunnan kokonaisedun mukaista. Lisäksi Posiva Oy on täsmentänyt hakemustaan kirjeellään 23.11.2000.

Posiva Oy on Teollisuuden Voima Oy:n ja Fortum Power and Heat Oy:n yhteisesti vuonna 1995 perustama ja omistama yhtiö, jonka päätoimialana on huolehtia omistajiensa ydinvoimalaitosten (Olkiluoto 1 & 2 sekä Loviisa 1 & 2) käytetyn ydinpolttoaineen huollon voimalaitosalueella tapahtuvan välivarastoinnin jälkeisistä toimenpiteistä.

Suunniteltu loppusijoituslaitos koostuu maanpäällisestä kapselointilaitoksesta apu- ja oheistiloineen sekä n. 400–700 metrin syvyyteen kallioperään louhittavista loppusijoitustiloista. Käytetty ydinpolttoaine sijoitettaisiin loppusijoitustiloihin kuparikapseleihin kapseloituna.

Alkuperäisen hakemuksen mukaan kapselointilaitoksella käsiteltäisiin vuosittain 100–250 tonnia uraania ja loppusijoitettavan käytetyn ydinpolttoaineen kokonaisuraanimäärä olisi 2600–9000 tonnia. Hakemuksesta ilmenee, että arvioitu enimmäismäärä 9000 tonnia sisältäisi Suomen nykyisistä neljästä ydinvoimalaitosyksiköstä 40–60 vuoden käyttöaikana kertyvän sekä lisäksi kahdesta mahdollisesta uudesta Suomeen rakennettavasta ydinvoimalaitosyksiköstä 60 vuoden käyttöiän aikana kertyvän käytetyn ydinpolttoaineen.

Hakemusta täsmentävässä kirjeessään Posiva Oy on pyytänyt, että valtioneuvosto ratkaisisi erikseen hakemuksen siltä osin, kuin se koskee nykyisten ydinvoimalaitosten toiminnassa syntyvän käytetyn ydinpolttoaineen, enintään noin 4000 tonnia uraania vastaavan määrän loppusijoittamista, ja siirtäisi hakemuksen siltä osin kuin se koskee Teollisuuden Voima Oy:n vireillä olevan, uuden ydinvoimalaitoksen rakentamista koskevan periaatepäätöshakemuksen mukaisen laitoksen käytetyn ydinpolttoaineen, enintään noin 2500 tonnia, loppusijoittamista ratkaistavaksi kyseisen, Teollisuuden Voima Oy:n periaatepäätöshakemuksen käsittelyn yhteydessä. Samalla kirjeellään Posiva Oy on ilmoittanut rajaavansa periaatepäätöshakemuksensa koskemaan ainoastaan edellä mainittujen viiden laitoksen toiminnassa syntyvän käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta.

Täsmentävä kirje huomioon otettuna Posiva Oy:n hakemuksen kohteena on loppusijoituslaitos, jossa loppusijoitettavan käytetyn ydinpolttoaineen kokonaisuraanimäärä on enintään noin 6500 tonnia.

Loppusijoituslaitoksen rakentaminen alkaisi vuoden 2010 jälkeen ja käyttövaihe vuonna 2020.

Hakijayhtiö on esittänyt perusteluina loppusijoituslaitoksen rakentamiselle seuraavaa:

- Ydinenergialain 6 a §:n mukaan ydinjätteet, jotka ovat syntyneet Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen.

- Vastuu ydinjätehuollon toteuttamisesta on jätteen tuottajilla, jotka ydinenergialain mukaan ovat jätehuoltovelvollisia. Käytetyn ydinpolttoaineen jälkihuolto on osa ydinenergialain 9 §:n mukaisesti ydinvoimalaitoksen luvanhaltijalle koituvasta huolehtimisvelvollisuudesta. Teollisuuden Voima Oy:n ja Fortum Power and Heat Oy:n omistaman hakijayhtiö Posiva Oy:n tehtävänä on yhtiöiden käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus eli sijoittaminen pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomen kallioperään mukaan lukien loppusijoituksen edellyttämä tutkimus- ja kehitystyö.

- Käytetty ydinpolttoaine varastoidaan tällä hetkellä Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimalaitosalueilla vesialtaisiin. Vesiallasvarastointia ei voida katsoa ydinenergialain 6 §:n ja ydinenergia-asetuksen (161/1988) 76 §:n edellyttämäksi pysyväksi tarkoitetuksi sijoittamiseksi Suomen maa- tai kallioperään. Koska Suomen oloissa maaperään tapahtuvaa sijoitusta tuskin voidaan pitää turvallisena pitkällä aikavälillä, jää ainoaksi ydinenergia-asetuksen 76 §:n mukaiseksi periaatteelliseksi vaihtoehdoksi kallioon tapahtuva loppusijoitus.

- Eduskunta on syksyllä 1997 hyväksymässään energiapoliittisessa selonteossa korostanut ydinjätehuollon järjestämisen tärkeyttä ja käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituspaikan valintaa voimassaolevan aikataulun mukaisesti. Valtioneuvosto on vuonna 1983 tekemässään ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyön tavoitteita koskevassa periaatepäätöksessä todennut, että vuoden 2000 loppuun mennessä olisi oltava selvitettynä ja valittuna sellainen loppusijoituspaikka, johon loppusijoitustilat voidaan tarvittaessa rakentaa.

- Käytetty ydinpolttoaine voitaisiin periaatteessa myös jälleenkäsitellä. Loppusijoitusvelvoite koskisi silloin jälleenkäsittelyssä syntynyttä ydinjätettä, josta osa on runsasaktiivista ja verrattavissa käytettyyn ydinpolttoaineeseen.

- Tutkimusvaiheessa olevat menetelmät, joilla pyritään muuttamaan ydinjätteitä vaarattomammiksi, eivät arvioiden mukaan lähivuosikymmeninä johda teknologioihin, joilla päästäisiin eroon kaikista ydinjätteistä ja loppusijoittamisen tarpeesta.

- Ydinenergian tuotannon seurauksena syntyvistä radioaktiivisista jätteistä on huolehdittava niin, ettei niistä ole vaaraa ihmiselle eikä elolliselle luonnolle, sekä niin, ettei tuleville sukupolville aiheudu kohtuuttomia rasitteita ja etteivät ennustetut vaikutukset tulevien sukupolvien terveyteen ole suuremmat kuin tällä hetkellä hyväksyttävänä pidetyt vaikutukset.

Hakijayhtiö toteaa hakemuksessaan lisäksi, että

- Suunniteltu loppusijoitusratkaisu täyttää esitetyt turvallisuusvaatimukset ja sen avulla vältetään rasitteiden aiheuttaminen tuleville sukupolville. Ratkaisun turvallisuutta on arvioitu laajoissa tutkimuksissa sekä Suomessa että ulkomailla 1980-luvulta lähtien. Ratkaisulla myös poistetaan huolehtimisvelvoite tulevilta sukupolvilta. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusvaiheen päätyttyä loppusijoitustilat voidaan sulkea lopullisesti niin, ettei ydinpolttoaineesta aiheudu uhkaa ihmisille tai luonnolle. Ydinpolttoaine voidaan toisaalta myös palauttaa maan pinnalle.

- Laitoksen terveys- ja ympäristövaikutukset on pessimistisimmissäkin arvioinneissa todettu merkityksettömän pieniksi.

- Laitoksen toiminta ja siihen liittyvät kuljetukset voidaan järjestää niin, että aiheutuvat ympäristövaikutukset ja turvallisuusriskit jäävät merkityksettömän pieniksi.

- Suomen kallioperäolosuhteisiin soveltuvat tekniset ratkaisut loppusijoitustiloja varten on kehitetty.

- Sijoituspaikkatutkimusten tulokset osoittavat Eurajoen Olkiluodon kallioperän soveltuvan loppusijoitukseen.

- Eurajoen Olkiluodossa on varastoituna suurin osa tällä hetkellä olemassa olevasta käytetystä ydinpolttoaineesta ja nykyisessä ydinvoimalaitosten käyttötilanteessa Olkiluodossa myös syntyy tulevaisuudessa enemmän loppusijoitettavaa käytettyä polttoainetta kuin Loviisassa. Loppusijoituslaitoksen sijoittamisella Olkiluotoon voidaan minimoida ydinpolttoaineen kuljetukset.

- Eurajoen kunnassa vallitseva asenneilmapiiri tarjoaa hankkeen valmistelulle hyvät edellytykset.

- Loppusijoitusratkaisu jättää käytännössä joka tapauksessa vielä vuosikymmeniä aikaa loppusijoitusmenetelmän jatkokehitykselle samoin kuin mahdolliselle harkinnalle suunnitelmien muuttamisesta.

- Posiva Oy:n osakasyhtiöt rahastoivat jätehuoltovelvollisina varat ydinjätehuollon tulevia kustannuksia varten Valtion ydinjätehuoltorahastoon ydinenergialaissa määriteltyjen periaatteiden mukaisesti.

Hakemukseen on liitetty ydinenergia-asetuksen 24 §:n edellyttämät selvitykset.

# Hakemuksen käsittely ja päätöksen tekoa edeltäneet toimenpiteet

## Kuuleminen

*Ydinenergialain 13 §:n mukainen yleinen kuuleminen*

Hakija on jakanut laatimansa, kauppa- ja teollisuusministeriön tarkastaman loppusijoitushanketta koskevan, alkuperäisen hakemuksen mukaista laitosta kuvaavan yleispiirteisen selvityksen jokaiseen talouteen Eurajoen kunnassa ja sen naapurikunnissa. Yleispiirteinen selvitys on ollut yleisesti saatavilla hanketta koskevissa, kauppa- ja teollisuusministeriön julkisissa ilmoituksissa mainituissa paikoissa.

Hankkeen vireilläolosta on kuulutettu Eurajoen, Euran, Kiukaisten, Lapin, Luvian ja Nakkilan kuntien sekä Rauman kaupungin ilmoitustauluilla. Hankkeen vireilläolosta on lisäksi ilmoitettu seuraavissa lehdissä: Helsingin Sanomat, Hufvudstadsbladet, Länsi-Suomi, Satakunnan Kansa ja Uusi-Rauma.

Ydinenergialain edellyttämä julkinen kuulemistilaisuus järjestettiin Eurajoella 9.11.1999. Kirjallinen kooste tilaisuudessa esitetyistä mielipiteistä sisältyy tämän päätöksen liitteeseen.

*Periaatepäätöshakemuksesta pyydetyt lausunnot*

Kauppa- ja teollisuusministeriö on hankkinut alkuperäisestä hakemuksesta ydinenergialain 12 §:n mukaisesti lausunnon ympäristöministeriöltä sekä Eurajoen kunnan kunnanvaltuustolta ja Eurajoen naapurikunnilta. Ydinenergia-asetuksen 25 §:n mukaisesti ministeriö on pyytänyt hakemuksesta lausunnon seuraavilta tahoilta: sisäasiainministeriö, puolustusministeriö, Länsi-Suomen lääninhallitus, Satakuntaliitto, Lounais-Suomen ympäristökeskus ja ydinenergianeuvottelukunta.

Kauppa- ja teollisuusministeriö on lisäksi pyytänyt lausunnon seuraavilta tahoilta: sosiaali- ja terveysministeriö, valtiovarainministeriö, liikenneministeriö, Suomen ympäristökeskus, Loviisan kaupunki, Energia-alan Keskusliitto ry Finergy ja Suomen luonnonsuojeluliitto. Ministeriö on lisäksi lähettänyt periaatepäätöshakemuksen tiedoksi mahdollista lausuntoa varten seuraaville tahoille: Teollisuuden ja Työnantajain keskusliitto, Suomen yrittäjät, Maa- ja metsätaloustuottajien Keskusliitto MTK ry, Suomen Ammattiliittojen Keskusjärjestö SAK ry, AKAVA ry, Toimihenkilökeskusjärjestö STTK ry, Svenska Lantsbruksproducenternas Centralförbund.

Kaikista lausunnoista on tehty yhteenveto, joka sisältyy tämän päätöksen liitteeseen.

*Ilmoitus Ruotsin viranomaisille*

Suomen, Norjan, Ruotsin ja Tanskan välillä 15 päivänä marraskuuta 1976 tehdyn, maiden välisten rajojen läheisyyteen rakennettavien ydinlaitosten turvallisuuskysymyksiin liittyvän yhteydenoton suuntaviivoja koskevan sopimuksen (SopS 19/1977) mukaisesti on hankkeesta ilmoitettu Ruotsin viranomaisille. Näiden puolesta lausunnon antoi Sta-

tens kärnkraftsinspektion, jonka lausuntoa on selostettu tämän päätöksen liitteenä olevassa lausuntoyhteenvedossa.

**Alustava turvallisuusarvio**

Ydinenergialain 12 §:n mukaisesti kauppa- ja teollisuusministeriö on pyytänyt Säteilyturvakeskukselta (STUK) hanketta koskevan, ydinenergia-asetuksen 25 §:n 2 momentin mukaisen alustavan turvallisuusarvion. Säteilyturvakeskus on liittänyt antamaansa turvallisuusarvioon ydinenergialain 56 §:n 2 momentissa tarkoitetun neuvottelukunnan (ydinturvallisuusneuvottelukunta) lausunnon. Alustava turvallisuusarvio on tämän päätöksen liitteenä. Lisäksi Säteilyturvakeskus on antanut hankkeesta lausunnon, jota samoin kuin Ydinturvallisuusneuvottelukunnan lausuntoa on selostettu tämän päätöksen liitteenä olevassa lausuntoyhteenvedossa.

**Muut selvitykset**

Periaatepäätöshakemuksen liitteenä Posiva Oy on toimittanut kauppa- ja teollisuusministeriölle hanketta koskevan, ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain (468/1994) mukaisen arviointiselostuksen. Laissa määriteltynä yhteysviranomaisena ministeriö on antanut selostuksesta ja sen riittävyydestä lausunnon sekä liittänyt tämän lausunnon periaatepäätöksen valmisteluaineistoon.

Hallintomenettelylain 15 §:n mukaisesti kauppa- ja teollisuusministeriö on pyytänyt hakijayhtiöltä vastineen hankkeesta annetuista lausunnoista ja alustavasta turvallisuusarviosta. Vastinetta on selostettu tämän päätöksen liitteenä olevassa lausuntoyhteenvedossa.

Kauppa- ja teollisuusministeriö on laatinut periaatepäätöksen ratkaisemista varten valtioneuvostolle ydinenergia-asetuksen 26 §:n 1 momentissa edellytetyn ydinjätehuoltoa koskevan katsauksen. Katsaus on tämän päätöksen liitteenä.

## Päätöksen tekoon sovellettavat lainkohdat

Ydinenergialain 14 §:n 1 momentissa säädetään, että ennen kuin valtioneuvosto tekee lain 11 §:ssä tarkoitetun periaatepäätöksen, sen on todettava, että

- suunnitellun ydinlaitoksen sijaintikunta on lain 12 §:ssä tarkoitetussa lausunnossaan puoltanut ydinlaitoksen rakentamista, ja että

- esiin ei ole tullut seikkoja, jotka osoittaisivat, ettei ole riittäviä edellytyksiä rakentaa ydinlaitosta siten kuin lain 6 §:ssä edellytetään. Kyseisen 6 §:n mukaan ydinenergian käytön on oltava turvallista eikä siitä saa aiheutua vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle.

Ydinenergialain 14 §:n 2 momentissa säädetään, että jos valtioneuvosto on todennut 1 momentissa säädettyjen edellytysten täyttyneen, sen on harkittava periaatepäätöstä yh-

teiskunnan kokonaisedun kannalta ja otettava huomioon ydinlaitoksesta aiheutuvat hyödyt ja haitat, kiinnittäen erityisesti huomiota 1) ydinlaitoksen tarpeellisuuteen maan energiahuollon kannalta, 2) ydinlaitoksen suunnitellun sijaintipaikan sopivuuteen ja ydinlaitoksen ympäristövaikutuksiin sekä 3) ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon järjestämiseen.

## Hakemuksen osittainen siirtäminen

Valtioneuvosto siirtää hakijayhtiön pyynnöstä hakemuksen ratkaisemisen siltä osin kuin se koskee Suomeen mahdollisesti rakennettavan uuden ydinvoimalaitoksen toiminnassa syntyvän käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta ratkaistavaksi vireillä olevan, Teollisuuden Voima Oy:n jättämän uuden ydinvoimalaitoksen rakentamista koskevan periaatepäätöshakemuksen käsittelyn yhteydessä.

## Periaatepäätöksen ennakkoedellytysten täyttyminen

### Eurajoen kunnan lausunto

Eurajoen kunnanvaltuusto on antanut hankkeesta lausunnon, jossa se puoltaa hakemuksessa esitetyn loppusijoituslaitoksen rakentamista Eurajoen Olkiluotoon. Kunnanvaltuuston päätös Eurajoen kunnan puoltavasta lausunnosta tuli lainvoimaiseksi 17.11.2000.

### Edellytykset rakentaa laitos ydinenergialain 6 §:n mukaiseksi

Säteilyturvakeskuksen tekemässä alustavassa turvallisuusarviossa ei ole tullut esiin seikkoja, jotka osoittaisivat, ettei ole riittäviä edellytyksiä rakentaa esitettyä loppusijoituslaitosta siten, että laitos on turvallinen ja että siitä ei aiheudu vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle. Turvallisuusarvion johtopäätöksenä Säteilyturvakeskus toteaa, että myönteisen periaatepäätöksen tekeminen tässä vaiheessa on turvallisuuden kannalta perusteltua.

Ympäristövaikutusten arviointiselostuksen mukaan loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutukset jäävät vähäisiksi eikä laitoksesta aiheutuisi terveydellistä haittaa ihmisille. Yhteysviranomaisena antamassaan lausunnossa kauppa- ja teollisuusministeriö totesi hanketta koskevan ympäristövaikutusten arviointiselostuksen olevan hankkeen nykyvaiheen huomioon ottaen riittävän laaja-alainen ja yksityiskohtainen sekä ministeriön näkemyksen mukaan täyttävän ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain ja asetuksen vaatimukset sekä hankkeen ympäristövaikutusten arviointiohjelmassa asetetut tavoitteet.

Hakemuksesta annetuissa lausunnoissa ei ole tuotu esiin seikkoja, jotka osoittaisivat, että loppusijoituslaitosta ei voitaisi rakentaa turvalliseksi tai että siitä olisi haittaa ympäristölle, ihmisille tai omaisuudelle.

Säteilyturvakeskuksen alustavaan turvallisuusarvioon, annettuihin lausuntoihin, ympäristövaikutusten arviointiselostukseen sekä selostusta koskevaan yhteysviranomaisen lausuntoon ja hakijan hakemukseen liittämiin, ydinenergia-asetuksen 24 §:n mukaisiin selvityksiin viitaten valtioneuvosto toteaa, ettei ole tullut esiin seikkoja, jotka osoittaisivat, että ei ole riittäviä edellytyksiä rakentaa suunniteltu loppusijoituslaitos siten kuin ydinenergialain 6 §:ssä edellytetään.

## Periaatepäätöksen harkinta

Valtioneuvosto on todennut, että suunnitellun ydinlaitoksen sijaintikunta Eurajoki on puoltanut laitoksen rakentamista ja että ei ole tullut esiin seikkoja, jotka osoittaisivat, että laitosta ei voitaisi rakentaa siten kuin ydinenergialain 6 § edellyttää, ja harkinnut hankkeen hyötyjä ja haittoja yhteiskunnan kokonaisedun kannalta ja päättänyt tehdä 11 päivänä joulukuuta 1987 annetun ydinenergialain (990/1987) 11 §:n nojalla periaatepäätöksen suunnitellun ydinlaitoksen rakentamisesta.

## Periaatepäätös

> Suomen nykyisten ydinvoimalaitosten toiminnassa syntyvän käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen, sellaisena kuin hakemuksen laitoskuvaus sen keskeisiltä toimintaperiaatteiltaan ja turvallisuuden varmistamiseen liittyviltä ratkaisuiltaan esittää, rakentaminen Eurajoen kunnan Olkiluotoon on yhteiskunnan kokonaisedun mukaista.

Tämän periaatepäätöksen nojalla loppusijoitustiloja voidaan rakentaa enintään sille määrälle käytettyä ydinpolttoainetta kuin Suomen nykyisten ydinvoimalaitosten kulloinkin voimassa olevien käyttölupien perusteella arvioidut loppusijoitustarpeet edellyttävät niin, että loppusijoitettavan ydinpolttoaineen määrä kokonaisuudessaan on enintään noin 4000 tonnia.

Tämä loppusijoituslaitosta koskeva periaatepäätös merkitsee, että hanke voi edetä maanalaisten tutkimustilojen rakentamiseen ja paikkakohtaisiin tarkempiin tutkimuksiin.

## Periaatepäätöksen voimassaolo

Tämä periaatepäätös raukeaa, mikäli ydinenergialain 18 §:n mukaista lupaa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamisen aloittamiseksi Olkiluotoon ei ole haettu 15 vuoden kuluessa siitä, kun eduskunta on päättänyt periaatepäätöksen voimaan jäämisestä.

# Periaatepäätöksen vaikutuksia

Hankkeen toteuttaminen edellyttää ydinenergialain mukaan valtioneuvoston myöntämää rakentamislupaa ja myöhemmin käyttölupaa, joiden yhteydessä hanketta jälleen tarkastellaan yhteiskunnan kokonaisedun kannalta. Lupien myöntämisen edellytyksenä on myös muun muassa, että hanke on turvallinen eikä siitä aiheudu vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle. Tästä loppusijoituslaitosta koskevasta periaatepäätöksestä ei seuraa oikeutta korvaukseen, jos rakentamislupaa ei myönnetä.

Loppusijoituslaitoksen rakentamislupakäsittelyä varten luvanhakijan on toimitettava viranomaisille mm. useita ydinenergialain ja -asetuksen mukaisia, laitoksen turvallisuuden osoittavia selvityksiä sekä ajantasaiset selvitykset laitoksen ympäristövaikutuksista ja niistä suunnitteluperusteista, joita hakija aikoo noudattaa ympäristövahinkojen välttämiseksi ja ympäristörasituksen rajoittamiseksi.

Hankkeen ympäristövaikutusten selvityksissä hakijan on esitettävä tarkennetut selvitykset ydinpolttoaineen kuljetusvaihtoehtojen turvallisuudesta ja vaikutuksista ympäristöön sekä osoitettava, että kuljetukset voidaan toteuttaa turvallisesti ja niin, että vaarallisten aineiden kuljetuksesta annetun lain (719/1994) sekä sen nojalla annettujen säännösten vaatimukset tulevat täytetyiksi.

Valtioneuvosto on päätöksessään käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuudesta (478/1999) säätänyt hankkeeseen sovellettavista turvallisuusvaatimuksista ja niiden täyttymisen osoittamisesta. Hankkeesta vastaavan on luotettavin selvityksin osoitettava laitoksen käytön turvallisuus sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Näihin sisältyy selvitys teknisten vapautumisesteiden toimivuudesta (muun muassa kapselit ja loppusijoitustilojen täyteaineet) vallitsevissa loppusijoitusolosuhteissa ottaen huomioon muun muassa suolaisen veden ja ydinpolttoaineesta vapautuvan lämmön vaikutukset. Kyseisen päätöksen mukaan pitkäaikaisturvallisuuden tulee perustua toisiaan varmistaviin vapautumisesteisiin siten, että yhden vapautumisesteen toimintakyvyn vajavuus tai ennustettavissa oleva geologinen muutos ei vaaranna pitkäaikaisturvallisuutta. Hakijan tulee esittää selvitys siitä, että loppusijoitusalueen kallioperässä tai sen kautta ei tapahdu radioaktiivisten aineiden kulkeutumista ympäristöön niin, että niistä voisi lyhyellä tai pitkällä aikavälillä aiheutua haittaa ihmisille, omaisuudelle tai ympäristölle mukaan lukien meriympäristö. Ympäristövaikutusten selvityksissä on otettava huomioon myös mahdolliset vaikutukset eläin- ja kasvilajeihin. Lisäksi selvityksissä on otettava huomioon kaikki kemialliset ja fysikaaliset prosessit ja vuorovaikutukset, joilla voi olla merkitystä loppusijoituksen turvallisuudelle.

Valtioneuvoston edellä mainitun päätöksen mukaan loppusijoitus tulee suunnitella siten, että pitkäaikaisturvallisuuden varmistaminen ei edellytä loppusijoituspaikan valvontaa ja että loppusijoitustila on avattavissa, mikäli kehittynyt tekniikka tekee sen tarkoituksenmukaiseksi. Hakemuksen mukaan loppusijoitus on suunniteltu niin, että loppusijoitettujen kapseleiden palautus maan pinnalle on teknisesti mahdollista hankkeen kaikissa vaiheissa. Hankkeesta vastaavan on ennen mahdollista rakentamislupaa esitettävä tarkennetut, riittävän yksityiskohtaiset selvitykset ja suunnitelmat loppusijoitustilojen avattavuudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä sekä avaustekniikasta ja avaamisen turvalli-

suudesta. Samoin on esitettävä ajantasainen arvio avaamisen kustannuksista. Näissä suunnitelmissa on otettava huomioon se, ettei pitkäaikaisturvallisuus saa heikentyä avattavuuden ja palautettavuuden seurauksena.

Tämä periaatepäätös ei millään tavalla rajoita kauppa- ja teollisuusministeriön mahdollisuuksia tehdä ydinenergialain 28 §:n nojalla ydinjätehuollon periaatteita koskevia uusia päätöksiä, joiden mukaisesti voidaan esimerkiksi velvoittaa ydinvoimayhtiöt seuraamaan hakemuksessa esitetystä ratkaisusta poikkeavien käytetyn ydinpolttoaineen huollon menetelmien kehitystä ja raportoimaan ministeriölle menetelmäkehityksen mahdollisista vaikutuksista tämän periaatepäätöksen mukaisen loppusijoitusratkaisun tarkoituksenmukaisuuteen.

Ydinenergia-asetuksen 74 §:n mukaisesti ydinenergialain 28 §:ssä säädetyn tarkoituksen toteuttamiseksi on jätehuoltovelvollisen toimitettava vuosittain kauppa- ja teollisuusministeriölle ydinvoimayhtiöiden ydinjätehuoltoa ja siten myös loppusijoituksen suunnittelua ja toteutusta koskevat suunnitelmat. Mainitun asetuksen 74 §:ssä todetaan myös, että suunnitelma voidaan vaatia tehtäväksi muulloinkin, mikäli aihetta siihen katsotaan olevan. Ministeriö on ydinvoimayhtiöiden ydinjätehuollon selvityksistä antamassaan päätöksessä 29.6.2000 todennut, että vuosien 2001-2004 loppusijoitusta koskeva, Posiva Oy:n voimayhtiöiden puolesta esittämä loppusijoituksen tutkimusohjelma on riittävä seuraavan tutkimusohjelman pohjaksi edellyttäen, että valtioneuvosto tekee hanketta koskevan myönteisen periaatepäätöksen ja eduskunta sen hyväksyy. Seuraavissa tutkimusohjelmaa koskevissa päätöksissään ministeriö ottaa huomioon jäljellä olevat tutkimustarpeet, hankkeen vaiheen ja loppusijoitushankkeen suunnitellun aikataulun.

Tämän periaatepäätöksen perusteella rakennettavassa laitoksessa voidaan siinä tapauksessa, että se turvallisuusnäkökohtien perusteella on tarpeellista, käsitellä ja sinne loppusijoittaa luvanhaltijan ja ydinturvallisuusviranomaisen suostumuksella myös Suomen nykyisillä ydinvoimalaitoksilla ydinpolttoaineen käytön seurauksena syntynyttä muuta ydinjätettä, jonka ympäristö- ja muilla vaikutuksilla ei ole kyseisen materiaalin määrä ja kokonaisaktiivisuus huomioon ottaen merkitystä loppusijoituksen turvallisuuden kannalta. Loppusijoituslaitoksen rakentamislupaa haettaessa vaaditaan ydinenergialain ja -asetuksen mukaisesti esitettäväksi yksityiskohtaiset tekniset suunnitelmat, turvallisuusselvitykset ja selvitykset ympäristövaikutuksista kaikkien jätteiden osalta, jotka loppusijoituslaitokseen aiotaan sijoittaa.

## Periaatepäätöksen perustelut

Ydinenergian käyttö edellyttää ydinenergialain mukaista lupaa ja lain mukaan luvanhaltijan, jonka toiminnan seurauksena syntyy tai on syntynyt ydinjätettä, on velvollinen huolehtimaan kaikista toimintansa seurauksena syntyvien ydinjätteiden ydinjätehuoltoon kuuluvista toimenpiteistä ja niiden asianmukaisesta valmistelemisesta sekä vastaamaan niiden kustannuksista. Mainitusta velvollisuudesta seuraa ydinenergiaa tuottavien yhtiöiden velvollisuus vastata myös laitostensa käytetyn ydinpolttoaineen huollosta. Ydinenergialain 6 a §:ssa puolestaan on säädetty, että ydinjätteet, jotka ovat synty-

neet Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen.

Suomessa on loppusijoitukseen tähdäten jo parinkymmenen vuoden ajan pitkäjänteisesti tehty valmisteluja, joita ovat ohjanneet muun muassa

- valtioneuvoston vuonna 1983 tekemä ydinjätehuollon tutkimuksen, selvityksen ja suunnittelutyön tavoitteita koskeva periaatepäätös, jonka mukaan Suomessa mahdollisesti tapahtuvaan käytetyn polttoaineen loppusijoittamiseen on varauduttava siten, että vuoden 2000 loppuun mennessä on, päätöksessä lueteltujen välitavoitteiden kautta, valittu ja selvitetty sellainen sijoituspaikka, johon loppusijoitustilat voidaan tarvittaessa rakentaa, ja samoin jonka mukaan loppusijoitustilasta ja mahdollisesta käytetyn polttoaineen kapselointilaitoksesta luvanhaltijoiden on varauduttava esittämään valvontaviranomaisille rakentamislupaa varten tarvittavat suunnitelmat vuoden 2010 loppuun mennessä;

- valtioneuvoston vuonna 1983 tekemät lupapäätökset (34/814/82) Teollisuuden Voima Oy:n ydinvoimalaitosyksiköiden käytön jatkamisesta, joihin sisältyy määräys varautua Suomessa tapahtuvaan, turvallisuus- ja ympäristösuojeluvaatimukset täyttävään loppusijoittamiseen pitäen suunnittelulähtökohtana sitä, että loppusijoittaminen voidaan aloittaa noin vuodesta 2020;

- kauppa- ja teollisuusministeriön vuonna 1991 ja 1995 ydinenergialain nojalla tekemät ydinjätehuoltoa koskevat päätökset, joilla edellä mainitun, vuonna 1983 tehdyn periaatepäätöksen loppusijoitukseen tähtäävä toimintaohjelma ja aikataulu on saatettu sekä Teollisuuden Voima Oy:tä (7/815/91) että Fortum Power and Heat Oy:tä (11/815/95) sitoviksi, ja

- valtioneuvoston päätös (478/1999) käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuudesta, joka koskee käytetyn ydinpolttoaineen sijoittamista pysyväksi tarkoitetulla tavalla kallioperään ja jonka mukaan loppusijoitus kokonaisuutena on suunniteltava turvallisuuden kannalta edullisesti, jolloin suunnittelussa on otettava huomioon käytetyn ydinpolttoaineen aktiivisuuden vähentäminen välivarastoinnilla sekä parhaan tekniikan ja tieteellisen tiedon hyväksikäyttö, mutta jonka mukaan loppusijoitusta ei saa tarpeettomasti siirtää.

Suomen energiataloudessa tai tulevaisuuteen vaikuttavissa energiapoliittisissa päätöksissä, maamme yhteiskuntaoloissa tai yleisessä kansainvälisessä kehityksessä, ydinenergian tuotannossa Suomessa ja tuotannossa kertyvän käytetyn ydinpolttoaineen määrässä, Suomen ydinjätehuoltoon ja loppusijoitukseen vaikuttavissa taloudellisissa tekijöissä tai turvallisuusnäkökohdissa ei ole tapahtunut sellaisia muutoksia eikä selvityksissä tai lausunnoissa tullut esiin sellaisia niitä koskevia seikkoja, joiden perusteella ydinjätehuollon vastuita ja loppusijoitusta koskevia periaatteita, säädöksiä, päätöksiä tai aikatauluja tulisi muuttaa.

Luotettavan ja turvallisen loppusijoitusratkaisun kehittämisen ja sen Suomessa tapahtuvan toteutuksen kannalta on edullista, että loppusijoitukseen tähtäävä prosessi jatkuu

keskeytyksittä, jolloin myös suomalaisen teknistieteellisen osaamisen taso ja määrä todennäköisimmin säilyvät.

Yhteiskunnan sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä tavoiteltavan tasapainoisen kehittämisen kannalta on myös tarpeellista huolehtia hyvissä ajoin siitä, että nykysukupolven ydinenergian käytön yhteydessä syntyvän ydinjätteen ja siis myös käytetyn ydinpolttoaineen kertyminen ei muodosta taakkaa tai huolehtimisvelvollisuutta tuleville sukupolville.

Mikäli käytetty ydinpolttoaine jälleenkäsiteltäisiin, jäljelle jäisi joka tapauksessa runsasaktiivista ydinjätettä. Säteilyturvakeskus on lausunnossaan todennut, että tähän mennessä esitetyt ratkaisut ydinjätteiden käsittelemiseksi niiden vaarallisuuden vähentämistarkoituksessa (jälleenkäsittely, transmutaatio) eivät poista tarvetta loppusijoittaa runsasaktiivista ydinjätettä.

Säteilyturvakeskuksen lausunnon mukaan turvallisuuden kannalta vähiten epävarmuuksia sisältävä vaihtoehto Suomen olosuhteissa on käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus kallioperään. Edelleen Säteilyturvakeskuksen mukaan myös lainvastaisen käytön estämisen kannalta tarkoituksenmukaisin tapa on eristää käytetty ydinpolttoaine sijoittamalla se lopulliseksi tarkoitetulla tavalla syvälle kallioperään.

Posiva Oy:n periaatepäätöshakemuksen jättämisajankohta sekä hakemuksessa hankkeelle esitetty toteuttamistapa ja -aikataulu vastaavat niitä vaatimuksia ja velvoitteita, jotka lainsäädännössä ja sen nojalla on Teollisuuden Voima Oy:lle ja Fortum Power and Heat Oy:lle asetettu. Niinikään hankkeen suunnitteluperusteet noudattavat valtioneuvoston käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuutta koskevan päätöksen (478/1999) vaatimuksia eikä ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä ole tullut esiin hankkeesta aiheutuvia valtakunnallisesti merkittäviä ympäristöhaittoja.

Ottaen huomioon edellä todetut ydinjätehuollon vastuut ja velvoitteet sekä loppusijoitusta koskevat ydinenergialain vaatimukset ja muut säädökset sekä lisäksi sen, että suunniteltu loppusijoitusratkaisu on nykytiedon mukaan turvallinen, valtioneuvosto katsoo, että on tarkoituksenmukaista edetä loppusijoitukseen tähtäävässä valmistelutyössä sillä tavalla ja siinä aikataulussa kuin valtioneuvoston päätöksissä on hahmoteltu. Näin ollen on perusteltua tehdä Posiva Oy:n täsmennetyssä hakemuksessa esitetyn loppusijoituslaitoksen rakentamista koskeva periaatepäätös.

Ydinenergialain 6 b §:n mukaan ydinjätteitä, jotka ovat syntyneet muualla kuin Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, ei saa käsitellä, varastoida tai sijoittaa pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomessa. Ei myöskään ole tehty päätöksiä nykyisten ydinvoimalaitosten käyttöajan jatkamisesta niiden käyttölupien voimassaolon päättymisen jälkeen eikä periaatepäätöksiä uusien ydinvoimalaitosten rakentamisesta. Näistä syistä valtioneuvosto katsoo, että loppusijoitustilojen rakentaminen etukäteen suuremmalle määrälle käytettyä ydinpolttoainetta kuin syntyy nykyisissä Suomessa sijaitsevissa ydinvoimalaitoksissa ei tue kansallisen lainsäädännön tarkoitusta. Valtioneuvosto katsoo lisäksi, ettei ole tarpeellista rakentaa loppusijoitustiloja etukäteen enempää kuin käytetyn ydinpolttoaineen huolto laitosten kulloinkin voimassa ole-

vien käyttölupien perusteella edellyttää, sillä siinäkin tapauksessa, että laitosten käyttöaikaa jatketaan, loppusijoitusta edeltää riittävän pitkä välivarastointijakso loppusijoitustilojen laajentamiseksi.

Valtioneuvosto katsoo, että on hyväksyttävää sekä tekniseltä ja taloudelliselta kannalta perusteltua keskittää Suomessa syntyneen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus yhdelle paikkakunnalle. Kuten Säteilyturvakeskus on lausunnossaan todennut, käytetyn polttoaineen kuljetus loppusijoituslaitokseen voidaan järjestää turvallisuusmääräysten mukaisesti.

Edelleen valtioneuvosto toteaa, ettei ole tullut esiin seikkoja, jotka osoittaisivat esitetyn loppusijoituspaikan soveltumattomaksi hankkeen toteuttamiseen, sillä

- alueen kallioperä on laadultaan sellainen, että siihen voidaan selvitysten mukaan rakentaa suunnitellut loppusijoitustilat niin, että rakentamiselle ja loppusijoitukselle lyhyellä ja pitkällä aikavälillä asetettavat turvallisuusvaatimukset täyttyvät;

- ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä ei ole tullut esiin hankkeesta aiheutuvia paikallisesti merkittäviä ympäristöhaittoja;

- kaavoitus ei aseta estettä hankkeen toteuttamiselle;

- loppusijoituspaikan lähialueella ei ole tunnettuja luonnonvaroja, joiden taloudellisen hyödyntämisen laitoksen toteuttaminen estäisi;

- esiin ei ole tullut sellaisia kielteisiä yhteiskunnallisia tai taloudellisia vaikutuksia, joiden merkitys Eurajoen kunnassa olisi suurempi kuin muissa mahdollisesti kysymykseen tulevissa loppusijoituslaitoksen sijaintikunnissa; ja

- esiin ei ole tullut myöskään muita vaikutuksia, jotka synnyttäisivät kunnasta sellaisia kielteisiä mielikuvia, joista seurausvaikutuksena koituisi Eurajoelle erityistä taloudellista tai yhteiskunnallista haittaa tai joiden merkitys Eurajoen kunnassa olisi suurempi kuin muissa mahdollisesti kysymykseen tulevissa loppusijoituslaitoksen sijaintikunnissa.

Suunnitellun loppusijoituspaikan etuna hankkeen toteuttamisen kannalta on mm. loppusijoituslaitoksen rakentamista, toimintaa ja turvajärjestelyjä tukeva infrastruktuuri alueella jo sijaitsevan ydinvoimalaitoksen ansiosta. Lisäksi loppusijoituslaitoksen sijaintipaikka ydinvoimalaitoksen läheisyydessä on edullinen kuljetusteknisten kysymysten ratkaisemisen kannalta. Myös laitoksen rakentamisen aikaiset häiriöt ihmisille ovat ympäristövaikutusten arviointiselostuksen mukaan vähäiset.

Loppusijoituslaitoksen käytöstä ei synny uusia radioaktiivisia aineita. Kapselointilaitoksen käytöstä ja käytöstäpoistosta syntyvien ydinjätteiden huolto puolestaan on suunniteltu ja järjestettävissä siten, ettei säteilyturvallisuutta lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä vaaranneta.

Hakijayhtiö Posiva Oy perii omistajayhtiöidensä ydinvoimalaitosten käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoinnin jälkeisen huollon kustannukset, mukaan lukien loppusijoituksen suunnittelun, toteuttamisen ja käytön kustannukset kyseisiltä yhtiöiltä. Mainitut jätehuoltovelvolliset omistajayhtiöt keräävät vuosittain varoja tulevia kustannuksia vastaavasti Valtion ydinjätehuoltorahastoon ydinenergialaissa määriteltyjä periaatteita noudattaen.

Hakijayhtiö on osoittanut, että sillä on hankkeen tutkimuksen ja suunnittelun sekä loppusijoituslaitoksen rakentamisen, käytön ja sulkemisen edellyttämä asiantuntemus ja sen lisäksi käytössään osakasyhtiöidensä asiantuntemus. Yhtiöllä on myös yhteydet asiantuntijaverkostoon, johon kuuluu sekä kotimaisia että ulkomaisia tutkimuslaitoksia, korkeakouluja ja konsulttiyrityksiä. Lisäksi yhtiöllä on sopimus suunnitteluyhteistyöstä ja tiedonvaihdosta useiden maiden ydinjätehuolto-organisaatioiden kanssa

Edellä esitetyn perusteella valtioneuvosto katsoo ottaen huomioon

- loppusijoituksen aseman ydinjätehuollossa osana turvallista ydinenergian käyttöä ja sitä kautta osana energiahuoltoa;
- yhteiskunnallisen vastuun huolehtia ydinpolttoaineen kierron turvallisesta ja kokonaisvaltaisesta ratkaisemisesta;
- yhteiskunnallisen vastuun valmistautua loppusijoitukseen aiempien päätösten aikatauluja noudattaen;
- sen, että esitetty loppusijoitusratkaisu toteuttaa laissa ja sen nojalla jätehuoltovelvollisille asetetut vaatimukset;
- sen, ettei ole tullut esiin seikkoja, jotka osoittaisivat, ettei esitetty loppusijoitusratkaisu ole toteutuskelpoinen;
- esitetyn loppusijoitusratkaisun turvallisuuden varmistamiseksi laaditut suunnitelmat;
- sen, ettei ole tullut esiin seikkoja, jotka osoittaisivat, ettei esitetty loppusijoituspaikka sovellu hankkeen toteuttamiseen;
- esitetyn loppusijoituslaitoksen arvioidut ympäristövaikutukset;
- hankkeen muut hyödyt ja selvityksissä esiin tulleet mahdolliset haitat sekä haittojen laadun ja todennäköisyyden;
- sen, ettei näköpiirissä ole muita ydinenergialain mukaisia, teknillisesti toteutuskelpoisia ratkaisuja käytetyn ydinpolttoaineen tai runsasaktiivisen ydinjätteen loppusijoittamiseksi;

- ydinenergialaissa esitetyn rajoituksen, jonka mukaan Suomessa saa sijoittaa pysyväksi tarkoitetulla tavalla vain Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena syntyviä ydinjätteitä; ja sen

- ettei ole tehty periaatepäätöksiä mahdollisten uusien ydinvoimalaitosten rakentamisesta Suomeen,

että täsmennetyn hakemuksen mukainen hanke on yhteiskunnan kokonaisedun mukainen siten, että loppusijoitustiloja rakennetaan enintään sille määrälle käytettyä ydinpolttoainetta kuin Suomessa sijaitsevien nykyisten ydinvoimalaitosten kulloinkin voimassa olevien käyttölupien perusteella arvioidut loppusijoitustarpeet edellyttävät.

## Maksu

Tästä päätöksestä on peritty Posiva Oy:ltä 220 000 mk:n maksu, joka on määrätty ydinenergian valvonnasta suoritettavista maksuista annetussa asetuksessa (195/88).

## Eduskuntakäsittely

Tämä päätös annetaan ydinenergialain 15 §:n mukaisesti eduskunnan tarkastettavaksi.

21 päivänä joulukuuta 2000

Kauppa- ja teollisuusministeri Sinikka Mönkäre

Ylitarkastaja Anne Väätäinen

LIITTEET 1 Säteilyturvakeskuksen alustava turvallisuusarvio

2 Yhteenveto lausunnoista ja julkisessa kuulemistilaisuudessa esitetyistä mielipiteistä

3 Käytetyn ydinpolttoaineen huolto; katsaus

KAUPPA- JA TEOLLISUUSMINISTERIÖ
Energiaosasto

Liite 1

# Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen periaatepäätöshakemusta koskeva Säteilyturvakeskuksen alustava turvallisuusarvio

# Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen periaatepäätöshakemusta koskeva Säteilyturvakeskuksen alustava turvallisuusarvio


**1 Johdanto** ... 3

**2 Loppusijoituksen toteutustapa ja ajoitus** ... 4

**3 Loppusijoituslaitoksen suunnitteluperusteet** ... 7

3.1 Yleiset suunnitteluperiaatteet ... 7
3.2 Päästöjen ja onnettomuuksien ehkäiseminen ... 9
3.3 Maanalaisten tilojen suunnittelu ... 12
3.4 Ydinmateriaalivalvonnan järjestäminen ... 13

**4 Vapautumisesteiden toimintakyky** ... 15

**5 Loppusijoituspaikan soveltuvuus** ... 20

**6 Turvallisuusanalyysit** ... 24

6.1 Loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuuden osoittaminen ... 24
6.2 Pitkäaikaisturvallisuuden osoittaminen ... 25

**7 Säteilyturvallisuus** ... 28

7.1 Loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuus ... 28
7.2 Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusten turvallisuus ... 30
7.3 Pitkäaikaisturvallisuus ... 31

**8 Yhteenveto** ... 37

**9 Viitteet** ... 38

**Liitteet** ... 41

# 1 Johdanto

Posiva Oy jätti 26.5.1999 valtioneuvostolle ydinenergialain mukaisen hakemuksen periaatepäätöksen tekemisestä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksesta. Kyseinen loppusijoituslaitos on tarkoitettu maamme ydinvoimalaitosten käytetylle polttoaineelle. Laitoksen sijaintipaikaksi ehdotetaan Eurajoen Olkiluodon voimalaitosalueen lähistöllä olevaa aluetta, joka on yksi neljästä yksityiskohtaisten sijoituspaikkatutkimusten kohteena olleesta alueesta.

Periaatepäätöshakemuksessa esitetty loppusijoitusratkaisu on ollut maassamme tutkimus- ja kehitystyön kohteena noin 20 vuoden ajan. Tavoitteet tälle tutkimus- ja kehitystyölle määriteltiin alun perin valtioneuvoston vuonna 1983 tekemässä päätöksessä. Siihen sisältyivät seuraavat aikataulutavoitteet:

- Väliraportointi valmistelutyön etenemisestä vuosina 1985 ja 1992
- Loppusijoituspaikan valita vuoden 2000 loppuun mennessä
- Valmius rakentamisluvan hakemiseen vuoden 2010 loppuun mennessä
- Valmius loppusijoittamisen aloittamiseen vuodesta 2020 lähtien.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen valmistelutöitä toteutti aluksi Teollisuuden Voima Oy ja vuodesta 1996 lähtien Posiva Oy. Valmistelutyöt ovat tähän mennessä edenneet asetettujen aikataulutavoitteiden mukaisesti. Loppusijoitustekniikkaa, loppusijoituksen turvallisuutta ja sijoituspaikan valintaa koskevat yhteenvetoselvitykset on julkaistu vuosina 1985, 1992 ja 1996 ja STUK on tehnyt niistä asiantuntija-arvioinnit (lausunnot kauppa- ja teollisuusministeriölle dnot 540/2/C82/85, 12.1.1987; 14/1/C61/86, 25.5.1987; C832/91, C832/115, 4.2.1994; A811/17, 31.10.1997). Vuonna 1993 Kansainvälisen atomienergiajärjestön muodostama asiantuntijaryhmä (ns. WATRP review team teki arvion maamme käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitussuunnitelmista (KTM 1994). Näissä arvioinneissa ei ilmennyt esteitä loppusijoitushankkeen jatkamiselle.

Mahdollisen periaatepäätöksen jälkeen ja ennen loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksen jättämistä valtioneuvoston päätettäväksi Posiva Oy:n tarkoituksena on toteuttaa noin kymmenen vuotta kestävä tutkimus- ja kehitystyöohjelma, johon sisältyy muun muassa maanalaisen tutkimustilan rakentaminen valitulle sijoituspaikalle.

Ydinenergialain 12 §:n mukaan kauppa- ja teollisuusministeriön on pyydettävä periaatepäätöshakemuksesta Säteilyturvakeskuksen alustava turvallisuusarvio. Tämän pyynnön ministeriö on esittänyt 24.6.1999 päivätyssä kirjeessään.

Säteilyturvakeskuksen laatima alustava turvallisuusarvio esitetään tässä raportissa. Se pohjautuu valtioneuvoston 25.3.1999 tekemään päätökseen (478/1999) käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuudesta. Raportin kunkin aihekohtaisen luvun

alussa esitetään asiaa koskevat turvallisuusvaatimukset edellä mainitun valtioneuvoston päätöksen mukaan. Eräiltä osin näille vaatimuksille esitetään täsmennyksiä muun muassa valmisteilla olevaan Säteilyturvakeskuksen YVL-ohjeeseen perustuen. Turvallisuusvaatimusten jälkeen kussakin luvussa arvioidaan, miten näiden vaatimusten täyttyminen on osoitettu periaatepäätöshakemuksessa ja sen keskeisissä viiteraporteissa.

Alustavan turvallisuusarvion laatimisen tukena on käytetty useita ulkopuolisia asiantuntijoita. Säteilyturvakeskus on hankkinut periaatepäätöshakemuksen turvallisuuskysymyksistä lausunnot Valtion teknilliseltä tutkimuskeskukselta, Geologian tutkimuskeskukselta, Teknillisen korkeakoulun insinöörigeologian ja geofysiikan laboratoriolta sekä Helsingin yliopiston radiokemian laboratoriolta. Nämä lausunnot ovat liitteinä 1–4. Säteilyturvakeskuksen toimeksiannosta on kymmenen korkeatasoisen ulkomaisen asiantuntijan ryhmä perehtynyt Posiva Oy:n turvallisuusselvityksiin. Tämän asiantuntijaryhmän yhteinen kannanotto on liitteenä 5 ja lisäksi liitteisiin 6–14 sisältyy yhdeksän aihekohtaista raporttia samalta ryhmältä. Säteilyturvakeskus on myös hankkinut Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen valmistustekniikan yksikön asiantuntijoilta arvioinnit kupari-rautakapselin valmistustekniikasta ja pitkäaikaiskestävyydestä. Nämä raportit ovat liitteinä 15 ja 16.

# 2 Loppusijoituksen toteutustapa ja ajoitus

### Turvallisuusvaatimukset

Ydinenergialain 6a §:n mukaan *ydinjätteet, jotka ovat syntyneet Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen.* Lain määritelmien mukaan sijoittaminen pysyväksi tarkoitetulla tavalla on loppusijoitusta. Ydinenergia-asetuksen 76 §:n mukaan *päätettäessä periaatteista, joihin huolehtimisvelvollisuuden on perustuttava, on päätöksen perustuttava siihen, että ydinjätteet voidaan lopullisesti siirtää Suomen oikeudenkäyttövallan ulkopuolelle tai sijoittaa Suomen maa- tai kallioperään.*

Valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 7 § sisältää seuraavat määräykset:

*Loppusijoitus kokonaisuutena on suunniteltava turvallisuuden kannalta edullisesti. Suunnittelussa on otettava huomioon käytetyn ydinpolttoaineen aktiivisuuden vähentäminen välivarastoinnilla sekä parhaan tekniikan ja tieteellisen tiedon hyväksikäyttö. Loppusijoitusta ei kuitenkaan saa tarpeettomasti siirtää.*

*Loppusijoitus tulee suunnitella siten, että pitkäaikaisturvallisuuden varmistaminen ei edellytä loppusijoituspaikan valvontaa ja että loppusijoitustila on avattavissa, mikäli kehittyvä tekniikka tekee sen tarkoituksenmukaiseksi.*

Loppusijoituksen toteutuksen eri vaiheita, sijoituspaikan valinnan jälkeen, ovat:

- maanalaisen tutkimustilan rakentaminen ja käyttö;

- käytetyn ydinpolttoaineen kapselointilaitoksen, aputilojen ja loppusijoitustilojen rakentaminen;
- jätekapselien siirto loppusijoitustiloihin;
- loppusijoitustilojen ja muiden maanalaisten tilojen sulkeminen;
- mahdolliset loppusijoituslaitoksen käytön jälkeiset valvontatoimet.

Nämä vaiheet, jotka voivat olla osittain päällekkäisiä, tulisi ajoittaa ja toteuttaa pitkäaikaisturvallisuuden kannalta edullisesti. Tällöin on otettava huomioon mm seuraavat seikat:

- jätteen aktiivisuuden ja lämmöntuoton vähentäminen ennen loppusijoitusta;
- parhaan käytettävissä olevan tai käyttöön tulossa olevan tekniikan soveltaminen;
- riittävän tutkimustiedon saaminen loppusijoituspaikasta ja muista pitkäaikaisturvallisuuteen vaikuttavista seikoista;
- mahdolliset turvallisuuden varmistamiseen tai ydinaseiden leviämisen ehkäisemiseen tarkoitetut valvontatoimet;
- tarve säilyttää jätekapselien palautettavuus loppusijoitustiloista;
- tavoite säilyttää kallioperän luonnolliset olosuhteet ja muutenkin pitkäaikaisturvallisuuden kannalta edulliset olosuhteet loppusijoitustiloissa;
- pyrkimys välttää jätteen pitkäaikaisesta välivarastoinnista aiheutuvia turvallisuusriskejä ja muita rasitteita jälkipolville.

Loppusijoitustilojen avattavuus tarkoittaa, että tilojen sulkemisen jälkeenkin jätekapselien on oltava palautettavissa loppusijoitustiloista riittävän pitkään. Käytännössä rajaksi muodostunee ajanjakso, jona tekniset vapautumisesteet estävät tehokkaasti loppusijoitettujen radioaktiivisten aineiden vapautumista kallioperään. Loppusijoitus tulisi suunnitella siten, että jätekapselien palautus on tarvittaessa teknisesti mahdollista ja että siihen tarvittavat voimavarat eivät ole kohtuuttomat. Palautettavuuden mahdollistaminen samoin kuin mahdolliset valvontatoimet loppusijoituslaitoksen käytön jälkeen eivät saa heikentää pitkäaikaisturvallisuutta.

**Turvallisuusvaatimusten toteutuminen**

Ehdotetussa loppusijoitusratkaisussa käytetyt polttoaineniput, joita on jäähdytetty vähintään 20 vuotta, ensin kapseloidaan eli sijoitetaan sellaisenaan kuparista ja raudasta valmistettuihin astioihin, jotka suljetaan kaasutiiviiksi. Nämä jätekapselit sijoitetaan bentoniittisaven ympäröiminä kallioperään 400–700 metrin syvyyteen rakennettavaan

laajaan tunneliverkostoon. Tämä loppusijoitusratkaisu on ollut laajan tutkimus- ja kehitystyön kohteena varsinkin Ruotsissa ja Suomessa noin 20 vuoden ajan.

Posiva Oy:n esittämä loppusijoituksen yleisaikataulu loppusijoituslaitoksen rakentamisesta vuoden 2010 jälkeen ja käyttöönotosta vuoden 2020 jälkeen perustuu valtioneuvoston vuonna 1983 päättämään ja KTM:n viimeksi vuonna 1995 vahvistamaan tavoiteaikatauluun. Loppusijoituslaitoksen käytön päättymisestä periaatepäätöshakemuksessa todetaan, että se tehdään aikaisintaan vuonna 2040 ja viimeistään vuonna 2100 sen mukaan, kuinka kauan ydinvoimaa maassamme käytetään. Hakemuksessa on varauduttu nykyisten laitosyksiköiden lisäksi kahden uuden yksikön käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen.

Periaatepäätöksen tekemisen jälkeen Posiva Oy:n on tarkoitus ryhtyä maanalaisen tutkimustilan rakentamiseen valitulla loppusijoituspaikalla. Tätä voidaan pitää tarkoituksenmukaisena, jotta saataisiin turvallisuudesta ja sijoituspaikan soveltuvuudesta varmistautumiseen tarvittavaa tutkimustietoa. Myös Säteilyturvakeskuksen kansainvälinen asiantuntijaryhmä yhtyi tähän käsitykseen (liite 5).

Muilta osin Posiva Oy:n yleisaikataulua ei ole vielä pidettävä lopullisena. Loppusijoituslaitoksen rakentamisen ja käyttöönoton ajankohtaa voidaan tarvittaessa siirtää, mikäli siihen on selkeät perusteet. Myös loppusijoituksen tekninen toteutustapa on määritelty periaatepäätöshakemuksessa varsin väljästi, jolloin sitä voidaan tarvittaessa muokata.

Loppusijoitettujen jätekapselien palautettavuus ei ole ollut alun perin loppusijoituksen suunnitteluperusteena. Posiva Oy on kuitenkin teettänyt selvityksen (Saanio & Raiko 1999), jossa tarkastellaan mahdollisuuksia poistaa jätekapselit loppusijoitustiloista niiden käyttöaikana ja myös sulkemisen jälkeen. Selvityksen mukaan palauttaminen on mahdollista kohtuullisin voimavaroin ja tarvittava tekniikka on vastaavanlaista kuin loppusijoitustiloja rakennettaessa ja jätekapseleita niihin loppusijoitettaessa.

Jälkivalvonnalla tarkoitetaan loppusijoitettujen jätteiden tarkkailua esim. turvallisuudesta varmistautumiseksi tai ydinmateriaalien koskemattomuuden toteamiseksi. Tällaisia valvontatoimia ei varsinaisesti sisälly Posiva Oy:n loppusijoitussuunnitelmiin. Loppusijoitettuihin jätekapseleihin suoranaisesti kohdistuvien valvontatoimien soveltaminen ehdotettuun loppusijoitusratkaisuun ja yleisemminkin loppusijoitukseen kiteiseen kallioperään ei näytä mahdolliselta heikentämättä samalla turvallisuutta. Esim. ydinmateriaalivalvonnan on perustuttava epäsuoriin menetelmiin, joilla havaitaan suljettuihin loppusijoitustiloihin tunkeutuminen.

Jos niin aikanaan halutaan, voidaan osa loppusijoituslaitoksen kuiluista ja päätunneleista pitää käytön jälkeen avoimina loppusijoitustilojen tarkkailemiseksi ja jätekapselien palautettavuuden helpottamiseksi. Itse loppusijoitustunnelit on kuitenkin tarkoituksenmukaista täyttää viipymättä.

Säteilyturvakeskuksen käsityksen mukaan periaatepäätöshakemuksen mukaiseen loppusijoituksen toteutustapaan ja ajoitukseen sisältyy niin runsaasti joustavuutta, että niitä koskevat turvallisuusvaatimukset voidaan ottaa huomioon.

# 3 Loppusijoituslaitoksen suunnitteluperusteet

## 3.1 Yleiset suunnitteluperiaatteet

**Turvallisuusvaatimukset**

Valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 11–16 §:t sisältävät seuraavat määräykset:

*Loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuuden ja pitkäaikaisturvallisuuden varmistamiseksi laitoksen suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä sekä loppusijoitustilojen sulkemisessa tulee:*

*1) soveltaa koeteltua tai muuten huolella tutkittua, korkealaatuista tekniikkaa;*

*2) noudattaa kehittyneitä laadunvarmistusta koskevia ohjelmia; sekä*

*3) ylläpitää kehittynyttä turvallisuuskulttuuria.*

*Loppusijoituslaitoksen käytöstä saatavia kokemuksia on järjestelmällisesti seurattava ja arvioitava. Turvallisuuden parantamiseksi on toteutettava toimenpiteet, joita käyttökokemukset ja turvallisuustutkimukset sekä tieteen ja tekniikan kehittyminen huomioon ottaen voidaan pitää perusteltuina.*

*Loppusijoituslaitoksen järjestelmät, rakenteet ja laitteet on luokiteltava sen perusteella, mikä merkitys niillä on loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuuden ja pitkäaikaisturvallisuuden kannalta. Kultakin järjestelmältä, rakenteelta ja laitteelta edellytettävän laadun sekä sen todentamiseksi tarvittavien tarkastusten ja testausten on oltava riittävät kyseisen kohteen turvallisuusmerkitykseen nähden.*

*Loppusijoituslaitoksessa on varmistettava toiminnot, jotka ovat tärkeitä polttoainenippujen sekä jätekapselien eheyden säilymisen, päästöjen ehkäisemisen ja laitoksen henkilöstön säteilyturvallisuuden kannalta.*

*Loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuuden ja pitkäaikaisturvallisuuden varmistamiseksi tarvittavat tekniset ja hallinnolliset vaatimukset ja rajoitukset on esitettävä turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa. Laitoksen käyttöä, kunnossapitoa, määräaikaistarkastuksia ja -kokeita sekä häiriö- ja onnettomuustilanteita varten on oltava riittävät ohjeet. Järjestelmien ja laitteiden luotettava toiminta on varmistettava huollolla sekä säännönmukaisin määräaikaistarkastuksin ja -kokein.*

*Loppusijoituslaitoksen henkilöstöön kuuluvien on oltava tehtäviinsä soveltuvia, päteviä ja hyvin koulutettuja. Henkilöstöä varten on oltava koulutusohjelmat pätevyyden ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi.*

**Turvallisuusvaatimusten toteutuminen**

Valtioneuvoston päätöksessä esitetyistä yleisistä suunnitteluperiaatteista osa on sen luonteisia, ettei niiden toteutumista ole tarkoituksenmukaista arvioida vielä loppusijoitushankkeen periaatepäätösvaiheessa vaan vasta myöhemmissä luvitusvaiheissa. Näitä ovat erityisesti vaatimukset, jotka koskevat turvallisuusteknisiä käyttöehtoja, käyttöohjeita, määräaikaistarkastuksia ja -testejä, henkilöstön pätevyyttä ja käyttökokemusten seurantaa.

Loppusijoituslaitos koostuu maanpäällisestä osasta, jossa on mm. käytetyn polttoaineen vastaanotto- ja kapselointitilat (ns. kapselointilaitos) sekä maanalaisesta luolastosta, jonne kapseloitu käytetty polttoaine sijoitetaan.

Periaatepäätöshakemuksessa ja sen perustana olevissa Posiva Oy:n raporteissa (Kukkola 1999b, Kukkola 1999c) on esitetty kapselointilaitoksen alustavat suunnitelmat. Posivan esittämä suunnitteluratkaisu perustuu suurelta osin jo käytössä olevaan koeteltuun tekniikkaan, mutta osasta laitoksessa käytettäväksi tarkoitetusta tekniikasta ei ole Suomessa kokemusta tai se on vielä kehitteillä.

Polttoainenippujen käsittelystä kuumakammion ilmatilassa ei ole kokemuksia maassamme, mutta esim. jälleenkäsittelylaitoksilla polttoainenipuille tehdään paljon vaativampia käsittelyoperaatioita kuin suunnitellulla kapselointilaitoksella. Lisäksi kuluneen vuosikymmenen aikana ovat yleistyneet käytetyn ydinpolttoaineen kuivavarastot, joissa polttoainenippuja siirrellään vastaavalla tavalla kuin Posivan esisuunnitelmassa esitetään.

Kuparikapselin valmistus-, sulkemis- ja tarkastustekniikat ovat voimaperäisen tutkimus- ja kehitystyön kohteena sekä Suomessa että Ruotsissa ja viime vuosina alalla on saavutettu huomattavaa edistystä. Posiva Oy on saanut hiljattain valmiiksi ensimmäisen täysimittaisen kupari-rautakapselin, mutta sen mikrorakenne ei vielä vastaa loppusijoituskapselilta vaadittavia laatuominaisuuksia. Säteilyturvakeskus seuraa jätekapselin tutkimus- ja kehitystyötä ja tulee esittämään arvioita sen edistymisestä. Lopullinen arvio laatuvaatimusten täyttymisestä tehdään viimeistään mahdollisessa rakennuslupavaiheessa. Liiteeseen 15 sisältyy seikkaperäinen asiantuntija-arvio jätekapselin valmistustekniikan nykytilanteesta.

Loppusijoituslaitoksen maanpäällisten ja maanalaisten osien alustavia suunnitelmia on esitetty periaatepäätöshakemuksessa sekä Posiva Oy:n raporteissa (Kukkola 1999b, Riekkola ym. 1999). Rakennustekniset suunnitelmat perustuvat olemassa olevaan ja koeteltuun tekniikkaan. Maanalaisen osan suunnitteluperusteiden toteutumista tarkastellaan kohdassa 3.3. Jätekapselin siirrosta bentoniitilla vuorattuun loppusijoitusreikään samoin kuin loppusijoitustunnelien sulkemisesta on lähiaikoina käynnistymässä täyden mittakaavan kokeet Äspön kalliolaboratoriossa Ruotsissa.

Posiva Oy:llä on laatujärjestelmä, jonka tarkoituksena on varmistaa yhtiön toiminnan järjestelmällisyyttä. Posivan laatujärjestelmä sisältää kolmen tason ohjeistukset: varsinaisen laatukäsikirjan (Posiva Oy 1999), menettelyohjeet ja työohjeet.

Laatukäsikirjassa kuvataan Posivan organisaatio sekä yksiköiden ja henkilöiden tehtävät. Toiminnan suunnittelun kuvaus kattaa toimintasuunnitelmien ja yhtiön toimialojen kuvaukset sekä sopimusmenettelyt Posivan asiakkaiden ja alihankkijoiden kanssa. Menettelyohjeissa annetaan yksityiskohtaisia ohjeita tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyölle. Työohjeissa määritellään toimintatavat ja vastuut Posivan itsensä suorittamissa tutkimus- ja kehitystoiminnoissa.

Posiva Oy:n laatujärjestelmä on kansainvälisen ISO 9001 laatujärjestelmän periaatteiden mukainen. Laatujärjestelmän kuvaukset ovat asianmukaiset, riittävän selkeät ja yksityiskohtaiset. Posivan toiminta on Säteilyturvakeskuksen kokemusten perustella ollut kuvausten mukaista. Säteilyturvakeskuksen tarkoituksena on auditoida vuoden 2000 aikana Posivan laatujärjestelmä.

Hyvä turvallisuuskulttuuri merkitsee, että kaikissa niissä organisaatioissa, joiden toiminnalla on vaikutusta turvallisuuteen, annetaan kaikessa toiminnassa riittävä paino turvallisuusasioille. Turvallisuuskulttuuri muodostuu organisaatioiden toimintatavoista ja yksittäisten ihmisten asenteista.

Säteilyturvakeskus on arvioinut Posivassa vallitsevaa turvallisuuskulttuuria ja sen kehittymistä tarkastus- ja valvontatyönsä yhteydessä tehtyjen havaintojen pohjalta. Merkittäviä puutteita ei ole havaittu. Johtopäätöksenä on, että Posivassa ylläpidetään vaatimukset täyttävää turvallisuuskulttuuria. Turvallisuustutkimusten ja loppusijoitushankkeen edistyessä turvallisuuskulttuurin merkitys kasvaa Posivassa ja sen alihankkijoilla, jolloin nykyistä ohjelmallisempi turvallisuuskulttuurin kehittäminen ja turvallisuuskulttuurin sitominen laatujärjestelmään on tarpeen.

Posiva on myös esittänyt hakemuksessaan suunnitelmiaan ja käsityksiään turvallisuustason jatkuvasta parantamisesta, laitoksen turvallisuudelle tärkeiden laitteiden ja järjestelmien luokittelemisesta ja turvallisuustoimintojen varmistamisesta. Säteilyturvakeskuksella ei ole huomauttamista näihin alustaviin suunnitelmiin. Turvallisuusvaatimusten täyttymisen lopullisempi arviointi näiltä osin tehdään mahdollisessa rakentamislupavaiheessa.

Edellä esitetyn perusteella loppusijoituslaitoksen esisuunnitelma täyttää Säteilyturvakeskuksen mielestä riittävällä tavalla valtioneuvoston päätökseen sisältyvät yleiset suunnitteluperiaatteet.

## 3.2 Päästöjen ja onnettomuuksien ehkäiseminen

**Turvallisuusvaatimukset**

Valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 17–21 §:t sisältävät seuraavat määräykset:

Radioaktiivisten aineiden vapautuminen loppusijoituslaitokseen käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyn yhteydessä on rajoitettava vähäiseksi. Vapautuneet kiinteät, nestemäi-

set ja ilmassa olevat hiukkasmaiset radioaktiiviset aineet on otettava talteen ja käsiteltävä radioaktiivisena jätteenä.

*Loppusijoituslaitoksen käytön säteilyturvallisuutta koskevien vaatimusten täyttyminen on varmistettava jatkuvin tai säännönmukaisin mittauksin. Valvonta on kohdistettava erityisesti laitoksen mahdollisiin päästöreitteihin sekä laitoksen ympäristöön.*

*Rakenteellisin ratkaisuin on estettävä sellaisten polttoainekeskittymien muodostuminen, jotka synnyttävät hallitsemattoman neutronien ylläpitämän fissioiden ketjureaktion.*

*Loppusijoituslaitos on suunniteltava siten, että tulipalon todennäköisyys on pieni ja tulipalon seuraukset turvallisuuden kannalta vähäisiä.*

*Loppusijoituslaitos on suunniteltava siten, että estetään luotettavasti räjähdykset, jotka voisivat vaarantaa polttoainenippujen, jätekapselien tai radioaktiivisia aineita sisältävien laitteiden tai tilojen eheyden.*

*Loppusijoituslaitoksen suunnittelussa on otettava huomioon mahdollisina pidettävistä luonnonilmiöistä ja muista laitoksen ulkopuolisista tapahtumista aiheutuvat vaikutukset.*

*Ydinvoimalaitosten turvajärjestelyjä koskevista yleisistä määräyksistä annettua valtioneuvoston päätöstä (396/1991) sovelletaan sen 12 §:n mukaisesti loppusijoituslaitokseen siinä laajuudessa kuin laitokseen kohdistuvasta lainvastaisesta toiminnasta aiheutuva uhka edellyttää.*

*Ydinvoimalaitosten valmiusjärjestelyistä koskevista yleisistä määräyksistä annettua valtioneuvoston päätöstä (397/1991) sovelletaan sen 10 §:n mukaisesti loppusijoituslaitokseen siinä laajuudessa kuin laitoksen ydinvahingosta aiheutuva vaara edellyttää.*

**Turvallisuusvaatimusten toteutuminen**

Loppusijoituslaitoksessa käsitellään vähintään 20 vuotta varastoitua käytettyä polttoainetta. Pitkästä säilytysajasta johtuen polttoaineen aktiivisuus on merkittävästi vähentynyt ja se sisältää vain harvoja radionuklideja, jotka voisivat helposti vapautua häiriö- tai onnettomuustilanteessa. Koska loppusijoituslaitoksessa käsiteltävän polttoaineen jälkilämpö ei ole erityisen suuri eikä käsittelytiloissa tarvita suuria paineita tai lämpötiloja, on suurten radioaktiivisten ainemäärien vapautuminen laitoksen tiloihin tai ympäristöön varsin epätodennäköistä.

Jos loppusijoituslaitos rakennetaan Olkiluotoon, kapselointilaitos saattaa tulla käytetyn polttoaineen välivaraston yhteyteen. Tällöin polttoainenippujen siirto kapselointilaitokselle yksinkertaistuisi ja polttoaineen lämpötilatransienttien rajoittaminen sekä samalla päästömahdollisuuksien vähentäminen voisi olla mahdollista.

Kapselointilaitoksen ja muun loppusijoituslaitoksen tyypilliset käyttöhäiriöt ja onnettomuudet voisivat sattua kuljetusastian, polttoainenipun tai jätekapselin käsittelyn yhteydessä, kuten kuljetusastian pudotessa tai polttoainenipun vaurioituessa kuumakammios-

sa. Onnettomuuksiin on varauduttu Posiva Oy:n esisuunnitelmien mukaan (Kukkola 1999a, Kukkola 1999b) muun muassa siten, että loppusijoituslaitoksessa käsitellään ja säilytetään käytettyä polttoainetta vain joko tiiviisti suljetuissa säiliöissä tai säteilysuojelullisesti suojatuissa tiloissa. Säteilysuojattujen tilojen poistoilman ja viemärivesien suodatus pystyy estämään lähes kaikkien radioaktiivisten aineiden pääsyn ympäristöön. Suodatuksessa ja tilojen puhdistuksessa kertyvät radioaktiiviset aineet otetaan talteen ja käsitellään radioaktiivisena jätteenä. Radioaktiivisten aineiden mahdolliset päästöreitit varustetaan aktiivisuusmittauksella.

Posiva Oy:n raporteissa (Rossi ym. 1999, Kukkola 1999a) on tarkasteltu erilaisia häiriö- ja onnettomuustilanteita ja niistä aiheutuvia päästöjä ja annoksia. Näiden perusteella voidaan arvioida, että loppusijoituslaitos voidaan rakentaa niin, että valtioneuvoston päätöksen päästöjen rajoittamista koskevat vaatimukset täyttyvät ja että säteilyturvallisuutta koskevien vaatimusten täyttymisen varmistaminen voitaisiin toteuttaa nykyisellä tekniikalla.

Suurimmat polttoainekeskittymät loppusijoituslaitoksessa ovat jätekapseli ja kuljetusastia. Niiden kriittisyysonnettomuudet (hallitsemattomat ketjureaktiot) edellytetään estettävän rakenteellisin ratkaisuin. Käytetyn polttoaineen loppusijoituskapselin osalta tämä on osoitettu Posivan raportissa (Anttila M. 1999) ja myös äskettäin julkaistussa ruotsalaisessa turvallisuusanalyysissä (SKB 1999). Käytetyn polttoaineen kuljetusastioita koskevat kriittisyysturvallisuusvaatimukset on sekä laskelmin että käytännössä havaittu mahdolliseksi saavuttaa hyvällä marginaalilla.

Periaatepäätöshakemuksen mukaan palokuormat laitoksessa voidaan rajoittaa pieniksi niissä tiloissa, joissa käsitellään radioaktiivisia aineita. Tulipalon mahdollisuutta ja sen seurauksia rajoitetaan rakenteellisin keinoin, esimerkiksi materiaalivalinnoin, paloosastoinnilla sekä paloilmoitus-, sammutus- ja savunpoistojärjestelmin.

Maanalaisessa luolastossa käsitellään räjähdysaineita. Periaatepäätöshakemuksen mukaan räjähdysaineet varastoidaan, kuljetetaan ja niitä käytetään siten, että räjähdysaineonnettomuuden mahdollisuus on pieni, eikä mahdollinen onnettomuus vaarantaisi säteilyturvallisuutta.

Loppusijoituslaitoksen suunnittelussa otetaan huomioon ydinvoimalaitosten suunnittelussa noudatettavia turvallisuusperiaatteita koskevassa Säteilyturvakeskuksen ohjeessa YVL 1.0 esitetyt luonnonilmiöistä ja ulkoisista tapahtumista aiheutuvat vaikutukset. Näitä ovat mm. maanjäristykset, tulviminen ja pienlentokoneen törmäys.

Periaatepäätöshakemuksessa todetaan, että laitoksen turva- ja valmiusjärjestelyt tullaan toteuttamaan ydinvoimalaitoksia koskevien valtioneuvoston päätösten mukaisesti. Toteutuksessa otetaan huomioon, että loppusijoituslaitosten mahdolliset onnettomuudet ovat seurauksiltaan vähäisemmät kuin ydinvoimalaitosten mahdollisista onnettomuustilanteista aiheutuvat.

Edellä olevan perusteella loppusijoituslaitos on mahdollista suunnitella ja rakentaa siten, että turvallisuus perustuu pääosin luontaisesti turvallisiin järjestelmiin ja että valtio-

neuvoston päätöksen mukaiset päästöjen ja onnettomuuksien rajoittamista koskevat vaatimukset täyttyvät.

## 3.3 Maanalaisten tilojen suunnittelu

**Turvallisuusvaatimukset**

Valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 24–26 §:t sisältävät seuraavat määräykset:

*Suunnitellussa loppusijoitussyvyydessä on oltava riittävän suuria ja ehyitä kalliotilavuuksia, jotka soveltuvat loppusijoitustilojen rakentamiseen. Loppusijoitustilojen suunnittelua varten ja turvallisuusarvioissa tarvittavien lähtötietojen hankkimiseksi on suunnitellun loppusijoituspaikan kallioperän ominaisuudet selvitettävä suunnitellussa loppusijoitussyvyydessä tehtävin tutkimuksin.*

*Maanalaisten tilojen sijoittelu, louhinta, rakentaminen ja sulkeminen on toteutettava siten, että kallioperä parhaalla tavalla säilyttää pitkäaikaisturvallisuuden kannalta tärkeät ominaisuudet.*

*Maanalaisten tilojen laajennustöitä ei saa tehdä jo loppusijoitustiloissa olevien jätekapselien läheisyydessä, ja muutoinkin toiminnot loppusijoituslaitoksessa on suunniteltava niin, että jätekapselien vioittuminen on tehokkaasti estetty. Maanalaisissa tiloissa tehtäviin louhinta- ja rakennustöihin liittyviä maa-ainesten siirtoja tai niihin verrattavia muita laajamittaisia siirtotoimenpiteitä ei saa tehdä tiloissa, joita saatetaan samanaikaisesti käyttää jätekapselien siirtoihin.*

**Turvallisuusvaatimusten toteutuminen**

Loppusijoitustilat Olkiluotoon on alustavasti suunniteltu sijoitettavan kiillegneissikallioon noin 500 metrin syvyydelle (Anttila P. ym. 1999). Tilat sijoittuisivat yhteen tasoon ja veisivät noin 1 $km^2$ pinta-alan, mikäli loppusijoitettava polttoainemäärä on 4000 tU. Jos loppusijoitettava polttoainemäärä on huomattavasti suurempi, tiloja jouduttaisiin laajentamaan sen alueen ulkopuolelle, jolle tutkimukset ovat keskittyneet.

Arviot Olkiluodon kallioperän soveltuvuudesta loppusijoitukseen perustuvat siellä kymmenen vuoden ajan tehtyihin sijoituspaikkatutkimuksiin. Loppusijoitustilojen asemointisuunnitelma on luonnollisesti vain suuntaa-antava ja vasta sijoituspaikkatutkimusten seuraavassa vaiheessa, maanalaisesta tutkimustunnelista tehtävissä tutkimuksissa, voidaan tilojen sijainti määrittää tarkemmin. Loppusijoitustunnelien sijoittelun lähtökohtana on vähintään 50 metrin suojaetäisyyden jättäminen tärkeimpiin kallioperämalliin sisältyviin rikkonaisuusvyöhykkeisiin. Posiva Oy on kehittämässä järjestelmää, jolla luokitellaan kallioperän erilaiset heikkousvyöhykkeet.

Olkiluodon kallioperän rakennettavuudesta loppusijoitustilojen kannalta on laadittu selvitys (Äikäs ym. 1999). Olkiluodossa on pääkivilajin, kiillegneissin suuntautuneisuus ja

lujuus suhteessa kallion jännitystilaan sijoitustilojen suunnittelua rajoittava seikka, jolla voi olla vaikutusta sijoitussyvyyteen sekä tunnelien muotoon ja suuntaukseen (liitteet 12 ja 13).

Periaatepäätöshakemuksessa esitetään ensisijaisena sijoitustilaratkaisuna tunnelien pohjaan poratut jätekapselien loppusijoitusreiät, mutta sen ohella harkitaan jätekapselien sijoittamista vaaka-asennossa tunneleihin. Loppusijoituslaitoksen maanalaisten tilojen louhinnassa pyritään välttämään merkittävimpiä rikkonaisuusvyöhykkeitä. Louhinnassa aiotaan käyttää varovaista poraus-räjäytystekniikkaa, josta maassamme on pitkäaikaiset kokemukset. Loppusijoitustunnelien louhintaan tullaan harkitsemaan myös täysperäporaustekniikan käyttöä varsinkin, mikäli esim. kallion jännitystilan vaikutusten minimoimiseksi päädytään jätekapselien vaakasijoitusratkaisuun.

Loppusijoitustoiminnat on suunniteltu toteutettavan siten, että loppusijoitustunnelin louhinnan jälkeen jätekapselien siirto sinne ja tunnelin täyttäminen tehdään ilman tarpeettomia viipeitä. Pyrkimyksenä on rajoittaa loppusijoitustunnelien tiivistys- ja lujitustarvetta sekä haitallisten, esim. orgaanisten ja hapettavien ainesten kulkeutumista loppusijoitustiloihin. Kansainvälisen asiantuntijaryhmän raportissa (liite 5) on kiinnitetty huomiota betonin ja muiden mahdollisesti haitallisten aineiden käytön rajoittamiseen loppusijoitustiloja rakennettaessa.

Loppusijoitustunnelien rakentamista ja jätekapselien siirtoja valmiisiin loppusijoitustunneleihin on tarkoitus tehdä samanaikaisesti, mutta nämä toiminnat erotetaan suojaseinin ja louhintatärinöitä vaimentavin suojaetäisyyksin. Materiaalit kyseisille alueille kuljetetaan eri reittejä pitkin.

Säteilyturvakeskuksen käsityksen mukaan loppusijoituslaitoksen maanalaisten tilojen ja toimintojen alustavissa suunnitelmissa on riittävällä tavalla otettu huomioon valtioneuvoston päätökseen sisältyvät turvallisuusvaatimukset.

## 3.4 Ydinmateriaalivalvonnan järjestäminen

**Turvallisuusvaatimukset**

Valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 23 § sisältää seuraavan määräyksen:

*Loppusijoituslaitoksen suunnittelu, rakentaminen, käyttö ja sulkeminen on toteutettava siten, että ydinmateriaaliin kohdistuva valvonta voidaan järjestää sitä koskevien vaatimusten mukaisesti.*

Ydinmateriaalivalvonnan tarkoituksena on todentaa, että ydinaineita ei siirretä ydinaseisiin tai muihin ydinräjähteisiin ja että ydinaineita käytetään lupaehtojen edellyttämällä tavalla. Erityisesti maanalaisiin tiloihin ja siellä tapahtuviin toimintoihin liittyvät kansainvälisen valvonnan vaatimukset ovat osittain kehitysvaiheessa, koska loppusijoitus on uusi valvonnan kohde. Kansainväliset sopimukset eivät mahdollista ydinmateriaalivalvonnan päättymistä tilojen sulkemisen jälkeenkään.

Ydinmateriaalivalvonnan tarpeita varten ydinainetiedot tullaan varmentamaan mittauksin ennen loppusijoitusta. Varmennetun tiedon jatkuvuudesta (continuity-of-knowledge) tulee pystyä huolehtimaan loppusijoitustilojen sulkemiseen asti.

Ydinmateriaalivalvonnan yksityiskohtainen toteutuminen määritellään kulloinkin voimassa olevien kansallisten säännösten ja kansainvälisten sopimusten mukaan. Nämä säännökset eivät ole vielä vakiintuneet. Kansainvälistä ydinmateriaalivalvontaa koskevia vaatimuksia on käsitelty ja kehitetty erityisesti Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n johdolla monenkeskisenä kansainvälisenä projektina (ns. SAGOR-projekti). IAEA on perustanut myös loppusijoituksen ydinmateriaalivalvontaa kehittävän ja seuraavan asiantuntijaryhmän. Seuraavassa esitetään alustavasti joitakin käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen ydinmateriaalivalvontaa koskevia vaatimuksia.

Ydinmateriaalien kirjanpitoa, joka pohjautuu ydinvoimalaitoksen vastaavaan kirjanpitoon, tulee jatkaa käsittelyn alaisesta ja loppusijoitetusta ydinmateriaalista. Kaikki kirjanpito on säilytettävä ja varmistettava huolellisesti.

Kapselointilaitoksessa tullaan ilmoitettujen ydinainetietojen verifiointi tekemään suurella tarkkuudella, koska polttoainenippuja käsitellään siellä viimeisen kerran erillisinä. Tämän takia siellä tulee varautua ydinainetietojen mittauksiin ainetta rikkomattomin menetelmin sen varmistamiseksi, että ydinaineiden ilmoitetut tiedot ovat oikeita ja täydellisiä.

Ydinmateriaalin kulkureitit, käsittelyprosessit ja valvonta on suunniteltava siten, että tiedon jatkuvuus voidaan varmistaa joka vaiheessa. Jos tiedon jatkuvuus jonkin ydinmateriaalierän osalta menetetään, on valvontatoimet sen erän osalta tehtävä uudelleen. Mitään loppusijoitustilaa ei saa sulkea, ennen kuin on varmistettu, että kyseisten jätekapselien osalta valvontatiedon jatkuvuusehto on täytetty.

Loppusijoituslaitoksen suunnittelussa ja rakentamisessa on otettava huomioon ydinmateriaalien valvonnan järjestäminen sekä varauduttava valvontalaitteiden sijoitteluun ja käyttöön. Loppusijoitustilojen ja -toimien valvonnassa on varauduttava suunnittelutietojen ja rakentamisen edistymisen tarkkaan seurantaan ja varmentamiseen.

**Turvallisuusvaatimusten toteutuminen**

Periaatepäätöshakemuksen mukaan safeguards-valvonta perustuisi ydinmateriaalin kirjanpitoon sekä visuaalisiin ja teknisiin mittaus-, valvonta- ja rekisteröimismenetelmiin loppusijoitusprosessin eri vaiheissa. Valvonnan teknisiä periaatteita olisivat:

- laitoksen suunnittelutietojen sekä suunnitellun toiminnan ja toteutuksen vastaavuuden valvonta (Design Information Verification);
- ydinmateriaalin kirjanpito koko polttoainekierron ajan (Accountancy);
- ainetta rikkomattomat määritykset polttoaineen määrän ja laadun todentamiseksi (Nondestructive Assay, NDA).

- ydinpolttoaineen jatkuva fyysinen suojaus ja valvonta häviämisen tai sekaantumisen estämiseksi (Containment and Surveillance, C/S);

Ydinmateriaalivalvonnan toteuttamista yksinkertaistaa se, ettei polttoainenippuja pureta kapselointilaitoksella, vaan ne sijoitetaan sellaisenaan loppusijoituskapseliin. Tosin vähäinen määrä aiemmin purettujen nippujen osia sisältäviä säilytysastioita voi myös tulla kapseloitaviksi. Suljetun jätekapselin avaaminen ja nippujen poistaminen sieltä tulee kysymykseen vain siinä tapauksessa, että kapseli on viallinen.

Loppusijoitustilojen toteutuksen valvonnassa on otettava huomioon, että suunnittelutiedot muuttuvat sitä mukaa kun tilojen rakentaminen ja kallioperän laatua koskevat tutkimukset edistyvät. Koska loppusijoitustunnelit pyritään sulkemaan mahdollisimman pian sen jälkeen kun jätekapselit on sijoitettu niihin, menetetään jätekapseleihin suoranaisesti kohdistuvien valvontatoimien mahdollisuus ja valvonnan on perustuttava välillisiin menetelmiin.

Säteilyturvakeskus on aktiivisesti mukana kansainvälisen ydinmateriaalivalvonnan kehittämisessä. Keskuksen näkemys on, että ydinmateriaalien valvonta voidaan toteuttaa kansallisten säännösten ja voimassaolevien kansainvälisten sopimusten edellyttämällä tavalla sekä edellä esitettyjen vaatimusten ja periaatteiden pohjalta.

# 4 Vapautumisesteiden toimintakyky

**Turvallisuusvaatimukset**

Valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 8§ sisältää seuraavat määräykset:

*Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden tulee perustua toisiaan varmistaviin vapautumisesteisiin siten, että yhden vapautumisesteen toimintakyvyn vajavuus tai ennustettavissa oleva geologinen muutos ei vaaranna pitkäaikaisturvallisuutta. Vapautumisesteiden on tehokkaasti estettävä loppusijoitettujen radioaktiivisten aineiden vapautumista kallioperään vähintään usean tuhannen vuoden ajan.*

Vapautumisesteisiin sisältyy sekä teknillisiä että luonnollisia vapautumisesteitä. Teknisiä vapautumisesteitä voivat olla

- niukkaliukoinen polttoainematriisi, johon suurin osa radioaktiivisia aineita on sitoutunut;

- tiivis, syöpymistä ja mekaanista rasitusta kestävä astia, johon polttoaineniput suljetaan;

- radioaktiivisten aineiden liukenemista ja kulkeutumista rajoittavat kemialliset olosuhteet jätekapselien ympäristössä;

- jätekapselit kallioperästä eristävä, pienen vedenläpäisevyyden omaava ja vähäisiä kallioliikuntoja myötäävä täyteaine (ns. puskuri);

- täyteaineet ja sulkurakenteet, jotka rajoittavat pohjaveden virtausta ja radioaktiivisten aineiden kulkeutumista louhittujen tilojen kautta.

Luonnollisia vapautumisesteitä voivat olla

- sijoitustiloja ympäröivä tiivis kallioperä, joka rajoittaa pohjaveden virtaamaa jätekapselien ympäristössä;

- sijoituspaikan kallioperä, jossa vähäinen pohjaveden virtaus, pelkistävä ja muutoinkin suotuisa pohjavesikemia sekä pohjaveteen liuenneiden aineiden kiinnittyminen kiveen rajoittavat radioaktiivisten aineiden liikkuvuutta;

- kallioperän tarjoama suoja luonnonilmiöitä ja ihmisen toimia vastaan.

Vapautumisesteen pitkäaikaista toimintakykyä arvioitaessa on otettava huomioon, että satunnaisten poikkeamien vuoksi asetettuja tavoitearvoja ei välttämättä täysin saavuteta. Nämä poikkeamat voivat aiheutua esim. teknisten vapautumisesteiden valmistus- tai asennusvirheistä, tai luonnollisten vapautumisesteiden ominaisuuksien satunnaisvaihtelusta tai määritysvirheistä. Vapautumisesteiden toimintakyky kokonaisuudessaan on mitoitettava siten, että turvallisuusvaatimukset täytetään tällaisista poikkeamista huolimatta.

Vapautumisesteiden mitoituksessa on myös oletettava, että jonkin ennakoimattoman ilmiön vuoksi yhden vapautumisesteen toimintakyky kokonaisuudessaan saattaa olla huomattavasti tavoitearvoja heikompi. Turvallisuusvaatimusten on täytyttävä siitä huolimatta.

Vapautumisesteiden toimintakykyä arvioitaessa on otettava huomioon muutokset ja tapahtumat, jotka voivat esiintyä eri tarkasteluajanjaksoina. Useaan tuhanteen vuoteen asti ulottuvana tarkasteluajanjaksona voidaan sijoituspaikan kallioperän ominaisuuksien olettaa säilyvän nykyisenkaltaisina. Ennustettavissa olevista prosesseista, kuten maankohoamisesta, sekä sijoitustilojen louhinnasta ja loppusijoitetusta jätteestä aiheutuvat muutokset on kuitenkin otettava huomioon. Teknisten vapautumisesteiden toimintakykytavoitteet on asetettava siten, ettei loppusijoitettuja radioaktiivisia aineita vapaudu kallioperään tänä ajanjaksona.

**Moniesteperiaatteen toteutuminen**

Vapautumisesteiden toimintakyky vaihtelee huomattavasti tarkasteltavan radioaktiivisen aineen mukaan. Sen vuoksi on järkevää tarkastella erikseen neljää eri nuklidiryhmää:

- lyhytikäiset fissiotuotteet, joita ovat strontium-90 ja kesium-137;

- helposti kulkeutuvat nuklidit, joita ovat hiili-14, kloori-36, seleeni-79, palladium-107, tina-126, jodi-129 ja kesium-135;
- hitaasti kulkeutuvat nuklidit, joita ovat aktinidit sekä fissiotuotteista esim. tekneti-um-99;
- polttoainenippujen rakenneosien nuklidit.

*Lyhytikäiset fissiotuotteet*

Noin 30 vuoden puoliintumisajan omaavat strontium-90 ja kesium-137 dominoivat käytetyn polttoaineen aktiivisuutta ja myös säteilyvaaraa muutaman sadan vuoden ajan. Jos tekniset vapautumisesteet eristävät jäteaineet tehokkaasti usean tuhannen vuoden ajan, kuten turvallisuusvaatimukset edellyttävät, kyseiset nuklidit ehtivät hajota tänä aikana.

Mikäli kaikkien jätekapselien eristyskyky ei kuitenkaan ole täydellinen edes ensimmäisten satojen vuosien aikana, muodostuu ratkaisevaksi polttoaineen kaasuaukossa ja raerajoilla oleva aktiivisuusosuus, jonka voidaan katsoa vapautuvan välittömästi sen jälkeen kun pohjavesi pääsee tunkeutumaan kapseliin. Välittömästi vapautuvaksi inventaari-osuudeksi on TILA-99 -turvallisuusanalyysissä (Vieno ja Nordman, 1999) arvioitu 1 % strontium-90:lle ja 6 % kesium-137:lle.

Kesiumin ja strontiumin liukoisuus pohjaveteen voi olla suuri, mutta kulkeutuminen polttoaineesta kallioon ns. lähialueen kautta on kuitenkin hyvin hidasta ja TILA-99 -turvallisuusanalyysin mukaan niiden aktiivisuus ehtii tänä aikana vähetä alle miljoonasosaan. Myös kulkeutumisajan kallioperässä on arvioitu vähentävän kyseisten nuklidien aktiivisuutta lähes yhtä paljon.

Edellä todetun perusteella lyhytikäisten fissiotuotteiden eristämiseksi on kolme tehokasta vapautumisestettä: jätekapseli, bentoniittipuskuri ja kallioperä. Yhden vapautumisesteen toimintakyvyn olennainen heikkeneminen ei näyttäisi uhkaavan turvallisuusvaatimusten täyttymistä, vaikkakin epävarmuuksien vaikutus strontium-90:n ja kesium-137:n vapautumismääriin voi olla suuri.

*Helposti kulkeutuvat nuklidit*

TILA-99:ssä valitut arviot kyseisten nuklidien välittömästi vapautuvasta osuudesta (kaasuaukko- ja raerajaosuudesta) vaihtelevat välillä 1–12%. Koska polttoainematriisista vapautuvan vuotuisen osuuden arvioidaan olevan tyypillisesti välillä $10^{-5}$–$10^{-6}$, on välittömästi vapautuvan osuuden merkitys ratkaiseva.

Helposti kulkeutuvien nuklidien välittömästi vapautuva aktiivisuusosuus on hyvin pieni käytetyn polttoaineen kokonaisaktiivisuuteen nähden: esim. 1000 vuoden päästä se on noin $5 \times 10^{-5}$ ja 100 000 vuoden kuluttua noin $10^{-3}$. Välittömästi vapautuva kokonaisaktiivisuus on alussa noin 20 TBq, jos loppusijoitettava polttoainemäärä on 4000 tU.

Kyseisten nuklidien liukoisuus pohjaveteen on suuri ja ne pidättyvät huonosti bentoniittipuskurissa ja kallioperässä. Koska useimpien puoliintumisaika on hyvin pitkä, ne eivät juurikaan ehdi hajota sinä aikana kun kulkeutuvat vapautumisesteiden läpi. Toisaalta vapautuvien aktiivisuusmäärien (ilmaistuna esim. yksiköissä Bq/a) maksimiarvot alenevat merkittävästi kulkeutumisen aikana dispersioilmiöiden ansiosta. Vastaavalla tavalla vaikuttaa myös useiden jätekapselien puhki syöpymisen aikahajonta, minkä ansiosta välittömästi vapautuvista nuklideista aiheutuvat aktiivisuuspäästöt laimenevat ajallisesti.

Edellä kuvatusta vapautumisesteiden rajoitetusta eristyskyvystä helposti kulkeutuviin nuklideihin nähden seuraa toisaalta, etteivät niistä aiheutuvat aktiivisuuspäästöt kasva ratkaisevasti, vaikka vapautumisesteiden toimintakyky heikentyisi olennaisesti.

*Hitaasti kulkeutuvat nuklidit*

Kyseiset nuklidit dominoivat käytetyn polttoaineen aktiivisuutta ja myös potentiaalista säteilyvaarallisuutta muutaman sadan vuoden pituisen ajanjakson jälkeen. Niiden välittömästi vapautuva kaasuaukko- tai raerajaosuus on yleensä merkityksettömän pieni. Kun kallioperässä vallitsevat pelkistävät pohjavesiolosuhteet, hitaasti kulkeutuvien nuklidien eristämiseen näyttäisi olevan käytettävissä useita tehokkaita vapautumisesteitä: pitkäikäinen jätekapseli, sitoutuminen niukkaliukoiseen polttoainematriisiin, liukoisuusrajoitukset sekä hidas kulkeutuminen bentoniittipuskurin ja kallioperän läpi.

Koska hitaasti kulkeutuvat nuklidit on moninkertaisesti eristetty, niistä aiheutuvat aktiivisuuspäästöt ja säteilyannokset jäävät TILA-99 -analyysin mukaan hyvin pieniksi verrattuna helposti kulkeutuvista nuklideista aiheutuviin. Yhden vapautumisesteen huomattava heikentyminen ei vielä muuta olennaisesti tilannetta. Vasta jos useampi vapautumiseste heikkenisi samanaikaisesti, kuten suuren kalliosiirroksen leikatessa loppusijoitustilaa, voisivat hitaasti kulkeutuvista nuklideista aiheutuvat säteilyvaikutukset muodostua ratkaiseviksi.

*Polttoainenippujen rakenneosien nuklidit*

Polttoainenippujen metallisten rakenneosien nuklideihin sisältyy sekä helposti että hitaasti kulkeutuvia. Edellisten aktiivisuus on samaa suuruusluokkaa ja jälkimmäisten selvästi pienempi kuin polttoaineeseen sisältyvien vastaavien nuklidiryhmien aktiivisuudet. Kyseiset nuklidit ovat sitoutuneina metallimatriisiin, josta niiden vapautuminen kestää arvioiden mukaan $10^3$–$10^4$ vuotta. Vertailu itse polttoaineeseen sisältyviin nuklideihin osoittaa, että nippujen rakenneosien nuklidien merkitys jää yleensä marginaaliseksi.

*Johtopäätökset*

Ehdotetussa loppusijoitusratkaisussa moniesteperiaate näyttää toteutuvan varsin hyvin, kun painotetaan niitä radioaktiivisia aineita, joiden aktiivisuusosuus on vallitseva kunakin tarkasteluajanjaksona. Käytettyyn polttoaineeseen tosin sisältyy nuklideja, jotka vapautuvat ja kulkeutuvat helposti sen jälkeen, kun jätekapselien eristys on menetetty,

mutta niiden osuus on enimmilläänkin vain noin tuhannesosa kulloisestakin kokonaisaktiivisuudesta.

**Teknisiä vapautumisesteitä koskevan vaatimuksen toteutuminen**

Posiva Oy:n loppusijoitusratkaisussa teknisten vapautumisesteiden tärkeimmät osatekijät ovat jätekapseli (kupari-rautakapseli jonka sisällä ovat polttoaineniput) ja bentoniittipuskuri jätekapselin ympärillä. Lisäksi näiden materiaalien ja ympäröivän kallioperän muodostamat hydrologiset ja kemialliset olosuhteet ovat tärkeitä teknisten vapautumisesteiden toimintakyvyn kannalta.

Kupari, polttoaineen uraanidioksidi ja bentoniitti ovat sekä kokemusperäisten havaintojen että termodynaamisten analyysien valossa varsin pysyviä materiaaleja olosuhteissa, joiden voidaan arvioida vallitsevan loppusijoitustiloissa.

Posiva Oy:n loppusijoitusratkaisu tähtää hyvin pitkäkestoiseen täydelliseen eristykseen kupari-rautakapselin avulla. Jätekapselin suunnitteluperusteet on pyritty määrittämään niin, että kuparikapselin syöpymiseen puhki loppusijoitusolosuhteissa kuluisi jopa miljoonia vuosia. Mitoituksessa on pyritty ottamaan huomioon mm. jääkaudesta aiheutuvat geologiset muutokset.

Toimiakseen suunnitellulla tavalla jätekapselin on täytettävä korkeat laatuvaatimukset, jotka koskevat mm. mikrorakennetta, hitsisaumojen virheettömyyttä ja toleransseja. Näiden vaatimusten täyttymistä ei ole vielä riittävästi osoitettu, sillä massiivisten kuparisäiliöiden valmistamisesta on varsin rajoitetusti kokemuksia. Sekä Posivan että Ruotsin SKB:n toimesta on hiljattain valmistettu täysimittaisen jätekapselin prototyyppejä, mutta niiden materiaaliominaisuudet eivät vielä vastaa loppusijoituskapselilta edellytettäviä laatuvaatimuksia. Viime vuosina jätekapselin valmistustekniikka samoin kuin kuparikapselin saumojen elektronihitsaustekniikka ja tähän liittyvä tarkastustekniikka ovat kuitenkin edenneet merkittävästi. Jätekapselin valmistustekniikan tilannetta on arvioitu yksityiskohtaisemmin liitteenä 15 olevassa VTT Valmistustekniikassa laaditussa arviointiraportissa.

Jätekapselin pitkäaikaiskestävyyden osoittamiseksi on myös tärkeätä, että voidaan sulkea pois ilmiöt, jotka voisivat johtaa kapselin eheyden nopeaan menetykseen, kuten viruminen, paikallinen korroosio ja jännityskorroosio. Näiden ilmiöiden merkitystä on tarkasteltu liitteenä 16 olevassa VTT:n Valmistustekniikan arviointiraportissa. Sen yleisenä johtopäätöksenä on, että kyseisten jätekapselin eheyden vaarantavien ilmiöiden merkityksen arvioimiseen tarvitaan vielä lisätutkimuksia.

Jätekapselin pitkäaikaiskestävyyden kannalta on myös olennaista, että bentoniittipuskuri säilyttää sille asetetut toimintakykytavoitteet. Sen on täytettävä tiukat laatuvaatimukset mm. materiaaliominaisuuksien ja pakkaustiheyden suhteen, jotta pitkäaikainen toimintakyky olisi suunnitellun kaltainen. Mekaanisen vakauden kannalta tärkeitä ominaisuuksia ovat bentoniitin riittävä myötökyky kallioliikunnoissa ja että bentoniitti pystyy kantamaan merkittävästi suuremman ominaispainon omaavan jätekapselin. Bentoniitin kemiallisen ja mikrorakenteen pysyvyyden kannalta on tärkeätä enimmäislämpötilan sekä

helposti liukenevien kalium- ja karbonaattipitoisten materiaalien määrän rajoittaminen loppusijoitustiloissa (liitteet 5 ja 9). Näistäkin seikoista varmistuminen edellyttää lisätutkimuksia.

Säteilyturvakeskuksen käsityksen mukaan Posiva Oy:n loppusijoitusratkaisuun sisältyvillä teknisillä vapautumisesteillä on hyvät edellytykset eristää jäteaineet kallioperästä jokseenkin täydellisesti turvallisuusvaatimusten mukaisesti usean tuhannen vuoden ajaksi. Asiasta varmistuminen edellyttää kuitenkin tutkimusten jatkamista ja täyden mittakaavan toimintakykytestejä. Näitä on suunniteltu tehtävän periaatepäätöstä seuraavalla tutkimusjaksolla. Koska jätekapselien valmistuksen, kapseloinnin ja loppusijoitustoimien täydellistä virheettömyyttä ei voida olettaa, turvallisuusarvioissa on vastaisuudessakin otettava huomioon mahdollisuus, että pieni osa jätekapseleista menettää tiiviytensä huomattavasti ennen usean tuhannen vuoden vähimmäiseristysaikaa.

# 5 Loppusijoituspaikan soveltuvuus

## Turvallisuusvaatimukset

Valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 9 ja 10 § sisältävät seuraavat määräykset:

*Loppusijoituspaikan kallioperän ominaisuuksien on kokonaisuutena oltava suotuisat radioaktiivisten aineiden eristämiseksi elinympäristöstä. Loppusijoituspaikaksi ei tule valita paikkaa, jossa on jotakin pitkäaikaisturvallisuuden kannalta ilmeisen epäedullista.*

*Loppusijoitustilojen on oltava niin syvällä, että maanpäällisten tapahtumien, toimintojen ja olosuhdemuutosten vaikutukset pitkäaikaisturvallisuuteen ovat vähäiset ja että ihmisen tunkeutuminen loppusijoitustiloihin on hyvin vaikeata.*

Loppusijoituspaikan kallioperällä tulisi olla riittävässä määrin luonnollisen vapautumisesteen ominaisuuksia (kohta 4). Lisäksi kallioperän ominaisuuksien on oltava suotuisat teknisten vapautumisesteiden pitkäaikaisen toimintakyvyn kannalta. Kallioperän olosuhteiden, jotka ovat pitkäaikaisturvallisuuden kannalta merkityksellisiä, tulisi olla vakaat tai ennustettavat vähintään usean tuhannen vuoden päähän ja sen jälkeen tapahtuvien geologisten muutosten vaihtelualue tulisi olla arvioitavissa.

Loppusijoituspaikaksi soveltumattomuutta osoittavia seikkoja ovat:

- hyödyntämiskelpoisten luonnonvarojen läheisyys;
- epätavallisen suuret kalliojännitykset;
- poikkeuksellinen seisminen tai tektoninen aktiivisuus;
- pohjaveden poikkeuksellisen haitalliset ominaisuudet, kuten pelkistyskyvyn puute sekä sellaisten ainesten suuret pitoisuudet, jotka voivat heikentää olennaisesti vapautumisesteiden toimintakykyä;

- poikkeuksellisen vaikeasti tulkittava geologinen rakenne.

Loppusijoitussyvyys on valittava pitkäaikaisturvallisuuden kannalta edullisesti ottaen huomioon ainakin:

- kallioperän geologiset rakenteet ja kivilajien ominaisuudet;
- kalliojännitysten, lämpötilan sekä pohjaveden virtauksen ja ominaisuuksien muutokset syvyyden myötä;
- maanpäällisten luonnonilmiöiden, kuten jäätiköitymisen, ja ihmisen toiminnan vaikutusten vaimeneminen syvyyden myötä.

Jotta maanpäällisten toimintojen ja olosuhdemuutosten vaikutukset olisivat vähäiset, tulisi loppusijoitustilojen sijaita usean sadan metrin syvyydessä.

**Turvallisuusvaatimusten toteutuminen**

Loppusijoituspaikan valinnan lähtökohtana on ollut vuonna 1985 valmistunut koko maan kattava alueseulonta (Salmi ym. 1985). Tutkimusalueiden valinnan perusteet ja sijoituspaikan valintaprosessin eteneminen on kuvattu periaatepäätöshakemuksen liitteessä 7. Tutkimusalueiden valinnassa ovat geologisten ominaisuuksien lisäksi painottuneet erityisesti paikallinen suhtautuminen hankkeeseen ja maanomistusolot, koska ne ovat ratkaisevia hankkeen läpiviennin kannalta.

Periaatepäätöshakemuksessa sijoituspaikaksi ehdotetaan Eurajoen Olkiluotoa, joka on yksi neljästä alueesta, joilla sijoituspaikkatutkimukset on saatettu loppuun. Posiva Oy:n johtopäätöksenä on, että loppusijoitus voitaisiin toteuttaa turvallisesti kaikilla neljällä alueella ja että alueiden väliset erot ovat verraten vähäisiä loppusijoituksen turvallisuuden kannalta. Näin ollen Posiva Oy on perustanut loppusijoituspaikan valinnan ensisijaisesti muihin kuin geologisiin seikkoihin.

Tehdyissä tutkimuksissa ei ole ilmennyt seikkoja, jotka suoranaisesti osoittaisivat jonkin neljästä alueesta soveltumattomaksi loppusijoitukseen, kun arviointiperusteena käytetään edellä esitettyjä soveltumattomuuskriteereitä. Kaikki tutkimusalueet edustavat maassamme varsin yleisiä kallioperätyyppejä. Olkiluodossa ei tehtyjen selvitysten mukaan ole erityisiä hyödyntämiskelpoisia malmivaroja (Ilveskivi & Niini 1985).

*Kivilaji- ja rakenneominaisuudet*

Kullekin tutkimusalueelle on tehty kallioperän rakennetulkinnat, jotka tosin sisältävät vielä runsaasti epävarmuuksia, koska rikkonaisuusvyöhykkeiden kulusta ei ole riittävän varmaa tietoa (liite 13). Kunkin tutkimusalueen rakennemalliin on sisällytetty kolmisenkymmentä rikkonaisuusvyöhykettä. Rakennemallien perusteella on alustavasti pyritty löytämään kalliolohkoja, jotka eheytensä ja muiden ominaisuuksiensa puolesta soveltuisivat loppusijoitustilojen sijaintipaikaksi. Jatkotutkimuksissa on tarkoitus selvittää näiden lohkojen sisään jäävien rakenteiden sijaintia ja ominaisuuksia.

Lähtökohtana periaatepäätöshakemuksessa on, että loppusijoitustilat rakennetaan kiillegneissiin 400–700 m syvyyteen. Tilat saatetaan joutua jakamaan useampaan lohkoon ja sijoittamaan eri syvyystasoille. Olkiluodossa 4000 tU polttoainemäärää vastaavat tilat on alustavasti kaavailtu rakennettavan yhdelle tasolle noin 500 metrin syvyyteen (Anttila P. ym. 1999).

Olkiluodon paikkatutkimusten ja rakennettavuusselvitysten perusteella voidaan arvioida, että yli 600 metrin syvyydessä jouduttaisiin turvautumaan vaativiin lujitustoimenpiteisiin (Äikäs ym. 1999).

*Hydrogeologia*

Kaikilla tutkimusalueilla pitkäaikaiset mittaustulokset kuvastavat vakaita pohjavesiolosuhteita eikä niissä ole nähtävissä suuria eroja. Pohjavesigeologisten tutkimusten ja tulkintojen perusteella alueille on laadittu hydrogeologiaa kuvaavat mallit. Yhteinen piirre kaikille alueille on vettä johtavien rakenteiden lukumäärän väheneminen syvyyden myötä. Myös kiinteän kallion vedenjohtavuus näyttäisi pienenevän syvemmälle mentäessä.

Pohjaveden virtausmallinnuksessa on käytetty perustana kallioperän rakennemalleja ja hydrogeologisia mittauksia. Olkiluodon ja Hästholmenin tapauksessa on otettu huomioon myös maankohoamisen vaikutus. Vaikkakin geologista tutkimusohjelmaa pidetään korkeatasoisena, ei rakennetietojen ja hydrologisten lähtötietojen yhteensovittamisessa kansainvälisen asiantuntijaryhmän arvion mukaan ole onnistuttu parhaalla mahdollisella tavalla (liiteet 5 ja 13).

Tilastollisesti verraten edustava määrä mittauksia antaa viitteitä siitä, että Olkiluodossa kiinteän kallion vedenjohtavuus olisi jonkin verran pienempi kuin tutkimusalueilla keskimäärin. Olkiluodon etuna on myös suhteellisen pieni hydraulinen gradientti, jota tulevan maankohoamisen ei olennaisesti arvioida muuttavan. Näiden seikkojen perusteella pohjaveden virtaamat loppusijoitussyvyydessä näyttäisivät jäävän Olkiluodossa jonkin verran pienemmiksi kuin muilla tutkimusalueilla (Vieno ja Nordman, 1999).

*Pohjavesikemia*

Pohjavesikemiaa koskevia tutkimuksia on pidettävä sisällöllisesti laajoina ja tieteellisesti korkeatasoisina, mikä todetaan myös kansainvälisen asiantuntijaryhmän raporteissa (liitteet 5, 8 ja 14). Puutteellisuutena voidaan mainita, ettei kallioperän kemiallista puskurointikykyä ole muutostilanteita ajatellen riittävästi analysoitu (liite 9).

Pohjavesikemian kannalta merkittävin ero tutkimusalueiden kesken on, että rannikkopaikkakunnilla (Olkiluoto ja Hästholmen) pohjavesi vaihettuu murtovedestä suolaiseen suunnitellussa loppusijoitussyvyydessä kun taas sisämaapaikkakunnilla (Romuvaara ja Kivetty) se on makeaa. Rannikkopaikkakunnilla pohjavesikemia on monimutkaisempi kuin sisämaapaikkakunnilla ja lisäksi se on suunnitellussa loppusijoitussyvyydessä hitaassa muutostilassa maankohoamisen vuoksi, minkä seurauksena pohjaveden suolaisuuden arvioidaan vähitellen pienenevän loppusijoitussyvyydessä.

Tehtyjen tutkimusten perusteella pohjaveden suolaisuuden vaikutukset loppusijoituksen turvallisuuteen näyttävät verraten vähäisiltä, mikäli pitoisuudet eivät ole merkittävästi suuremmat kuin Olkiluodon kallioperässä puolen kilometrin syvyydessä. Joidenkin nuklidien liikkuvuus saattaa kasvaa jo lievästi suolaisessa pohjavedessä. Sen sijaan esim. kompaktoidun bentoniitin toimintakyky näyttäisi heikkenevän olennaisesti vasta suolapitoisuuksissa, jotka ovat moninkertaisia Olkiluodossa loppusijoitussyvyydessä vallitseviin verrattuna. Olkiluodossa pohjaveden suolaisuus kasvaa nopeasti syvemmälle mentäessä, mikä saattaa rajoittaa loppusijoitussyvyyttä.

Pohjaveden kemialliset ominaisuudet Olkiluodossa loppusijoitussyvyydessä viittaavat vähäiseen vedenvaihtuvuuteen ja pitkiin viipymäaikoihin (Anttila P. ym. 1999). Näennäinen ristiriita pohjaveden virtausmalleista saatujen tulosten kanssa selittyy sillä, että pohjaveden kemia antaa paikallisesti ja ajallisesti integroidun kuvan kun taas virtausmallinnus keskittyy nopeisiin virtausreitteihin.

*Kallioliikunnot*

Kallioperän hitaiden liikkeiden havainnoimiseksi on olemassa GPS-asemien verkosto, joka käsittää 12 valtakunnallista asemaa ja paikallisverkoston kullakin tutkimusalueella. Mittauksilla pyritään etsimään ne vyöhykkeet, joilla kallioperän vaaka- tai pystyliikuntoja tulee todennäköisesti esiintymään maankokoamisen, maanjäristysten tai mannerlaattojen liikuntojen seurauksena. Asemat ovat olleet käytössä vasta muutamia vuosia eikä mittauslukemia ole kertynyt vielä riittävästi johtopäätösten tekemiseen.

Kullekin tutkimusalueelle on tehty selvitys, jossa laskennallisin menetelmin arvioidaan loppusijoitustilan läheisyydessä tapahtuvan maanjäristyksen aiheuttamia sekundäärisiirtymiä loppusijoitustilaa ympäröivän kallion rakoverkostossa (La Pointe & Cladouhos 1999). Tulokset viittaavat siihen, että tällaiset siirtymät voisivat olla merkittävä riski enintään jääkauden perääntymisvaiheen olosuhteissa, jolloin maanjäristysten intensiteetit ja taajuudet voivat olla olennaisesti nykyistä suuremmat.

Tutkimusalueista on myös tehty seismistä historiaa tarkastelevat selvitykset. Olkiluodon ympäristössä 100 kilometrin säteellä on sattunut verraten harvoin ja pieniä maanjäristyksiä havaintohistorian aikana (Saari 1998).

Viime jääkauden jälkeisen maankohoamisen on arvioitu nykyisin olevan enintään 6 mm/a Olkiluodon ja noin 2 mm/a Loviisan seudulla (Miettinen ym. 1999, Anttila P. ym. 1999). Tulosten perusteella maankohoaminen on ollut tasaisesti hidastuvaa jo useiden tuhansien vuosien ajan.

*Johtopäätökset*

Säteilyturvakeskuksen käsityksen mukaan tutkimusalueiden kesken ei ole ratkaisevia loppusijoituksen turvallisuuteen vaikuttavia eroja. Tähänastisten tutkimusten perusteella Olkiluoto näyttää soveltuvan sijoituspaikaksi. Kalliomekaaniset ominaisuudet ja pohjaveden suolaisuuden syvyysriippuvuus saattavat kuitenkin rajoittaa jonkin verran loppu-

sijoitussyvyyttä. Myös Säteilyturvakeskuksen kansainvälinen asiantuntijaryhmä päätyi raportissaan samansuuntaisiin johtopäätöksiin (liite 5).

# 6 Turvallisuusanalyysit

## 6.1 Loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuuden osoittaminen

**Turvallisuusvaatimukset**

Valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 27 § sisältää seuraavat määräykset:

*Jos loppusijoituslaitoksen käyttöä koskevien turvallisuusvaatimusten täyttyminen ei ole suoraan todennettavissa, se on osoitettava kokeellisin tai laskennallisin menetelmin tai näiden menetelmien yhdistelmällä. Laskennalliset menetelmät tulee valita siten, että todellinen riski tai haitta on suurella varmuudella pienempi kuin laskennallisten menetelmien antamat tulokset. Laskennallisten menetelmien on oltava luotettavia ja hyvin kelpoistettuja tarkasteltavien tapahtumien käsittelyyn.*

**Turvallisuusvaatimusten toteutuminen**

Posiva Oy on arvioinut loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuutta laskennallisin menetelmin, joiden lähtötiedot perustuvat kokeelliseen tietoon käytetyn polttoaineen ominaisuuksista ja kuljetuksista sekä kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen esisuunnitelmaan (Anttila 1998, Rossi ym. 1999, Suolanen ym. 1999, Kukkola 1999a).

Käytetyn ydinpolttoaineen radionuklidikoostumus ja säteilyvoimakkuus on arvioitu Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa (Anttila 1992, Anttila 1995, Anttila 1998). Tämä on tehty käyttämällä testattuja tietokoneohjelmia. Lähtötietojen tarkkuutta voidaan pitää hyvänä.

Loppusijoituslaitoksen esisuunnitelmaan perustuen on laadittu tapahtumakuvaukset laitoksen normaalikäytön sekä mahdollisten käyttöhäiriöiden ja onnettomuustilanteiden aiheuttamien säteilyannosten arvioimiseksi (Kukkola 1999a). Normaalikäytössä radioaktiivisia aineita voisi vapautua lähinnä vuotavista polttoainesauvoista. Häiriö- ja onnettomuustilanteissa päästöt aiheutuisivat rikkoontuneista polttoainenipuista.

Eri tilanteiden säteilyannokset on arvioitu VTT:ssa (Rossi ym. 1999). Laitoksen työntekijöiden säteilyannokset on arvioitu olettaen suunnitteluperusteiden mukaiset suurimpien säteilytasojen vallitsevan laitostiloissa. Laitoksen läheisyydessä asuvien ihmisten on oletettu altistuvan siten, että laitostiloihin vapautuneita radioaktiivisia aineita pääsee suodattimien läpi ilmastointipiipusta ulos. Säätilan vaikutukset säteilyannoksiin on analysoitu todennäköisyyspohjaisesti vakiintuneella laskentaohjelmalla.

Kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen säteilyturvallisuusanalyysit tarkasteltavien fysikaalisten ilmiöiden kannalta verraten yksinkertaisia. Analyyseihin sisältyy kuitenkin epävarmuuksia, sillä joidenkin lähtötietojen, esim. vuotavien polttoainenippujen määrien, polttoaineesta vapautuvien aktiivisuusosuuksien ja altistuvien ihmisten suojauskertoimien, arviointi on summittaista. Esitetyissä analyyseissä lähtötiedot ja -oletukset on kuitenkin pyritty valitsemaan siten, että saadut tulokset yliarvioivat todellisia säteilyannoksia.

Säteilyturvakeskuksen käsityksen mukaan loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuutta on analysoitu suunnitelmien alustavuuteen nähden varsin laajasti sekä luotettavin ja pääosin säteilyvaikutuksia yliarvioivin menetelmin.

## 6.2 Pitkäaikaisturvallisuuden osoittaminen

**Turvallisuusvaatimukset**

Valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 28 ja 29 §:t sisältävät seuraavat määräykset:

*Pitkäaikaisturvallisuutta koskevien säteilyturvallisuusvaatimusten täyttyminen sekä loppusijoitusmenetelmän ja loppusijoituspaikan soveltuvuus on perusteltava turvallisuusanalyysilla, jossa on tarkasteltava sekä todennäköisinä pidettäviä kehityskulkuja että pitkäaikaisturvallisuutta heikentäviä epätodennäköisiä tapahtumia. Turvallisuusanalyysin perustana tulee olla kokeellisiin tutkimuksiin pohjautuva numeerinen analyysi, jota on täydennettävä kvalitatiivisin, asiantuntijaharkintaan perustuvin tarkasteluin siltä osin kuin kvantitatiiviset analyysit eivät ole mahdollisia tai niihin sisältyy huomattavia epävarmuuksia.*

*Perusteltaessa 5 §:ään sisältyvän eniten altistuvien ihmisten säteilyaltistusrajan täyttymistä tulee tarkastella sellaista loppusijoituspaikan lähiympäristöstä ravintonsa hankkivaa yhteisöä, johon kohdistuu suurin säteilyaltistus. Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten lisäksi on tarkasteltava mahdollisia vaikutuksia eläin- ja kasvilajeihin.*

*Turvallisuusanalyysissa käytettävien lähtötietojen ja mallien on perustuttava parhaaseen tutkimustietoon ja asiantuntijakäsitykseen. Lähtötiedot ja mallit on valittava tarkasteluajanjaksona mahdollisina pidettävien olosuhteiden mukaan, ja käytettävissä olevat tutkimusmenetelmät huomioon ottaen, niiden on oltava keskenään ristiriidattomia ja loppusijoituspaikkaa vastaavia. Käytettäviä laskennallisia menetelmiä valittaessa lähtökohtana on pidettävä, että todellisen säteilyaltistuksen ja vapautuvien radioaktiivisten aineiden todellisten määrien tulee suurella varmuudella olla pienempiä kuin turvallisuusanalyysien antamat tulokset. Erikseen on arvioitava turvallisuusanalyysiin sisältyvät epävarmuudet ja niiden merkitys.*

Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta käsittelevään turvallisuusanalyysiin tulisi sisältyä ainakin

- loppusijoitusjärjestelmän (jätekapselit, täyteaineet ja -rakenteet, louhitut tilat, ympäröivä kallioperä ja pohjavesi sekä loppusijoituspaikka) kuvaus ja vapautumisesteiden määrittely;

- loppusijoitusjärjestelmän mahdollista tulevaa käyttäytymistä kuvaavien kehityskulkujen määrittely (skenaarioanalyysi);

- vapautumisesteiden toimintakykytavoitteiden määrittely;

- tarvittavien konseptuaalisten ja matemaattisten mallien laadinta ja niissä tarvittavien lähtötietojen määrittäminen;

- loppusijoitettavasta jätteestä vapautumisesteiden läpi elinympäristöön vapautuvien radioaktiivisten aineiden määrän ja niistä aiheutuvien säteilyannosten määrittäminen;

- milloin mahdollista, pitkäaikaisturvallisuutta heikentävistä epätodennäköisistä tapahtumista aiheutuvien aktiivisuuspäästöjen ja säteilyannosten todennäköisyyden arviointi;

- epävarmuus- ja herkkyysanalyysit sekä täydentävät tarkastelut sellaisten ilmiöiden ja tapahtumien merkityksestä, joiden kvantitatiivinen analysointi ei ole mahdollista;

- analyysien tulosten vertaaminen turvallisuusvaatimuksiin;

- turvallisuusanalyysin dokumentointi.

**Turvallisuusvaatimusten toteutuminen**

Periaatepäätöshakemuksen mukaisen loppusijoitusratkaisun pitkäaikaisturvallisuutta on perusteltu TILA-99 -turvallisuusanalyysillä (Vieno ja Nordman, 1999), joka on Posiva Oy:n tilauksesta laadittu Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa. Kyseinen analyysi ei kohdistu erityisesti ehdotettuun sijoituspaikkaan, Olkiluotoon, vaan siinä tarkastellaan kaikkia neljää tutkimusaluetta. TILA-99 -analyysi sisältää periaatteessa ne elementit, jotka edellä esitetyn mukaisesti turvallisuusanalyysiltä edellytetään. Seuraavassa tarkastellaan analyysin sisällöllistä asianmukaisuutta.

TILA-99 -analyysi ei sisällä suoranaisesti skenaarioanalyysiä. Tähän puutteeseen kiinnitti huomiota myös Säteilyturvakeskuksen kansainvälinen asiantuntijaryhmä (liitteet 5, 7, 10 ja 11). Analyysin tekijät ovat tosin osallistuneet kansainvälisiin skenaarioanalyysihankkeisiin ja voineet hyödyntää näin saamaansa kokemusta TILA-99:n skenaariomäärityksissä. Arviointityön yhteydessä ei ole todettu turvallisuuden kannalta merkittäviä ilmiöitä, tapahtumia tai prosesseja, jotka TILA-99:ssä olisi jätetty kokonaan huomiotta.

Luonteeltaan analyysi on deterministinen eli pistelähtöarvoja soveltava. Tavoitteena on ollut ns. konservatiivinen analyysi, eli valita konseptuaaliset mallit ja lähtötiedot niin, että analyysin tulokset hyvällä varmuudella yliarvioivat todellisuudessa aiheutuvia säteilyvaikutuksia. Epävarmuusmarginaalien laajuuden vuoksi jokaisen mallin ja lähtötiedon kohdalla ei kuitenkaan ole pyritty ehdottomaan konservatiivisuuteen. Lähtötietojen ja mallien suuren määrän vuoksi analyysin lopputulosten konservatiivisuusastetta on vaikea arvioida.

TILA-99 -raportin viiteluettelosta voidaan päätellä, että pyrkimyksenä on ollut parhaan käytettävissä olevan tutkimustiedon ja asiantuntijakäsityksen hyödyntäminen. Analyysin tekemiseen osallistuneilla tutkijoilla on ollut verraten hyvät yhteydet tärkeimpiin tutkimushankkeisiin, jotka koskevat ydinjätteiden loppusijoitusta kiteiseen kallioperään. Posivalla on tiedonvaihto- ja yhteistyösopimukset tärkeimpien vastaavien ulkomaisten organisaatioiden kanssa. Myös kansainvälinen asiantuntijaryhmä piti TILA-99 -turvallisuusanalyysiä ja sen taustana olevia selvityksiä korkeatasoisina (liite 5).

TILA-99 -analyysin geologiset lähtötiedot on mahdollisuuksien mukaan johdettu Posiva Oy:n sijoituspaikkatutkimusten tuloksista. Siten ne kuvaavat yleisesti tutkimusalueiden kallioperää mutta eivät erityisemmin ehdotettua loppusijoituspaikkaa, Olkiluotoa. Eräiden lähtötietojen osalta on kuitenkin annettu erikseen parametriarvot suolaiselle pohjavedelle (kuten Olkiluodossa ja Hästholmenilla) ja makealle pohjavedelle (kuten Romuvaarassa ja Kivetyssä). Lisäksi Olkiluodossa ja Hästholmenilla tapahtuvan maan kohoamisen vaikutuksia on analysoitu.

TILA-99 -analyysin puutteista ja yksinkertaistuksista, johon myös Säteilyturvakeskuksen kansainvälinen asiantuntijaryhmä kiinnitti huomiota (liitteet 5, 6, 7, 10 ja 11), voidaan edellä todetun lisäksi mainita seuraavat:

- TILA-99 on yhden kapselin analyysi. Näin ollen esimerkiksi jätekapselia ympäröivän kallion ominaisuuksien vaihtelun merkitys ei ole helposti nähtävissä.

- TILA-99:n parametriarvot ovat ajallisesti invariantteja, vaikka esim. geologisten parametriarvojen epävarmuus kasvaa ajan myötä. Siten analyysin konservatiivisuusasteen voidaan katsoa olevan sitä pienempi mitä pitempi tarkasteluajanjakso on kyseessä.

- Bentoniittipuskurin heikkoa toimintakykyä koskeva skenaario ei kuvaa riittävästi tilanteita, joissa bentoniitin eristyskyky voi ratkaisevasti heikentyä.

- TILA-99:ssä säteilyannosten laskenta on pelkistetty ns. kaivoskenaarion soveltamiseen kun taas muita altistumisteitä on arvioitu muiden turvallisuusanalyysien tulosten pohjalta. Lisäksi kaivoskenaariossa oletettu laimennustekijä on huomattavasti suurempi kuin viimeaikaisissa ruotsalaisissa analyyseissä (SKI 1996, SKB 1999).

- Loppusijoituspaikan ympäristön eliöpopulaatioihin kohdistuvia säteilyvaikutuksia on tarkasteltu varsin suppeasti. Tosin aiheesta on julkaistu kansainvälisestikin niukasti tutkimustietoa.

Yksinkertaistusten ja epävarmuuksien vastapainoksi TILA-99 sisältää varsin laajan valikoiman herkkyystarkasteluja, joiden avulla voidaan arvioida parametriarvojen muuntelun vaikutusta lopputuloksiin.

Säteilyturvakeskuksen käsityksen mukaan TILA-99 -turvallisuusanalyysiä, yhdessä eräiden muiden viime vuosina julkaistujen vastaavanlaisten turvallisuusanalyysien kanssa (SKB 1992, Vieno ym. 1992, SKI 1996, Vieno ym. 1996, SKB 1999), voidaan käyttää perustana arvioitaessa periaatepäätöshakemuksessa esitetyn loppusijoitusratkaisun pitkäaikaisturvallisuutta. Tulevan tutkimus- ja kehitysjakson aikana on turvallisuusanalyysivalmiuksia kehitettävä edellä esitettyjen puutteiden poistamiseksi ja niin, että sijoituspaikkakohtaisia lähtötietoja voidaan nykyistä paremmin käyttää hyväksi.

# 7 Säteilyturvallisuus

## 7.1 Loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuus

**Turvallisuusvaatimukset**

Valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 4 § sisältää seuraavat määräykset:

*Loppusijoituslaitoksen käytöstä ei saa aiheutua laitoksen henkilöstön tai muiden ihmisten terveyttä vaarantavaa säteilyaltistusta eikä vahinkoa ympäristölle tai omaisuudelle.*

*Loppusijoituslaitos ja sen käyttö tulee suunnitella siten, että:*

*1) laitoksen käytön ollessa häiriötöntä radioaktiivisten aineiden päästöt ympäristöön jäävät merkityksettömän pieniksi;*

*2) odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden seurauksena eniten altistuville laitoksen henkilöstöön kuulumattomille ihmisille aiheutuva efektiivinen vuosiannos jää alle arvon 0,1 millisievertiä (mSv); sekä*

*3) oletetun onnettomuuden seurauksena eniten altistuville laitoksen henkilöstöön kuulumattomille ihmisille aiheutuva efektiivinen vuosiannos jää alle arvon 1 mSv.*

*Tätä pykälää sovellettaessa ei oteta huomioon säteilyannoksia, jotka aiheutuvat loppusijoituslaitoksen maanalaisten tilojen kiviaineksesta ja pohjavedestä vapautuvista luonnon radioaktiivisista aineista.*

**Turvallisuusvaatimusten toteutuminen**

Edellytykset loppusijoituslaitoksen käytöstä aiheutuvan säteilyaltistuksen pitämiselle vähäisinä ovat hyvät, sillä siellä käsitellään kerrallaan verraten pieniä määriä pitkään jäähtynyttä käytettyä polttoainetta, käsittelymenetelmät ovat yksinkertaisia eikä käsittelytiloissa tarvita korkeita paineita tai lämpötiloja.

Periaatepäätöksen viitteinä olevissa raporteissa on kuvattu loppusijoituslaitoksen normaalikäytön toimintoja sekä mahdollisina pidettäviä käyttöhäiriöitä ja onnettomuustilanteita (Kukkola 1999a). Niissä on myös arvioitu säteilyannoksia normaalikäytön aikana sekä ympäristön eniten altistuvien ihmisten annoksia käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien seurauksena (Rossi ym. 1999).

Loppusijoituslaitoksen työntekijöiden säteilyannosten arvioimisessa on käytetty pessimistisiä eli annoksia yliarvioivia oletuksia. Tarkastelun mukaan pääosa säteilyannoksesta aiheutuisi kuljetussäiliön vastaanottamisesta. Työntekijöiden saama vuotuinen kollektiivinen säteilyannos jäisi murto-osaan ydinvoimalaitoksissa saatavasta vuotuisannoksesta, mutta henkilökohtaisten säteilyannosten rajoittamiseksi saatettaisiin polttoaineen vastaanotossa joutua käyttämään vuoden aikana eri työntekijöitä. Parempi ratkaisu olisi kuljetussäiliön vastaanoton suunnittelu niin, että säteilyannoksia voidaan huomattavasti pienentää.

Normaalikäytön päästöjen aiheuttamia annoksia ympäristön eniten altistuville ihmisille on analysoitu säätilan suhteen todennäköisyyspohjaisesti. Tulosten mukaan laitoksen läheisyydessä vuotuinen annossitouma olisi 99,5 % todennäköisyydellä enintään noin 0,01 mSv ja 95 % todennäköisyydellä enintään noin 0,001 mSv.

Odotettavissa olevilla käyttöhäiriöillä tarkoitetaan sellaisia tapahtumia, joita arvioidaan sattuvan harvemmin kuin kerran vuodessa mutta joilla on suuri todennäköisyys sattua ainakin kerran laitoksen käyttöiän aikana. Tällaisista tapahtumista aiheutuvien säteilyannosten eniten altistuville yksilöille on laskettu jäävän hyvällä varmuudelle alle sadasosaan vastaavasta annosrajoituksesta 0,1 mSv vuodessa.

Oletetuilla onnettomuuksilla tarkoitetaan tapahtumia, joilla arvioidaan olevan vähäinen todennäköisyys sattua edes kerran laitoksen käyttöiän aikana. Analyysien tulosten mukaan tällaisista tapahtumista aiheutuvat suurimmat säteilyannokset jäävät hyvällä varmuudella noin kymmenesosaan vastaavasta annosrajasta 1 mSv vuodessa ja vasta äärimmäisen epäedullisen säätilan vallitessa voisivat lähestyä sitä.

Edellä olevan perusteella Säteilyturvakeskus katsoo, että loppusijoituslaitoksen käyttötoimet voidaan toteuttaa niin, että valtioneuvoston päätökseen sisältyvät säteilyturvallisuusvaatimukset täyttyvät.

## 7.2 Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusten turvallisuus

**Turvallisuusvaatimukset**

Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetus ydinvoimalaitokselta loppusijoituslaitokselle ei edellytä valtioneuvoston periaatepäätöstä eikä se sisälly myöskään Posiva Oy:n hakemukseen. Koska kuljetusten turvallisuus noussee esille periaatepäätöksestä käytävässä keskustelussa, Säteilyturvakeskus arvioi tässä yhteydessä lyhyesti myös esitettyjä kuljetusten turvallisuusselvityksiä.

Käytetyn ydinpolttoaineen kuljettamista loppusijoituslaitokseen koskevat turvallisuusmääräykset sisältyvät vaarallisten aineiden kuljetuksesta annettuun lakiin (719/1994) ja sen nojalla annettuihin säännöksiin. Ydinaineiden ja ydinjätteiden kuljetuksia koskee myös Säteilyturvakeskuksen ohje YVL 6.5.

Lähtökohtana kuljetusten turvallisuusmääräyksissä on, että kuljetussäiliö takaa ensisijaisesti turvallisuuden. Erityyppisten radioaktiivisten aineiden kuljetuksille on kansainvälisesti standardoidut säiliötyypit. Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksiin tarvitaan B-tyypin säiliö, jonka on läpäistävä varsin vaativat onnettomuustestit.

Kuljetusmääräyksissä asetetaan myös rajat säteilyannosnopeudelle kuljetuspakkauksen ulkopuolella kuljetushenkilöstön ja muiden pakkauksen lähistöllä olevien ihmisten suojelemiseksi. Annosnopeuden raja-arvoille sovelletaan yleisiä radioaktiivisen aineen kuljetussäännöksissä pakkauksille annettuja arvoja: säiliön ulkopinnalla enintään 2 mSv tunnissa ja yhden metrin päässä korkeintaan 0,1 mSv tunnissa. Myös pakkauksen pintakontaminaatiota on rajoitettu, jotta radioaktiivisia aineita ei pääsisi leviämään ympäristöön kuljetuksen aikana.

**Turvallisuusmääräysten toteutuminen**

Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusten terveysriskejä on arvioitu VTT:ssa laaditussa raportissa (Suolanen ym. 1999). Tarkastelu käsittelee kuljetuksia Hästholmenilta ja Olkiluodosta raportin julkaisuajankohtana loppusijoituspaikaksi ehdolla olleille paikkakunnille.

Polttoainetta kuljetettaisiin keskimäärin 110 uraanitonnia vastaava määrä vuodessa. Kuljetusten lukumäärä riippuisi kuljetustavasta (maantie-, rautatie- tai merikuljetus) sekä kerralla kuljetettavien säiliöiden määrästä.

Normaalikuljetusten annokset on arvioitu suurimman kuljetuksissa sallitun säteilyannosnopeuden perusteella. Säteilyannos väestön eniten altistuvallekin yksilölle jää merkityksettömän pieneksi.

Häiriötapauksina on tarkasteltu kuljetuksen pysähtymistä, jolloin ihmisiä voi päästä lähelle kuljetussäiliöitä, sekä säiliön ulkopinnalle mahdollisesti jääneiden radioaktiivisten aineiden irtoamista. Myös näissä tapauksissa annokset jäävät pieniksi.

Kuljetuksista on tehty myös analyyseja, joiden tarkoituksena on selvittää pakkauksen pahan vaurioitumisen seurauksia. Tällaisia tapauksia ei ole käytetyn polttoaineen kuljetuksissa sattunut, vaikka yli kolmenkymmenen vuoden ajan on tehty tuhansia kuljetuksia. Tulosten perusteella pahimmissa analysoiduissa tapauksissa onnettomuuspaikan läheisyydessä voitaisiin tarvita lyhytaikaisia väestön suojaustoimenpiteitä.

Posivan raportissa on myös vertailtu kuljetusten aiheuttamaa tavanomaista liikenneonnettomuusriskiä ja niiden säteilysuojelullista riskiä. Kuten aikaisemmissa ulkomaisissa selvityksissä, myös tässä raportissa tuloksena on, että tavanomainen liikenneonnettomuusriski on säteilystä aiheutuvaa riskiä suurempi.

Posivan esittämissä turvallisuustarkasteluissa ei ole tarkasteltu merikuljetuksia yhtä perusteellisesti kuin maakuljetuksia. Jos sijoituspaikkana on Olkiluoto, on todennäköistä, että Loviisan voimalaitoksen käytetty polttoaine vietäisiin loppusijoituslaitokselle merikuljetuksena. Ruotsissa on jo yli viidentoista vuoden kokemukset käytetyn ydinpolttoaineen merikuljetuksista ja niistä on tehty perusteelliset turvallisuusselvitykset. Näin ollen merikuljetuksiin ei Säteilyturvakeskuksen mielestä liity sellaisia seikkoja, jotka edellyttäisivät tässä yhteydessä lisäselvityksiä.

Posivan raportissa esitetyt tarkastelut sekä kansainvälinen kokemus käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksista yli kolmenkymmenen vuoden ajalta vahvistavat käsitystä, että kuljetukset voidaan tehdä sekä kansainväliset että suomalaiset turvallisuusmääräykset täyttävästi.

## 7.3 Pitkäaikaisturvallisuus

**Turvallisuusvaatimukset**

Valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 5 ja 6 §:t sisältävät seuraavat määräykset:

*Loppusijoituksesta ei saa millään tarkasteluajanjaksolla aiheutua sellaisia terveydellisiä tai ympäristöllisiä vaikutuksia, jotka ylittäisivät loppusijoituksen toteutusajankohtana hyväksyttävänä pidettävän enimmäistason.*

*Loppusijoitus tulee suunnitella siten, että todennäköisenä pidettävien kehityskulkujen seurauksena aiheutuvat säteilyvaikutukset eivät ylitä 3 ja 4 momentissa tarkoitettuja enimmäisarvoja.*

*Tarkasteluajanjaksolla, jona ihmisille aiheutuva säteilyaltistus voidaan riittävän luotettavasti arvioida, mutta jonka on oltava vähintään usean tuhannen vuoden mittainen, tulee:*

*1) eniten altistuville ihmisille aiheutuvan efektiivisen vuosiannoksen jäädä alle arvon 0,1 mSv; ja*

2) *muille ihmisille aiheutuvien keskimääräisten efektiivisten vuosiannosten jäädä merkityksettömän pieniksi.*

*Edellä tarkoitetun ajanjakson jälkeisille tarkasteluajanjaksoille tulee loppusijoitetuista ydinjätteistä peräisin olevien elinympäristöön vapautuvien radioaktiivisten aineiden määrien pitkän ajan keskiarvojen alittaa enimmäisarvot, jotka Säteilyturvakeskus asettaa kunkin radionuklidin osalta erikseen. Enimmäisarvot tulee asettaa siten, että:*

1) *loppusijoituksesta aiheutuvat säteilyvaikutukset voivat olla enimmillään vastaavansuuruisia kuin luonnon radioaktiivisista aineista aiheutuvat; ja*

2) *laaja-alaiset säteilyvaikutukset jäävät merkityksettömän pieniksi.*

*Pitkäaikaisturvallisuutta heikentävien epätodennäköisten tapahtumien merkitys on selvitettävä ja, jos mahdollista, niiden seurausten ja säteilyvaikutusten odotusarvojen hyväksyttävyyttä on arvioitava 5 §:ssä tarkoitettuihin efektiivisen vuosiannoksen raja-arvoihin sekä vapautuvien radioaktiivisten aineiden enimmäismääriin verrattuna.*

Edellä esitettyjä pitkäaikaisen säteilyturvallisuuden tavoitteita tulee noudattaa loppusijoituslaitoksen suunnittelussa ja loppusijoituksen toteutuksessa. Säteilylain 2 §:ään sisältyvän optimointiperiaatteen ja Valtioneuvoston päätöksen 12 §:ään sisältyvän turvallisuuden jatkuvaa parantamista koskevan periaatteen mukaisesti on kuitenkin kaikin käytännöllisin toimenpitein pyrittävä edelleen vähentämään säteilyaltistusta, vaikka tavoitearvot olisi saavutettu.

Eniten altistuvien ihmisten annosrajoitusta, 0,1 mSv vuodessa efektiivisenä annoksena, sovelletaan loppusijoituspaikan lähiympäristössä asuvaan omavaraiseen perhe- tai pienkyläyhteisöön, johon kohdistuu suurin säteilyaltistus. Yhteisön elinympäristössä oletetaan olevan pienen järven ja pinnanläheisiä pohjavesiä hyödyntävän kaivon. Altistusreitteinä on tarkasteltava ainakin kontaminoituneen veden käyttöä talous- ja kasteluvetenä sekä kontaminoituneiden vesistöjen ravintoketjuja.

Lisäksi on tarkasteltava keskimääräisiä efektiivisiä vuosiannoksia laajemmille ihmisjoukoille, jotka asuvat alueellisen järven tai merenrannikon ympäristössä ja altistuvat näihin vesistöihin kulkeutuneista radioaktiivisista aineista. Näiden annosten tulee olla, populaatioiden koosta riippuen, enintään sadasosa–kymmenesosa edellä annetusta eniten altistuvien ihmisten annosrajoituksesta.

Valtioneuvoston päätöksen 5 §:ssä tarkoitetut nuklidikohtaiset enimmäisarvot loppusijoitustiloista vapautuville, elinympäristöön kulkeutuville radioaktiivisten aineiden määrille tullaan antamaan YVL-ohjeessa. Vuonna 1992 julkaistua TVO-92 -turvallisuusanalyysiä arvioidessaan Säteilyturvakeskus sovelsi seuraavia nuklidiryhmäkohtaisia enimmäisarvoja:

- 0,1 GBq/a nuklideille radium-226, torium-229, protaktinium-231, uraani-238, plutonium-239 ja -240, neptunium-237 ja amerikium-243;

- 1 GBq/a nuklideille kloori-36, seleeni-79, niobium-94, tina-126, jodi-129, kesium-135;

- 10 GBq/a nuklideille hiili-14, nikkeli-59 , sirkonium-93, teknetium-99 ja palladium-107.

Näitä arvoja on vielä tarpeen tarkistaa uusimpien biosfäärianalyysien valossa (esim. SKB 1999). Sen seurauksena jotkin enimmäisarvot muuttunevat mutta todennäköisesti enimmillään tekijällä kymmenen. Aktiivisuuspäästöt voidaan laskea enintään 1 000 vuoden keskiarvoina.

Tyypillisiä valtioneuvoston päätöksen 6 §:ssä tarkoitettuja pitkäaikaisturvallisuutta heikentäviä epätodennäköisiä tapahtumia ovat

- syvän porakaivon tekeminen loppusijoituspaikalle;

- jätekapseliin osuvaa kallionäytekairausta;

- kallioliikunto, joka rikkoo lukuisia jätekapseleita.

Tällaisten satunnaisten ja tahattomien tapahtumien turvallisuusmerkitys on arvioitava ja milloin mahdollista, on laskettava niistä aiheutuva vuotuinen säteilyannos tai aktiivisuuspäästö, joka kerrotaan sen arvioidulla aiheutumistodennäköisyydellä. Tätä odotusarvoa verrataan edellä annettuihin säteilyannos- ja aktiivisuuspäästörajoituksiin. Jos kuitenkin aiheutuvan yksilöannoksen seurauksena voisi olla deterministisiä säteilyvaikutuksia (vähintään 0,5 Sv), sen aiheutumisen vuotuisen todennäköisyyden tulee jäädä alle arvon $10^{-6}$.

Loppusijoituksella ei saa olla haitallisia säteilyvaikutuksia kasvi- tai eläinlajeihin. Tämän osoittamiseksi on arvioitava tyypillisiä säteilyannoksia loppusijoituspaikan ympäristön maa- ja vesialueiden eliöissä. Niiden tulee jäädä selvästi pienemmiksi kuin annokset, joista parhaan käytettävissä olevan tieteellisen tiedon mukaan voisi aiheutua luonnon monimuotoisuuden vähenemistä tai merkittävää haittaa jollekin eliöpopulaatioille. Lisäksi harvinaisille tai taloudellisesti merkittäville eläimille, kasveille ja kotieläimille ei saa aiheutua merkittävää yksilökohtaista säteilyhaittaa.

## Turvallisuusvaatimusten toteutuminen

### *Säteilyannosrajoitukset*

Koska teknisten vapautumisesteiden edellytetään eristävän jäteaineet tehokkaasti usean tuhannen vuoden ajan, tänä aikana voisi elinympäristöön vapautua radioaktiivisia aineita lähinnä siten, että esim. valmistus- tai asennusvikojen takia pieni määrä jätekapseleita menettäisi eheytensä ennenaikaisesti. Tällaista tilannetta on kuvattu TILA-99 -turvallisuusanalyysissä "neulanreikä"-skenaariolla.

Jos muut vapautumisesteet toimisivat oletetulla tavalla, aiheutuisivat suurimmat annokset välittömästi vapautuvista ja helposti kulkeutuvista aineista, joita ovat mm. jodi-129, kesium-135 ja hiili-14. Säteilyannosten maksimiarvot ensimmäisten 10 000 vuoden aikana jäisivät alle $10^{-9}$ Sv/a yhtä vuotavaa kapselia kohti.

Kyseiset säteilyannokset ovat epäherkkiä useimmille vapautumisesteiden toimintakykyä kuvaaville epävarmuuksille. Poikkeuksena ovat epärealistisina pidettävät ääritilanteet, joissa yhdistyvät esim. alun perin vuotava kapseli, suuri pohjaveden virtaama jätekapselin ympäristössä ja suolaisen pohjaveden kemia.

TILA-99 -analyysissä ei ole kuitenkaan kiinnitetty riittävästi huomiota yhteisvikaantumisiin, joiden välillä voi olla syy-yhteys. Tällainen skenaario on esim. kapselissa alun perin olevan "neulanreiän" nopea kasvu korroosion vaikutuksesta ja bentoniittipuskurin eristyskyvyn heikkeneminen raudan korroosiokaasujen ulospurkautumisen tai korroosiotuotteiden paisumisen takia. Jos oletetaan tällainen tapahtumaketju ensimmäisten tuhansien vuosien aikana, TILA-99 -analyysin perusteella voidaan arvioida enimmäissäteilyannoksiksi $10^{-7}$–$10^{-6}$ Sv/a yhtä viallista jätekapselia kohden. Toisaalta hiljattain ilmestyneessä ruotsalaisessa turvallisuusanalyysissä (SKB 1999) on analysoitu, että "neulanreiästä" huolimatta radioaktiivisia aineita alkaisi vapautua jätekapselista vasta 200 000 vuoden päästä.

TILA-99 -analyysissä ei ole laskettu säteilyannoksia laajemmille väestöryhmille. Sen sijaan siinä on referoitu ruotsalaisia analyysejä (SKB 1992, SKI 1996), jossa on verrattu keskenään kaivoveden kautta saatavia enimmäisannoksia ja loppusijoituspaikan läheisestä merenlahdesta saatavia enimmäisannoksia. Merestä kalan syönnin kautta saatavat annokset osoittautuvat kriittisimpien nuklidien osalta (hiili-14, kesium-135, tina-126, seleeni-79) vähintään tekijällä 100 pienemmiksi ja muiden nuklidien osalta vähintään tekijällä 1000 pienemmiksi kuin kaivoreitin kautta koituvat säteilyannokset. Samansuuntaisia tuloksia saatiin myös Olkiluodon keski- ja matala-aktiivisten jätteiden loppusijoituslaitoksen turvallisuusanalyysissä (Vieno ym. 1991).

*Aktiivisuuspäästörajoitukset*

Aktiivisuuspäästörajoituksia sovelletaan usean tuhannen vuoden jälkeen seuraavalle ajanjaksolle, jona suuria ilmastonmuutoksia ja siitä aiheutuvia huomattavia geologisiakin muutoksia voidaan pitää todennäköisinä. Vaikkakin jätekapselien suunnitteluperusteinen kestoikä on miljoonia vuosia, kasvavat niiden kestoon liittyvät epävarmuudet mainittujen geologisten muutosten vuoksi niin, että konservatiivisuusperiaatteen mukaista on olettaa jätekapselien eheyden menetys jo huomattavasti aikaisemmin.

Päästörajoitusvaatimuksen täyttymisen arvioimiseksi tehdään esimerkinomainen tarkastelu olettaen pessimistisesti, että jätekapselit alkavat vaurioitua 10 000 vuoden päästä ja että 50 000 vuoden kuluttua kaikki kupari-rautakapselit ovat vaurioituneet niin, etteivät ne enää toimi vapautumisesteenä. Aiheutuvia aktiivisuuspäästöjä voidaan arvioida TILA-99 -analyysin "häviävä kapseli" -skenaarioiden perusteella. Suurimmat päästöt biosfääriin ja prosenttiosuudet alustavista aktiivisuuspäästörajoituksista olisivat tällöin kriitillisimmillä nuklideilla seuraavat:

- hiili-14: 0,5 GBq/a; 5 % aktiivisuuspäästörajoituksesta
- kloori-36: 0,1 GBq/a; 10 % aktiivisuuspäästörajoituksesta
- tina-126: 0,3 GBq/a; 30 % aktiivisuuspäästörajoituksesta
- jodi-129: 0,01 GBq/a; 1 % aktiivisuuspäästörajoituksesta
- Cs-135: 0,04 GBq/a; 4 % aktiivisuuspäästörajoituksesta.

Makean ja suolaisen pohjaveden skenaariolla ei ole olennaista eroa edellä tarkastellussa skenaariossa. Yksittäisten vapautumisesteiden toimintakyvyn epävarmuuksien vaikutus ei yleensäkään ole kovin suuri, koska kriittisimmät nuklidit lukeutuvat helposti kulkeutuviin. Vasta jos useamman vapautumisesteen eristyskyky heikkenisi oletetusta, voisivat hitaasti kulkeutuvien nuklidien aktiivisuuspäästöt tulla dominoiviksi.

*Odottamattomat tapahtumat*

TILA-99 -turvallisuusanalyysissä ei ole suoraan laskettu loppusijoitustilan läheisyyteen tehdystä syvästä (esim. 300 m) porakaivosta aiheutuvia säteilyannoksia. Niitä voidaan karkeasti arvioida analyysiin sisältyvän matalan kaivon tulosten perusteella. Syvässä kaivossa laimennus saattaisi jäädä huomattavasti pienemmäksi kuin matalassa kaivossa, mutta toisaalta on otettava huomioon, että kaivon olemassaolon todennäköisyys tarkasteltavana ajankohtana on pieni. Näin ollen säteilyannoksen odotusarvo ei muodostuisi olennaisesti suuremmaksi kuin matalan kaivon tapauksessa.

Myöskään jätekapseliin osuvan syväporauksen tai kallionäytekairauksen seurauksia ei ole analysoitu TILA-99 -raportissa. Tällaisia skenaarioita on kuitenkin tarkasteltu aiemmissa suomalaisissa ja ruotsalaisissa turvallisuusanalyyseissä (Vieno ym. 1985, SKB 1999). Tyypillistä tuloksille on, että säteilyseuraukset esim. kairaussydäntä käsitteleville henkilöille voivat olla suuret. Toisaalta tällaisen kapseliin osuvan kairauksen todennäköisyys, arvioituna syvien kairausten nykyisten määrien perusteella, jää suuruusluokkaan $10^{-7}$ vuodessa. Näin ollen säteilyseuraamusten odotusarvo jäisi selvästi asetettua rajoitusta pienemmäksi.

TILA-99 -analyysissä on suppeasti tarkasteltu skenaariota, jossa kalliosiirros rikkoo lukuisia jätekapseleita. Tällöin oletetaan lisäksi menetettävän bentoniittipuskurin eristyskyky, ja pohjaveden virtauksen ja kemian parametriarvot oletetaan muuttuvan epäedullisiksi. Kuvatunlaisten siirrosten arvioidaan todennäköisimmin syntyvän jääkauden perääntymisvaiheen olosuhteissa ja siksi TILA-99:ssä sen oletetaan tapahtuvan 30 000 vuoden päästä. Viimeisimmät tutkimustulokset ilmastonmuutoksista ja jääkausista tosin viittaavat jääkauden tuloon huomattavasti myöhemmin kuin TILA-99:ssä on oletettu (Forsström 1999, SKB 1999).

Aiheutuvaksi enimmäisannokseksi on saatu 0,03 mSv/a rikkoontuvaa jätekapselia kohden merkittävimmän nuklidin ollessa Pu-239. Kun yhdessä suuressa siirroksessa voisi rikkoontua enimmillään joitakin kymmeniä jätekapseleita, tulisi enimmäisannokseksi noin 2 mSv/a. Jos jääkauden perääntymisvaiheen oletetaan ajoittuvan vasta yli 50 000 vuoden päähän jäisi enimmäisannos noin puoleen edellä esitetystä.

Loppusijoitustilaa leikkaavan suuren kalliosiirroksen todennäköisyyden kvantitatiivinen arviointi on nykyisen tietämyksen perusteella hyvin epävarmaa, vaikka Fennoskandinavian postglasiaalisia siirroksia on tutkittu usean vuoden ajan (Kuivamäki ym. 1998). Jos loppusijoitustilojen sijainti on asianmukainen, siirroksen todennäköisyys voidaan katsoa hyvin pieneksi seuraavan jääkaudenkin yhteydessä. Näin ollen säteilyannoksen odotusarvon voidaan arvioida jäävän selvästi alle rajoituksen 0,1 mSv/a.

*Muun elollisen luonnon suojelu*

Kansainvälisiä periaatteita ja annoskriteereitä muun elollisen luonnon suojelemiseksi ollaan vasta luomassa (IAEA 1999). Tällä hetkellä kuitenkin katsotaan, että eliöiden suojelu tulee toteuttaa populaatiotasolla, poikkeuksena harvinaiset tai taloudellisesti merkittävät eliöt sekä kotieläimet. Parhaan nykyisen tieteellisen tiedon mukaan ei osalle eliöyksilöitä koituva alle 0,1 milligrayn tuntiannos (n. 800 mGy/a) aiheuta haitallisia vaikutuksia terveille eliöpopulaatioille (UNSCEAR 1996). Tämä annos on yli tuhat kertaa suurempi kuin loppusijoituksesta eniten altistuville ihmisille asetettu annosrajoitus ja yli satakertainen luonnon taustasäteilyyn verrattuna. Näin ollen on selvää, että asetetut turvallisuusvaatimukset varmistavat myös riittävän eliöpopulaatioiden suojelun ja luonnon monimuotoisuuden turvaamisen.

Harvinaisten ja taloudellisesti merkittävien eliöiden ja kotieläimien suojelun voidaan katsoa toteutuvan samoilla edellytyksillä kuin ihmisen suojelun. On myös otettava huomioon, että loppusijoituksesta aiheutuva säteilyaltistus keskittyy varsin suppealle alueelle.

TILA-99:ssä viitataan eräisiin kanadalaisin ja ruotsalaisiin tutkimuksiin, joissa on arvioitu loppusijoituksen aiheuttamaa säteilyrasitusta kasveille, nisäkkäille, linnuille ja kaloille. Kaikki arviot jäävät huomattavasti alle mahdollisesti haitallisten säteilytasojen.

Kasveja ja eläimiä koskevien säteilyannoskriteerien eettisiä perusteita ja annosten arviointimenetelmiä tullaan lähivuosina tutkimaan voimakkaasti eri kansainvälisten yhteisöjen (ICRP, IAEA, EU) piirissä. Vaikkakin periaatepäätöshakemuksessa ja TILA-99 -analyysissä olevat muun elollisen luonnon säteilysuojelua koskevat tarkastelut ovat suppeita, niitä voidaan pitää tässä vaiheessa riittävinä.

*Johtopäätökset*

Periaatepäätöshakemuksen tukena esitettyjen turvallisuusselvitysten, liitteenä olevien arvioiden ja oman arviointityön valossa Säteilyturvakeskukselle on muodostunut käsitys, että suunniteltu loppusijoitusratkaisu ja ehdotettu loppusijoituspaikka täyttävät pitkäaikaisturvallisuudelle asetetut vaatimukset. Tämän edellytyksenä on, että vapautumisesteiden toimintakyky kokonaisuudessaan ei ole ratkaisevasti huonompi kuin turvallisuusanalyysissä on oletettu. Varsinkin teknisten vapautumisesteiden hyvä eristyskyky ensimmäisten tuhansien vuosien aikana on turvallisuuden kannalta olennaista. Tästä varmistuminen edellyttää huomattavaa tutkimus- ja kehitystyöpanosta tulevan tutkimusjakson aikana.

# 8 Yhteenveto

Posiva Oy:n ehdottama loppusijoitusratkaisu vastaa ydinenergialainsäädännön määräyksiä siitä, miten ydinjätteistä tulee huolehtia. Suunniteltu toteutusaikataulu on valtioneuvoston vuonna 1983 tekemän ja KTM:n viimeksi vuonna 1995 vahvistaman tavoiteaikataulun mukainen. Periaatepäätöshakemuksessa esitettyyn loppusijoituksen toteutustapaan ja ajoitukseen sisältyy Säteilyturvakeskuksen käsityksen mukaan niin paljon joustavuutta, että niitä koskevat turvallisuusvaatimukset voidaan ottaa huomioon.

Loppusijoituslaitokselle, johon sisältyvät maanpäällinen kapselointilaitos sekä maanalaiset loppusijoitustilat aputiloineen, on laadittu esisuunnitelmat, joissa on erityisesti tarkasteltu laitoksen turvallisuuteen liittyviä suunnitteluperusteita. Säteilyturvakeskuksen mielestä ne ovat asianmukaiset ja tässä vaiheessa riittävät.

Loppusijoituslaitoksen käytölle ja ydinpolttoaineen kuljetukselle loppusijoituslaitokseen on laadittu turvallisuusarviot. Säteilyturvakeskuksen mielestä niissä on riittävällä tavalla osoitettu turvallisuusmääräysten täyttyminen. Säteilyturvakeskuksen käsityksen mukaan käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksen, kapseloinnin ja loppusijoitustoimien turvallisuus perustuu suurelta osin luontaisesti turvallisiin järjestelmiin eikä näihin toimintoihin liity vakavan ympäristöonnettomuuden mahdollisuutta.

Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden on suunniteltu perustuvan peräkkäisten vapautumisesteiden järjestelmään. Nämä vapautumisesteet ovat sekä luonnollisia, kuten kallioperä, että teknisiä rakenteita, kuten jätekapseli. Ehdotetussa loppusijoitusratkaisussa tämä moniesteperiaate näyttää eristävän radioaktiiviset aineet luotettavasti elinympäristöstä, kun painotetaan niitä aineita, joiden aktiivisuusosuus on ratkaiseva kunakin tarkasteluajanjaksona.

Säteilyturvakeskuksen käsityksen mukaan Posiva Oy:n loppusijoitusratkaisuun sisältyvillä teknisillä vapautumisesteillä on hyvät edellytykset eristää jäteaineet kallioperästä jokseenkin täydellisesti turvallisuusvaatimusten mukaisesti usean tuhannen vuoden ajaksi. Asiasta varmistuminen edellyttää kuitenkin tutkimusten jatkamista ja täyden mittakaavan toimintakykytestejä. Näitä on suunniteltu tehtävän periaatepäätöstä seuraavalla tutkimusjaksolla.

Yksityiskohtaiset loppusijoitustutkimukset on tehty neljällä alueella. Säteilyturvakeskus on arvioinut niiden soveltuvuutta loppusijoitukseen ja katsoo, ettei tutkimusalueiden kesken ei ole ratkaisevia loppusijoituksen turvallisuuteen vaikuttavia eroja. Tähänastisten tutkimusten perusteella Olkiluoto näyttäisi soveltuvan sijoituspaikaksi. Pohjaveden suolaisuuden syvyysriippuvuuden ja kalliomekaanisten ominaisuuksien vuoksi saattaa soveliain loppusijoitussyvyys Olkiluodossa jäädä pienemmäksi kuin periaatepäätöshakemuksessa esitetty enimmäissyvyys 700 metriä.

Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta on perusteltu turvallisuusanalyysillä, jonka tukena on parinkymmenen vuoden ajan tehtyjä turvallisuustutkimuksia. Säteilyturvakeskuksen käsityksen mukaan kyseistä turvallisuusanalyysiä, yhdessä eräiden muiden viime vuosina julkaistujen vastaavanlaisten turvallisuusanalyysien kanssa, voidaan

käyttää perustana arvioitaessa periaatepäätöshakemuksessa esitetyn loppusijoitusratkaisun pitkäaikaisturvallisuutta.

Periaatepäätöshakemuksen tukena esitettyjen turvallisuusselvitysten ja siitä suoritetun arvioinnin valossa Säteilyturvakeskukselle on muodostunut käsitys, että suunnitellulla loppusijoitusratkaisulla ja ehdotetulla loppusijoituspaikalla on hyvät edellytykset täyttää pitkäaikaisturvallisuudelle asetetut vaatimukset. Turvallisuudesta varmistuminen vaatii kuitenkin huomattavaa tutkimus- ja kehitystyöpanosta, joita on tarkoitus tehdä tulevan tutkimusjakson aikana mm. valitulla loppusijoituspaikalla.

Säteilyturvakeskus on hankkinut alustavan turvallisuusarvionsa tueksi joukon asiantuntija-arvioita ja lausuntoja, jotka ovat tämän raportin liitteenä. Lausunnoissaan neljä julkishallinnon ydinjätetutkimuksen ohjelmaan osallistunutta tutkimuslaitosta katsoo, ettei niiden edustamien tutkimusalueiden osalta ole ilmennyt mitään sellaisia seikkoja, jotka viittaavat siihen, ettei ehdotettu loppusijoitusratkaisu täyttäisi turvallisuusvaatimuksia. Säteilyturvakeskuksen kansainvälinen asiantuntijaryhmä esittää käsityksenään, ettei turvallisuuden kannalta ole estettä periaatepäätöksen tekemiselle. Myöskään Säteilyturvakeskuksen suorittamassa arviointityössä ei ole ilmennyt sellaisia seikkoja, joiden perusteella olisi pääteltävissä, etteivät valtioneuvoston päätökseen (478/1999) sisältyvät turvallisuusvaatimukset täyty.

# 9 Viitteet

Anttila, M. 1992. TVO:n käytetyn polttoaineen koostumus, aktiivisuus, lämmöntuotto ja muut radioaktiiviset ominaisuudet jäähtymisajan funktiona. Helsinki, Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta. Raportti YJT-92-03.

Anttila, M. 1995. Characteristics of Loviisa NPP spent fuel. Helsinki, Nuclear Waste Commission of Finnish Power Companies, Report YJT-95-21.

Anttila, P. 1995. Käytetyn polttoaineen loppusijoitus – loppusijoituspaikan valintaperusteet. Helsinki. Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta. Raportti YJT-95-07.

Anttila, M. 1998. Radiation protection calculations for an encapsulation plant. Helsinki, Posiva Oy, R&D Report 98-01e.

Anttila, M. 1999. Criticality safety calculations for the nuclear waste disposal canisters for twelve spent fuel assemblies. Helsinki, Posiva Oy, Working Report 99-03.

Anttila, P., Ahokas, H., Front, K., Hinkkanen, H., Johansson, E., Paulamäki, S., Riekkola, R., Saari, J., Saksa, P., Snellman, M., Wikström, L., Öhberg, A. 1999. Final disposal of spent fuel in Finnish bedrock – Olkiluoto site report. Helsinki, Posiva Oy, POSIVA-99-10.

Forsström, L. 1999. Future glaciation in Fennoscandia. Helsinki, Posiva Oy, POSIVA-99-30.

Ilveskivi, P. & Niini, H. 1985. Olkiluodon malmikriittisyys. Teknillisen korkeakoulun taloudellisen geologian laboratorio. Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta. Raportti YJT-85-04.

KTM 1994. Evaluation of the Finnish nuclear waste management programme, Report of the WATRP review team. Ministry of Trade and Industry publication Reviews B:181, 1994.

Kuivamäki, A., Vuorela, P. & Paananen, M. 1998. Indications of postglacial and recent bedrock movements in Finland and Russian Karelia. Espoo, Geological Survey of Finland, Nuclear Waste Disposal Research, Report YST-99.

Kukkola, T. 1999a. Loppusijoituslaitoksen normaalikäytön, käyttöhäiriöiden ja onnettomuustilanteiden määritys päästö- ja annoslaskentaa varten. Helsinki, Posiva Oy. Työraportti 99-17.

Kukkola, T. 1999b. Kapselointilaitoksen ja -prosessin kuvaus. Helsinki, Posiva Oy. Työraportti 99-29.

Kukkola, T. 1999c. Loppusijoituslaitoksen maanpäällisten osien kuvaus. Helsinki, Posiva Oy. Työraportti 99-30.

IAEA 1999. Protection of the environment from the effects of ionizing radiation, A report for discussion. Wien, International Atomic Energy Agency, IAEA-TECDOC-1091.

La Pointe, P.R. & Cladouhos, T.T. 1999. An overview of a possible approach to calculate rock movements due to earthquakes at Finnish nuclear waste respository sites. Helsinki, Posiva Oy, POSIVA 99-02.

Miettinen, A., Eronen, M. & Hyvärinen, H. 1999. Land uplift and relative sea-level changes in the Loviisa area, southeastern Finland, during the last 8000 years. Helsinki, Posiva Oy, POSIVA 99-28.

Posiva Oy 1999. Laatukäsikirja, versio 1.2. Helsinki 1.7.1999.

Riekkola R., Saanio, T., Autio, J., Raiko, H. & Kukkola, T. 1999. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustilojen kuvaus. Helsinki, Posiva Oy. Työraportti 99-46.

Rossi, J., Raiko, H., Suolanen, V. & Ilvonen, M. 1999. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen normaalikäytön, käyttöhäiriöiden ja onnettomuustilanteiden aiheuttamien säteilyannosten arviointi. Helsinki, Posiva Oy. POSIVA 99-16.

Saanio, T. & Raiko, H. 1999. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituskapseleiden palautettavuus. Helsinki, Posiva Oy. Työraportti 99-21.

Saari, J. 1997. Olkiluodon alueen seismisyys. Helsinki, Posiva Oy. Työraportti 97-61.

Salmi, M., Vuorela, P. & Kuivamäki, A. 1985. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen geologiset aluevalintatutkimukset. Helsinki, Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta. Raportti YJT-85-27.

Suolanen, V., Lautkaski, R., & Rossi, J. 1999. Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusten terveysriskien arviointi. Helsinki, Posiva Oy. POSIVA 99-17.

SKI 1996. SKI SITE-94 deep repository performance assessment project. Stockholm, Swedish Nuclear power Inspectorate, SKI Technical Report 96:36.

SKB 1992. SKB 91 – Final disposal of spent nuclear fuel – Importance of the bedrock for safety. Stockholm, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co (SKB), Technical report 92-20.

SKB 1999. SR 97 – Post-closure safety of deep repository for spent nuclear fuel. Stockholm, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co (SKB), Technical report 99-06.

UNSCEAR 1996. Sources and effects of ionizing radiation, Unscear 1996 report to the General Assembly, with scientific annex, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York, United Nations.

Vieno, T., Hautojärvi, A., Koskinen, L. & Nordman, H. 1992. TVO-92 safety analysis of spent fuel disposal. Helsinki, Nuclear Waste Commission of Finnish Power Companies, Report YJT-92-33E.

Vieno, T. & Nordman, H. 1996. Interim report on safety assessment of spent fuel disposal TILA-96. Helsinki, Posiva Oy, POSIVA 96-17.

Vieno, T. & Nordman, H. 1999. Safety assessment of spent fuel disposal in Hästholmen, Kivetty, Olkiluoto and Romuvaara, TILA-99. Helsinki, Posiva Oy, POSIVA 99-07.

Vieno,T., Suolanen, V. 1991. VLJ-luolan biosfäärianalyysi. Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, raportti YJT-91-11

Vieno, T., Peltonen, E., Vuori, S., Anttila, M., Hillebrand, K., Meling, K., Rasilainen, S., Salminen, P., Suolanen, V. & Winberg, M. 1985. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuusanalyysi – Häiriötilanteet. Helsinki, Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta. Raportti YJT-85-23.

Äikäs, K. (toim.), Hagros, A., Johansson, E., Malmlund, H., Sievänen, U., Tolppanen, P., Ahokas, H., Heikkinen, E., Jääskeläinen, P., Ruotsalainen, P., Saksa, P. 1999. Olkiluodon kallioperän luokittelu loppusijoitustilojen rakennettavuuden kannalta. Helsinki, Posiva Oy. Työraportti 99-55.

# Liitteet

1 Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Energia, 1999. Lausunto 1.11.1999 (dno ENE/5/99).

2 Geologian tutkimuskeskus, 1999. Lausunto 26.10.1999 (dno 27/90/1999).

3 Helsingin teknillinen korkeakoulu, insinöörigeologian ja geofysiikan laboratorio, 1999. Lausunto 29.10.1999.

4 Helsingin yliopisto, kemian laitos, radiokemian laboratorio, 1999. Lausunto 29.10.1999.

5 M.J. Apted, N.A. Chapman, S.Frape, F.P.Glasser, B.Grundfelt, D.P. Hodgkinson, J.A. Hudson, A.G. Milnes, K.Pers, D. Read, 1999. STUK External Review Group Consensus Report.

6 M.J. Apted, 1999. Review of Posiva 99-07: Safety Assessment of Spent Fuel Disposal in Hästholmen, Kivetty, Olkiluoto and Romuvaara. Monitor Scientific Llc. Denver, Colorado.

7 N.A. Chapman, 1999. Review of Posiva 99-07: Safety Assessment of Spent Fuel Disposal in Hästholmen, Kivetty, Olkiluoto and Romuvaara and associated documentation supporting the Posiva application for approval of a Decision in Principle regarding a final disposal facility for spent nuclear fuel. QuantiSci Project No: STUK-6150-GEN, QuantiSci Ltd, Melton Mowbray, UK.

8 S.K. Frape, 1999. General comments and concerns regarding aspects of Posiva's proposed concept for "Spent fuel disposal at sites in Finland". University of Waterloo, Canada.

9 F.P. Glasser, 1999. Report to STUK: Safety Assessment of the Posiva Proposals for Spent Fuel Disposal: The Near Field. University of Aberdeen, UK.

10 B. Grundfelt & K. Pers, 1999. Review of TILA-99. Performance Assessment and Use of Natural Analogues. Kemakta AR 99-27, Sweden.

11 D. Hodgkinson, 1999. Review of TILA-99 and Posiva Performance Assessment Methodology. Report No: QRS-1015A-1, Version 1. Quintessa, UK.

12 J.A. Hudson, 1999. Report to STUK. Final disposal of spent fuel in Finland: peer review of the rock mechanics, rock ingineering and rock classification components. Rock Engineering Consultants, UK.

13 A.G. Milnes, 1999. Final report for review task 1A. Geology, rock structure models, geohydrology. GEA Consulting, Stockholm, Sweden.

14 D. Read, 1999. Review of documentation supporting the Posiva application for a decision in principle. Geological Barrier and Radionuclide Migration. Progress Report. Enterprise Limited, UK.

15 R.Pelli, 1999. Review of the manufacturing technology of the spent fuel canisters. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Report VALC661. Espoo, Finland.

16 P. Auerkari, T. Kannisto & K.Mäkelä, 1999. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Research Report VAL62-992639. Espoo, Finland.

KAUPPA- JA TEOLLISUUSMINISTERIÖ
Energiaosasto

Liite 2

# Yhteenveto lausunnoista ja julkisessa kuulemistilaisuudessa esitetyistä mielipiteistä

## Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamista koskeva periaatepäätös

# Sisällysluettelo

**1 Lakisääteiset lausunnot** ... 3

**2 Muut pyydetyt lausunnot** ... 14

**3 Kauppa- ja teollisuusministeriöön toimitetut muut mielipiteet käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoshankkeesta** ... 17

Kirjalliset mielipiteet ... 17

Puhelimitse esitetyt mielipiteet ... 21

**4 Julkisessa kuulemistilaisuudessa esitetyt mielipiteet** ... 22

Tilaisuuden pöytäkirja ... 22

Yhteenveto Eurajoen kuulemistilaisuudessa 9.11.1999 esitetyistä mielipiteistä ... 25

**5 Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta annettujen lausuntojen yhteydessä esitetyt kannanotot periaatepäätöshakemukseen liittyvistä seikoista** ... 28

**6 Hakijan vastine annetuista lausunnoista sekä alustavasta turvallisuusarviosta** ... 31

# 1 Lakisääteiset lausunnot

Kauppa- ja teollisuusministeriö on ydinenergialain 12 §:n mukaisesti pyytänyt Eurajoen kunnalta lausuntoa periaatepäätöshakemuksesta.

Ydinenergialain 12 §:n mukaisesti ministeriö on pyytänyt Säteilyturvakeskukselta hanketta koskevan alustavan turvallisuusarvion. Säteilyturvakeskus on toimittanut hanketta koskevan lausunnon ja liittänyt lausuntonsa liitteeksi pyydetyn turvallisuusarvion sekä ydinturvallisuusneuvottelukunnan lausunnon, jota ydinenergia-asetuksen 25 § edellyttää.

Ydinenergia-asetuksen 25 §:n mukaisesti on lisäksi pyydetty lausunto ympäristöministeriöltä, sisäasiainministeriöltä, puolustusministeriöltä, Länsi-Suomen lääninhallitukselta, Satakuntaliitolta, Lounais-Suomen ympäristökeskukselta, Eurajoen ympäristökunnilta ja ydinenergianeuvottelukunnalta. Nämä kaikki ovat antaneet hakemuksesta lausuntonsa.

Seuraavassa on tiivistetty lausuntojen sisältö. Säteilyturvakeskuksen turvallisuusarviota ei esitetä tässä yhteydessä.

**Eurajoen kunta**

Eurajoen kunta puoltaa ydinenergialain 14 §:n mukaisesti käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamista Eurajoen Olkiluotoon.

**Säteilyturvakeskus (STUK)**
(kursivoidut tekstit lausunnon väliotsikkoja

*Loppusijoitusta* on suunniteltu ja tutkittu siinä laajuudessa, että periaatepäätöksen harkinnalle on nyt riittävät edellytykset: Ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuutta on tutkittu Suomessa noin 20 vuotta. Lisätiedon hankinta turvallisuuden varmistamiseksi vaatii, että maan pinnalta tehtävien tutkimusten lisäksi tutkimuksia ryhdytään tekemään myös maan alla niissä syvyyksissä ja olosuhteissa, joihin loppusijoitusta on suunniteltu.

*Tähänastisten tutkimusten nojalla Olkiluoto soveltuu loppusijoituspaikaksi:* STUKin tai sen käyttämien ulkopuolisten asiantuntijoiden tekemissä arvioinneissa ei ole tuotu esiin sellaisia geologisia seikkoja, jotka puoltaisivat jonkin muun tutkitun alueen kuin Olkiluodon valintaa loppusijoituspaikaksi. Kun otetaan huomioon Olkiluodon muut edut sijoituspaikkana, on perusteltua keskittää jatkotutkimukset Olkiluotoon.

*Loppusijoituslaitoksen käyttöön ei liity merkittäviä turvallisuusriskejä:* Laitosta koskevat esisuunnitelmat ovat asianmukaiset ja tässä vaiheessa riittävät. Laitos perustuu valtaosin koeteltuun tekniikkaan. Laitoksen käytön ja ydinpolttoaineen kuljetuksen osalta turvallisuusarvioissa on riittävällä tavalla osoitettu turvallisuusmääräysten täyttyminen.

Kuljetuksista on jo runsaasti maailmanlaajuista kokemusta. Ydinpolttoaineen kuljetukseen, kapselointiin tai loppusijoitustoimintoihin ei liity ympäristöä saastuttavan suuronnettomuuden vaaraa.

*Tutkimukset ovat vahvistaneet käsitystä mahdollisuudesta saavuttaa asetetut turvallisuustavoitteet myös hyvin pitkälle tulevaisuuteen ulottuvalla ajanjaksolla:* STUKin tarkastamat Posiva Oy:n teettämät tutkimukset sekä julkisin varoin tehty riippumaton tutkimustyö ovat vahvistaneet käsitystä siitä, että asetetut turvallisuustavoitteet voidaan täyttää. Vapautumisesteet säilyttävät suurella todennäköisyydellä toimintakykynsä niin pitkään kuin on tarpeen radioaktiivisten aineiden leviämisen estämiseksi. Myöskään niiden pettäminen luonnonmullistusten, kuten esimerkiksi jääkauden aiheuttamien kallioliikuntojen tai ihmisen toiminnan seurauksena ei johtaisi ympäristön kannalta vakaviin seuraamuksiin. STUKin hankkimissa lausunnoissa ja asiantuntija-arvioissa ei ole kyseenalaistettu ehdotetun konseptin soveltuvuutta eikä todettu muitakaan esteitä periaatepäätöksen tekemiselle.

*Lisää kehitystyötä ja turvallisuustutkimuksia tarvitaan rakentamisluvan perusteeksi:* Loppusijoituksen turvallisuutta ei vielä ole osoitettu sillä varmuudella kuin rakentamisluvan yhteydessä on edellytettävä. Kehitystyön tarvetta ja epävarmuuksia liittyy useisiin osa-alueisiin: kapselin valmistukseen, teknisten vapautumisesteiden pitkäaikaiskäyttäytymiseen, ehdotetun loppusijoituspaikan ominaisuuksiin ja turvallisuuden arviointimenetelmiin. Posiva Oy:n suunnittelema noin kymmenen vuotta kestävä intensiivisen tutkimus- ja kehitystyön jakso vaikuttaa sopivalta ajalta avoimien kysymysten selvittämiseen.

*Posiva Oy:n esittämä konsepti tarjoaa ydinjätteiden pysyväksi eristämiseksi biosfääristä paremman lähtökohdan kuin muut tiedossa olevat vaihtoehdot:* Vaihtoehtoja ydinjätehuollon järjestämiseksi on tarkasteltu STUKin antamassa lausunnossa, joka koski loppusijoituksen ympäristövaikutusten arviointia. Johtopäätös on, että turvallisuuden kannalta vähiten epävarmuuksia sisältävä vaihtoehto Suomen olosuhteissa on käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus kallioperään. Eräs esitetyn loppusijoitusratkaisun vahvuus on, että sen perusperiaatteet ovat tarpeellisia ja käyttökelpoisia jätteen tyypistä ja muodosta riippumatta. Tämä minimoi myöhemmän muutostarpeen, vaikka ydinjätehuoltoa koskeva kansainvälinen tutkimus- ja kehitystyö johtaisikin uusiin teknisiin innovaatioihin.

*Peruskonseptia olisi mahdollista parantaa joustavasti, jos tulevaisuudessa tehtäisiin merkittäviä teknisiä innovaatioita:* Tulevan kehityksen tarjoamia mahdollisuuksia on syytä arvioida säännöllisesti suunnittelun edetessä ja erityisesti silloin, kun käsitellään loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemusta ja käyttölupahakemusta. Vaikuttaa ilmeiseltä, että mahdollisia innovaatioita voitaisiin joustavasti hyödyntää peruskonseptiin tehtävillä muutoksilla. Mitkään näköpiirissä olevat innovaatiot eivät kuitenkaan poista tarvetta loppusijoittaa runsasaktiivista ydinjätettä.

*Olennaisesti erilaisen ydinjätehuoltokonseptin kehittäminen on odotettavissa vain siinä tapauksessa, että ydinenergian käyttö lisääntyy voimakkaasti globaalisessa mittakaavassa:* Useimmissa ydinenergiaa käyttävissä maissa kehitellään pääperiaatteiltaan vas-

taavia loppusijoituslaitoksia kuin Posiva Oy:n esittämä. Tällä hetkellä näköpiirissä ei ole sellaista tekijää, joka voisi suunnata maailmanlaajuisesti yhdenmukaisen kehityksen kokonaan uudelle uralle. Olennaisesti erilaisen ydinjätehuoltokonseptin kehittämiseksi vaadittaisiin mittavia kehityshankkeita. Resurssien panostus olisi perusteltavissa vain, jos ydinenergian käyttö maailmassa alkaisi voimakkaasti lisääntyä ja nykyisin jätteeksi luokiteltavaa käytettyä ydinpolttoainetta tarvittaisiin uuden polttoaineen raaka-aineeksi. Ydinenergian käytön huomattava kasvu edellyttäisi uudentyyppisiä reaktoreita. Suomen näkökulmasta ei ole järkevää odottaa maailmanlaajuista ydinenergian käytön lisääntymistä esim. uudentyyppisten reaktoreiden myötä. Posiva Oy:n suunnittelema loppusijoituslaitos jonkin verran muunneltuna olisi tarpeen em. kehityksestä huolimatta, elleivät jälleenkäsittelylaitoksia omistavat maat suostuisi ottamaan haltuunsa laitosten tuottamaa runsasaktiivista ydinjätettä.

*Ydinjätteen turvallinen loppusijoitusratkaisu on kehitettävä sinä aikana, kun riittävä teknistieteellinen asiantuntemus on vielä varmasti käytettävissä:* Loppusijoituslaitoksen turvallisuus ja ydinjätteen luotettava eristäminen biosfääristä voidaan parhaiten varmistaa siten, että tutkimus- ja kehitystyö, suunnittelu, rakentaminen ja käyttöönotto seuraavat toisiaan keskeytymättömänä prosessina. Mikäli prosessi olennaisesti hidastuu tai keskeytyy, on ilmeistä, että tarvittavaa asiantuntemusta prosessin jatkamiseen on erittäin vaikea ylläpitää ja hankkia uudelleen. Näin on asia erityisesti silloin, jos ydinenergian käytölle ei ole näköpiirissä jatkoa nykyisten laitosten käytön päättyessä. On ennakoitavissa, että asiantuntemuksen heikentyminen alkaa jo aivan lähivuosina ellei ydinenergia-ala tarjoa uudelle sukupolvelle kiinnostavia tulevaisuuden näkymiä. Viivästys merkitsisi työn teknistieteellisen laadun todennäköisen heikentymisen lisäksi myös merkittäviä lisäkustannuksia ja sitä, että ydinjätehuoltoon varattuja rahastoja jouduttaisiin kasvattamaan.

*Loppusijoitetun jätteen palautus ja uuden jätehuoltokonseptin käyttöönotto on teknisesti mahdollista kaikissa prosessin vaiheissa:* Ehdotetussa konseptissa jätteen palautus esim. jatkokäyttöä varten olisi teknisesti mahdollista loppusijoitusprosessin missä vaiheessa tahansa, jopa tilojen sulkemisen jälkeen. Palautustarpeen syntyminen turvallisuussyistä vaikuttaa kuitenkin erittäin epätodennäköiseltä.

*Turvallisuusarvioinnin johtopäätös on, että myönteisen periaatepäätöksen tekeminen on turvallisuuden kannalta perusteltua:* STUKin tekemässä alustavassa turvallisuusarviossa ei ole tullut esiin seikkoja, jotka osoittaisivat, ettei ole riittäviä edellytyksiä rakentaa Posiva Oy:n alustavien suunnitelmien mukaista käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitosta siten, että laitos on turvallinen ja että siitä ei aiheudu vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle. Periaatepäätöksen teon yhteydessä olisi syytä edellyttää tutkimus- ja kehitystyötä, jonka perusteella voidaan varmentaa esitetyn konseptin turvallisuus riittävän hyvin ennen rakentamisluvan myöntämistä. Jatkotutkimusten suunnittelussa ja seurannassa noudatettavat menettelytavat vahvistettaneen YEL 28 § nojalla tehtävällä kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksellä.

**Ydinturvallisuusneuvottelukunta**
(lausunto on STUKin antaman alustavan turvallisuusarvion liite)

Posivan loppusijoitusmalli on turvallisuusperiaatteiltaan alan kansainvälisten järjestöjen suositusten mukainen. Moniesteperiaate voidaan tehokkaasti toteuttaa, mutta mm. metallisten loppusijoituskapselien valmistustekniikka ja laadunvarmistus edellyttävät vielä huomattavasti kehitystyötä.

Jatkossa on kehitettävä huomattavasti turvallisuusarvioinnin menetelmiä. Tähänastisten turvallisuusanalyysien tulosten perusteella on uskottavaa, että asetut turvallisuusvaatimukset voidaan saavuttaa varsin selvin marginaalein.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustiloista palautettavuuden edistäminen teknisiä ratkaisuja muuttamalla ei saa vaarantaa pitkäaikaisturvallisuutta tai kasvattaa tahallisen tai tahattoman tiloihin tunkeutumisen todennäköisyyttä.

On olemassa riittävät edellytykset harkita periaatepäätöstä. Perusteellisen turvallisuusanalyysin viranomaistarkastus suoritetaan rakentamislupahakemusta käsiteltäessä. Vasta tällöin tulee mahdolliseksi varmentaa, miten paljon käytettyä polttoainetta tai muuta runsasaktiivista ydinjätettä loppusijoituslaitos voi ottaa vastaan.

Mikäli Olkiluodon kallioperä osoittautuu loppusijoituksen turvallisuuden kannalta sopimattomaksi, on ryhdyttävä tutkimaan vaihtoehtoisia paikkoja.

Hankkeen valmistelua perusratkaisun pohjalta tulee jatkaa määrätietoisesti. On kuitenkin välttämätöntä, että Posiva Oy:n tulevassa tutkimusohjelmassa seurataan aktiivisesti myös vaihtoehtoisten toteutustapojen kehittymistä. Loppusijoituslaitoksen suunnittelussa on syytä edetä niin, että siihen voidaan vaihtoehtoisesti sijoittaa myös runsasaktiivista jätettä, mikäli ydinjätehuollon perusmallista mahdollisesti siirryttäisiin polttoaineen jälleenkäsittelyyn. Neuvottelukunta esittää harkittavaksi, että mahdollisessa periaatepäätöksessä todetaan hiukan hakemusta yleisemmin yhteiskunnan kokonaisedun mukaiseksi rakentaa Suomen ydinvoimaloissa syntyneiden runsasaktiivisten ydinjätteiden loppusijoitustilat.

On tärkeää, että viranomaiset määrittelevät mahdollista periaatepäätöstä seuraavalle Posiva Oy:n tutkimus- ja kehitystyölle selkeät vaatimukset sekä seurantaohjelman sopivine väliyhteenvetoineen ja toteutusratkaisun tarkistuksineen. Seurantaan tulee sisältyä myös kansainvälisiä arviointeja. Noudatettavan menettelyn pääpiirteet tulisi vahvistaa KTM:n päätöksellä ydinenergialain 28 §:n mukaisesti.

**Ydinenergianeuvottelukunta**

On yhteiskunnan kokonaisedun mukaista ratkaista ja toteuttaa loppusijoitus aikaisempien päätösten mukaisessa aikataulussa. Ratkaisun siirtäminen tuleville sukupolville (ns. nollaratkaisu) on tekniset ja eettiset näkökohdat huomioon ottaen kyseenalaista.

Suomen ydinvoimaviranomaisen ydinjätehuollon asiantuntijaresurssit ovat rajallisemmat kuin useissa muissa maissa. On tärkeää varmistaa, että ydinturvallisuusviranomaisilla on käytettävissään tarvittavat ammattitaitoiset henkilöresurssit joko omassa tai jossain muussa Posiva Oy:stä riippumattomassa organisaatiossa.

Verkostoitumisen ansiosta Posiva Oy:llä on edellytykset hoitaa tulevat loppusijoitustehtävät. Tärkeimpänä haasteena on asiantuntemuksen siirtäminen ja säilyttäminen tuleville sukupolville.

Nykyinen rahastointijärjestely kattaa riittävän varmasti loppusijoituksesta aiheutuvat kustannukset.

Ydinaineiden valvontaan liittyvien kysymysten kohdalla neuvottelukunta viittaa soveltuvin osin aiempaan 20.8.1999 päivättyyn lausuntoonsa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitushankkeen ympäristövaikutusten arvioinnista*. Loppusijoitetun materiaalin ylöskaivaminen suljetusta sijoituspaikasta on vaikeaa ja on erittäin epätodennäköistä, että tähän ilmenisi tulevaisuudessa syytä. Siksi loppusijoituspaikan maisemointi on turvallinen ratkaisu.

On teknisesti perusteltua, että loppusijoituslaitoksen kapasiteettia suunniteltaessa on otettu huomioon myös mahdollisen uuden ydinvoimalaitoksen käyttämän polttoaineen loppusijoitustarpeet.

Käytetyn polttoaineen loppusijoitushankkeen edetessä tarjoutuu viranomaisille luontaisesti menettelyn ja turvallisuusnäkökohtien tarkistuspisteitä rakennus- ja käyttölupaprosessien yhteydessä. Loppusijoituksen vaiheittainen eteneminen jättää myös mahdollisuuden päättää käytetyn polttoaineen muunlaisesta käsittelystä, mikäli tähän tulevaisuudessa ilmenee tarvetta.

Neuvottelukunta puoltaa Posiva Oy:n esittämää periaatepäätöshakemusta.

**Ympäristöministeriö**

Ydinjätteen loppusijoituslaitosta koskevan periaatepäätöshakemuksen käsittely on pulmallista, koska ydinenergialain 6 a §:n mukaan Suomessa syntyvä ydinjäte on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi katsottavalla tavalla Suomeen sen maa- tai kallioperään. Lainsäädännössä on siten jo itse asiassa otettu välillisesti kantaa hankkeen yhteiskunnalliseen kokonaisedullisuuteen. Tällöin periaatepäätöksen käsittelyssä painottuvat esitetyn loppusijoitushankkeen turvallisuuden ja ympäristövaikutusten arviointi.

---

* KTM:n huomautus: Em. lausunnossaan neuvottelukunta totesi, että hankkeen YVA-selostuksessa ei ole käsitelty loppusijoitustilan uudelleenavaamiseen mahdollisesti liittyviä turvallisuusriskejä sekä totesi, että sekä IAEA:ssa että Euratomissa on loppusijoituksen safeguards-konseptin kehitys vielä kesken ja että kehitystyötä on tärkeätä seurata.

On tärkeää, että loppusijoituslaitoksen käytön aikana seurataan jo sijoitettujen polttoainekapselien käyttäytymistä loppusijoitustilassa. YVA-selostus on ympäristöministeriön mielestä syytä tarkistaa ja täydentää kymmenen ja kahdenkymmenen vuoden kuluttua. Tarvittaessa YVA-menettely kuulemisineen voitaisiin suorittaa joiltakin osin uudestaan.

Ympäristöministeriö katsoo, että loppusijoitushankkeen ympäristövaikutukset on hankkeen suunnitteluvaiheen huomioon ottaen selvitetty siinä laajuudessa, että valtioneuvostolla on mahdollisuudet periaatepäätöshakemuksen asialliseen käsittelyyn tältä osin.

Ministeriö esittää, että valtioneuvosto toteaisi mahdollisessa periaatepäätöksessään, että päätös antaa Posiva Oy:lle ennen muuta luvan jatkaa ydinjätteen loppusijoitukseen tähtääviä tutkimuksia Olkiluodossa syvällä kallioperässä ja pitäen esitettyä ratkaisua perusratkaisuna. Valtioneuvoston tulisi käsitellä esitetyn loppusijoitusratkaisun hyväksyttävyyttä perusteellisesti vasta rakentamisluvan käsittelyn yhteydessä.

Yhtiö tulisi velvoittaa esittämään ensi tilassa kauppa- ja teollisuusministeriölle yksityiskohtainen suunnitelma seuraavien kymmenen vuoden aikana tehtävistä tutkimuksista. Tutkimuksissa tulisi käsitellä mm.:

- bentoniittieristyksen pitkäaikaiskestävyyttä suolaisessa pohjavedessä sekä vapautumisesteiden (kallioperä, bentoniittimurskeella täytetyt käytävät, bentoniittisavi, kuparikapseli, polttoainenippu) merkitystä ja pitkäaikaistehokkuuteen vaikuttavia seikkoja,

- loppusijoitettujen polttoainekapselien käyttäytymisen seurantaa loppusijoitustilassa loppusijoituslaitoksen käytön aikana,

- loppusijoitustilan avattavuutta, sekä

- mahdollisia pitkäaikaisia vaikutuksia eläin- ja kasvilajeille mukaan lukien meriympäristö.

Posiva Oy tulisi velvoittaa seuraamaan muualla tehtävää ydinjätetutkimusta, harjoittaa tässä mielessä yhteistoimintaa muiden käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta tutkivien tahojen kanssa sekä ajoittain arvioimaan ja raportoimaan viranomaisille, pitäisikö esitettyä ydinjätteen loppusijoituksen perusratkaisua muuttaa.

**Sisäasiainministeriö**

Pelastustoimen lainsäädäntö on muuttunut hankkeen YVA-selostuksen laatimisen jälkeen. Laissa (561/1999) on kuntien pelastussuunnitteluvelvoitteita, joista aiemmin oli määrätty alemman asteisilla normeilla. Pelastustoimen palvelutason tulee vastata kunnan alueella esiintyviä onnettomuusuhkia. Lain mukaan ydinlaitokset on otettava pelastussuunnittelussa huomioon myös muissa kunnissa kuin laitoksen sijaintikunnassa, jos mahdollisen onnettomuuden vaikutukset voivat ulottuvat niihin.

Hakemuksessa ei ole juurikaan käsitelty onnettomuuksien pelastusviranomaisilta edellyttämiä toimenpiteitä eikä siten myöskään laitoksesta kunnan pelastustoimen palvelutasoon mahdollisesti aiheutuvia vaatimuksia. Myös ydinpolttoaineen kuljetus kunnan läpi on onnettomuusriski, johon pelastustoimen on varauduttava. Onnettomuuksiin varautuminen tulee suunnitella myös poikkeusoloja ja pitkällä aikavälillä muuttuvia olosuhteita ajatellen.

Laitoksen sijoittaminen Eurajoen Olkiluotoon edellyttää tarkistuksia Olkiluodon ydinvoimalaa varten laadittuun pelastussuunnitelmaan ja mahdollisesti vähäisiä tarkistuksia myös Loviisan ydinvoimalan pelastussuunnitelmaan.

Ydinpolttoaineen kuljetuksia varten tulisi laatia perussuunnitelma, jonka perusteella läpikulkukuntien on mahdollista tehdä omat suunnitelmansa kuljetusten aikaista pelastusvalmiutta varten. Lisäksi jokainen kuljetus tulisi suunnitella tapauskohtaisesti kaikkien tahojen kesken. Merikuljetusvaihtoehdon valinta edellyttäisi pelastustoimen valmiuden suunnittelua asianosaisten viranomaisten kanssa.

Ministeriön poliisiosasto puoltaa periaatepäätöshakemuksen hyväksymistä, sillä loppusijoitukseen liittyvissä toiminnoissa tultaisiin soveltamaan käytännössä testattuja turvajärjestelyjä ydinmateriaaliin kohdistuvan laittoman toiminnan ehkäisemiseksi.

**Puolustusministeriö**

Ei huomauttamista periaatepäätöshakemuksesta.

**Länsi-Suomen lääninhallitus**

Loppusijoituslaitoksen suunniteltu sijaintipaikka Eurajoen Olkiluotoon antaa erityisen hyvän perustan loppusijoituslaitoksen turvallisuusjärjestelyille. Alueella toimivan ydinvoimalaitoksen turvajärjestelyt lainvastaisen toiminnan varalta täyttävät Säteilyturvakeskuksen määrittelemät ehdot ja sama turvajärjestelmä voidaan alueellisesti ulottaa ilman vaikeuksia loppusijoituslaitokseen. Poliisin valmius- ja toimintasuunnitelmat ydinturvallisuutta vaarantavan lainvastaisen toiminnan torjumiseksi päivitetään säännöllisesti ydinlaitoksen kanssa. Ydinlaitoksen turvahenkilöstö pystyy torjumaan välittömän ydinturvallisuuteen kohdistuvan lainvastaisen toiminnan. Rauman kihlakunnan poliisilaitoksella on 24 h vuorokaudessa valmius vastata omalta osaltaan ydinturvallisuuteen kohdistuvan rikostilanteen torjunnasta. Poliisin lääninjohdon käsityksen mukaan loppusijoituslaitoksen lainvastaisen toiminnan turvajärjestelyt pystytään toteuttamaan jo nyt alueella voimassa olevan turvallisuusjärjestelmän sisällä ja samoilla erityisen korkeilla ydinturvallisuutta korostavilla kriteereillä. Tulevaisuuteen ulottuvaan historialliseen aikaperspektiiviin alueen poliisitoiminnan osalta ei tässä lausunnossa oteta kantaa.

**Satakuntaliitto**

Satakunnan seutukaavassa 5 Olkiluodon saaren keskiosa ja länsipää on osoitettu yhdyskuntateknisen huollon alueeksi pääasiassa ydinvoimalaitoksia varten. Määräysten mu-

kaan alueen yksityiskohtaisemmassa kaavoituksessa ja suunnittelussa tulee erityistä huomiota kiinnittää ympäristönsuojelukysymyksiin sekä järjestää radioaktiivisten jätteiden käsittely ja varastointi ehdottoman turvallisesti. Ydinvoimalaitosalueen ympärille on lisäksi osoitettu kaukosuojavyöhyke, joka asettaa tiettyjä rajoituksia alueen maankäytölle.

Olkiluodon saaren keskiosa, jolle käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitos mahdollisesti sijoittuisivat, on vahvistetussa rakennuskaavassa osoitettu teollisuus- ja varastorakennusten korttelialueiksi. Rakennuskaavan mukaan kyseisille korttelialueille saa rakentaa ydinvoimalaitoksia sekä muita voimantuotantoon, -jakeluun ja -siirtoon tarkoitettuja laitoksia, laitteistoja, laitteita sekä niihin liittyviä rakennuksia, rakennelmia ja rakenteita, ellei sitä ole muutoin rajoitettu. Rakennuskaavassa ei kuitenkaan käsitellä ydinjätteiden loppusijoitusta, sillä mahdolliseen loppusijoitukseen ei ole kaavaa laadittaessa osattu varautua.

Loppusijoituslaitoksen sijoittaminen alueelle saattaa vaikuttaa eri maankäyttömuotojen yhteensopivuuteen ja edellyttää jonkinlaisia kaavamuutoksia. Uudessa maankäyttö- ja rakennuslaissa on määräyksiä myös maanalaisten tilojen asemakaavasta. Maanalaisille alueille voidaan tarvittaessa laatia asemakaavaa jos maankäytön yksityiskohtainen suunnittelu on tarpeellista vain maanalaisten tilojen rakentamista ja muuta käyttöä varten. Näiltä osin kaavallinen tarkastelu ja kaavan mahdollinen päivittäminen tulevaisuuden käyttötarpeita vastaavaksi on selvitettävä.

Vahvistetun seutukaavan 5 nojalla käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen toteuttamiselle Eurajoen Olkiluotoon ei ole estettä. Alempiasteisten kaavojen osalta hankkeen soveltuvuus voimassa oleviin kaavoihin on tarkasteltava erikseen.

Muita huomautuksia:

- Mikäli keskustelu monikansallisesta vaihtoehdosta joskus vakavasti käynnistyy, prosessin tulee luonnollisesti lähteä Olkiluodonkin osalta kaikilta osiltaan alusta.

- Eurajoen kunta on esittänyt lainsäädäntömuutoksia käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen sijoittumiselle Eurajoelle. Eurajoen kunnan tekemiä esityksiä ei ole valtioneuvostossa hyväksytty. Satakuntaliitto esittää, että Eurajoen kunnan esittämät lainsäädäntömuutokset hyväksyttäisiin.

- Mahdollisen imagohaitan vähentämiseksi tulee päätöksen jälkeen osoittaa varoja riittävään tiedottamiseen ja markkinointiin.

**Lounais-Suomen ympäristökeskus**

Lounais-Suomen ympäristökeskuksella ei ole huomautettavaa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitushanketta koskevasta periaatepäätöshakemuksesta.

**Euran kunta**

On oikea ratkaisu, että Suomessa tuotetut ydinjätteet käsitellään ja säilytetään Suomessa. Euran kunta pitää kuitenkin tehtyjä selvityksiä ydinjätteen turvallisesta sijoittamisesta Suomen kallioperään toistaiseksi riittämättöminä. Hakemuksen jatkokäsittelyssä yhteysviranomaisen ja säteilyturvallisuuskeskuksen rooli riittävän monipuolisten, kansainvälisten asiantuntija-arvioiden saamiseksi on tärkeä.

Jatkokäsittelyssä tulee myös luotettavasti selvittää ja estää ydinjätteen tuonti sijoituspaikkaan Suomen ulkopuolelta.

Ydinjätteen loppusijoitusratkaisulla on merkitystä Rauman seudun imagoon ja turvallisuuteen. Siksi luvan saajan ja myöntäjän on huolehdittava siitä, että tästä aiheutuvat haitat, velvoitteet ja kustannukset korvataan.

**Kiukaisten kunta**

On oikein ja tarkoituksenmukaista ratkaista Suomen osalta asia siten, että täällä tuotetut ydinjätteet, noin yksi prosentti maailman ydinjätteestä, käsitellään ja säilytetään Suomessa. Yhteiskunnan kokonaisedun kannalta on arveluttavaa, että hyvin pienen kansalaisryhmän hyväksyntä laitoksen sijoittamisesta Olkiluotoon on saanut periaatepäätöshakemuksessa merkittävän huomion ja perustelut esitettyyn vaihtoehtoon. Loppusijoitusratkaisulla on merkitystä seudun imagoon ja turvallisuustasoon kansalaisten mielissä. Tämän johdosta tulee jo tässä vaiheessa huolehtia siitä, että mahdolliset haitat ja lisävelvoitteet korvataan täysimääräisesti, jos ydinjätteen loppusijoitusratkaisu tulee olemaan periaatepäätöshakemuksen mukainen.

**Lapin kunta**

Lapin kunta viittaa aiemmin asiaan liittyneestä YVA-selostuksesta antamaansa lausuntoon. Lausunnossa kiinnitettiin huomiota mm. sosiaalisten ja taloudellisten vaikutusten riittämättömään tarkasteluun siltä osin, kuin ne koskevat sijoituspaikan naapurikuntia. Turvallisuus, terveellisyys ym. vaikutusten arviointi perustuu liiaksi olettamuksiin, koska todellista käytännön tutkimustulosta ei ole riittävästi käytettävissä. Lisäksi lausunnossa todettiin, että sijoituspaikkaa valittaessa tulisi ottaa huomioon sijoituspaikkakuntaa ympäröivän seutukunnan mielipide. Näiltä osin periaatepäätöshakemus ei ole muuttanut tilannetta.

Periaatepäätöshakemuksen osalta on ristiriitaista ja pitkäaikaisturvallisuutta vaarantavaa mainita, että esitetyllä loppusijoitusmallilla "tulevat sukupolvet vapautuvat jatkuvasta huolehtimisvelvollisuudesta" kun toisaalta todetaan, että "menetelmä mahdollistaa loppusijoitetun polttoaineen palauttamisen maanpinnalle, mikäli siihen on perusteltu syy."

Epäselväksi jää, mitä tapahtuu, missä aikataulussa edetään ja mitkä ovat vaihtoehdot siinä tapauksessa, että jatkotutkimukset tuovat Olkiluodon osalta esiin yllätyksiä.

Hakemuksessa ei millään tavalla reagoida toteamukseen "mahdolliset kielteiset sosiaaliset vaikutukset liittyvät esimerkiksi mielikuvakysymyksiin, jotka saattavat olla merkittävämpiä muilla kuin ydinvoimalaitospaikkakunnilla."

Ei ole pelkkä sattuma, että samanaikaisesti on lausunnolla ja esillä TVO:n laajentamishanke ja tässä kyseessä oleva loppusijoitushanke. Samanaikaisuudella pyritään ilmeisesti saamaan hankkeet tukemaan toinen toisiaan ilman, että koko ydinenergian käytön tulevaisuutta olisi pohdittu perusteellisesti.

Periaatepäätöksen tekeminen nyt esitetyillä tiedoilla ei ole perusteltua, koska se monilta osin perustuisi puutteellisiin tutkimustuloksiin ja tästä johtuen olettamuksiin.

**Luvian kunta**

Periaate, että Suomessa syntyvä ydinpolttoaine käsitellään ja loppusijoitetaan Suomeen on oikein. On myöskin oikein sijoittaa se paikkakunnalle, missä korkea-aktiivista jätettä syntyy eniten ja mikä saa ydinpolttoaineen käyttämisestä taloudellista hyötyä, jos loppusijoitus voidaan hoitaa ympäristön kannalta turvallisesti.

Rakentamisen, käytön sekä sulkemisen jälkeisen ajan seurantaohjelma ja seurannan tulokset tulee saattaa tiedoksi myöskin naapurikuntiin.

Kunnalla ei ole muuta huomautettavaa periaatepäätöshakemukseen.

**Nakkilan kunta**

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus on hoidettava turvallisimmalla mahdollisella tavalla. Jos ratkaisuksi valitaan suunniteltu kallioperäsijoitus tulee varmistaa tehokas seurantaprosessi. Turvallisuutta tulee voida arvioida jatkuvasti myös tulevaisuudessa saatavan uuden tiedon perusteella. Yksi tapa varmistaa seurannan tehokkuus on järjestää tutkimusrahoitusta useille loppusijoittajasta riippumattomalle organisaatiolle. Loppusijoitusratkaisua koskevien korjaavien päätösten mahdollisuus on säilytettävä, jotta ydinjätteet eivät milloinkaan ja missään olosuhteissa aiheuta turvallisuusriskiä.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamisella on todennäköisesti kielteinen imagovaikutus sijoituskunnalle ja sen ympäristökunnille. Mikäli käytetty ydinpolttoaine sijoitetaan Eurajoen Olkiluodon kallioperään, tulee Satakuntaliiton, Kauppa- ja teollisuusministeriön ja Posiva Oy:n kesken sopia avoimesta, rehellisestä ja riittävästi resursoidusta tiedotusohjelmasta, jolla em. imagohaitta minimoidaan.

Näillä edellytyksillä Nakkilan kunta voi hyväksyä Posiva Oy:n hakemuksen mukaisen periaatepäätöksen.

**Rauman kaupunki**

Periaatepäätöksessä tulee turvata se, että Olkiluotoon on mahdollista sijoittaa vain Suomessa syntynyttä ydinjätettä.

Loppusijoituslaitoksen edellyttämästä alueellisesta varautumisesta aiheutuvat kaikki kustannukset tulee osoittaa laitoksen omistajalle.

Paikallishallinnon merkitystä tulisi lisätä säteilyvalvonnassa.

# 2 Muut pyydetyt lausunnot

Kauppa- ja teollisuusministeriö on pyytänyt lausunnon myös sosiaali- ja terveysministeriöltä, liikenneministeriöltä, valtiovarainministeriöltä, Suomen ympäristökeskukselta, Loviisan kaupungilta, Energia-alan keskusliitto ry Finergyltä ja Suomen luonnonsuojeluliitolta. Periaatepäätöshakemus on toimitettu tiedoksi mahdollista lausuntoa varten myös Teollisuuden ja työnantajain keskusliitolle, Suomen yrittäjille, Maa- ja metsätaloustuottajien Keskusliitto MTK ry:lle, Suomen Ammattiliittojen Keskusliitto SAK ry:lle, AKAVA ry:lle, Toimihenkilökeskusjärjestö STTK ry:lle sekä Svenska Lantsbruksproducenternas Centralförbundille.

Edellä mainituista tahoista seitsemän antoi periaatepäätöshakemuksesta lausunnon.

Lisäksi ulkoasiainministeriö on toimittanut loppusijoitushanketta koskevasta periaatepäätöshakemuksesta Ruotsin viranomaisille kauppa- ja teollisuusministeriön ilmoituksen, joka perustuu Suomen, Norjan, Ruotsin ja Tanskan välillä 15. päivänä marraskuuta 1976 tehtyyn sopimukseen (SopS 19/77) maiden välisten rajojen läheisyyteen rakennettavien ydinlaitosten turvallisuuskysymyksiin liittyvän yhteydenoton suuntaviivoista. Ilmoituksessa on pyydetty mahdollista lausuntoa hankkeesta. Lausunto Ruotsin viranomaisilta on saatu.

Seuraavassa on tiivistettynä lausuntojen sisältö.

**Sosiaali- ja terveysministeriö**

Työsuojeluun liittyviä kysymyksiä ei ole käsitelty samalla tarkkuudella kuin muita ydinturvallisuuteen liittyviä seikkoja. Työsuojelusuunnitelmien tulee olla valmiita hyvissä ajoin ennen louhinnan ja muiden töiden aloittamista.

Toimintoja, joihin on työsuojelun osalta kiinnitettävä enemmän huomiota kuin hakemuksessa on tehty: kapselien hitsaus, radioaktiivisen pölyn imurointi, kapselien laskeminen tunneleihin, erilliset turva- ja varmistusjärjestelmät, henkilökunnan terveystarkastukset, palo- ja räjähdysvaaran estäminen louhintatöissä, varavalaistusjärjestelmät, kommunikointijärjestelmät ja siivouslaitteet.

Ydinjätteiden loppusijoituksessa ei ole ydinturvallisuuden hallintaa vaikeuttavia ominaisuuksia. Ministeriö pitää laitoshanketta ympäristöterveydenhuollon ja työsuojelun edellytykset täyttävänä sekä terveydenhuollon ja säteilyaltistusriskin kannalta parempana vaihtoehtona kuin 0-vaihtoehtoa (välivarastoinnin jatkaminen) siten toteutettuna, että varastoimista seurataan ja että ydinjätehaudan purkaminen on tarvittaessa mahdollista.

**Valtiovarainministeriö**

Esitetty perusratkaisu on hyväksyttävä lähtökohta valmistelun jatkamiseksi. Se täyttää turvallisuusvaatimukset eikä ole odotettavissa parempia tai taloudellisesti edullisempia vaihtoehtoja. Ratkaisun sisältöä voidaan muuttaa, jos teknologinen kehitys antaa aihetta.

Turvallisuusnäkökulmasta Eurajoki ei merkittävästi eroa muista laajasti selvitetyistä sijaintipaikoista. Taloudelliset vaikutukset vaihtelevat jonkin verran sijaintipaikan valinnasta riippuen. Aluetaloudelliset aktiviteettia lisäävät vaikutukset olisivat kuitenkin selvät mikä tahansa vaihtoehdoista valittaessa.

Valtiovarainministeriöllä ei ole huomautettavaa periaatepäätöshakemuksessa esitetyn sijaintipaikan Eurajoen Olkiluodon suhteen eikä myöskään Loviisan Hästholmenin suhteen varasijoituspaikkana.

**Suomen ympäristökeskus**

Ympäristöpolitiikan näkökulmasta on tarpeen tarkastella, missä määrin mahdollista loppusijoituslaitosta tai sen toimintaa kyetään mukauttamaan luonnossa, yhteiskunnassa ja teknisessä osaamisessa tapahtuviin muuttuviin olosuhteisiin.

Periaatepäätöksessä tulisi kiinnittää huomiota ydinjätteen palautettavuuteen joko perusvaihtoehdon tai mahdollisten uusien vaihtoehtojen puitteissa. Tuleva 20 vuoden välivarastointiaika ei poista tätä tarvetta.

Loppusijoitushankkeen merkittävimmät ympäristövaikutukset liittyvät laitoksen ja kuljetusten mahdollisiin säteilyvaikutuksiin ja ne ovat siten riippuvaisia toiminnan turvallisuudesta. Vielä YVA-vaiheessa ei tarkasteltu kaikkia hankkeen toteuttamiseen liittyviä, ympäristön kannalta oleellisia valintoja. Erityisesti ydinjätteen kuljetusten eri vaihtoehtojen yhteiskunnallisia vaikutuksia tulee jatkossa arvioida tarkemmin. Kokemusten mukaan kysymykset riskien merkittävyydestä ja kohdentumisesta herättävät näkemyseroja.

Kauppa- ja teollisuusministeriön teettämiä laajoja, ydinjätehuoltoa koskevia yhteiskuntatieteellisiä tutkimuksia ja selvityksiä hyödynnetään periaatepäätöshakemuksen taustaaineistossa hyvin niukalti. Koska loppusijoitukseen liittyy eettisiä ja yhteiskunnallisia kysymyksiä, olisi tärkeää, että tuotettua tutkimustietoa hyödynnettäisiin päätöksenteon valmistelussa mahdollisimman hyvin. Periaatepäätöksen tueksi olisi tästä syystä syytä liittää tarkasteluja hankkeeseen ja sen vaihtoehtoihin liittyvistä näkemyseroista.

**SAK, STTK ja AKAVA yhdessä**

Laitoksen rakentamisessa tulisi ottaa huomioon teknologiassa tapahtuva edistyminen ja tulevaisuuden mahdollisuudet. On osoitettava voimavaroja turvallisuuskysymysten sekä ydinjätteen käsittelyn ja loppusijoituksen tutkimukseen ja kehittämiseen.

**Energia-alan keskusliitto ry Finergy**

Posivan periaatepäätöshakemus ja sijoituspaikkavalinta ovat osoitus siitä, että ydinvoimayhtiöt täyttävät niille asetetut velvoitteet. Loppusijoitus kallioperään varmistaa käytetyn polttoaineen pitkäaikaisen eristämisen ympäristöstä. Kallioperäsijoitus on turvallisempi kuin muut vaihtoehdot, esim. maanpäällinen varastointi.

Ydinvoimalla on tärkeä rooli Suomen sähköntuotantorakenteessa ja kansainvälisten ympäristövelvoitteiden täyttämisessä. Ydinvoiman yhteiskunnallinen hyväksyttävyys puolestaan edellyttää mm. käytetyn polttoaineen loppusijoituksen turvallista toteuttamista. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituspaikan valinta, tutkimusten jatkaminen ja loppusijoituksen turvallisuuden varmentaminen ovat osoitus siitä, että loppusijoitukseen suhtaudutaan ydinvoimayhtiöissä vastuullisesti. Pidämme ydinvoiman hyväksyttävyyden kannalta välttämättömänä, että käytetyn polttoaineen loppusijoitus etenee myös jatkossa sille asetetun aikataulun mukaisesti ja että tutkimuksia jatketaan periaatepäätöksen jälkeen.

Periaatepäätöshakemus liitteineen on huolellisesti laadittu ja osoittaa myös loppusijoitushankkeen lain edellytykset täyttäväksi. Hanke on Suomen sähköhuollon kehittämisen näkökulmasta välttämätön.

Loppusijoittaminen syvälle kallioperään on järkevä ratkaisu. Tehtyjen selvitysten perusteella turvallisuuden kannalta ei ole estettä myönteisen periaatepäätöksen tekemiselle ja tutkimusten jatkamiselle Eurajoen Olkiluodossa.

**Ruotsin viranomaisten kommentit**

Ruotsin viranomaisten puolesta lausunnon on antanut Statens kärnkraftinspektion, SKI. Lausunnossaan SKI viittaa aiempaan, loppusijoitushankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta (YVA-selostus) antamaansa lausuntoon. SKI arvioi tuolloin, ettei loppusijoitushankkeesta aiheudu haitallisia terveys- tai ympäristövaikutuksia Ruotsissa edellyttäen, että hanke toteutetaan YVA-selostuksessa esitetyllä tavalla ja että hanke täyttää Suomessa voimassa olevat turvallisuusvaatimukset. SKI toteaa lausunnossaan, ettei sen kanta loppusijoitushankkeeseen ole muuttunut.

SKI ilmoittaa edelleen seuraavansa kiinnostuneena käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitushankkeen etenemistä Suomessa. Lisäksi se huomauttaa, että Naturvårdsverket, Boverket, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut sekä Statens strålskyddsinstitut ovat hankkeen aiemmissa vaiheissa saaneet tilaisuuden antaa arvionsa Posiva Oy:n suunnitelmista rakentaa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitos Suomeen.

# 3 Kauppa- ja teollisuusministeriöön toimitetut muut mielipiteet käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoshankkeesta

Kauppa- ja teollisuusministeriön hanketta koskevissa ilmoituksissa esitetyn mukaisesti kenellä tahansa on ollut tilaisuus esittää ministeriölle mielipiteensä hankkeesta. Yhteensä noin 70 henkilöä ja kaksi yhteisöä toimitti hankkeesta kirjallisen mielipiteen ja kolme henkilöä esitti mielipiteen puhelimitse. Seuraavassa on tiivistetty esitettyjen mielipiteiden sisältö.

Hanketta koskevassa ilmoituksessa on ollut painovirhe. Loppusijoitettavaksi suunniteltu ydinpolttoaineen kokonaismäärä oli virheellisesti esitetty vuosittain (tonnia/v) loppusijoitettavana määränä. Mielipidetiivistelmässä on (*) -merkintä niissä huomautuksissa, jotka viittaavat ilmoitettuun, loppusijoitettavan ydinpolttoaineen määrään.

## Kirjalliset mielipiteet

Esittäjä: Daniel Patosalmi
Kotipaikka: Turku
KTM:n päiväys: 06.07.1999, 25.11.1999

EU-lainsäädännön perustella myös ulkomaisia ydinjätteitä tultaisiin tuomaan Suomeen, joten hankesuunnitelmassa ilmoitetut jätemäärät eivät ole oikeat. Hanketta koskevassa KTM:n ilmoituksessa on tarkoituksellisesti ilmoitettu virheellinen loppusijoitettavan ydinjätteen määrä (*). Hanke ei ole yhteiskunnan kokonaisedun mukainen. Suomalaisten päättäjien on perusteltua odottaa ainakin kymmenen vuotta, että joku muu EU-jäsenvaltio, esim. Saksa tai Ranska tekevät ensin omat päätöksensä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksista omille mailleen.

Nimimerkki: "Luonnon ja lasten ystävä"
Kotipaikka: -
KTM:n päiväys: 14.07.1999

Jätteet sijoitettava Eurajoelle sillä ehdolla, etteivät pohjavedet saastu. Tuulivoima ja energian säästäminen parempi ratkaisu. Onnettomuuden sattuessa puhtaan luonnon saastumista ei kukaan pysty korvaamaan.

Esittäjä: Pirkko Pämppi
Kotipaikka: Eurajoki
KTM:n päiväys: 31.08.1999, 09.11.1999, 18.11.1999

Loppusijoituspäätöstä olisi siirrettävä eikä Eurajokea loppusijoituspaikaksi mm., koska alueella on sopimaton kallioperä ja maanjäristysvaara sekä rannikolla veden kautta leviämisvaarat suuremmat kuin sisämaassa. Itä-Suomessa sijaitsevat vanhemmat kalliot olisivat parempi vaihtoehto. Eurajoen entiset päättäjät lupasivat voimalaitoksesta päätet-

täessä, että jätteitä ei jätetä Eurajoelle. Kapselitekniikka ei ole toimiva ja jäljellä on paljon ratkaisemattomia turvallisuuskysymyksiä. Eurajoen kunnan ja Posivan kesken tehty vuokrasopimus lainvastainen.

Esittäjä Jaakko Jaakkola
Kotipaikka: Riihikoski
KTM:n päiväys: 26.10.1999

Päätös uudesta ydinvoimalasta, suhtautuminen päätökseen sekä loppusijoituspäätös ja tieto loppusijoitusmenetelmästä vaikuttavat toinen toisiinsa. Loppusijoitetun jätteen valvottavuus ja järjestelmän huollettavuus tarpeellisia.

Esittäjä: Heino P. Paavilainen ym. (yht. 8 henkilöä)
Kotipaikka: Pori, Rauma, Panelia, Turku
KTM:n päiväys: 09.11.1999, 17.11.1999

EI periaatepäätöstä, koska hanke on vaarallinen eikä yhteiskunnan kokonaisedun mukainen. Ulkomailta voidaan sekä EU:n lainsäädännön perusteella että epärehellisin keinoin tuoda ydinjätteitä Suomeen loppusijoitettavaksi. Hakemuksessa esitetty maksimijätemäärä laskettu liian suureksi ottaen huomioon ydinvoimalaitoksilla syntyvät käytetyn ydinpolttoainen määrät (*).

Esittäjä: Ritva Maliniemi
Kotipaikka: Eurajoki
KTM:n päiväys: 10.11.1999

EI ydinvoimalle ja loppusijoitukselle hankkeesta loppusijoituspaikkakunnalla koituvien yhteiskunnallisten ja terveydellisten ongelmien vuoksi. Eurajoen kunnan ja Posiva Oy:n loppusijoitushankkeeseen liittyvät taloudelliset sopimukset ovat epäilyttäviä. Kunnassa ei ole järjestetty yleistä äänestystä asiasta, aloite äänestyksen järjestämisestä on jätetty kolme kertaa. 50 kilometrin säteellä Olkiluodosta asuville annettava mahdollisuus äänestää loppusijoituksesta. Nykyiset päättäjät jättävät riskin satojen seuraavien sukupolvien harteille. Pelkää, että tapahtuu inhimillinen erehdys tai tekniikka pettää ja tuhoaa ympäristön laajalta alueelta ikuisiksi ajoiksi.

Esittäjä: Salme Brun ym. (yht. 10 henkilöä)
Kotipaikka: Turku, Kaarina, Raisio
KTM :n päiväys: 17.11.1999

Kapselien epäkelvon kuoriaineen kestävyys kyseenalaista osittain rakoilleen kallioperän liikahdellessa. EU:n talous- ja kilpailulainsäädännön nojalla voidaan Suomeen tuoda muiden EU -maiden ydinjätteitä varastoitavaksi. Hakemuksessa esitetty maksimijätemäärä on laskettu liian suureksi ottaen huomioon ydinvoimalaitoksilla syntyvät käytetyn ydinpolttoaineen määrät (*).

Esittäjä: Soili I. Häkkinen
Kotipaikka: Porvoo
KTM:n päiväys: 17.11.1999, 25.11.1999

EI ydinvoiman käytölle. Loppusijoittaminen sisältää riskejä ja vaatii lisätutkimuksia. Jätteet tulisi välivarastoida kunnes ne osataan muuttaa vaarattomiksi. Eurajoki on liian lähellä useita suuria kaupunkeja ym. (Kristiinankaupunki, Hämeenlinna, Tampere, Turku, Ahvenanmaan maakunta, Ruotsin valtio aluevesirajoineen, kaikki noin 100 km säteellä)

Esittäjä: Tuuli Hirvilammi ym. (yht. 5 henkilöä)
Kotipaikka: Tampere, Pori
KTM:n päiväys: 18.11.1999

Selvitykset ydinjätteiden sijoittamiseksi Suomen kallioperään toistaiseksi riittämättömät. Tärkeä edellytys päätöksenteolle, että naapurikunnat saavat mahdollisuuden tehdä omat ratkaisunsa riittävän tiedon pohjalta. Jätteitä ei tule sijoittaa Eurajoelle, jolleivät naapurikunnat hyväksy siihen liittyviä mahdollisia sosiaalisia, taloudellisia sekä turvallisuus- ja terveysriskejä.

Esittäjä: Sampsa Oinaala ym. (yht. 3 henkilöä)
Kotipaikka: Helsinki, Turku
KTM:n päiväys: 18.11.1999

Tutkimustiedot ydinjätteiden kalliohautauksen teknologiasta ovat ristiriitaisia. Loppusijoitus vaikuttaa myös naapurikuntien sosiaaliseen ja taloudelliseen kehitykseen, terveyteen, turvallisuuteen ja elämän laatuun. Naapurikuntien kanta ehdottomasti selvitettävä.

Esittäjä: Seija Juvala
Kotipaikka: Eurajoki
KTM:n päiväys: 18.11.1999

Kansanäänestys Eurajoella ja naapurikunnissa välttämätön. Eurajoella otetaan kantaa hankkeeseen väärän ja riittämättömän tiedon perusteella. Eurooppalaiseen tapaan tulisi kiirehtiä loppusijoitushankkeen sijasta tekemään ydinvoiman purkupäätöksiä.

Esittäjä: Olli Tammilehto
Kotipaikka: Helsinki
KTM:n päiväys: 18.11.1999

EI periaatepäätöstä. Turvallisuusselvitykset ovat riittämättömät ja tutkimustiedot ristiriitaisia. Periaatepäätös perustuisi nyt hakijatahon tutkimuksiin, jotka ovat epäluotettavia. Naapurikuntien olisi saatava osallistua päätöksen tekoon.

Yhteisö: Suomen Kristillisen Liiton Satakunnan piirin hallitus
Kotipaikka: Pori
KTM:n päiväys: 18.11.1999

Mikäli loppusijoituspaikaksi hyväksytään Eurajoen Olkiluoto, on päätökseen merkittävä lausuma: Eurajoen Olkiluotoon varastoidaan vain Suomen ydinvoimaloissa syntynyttä käytettyä ydinpolttoainetta ja ydinjätettä

Esittäjä: Raija Sulo ym. ("seurakunnan työntekijät", yht. 29 henkilöä)
Kotipaikka: Rauma
KTM:n päiväys: 18.11.1999

EI periaatepäätöstä, sillä seudun turvallisuus ja elinkelpoisuus kärsii, varsinkin jos EU pakottaa varastoimaan myös ulkomaisia jätteitä.

Esittäjä: Hellä Latvala ym. (yht. 42 henkilöä)
Kotipaikka: Harjavalta, Kokemäki, Nakkila
KTM:n päiväys: 18.11.1999

EI ydinjätteen loppusijoittamista Eurajoelle. EI ydinvoimaa. Mielipiteen ohessa Sinikka Nikkanen esittää yhdeksän ydinjätteisiin ja ydinvoimaan liittyvää kysymystä mm. ympäristövaikutusten tutkimisesta, loppusijoitusprosessin etenemisestä, jos Olkiluoto osoittautuu sopimattomaksi ja EU:n päätösvallasta mahdollisessa ulkomaisten ydinjätteiden tuonnissa Suomeen. (Kauppa- ja teollisuusministeriö on toimittanut kysyjälle vastaukset sisältävän tietoaineiston.)

Esittäjä: Mikko Pitkäniemi
Kotipaikka: Turku
KTM:n päiväys: 19.11.1999

EI periaatepäätöstä. Turvallisuusselvitykset toistaiseksi riittämättömiä.

Esittäjä: Lotta Lähteenmäki
Kotipaikka: Turku
KTM:n päiväys: 19.11.1999

Loppusijoitus vaikuttaa myös naapurikuntien sosiaaliseen ja taloudelliseen kehitykseen, terveyteen, turvallisuuteen ja elämän laatuun. Naapurikuntien kanta ehdottomasti selvitettävä. EI loppusijoitusta Eurajoen Olkiluotoon.

Esittäjä: Petri Nurminen
Kotipaikka: Harjavalta
KTM:n päiväys: 23.11.1999

EI periaatepäätöstä, koska turvallisuusselvitykset toistaiseksi riittämättömät. Naapurikuntienkin, samoin kuin lähikuntien, jotka eivät ole Eurajoen naapurikuntia, olisi saatava osallistua päätöksen tekoon. Loppusijoittamisen turvallisuudesta ei saa kustannussyistä tinkiä.

Esittäjä: Leevi Alakopsa
Kotipaikka: Kuggom
KTM:n päiväys: 30.11.1999

Käytetty ydinpolttoaine pitäisi sijoittaa niin, että tarvittaessa saadaan kohtuudella kaivetuksi pois.

Yhteisö: Maan ystävät ry.
Kotipaikka: Turku
KTM:n päiväys: 10.12.1999

Vallitsee ristiriitaisia näkemyksiä loppusijoittamisen turvallisuudesta ja palautettavuuden mahdollisuudesta. Pohjoismaisen kallioperän vakaudesta ei yksimielisyyttä. Loppusijoitusratkaisua ei saa kytkeä yhteen paikkakuntaan ja yhteen ratkaisumalliin. Kuljetusten välttämiseksi olisi jätteet sijoitettava Suomen molemmille ydinvoimalaitospaikkakunnille. Laadittava aikataulu ydinvoimaloiden sulkemiseksi.

## Puhelimitse esitetyt mielipiteet

Esittäjä: Ilmari Nurmela
Kotipaikka: Eura
KTM:n päiväys: 05.07.1999

Soittaja totesi, että ydinjätteet on pidettävä siinä kunnassa, missä ne tuotetaan ja missä jo muutenkin sijaitsee ydinlaitos sekä huomauttaa, että hänen käsityksensä mukaan Olkiluodon ydinvoimalan huoltojaksojen aikana ympäristön säteilyarvot kohoavat. Tuttavan sanojen mukaan voimalaitoksella on kielletty tekemästä huoltoja, kun ilmavirrat Ruotsiin päin.

Esittäjä: Jukka Tuomi
Kotipaikka: Honkajoki
KTM:n päiväys: 22.10.1999

Soittaja kysyi, onko mahdolliset maanjäristykset otettu huomioon.

Esittäjä: Markku Qvick
Kotipaikka: -
KTM:n päiväys: 27.10.1999

Soittaja kiinnitti huomion siihen, että KTM:n energiaosaston osastonjohtaja on myös Fortumin hallintoneuvoston jäsen, joten hänen ei tule jääviyssyistä esitellä loppusijoitushanketta.

# 4 Julkisessa kuulemistilaisuudessa esitetyt mielipiteet

Kauppa- ja teollisuusministeriö järjesti Eurajoella ydinenergialain edellyttämän julkisen kuulemistilaisuuden, jossa esitettiin yhteensä 10 mielipidettä. Seuraavassa on esitetty tilaisuuden pöytäkirja ja sen jälkeen tiivistelmät mielipiteistä.

## Tilaisuuden pöytäkirja

KAUPPA- JA TEOLLISUUSMINISTERIÖ PÖYTÄKIRJA
Energiaosasto

18.1.2000

**Kauppa- ja teollisuusministeriön järjestämä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitushanketta koskeva ydinenergialain 13 §:n mukainen julkinen kuulemistilaisuus**

Paikka Eurajoki, kunnantalo, valtuustosali, Kalliotie 5
Aika Tiistai 9.11.1999 klo 18.00–19.30

Viranomaisten edustajat

Hallitusneuvos Hannes Aulu KTM, pj.
Ylitarkastaja Anne Väätäinen KTM, siht.
Ylitarkastaja Esa Joutsenvirta KTM
Tiedotuspäällikkö Pirkko Varpasuo KTM
Osastosihteeri Maija Patronen KTM

Ylitarkastaja Risto Paltemaa STUK
Geologi Kaisa-Leena Hutri STUK
Tiedottaja Risto Isaksson STUK

Osanottajien määrä noin 35

*1 Tilaisuuden avaaminen*

Hallitusneuvos Hannes Aulu toivotti läsnäolijat tervetulleiksi ja julisti kuulemistilaisuuden avatuksi todeten, että tilaisuuden tarkoituksena oli kuulla mielipiteitä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitosta koskevasta periaatepäätöshakemuksesta. Aulu totesi, että kauppa- ja teollisuusministeriö toimii hankkeessa yhteysviranomaisena ja on ydinenergialain nojalla velvollinen järjestämään tämän asiaa koskevan julkisen kuulemistilaisuuden. Aulu totesi tilaisuudesta kuulutetun lain edellyttämällä tavalla. Edelleen Aulu kertoi tilaisuuden ohjelman pääsisällön.

*2 Esittelyt*

Aulu esittäytyi ja ilmoitti toimivansa KTM:n määräämänä tilaisuuden puheenjohtajana. Lisäksi hän totesi, että ministeriöstä olivat läsnä tilaisuuden sihteerinä toimiva ylitarkastaja Anne Väätäinen, tiedotuspäällikkö Pirkko Varpasuo mm. avustamassa tiedotusvälineitä, osastosihteeri Maija Patronen, joka ottaisi vastaan varauksia mielipiteiden esittämiseen sekä ylitarkastaja Esa Joutsenvirta.

Lisäksi puheenjohtaja totesi, että läsnä oleva ylitarkastaja Risto Paltemaa esittäisi Säteilyturvakeskuksen edustajana tilaisuudessa puheenvuoron ennen varsinaista yleisön mielipiteiden kuulemista.

*3 Menettelytavat tilaisuudessa*

Puheenjohtaja antoi seuraavat ohjeet:

"Ennen mielipiteiden esittämistä pidetään 15 minuutin mittainen tauko, jonka aikana tilaisuuden osanottajat voivat jättää puheenvuorovarauksia sitä varten jaetulla kaavakkeella. Jos kyseessä on yhteisön mielipide, on varauksen yhteydessä jätettävä myös yhteisön valtakirja tai toimitettava se jälkikäteen ministeriöön viimeistään 19.11.1999. Puheenvuorot myönnetään siinä järjestyksessä kuin niitä on varattu. Puheenvuorojen enimmäispituus riippuu pyydettyjen puheenvuorojen määrästä ja se ilmoitetaan tauon jälkeen. Mielipiteitä voi myöskin esittää kirjallisesti toimittamalla ne KTM:ön viimeistään 19.11.1999. Kirjallisen mielipiteen voi jättää myös tässä kuulemistilaisuudessa. Yhteisöä edustettaessa on näidenkin yhteydessä toimitettava valtakirja samoin kuin suullisten mielipiteiden osalta mainittiin.

Koko kuulemistilaisuus ja puheenvuorot nauhoitetaan ja videokuvataan. Puheenvuoroista laaditaan tilaisuuden jälkeen kirjallinen kooste. Kooste toimitetaan myöhemmin valtioneuvostolle yhdessä periaatepäätöshakemusta koskevan esityksen kanssa. Valtioneuvostolle toimitetaan myös ministeriöön toimitetut kirjalliset mielipiteet ja lausunnot."

*4 Loppusijoitushanketta koskeva periaatepäätöshakemuksen käsittely*

Anne Väätäinen kertoi loppusijoitushankkeen periaatepäätösmenettelyn aikataulusta, asian käsittelyvaiheista ja myönteisen periaatepäätöksen edellytyksistä (mm. sijaintikunnan puoltava lausunto ja Säteilyturvakeskuksen hyväksyvä alustava turvallisuusarvio).

*5 Säteilyturvakeskuksen edustajan puheenvuoro*

Risto Paltemaa kertoi loppusijoittamisen turvallisuusnäkökohdista ja Säteilyturvakeskuksen roolista suunnitellun loppusijoituslaitoksen turvallisuuden arvioinnissa. Lisäksi hän mainitsi paikalla olevan Säteilyturvakeskuksesta myös geologi Kaisa-Leena Hutrin ja tiedottaja Risto Isakssonin, joiden hän sanoi itsensä lisäksi voivan vastata kuulemistilaisuuden jälkeen mahdollisiin kysymyksiin.

TAUKO klo 18.25–18.45. Tauon aikana vastaanotettiin puheenvuorovaraukset (10 kpl).

*6 Mielipiteiden esittäminen*

Puheenjohtaja ilmoitti, että puheenvuorojen enimmäispituus olisi 15 minuuttia. Lisäksi hän pyysi mielipiteiden esittäjiä esittäytymään ennen puheenvuoroaan.

Yhteenveto esitetyistä mielipiteistä on tämän pöytäkirjan liitteenä.

*7 Tilaisuuden päättäminen*

Puheenjohtaja totesi kaikkien pyydettyjen puheenvuorojen tulleen pidetyiksi ja päätti tilaisuuden klo 19.30.

Pöytäkirjan vakuudeksi

Hannes Aulu
puheenjohtaja

Anne Väätäinen
sihteeri

# Yhteenveto Eurajoen kuulemistilaisuudessa 9.11.1999 esitetyistä mielipiteistä

## Mielipiteet esitysjärjestyksessä

Esittäjä: Tarmo Vajala
Kotipaikka: Eurajoki

Puhujan käsityksen mukaan hänen tuntemansa nuorimies sai Olkiluodossa töissä ollessaan huomattavan määrän säteilyä ja kuoli hiukan myöhemmin säteilyn aiheuttamiin vaikutuksiin. Laitoksen henkilökunta pyrki salaamaan tapahtuneen*). Lisäksi puhujan mukaan Eurajoen alueella säteilyarvot ovat korkeammat kuin on annettu ymmärtää. Hänellä on itsellään säteilymittari, jolla todennut Eurajoen kirkonkylässä voimakkaimmat lukemat*). Puhujan mukaan lähiympäristössä joka toisella on syöpää; haluaisi tietää kuinka paljon voimalaitos on aiheuttanut sitä. Puhujan mukaan Ruotsin lehdistössä kirjoitetaan, että ruotsalaiset voisivat tuoda jätteitään Olkiluotoon, koska Vattenfall on Teollisuuden Voiman osakas.

(* Huom; Asiasta on tehty erillinen selvitys [Säteilyturvakeskuksen lausunto KTM:lle 19.1.2000, 49/020/99; 14/815/1999 KTM] Selvityksessä ei ole tullut esiin seikkoja, jotka tukisivat kannanotossa esitettyjä väitteitä.)

Esittäjä: Iida Simes
Kotipaikka: Helsinki

Puhujan (joka ilmoitti esiintyvänsä Suomen Luonnonsuojeluliiton edustajana) mukaan Luonnonsuojeluliitto samoin kuin monet ympäristöjärjestöt ovat tehneet omia turvallisuusvaatimuksiaan ja arvioitaan siitä, miten ydinjätteestä tulisi huolehtia, mutta tällä hetkellä ei Luonnonsuojeluliitolla enempää kuin kansainvälisillä ympäristöjärjestöilläkään ole ratkaisua ydinjäteongelmaan. Totesi, että Posivan tulee voida pitävästi todistaa, että loppusijoitussuunnitelma on täysin turvallinen. Ydinjätteitä ei saa kuljettaa, vaan varastointi on järjestettävä molemmilla ydinvoimalapaikkakunnilla. Loppusijoitettujen ydinjätekapseleiden täytyy olla tarkkailtavissa. Kapselointilaitoksia ei tällä hetkellä vielä ole olemassa missään, joten turvallisuusarviot eivät voi olla luotettavia. Kallioperän alkuperäiset olosuhteet muuttuvat ydinjätteiden lämmöntuoton vuoksi. Satojen vuosien kuluessa saattaa ydinjäte kulkeutua hyvinkin kauas alkuperäisestä sijoituspaikastaan kallioperän liikkeiden ja maanalaisten virtausten kuljettamana. Onko ydinjätesijoitukseen lopulta rahaa? Jos tapahtuu ydinvoimaonnettomuuksia, ovatko ydinjätehuoltorahaston varat riittävät? Loppusijoituspäätöstä tulisi toistaiseksi viivyttää, etsiä uutta teknologiaa ja panostaa ainakin muutamien kymmenien vuosien ajan joko maanpäällisen tai maanpinnan läheiseen kuivavarastointiin. Edellä mainittu voi olla kalliimpi ratkaisu, mutta ydinjätehuollossa ei pidä valita vaihtoehtoa halpuuden mukaan.

Esittäjä: Ritva Maliniemi
Kotipaikka: Eurajoki

Puhuja vastustaa ydinvoimaa säteilyn vuoksi ja korostaa vastuuta myös tulevista sukupolvista. Arvosteli menettelyä ja mm. taloudellisia kytköksiä, joilla vauhditettiin Eurajoen valintaa loppusijoituspaikaksi, sekä arveli myös ulkomaisia jätteitä tuotavan loppusijoitettavaksi. Mainitsi, ettei yleistä äänestystä asiasta ole järjestetty, vaikka aloitteita on jätetty. Olkiluodosta 50 kilometrin säteellä asuville tulisi antaa myös äänestysmahdollisuus. Katsoi ympäristön väestön olevan huolissaan kaikista terveys- ym vaikutuksista, joita loppusijoituslaitos aiheuttaisi. Korosti nykyisen päättäjäsukupolven jättämää riskiä tuleville sukupolville. Hänen mielestään atomiteollisuus olisi lopetettava mahdollisimman nopeasti, jotta radioaktiivisen saasteen lisäys loppuisi ja onnettomuusriski pienenisi. Pelkää inhimillistä erehdystä tai tekniikan pettämistä, jolloin tuhoutuisi niin ihmiset kuin ympäristökin laajalta alueelta ikuisiksi ajoiksi. Mainitsi yleisesti myös alueen syöpäpotilaista.

Esittäjä: Mikko Laiho
Kotipaikka: Kokemäki

Epäili, että EU tulee määrittelemään ydinjätteen kauppatavaraksi, jolloin Suomeen tuodaan ulkomaisia ydinjätteitä, sekä arvostelee sitä, että pelkästään Eurajoen kunta voi antaa hyväksynnän koko aluetta koskevassa asiassa. Suosittelee loppusijoituslaitoksen sijoittamista mahdollisimman autioon paikkaan. Epäili, että mahdollisen talouslaman aikana Suomi suostuu loppusijoittamaan ulkomaisia jätteitä, sekä pitää taajamien ja meren läheisyyttä ongelmana loppusijoitukselle. Puhujan mielestä pitäisi odottaa, että esim. ranskalaiset tekisivät ensin yhden loppusijoitusluolan, ja katsottaisiin, mitä sitten tapahtuu.

Esittäjä: Pirkko Pämppi
Kotipaikka: Eurajoki

Korosti naapurikuntien kielteistä kantaa loppusijoitukseen sekä varoitti sopimattomasta kallioperästä ja meren läheisyydestä. Puhujan mielestä Kuhmo on monta kertaa parempaa ja vahvempaa kalliota, koska se on 500 miljoonaa vuotta vanhempaa. Hän epäili TVO:n vakuutusten riittävyyttä. Totesi myös, ettei Eurajoen kunnalle ole hyötyä loppusijoituksesta. Peräsi asiassa vastuunkantajaa.

Yhteisö: Rauman kauppakamari
Esittäjä: Jaakko Hirvonsalo
Kotipaikka: Rauma

Puhujan mukaan seudun elinkeinoelämä kannattaa loppusijoitustutkimuksen aloittamista. Tällaisessa asiassa vastuu ja turvallisuus ovat kaikkein tärkeimmät. Tutkimuksissa ja tiedottamisessa on pyrittävä noudattamaan mahdollisimman suurta avoimuutta. Loppusijoituksen yhteydessä paikkakunnalle voidaan luoda myös energian tutkimusyksikkö, joka osaltaan houkuttelee osaavia ihmisiä muuttaman paikkakunnalle ja nostaa seudun tietotaitotasoa. Työllisyysvaikutukset seudun kokoon nähden merkittäviä.

Esittäjä: Leo Mikola
Kotipaikka: Eurajoki

Loppusijoitus on mm. poikkeustilanteissa (sota tms.) turvallisempi vaihtoehto kuin ydinjätteiden säilyttäminen maan pinnalla.

Esittäjä: Ilmari Rauvola
Kotipaikka: Eurajoki

Mikäli tekniikka kehittyy samoin kuin tähän mennessä, viimeistään sadan vuoden päästä ydinjätteitä tarvitaan energiantuotantoon. Ei vastustanut loppusijoitusta. Lisäksi hän totesi, ettei Eurajoella tai lähikunnissa tutkitusti esiinny sen enempää syöpää kuin muuallakaan Suomessa.

Esittäjä: Juha Jaakkola
Kotipaikka: Eurajoki

Puhuja muistutti, että 70-luvun alussa ydinvoimalahanketta käsiteltäessä todettiin, että ydinjätteet viedään Eurajoelta pois. Ydinjätteitä on jo olemassa ja niitä syntyy lisää, mutta loppusijoitus tulisi kuitenkin tehdä kauempana asutuksesta ja merestä. Olkiluodon ympäristössä suuria asutuskeskuksia kuten lähikaupungit. Elintarvikkeiden ja elintarvikeraaka-aineiden tuottajille saattaa syntyä haittaa loppusijoitusalueen huonosta imagosta. Pienen kunnan päättäjät tekevät isoja ratkaisuja, jotka koskettavat tulevia sukupolvia.

Esittäjä: Paavo Majaneva
Kotipaikka: Eurajoki

Puhuja on päätöksentekijänä valtuustossa. Korosti, että loppusijoituksen turvallisuutta ei ole todistettu. Lisäksi hän varoitti, että suomalaisia tullaan mm. EU:n taholta käyttämään hyväksi, jos loppusijoituslaitos rakennetaan. Ei usko loppusijoittamisen tuovan paikkakunnalle taloudellista tai yhteiskunnallista hyötyä. Uhkana nuoren työvoiman pako paikkakunnalta.

# 5 Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta annettujen lausuntojen yhteydessä esitetyt kannanotot periaatepäätöshakemukseen liittyvistä seikoista

Loppusijoituslaitosta koskevasta ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta (YVA-selostus) annetuissa lausunnoissa tuotiin esiin seikkoja, jotka eivät suoranaisesti kuulu YVA-selostuksen arvioinnin piiriin. Seuraavassa on tiivistetty kyseiset kannanotot. YVA-selostuksesta annetut lausunnot on seikkaperäisemmin esitelty kauppa-ja teollisuusministeriön 5.11.1999 selostuksesta antamassa yhteysviranomaisen lausunnossa.

**Viranomaisten ja yhteisöjen kannanotot:**

*Lieksan kaupunki* toteaa, että Eurajoki ja Loviisa ovat parhaat vaihtoehdot loppusijoituskunniksi. Tällöin minimoidaan ydinjätteen kuljetusten aiheuttama terveydellinen riski.

*Loviisan kaupunki* ilmaisee pettymyksensä siitä, että periaatepäätöshakemus, joka koski vain yhtä kuntaa ja laitospaikkaa, jätettiin ennen kuin Loviisa ja muut ehdokaspaikkakunnat olivat voineet kommentoida YVA-selostusta. Kaupunki huomauttaa myös Posivan ja Eurajoen kunnan välisistä taloudellisista kytköksistä.

*Konneveden kunta* painottaa, että loppusijoitustilan tulee olla avattavissa, mikäli tekniikan kehitys tekee sen tulevaisuudessa tarkoituksenmukaiseksi. Eurajoki ja Loviisa ovat parhaat vaihtoehdot loppusijoituspaikaksi paikkakunnilla jo olemassa olevan infrastruktuurin ja palveluiden perusteella, joihin loppusijoituslaitos voi tukeutua. Kuljetusten aiheuttamat riskit ovat pienimmät, mikäli Eurajoki tai Loviisa valitaan loppusijoituspaikaksi. Suoritettujen kyselyjen perusteella enemmistö sekä Eurajoen että Loviisan asukkaista olisi valmis hyväksymään loppusijoituslaitoksen rakentamisen kunnan alueelle.

*Saarijärven kaupunki* painottaa, että käytetyn ydinpolttoaineen turvallinen loppusijoitus on yksi ratkaistava osa ydinenergiatuotantoa. Ydinjätteen loppusijoitukselle ei ole toistaiseksi löydetty käyttökelpoista ja turvallista ratkaisua; tieto kallioperäsijoituksesta on riittämätöntä, koska nykyisten tietojen pohjalta ei ole osoitettu, että suljettu, valvomaton säilytys peruskalliossa olisi täysin varma vaihtoehto. Loppusijoittamisen perusvaihtoehtoa tulee testata ennen päätöksentekoa. Kaupunki esittää, että jätteet on käsiteltävä niiden syntypaikalla kuljetusten minimoimiseksi ja myös, että voimayhtiöt tulee velvoittaa edelleen selvittämään vaihtoehtoja loppusijoittamiselle ja tutkimaan jätteen uusiokäyttöä.

*Lounais-Suomen ympäristökeskus* ehdottaa, että harkittaisiin loppusijoituslaitoksen rakentamista molemmille ydinvoimalapaikkakunnille; näin vältettäisiin kuljetusten aiheuttamat kustannus- ja ympäristöhaitat.

*Oulun lääninhallitus* toteaa parhaiksi sijoituspaikkavaihtoehdoiksi ydinvoimalapaikkakunnat kuljetusmatkojen minimoitumisen vuoksi. Eurajoella ja Loviisassa on paras valmius toimia mm. onnettomuustilanteissa.

*Itä-Uudenmaan liiton* mielestä loppusijoituspaikan tulisi olla paras mahdollinen, joka YVA:n perusteella on Loviisa. Liitto kysyy, miten muualla Euroopassa keskustelun kohteena oleva nopeutettu luopuminen ydinvoimasta vaikuttaa sijaintipaikkavalintaan. Liiton mielestä on ennen päätöksentekoa syytä arvioida ja julkistaa myös mahdollisen lisäydinvoiman rakentamisen vaikutus ydinjätehuoltoon. Liitto pitää Eurajoen ja Posivan taloudellisia kytköksiä epäilyttävinä.

*Uudenmaan TE-keskus* ei näe erityistä vaaraa tai rajoitetta elinkeinotoiminnalle minkään sijaintipaikkavaihtoehdon kohdalla. TE-keskuksen mielestä mm. kuljetusmatkojen minimoimiseksi ja turvallisuuden varmistamiseksi tulisi loppusijoitukseen valita ydinlaitospaikkakunta. Suunnitellun Loviisan ydinturvallisuustekniikan osaamiskeskuksen TE-keskus katsoo tukevan turvallista ydinvoimatuotantoa. Keskuksen mielestä loppusijoituslaitoksen työllisyysvaikutukset liittyvät lähinnä rakentamisvaiheeseen ja ovat toiminnan aikana verraten vähäiset.

*Suomen luonnonsuojeluliiton Satakunnan piirin* näkemyksen mukaan vaikutusten arvioinnit perustuvat teorioihin, joista mikä tahansa saatetaan ajan myötä havaita virheelliseksi. On tärkeää, että loppusijoitusalueella toteutetaan pitkäaikaista säännöllistä seurantaa. Ydinvoimapaikkakunnat ovat liiton mukaan parhaita sijoituspaikkoja kuljetusten minimoinnin vuoksi. Jätteiden sijoittamista ydinvoimalaitospaikkakunnille puoltaa niiden moraalinen velvoite vastata toiminnan aiheuttamista jätteistä. Satakunnan piiri pitää Eurajokea parempana vaihtoehtona. Edelleen liitto mainitsee, että ydinjätteen loppusijoituksen ongelmallisuuden vuoksi olisi harkittava tarkkaan uuden ydinvoimalan rakentamista.

*Kivetyn puolesta ry* toteaa, että ydinjäteongelma vaatii vielä paljon tutkimuksia ja tutkimuksille väljempää aikataulua. Posivan esittämä perusratkaisu ei saa olla ainoa malli, jota jatkossa selvitetään.

*Romuvaara-liikkeen tuki ry* katsoo, ettei loppusijoituskunnan kantaa hankkeeseen pitäisi kysyä ennenkuin tutkimuskuilu on olemassa. Yhdistys kannattaa tarkasti valvottua pitkäaikaisvarastointia mahdollisimman lähellä tuotantopaikkaa. Jos järjestelmä pettää inhimillisen virheen, yllättävän maaperän liikehdinnän tai muun ennalta laskemattoman syyn vuoksi, ollaan tekemisissä vaarallisen ja kalliin ongelman kanssa. Yhdistyksen mielestä loppusijoitetun ydinjätteen palauttaminen tulee kalliimmaksi ja hankalammaksi kuin on annettu ymmärtää. On panostettava voimakkaasti nykyistä parempien keinojen löytämiseen ydinjäteongelman ratkaisemiseksi; kalliohauta ei vastaa yhdistyksen käsitystä onnistuneesta ratkaisusta.

**Yksityishenkilöiden kannanotot:**

Esittäjä: Tuula Mäkelä
Kotipaikka: Kajaani
KTM:n päiväys: 23.6.1999

Vaatii, että ydinenergian käyttö on lopetettava.

Esittäjät: Maija Piitulainen ym. (yht. 6 henkilöä)
Kotipaikka: Suolahti
KTM:n päiväys: 17.8.1999

Ilmaisevat huolensa loppusijoitusteknologian toimivuudesta mm. kallioperään liittyvien seikkojen osalta sekä huomauttavat palautettavuuden kalleudesta ja jälkitarkkailun tarpeesta. He katsovat myös, että kuljetusriskit on minimoitava sijoittamalla ydinhauta mahdollisimman lähelle ydinvoimalaa.

Esittäjä: Reijo Välkkynen
Kotipaikka: Kokemäki
KTM:n päiväys: 19.8.1999

Toteaa, että loppusijoittamisen aiheuttaman vahingon kokonaisvaltaisuutta ei ymmärretä. Hankkeet ydinjätteen loppusijoittamisesta kallioperään, joka "elää" vuosisatoja, tulisi kaikkialla lopettaa. Ydinjäte tehtävä nykytieteen keinoin täysin vaarattomaksi.

Esittäjä: Esa Aallas
Kotipaikka: Loviisa
KTM:n päiväys: 20.8.1999

Vastustaa loppusijoitusta ja esittää, että ydinjätteet viedään niihin maihin, joista uraani ostetaan. Hän vaatii ydinvoiman käytön lopettamista

Esittäjä: Thomas Rosenberg
Kotipaikka: Loviisa
KTM:n päiväys: 23.8.1999

Arvostelee Posivan ja Eurajoen keskinäisiä taloudellisia sitoumuksia, joiden seurauksena hänen mukaansa Eurajoki valittiin loppusijoituspaikkakunnaksi ennen YVAn loppuunsaattamista.

Esittäjä: Paavo Majaneva
Kotikunta: Eurajoki
KTM:n päiväys: 26.8.1999

Toteaa, että loppusijoituksen vaikutukset ulottuvat koko talousalueelle, maakuntaan ja viimekädessä koko Suomen kansaan koskien sen elämistä ja ammatinharjoittamista.

# 6 Hakijan vastine annetuista lausunnoista sekä alustavasta turvallisuusarviosta

Hakijayhtiö Posiva Oy on antanut vastineensa annetuista lausunnoista ja Säteilyturvakeskuksen alustavasta turvallisuusarviosta. Seuraavassa on tiivistetty Posivan esittämät näkemykset ja huomautukset aihepiireittäin.

## Ulkomaisen jätteen tuonti

Posiva on vuonna 1998 teettänyt Kansainvälisen talousoikeuden instituutissa (KATTI) selvityksen EU-oikeuden määräyksistä ydinjätteiden tuonnin suhteen (KATTIn julkaisu 32). Selvityksessä todetaan ensinnäkin, että unioni ei voi ilman jäsenmaan omaa suostumusta velvoittaa tätä ottamaan vastaan muiden jäsenmaiden ydinjätteitä. Lisäksi selvitys osoittaa, että jäsenmailla on käytännössä muutoinkin täysi mahdollisuus estää ydinjätteiden tuonti alueelleen.

Parhaillaan on myös ratifioitavana kansainvälinen käytetyn polttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huollon turvallisuutta koskeva yleissopimus, jossa todetaan mm. seuraavaa: "[sopimuspuolet] ovat vakuuttuneita siitä, että radioaktiiviselle jätteelle tulisi, niin pitkälle kuin on sopusoinnussa tällaisen materiaalin huollon turvallisuuden kannalta, löytää loppusijoituspaikka valtiossa, jossa se on syntynyt, kuitenkin tunnustaen, että tietyissä olosuhteissa käytetyn polttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huollon turvallisuutta voitaisiin tukea sopimalla sopimuspuolten välillä laitosten käytöstä yhdessä niistä toisten osapuolten hyväksi, erityisesti milloin jäte on peräisin yhteisistä hankkeista; [sopimuspuolet] tunnustavat, että jokaisella valtiolla on oikeus kieltää käytetyn polttoaineen ja radioaktiivisen jätteen tuonti vieraasta valtiosta omalle alueelleen".

## Imagovaikutukset

Mahdolliset imagovaikutukset ovat olleet ympäristövaikutusten arvioinnin yhtenä keskeisenä teemana. Näiden selvitysten mukaan normaalisti toimiessaan loppusijoituslaitos ei merkittävästi vaikuttaisi paikkakuntien imagoon tai esimerkiksi paikkakuntien tuotteiden kysyntään. Laitoksella tapahtuvat onnettomuudet voisivat tilapäisesti kiinnittää erityishuomiota paikkakuntaan. Normaalisti vaikutukset tällöinkin kohdistuisivat erityisiin paikkaspesifisiin tuotteisiin, jollaisesta voisi olla esimerkkinä erämaamatkailu. Lapin kunnan lausunnossa mainitaan, että Posiva on todennut haittojen olevan todennäköisempiä muilla kuin voimalaitospaikkakunnilla mutta ei ole silti käsitellyt näitä. "Muilla" paikkakunnilla on kuitenkin tarkoitettu selostuksessa Kuhmoa ja Äänekoskea: selvitysten mukaan imagovaikutukset näihin kahteen kuntaan voisivat olla merkittävämpiä kuin nykyisiin voimalaitoskuntiin. Posivan käsitys on, että voimalaitoskuntien naapurikuntien imagoon loppusijoituslaitoksella ei olisi vaikutusta.

Posivan tarkoituksena on pitää hankkeen toteutuksessa kiinteää yhteyttä Eurajoen kuntaan ja sen naapurikuntiin, jolloin mahdolliset kielteiset vaikutukset voidaan ottaa ennakkoon huomioon.

**Valvonta**

Useissa mielipiteissä ja lausunnoissa vaaditaan ydinjätteille jatkuvaa valvontaa. Valvonnan mahdollistamiseksi ehdotetaan varastointiratkaisuja, jotka sallivat jätesäiliöiden kunnon tarkkailun paremmin kuin Posivan esittämä loppusijoitusratkaisu.

Posiva on YVA-selostuksessa lyhyesti käsitellyt loppusijoitustilojen mahdollisia jälkitarkkailu- ja valvontatoimia, joskin se on todennut näiden jäävän myöhemmin päätettäviksi. Lausunnossaan Posivan YVA-selostuksesta kauppa- ja teollisuusministeriö on katsonut asian käsittelyn tällä erää riittäväksi. Loppusijoituksen jälkivalvontamahdollisuudet ja -tekniikka ovat parhaillaan laajan kansainvälisen mielenkiinnon kohteena ja mm. IAEA on laatimassa yhteenvetoa tämänhetkisestä tilanteesta. Koska jälkivalvonnan käytännön järjestäminen tulee ajankohtaiseksi aikaisintaan vasta 40-50 vuoden päästä, onkin mahdollista, että valvontatekniikka kehittyy nykyisestä. Posiva seuraa alan kansainvälistä keskustelua ja kehitystyötä.

Posivan näkemys on, että avoimen pääsyn loppusijoitustiloihin sallivat ratkaisut jättävät myös turvallisuuden sen varaan, että varastoista pidetään huolta. Posivan käsitys on, että huolenpidon mahdollisesta katkeamisesta aiheutuva riski on merkittävämpi kuin se hyöty, joka saavutettaisiin pitämällä tilat avoinna valvonnan helpottamiseksi.

**Palautettavuus**

Posivan esittämä loppusijoitusratkaisu on alun perin suunniteltu lähtien siitä tavoitteesta, että tilojen sulkemisen jälkeen minkäänlaista valvontaa ei turvallisuuden ylläpitämiseksi enää tarvita eikä tilojen unohtamisesta aiheudu riskiä tuleville sukupolville. YVA-selostuksen yhteydessä palauttamisessa tarvittavasta tekniikasta laadittiin selvitys, jonka mukaan palauttaminen maan pinnalle on teknisesti mahdollista niin kauan kuin käytetyt polttoaineniput pysyvät pakattuna loppusijoitussäiliöihin. Yleisellä tasolla samansuuntaiseen johtopäätökseen on tullut myös Euroopan komission työryhmä, jonka raportti palautettavuusasioista ilmestyy alkuvuodesta 2000.

Posiva valmistautuu esittämään avaamiseen tarvittavasta tekniikasta yksityiskohtaisemman selvityksen rakentamislupahakemuksen yhteydessä.

**Kaksi loppusijoitustilaa**

Joissakin viranomaisten lausunnoissa ja muissa mielipiteissä on tuotu esille mahdollisuus, että loppusijoitus tapahtuisi molemmilla ydinvoimalaitospaikkakunnilla, koska silloin ei tarvittaisi polttoainekuljetuksia. Tällainen ratkaisu edellyttäisi kahden kapselointilaitoksen ja loppusijoitustilan rakentamista, mikä resurssien käytön kannalta ei olisi järkevää.

Posivan tuleva tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyö ja kansainvälinen tutkimusyhteistyö:

Merkittävänä lähivuosien tavoitteena on maanalaisten tutkimustilojen louhiminen Olkiluotoon.

Vuoden 2000 ydinjätehuollon ohjelmaan sisältyy ohjelman laatiminen vuosien 2001-2010 tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyölle. Ympäristöministeriön ja Säteilyturvakeskuksen huomaututukset ovat yhtenä perusteena laatiessamme edellä mainittua tutkimus-, kehitys- ja teknisen suunnittelutyön ohjelmaa vuosille 2001–2010. Pidämme kuitenkin toivottavana, että näistä asioista voidaan käydä asiantuntijakeskustelua suoraan eri osapuolten kesken jatkotyön linjaamiseksi tehokkaimmalla mahdollisella tavalla

Posivalla on tiiviit yhteydet useihin kansallisiin ydinjäteyhtiöihin ja Posivan asiantuntijat osallistuvat aktiivisesti mm. OECD:n ydinenergiatoimiston organisoimaan tutkimusyhteistyöhön. Posiva on mukana myös useissa EU:n viidenteen puiteohjelmaan ehdolla olevissa hankkeissa. Eri yhteistyömuodot antavat hyvän mahdollisuuden seurata muiden maiden ydinjätesuunnitelmien ja alan tutkimuksen yleistä kehitystä.

**Yksittäisiä huomautuksia**

Viranomaisten lausunnoissa on huomautettu työsuojelusta ja pelastusjärjestelyistä sekä annettu ohjeita ja neuvoja liittyen mm. kaavoitukseen. Posiva tulee päivittämään suunnitelmansa ja ottamaan viranomaisten suositukset huomioon.

Joissakin mielipiteissä on arvioitu vakuutusten ja rahoituksen riittävyyttä. Nykyisten ydinjätteiden huoltoon ja ydinvoimalaitosten purkamiseen tarvittavat varat on lähes kokonaan rahastoitu valtion ydinjätehuoltorahastoon.

KAUPPA- JA TEOLLISUUSMINISTERIÖ
Energiaosasto

Liite 3

# Käytetyn ydinpolttoaineen huoltoa koskeva katsaus

## Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamista koskeva periaatepäätös

# Sisällysluettelo

**Yleistä** ... 3

**Vaihtoehdot käytetyn ydinpolttoaineen huollossa** ... 4

**Suora loppusijoitus** ... 5

**Jälleenkäsittely** ... 6

Jälleenkäsittelyprosessi ... 6

Jälleenkäsittelyvaihtoehto ydinjätehuollon osana ... 6

**Tehostettu jälleenkäsittely ja transmutaatio** ... 7

**Valvottu pitkäaikaisvarastointi** ... 8

Pitkäaikainen välivarastointi vesialtaissa ... 8

Pitkäaikainen kuivavarastointi ... 8

DRD-välivarastointimenetelmä ... 9

**Loppusijoituksen palautettavuus** ... 9

**Ydinjätehuollon vaikutukset ympäristöön** ... 11

Yleistä ... 11

Säteilyvaikutukset ... 11

**Yhteenveto: ydinjätehuollon vaihtoehtoratkaisujen vertailu** ... 16

**Yhteenveto tärkeimpien ydinvoimaa käyttävien eurooppalaisten valtioiden käytetyn ydinpolttoaineen huollosta** ... 18

Yleistä ... 18

Belgia ... 18

Espanja ... 18

Iso-Britannia ... 19

Ranska ... 20

Ruotsi ... 21

Saksa ... 22

Sveitsi ... 23

USA ... 23

# Käytetyn ydinpolttoaineen huolto

Seuraavassa on esitetty ydinenergia-asetuksen mukainen periaatepäätösmenettelyyn kuuluva katsaus käytössä oleviin ja suunniteltuihin käytetyn ydinpolttoaineen huollon menetelmiin, niiden turvallisuuteen, ympäristövaikutuksiin, taloudellisuuteen ja soveltuvuuteen Suomen oloihin.

Nyt meneillään olevassa periaatepäätösmenettelyssä on kyse käytetyn ydinpolttoaineen eli korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoituksesta. Matala- ja keskiaktiivisen eli ns. voimalaitosjätteen loppusijoituslaitokset ovat olleet käytössä Olkiluodossa vuodesta 1992 ja Loviisassa vuodesta 1998 lähtien.

## Yleistä

Ydinreaktorissa energiantuotanto perustuu tuoreen ydinpolttoaineen sisältämän uraanin halkeamisessa vapautuvaan energiaan. Kun polttoaine muutaman vuoden käytön jälkeen poistetaan reaktorista, se on erittäin radioaktiivista ja sen lämmöntuotto korkea. Käytetyn polttoaineen sisältämiä radioaktiivisia aineita ei voida tuhota tavanomaisin keinoin, joten käytetyn ydinpolttoaineen huolto perustuu sen luotettavaan eristämiseen elollisesta ympäristöstä. Radioaktiiviset aineet hajoavat itsestään luonnollisen hajoamisen seurauksena. Osa käytetyn polttoaineen sisältämistä radioaktiivisista aineista on kuitenkin niin pitkäikäisiä, että eristäminen tulee suunnitella kestämään erilaisia geologisia ajanjaksoja. Periaatteessa radioaktiivisia aineita voidaan myös tuhota ydinreaktioissa, mutta laajamittainen ja täydellinen hävittäminen ei ole mahdollista olemassa olevalla tekniikalla.

Voimalaitosten käytäntö on, että reaktorista käytetty ydinpolttoaine siirretään aluksi laitoksella oleviin jäähdytysaltaisiin. Altaiden vesi toimii sekä jäähdytteenä että säteilysuojauksena. Altaissa polttoaineniput viipyvät yhdestä kymmeneen vuotta, jona aikana niiden radioaktiivisuus ja lämmöntuotto alenevat luonnollisen radioaktiivisen hajoamisen seurauksena ja nippujen jatkokäsittely helpottuu.

Seuraava huoltovaihe on yleensä välivarastointi, jonka aikana aktiivisuus edelleen alenee. Esim. Olkiluodossa ja Loviisassa käytetty ydinpolttoaine pidetään välivarastoissa nykyisten suunnitelmien mukaisesti 15–40 vuotta. Kyseiset varastot ovat ns. märkävarastoja, joissa polttoaine edelleen säilytetään vesialtaissa. Myös näistä poikkeavia, ns. kuivavarastoja on kehitetty ja käytössä ulkomaisilla ydinvoimalaitoksilla.

Käytetty ydinpolttoaine voidaan periaatteessa nähdä joko sellaisenaan jätteenä tai osittain kierrätyskelpoisena materiaalina, koska se sisältää ydinenergian tuotannossa käyttökelpoista uraania ja plutoniumia. Käytettyä ydinpolttoainetta kierrätettäessä se jälleenkäsitellään. Tällöin valtaosa polttoaineen sisältämistä radioaktiivisista aineista jää syntyvään jälleenkäsittelyjätteeseen, joka on hyvin radioaktiivista ja siitä on huolehdit-

tava sen mukaisesti. Jälleenkäsittelyvaihtoehto ei näin ollen ainakaan nykyisiä menetelmiä käytettäessä poista loppusijoitustarvetta.

## Vaihtoehdot käytetyn ydinpolttoaineen huollossa

Käytetyn ydinpolttoaineen huollon alkuvaiheen osalta voidaan valita kolmen vaihtoehtoisen strategian välillä:

1 Avoin polttoainekierto, jossa käytetty ydinpolttoaine sijoitetaan asianmukaisesti kapseloituna syvälle kallioperään lyhyehkön kymmenestä muutamaan kymmeneen vuoteen kestäneen välivarastoinnin jälkeen. Tätä kutsutaan myös suoraksi loppusijoittamiseksi. Useiden maiden turvallisuusvaatimuksissa edellytetään käytettäväksi sellaista menetelmää, jossa ydinpolttoaine voidaan haluttaessa palauttaa maan pinnalle jatkokäsiteltäväksi.

2 Suljettu polttoainekierto, jossa käytetty ydinpolttoaine jälleenkäsitellään muutaman vuoden välivarastoinnin jälkeen esimerkiksi erottamalla polttoaineeksi kelpaavat uraani ja plutonium muista aineista. Uraania ja plutoniumia voidaan käyttää polttoaineen valmistukseen. Uraanin halkeamisreaktioissa syntyneet voimakkaasti radioaktiiviset fissiotuotteet ja muut aktinidit kuin uraani ja plutonium voidaan joko loppusijoittaa kiinteytettynä jälleenkäsittelyjätteenä tai myöhemmin muuttaa jatkokäsittelemällä (transmutoimalla) vähemmän vaaralliseen muotoon, mikäli tähän soveltuva tekniikka joskus saadaan kehitettyä.

3 Pitkäaikaisvarastointi, jossa käytetty ydinpolttoaine varastoidaan sellaisenaan määräämättömäksi ajaksi joko maan pinnalle tai matalalle maan sisään rakennettavissa välivarastoissa. Kyseessä on vain väliaikaisratkaisu ja täten päätös jatkokäsittelystä tai suorasta loppusijoituksesta on välttämätöntä tehdä joskus tulevaisuudessa.

Suoralle loppusijoittamiselle on nähtävissä mm. eettisiä perusteita: ydinvoimasta hyötyvät sukupolvet huolehtivat lopullisesti myös syntyneistä jätteistä eivätkä siirrä vastuun taakkaa tulevaisuuteen. Lisäksi maanpäällä sijaitsevissa laitoksissa pitkäaikaisesti varastoidun käytetyn ydinpolttoaineen voidaan olettaa olevan riski esim. yhteiskunnallisesti epävakaissa oloissa ja altis tahallisesti aiheutetuille onnettomuuksille.

Jälleenkäsittelyllä voidaan vähentää polttoaineeksi louhittavan uraanin määrää 20–30 prosentilla sekä myös loppusijoitettavan jätteen määrää. Jälleenkäsittely yhdistettynä pitkäikäisten radioaktiivisten aineiden transmutointiin voisi lyhentää aikaa, jonka kuluessa jätteet olisivat eliökunnalle vaarallisia.

Välivarastoinnin pitkittämisen etuna on pidetty sitä, että tällöin jäisi aikaa seurata, tuottaako ydinvoimatekniikan kehittyminen sellaisia keinoja, joilla voidaan vähentää loppusijoitettavia aineiden määriä ja niiden vaarallisuutta, esimerkiksi transmutaatio. Lisäksi siinä tapauksessa, että loppusijoitus toteutettaisiin myöhemmin, saataisiin lisäaikaa loppusijoitustekniikkaan sisältyvien epävarmuuksien vähentämiseen. Välivarastoinnin pitkä-

aikainen jatkaminen myös alentaa polttoaineen aktiivisuutta ja lämmöntuottoa, mikä jossain määrin voisi pienentää loppusijoitustilan tarvitsemaa kalliotilavuutta.

Teoreettisina vaihtoehtoina runsasaktiivisten jätteiden tai käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukselle esitettiin ydinvoimatekniikan kehityksen alkuvaiheessa ja myöhemminkin monia tapoja, esim. avaruuteen lähettämistä, napajäätiköihin tai valtamerten pohjasedimentteihin hautaamista. Näitä vaihtoehtoja on myös tutkittu ja selvitetty, mutta niiden soveltamiseen käytännössä liittyy huomattavia ongelmia.

## Suora loppusijoitus

Avoimessa polttoainekierrossa käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan syvälle kallioperään, kuten kiteiseen kallioperään tai savikivi-, suolakivimuodostumiin. Tällä hetkellä vallitsee yleinen käsitys, että tutkituista loppusijoitusvaihtoehdoista syvälle kallioperään tapahtuva loppusijoitus eli geologinen loppusijoitus tarjoaa parhaat ja realistisimmat mahdollisuudet eristää runsasaktiiviset ydinjätteet biosfääristä eli ihmisen elinympäristöstä.

Suomessa ja Ruotsissa esitetyssä loppusijoituksen perusmallissa ydinpolttoaine sijoitettaisiin erillisissä kupari-valurauta-kapseleissa noin 400–700 metrin syvyydessä kallioperässä sijaitseviin loppusijoitustiloihin. Jokaiseen kapseliin sijoitettaisiin 12 polttoainenippua. Kapselien ulompi kuparikerros on suunniteltu toimivan korroosiosuojana ja sisempi rautakerros mekaanisena tukirakenteena. Kapselit ympäröitäisiin bentoniittisavella, jonka tehtävänä on muun muassa vähentää virtaavan pohjaveden pääsyä kosketuksiin kapseleiden kanssa. Lopuksi loppusijoitustilat sekä niihin johtavat tunnelit ja kuilu suljettaisiin bentoniittisaven ja kiviaineksen sekoituksella.

Tämän pohjoismaisen perusmallin ohella on selvitetty mm. syviin pystysuoriin reikiin tai pitkiin vaakasuoriin reikiin tapahtuvaa geologista loppusijoitusta. Teknisen toteutettavuuden kannalta näitä menetelmiä ei ole pidetty aivan yhtä luotettavina kuin perusmallia. Myös mahdollinen loppusijoitustilaan sijoitettujen jätteiden palautettavuus eli niiden poistaminen sijoitustiloista mahdollista jatkokäsittelyä varten on näissä vaihtoehdoissa huomattavasti hankalampi toteuttaa.

Geologisessa loppusijoituksessa polttoainekapseleita ympäröi kalliomassa, joka vaimentaa täydellisesti kaiken suoran säteilyn maan pinnalle. Useiden satojen metrien loppusijoitussyvyys myös suojaa käytettyä ydinpolttoainetta jääkausien kallioperää kuluttavalta vaikutukselta. Kallioperän raoissa ja halkeamissa virtaava pohjavesi tarjoaa ainoan kulkuväylän käytetyn ydinpolttoaineen sisältämille radioaktiivisille aineille päästä kosketuksiin ihmisten ja muun elävän ympäristön kanssa. Loppusijoitukseen suunnitellussa moniestejärjestelmässä (mm. polttoaineen kapselointi ja loppusijoitustilojen bentoniittitäyte) on teknisten päästöesteiden päämääränä rajoittaa pohjaveden pääsyä kosketuksiin käytetyn ydinpolttoaineen kanssa. Moniestejärjestelmän peräkkäiset päästöesteet toimivat eri fysikaalis-kemiallisilla periaatteilla. Loppusijoitustilan päästöesteiden suunnittelussa tavoitteena on, että minkään yksittäisen päästöesteen pettäminen ei olennaisesti alentaisi koko

järjestelmän toimintakykyä. Toisin sanoin tavoitteena on rajoittaa tai hidastaa radioaktiivisten aineiden vapautumista kallioperään ja edelleen biosfääriin.

# Jälleenkäsittely

Suljetussa polttoainekierrossa käytetty polttoaine jälleenkäsitellään ja polttoaineeksi kelpaavat uraani ja plutonium hyödynnetään edelleen. Käsittelyprosessista jää jäljelle voimakkaasti radioaktiivista jälleenkäsittelyjätettä, joka on loppusijoitettava. Kuitenkin vain osa jälleenkäsittelyssä erotetusta plutoniumista ja uraanista voidaan käytännössä hyödyntää polttoaineen valmistukseen käytettäväksi nykyisen tyyppisissä kevytvesireaktoreissa.

## Jälleenkäsittelyprosessi

Jälleenkäsittelyn yhteydessä käytetystä ydinpolttoaineesta erotetaan ensimmäisessä vaiheessa käyttökelpoinen uraani ja plutonium jatkokäyttöä varten. Ensimmäisen erotusvaiheen jälkeen ne erotetaan edelleen toisistaan erillisiin liuoksiin puhdistettaviksi ja jatkokäsiteltäviksi sen mukaan, millaisessa valmistusprosessissa niitä on tarkoitus käyttää uuden ydinpolttoaineen valmistuksessa.

Jälleenkäsittelystä jää edelleen ydinjätteeksi useita radioaktiivisia aineita, jotka ovat sekoittuneina jälleenkäsittelyprosessissa käytettyihin kemiallisiin yhdisteisiin, yleensä liuoksiin. Tämän runsasaktiivisen nestemäisen jätteen alkuperäistä tilavuutta pienennetään höyrystämällä alle kymmenesosaan, minkä jälkeen liuoksen määrä on noin 250–500 litraa käsiteltyä uraanitonnia kohti. Jätteen varastointiin nestemäisenä liittyy turvallisuusriskejä ja siksi jäteliuos saatetaan turvallisempaan olomuotoon lasittamalla eli kuivaamalla ja sekoittamalla jäte sulaan lasimassaan, joka puolestaan valetaan terässäiliöihin.

## Jälleenkäsittelyvaihtoehto ydinjätehuollon osana

Jälleenkäsittelyn lopputuloksena syntyy runsasaktiivista lasitettua jätettä sekä vähä- ja keskiaktiivisia jätteitä. Lasitetun jätteen loppusijoitustarve ja loppusijoituksen turvallisuustekninen vaativuus ovat periaatteessa samat kuin avoimessa polttoainekierrossa syntyvän käytetyn ydinpolttoaineen. Myös syntyneiden vähä- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoituksesta on luonnollisesti huolehdittava asianmukaisesti.

Jälleenkäsittelyn myönteisinä puolina voidaan nähdä mm. uraanivarojen tehokkaampi hyödyntäminen ja loppusijoitettavan runsasaktiivisen jätteen pienempi tilavuus. Tämä johtuu lähinnä siitä, että jätteessä ei ole käytetyn polttoaineen uraania ja plutoniumia. Uraanilla ja plutoniumilla on heikko liikkuvuus syvällä kallioperässä vallitsevissa olosuhteissa, mikä tasoittaa jälleenkäsittelyvaihtoehdon etua päästöjen ja säteilyvaikutuksien osalta suoraan loppusijoitukseen verrattuna.

Toisaalta jälleenkäsittely merkitsee käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyvaiheiden ja kuljetusten lisääntymistä sekä siis näistä aiheutuvien normaalikäytön päästöjen ja häiriö- ja onnettomuustilanteiden mahdollisuuksien lisääntymistä. Erääksi jälleenkäsittelyn ongelmaksi on nähty ydinräjähteiden valmistukseen soveltuvan plutoniumin leviämisriskin kasvaminen.

Jälleenkäsittelyn tarkoituksenmukaisuutta voidaan tarkastella paitsi turvallisuustekniseltä myös mm. taloudelliselta kannalta. Suoraan loppusijoitukseen on päädytty etenkin sellaisissa maissa, joissa jouduttaisiin käyttämään ulkomaisia jälleenkäsittelypalveluita ja joissa ydinvoimakapasiteetti on pieni. Jälleenkäsittelypalveluita on saatavissa vain muutamista maista ja oman jälleenkäsittelyn toteuttaminen esimerkiksi vain Suomen tarpeita varten rakennetussa laitoksessa ei ole teknistaloudellisesti mielekästä. Toisaalta Suomen laki kieltää kokonaan käytetyn ydinpolttoaineen viennin ulkomaille, mikä nykytilanteessa estää Suomessa syntyneen käytetyn ydinpolttoaineen jälleenkäsittelyn ulkomailla.

## Tehostettu jälleenkäsittely ja transmutaatio

Käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyyn on pyritty kehittelemään tekniikkaa, jolla vaarallisimmat radioaktiiviset aineet voitaisiin ydinfysikaalisesti muuntaa vähemmän vaaralliseen muotoon. Tämän ns. transmutoinnin tavoitteena on lyhentää sitä aikaväliä, jonka kuluessa kyseiset aineet voivat aiheuttaa vaaraa. Menetelmä sisältäisi useimpien esitettyjen muunnelmien mukaan ensimmäisenä vaiheena nykyisin käytettävään jälleenkäsittelyprosessiin verrattuna tehostetun erottelun, jossa käytetystä polttoaineesta ensin erotettaisiin uraanin ja plutoniumin ohella erilleen myös eräitä pitkäikäisiä fissiotuotteita ja myös muut aktinidit. Sen jälkeen erotetut aineet muunnettaisiin ydinreaktioissa eli transmutoitaisiin toisiksi aineiksi joko tavanomaisissa reaktoreissa tai erityisissä transmutaatiolaitoksissa.

Tehokkaimmillakaan kaavailluilla tavoilla kaikkia radioaktiivisia aineita ei voida kokonaan tuhota tai siihen tarvittava ajanjakso olisi kohtuuttoman pitkä ja näin joka tapauksessa tietty osa jätteistä tulee aikanaan loppusijoitettavaksi.

Transmutaatiohankkeet ovat vielä verrattain varhaisella kehitysasteella ja menetelmän todelliset tekniset mahdollisuudet ovat vielä osoittamatta. Periaatteellisena vaihtoehtona transmutaatio ei kuitenkaan ole uusi ajatus, vaan sen fysikaaliset perusteet on esitetty jo kymmeniä vuosia sitten. Transmutaation ja siihen tarvittavan, nykyistä jälleenkäsittelyä tehokkaamman erotustekniikan on arvioitu tulevan selvästi kalliimmaksi kuin suora loppusijoitus.

Transmutaatio voidaan tällä hetkellä nähdä lähinnä pitkän aikavälin tutkimuskohteena, joka liittyy yleiseen ydinenergian kehittämiseen tai laajentuvaan käyttöön. Transmutaation mahdollinen teollinen soveltaminen on nykynäkemysten mukaan vähintään vuosikymmenien päässä.

# Valvottu pitkäaikaisvarastointi

Väliaikaisena ratkaisuna käytetyn ydinpolttoaineen huollolle on esitetty hyvin pitkäaikaista välivarastointia. Käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointitekniikka ei periaatteessa ole riippuvainen siitä, onko varastointi suunniteltu lyhyt- vai pitkäaikaiseksi. Jälkivalvonnan ja turvallisten toimintaolosuhteiden säilyttämisen merkitys korostuu sitä enemmän, mitä pitkäaikaisemmaksi välivarastointi on tarkoitettu. Seuraavassa on lyhyesti kuvattu nykyisiä vaihtoehtoisia välivarastointimenetelmiä.

## Pitkäaikainen välivarastointi vesialtaissa

Käytettyä polttoainetta säilytetään nykyisin useimmiten vesiallasvarastoissa. Näin tapahtuu mm. Suomen ydinvoimalaitoksilla. Tästä niin sanotusta märkävarastoinnista on käytettävissä kokemuksia jo usealta vuosikymmeneltä. Käyttökokemukset ovat osoittaneet, että kaikki kuviteltavissa olevat, polttoainetta mahdollisesti vaurioittavat mekanismit, kuten hapettuminen, vedyttyminen, eri korroosiomuodot, galvaaniset ilmiöt tai reaktiot polttoaineen suojakuoren ja fissiotuotteiden välillä voidaan estää, jos varastoaltaissa ylläpidetään oikeat olosuhteet.

Vesiallasvarastojen käyttökokemusten mukaan on ennustettavissa, että varastoitavat polttoaine-elementit säilyvät vaurioitumatta yli 50 vuotta, ja ruotsalaisen maanalaisen CLAB-keskusvälivaraston käyttökokemusten perusteella tehtyjen arvioiden perusteella jopa yli 100 vuotta. Polttoaine-elementtien säilyminen vaurioitumatta edellyttää kuitenkin, että säilytysaltaan veden kemialliset ominaisuudet ylläpidetään koko varastointijakson ajan oikeina. Tarkasti valvotuissa olosuhteissa hyvin pitkäaikaisestakaan välivarastoinnista ei aiheudu säteilyhaittoja ympäristön väestölle eikä käyttöhenkilökunnalle.

## Pitkäaikainen kuivavarastointi

Kuivavarastointikin on mahdollista toteuttaa joko maanalaisena tai maanpäällisenä. Ennen varastoon siirtämistä polttoaine-elementtejä on pidettävä muutaman vuoden ajan reaktoreiden yhteydessä olevissa vesialtaissa tai vesiallasvälivarastoissa. Tämän vesijäähdytysvaiheen jälkeen käytetyssä polttoaineessa syntyvän jälkilämmön poistamiseen riittää kuivavarastoinnissa ilman luonnolliseen kiertoon perustuva jäähdytys. Märkävarastointiin verrattuna kuivavarastointi asettaa pienempiä vaatimuksia seurannalle ja valvontatoimille. Toisaalta kuivavarastossa käytännön mahdollisuudet polttoainenippujen kunnon valvontaan ovat huonommat kuin vesiallasvarastossa. Menetelmänä kuivavarastointi sopisi käytettäväksi myös Suomessa.

Käytetyn polttoaineen välivarastointiin on alettu käyttää yhä enemmän myös kuljetukseen soveltuvia ilmajäähdytteisiä metallisia säiliöitä. Tällaisia kuivavarastoja on käytössä mm. Belgiassa, Saksassa, Sveitsissä, Unkarissa ja Yhdysvalloissa. Muun muassa monet niistä Itä-Euroopan maista, jotka aiemmin palauttivat käytetyn polttoaineen entiseen Neuvostoliittoon, ovat päätyneet kuivavarastointiin käyttäen säiliöitä, jotka soveltuvat

sekä kuljetukseen että varastointiin. Kuivavarastoinnista kertyneet käyttökokemukset ovat olleet hyviä ja mahdollisuuksia jatkaa välivarastointia aina 50–150 vuoteen pidetään hyvinä.

Nykyisin käytössä olevat kuivavarastot on kuitenkin tarkoitettu vastaavaan välivarastointiin kuin Suomessakin käytettävät vesiallasvarastot. Eräissä maissa, mm. Ranskassa, on esitetty suunnitelmia selvästi pidempiaikaiseen, jopa satojen vuosien välivarastointiin tarkoitetuista kuivavarastoista.

## DRD-välivarastointimenetelmä

Myös käytössä olevista märkä- ja kuivavarastoinneista periaatteeltaan poikkeavaa kuivaa kalliovarastointia on ehdotettu pitkäaikaiseen välivarastointiin. Ruotsalaisten tutkijoiden patentoimassa keksinnössä, ns. DRD-menetelmässä (Dry Rock Depository) käytetty polttoaine sijoitettaisiin kapseloituna kallioperään noin 50–100 metrin syvyyteen. Sijoituspaikalla varaston ympäristön kalliopohjavesi kuivatettaisiin pois luonnonruhjeita ja/tai keinotekoisesti aikaansaatuja rakoja hyväksi käyttäen, jolloin varasto olisi pohjaveden pinnan yläpuolelle. Tarvittava jäähdytys hoidettaisiin ilmalla luonnonkiertoon perustuen käyttäen pystysuoria porareikiä. Pohjavesiolosuhteiden ja jäähdytyksen pysyvyyteen pitkällä aikavälillä liittyy kuitenkin huomattavia epävarmuuksia.

Ratkaisun esittäjien mukaan DRD-laitos olisi selvästi normaalia loppusijoitustilaa halvempi ratkaisu ja siis kokonaistaloudellisesti edullinen, jos sillä voitaisiin kokonaan välttyä muulta loppusijoitukselta. Esitetylle vaihtoehdolle ei kuitenkaan ole tehty kattavia turvallisuusanalyysejä, joissa tarkasteltaisiin esimerkiksi jäähdytyksen pettämisestä aiheutuvia jätekapselien vaurioitumisia sekä ympäristöön mahdollisesti leviävien radioaktiivisten aineiden aiheuttamia säteilyhaittoja. Lisäksi on todennäköistä, että tulevien jääkausien vaikutuksesta suhteellisen lähelle maanpintaa sijoitettuna varasto vaurioituisi huomattavasti herkemmin kuin syvälle sijoitettu loppusijoitustila. DRD-menetelmää ei siten voida pitää lopulliseksi tarkoitettuna käytetyn ydinpolttoaineen huollon ratkaisuna.

DRD-menetelmää ei pidetä missään ensisijaisena vaihtoehtona käytetyn ydinpolttoaineen huollon ohjelmassa. Suomen maanpinnan muodot ja pohjaveden pinnankorkeudet eivät ole otollisia DRD-menetelmän soveltamiselle.

# Loppusijoituksen palautettavuus

Voimassa olevaan valtioneuvoston päätökseen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuudesta sisältyy suunnitteluvaatimus, että käytetty ydinpolttoaine on voitava tarvittaessa palauttaa varastosta tai loppusijoitustilasta takaisin maan pinnalle.

Palauttamista voidaan tulevaisuudessa pitää tarpeellisena esimerkiksi siinä tapauksessa, että transmutointiteknologiassa tehdään merkittävä harppaus eteenpäin. Oleellisesti loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuteen vaikuttavien puutteellisuuksien tai päästöestei-

den vaurioiden havaitseminen polttoaineen loppusijoituksen kuluessa tai jonkin verran sen jälkeen voivat myös edellyttää palautettavuutta. Lisäksi teknologian kehittymisen myötä ydinpolttoaineen jatkohyödyntäminen energian tuotannossa saattaisi luoda tarpeen palauttamiseen.

Loppusijoituksen tarkoituksena on varastoida käytetty ydinpolttoaine niin, että siitä ei tulevaisuudessa aiheudu haittaa eikä huolehtimisvelvollisuutta. Viimekädessä tämä tarkoittaisi, ettei jälkipolvien tarvitsisi välttämättä tietää loppusijoitustilojen olemassaolosta ja sijainnista. Syvälle kallioperään sijoittamisen etuna ja vaatimuksenakin on pidetty sitä, että väärinkäytön estämiseksi kapseleita ei helposti saada palautetuksi ja että loppusijoitustilaan ei tulevaisuudessa vahingossa tunkeuduta.

Toisaalta palautettavuuden vaatimus edellyttää, kuten Suomen ydinenergialakiin on kirjattu, tiedon säilyttämistä jälkipolville siitä, missä ja miten kapselit ovat varastoituina. Samalla kuitenkin kasvaa myös todennäköisyys tahalliseen tai rikolliseen tiloihin tunkeutumiseen.

Aiemmin kuvattuja, pitkäaikaiseen välivarastointiin tarkoitettuja menetelmiä käytettäessä ja varsinkin varaston sijaitessa maan päällä tai maan pinnan tuntumassa, on palautettavuus paitsi mahdollista myös suhteellisen yksinkertaista ja halvempaa. Perusratkaisuja huomattavasti vähemmän tutkitun maanalaisen DRD-kuivavälivarastoinnin tapauksessa käsitykset vaihtelevat palautettavuuden helppoudesta. Palautettavuuskysymyksistä on pääasiassa keskusteltu geologisen loppusijoituksen yhteydessä. Suomessa ja Ruotsissa esitetyn tekniikan mukaisesti toteutettuna loppusijoitus on peruutettavissa ja ydinpolttoaine palautettavissa maan pinnalle kaikissa loppusijoituksen vaiheissa, myös tilojen ja tunnelien sulkemisen jälkeen.

Syvällä kallioperässä sijaitsevan loppusijoitustilan avaaminen ja kapselien palauttaminen tapahtuisi periaatteessa samoin menetelmin kuin tilan rakentaminen ja kapselien vienti tilaan. Toteutus, sen vaikeusaste ja kustannukset riippuvat ennen muuta siitä, missä vaiheessa loppusijoitusta palauttaminen tehtäisiin. Loppusijoitustilan käyttöjakson aikana pystykuilut loppusijoitustilaan ja keskustunneli säilytetään avoimina, jolloin ratkaisun peruuttaminen edellyttää ainoastaan sijoitustunnelin avaamista ja sijoitusreikien bentoniittitäytteen poistamista. Kapselit on suunniteltu hyvin kestäviksi korroosiota ja mekaanisia rasituksia vastaan eikä ehjien kapselien poistamisessa tarvita tehokkaampia säteilysuojajärjestelyjä eikä monimutkaisempia kuljetusvälineitä kuin alkuperäisessä sijoittamisessa. Ajan myötä muuttuva ja palauttamisjärjestelyihin mahdollisesti vaikuttava tekijä on esim. kapselien ympäristössä vallitseva lämpötila, joka vajaassa sadassa vuodessa nousee ylimmilleen, n. 65 asteeseen. Kapselien pintalämpötila on korkeimmillaan, n. 95 astetta, parinkymmenen vuoden kuluttua loppusijoituksen jälkeen.

Ruotsin Äspön laboratoriossa on tehty palauttamistekniikkaan liittyviä käytännön kokeita. Myös täyden mittakaavan koe on suunniteltu toteutettavaksi lähivuosina. Suomen ja Ruotsin kiteinen, luja kallioperä on erityisesti pitkällä aikavälillä edullisempi palautettavuutta ajatellen kuin savi- ja suolamuodostumat, joita eräissä muissa maissa kaavaillaan vaihtoehtoina loppusijoitustilan sijaintipaikaksi.

# Ydinjätehuollon vaikutukset ympäristöön

## Yleistä

Ydinjätehuollon ja loppusijoituksen ympäristövaikutukset voidaan jakaa säteilyyn liittyviin ja muihin vaikutuksiin. Muilla vaikutuksilla tarkoitetaan lähinnä ns. sosiaalisia, psykososiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia. Näille on käytetty myös yhteisenä yleisnimityksenä "yhteiskunnallisia" vaikutuksia kuvaamaan niiden erilaista luonnetta verrattuna säteilyn ihmiseen ja luontoympäristöön aiheuttamista fysiologisiin ja luonnontieteellisiin vaikutuksiin. Toisaalta säteilyvaikutusten jyrkkä erottelu muista vaikutuksista on vaikeaa, sillä mahdollisilla säteilyvaikutuksilla on esimerkiksi fysiologisten terveysvaikutusten tai niiden uhan kautta luonnollisesti yhteys myös psykososiaalisiin ja taloudellisiin vaikutuksiin.

Yhteiskunnallisia vaikutuksia voidaan tarkastella suoraan laitoksesta aiheutuvina tai välillisesti esimerkiksi yhdyskuntarakenteen muutosten tai ns. imagovaikutusten kautta. Nämä vaikutukset ovat luonnollisesti merkittävimmät loppusijoituslaitoksen ympäristössä. Kuljetusten osalta vaikutukset voivat koskettaa laitoksen sijainnista ja kuljetustavasta riippuen suurempaa väestömäärää.

Edellä kuvattujen yhteiskunnallisten ja säteilyvaikutusten lisäksi loppusijoituslaitoksen tai muiden ydinjätehuollon osina toimivien ydinlaitosten rakentamisesta aiheutuu luonnollisesti ympäristöön normaalin teollisuusrakentamisen vaikutuksia (esim. pöly, melu, tärinä, maisemamuutokset ja tarvittavat maankäytön ratkaisut).

Seuraavassa keskitytään tarkastelemaan käytetyn polttoaineen huollosta ympäristölle mahdollisesti aiheutuvia säteilyvaikutuksia.

## Säteilyvaikutukset

Käytetyn ydinpolttoaineen huollon terveysvaikutuksia arvioidaan toiminnasta aiheutuvien todellisten ja mahdollisten onnettomuustilanteiden aiheuttamien päästöjen perusteella laskemalla kuvitteelliselle ihmiselle joko elimistöön joutuneen radioaktiivisen aineen tai suoran ulkoisen säteilyn aiheuttama säteilyannos. Laskettua säteilyannosta verrataan asetettuihin turvallisuuskriteereihin. Säteilyannoksien suuruutta tarkastellaan erityisesti säteilylle eniten altistetun ryhmän yksilöannosten kannalta. Laajemman alueen väestölle pidemmällä aikavälillä yhteensä aiheutuvia säteilyvaikutuksia voidaan arvioida ns. väestöannoksen perusteella. Ydinlaitosten välittömässä läheisyydessä asukkaille aiheutuvien yksilöannoksien tulee viranomaismääräysten mukaan pysyä selvästi luonnollisen taustasäteilyn tasoa pienempänä. Suomessa viranomaisten asettama enimmäisyksilöannos on 0,1 mSv (millisievert) vuodessa. Tämä on alle 3 % suomalaisten keskimääräisestä, pääosin luonnollisesta taustasäteilystä ja huoneilman radonista aiheutuvasta, säteilyannoksesta (noin 4mSv/ vuosi).

Huolimatta radioaktiivisten aineiden hajoamisesta eräät pitkäikäisimmät aineet eivät ehdi kokonaan hävitä esimerkiksi kallioperässä kulkeutumisen kuluessa ja voivat näin ollen vapautua biosfääriin ja säilyä siellä kauan ja aiheuttaa pitkäaikaista säteilyaltistusta. Valtioneuvoston esittämien yleisten turvallisuusvaatimusten mukaisesti säteilystä aiheutuvia haittoja on tarkasteltava myös pitkien aikavälien kuluessa. Koko ydinpolttoainekierron kattavissa kansainvälisissä selvityksissä on arvioitu eri vaiheiden osuutta kokonaisväestöannokseen. Tällöin lasketaan yhteen koko tarkasteluajanjaksona ja kulloinkin tarkasteltavalla kohdealueella kertyvät säteilyannokset käyttäen mittayksikkönä mansievertiä (manSv). Tällöin tarkastelujakson pituus ja alueen suuruus vaikuttavat pitkäikäisten radioaktiivisten aineiden osalta merkittävästi kokonaisväestöannoksen suuruuteen.

*Välivarastointi*

Ydinvoimalaitosten normaalikäytöstä ympäristöön aiheutuvat säteilyvaikutukset ovat erittäin alhaiset luonnon taustasäteilyyn verrattuna. Käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoinnista joko voimalaitoksella tai erillisessä välivarastossa aiheutuvat päästöt normaalikäytössä ovat edelleen olennaisesti pienemmät kuin päästöt itse ydinvoimalaitoksilta eli luonnon taustasäteilyn aiheuttamiin annoksiin verrattuina merkityksettömiä.

Käytännön kokemukset ovat osoittaneet märkä- ja kuivavarastoissa tapahtuvan käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoinnin olevan koeteltua ja turvallista tekniikkaa. Vesiallasvarastoinnin keskeinen turvallisuuskysymys on jäähdytyksen keskeytymättömyyden takaaminen. Varastolaitokset suunnitellaankin kestämään suuria mekaanisia rasituksia ja muita häiriöitä kuten esimerkiksi sähkön saannin katkoksia.

*Jälleenkäsittely*

Jälleenkäsittelylaitoksen normaalikäytössä vapautuvista pitkäikäisistä radioaktiivisista aineista aiheutuvat väestöannokset ovat suuremmat kuin ydinvoimalaitoksen vastaavasti aiheuttama väestöannos.

Onnettomuustilanteiden vaarallisuus riippuu olennaisesti laitoksilla käsiteltävien materiaalien laadusta ja niiden sisältämien radioaktiivisten aineiden määristä. Merkittävä ero esimerkiksi jälleenkäsittelylaitoksen ja ydinvoimalaitoksen välillä on se, että samanaikaisesti käsiteltävä radioaktiivisten aineiden määrä on jälleenkäsittelylaitoksella olennaisesti pienempi. Toisaalta aineet ovat siellä helposti leviävässä muodossa (liuoksina, jauheina, kaasuina) ja niissä tapahtuu voimakkaita fysikaalisia ja kemiallisia reaktioita. Runsasaktiivisten nestemäisten jätteiden kiinteytysprosessissa, lasittamisessa, ei ole kokemusten perusteella todettu merkittäviä turvallisuusongelmia.

*Kapselointi*

Käytetyn polttoaineen kapseloinnissa loppusijoituslaitokselta normaalitilanteessa tapahtuvat radioaktiivisten aineiden päästöt ovat pienempiä kuin ydinvoimalaitoksen vastaavat päästöt ja luonnon taustasäteilyyn verrattuna merkityksettömät. Kapselointilaitoksen

työntekijöille aiheutuvat säteilyannokset ovat arvioiden mukaan niinikään pienempiä kuin ydinvoimalaitosten henkilökunnalle.

Myös kapselointilaitoksella kerrallaan käsiteltävät radioaktiivisten aineiden määrät ovat pieniä verrattuna ydinvoimaloiden vastaaviin materiaalimääriin. Kapselointi tapahtuu eristetyissä kammioissa kauko-ohjatusti lämpötilan ja paineen ollessa alhaiset. Kapselointi ei edellytä radioaktiivisen materiaalin prosessointia ja siksi siihen liittyvät turvallisuusriskit ovat selvästi pienemmät kuin jälleenkäsittelylaitoksen riskit. Radioaktiivisten aineiden päästöjä voi tapahtua ainoastaan polttoaine-elementtien vaurioituessa esimerkiksi putoamisen seurauksena. Kapselointilaitoksista ei toistaiseksi ole todellisia käyttökokemuksia, mutta kapselointiprosessin voidaan perustellusti olettaa olevan säteilyturvallisuuden kannalta vaikeuksitta toteutettavissa. Samaan suuntaan viittaavat välivarastointilaitoksien ja jälleenkäsittelylaitoksien polttoaineen siirto- ja käsittelytekniikasta saadut kokemukset.

*Radioaktiivisten aineiden kuljetukset*

Käytetyn ydinpolttoaineen ja muiden radioaktiivisten materiaalien kuljetuksista on paljon kokemuksia ja niitä varten on luotu toimivat järjestelmät ja kattavat kansainväliset turvallisuusmääräykset. Kuljetussäiliöratkaisut on testattu monipuolisesti erilaisia häiriötilanteita (mm. rajut törmäykset, tulipalot ja veteen uppoamiset) silmällä pitäen.

Kuljetusten aiheuttamia riskejä arvioitaessa turvallisuusanalyyseissa on tarkasteltu normaaleja kuljetuksia sekä erilaisia häiriö- ja onnettomuustilanteita. Tutkimustulosten perusteella kuljetusten aiheuttamat säteilyannokset ovat vähäisiä verrattuna luonnon taustasäteilyyn. Vakavissa kuljetussäiliön vaurioitumistilanteissa radioaktiivisten aineiden päästön aiheuttama väestöannos jäisi alle kymmenesosaan luonnon taustasäteilystä saatavaan annokseen.

*Loppusijoitus kallioperään*

Kapselointivaiheen jälkeen käytetyn ydinpolttoaineen syvälle kallioperään tapahtuvassa loppusijoituksessa ei ole nähtävissä suuria kertapäästöjä aiheuttavia onnettomuuksia, jotka aiheuttaisivat nopeasti ilmeneviä säteilyvaikutuksia väestössä. Loppusijoituksen mahdolliset säteilyvaikutukset kohdistuvat laitoksen lähiseudun asukkaisiin ja ne todennäköisesti ajoittuvat kauas tulevaisuuteen.

Kallioperään sijoitetun ydinpolttoaineen sisältämät radioaktiiviset aineet voivat teknisten esteiden mahdollisesti vaurioiduttua vapautua ensin kallioperään liukenemalla pohjaveteen ja kulkeutua edelleen pohjavesivirtausten kuljettamana kallioperästä biosfääriin sekä aiheuttaa sen jälkeen eri altistusreittien kautta säteilyannoksia. Nykyisten laskelmien mukaan luonnolliset radionuklidien vapautumisesteet (lähinnä kallio) ja tekniset esteet (kapselointi, bentoniitti) varmistavat suunnitellusti toimiessaan, että ympäristössä asuville henkilöille aiheutuva vuosittainen säteilyaltistuksen lisäys olisi luokkaa 0,001 mSv. Suuremmille väestöryhmille keskimäärin aiheutuvat annokset jäisivät hyvin paljon edellä mainittua arvoa pienemmiksi. Näin myös väestöannos jäisi pieneen murto-osaan taustasäteilyn aiheuttamaan väestöannokseen verrattuna.

Merkittävin haitta loppusijoitustilan moniestejärjestelmälle voisi aiheutua jääkauden jälkeisistä maankuoren lohkoliikunnosta. Tällaisen tapauksen vaikutuksia on arvioitu olettaen, että jo 1000 vuoden kuluttua voimakas loppusijoitustilaa leikkaava siirros rikkoisi kymmeniä kapseleita samanaikaisesti. Tulosten mukaan jäisi ympäristön väestölle aiheutuva säteilyannoksen lisäys luonnolliseen taustasäteilyyn ja siten myös annosrajoihin verrattuna vähäiseksi. Loppusijoitustilat sijoitetaan kuitenkin turvallisuussyistä mahdollisimman ehjiin kalliolohkoihin, sillä liikunnot todennäköisimmin tapahtuvat ensisijaisesti jo olemassa olevia liikuntasaumoja (mm. rako- ja ruhjevyöhykkeet) pitkin. Lisäksi täyteaineena käytettävä bentoniitti suojaa kapseleita loppusijoitustilassa tapahtuvilta pienehköiltä kallioperän liikunnoilta.

Geologisen loppusijoituksen säteilyvaikutuksia arvioitaessa tarkastellaan ketjua, jonka muodostavat kupari-rautakapselin korroosiotarkastelu tai vaurioituminen mekaanisesti, radionuklidien leviämistarkastelu pohjaveden virtauskentässä, pohjaveden virtaustarkastelut sekä radionuklidien leviämistarkastelu biosfäärissä ja ihmisen altistus säteilylle elinpiirissään. Perustapaukseksi oletetaan tilanne, jossa kallioperässä nyt vallitsevat olosuhteet jatkuvat myös tulevaisuudessa. Herkkyystarkasteluissa taas selvitetään perustapauksesta poikkeavien kehityskulkujen seurauksia, jolloin laskelmissa vaihdellaan mm. pohjaveden kemiallisia ominaisuuksia sekä pohjaveden virtaamaa ja ajanhetkeä, jolloin radionuklidit alkavat vapautua pohjaveteen. Lisäksi herkkyystarkasteluissa on selvitetty myös ihmisen tahatonta tunkeutumista loppusijoitustilaan. Taulukkoon 1 on koottu suppea yhteenveto suomalaisissa turvallisuusanalyyseissa tarkastelluista tapauksista. Lasketut säteilyannokset jäivät kaikissa yhdistelmissä luonnon taustasäteilyn aiheuttamia annoksia pienemmiksi.

*Taulukko 1. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen suomalaisissa turvallisuusanalyyseissa tarkasteltuja tapauksia*

| Tapaus | Perustelu |
|---|---|
| **Pohjavesikemian muutokset** | Peruskalliosta tavattu kemiallisesti erilaisia pohjavesiä; kemia olennaisesti mukana kupari-rautakapselin korroosiossa, radionuklidien liukenemisessa pohjaveteen ja radionuklidien vuorovaikutuksessa kivi-vesisysteemissä |
| – pelkistävä (perustapaus) | – loppusijoitussyvyydellä nykyisin vallitseva tilanne |
| – hapettava | – lähempänä maanpintaa vallitseva tilanne; vaikuttaa merkittävästi kapselin korroosioon, radionuklidien liukoisuuteen ja leviämiseen; jääkaudet voivat syöttää hapettavaa sulamisvettä kallioruhjeisiin |
| – suolainen | – rannikoilla tavattu syviä lähes liikkumattomia suolaisia pohjavesiä; vaikuttaa radionuklidien liukoisuuteen ja leviämiseen; jääkaudet voivat siirtää makean ja suolaisen veden rajapintaa |
| **Pohjaveden virtaama** | Radionuklidien leviäminen tapahtuu pohjaveden välityksellä; mikäli pohjavesikemia ei muutu, pohjaveden kuljetuskyky on suoraan riippuvainen virtaamasta |
| – uusia ruhjeita | – jääkausien yhteydessä voi kallion jännitystila laueta uusien vettä hyvin johtavien ruhjeiden syntymisen kautta |
| – häiriintynyt vyöhyke | – tunnelien louhiminen häiritsee kallion jännitystilaa ja voi aikaansaada tunnelien ympärille vettä paremmin johtavan vyöhykkeen |
| **Kapselin elinikä** | Kuparin korroosionopeuden arviointi riippuu monista tekijöistä |
| – odotettu elinikä vähintään 100 000 vuotta (perustapaus) | – kuparin korroosio on hidasta vallitsevissa kemiallisissa olosuhteissa |
| – alun pitäen viallisia kapseleita, esim. reikiä, viallinen hitsisauma | – kapselin valmistuksen laadunvarmistus vastaavan teollisen toiminnan tasoa |
| – hapettava pohjavesi | – hapettava pohjavesi korrodoi kuparia |
| – kallioliikunnot vaurioittavat kapselia | – kallioliikuntoja tiedetään tapahtuneen Suomessakin |
| **Jääkausien vaikutukset** | Jääkausia tiedetään olleen Suomen leveysasteilla ja voidaan olettaa olevan myös tulevaisuudessa; jääkausien kaikkia yksityiskohtia ei tunneta |
| – maan nousu rannikolla | – nykyiset maannousunopeudet tunnetaan |
| – vaikutus pohjavesikemiaan | – sulamisvesien tunkeutumiseen kallioperään liittyy epävarmuuksia |
| – kallioliikunnot | – jääkauden aikana kallion jännitystila vaihtelee, jännitysten laukaisemat maanjäristykset voivat aiheuttaa kallioliikuntoja ja uusia ruhjeita, vaikkakin jännitykset useimmiten purkautuvatkin olemassa olevia ruhjeita pitkin |
| **Tunkeutuminen loppusijoitustilaan** | Ihmisen voidaan kuvitella tunkeutuvan tahattomasti loppusijoitustilaan |
| – koeporaus | – kairausnäytteen käsittely voi altistaa työntekijät säteilylle |
| – syvä porakaivo | – loppusijoitustilan lähelle voidaan tehdä porakaivo, jos sijoitustilasta ei tiedetä |

*Kokonaissäteilyvaikutukset ydinjätehuollon eri vaihtoehdoissa*

Ydinjätehuollon vaihtoehtoratkaisujen ympäristölle aiheuttamia kokonaissäteilyvaikutuksia verrattaessa on otettava huomioon koko ydinpolttoaineen kierto alkaen uraanimalmin louhinnasta, koska eri vaihtoehdoissa materiaalivirrat merkittävästi poikkeavat

toisistaan. Tällöin tulee tarkastella myös mm. mahdollisen jälleenkäsittelyn vaikutusta väestöannoksiin ja säteilyriskeihin. Laskennallisiin väestöannoksiin vaihtoehtoisissa prosesseissa vaikuttavat hyvin monet tekijät, eikä suoran loppusijoituksen strategiaa ja jälleenkäsittelyn sisältävää ydinjätehuollon strategiaa voida yksiselitteisesti asettaa paremmuusjärjestykseen.

Väestöannoksena laskettuna säteilyvaikutukset tuotettua energiayksikköä ja käytettyä luonnonuraanimäärää kohden ovat selvitysten mukaan suoran loppusijoituksen ja jälleenkäsittelyn vaihtoehdoissa samantasoiset, kun otetaan huomioon myös jälleenkäsittelylaitokselta ilmaan vapautuviksi oletetut pitkäikäisten radioaktiivisten aineiden päästöt. Siinä tapauksessa taas, että jälleenkäsittelyssä erotettu uraani ja plutonium jäisivät kokonaan hyödyntämättä reaktorien polttoaineena tai uudelleenkäytön osuutta ei huomioida laskelmassa, suoran loppusijoituksen voidaan katsoa aiheuttavan pienemmän väestöannoksen käytettyä uraanimäärää kohti kuin jälleenkäsittelyvaihtoehto. Joka tapauksessa sekä käytetyn ydinpolttoaineen että lasitetun runsasaktiivisen jälleenkäsittelyjätteen loppusijoitusta koskevat tutkimustulokset vahvistavat käsitystä, että loppusijoitus voidaan toteuttaa turvallisesti ja että väestön yksilöiden vuotuiset enimmäissäteilyannokset jäävät selvästi viranomaisten asettamien rajojen alapuolelle.

## Yhteenveto: ydinjätehuollon vaihtoehtoratkaisujen vertailu

Edellä kuvattujen, käytetyn ydinpolttoaineen huollon vaihtoehtoisten ratkaisujen keskeisiä etuja ja haittoja on esitetty alla olevassa taulukossa 2.

*Taulukko 2. Yhteenveto käytetyn ydinpolttoaineen huollon ja loppusijoituksen vaihtoehtoisten ratkaisujen eduista ja haitoista sekä sovellettavuudesta Suomen olosuhteissa*

| Vaihtoehto | Edut | Haitat | Soveltamismahdollisuudet Suomessa |
|---|---|---|---|
| Suora loppusijoitus | – Käsittelyvaiheita vähän ja käyttöhenkilökunnan säteilyaltistus pieni<br>– Perusteknologia olemassa<br>– Suuria kertavaikutuksia aiheuttavat tapahtumat erittäin epätodennäköisiä | – Kaikki pitkäikäiset radioaktiiviset aineet mukana jätteessä, joten potentiaalinen vaarallisuus kestää pitkään<br>– Uraanivarojen käyttötehokkuus huono | – Perusratkaisumalli Suomessa<br>–Täyttää ydinenergialain vaatimukset käsittelystä ja pysyvästä sijoittamisesta Suomeen; myös palauttaminen mahdollista |
| Valvottu pitkäaikainen välivarastointi | – Valvonta mahdollista<br>– Mahdollistaa vaihtoehtojen uudelleen harkinnan: palautettavuus suhteellisen yksinkertaista<br>– Teknologia olemassa | – Siirtää vastuuta tuleville polville<br>– Turvallisuus vaatii aktiivista valvontaa<br>– Vaatii ydinmateriaalivalvontaa<br>– Ei voi olla lopullinen ratkaisu | – Nykyisten välivarastojen käyttöä voidaan jatkaa jopa 100 vuotta<br>– Mahdollisen uudentyyppisen välivaraston rakentamispäätös tarvitaan vasta vuosikymmenien päästä |
| Jälleenkäsittely ja loppusijoitus | – Uraanivaroja voidaan käyttää tehokkaammin ja uraanin väkevöintitarve pienempi<br>– Uraanin ja plutoniumin määrä jätteessä pienempi ja mahdollinen vaarallisuus pitkällä aikavälillä alhaisempi | – Useita käsittelyvaiheita, mikä lisää käyttöhenkilökunnan säteilyannoksia; häiriötilanteissa voi aiheutua päästöjä ympäristöön<br>– Kustannukset kasvavat<br>– Useita loppusijoitettavia jätetyyppejä; kokonaistilavuus voi kasvaa<br>– Ydinasemateriaalien leviämisriski suurempi | – Kustannus- ja muista syistä johtuen olisi epätarkoituksenmukaista rakentaa pelkästään Suomen tarpeisiin jälleenkäsittelylaitosta<br>– Nykyisessä muodossaan ydinenergialaki ei salli ulkomaisten palvelujen käyttöä |
| Jälleenkäsittely, lisäerottelu, transmutaatio, loppusijoitus | – Pitkäikäisten radioaktiivisten aineiden määrä jätteessä vähenee<br>– Potentiaalisen vaarallisuuden ajanjakso lyhenee<br>– Osana kehittynyttä ydinenergiajärjestelmää voisi olla edullinen ratkaisu | – Tarvittava jälleenkäsittelyteknologia monimutkaista ja kasvattaa edelleen kustannuksia<br>– Ydinasemateriaalin valmistusteknologian leviämisriski lisääntyy<br>– Teknologia ei ole käytettävissä vielä ja vaatii huomattavaa lisäkehitystä<br>– Toteutetettavuus epävarmaa | – Suomen ydinvoimaohjelma on liian suppea itsenäiseen soveltamiseen<br>– Ottaen huomioon jo perusvaihtoehtoon sisältyvän välivarastoinnin ja loppusijoituksen palautettavuuden tarvittaessa kaukana tulevaisuudessa voidaan periaatteessa hyödyntää mahdollisesti kehittyviä kansainvälisiä palveluita |
| Avaruuteen lähettäminen tms. | – Jätteistä päästään lopullisesti eroon | – Luotettavuusongelmia => riski laaja-alaiseen ydinsaastumiseen | – Mahdollista ainoastaan kansainvälisenä yhteistyönä ja yhteisin sopimuksin |

# Yhteenveto tärkeimpien ydinvoimaa käyttävien eurooppalaisten valtioiden sekä USA:n käytetyn ydinpolttoaineen huollosta

## Yleistä

Seuraavassa esitetään katsaus seitsemän merkittävimmän ydinenergiaa käyttävän Euroopan maan sekä USA:n käytetyn ydinpolttoaineen huoltoratkaisuihin. Kuvattu tilanne vastaa vuoden 2000 alun tilannetta. Esitetyt tilastotiedot sen sijaan on kerätty vuoden 1998 IAEA:n tilastoista.

## Belgia

Ydinvoimayksiköiden määrä: 7
Ydinsähkön tuotantokapasiteetti: 5 700 MW
Ydinenergian osuus sähkön tuotannosta: 55,2 %

Kesällä 1999 nimitetty hallitus on muuttamassa perusteellisesti Belgian ydinenergiaohjelmaa. Tähän asti osa käytetystä ydinpolttoaineesta on jälleenkäsitelty Ranskassa ja näin syntynyt uraani ja plutonium käytetty uudelleen polttoaineen valmistukseen. Samaan aikaan on tutkittu ja kehitetty syvälle kallioperään tapahtuvaa loppusijoitusta. Ydinjätehuollosta ja toiminnan suunnittelusta vastaa valtionyhtiö ONRAF.

Hallituksen ohjelmassa asetetaan tavoitteeksi käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyn lopettaminen heti, kun se sopimusteknisesti on mahdollista. Jatkossa keskityttäisiin ainoastaan kansallisen suoraan loppusijoitukseen perustuvan ratkaisun kehittämiseen. Tutkimus- ja kehitystyötä esitetään jatkettavaksi vuoteen 2010, jolloin tehtäisiin päätöksiä sijoituspaikasta ja käytettävästä tekniikasta.

## Espanja

Ydinvoimayksiköiden määrä: 9
Ydinsähkön tuotantokapasiteetti: 7 600 MW
Ydinenergian osuus sähkön tuotannosta: 30,2 %

Kesällä 1999 julkaistussa Espanjan viidennessä radioaktiivisten jätteiden huoltoa koskevassa suunnitelmassa esitetään, että käytetyn ydinpolttoaineen suora loppusijoitus on perusvaihtoehto, mutta että myös jälleenkäsittely on edelleen mahdollinen vaihtoehto. Radioaktiivisten jätteiden huollosta vastaa valtionyhtiö ENRESA. Tähän mennessä pieni osa syntyneestä käytetystä polttoaineesta on jälleenkäsitelty.

Loppusijoituslaitoksen sijoituspaikan valinnan suhteen Espanja on päätynyt ottamaan aikalisän ja siirtämään valinnan vuoteen 2010. Taustalla on näkemys, että uudet tekno-

logiat, kuten transmutaatio, voisivat tuoda keinoja vähentää sekä loppusijoitettavan jätteen määrää että sen vaarallisuutta. Samalla jätehuoltostrategiassa todetaan, että geologista loppusijoitusta tarvitaan joka tapauksessa. Jotta päätöksen siirtäminen olisi mahdollista, on käytetyn polttoaineen välivarastojen kapasiteettia päätetty aluksi lisätä sijoittamalla polttoaine-elementtejä nykyisiin vesivarastoihin tiiviimmin. Jatkossa on rakennettava myös uutta varastointitilaa esimerkiksi laitosten yhteyteen. Korkea-aktiiviselle ja lasitetulle jälleenkäsittelyjätteelle, joka palautuu Ranskasta ja Englannista, rakennetaan välivarasto. Varaston tulisi valmistua vuoteen 2010 mennessä.

Aikalisän myötä myös mahdollisen loppusijoituspaikan etsintä lopetetaan toistaiseksi. Panostusta loppusijoitustutkimukseen ja -kehitykseen ei lopeteta aivan kokonaan, vaan pyritään säilyttämään tarvittava tieto-taito kansainvälisiin hankkeisiin osallistumalla. Samalla panostusta jälleenkäsittelyn ja transmutaation kehittämiseen esimerkiksi EU:n tutkimushankkeiden kautta jatketaan.

## Iso-Britannia

Ydinvoimayksiköiden määrä: 33
Ydinsähkön tuotantokapasiteetti: 12 500 MW
Ydinenergian osuus sähkön tuotannosta: 24,5 %

Iso-Britanniassa ydinjätteiden tuottajat ovat vastuussa jätehuollon suunnittelusta ja toteutuksesta. Siellä sijaitsee yksi suuri jälleenkäsittelylaitos ja käytännössä kaikki syntyvä käytetty polttoaine on tarkoitus jälleenkäsitellä tässä laitoksessa. Jälleenkäsittelyjäte on välivarastoitu laitoksen yhteyteen.

Hallituksen johdolla on ryhdytty valmistelemaan uutta kokonaisvaltaista ydinjätehuollon ohjelmaa. Ylähuoneen tiede- ja tutkimusvaliokunnan maaliskuussa 1999 julkaisemassa raportissa suositellaan, että ydinjätteet olisi ensisijaisesti loppusijoitettava syvälle kallioon siten, että jätteet olisivat valvottavissa ja palautettavissa. Loppusijoitustila tulisi sulkea vasta kun on riittävät takeet siitä, että näin voidaan turvallisesti tehdä. Vähintään yhden loppusijoitustilan tulisi olla käytössä 50 vuoden kuluessa.

Hallitus on ilmoittanut että kyseinen raportti on keskeinen lähtökohta ydinjätehuollon jatkovaiheille, joista seuraava on hallituksen todennäköisesti vuoden 2000 lopulla käynnistämä kuulemismenettely. Tarkoituksena on selvittää yleisiä ydinjätehuoltopolitiikan periaatteita ja luoda pohja asiaa koskevalle uudelle lainsäädännölle. Tässä vaiheessa hallitus ei ota lainkaan kantaa mahdolliseen loppusijoittamiseen, sen toteutustapoihin tai aikatauluihin.

Lisäksi hallitus toteaa, että tutkimus- ja kehittämistoiminta on tärkeää sekä väliaikaisvarastoinnin aikana ennen lopullisia päätöksiä että päätösten jälkeen. Geologista loppusijoitusta koskevaa tutkimusta jatketaan ja sitä varten luodaan erityinen strategia.

Laajasti hyväksytyn ydinjätehuoltopolitiikan luominen ja päätösten voimaan saattaminen on pitkä, mahdollisesti noin 5 vuotta kestävä, prosessi ja sen jälkeen vienee noin 20

vuotta ennen kuin loppusijoituslaitos on valmis. Hallituksen raportti tulevasta ydinjätehuollon politiikasta julkaistaneen edellä mainitun kuulemismenettelyn jälkeen.

## Ranska

Ydinvoimayksiköiden määrä: 57
Ydinsähkön tuotantokapasiteetti: 61 500 MW
Ydinenergian osuus sähkön tuotannosta: 75,8 %

Ydinjätehuollon toteuttamisesta vastaa valtion omistama ydinjäteyhtiö ANDRA. Käytännön tutkimus ja kehitystyöstä vastaa ANDRA yhdessä ydinenergiakomissio CEA:n kanssa. Ranskassa on suuri jälleenkäsittelylaitos, jossa käsitellään kaikki Ranskassa syntyvä käytetty ydinpolttoaine.

Ranskan korkea-aktiivisen ydinjätteen huollon, myös käytetyn polttoaineen loppusijoituksen) tutkimusta ja kehitystä säätelee vuonna 1991 säädetty laki. Siinä määrätään selviteltäväksi ja tutkittavaksi yhtä suurella panostuksella geologista loppusijoitusta, isotooppierottelua ja transmutaatiota sekä pitkäaikaisvälivarastointia. Hallituksen tulee esitellä tutkimustuloksien pohjalta ratkaisu korkea-aktiivisen jätteen käsittelystä viimeistään vuonna 2006.

Geologisen loppusijoituksen osalta laki määrää valitsemaan vähintään kaksi paikkaa, joihin rakennetaan maanalainen laboratorio. Lain mukaan laboratorioista ainakin yhden tulee sijaita graniittikalliossa ja toisen savikivessä. Työn tavoitteena on, että jonkin laboratorion paikalle rakennettaisiin varsinaisen loppusijoituslaitos. Savikivilaboratorion paikka valittiin vuoden 1998 lopussa. Sen sijaan graniittilaboratorion sijoituspaikkaa ei ole vielä saatu valituksi. Valintaan on nimetty kolmihenkinen ryhmä, joka tulee neuvottelemaan kymmenen geologisten esiselvitysten perusteella valitun paikan sijaintikuntien ja -maakuntien päättäjien kanssa. Paikka valitaan lähinnä poliittisen ja kansalaisten hyväksynnän perusteella.

Isotooppierottelun ja transmutaation tutkimuksen ja kehityksen vastuuorganisaatio on CEA. Transmutaation osalta työ keskittyy Phenix-nimisellä nopealla reaktorilla tehtäviin tutkimuksiin. Ranskan valtio rahoittaa pienellä osuudella myös kiihdytinpohjaisten transmutaatioreaktoreiden kehittämistä.

Pitkäaikaisvälivarastoinnin tutkimuksessa ja kehityksessä keskitytään lähelle maanpintaa sijoitettavaan ratkaisuun. Varasto pyrittäisiin eristämään pohjavedestä sijoittamalla se korkean mäen yläosaan merkittävästi pohjaveden pintaa korkeammalle edellä esitellyn DRD-menetelmän kaltaisesti.

Edellä mainitulla lailla perustettiin myös kansallinen arviointikomitea, jonka tehtävänä on arvioida ja raportoida vuosittain työn edistymisestä. Komitea julkaisi kesäkuussa 1998 mietinnön, jossa pohditaan palautettavuutta ja sen soveltuvuutta eri tilanteissa. Yhteenvedossa päädytään suosittelemaan käytetyn polttoaineen välivarastointia ja sen jälleenkäsittelyä sekä jälleenkäsittelyjätteen geologista loppusijoitusta. Perusteena tälle

suositukselle on, että käytetty polttoaine luokitellaan Ranskassa kierrätyskelpoiseksi materiaaliksi, jolloin sitä koskee yleinen jätteiden kierrätysvelvoite. Sen sijaan korkea aktiivinen jälleenkäsittelyjäte suositellaan eristettäväksi mahdollisimman tehokkaasti biosfääristä, mihin paras keino on loppusijoitus syvälle kallioperään.

## Ruotsi

Ydinvoimayksiköiden määrä: 11
Ydinsähkön tuotantokapasiteetti: 10 000 MW
Ydinenergian osuus sähkön tuotannosta: 45,7 %

Ydinjätehuollon turvallisuutta valvovat hallituksen alaiset SKI ja SSI. Nämä myös tekevät omaa ydinalan tutkimusta. Lisäksi yhtenä neuvoa-antavana elimenä toimii ydinjäteneuvottelukunta KASAM, joka riippumattomana muista toimijoista säännöllisesti arvioi Ruotsin ydinjätehuollon tieteellistä tasoa ja osaamista. Ydinvoimateollisuuden omistama SKB-yhtiö on vastuussa ydinjätehuollon toteutuksesta ja sen edellyttämästä tutkimustoiminnasta.

Käytetty ydinpolttoaine välivarastoidaan tällä hetkellä Oskarshamnissa ydinvoimalaitoksen yhteydessä olevassa keskusvarastossa (CLAB), johon kauempana sijaitsevista laitoksista tulevat ydinjätteet kuljetetaan meritse. Ensisijainen vaihtoehto on rakentaa myös ydinjätteen kapselointilaitos CLAB:n yhteyteen, joskaan päätöstä asiasta ei ole tehty. Pieni osa Ruotsissa syntynyttä käytettyä ydinpolttoainetta on jälleenkäsitelty Iso-Britanniassa. Suunnitelmien mukaan tultaisiin pieniä määriä MOX-polttoainetta valmistamaan ja käyttämään Oskarshamnin ydinvoimalaitoksella. Päätöksen asiasta tekee hallitus.

Käytetty ydinpolttoaine on tarkoitus loppusijoittaa noin 500 metrin syvyyteen kallioperään. Loppusijoitusmenetelmä vastaa Suomessakin käytettäväksi suunniteltua menetelmää. Sen mukaan ydinpolttoaineniput kapseloidaan kupari-rauta-kapseleihin, jotka loppusijoitustilassa lisäksi eristetään bentoniitilla ympäröivästä kalliosta. Sulkemisen jälkeen loppusijoitustila ei edellytä valvontaa.

Monipuolisia käytännön loppusijoitustutkimuksia sekä ruotsalaisten omina että kansainvälisinä projekteina tehdään SKB:n Äspössä sijaitsevassa maanalaisessa kalliolaboratoriossa, jossa tutkimukset voidaan tehdä todellisessa loppusijoitussyvyydessä. Parhaillaan valmistellaan myös täyden mittakaavan loppusijoituskoetta. Kapselit eivät koevaiheessa kuitenkaan sisältäisi todellista ydinpolttoainetta.

Loppusijoituslaitosta koskeva rakennuslupahakemus jätettäisiin suunnitellun aikataulun mukaan noin vuonna 2008. Hallituksen esittämän vaatimuksen mukaan SKB:n on selvitettävä loppusijoituslaitoksen sijoittamismahdollisuudet alustavasti vähintään 5–10 paikkakunnalla, joista vähintään kahdella tullaan tekemään paikkakohtaiset, yksityiskohtaisemmat kallio- ym. tutkimukset, joiden perusteella loppusijoituspaikka valitaan. SKB:n on vienyt lävitse selvitykset kuudella paikkakunnalla, jotka kaikki sijaitsevat Ruotsin itärannikon tuntumassa. Marraskuussa vuonna 2000 SKB esitti näistä kolmea

paikkaa (Oskarshamn, Östhammar ja Tierp), joilla kallioperätutkimuksia jatkettaisiin. Ruotsin hallituksen sekä ehdotettujen kuntien on määrä ottaa kantaa tutkimusten jatkamiseen vuoden 2001 syksyllä. SKB suunnittelee aloittavansa tutkimukset vuonna 2002.

## Saksa

Ydinvoimayksiköiden määrä: 19
Ydinsähkön tuotantokapasiteetti: 21 200 MW
Ydinenergian osuus sähkön tuotannosta: 33,0 %

Saksan alkuperäinen atomienergialaki edellytti kaiken käytetyn ydinpolttoaineen jälleenkäsittelemistä ja valtion rakentamaa loppusijoituslaitosta kaikelle ydinjätteelle. Vuonna 1979 aloitettiin valtiovallan toimesta suolakivimuodostumaan sijoitettavan loppusijoituslaitoksen kehittely Gorlebeniin. Saksassa ei kuitenkaan ole omaa jälleenkäsittelylaitosta, joten ydinvoimayhtiöt yhtiöt ovat tehneet sopimuksia jälleenkäsittelystä Ranskassa ja Englannissa. Vuodesta 1994 alkaen yhtiöt ovat voineet perustaa käytetyn polttoaineen huollon suunnittelun myös suoralle loppusijoitukselle. Saksassa on myös valtion ylläpitämiä alueellisia välivarastoja, joista osaan on sijoitettu tai mahdollista sijoittaa käytettyä polttoainetta.

Saksan hallitus ja neljä suurinta ydinvoimayhtiötä solmivat kesäkuussa 2000 sopimuksen, jossa sovitaan maan ydinvoimalaitosten sulkemisen aikataulusta ja niiden tuottamien ydinjätteiden loppusijoituksen periaatteista. Sopimuksen pohjalta hallituksen on tarkoitus esittää parlamentille vastaava atomienergialain muutos. Tämä ei kuitenkaan ole vielä valmistunut. Sopimuksen voimaantulo edellyttää myös kyseisten neljän yhtiön päättävien elinten hyväksyntää, mikä tapahtunee vasta lakiesityksen valmistuttua.

Sopimuksen mukaan ydinpolttoaineen jälleenkäsittely lopetetaan niin pian kuin se on mahdollista rikkomatta jo tehtyjä sopimuksia. Ydinpolttoaineen kuljetukset jälleenkäsittelylaitoksille eivät ole enää mahdollisia 1.7.2005 jälkeen. Voimayhtiöiden on rakennettava mahdollisimman nopeasti polttoaineen välivarastot kunkin voimalaitoksen yhteyteen tai lähistölle. Käytettyä polttoainetta voidaan kuljettaa alueellisiin välivarastoihin, kunnes varastot ovat valmiit.

Hallitus sitoutuu edelleen vastaamaan loppusijoituksesta. Mahdollisia kivilajityyppejä varaston rakentamiselle on useita. Kuitenkin Gorlebenissa tapahtuvat valmistelevat työt lopetetaan hukkainvestointien välttämiseksi siihen asti kunnes eräät geologiseen loppusijoitukseen yleensä (mm. palautettavuuden tarve) ja suolakivisijoituksen turvallisuuteen erityisesti liittyvät kysymykset on selvitetty, kuitenkin vähintään kolmeksi ja enintään kymmeneksi vuodeksi.

# Sveitsi

Ydinvoimayksiköiden määrä: 5
Ydinsähkön tuotantokapasiteetti: 3 100 MW
Ydinenergian osuus sähkön tuotannosta: 40,0 %

Sveitsin lainsäädännön mukaan kaikki radioaktiiviset jätteet on sijoitettava tarkoitukseen soveltuvissa geologisissa muodostumissa sijaitseviin loppusijoitustiloihin. Ydinvoimayhtiöiden ja valtion yhteinen yhtiö NAGRA vastaa kaikkien Sveitsin ydinjätteiden loppusijoituksen suunnittelusta.

Tällä hetkellä käytettyä polttoainetta varastoidaan kunkin ydinvoimalaitoksen yhteydessä olevassa välivarastossa. Uusi keskitetty välivarasto, jonka käytöstä vastaa ydinvoimayhtiöiden yhdessä omistama Zwilag-niminen yhtiö on valmis, mutta odottaa vielä lopullista hyväksymistä. Voimayhtiöillä on myös sopimuksia jälleenkäsittelystä ulkomailla. Hallitus päätti kesäkuussa 1999 pyrkiä lopettamaan jälleenkäsittelyn perustellen päätöstään taloudellisilla seikoilla, ydinaseiden leviämisvaaralla ja merikuljetuksiin liittyvällä saastumisvaaralla.

Nykylainsäädäntöä pidetään ydinjätehuollon osalta puutteellisena ja yrityksiä sen uusimiseksi on tehty useita kertoja. Yritykset ovat katkenneet geologisen loppusijoituksen vastustajien kannanottoihin. Alkuvuodesta 2000 valmistui energiaministerin asettaman EKRA- työryhmän mietintö, jossa asetuttiin voimakkaasti kannattamaan geologista loppusijoitusta ainoana, joka täyttää pitkäaikaisturvallisuuden vaatimukset. Työryhmä edellytti loppusijoitukselta myös palautettavuutta, jonka tarvetta tarkkailtaisiin erillisen pilottivaraston avulla. Raportti on saanut ristiriitaisen vastaanoton.

Hallitus valmistelee uutta lakiesitystä, joka perustuu EKRAn suosituksiin. Se annettaneen parlamentille viimeistään 2001.

Nykylainsäädäntö antaa mahdollisuuden poikkeustapauksissa varastoida sveitsiläistä ydinjätettä myös ulkomailla. Tällainen vaihtoehto koskisi todennäköisesti vain runsasaktiivista pitkäikäistä jätettä eli käytännössä jälleenkäsittelyjätettä.

# USA

Ydinvoimayksiköiden määrä: 103
Ydinsähkön tuotantokapasiteetti: 100 400 MW
Ydinenergian osuus sähkön tuotannosta: 19,8 %

Kaavailut käytetyn polttoaineen/korkea-aktiivisen jätteen loppusijoittamisesta geologisiin muodostumiin ovat Yhdyvalloissa alkaneet jo 1950-luvun puolivälissä. Vuonna 1982 säädettiin ns. ydinjätelaki, Nuclear Waste Policy Act, jonka mukaan tällä hetkellä toimitaan. Laissa on määritelty geologinen loppusijoitus maan viralliseksi pitkän tähtäimen toimintastrategiaksi.

Ydinjätehuollosta ja loppusijoituksesta on vastuussa energiaministeriö (DOE, Department of Energy). Ydinjätehuolto rahoitetaan ydinjäterahastosta, jonka varat kertyvät ydinvoimayhtiöiden suorittamista, voimantuotannon ja -myynnin määrän mukaan määräytyvästä maksusta.

Mainitun ydinjätelain ohjaamien loppusijoituslaitoksen paikanvalintavaiheiden jälkeen vuonna 1987 kongressi kehotti energiaministeriötä keskittämään paikkatutkimukset Yucca Mountainin (Nevada) alueelle. Samalla ministeriötä kehotettiin selvittämään myös seuraavan loppusijoituslaitoksen tarve. Selvityksen takarajaksi asetettiin vuosi 2010.

Nykyiset Yucca Mountain -hankkeen aikataulutavoitteena on luovuttaa paikkaa koskeva esitys presidentille vuonna 2001 sekä aikaansaada valmius rakennuslupahakemuksen jättämiseen vuonna 2002. Nykyisen aikataulun mukaan loppusijoituslaitoksen rakentaminen aloitettaisiin vuonna 2005. Loppusijoitustoiminta voisi alkaa vuonna 2010.

Yucca Mountainin tutkimusalue koostuu vulkaanisesta kivilajista ja loppusijoitustilat on suunniteltu rakennettavan 300 m syvyyteen. Paikalle on rakennettu maanlaiset tutkimustilat, joissa on meneillään täyden mittakaavan loppusijoituskokeita. Laitokseen loppusijoitettaisiin käytettyä ydinpolttoainetta, joka on kertynyt paitsi ydinvoimaloista myös puolustusvoimien toiminnoista, tutkimusreaktoreista (ml. ulkomailla toimivat tutkimusreaktorit) ja ydinkäyttöisistä aluksista. Loppusijoituslaitokseen voidaan sijoittaa myös ydinkärjistä purettava plutonium ja ydinaseohjelmista peräisin olevaa korkeaaktiivista, lasitettua jätettä. Nykyinen laki rajoittaa loppusijoitettavan jätemäärän 70 000 tonniin. On arvioitu, että vuoteen 2040 mennessä käytettyä ydinpolttoainetta kertyy USA:ssa 87 000 tonnia.

Uudessa Meksikon osavaltiossa otettiin v. 1999 käyttöön maanalainen, maailman ensimmäinen pitkäikäisille ydinjätteille tarkoitettu loppusijoituslaitos. Laitos on tarkoitettu USA:n ydinasetuotannossa kertyville matala- ja keskiaktiivisille ydinjätteille. Loppusijoitusluolastot sijaitsevat 650 m syvyydessä suolamuodostumassa