

# Käytetyn ydinpolttoaineen ja muun radioaktiivisen jätteen huolto Suomessa - Euroopan unionin neuvoston direktiivin 2011/70/Euratom 12 artiklan mukainen kansallinen ohjelma

---

Esipuhe .....	4
Johdanto .....	5
1 Ydinjätteen ja muun radioaktiivisen jätteen huollon toimintapolitiikan yleiset tavoitteet .....	6
Ydinjätteen suora loppusijoitus.....	6
Vastuu ydinjätteiden tuottajilla.....	6
Ydinjätehuolto suunnitelmallista .....	6
Yhteiskunnan kokonaisuus .....	7
Päätöksenteon vaiheittaisuus .....	7
Jätteiden määrän minimointi .....	8
Palautettavuus.....	8
Muu radioaktiivinen jäte .....	8
Kansainväliset suositukset.....	9
2 Merkittävät virstanpylväät ja aikataulut .....	10
Matala- ja keskiaktiivinen ydinjäte.....	10
Käytetty ydinpolttoaine.....	10
Muu radioaktiivinen jäte .....	12
3 Käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen määrät sekä arviot tulevista määristä .....	14
Ydinjäte.....	14
Muu radioaktiivinen jäte .....	15
4 Konseptit ja suunnitelmat sekä tekniset ratkaisut .....	16
Matala- ja keskiaktiivinen voimalaitosjäte .....	16
Käytetty ydinpolttoaine.....	17
Käytöstäpoistosta kertyvä purkujäte.....	19
Muu radioaktiivinen jäte .....	20
5 Konseptit ja suunnitelmat loppusijoituslaitoksen sulkemisen jälkeiselle ajalle .....	21
6 Toteuttamiseksi tarvittavat tutkimus-, kehittämis- ja havainnollistamistoimet .....	22
Jätehuoltovelvollisten toimet.....	22
Valtion toimet.....	22
Kansainvälinen yhteistyö.....	22
Osaaminen ja infrastruktuuri.....	23
7 Kansallisen ohjelman toteuttamista koskeva vastuu ja tärkeimmät suorituskykyindikaattorit .....	25
8 Kustannusarviot.....	26
9 Voimassa olevat rahoitusjärjestelyt .....	27

10 Avoimuusmenettelyt .....	29
11 Käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huoltoa koskevia sopimuksia .....	30
Ydinvoimalaitokset ja tutkimusreaktori .....	31

## Esipuhe

Hyvin järjestetty, turvallinen ja toimiva ydinjätehuolto kuuluu osaksi ydinvoiman käyttöä energialähteenä ja säteilylähteiden käyttöä terveydenhuollossa, teollisuudessa ja tutkimuksessa. Tässä julkaisussa annetaan yleiskuva Suomen ydinjätehuollosta ja radioaktiivisten jätteiden huollosta ja sekä käsitellään kansallisen strategian muodostamista, noudatettavia periaatteita ja yhteiskunnallista sääntelyä.

Tässä julkaisussa on otettu huomioon Euroopan unionin neuvoston direktiivi (2011/70/Euratom ns. ydinjätehuoltodirektiivi) käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen vastuullista ja turvallista huoltoa varten. Tässä julkaisussa toimitetaan komissiolle tiedot Suomen käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisten jätteiden huollon ohjelmasta.

Lukujen otsikot vastaavat edellä mainitun direktiivin 12 artiklan alakohtien a-k sisältöä. Luvussa 1 käsitellään käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huoltoa koskevaa toimintapolitiikkaa (12 art. 1. a). Luvussa 2 käsitellään merkittäviä virstanpylväitä ja aikatauluja (12 art.1. b). Luvussa 3 käsitellään jäteinventariota ja arvioita tulevista jätteiden määristä (12 art. 1. c). Luvussa 4 käsitellään konseptia, suunnitelmia ja teknisiä ratkaisuja (12 art. 1. d). Luvussa 5 käsitellään loppusijoituslaitoksen sulkemisen jälkeistä konseptia (12. art. 1. e). Luvussa 6 käsitellään käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huoltoratkaisujen toteuttamiseksi tarvittavia tutkimus-, kehittämis- ja havainnollistamistoimia (12 art. 1. f). Luvussa 7 käsitellään kansallisen ohjelman toteuttamista koskevia vastuita ja tärkeimpiä suorituskykyindikaattoreita (12 art. 1. g). Luvussa 8 käsitellään kustannusarvioita (12 art. 1. h). Luvussa 9 käsitellään voimassa olevia rahoitusjärjestelyjä (12 art. 1. i). Luvussa 10 käsitellään avoimuusmenettelyjä (12 art. 1. j). Luvussa 11 käsitellään merkittävät sopimukset (12 art. 1. k).

Tämän julkaisun on koontanut työ- ja elinkeinoministeriö. Valmisteluun kutsuttiin Säteilyturvakeskus, sosiaali- ja terveysministeriö, ympäristöministeriö, Fennovoima Oy, Fortum Power and Heat Oy, Posiva Oy, Suomen Nukliditeknikka Oy, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Teollisuuden Voima Oyj.

Työ- ja elinkeinoministeriö huolehtii kansallisen ohjelman merkittävien muutosten ilmoittamisesta ja joka kolmas vuosi toimitettavan kansallisen kertomuksen lähettämisestä komissiolle. Työ- ja elinkeinoministeriö huolehtii Euroopan unionin neuvoston direktiivin (2011/70/Euratom, ns. ydinjätehuoltodirektiivi) edellyttämien arviointien järjestämisestä. Säteilyturvakeskus huolehtii ydinjätehuoltoa koskevan toimintansa itsearvioinnista.

Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiaosasto  
Heinäkuu 2015

## Johdanto

Suomen ensimmäiset ydinvoimalaitokset otettiin käyttöön 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa ja nykyiset neljä yksikköä ovat tuottaneet Suomen vuosittaisesta sähköstä merkittävän osan. Viidennen ydinvoimalaitosyksikön rakentaminen käynnistyi 2000-luvun alkupuolella. Sen lisäksi on Suomen ydinvoimatuotantokapasiteettiin suunnitteilla uusia laitosisyksiköitä ja onkin ilmeistä, että ydinvoiman rooli sähköntuotannossa säilyy myös tulevaisuudessa merkittävänä.

Ydinjätehuollon suunnittelu ja toimenpiteisiin varautuminen käynnistettiin Suomessa 1970-luvulla ydinvoimalaitosten hankinta- ja rakentamisvaiheessa. Vuoden 1983 päätöksessään valtioneuvosto esitti ydinjätehuollon periaatteellisen ohjelman aikataulutavoitteineen. Niihin perustuen Olkiluodon ja Loviisan matala- ja keskiaktiivisten voimalaitosjätteiden loppusijoitustilat otettiin käyttöön 1990-luvulla. Vuonna 2000 valtioneuvosto myönsi periaatepäätöksen Suomessa Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimalaitoksilla syntyneen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamiselle. Kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemus jätettiin valtioneuvostolle vuonna 2012.

Nykysuunnitelmien valossa on ilmeistä, että ydinjätteistä huolehtiminen jatkuu pitkälle tulevaisuuteen, tarvittaessa ensi vuosisadalle riippuen ydinvoimalaitosten käyttöä koskevista päätöksistä.

Säteilylähteitä on käytetty Suomessa lääketieteessä jo viime vuosisadan alkupuolelta lähtien. Säteilyn käyttö teollisuudessa ja tutkimuksessa on lisääntynyt voimakkaasti 1970-luvulta alkaen. Vaikka uusien säteilyn käyttösovellusten kehityksessä painopiste on siirtymässä sähköisesti säteilyä tuottaviin laitteisiin, on kuitenkin olemassa runsaasti vakiintuneita radioaktiivisten aineiden ja niitä sisältävien lähteiden käyttötapoja, joita ei voida muilla teknologioilla korvata. Siten radioaktiivisten aineiden käyttö sekä tarve huolehtia käytetyistä säteilylähteistä jatkuvat pitkälle tulevaisuuteen.

Euroopan unionin neuvoston direktiivin (2011/70/Euratom, ns. ydinjätehuoltodirektiivi) tarkoittama ydinjätehuollon kansallinen ohjelma on Suomessa alun perin valmisteltu 1970- ja 1980-luvuilla. Kansallisen ohjelman sisältö määritellään pääsääntöisesti ydinennergialaissa, ydinennergia-asetuksessa ja säteilylaissa sekä niiden nojalla annetuissa valtioneuvoston asetuksissa, päätöksissä tai ohjeissa. Osa kansalliseen ohjelmaan kuuluvista asioista määritellään myös muussa lainsäädännössä.

Euroopan unionin neuvoston direktiivin (2011/70/Euratom, ns. ydinjätehuoltodirektiivi) tarkoittama kansallinen ohjelma ei luo puitteita hankkeiden lupa- tai hyväksymispäätöksille. Se ei esimerkiksi sisällä kriteerejä tai reunaehtoja, jotka olisi otettava huomioon hankkeiden lupa- tai hyväksymisharkinnassa. Siten tämä ydinjätehuoltodirektiivin täyttämiseksi tehty kansallinen ohjelma ei edellytä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin (2001/42/EY, ns. SOVA-direktiivi) mukaista ympäristöarviointia. Hankkeiden lupa- tai hyväksymisharkinnassa huomioon otettavat kriteerit ja reunaehdot sisältyvät ydinennergialakiin ja sen nojalla annettuihin asetuksiin ja päätöksiin.

## 1 Ydinjätteen ja muun radioaktiivisen jätteen huollon toimintapolitiikan yleiset tavoitteet

### Ydinjätteen suora loppusijoitus

Valtioneuvosto teki päätöksen ydinjätehuollon järjestämisen periaatteista jo ydinvoiman käytön alkuvaiheessa vuonna 1978. Matala- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen huollon osalta varauduttiin toimenpiteisiin kotimaassa, koska tätä pidettiin helpompana toteuttaa. Käytetyn polttoaineen huollon ensisijaisena vaihtoehtona taas pidettiin sen vientiä ulkomaille pysyvästi tai jälleenkäsiteltäväksi.

Vuonna 1994 ydinenergialakiin tehtiin merkittävä muutos. Ydinjätteet, jotka ovat syntyneet Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen. Vastaavasti myöskään ydinjätteitä, jotka ovat syntyneet muualla kuin Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, ei saa käsitellä, varastoida tai sijoittaa pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen. Periaate ei koske Suomessa käytetyn tutkimusreaktorin käytön yhteydessä tai seurauksena syntyneitä ydinjätteitä. Vuonna 2008 ydinenergialakia muutettiin lisäksi siten, että ydinjätteiden vähäinen määrä voidaan toimittaa ulkomaille tutkimustarkoituksiin tai käsiteltäväksi tarkoituksenmukaisella tavalla.

Suomessa käytetystä ydinpolttoaineesta huolehtiminen perustuu kertakäyttöön. Kertakäyttö eli avoin polttoainekierto tarkoittaa sitä, että käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan sellaisenaan syväälle kallioperään kestäviin kapselisiin suljettuna.

### Vastuu ydinjätteiden tuottajilla

Valtioneuvoston vuonna 1978 tekemän päätöksen mukaan jokaisella ydinjätteen tuottajalla eli käytännössä voimayhtiöllä on huolenpito- ja kustannusvastuu käytetystä ydinpolttoaineesta ja muusta tuotannon yhteydessä syntyneestä radioaktiivisesta jätteestä. Huolenpitoon kuuluvat jätteiden käsittely, varastointi ja loppusijoitus sekä ydinlaitosten käytöstäpoisto.

Sittemmin vuodesta 1988 lähtien vastuu on määrätty ydinenergialaissa (990/1987). Ydinenergialakiin sisällytettiin jo käytössä olleet ydinjätehuollon vastuut ja velvoitteet sekä määrättiin, että voimayhtiön on vastattava ydinjätehuollon kustannuksista. Kun tällainen jätehuoltovelvollinen on hyväksytysti sulkenut loppusijoitustilat ja suorittanut valtiolle maksun ydinjätteiden tulevasta tarkkailusta ja valvonnasta, siirtyvät jätteiden omistusoikeus ja vastuu jätteistä valtiolle. Loppusijoitus on kokonaisuudessaan toteutettava siten, ettei jälkivalvontaa tarvita turvallisuuden takaamiseksi.

Suomessa ydinjätehuolto kattaa reaktoreiden käytöstä syntyneiden matala- ja keskiaktiivisten voimalaitosjätteiden, käytetyn ydinpolttoaineen sekä laitosten käytöstäpoiston edellyttämät käsittely-, varastointi-, kuljetus- ja loppusijoitustoimenpiteet.

### Ydinjätehuolto suunnitelmallista

Vuonna 1983 valtioneuvosto teki periaatepäätöksen käytössä olleiden ydinvoimalaitosyksiköiden ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyön tavoitteista ja aikatauluista. Tarkoituksena oli hankkia riittävä valmius ydinjätehuollon toteuttamiseksi oikea-aikaisesti ja turvallisuusvaatimukset täyttävällä tavalla. Päätökseen vaikuttivat kansainvälinen tilanne ydinjätehuollossa ja alan näkymät. Kaupalliset jälleenkäsittelypalvelut eivät vaikuttaneet lisääntyvän eikä palveluiden kustannustaso laskevan.

Lisäksi useat maat ryhtyivät vähitellen valmistautumaan käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen sopivaan geologiseen muodostumaan rajojensa sisäpuolella.

Edellä mainitussa periaatepäätöksessä esitettiin kaksi käytetyn ydinpolttoaineen huollon perusvaihtoehtoa. Ensimmäisenä vaihtoehtona olivat kansainväliset, keskitetyt loppusijoitusratkaisut ja sellaiset sopimusjärjestelyt, joilla jälleenkäsittelyjätteet tai käytetty ydinpolttoaine sellaisenaan olisi voitu sijoittaa peruuttamattomasti ulkomaille. Toisena vaihtoehtona voimayhtiöiden oli varauduttava Suomessa tapahtuvaan, turvallisuus- ja ympäristönsuojeluvaatimukset täyttävään loppusijoittamiseen noin vuodesta 2020 lähtien. Sitä ennen oli selvitettävä ja valittava sijoituspaikka vuoden 2000 loppuun mennessä ja varauduttava esittämään loppusijoitustiloista ja kapselointilaitoksesta rakentamislupaa varten tarvittavat suunnitelmat. Rakentamista koskevien suunnitelmien laatimisen aikataulu täsmennettiin vuonna 2003 siten, että kyseiset suunnitelmat tuli esittää vuoden 2012 loppuun mennessä.

Voimalaitosjätteiden huollon suunnittelun lähtökohdaksi asetettiin, että nämä jätteet varauduttiin käsittelemään, varastoitamaan ja loppusijoittamaan Suomessa ja että loppusijoitustilat voitiin ottaa tarvittaessa käyttöön vuoden 1992 loppuun mennessä. Myös ydinvoimalaitosten purkamisesta tuleva ydinjäte oli varauduttava sijoittamaan loppusijoitustiloihin.

## **Yhteiskunnan kokonaisuus**

Lainsäädäntöä uudistettiin 1980-luvulla ja uusi ydinenergialaki korvasi vuonna 1988 vanhan atomienergialain. Ydinenergialain tarkoituksena on pitää ydinenergian käyttö yhteiskunnan kokonaisedun mukaisena. Erityisesti lain tarkoituksena on varmistaa, että ydinenergian käyttö on ihmisen ja ympäristön kannalta turvallista eikä edistä ydinaseiden leviämistä.

## **Päätöksenteon vaihteellisuus**

Ydinenergialakiin sisällytettiin myös ydinlaitosten luvitus. Lupamenettely koskee useita hallinnonaloja, joten päätöksen tekemistä valtioneuvostossa pidettiin perusteltuna. Lupamenettelystä vastaavana viranomaisena toimii nykyisin työ- ja elinkeinoministeriö, joka huolehtii päätöksen valmistelusta valtioneuvostolle.

Ydinenergialakiin sisällytettiin yleiseltä merkitykseltään huomattavien ydinlaitosten periaatepäätösmenettely, joka edeltää rakentamista ja käyttöä koskevia lupamenettelyjä. Periaatepäätös on poliittinen päätös korkealla tasolla hankkeen suunnittelun mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Päätöksen hakija ei ennen sen käsittelyä eduskunnassa saa ryhtyä sellaisiin toimenpiteisiin, jotka saattavat vaikeuttaa valtioneuvoston ja eduskunnan mahdollisuuksia ratkaista asia vapaan harkintansa mukaan.

Periaatepäätöksen tekee valtioneuvosto. Ennen valtioneuvoston käsittelyä hankkeelle on oltava ydinlaitoksen sijaintikunnan myönteinen kanta ja turvallisuusviranomaisen puoltava kanta. Valtioneuvoston myönteinen periaatepäätös on välttämätöntä eduskunnan vahvistettavaksi.

Ydinjätteiden tuottaminen, käsittely, kuljettaminen, varastointi ja loppusijoitus edellyttävät ydinenergialain mukaisia lupia. Päätöksenteon ja lupajärjestelmän periaatteena on muun muassa se, että turvallisuuden arviointi on jatkuvaa ja arvioita täsmennetään hankkeiden edistyessä.

Lisäksi ydinjätelaitoksen toteuttaminen tarvitsee useita muita lupia kuten kunnan myöntämän rakennusluvan ja vesilain mukaiset luvat. Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksia varten tarvitaan muun muassa vaarallisten aineiden kuljetuksia säätelevän lainsäädännön mukaiset luvat.

### Jätteiden määrän minimointi

Ydinenergia- ja säteilylakeja muutettiin vuonna 2013 ottamalla huomioon ydinjätehuoltodirektiivin (2011/70/Euratom) vaatimukset. Niihin lisättiin jätehuollon yhdeksi johtavaksi periaatteeksi jätteiden määrän pitäminen niin pienenä kuin on kohtuudella käytännössä mahdollista. Periaate tarkoittaa, että ydinlaitoksen suunnittelussa ja käytössä pyritään asettamaan etusijalle ratkaisut, joilla laitoksen elinkaaren eri vaiheissa syntyvän jätteen määrä jää niin pieneksi kuin kohtuudella on käytännössä mahdollista. Lisäksi syntyneen jätteen määrää vähennetään mahdollisuuksien mukaan kierrätyksellä ja uusiokäytöllä. Periaate ei muuta käytetyn ydinpolttoaineen jätehuoltoa, joka toimeenpannaan loppusijoittamalla korkea-aktiivinen käytetty ydinpolttoaine suunnitellun mukaisesti peruskallioon asianmukaisesti kapselointiin sekä muihin teknisiin ja luonnollisiin vapautumisesteisiin perustuen.

### Palautettavuus

Loppusijoituksen tarkoitus on eristää käytetty ydinpolttoaine elollisesta luonnosta eikä tilojen avattavuutta ole tarkoituksenmukaista helpottaa. Toisaalta käytetyn ydinpolttoaineen palauttaminen loppusijoitustiloista on tarvittaessa mahdollista kaikissa loppusijoituksen vaiheissa. Pitkäaikaisturvallisuus ei kuitenkaan saa heikentyä avattavuuden ja palautettavuuden seurauksena.

Loppusijoituksen tarkoituksena on käsitellä käytetty ydinpolttoaine niin, että siitä ei tulevaisuudessa aiheudu haittaa eikä huolehtimisvelvollisuutta. Viime kädessä tämä tarkoittaa sitä, ettei jälkipolvien tarvitsisi välttämättä tietää loppusijoitustilojen olemassaolosta ja sijainnista. Syvälle kallioperään sijoittamisen etuna ja vaatimuksenakin on, että väärinkäytön estämiseksi kapseleita ei helposti saada palautetuksi ja että loppusijoitustilaan ei tulevaisuudessa vahingossa tunkeuduta. Toisaalta palautettavuuden vaatimus edellyttää tiedon säilyttämistä jälkipolville siitä, missä ja miten kapselit ovat varastoituina.

### Muu radioaktiivinen jäte

Säteilylaissa (592/1991) säädetään keskeiset periaatteet, joiden mukaisesti säteilyn käytöstä ja muusta säteilytoiminnasta syntyvistä radioaktiivisista jätteistä huolehditaan.

Johtava periaate on, että säteilyn käytössä ja muussa säteilytoiminnassa syntyvän radioaktiivisen jätteen määrä pidetään niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista vaarantamatta kuitenkaan säteilysuojelun yleisten periaatteiden (oikeutus, optimointi, yksilönsuoja) toteutumista.

Toiminnan harjoittaja on velvollinen huolehtimaan toiminnassa syntyvien radioaktiivisten jätteiden vaarattomaksi tekemisestä. Vastaava velvollisuus huolehtia radioaktiivisista jätteistä koskee myös kaivos- ja malminrikastustoimintaa ja muuta toimintaa, jossa hyödynnetään luonnonvaroja, jotka sisältävät radioaktiivisia aineita.

Jos toiminnan harjoittaja ei täytä huolehtimisvelvoitteitaan radioaktiivisten jätteiden osalta, valtiolla on toissijainen velvollisuus tehdä radioaktiiviset jätteet vaarattomiksi. Tällöin toiminnan harjoittaja on velvollinen korvaamaan valtiolle koituneet kustannukset. Valtiolla on myös velvoite huolehtia



radioaktiivisesta jätteestä, jonka alkuperää ei tiedetä tai josta vastuussa olevaa toiminnan harjoittajaa ei löydy.

Turvallisuusluvan haltijan on asetettava taloudellinen vakuus, jos toiminnasta syntyvien radioaktiivisten jätteiden vaarattomaksi tekemisestä aiheutuvat kustannukset arvioidaan huomattaviksi.

Toiminnan harjoittajan vastuu käytetystä säteilylähteestä lakkaa, kun lähde on palautettu säteilylähteen toimittajalle, säteilylähde on luovutettu ns. tunnustetulle laitokselle toimitettavaksi valtion pitkäaikaisvarastoon Olkiluodossa tai säteilylähde on luovutettu toiselle toiminnan harjoittajalle, jolla on turvallisuuslupa kyseisen säteilylähteen käyttöön.

Käytöstä poistettua säteilylähdettä, joka on valmistettu muualla kuin Suomessa ei saa tuoda Suomeen radioaktiivisena jätteenä.

Kaivos- ja malminrikastustoiminnassa ja muussa vastaavassa luonnonvaroja hyödyntävässä toiminnassa syntyvät jätemäärät voivat olla hyvin suuria, jolloin käytännössä jätteet on sijoitettava paikan päälle. Tällöin esimerkiksi läjitysten tekniset ratkaisut on suunniteltava ja toteutettava tapauskohtaisesti siten, että radioaktiivisten aineiden kulkeutuminen ympäristöön on tehokkaasti estetty.

### **Kansainväliset suositukset**

Suomessa noudatetaan ydin- ja säteilyturvallisuuden kansainvälisiä suosituksia. Ydin- ja säteilyturvallisuutta koskevat vaatimukset ja toimenpiteet mitoitetaan ja kohdennetaan ydinenergian ja säteilyn käytön riskien mukaan (graded approach) ottaen huomioon normaali toiminta ja mahdolliset häiriöt sekä onnettomuudet.

Ydinturvallisuusvaatimukset perustuvat muun muassa kansainvälisen atomienergiajärjestön (International Atomic Energy Agency, IAEA) ja Länsi-Euroopan ydinturvallisuusviranomaisten (Western European Nuclear Regulators' Association, WENRA) suosituksiin.

Säteilyturvallisuusvaatimukset perustuvat EU:n säteilysuojeludirektiiveihin sekä IAEA:n suosituksiin. Niissä on huomioitu kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan (International Commission on Radiological Protection, ICRP) antamat säteilysuojelun periaatteet.

## 2 Merkittävät virstanpylväät ja aikataulut

### Matala- ja keskiaktiivinen ydinjäte

Ydinvoimalaitosten käynnistysvaiheessa 1970-luvun lopussa otettiin lähtökohdaksi, että ydinvoimalaitosten matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoituslaitokset rakennetaan ydinvoimalaitosalueiden kallioperään. Voimayhtiöt tekivät päätökset erillisten voimalaitosjätteen loppusijoitustilojen rakentamisesta. Sijoituspaikkatutkimukset tehtiin 1980-luvulla. Voimalaitosjätteen loppusijoitustilat otettiin käyttöön Eurajoen Olkiluodossa ja Loviisan Hästholmenilla 1990-luvulla.

Olkiluodon laitossyksiköiden OL1, OL2 ja OL3 tulevasta käytöstäpoistosta aiheutuva matala- ja keskiaktiivinen jäte on tarkoitus sijoittaa Olkiluodon voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitokseen (VLJ-luola) 2070- ja 2080-lukujen aikana. Olkiluodon käytetyn polttoaineen välivaraston (KPA-varasto) käytöstäpoisto ja siitä aiheutuvan jätteen loppusijoitus ajoittuu 2100-luvun alkuun.

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoiston luvitus alkaa nykyisen suunnitelman mukaan 2020-luvun alussa käytöstäpoiston ja loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutusten arvioinnilla sekä loppusijoitustilan laajennuksen vaatimien lupahakemusten teolla. Käytöstäpoiston valmisteluvaihe alkaa laitoksen tehokäytön päätyttyä 2027 ja kestää kummallakin laitossyksiköllä noin 3 vuotta, mitä seuraa varsinainen purkuvaihe. Käytetyn polttoaineen varasto, kiinteytyslaitos ja nestemäisten jätteiden varasto on nykyisten suunnitelmien mukaan tarkoitus poistaa käytöstä 2060-luvulla sen jälkeen, kun kaikki käytetty polttoaine on viety Olkiluotoon loppusijoitettavaksi. Loviisan laitossyksiköiden LO1 ja LO2 käytöstäpoistosta aiheutuva matala- ja keskiaktiivinen jäte on tarkoitus sijoittaa Loviisan voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitokseen.

Fennovoima Oy rakentaa Pyhäjoen Hanhikivenniemen kallioperään loppusijoitustilan matala- ja keskiaktiivisille jätteille. Tämänhetkisten suunnitelmien mukaan voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitoksen rakentaminen alkaa noin vuonna 2030 ja käyttö aikaisintaan 2035. Tämän lisäksi Fennovoiman suunnitelmissa on maan pintaan rakennettavan loppusijoitustilan rakentaminen erittäin matala-aktiivisille jätteille. Sen käyttö aloitetaan noin kaksi vuotta voimalaitoksen käynnistymisen jälkeen noin vuonna 2026.

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy neuvottelee FIR 1 -tutkimusreaktorin käytöstäpoiston ydinjätehuollon järjestelyistä Suomen ydinvoimayhtiöiden kanssa, jolloin kysymykseen tulevat yhteistyö reaktorin purun, purkujätteen välivarastoinnin ja loppusijoituksen ratkaisuisissa. Vuonna 2016 on tavoitteena esittää valtioneuvostolle FIR 1 -tutkimusreaktorin käytöstäpoiston lupahakemus, jossa myös ydinjätehuollon järjestelyt kuvataan. VTT:n kannalta olisi hyödyksi saada tarpeellinen käytöstäpoiston purkujätteen välivarastointi toteutetuksi ydinvoimalaitoksen alueella ja hallinnassa, mikä vaatii käsittelyä ja voimayhtiön hakemusta kyseisen laitoksen käyttöluvan muuttamiseksi. VTT selvittää myös purkujätteen välivarastointia tutkimuskeskuksen käytössä olevaan maanalaiseen tilaan Espoon Otaniemessä. Loppusijoitusta koskeva ratkaisu voidaan tehdä ja hakemus valmistella noin vuosien 2025 - 2030 välisenä aikana. Tätä ennen on suunniteltava eräiden purkujätteiden erillisratkaisu (alumiini, reaktorigrafiitti ja sädehoitoaseman Fluental).

### Käytetty ydinpolttoaine

Voimayhtiöt järjestivät käytetyn ydinpolttoaineen huollon 1990-luvun puoliväliin asti eri tavoin. Fortum Oyj (entinen Imatran Voima Oy) oli neuvotellut mahdollisuuden Loviisan laitoksilla kertyneen käytetyn ydinpolttoaineen palauttamiseen Neuvostoliittoon (vuodesta 1990 lähtien Venäjälle). Vuonna 1994 ydinenergialakia muutettiin siten, että Suomi kielsi ydinjätteiden tuonnin ja viennin. Tästä syystä Loviisan

laitosten käytettyä ydinpolttoainetta palautettiin ylimenokauden jälkeen Venäjälle viimeisen kerran vuonna 1996. Teollisuuden Voima Oyj (TVO) tutki 1970- ja 1980-luvulla mahdollisuutta viedä käytetty ydinpolttoaine ulkomaille pysyvästi. Tällaiset järjestelyt näyttivät olevan mahdottomia, sillä vähintäänkin jälleenkäsittelyssä syntynyt jäte olisi pitänyt palauttaa Suomeen. Samanaikaisesti TVO päätti rakentaa käytetyn ydinpolttoaineen välivaraston sellaisena, että sen kapasiteetti riittäisi turvaamaan vuoden 1983 valtioneuvoston periaatepäätöksessä esitetyn aikataulun mukaisen etenemisen ja varautumisen loppusijoitukseen kotimaassa.

Ydinenergiain muuttamisen seurauksena Fortum ja TVO ryhtyivät yhteistyöhön ja perustivat vuonna 1995 Posiva Oy:n hoitamaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta. Fortum ja TVO säilyivät ydinenergiain mukaisesti vastuullisina ydinjätehuoltovelvollisina omasta käytetystä polttoaineestaan. Posiva huolehtii omistajiensa puolesta loppusijoituksesta.

Ydinlaitoksen lupamenettelyjä edeltää ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA-menettely). Loppusijoitus- ja kapselointilaitoksen rakentamisen ja käytön ympäristövaikutukset arvioitiin vuonna 1999. Loppusijoitustilojen laajentamisen ympäristövaikutusten arviointimenettely toteutettiin vuosina 2008–2009.

Käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitos ovat ydinenergiailaissa tarkoitettuja yleisellä merkitykseltään huomattavia ydinlaitoksia. Ydinlaitoksen rakentaminen edellyttää valtioneuvoston hankekohtaista periaatepäätöstä siitä, että ydinlaitoksen rakentaminen on yhteiskunnan kokonaisedun mukaista. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta koskevat periaatepäätökset tehtiin valtioneuvostossa 21.12.2000 ja 17.1.2002. Vuonna 2000 tehty periaatepäätös loppusijoituslaitoksen rakentamisesta koskee Suomen neljän käytössä olevan ydinvoimalaitosyksikön toiminnassa syntyvää käytettyä ydinpolttoainetta, jonka määrä kokonaisuudessaan on enintään noin 4000 tonnia. Vuonna 2002 tehty periaatepäätös loppusijoituslaitoksen rakentamisesta laajennettuna koskee Olkiluoto 3 –laitosyksikön käytettyä ydinpolttoainetta, mikä tarkoittaa enintään 2 500 tonnia uraania.

Valtioneuvoston periaatepäätöstä seuraa rakentamis- ja käyttölupavaihe. Kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentaminen edellyttävät valtioneuvoston myöntämää rakentamislupaa. Rakentamisluvan myöntämisen edellytyksenä on muun muassa, että ydinlaitosta koskevat suunnitelmat ovat turvallisuuden kannalta riittäviä ja että työsuojelu, väestön turvallisuus ja ympäristönsuojelu on asianmukaisesti otettu huomioon toiminnan suunnittelussa ja että sijoituspaikka on suunnitellun toiminnan kannalta tarkoituksenmukainen. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitushankkeelle on haettu rakentamislupaa vuonna 2012.

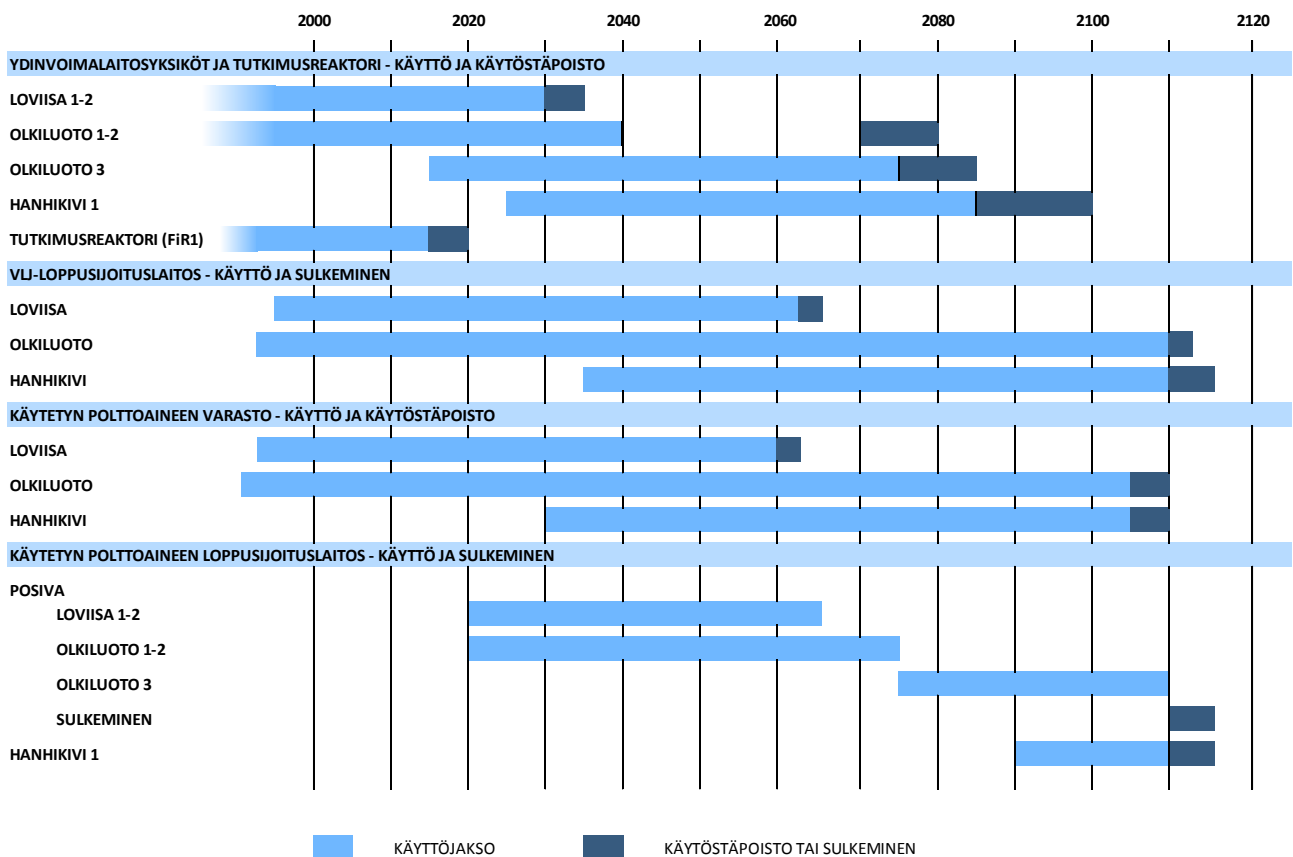
Ydinlaitoksen käyttäminen edellyttää valtioneuvoston myöntämää käyttölupaa. Käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen käyttöluvan käsittely on ajankohtainen noin vuonna 2020.

Fennovoiman käytetty polttoaine on tarkoitus loppusijoittaa Suomen kallioperään KBS-3-menetelmää käyttäen. Vuoden 2010 periaatepäätöksen ehdon mukaisesti Fennovoiman on esitettävä kesäkuun 2016 loppuun mennessä joko sopimus käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta koskevasta yhteistyöstä Posivan ja sen omistajien kanssa tai käynnistettävä omaa loppusijoituspaikkaa koskeva YVA-menettely. Fennovoiman arvion mukaan sen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus alkaa noin 2090-luvulla.

VTT:n FIR 1 -tutkimusreaktorin käytetty ydinpolttoaine on tarkoitus palauttaa Yhdysvaltoihin Idahossa olevan tutkimuskeskuksen haltuun, mikä edellyttää VTT:n ja Yhdysvaltojen energiaministeriön (United States Department of Energy, U.S. DoE) välistä sopimusta (DOE/EIS 0218F). Tutkimusreaktorin ydinpolttoaine on hankittu alun perin Yhdysvalloista tutkimusreaktorin hankinnan yhteydessä. Tutkimusreaktori on sammutettu lopullisesti 30.6.2015 ja palautusohjelman mukainen takaraja palautukselle on toukokuussa 2019.

VTT:llä ja Posivalla on periaatesopimus, jonka mukaan VTT ilmoittaa viiden vuoden kuluessa reaktorin lopullisesta sammutuksesta tarpeesta ryhtyä valmistelemaan yhteistyössä kotimaista loppusijoitusratkaisua. Tämä edellyttää teknisen hankesuunnittelun lisäksi myös ydinenergialain mukaista hakemusten valmistelua ja käsittelyä alkaen periaatepäätöksestä, jossa edellytyksenä on myös sijaintipaikkakunnan hyväksyntä.

Ydinjätteen ja muun radioaktiivisen jätteen huollon kokonaisaikataulu esitetään seuraavassa kuvassa.



Kuva. Kokonaisaikataulu (lähde STUK).

## Muu radioaktiivinen jäte

Ennen vuotta 2010 Säteilyturvakeskus vastaanotti säteilyn käyttäjiltä käytettyjä radioaktiivista ainetta sisältäviä säteilylähteitä. Vastaanotettuja säteilylähteitä säilytettiin aluksi varastoituna Puolustusvoimien alueella Helsingissä, kunnes vuonna 1996 valtio vuokrasi pienjätteitä varten varastopaikan Olkiluodon voimalaitosjätteen loppusijoituslaitoksesta.

Vuonna 2005 säteilylakiin lisättiin ns. tunnustetun laitoksen rooli radioaktiivisten jätteiden huollossa. Lisäyksellä varmistetaan säteilylähteiden jätehuollon toimivuus kaikissa olosuhteissa. Kuitenkin tavoitteena oli etsiä mahdollisia muita ratkaisuja lähteiden vastaanoton järjestämiseksi siten, että viranomaisena toimiva Säteilyturvakeskus (STUK) ei olisi osallinen luvanhaltijoille tarjottavassa maksullisessa jätehuollossa. Vuonna 2010 STUK lopettikin pienjätteiden vastaanottotoiminnan, kun tätä toimintaa ryhtyi hoitamaan yksityinen yritys Suomen Nukliditeknikka Oy.

Vuonna 2012 päivitettyjen Olkiluodon voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitoksen lupaehtojen mukaisesti suurin osa valtion vuokraamassa varastossa olevista pienjätteistä voidaan myös loppusijoittaa matala- ja keskiaktiivisena jätteenä Olkiluotoon TVO:n matala- ja keskiaktiivisen ydinjätteen loppusijoitustilaan. Kuitenkin joidenkin korkea-aktiivisten lähteiden osalta loppusijoitustapa on vielä ratkaisematta.

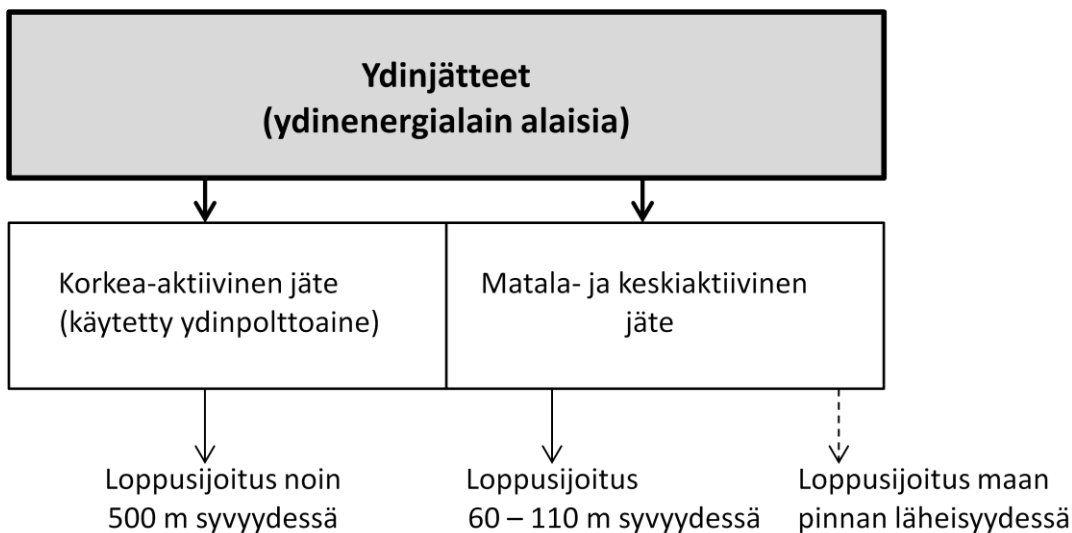
Vuoden 2006 alussa astuivat voimaan ns. HASS-direktiivin (direktiivi korkea-aktiivisten umpilähteiden valvonnasta) mukaiset vaatimukset, joilla pyritään varmistamaan, että lähteistä huolehditaan asianmukaisesti niiden käytön päättyessä. Turvallisuuslupaa myönnettäessä on esitettävä lähteen valmistajan sitoumus ottaa lähde takaisin käytön päättyessä. Lisäksi lähteille, joiden aktiivisuus ylittää satakertaisesti HASS-direktiivissä esitetyn aktiivisuustason, on esitettävä taloudellinen vakuus jätehuollon varmistamiseksi.

Vuonna 1992 voimaan tullut säteilylaki huomioi myös altistumisen luonnonsäteilylle, mikä antoi perustan luonnon radioaktiivisia aineita sisältävien jätteiden, esimerkiksi kaivosjätteiden, valvonnalle. Lain mukaan toiminnan harjoittajan on selvitettävä toiminnasta aiheutuva säteilyaltistus, jonka jälkeen Säteilyturvakeskus antaa tarvittavat määräykset altistuksen rajoittamiseksi. Toiminnan harjoittajan on myös huolehdittava siitä, että luonnon radioaktiivisia aineita sisältävistä jätteistä ei aiheudu terveydellistä tai ympäristöllistä haittaa toiminnan aikana tai sen päätyttyä.

### 3 Käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen määrät sekä arviot tulevasta määrästä

#### Ydinjäte

Ydinennergian käytöstä syntyvä radioaktiivinen jäte on ydinjätettä, joka Suomessa luokitellaan edelleen matala- ja keskiaktiiviseen jätteeseen sekä käytettyyn ydinpolttoaineeseen.



Kuva. Ydinjätteen luokittelu (lähde STUK).

Nykyisistä Olkiluodon (OL1 ja OL2) ja Loviisan (LO1 ja LO2) voimalaitosyksiköistä arvioidaan kertyvän käytettyä ydinpolttoainetta yhteensä noin 4 000 uraanitonnia (tU). Rakenteilla olevasta OL3-laitosyksiköstä arvioidaan kertyvän sen 60 vuoden käytön aikana käytettyä ydinpolttoainetta yhteensä noin 2 500 tU.

Suunnitteilla olevasta Fennovoiman ydinvoimalaitoksesta arvioidaan kertyvän 60 vuoden käytön aikana käytettyä ydinpolttoainetta yhteensä korkeintaan 1 800 tU.

VTT:n FIR 1 -tutkimusreaktorin käytetyn polttoaineen kokonaismassa on noin 340 kg, josta urania on noin 25 kg.

Ydinvoimalaitosten käytön aikana muodostuu matala- ja keskiaktiivista radioaktiivista jätettä, jotka luokitellaan ydinjätteiksi. Olkiluodon voimalaitoksella kertyy vuosittain noin 150–200 m<sup>3</sup> ja Loviisan voimalaitoksella noin 100–150 m<sup>3</sup> matala- ja keskiaktiivista jätettä. Olkiluodossa OL3-laitosyksikön käyttöönotto nostaa vuosittaisen jätemäärän noin 300 m<sup>3</sup> suuruiseksi.

Fennovoiman ydinvoimalaitokselta matala- ja keskiaktiivisia jätteitä arvioidaan kertyvän noin 90 m<sup>3</sup> vuodessa.

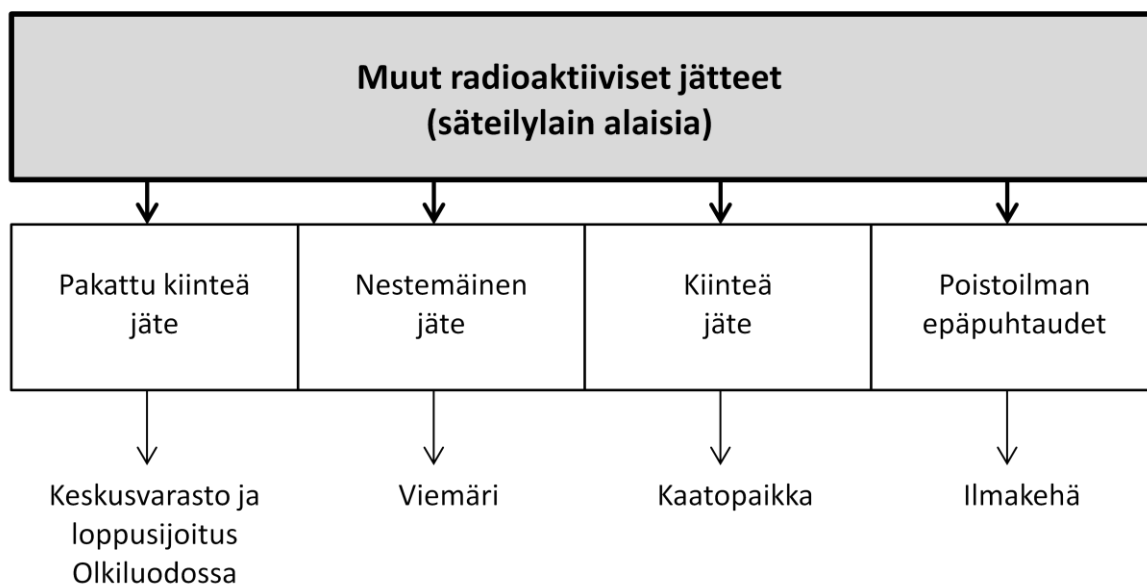
FIR 1 -tutkimusreaktorista on sen käytön aikana syntynyt hyvin pieni määrä (n. 600 kg) matala-aktiivista reaktoriveden puhdistushartsia. Reaktorin purusta syntyy myös arviolta 30 m<sup>3</sup> betonista, rakennemetallista ja reaktorigrafiitista peräisin olevaa ydinjätettä. Määrä tarkentuu reaktorin sammutuksen jälkeen tehtävissä karakterisointimittauksissa.

Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusvaiheessa nestemäisiä jätteitä arvioidaan syntyvän kapselointilaitoksen käytön aikana noin 4 m<sup>3</sup> vuodessa ja käytöstäpoiston aikana purkujätettä noin 100 m<sup>3</sup>. Kuivattuna ja pakattuna nestemäisten jätteiden määrä on yhteensä noin 3 m<sup>3</sup>. Käytönaikaista jätettä alkaa syntyä loppusijoituslaitoksen käyttötoiminnan alkaessa noin vuonna 2022 ja käytöstäpoistojätettä loppusijoituslaitoksen toiminnan loppuessa arviolta vuonna 2110. Käytöstäpoistovaiheen on arvioitu kestävän noin kuusi vuotta, jonka jälkeen loppusijoituslaitos suljetaan.

### Muu radioaktiivinen jäte

Vastaavasti muu radioaktiivinen jäte luokitellaan niiden hävittämisreittien mukaan. Käytetyt umpilähteet ja muu kiinteä radioaktiivinen jäte on palautettava toimittajalle tai luovutettava Suomen Nukliditekniikalle toimitettavaksi valtion pitkäaikaisvarastoon Olkiluodossa. Jäte voidaan päästää viemäriin, ilmaan tai toimittaa hävitettäväksi normaalina yhdyskuntajätteenä jätteenpolttolaitokseen tai kaatopaikalle vain kun säädöksissä asetetut kriteerit tai niistä johdetut aktiivisuustasot alittuvat.

Olkiluodon voimalaitosjätteen loppusijoitustilassa sijaitsevan valtion vuokraaman pienjätevaraston kapasiteetti on enintään 100 m<sup>3</sup>, josta vuoden 2013 lopussa 56 m<sup>3</sup> on käytetty. Kokonaisaktiivisuus vuoden 2013 lopussa oli noin 50 TBq pääasiallisimpien radionuklidien ollessa <sup>3</sup>H, <sup>137</sup>Cs, <sup>85</sup>Kr, <sup>241</sup>Am ja <sup>239</sup>Pu. Vuosittain uutta jätettä kertyy 1 – 3 m<sup>3</sup>.



Kuva. Muun radioaktiivisen jätteen luokittelu (lähde STUK).

Suomessa ei ole radioaktiivista jätettä, jonka omistaja tai jätehuoltovelvollinen ei olisi tiedossa (nk. historiallinen jäte). Pienimuotoisesta uraanin kaivos- ja rikastustoiminnan kokeista aiheutuneiden radioaktiivisten jätteiden huolto ja loppusijoitus on suoritettu vaatimusten mukaisesti ja STUKin valvonnassa.

## 4 Konseptit ja suunnitelmat sekä tekniset ratkaisut

### Matala- ja keskiaktiivinen voimalaitosjäte

Matala-aktiivisia voimalaitosjätteitä ovat esimerkiksi huolto- ja korjaustöiden yhteydessä kertyvät sekalaiset pakkaus-, teline-, suojaruste-, eriste- ja puhdistusmateriaalit. Sekä Olkiluodon että Loviisan voimalaitoksella matala-aktiivinen jäte pakataan terästynnyreihin. Osa jätteestä puristetaan kasaan, jolloin loppusijoituspakkauksiin saadaan mahtumaan enemmän jätettä kuin ilman tiivistystä. Olkiluodossa tynnyrit pakataan lisäksi betonisuojaan ennen loppusijoittamista. Matala-aktiiviset jätteet eivät vaadi säteilysuojaa.

Keskiaktiivisia voimalaitosjätteitä ovat mm. ydinvoimalaitosten prosessivesien puhdistukseen käytetyt ioninvaihtohartsit. Keskiaktiivinen jäte on märkää tai nestemäistä, joten se kiinteytetään ennen käsittelyä. Olkiluodossa kertyvä OL1- ja OL2-laitosyksiköiden keskiaktiivinen jäte kiinteytetään bitumiin terästynnyreissä. OL3-laitosyksiköllä keskiaktiivinen ioninvaihtohartsi kuivataan yhdessä matala-aktiivisten haihdutinkonsentraattien kanssa alipaineen avulla suoraan 200 litran tynnyriin. Kuivattua hartsijätettä sisältävät tynnyrit välivarastoidaan laitosalueella ennen loppusijoituskonseptin vahvistamista. Loviisassa kertyvä nestemäinen keskiaktiivinen jäte kiinteytetään betoniin. Keskiaktiivinen jäte vaatii käsiteltäessä säteilysuojan.

Olkiluodossa voimalaitosjätteitä varastoidaan väliaikaisesti voimalaitosyksiköillä, jäterakennusten varastoissa, matala-aktiivisen ja keskiaktiivisen jätteen välivarastoissa sekä käytetyn ydinpolttoaineen välivarastossa. Loviisassa voimalaitosjätteitä varastoidaan voimalaitoksella ja loppusijoitustilojen yhteyteen valmistuneessa välivarastossa.

Voimalaitosjätteiden loppusijoitus tapahtuu voimalaitosalueilla. Olkiluodon loppusijoituslaitos (VLJ-luola) otettiin käyttöön vuonna 1992. Se on rakennettu 60–100 metrin syvyydelle kallioperään ja se koostuu kahdesta erillisestä kalliosiihosta, joista toinen matala- ja toinen keskiaktiiviselle jätteelle, siilot yhdistävästä hallista ja aputiloista. Laitoksessa on myös valtion hallussa olevien, lähinnä sairaaloista ja teollisuudesta kertyneiden radioaktiivisten jätteiden välivarasto. VLJ-luolan tämän hetkinen kapasiteetti ei ole riittävä kaikkien Olkiluodon voimalaitosyksiköiden voimalaitosjätteiden sekä käytöstäpoistojätteiden loppusijoitukseen, joten tiloja on laajennettava. Olkiluodon VLJ-luolan laajennus tulee nykyisen arvion mukaan ajankohtaiseksi 2030-luvulla.

Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusvaiheen aikana syntyvät käytönaikaiset nestemäiset jätteet on suunniteltu tyhjiökuivattaviksi tynnyreihin tai vastaaviin pakkauksiin. Keskiaktiivista jätettä sisältävät tynnyrit sijoitetaan vielä erityiseen betoniseen jätepakkaukseen, jonka suunnittelukriteerinä on vähintään 500 vuoden toimintakyky. Nykyisen suunnitelman mukaan käyttö- ja käytöstäpoistojätteet sijoitetaan erilliseen halliin, joka sijoitetaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen ajotunnelin varteen noin 180 metrin syvyydelle.

Loviisan matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitos otettiin käyttöön vuonna 1998. Noin 110 metrin syvyydelle kallioperään rakennetut loppusijoitustilat koostuvat kahdesta huoltojätetilasta (HJT1 ja HJT2) ja kiinteytetyn jätteen loppusijoitustilasta (KJT). Lisäksi laitoksessa on huoltojätteen pitkäaikaista välivarastointia varten oma tilansa (HJT3). Loppusijoituslaitokselle on laadittu laajennussuunnitelma käytöstäpoistojätteen loppusijoitusta varten osana Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelmaa.



Olkiluodon VLJ-luolan käyttövaihe päättyy kaikkien Olkiluodon voimalaitoksen laitosyksiköiden käytöstäpoiston jälkeen. VLJ-luolan sulkemisen yhteydessä loppusijoitustiloihin asennetaan täyteaineita ja sulkemirakenteita, joiden tarkoituksena on hidastaa pohjaveden virtausta ja radioaktiivisten aineiden vapautumista. Lisäksi rakenteet on tarkoitettu estämään tahaton tunkeutuminen loppusijoitustiloihin laitoksen sulkemisen jälkeen. Lopullista sulkemissuunnitelmaa tarkennetaan lähempänä loppusijoitustilan sulkemisajankohtaa. VLJ-luolan sulkemisen jälkeen loppusijoituspaikkaa ei tarvitse säteilyturvallisuuksista valvoa.

Loviisan voimalaitosjätteen loppusijoitustila suljetaan nykyisten suunnitelmien mukaan käytöstäpoistojätteen loppusijoituksen jälkeen 2060-luvulla. Sulkuvaiheessa tilat täytetään osittain ja tunneleihin ja kuiluihin rakennetaan tarvittavat betoniset sulkurakenteet.

Fennovoima suunnittelee voimalaitosjätteiden varastoinnin ja loppusijoituksen toteuttamista voimalaitosalueella, jonka kallioperään rakennettaisiin matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitustilat. Lisäksi Fennovoima rakentaa pintaloppusijoitustilan hyvin matala-aktiiviselle jätteelle.

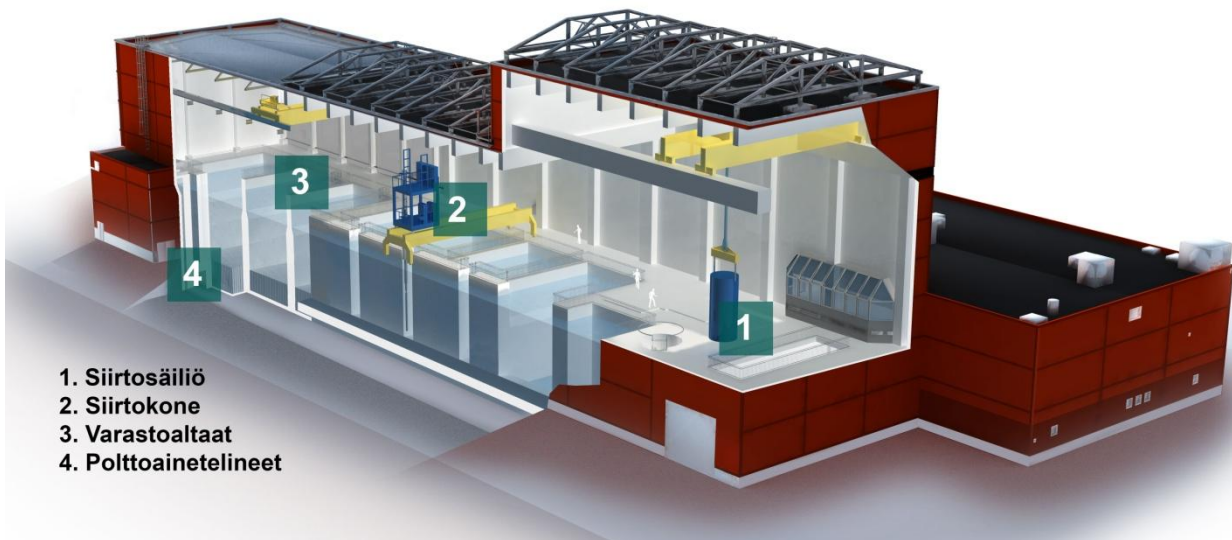
## Käytetty ydinpolttoaine

Loviisassa ja Olkiluodossa käytettyjä polttoainenippuja jäähdytetään muutaman vuoden ajan ydinvoimalaitosyksikön reaktorihallin tai polttoainerakennuksen vesialtaissa. Sieltä polttoaineniput siirretään kuljetussäiliössä voimalaitosalueella sijaitsevan käytetyn ydinpolttoaineen välivaraston (KPA-varasto) vesialtaisiin. KPA-varaston vesialtaissa polttoainenippuja jäähdytetään veden alla noin 40 vuotta. Tänä aikana käytetyn ydinpolttoaineen radioaktiivisuus ja lämmöntuotto vähenevät loppusijoituksen edellyttämälle tasolle.

Olkiluodon KPA-varaston laajennusprojekti aloitettiin vuonna 2009. Laajennuksen käyttöönottotarkastukset suoritettiin vuoden 2014 lopussa. Varastointikapasiteetin korottamislupahakemus toimitettiin STUKiin vuonna 2013 ja STUKin myönteinen päätös saatiin vuonna 2015. Korottamislupahakemus sisältää sekä OL1- ja OL2- että OL3-laitosyksikön tulevan tarpeen.

Loviisan KPA-varaston kapasiteettia on viime vuosina lisätty asentamalla alkuperäisten polttoainetelineiden tilalle tiheitä telineitä. Tiheitä telineitä asentamalla varaston kapasiteetti riittää laitoksen nykyisen käyttöään loppuun. Välivarastointia laitosalueella jatketaan niin kauan, kunnes kaikki käytetty ydinpolttoaine on kuljetettu Olkiluotoon loppusijoitettavaksi Posivan toimesta. Nykyisten suunnitelmien mukaan kaikki Loviisan voimalaitoksen käytetty ydinpolttoaine on loppusijoitettu 2060-luvulla.

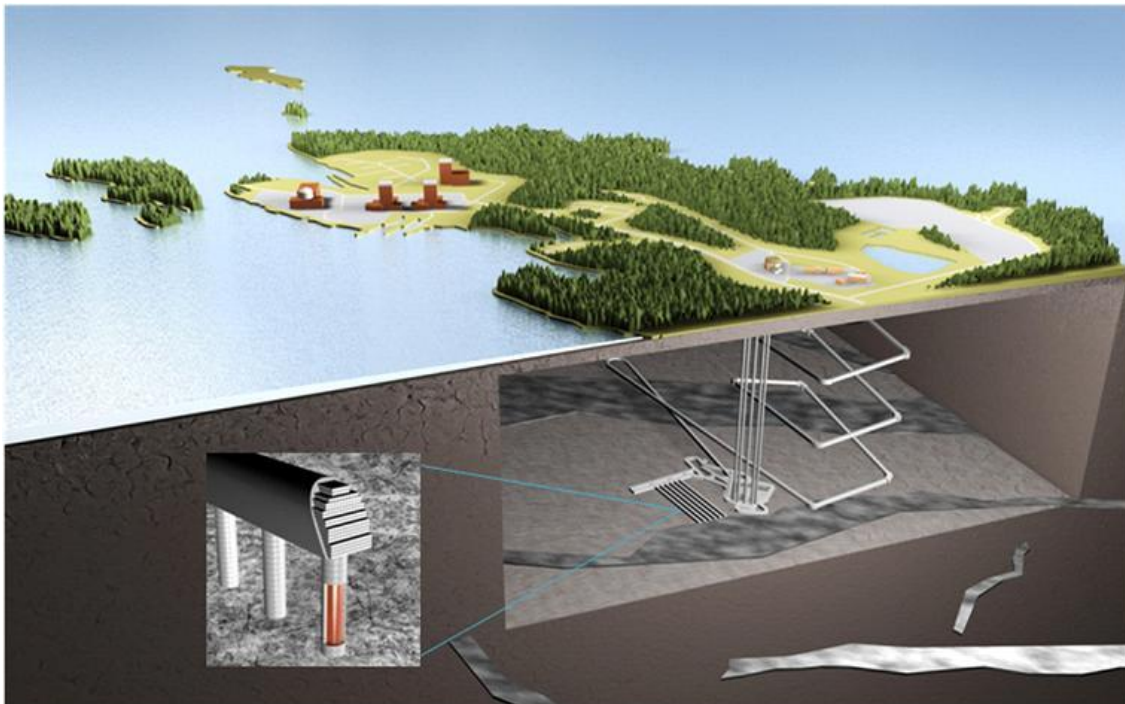
Myös Fennovoima suunnittelee rakentavansa käytetyn ydinpolttoaineen välivaraston laitospaikalleen. Välivarasto voi olla joko kuiva- tai vesiallasvälivarasto. Fennovoiman alustavien suunnitelmien mukaisesti käytettyä ydinpolttoainetta varastoidaan välivarastossa useita kymmeniä vuosia. Ensimmäisten reaktorista poistettujen polttoainenippujen välivarastointiaika on arviolta lähes 70 vuotta ennen loppusijoituksen aloitusta 2090-luvulla. Viimeiset polttoaineniput taas loppusijoitetaan niin pian kuin käytännöllisesti katsoen on mahdollista eli niiden välivarastointiaika jää huomattavasti lyhyemmäksi.



1. Siirtosäiliö
2. Siirtokone
3. Varastoaltaat
4. Polttoainetelineet

Kuva. Käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointi (lähde TVO).

Suomessa käytettäväksi suunnitellussa KBS-3-loppusijoituskonseptissa polttoaineniput suljetaan tiiviisiin metallisäiliöihin eli kapseluihin, jotka on valmistettu valurautaisesta sisäosasta ja sitä ympäröivästä kuparivaipasta. Lujan ja korroosiota kestävän kapselin tehtävänä on eristää käytetty ydinpolttoaine sisäänsä ja estää radioaktiivisten aineiden pääsy kallioperään, jossa ne voisivat kulkeutua pohjaveden mukana elolliseen luontoon. Loppusijoitustiloissa kapselit on eristetty kallioperästä bentoniittisavikerroksen avulla. Bentoniittisaven tarkoituksena on säilyttää loppusijoituksen ja kapselin eristyskyvyn kannalta suotuisat olosuhteet ja estää kalliopohjaveden vaikutukset kapseliin niin hyvin kuin mahdollista.



Kuva. Havainnekuva KBS-3V-loppusijoitusratkaisusta (lähde: Posiva).

Olkiluodon saari Eurajoen kunnassa valittiin loppusijoituspaikaksi Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten käytetylle ydinpolttoaineelle ydinenergialain mukaisessa päätöksentekoprosessissa 2000-luvun alussa. Tehdyn periaatepäätöksen nojalla ryhdyttiin Olkiluotoon rakentamaan maanalaista tutkimustilaa, joka nimettiin ONKALoksi. ONKALO käsittää loppusijoitusvyöhyteen rakennetun ajotunnelin ja sen yhteyteen poratut pystykuilut. ONKALOn tarkoituksena on ollut mahdollistaa sijoituspaikan kallioperän yksityiskohtainen tutkimus ennen rakentamisluvan hakemista kapselointi- ja loppusijoituslaitokselle. Samaten sen tarkoituksena on mahdollistaa loppusijoitusratkaisun testaaminen aidoissa olosuhteissa ja toimintaympäristössä. Tutkimustilan rakentamistyöt aloitettiin vuonna 2004. Säteilyturvakeskus on valvonut periaatepäätöksen nojalla ONKALoa samalla tavoin kuin jos se olisi rakenteilla oleva ydinlaitos. ONKALOn maanalaisissa tiloissa tehdään loppusijoitusjärjestelmän asennuskokeita ja demonstroidaan käyttötoimintaa täydessä mittakaavassa ennen loppusijoituksen aloittamista.

Kapselointi- ja loppusijoituslaitos on kahdesta ydinjätelaitoksesta muodostuva laitoskokonaisuus. Käytetty polttoaine tuodaan välivarastoista kapselointilaitokseen pakattavaksi kapseluihin. Kapselin kansi suljetaan tiiviisti ja valmiit kapselit siirretään pystykuilun kautta maanalaiseen loppusijoituslaitokseen asennettaviksi loppusijoitusreikiin. Käytettyä polttoainetta tulee jäähdyttää välivarastossa ennen loppusijoitusta. Kunkin kapselin lämmöntuotto rajataan hyväksytylle tasolle valitsemalla loppusijoitukseen aina lämmöntuotoltaan soveliaat polttoaineniput.

Kapselointilaitos on suunniteltu palvelemaan koko loppusijoitusajan kapselointitarpeita. Maanalaista loppusijoitustilaa taas laajennetaan sitä mukaa kun käytettyä ydinpolttoainetta on jäähtymisen myötä saatavilla kapseloitavaksi. Tavoitteena on optimoida loppusijoitus mahdollisimman tehokkaaksi käytettävän ajan, tilan ja resurssien suhteen.

Käytetty ydinpolttoaine kuljetetaan Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitoksilta Olkiluodon kapselointilaitokselle. Kuljetuksille tarvitaan luvat valvovilta viranomaisilta. Kuljetusta varten käytetyn ydinpolttoaineen niput asennetaan massiiviseen kuljetussäiliöön, joka suojaa kuljetukseen osallistuvaa henkilökuntaa käytetyn ydinpolttoaineen lähettämältä säteilyltä. Kuljetus voi tapahtua maantie-, rautatie- tai merikuljetuksena tai näiden yhdistelmänä.

Tämänhetkisten suunnitelmien mukaan Fennovoiman käytetty ydinpolttoaine sijoitetaan suomalaiseen kiteiseen kallioperään myös KBS-3-menetelmää käyttäen. Valtioneuvoston vuonna 2010 asettaman periaatepäätöksen ehdon mukaisesti Fennovoiman on kesäkuun 2016 loppuun mennessä esitettävä joko käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta koskeva yhteistyösopimus Posivan ja sen omistajien kanssa tai käynnistettävä omaa loppusijoituspaikkaa koskeva ympäristövaikutusten arviointimenettely.

## **Käytöstäpoistosta kertyvä purkujäte**

Käytöstäpoistoajat on sekä Loviisan että Olkiluodon laitoksilla suunniteltu loppusijoitettaviksi myöhemmin rakennettaviin ja luvitettaviin voimalaitosjätteiden loppusijoitustilojen laajennuksiin.

Käytöstäpoistosuunnitelmissa on käytetty sekä välitöntä että viivästettyä purkua, jolloin radioaktiivisten järjestelmien purkamisen ja materiaalien siirtäminen pois laitokselta suoritetaan joko mahdollisimman pian tai jonkin ajan kuluttua toiminnan loppumisesta. Olkiluodon voimalaitoksen OL1- ja OL2-laitosyksiköiden käytöstäpoistosuunnitelmat perustuvat viivästettyyn purkuun. Viivästetty purku on perusteltua, koska se vähentää purkuhenkilöstön säteilyannoksia ja loppusijoitettavan jätteen määrää. Se on myös järkevästi toteutettavissa, sillä OL1- ja OL2-laitosyksiköiden valvotun säilytyksen aikana Olkiluodossa toimii OL3-

laitosyksikkö sekä KPA-varasto, joita varten Olkiluodossa on toiminnassa laitosten käyttöön tarvittava organisaatio. Olkiluodon OL3-laitosyksikön ja Loviisan voimalaitoksen suunnitelmissa on käytetty välitöntä purkua. Lopullista päätöstä purkustrategioista ei ole tehty. Lopullinen päätös tehdään laitosten käytön päättyessä ennen käytöstäpoiston alkamista.

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoiston strategia perustuu laitoksen välittömään purkuun niiltä osin kuin tiloja ei tarvita käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointiin. Käytöstäpoistojäte on tarkoitettu loppusijoittaa laitosalueella olevan VLJ-luolan laajennukseen. Yleisenä periaatteena on purkaa ja loppusijoittaa suuret komponentit kokonaisuutena mukaan lukien paineastia ja höyrytimet.

Fennovoiman alustava käytöstäpoistostrategia perustuu välittömään purkuun. Käytöstäpoiston aikana syntyvät radioaktiiviset jätteet loppusijoitetaan voimalaitojätteiden loppusijoitusluolaan rakennettavaan laajennukseen.

VTT on toteuttanut vuosina 2012-2014 FiR 1 -tutkimusreaktorin käytöstäpoistoa koskevan ympäristövaikutusten arvioinnin, jonka osana arvioitiin reaktorin purkua ja siitä syntyvien jätteiden käsittelyä. Purkaminen aloitetaan sen jälkeen kun käytetty ydinpolttoaine on siirretty pois laitoksesta. Purkujätteiden välivarastointia selvitetään myös tutkimuskeskuksen alueella.

### **Muu radioaktiivinen jäte**

Muun radioaktiivisen jätteen huollon konseptit, suunnitelmat ja tekniset ratkaisut on esitetty luvussa 3 Käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen määrät sekä arviot tulevista määristä.

## 5 Konseptit ja suunnitelmat loppusijoituslaitoksen sulkemisen jälkeiselle ajalle

Ydinlaitoksen suunnittelussa on varauduttava laitoksen käytöstäpoistamiseen. Käytöstäpoistamista koskeva suunnitelma on pidettävä ajan tasalla. Laitoksen purkamista ja muita toimenpiteitä laitoksen käytöstäpoistamiseksi ei saa perusteettomasti siirtää.

Sulkeminen tarkoittaa loppusijoituslaitoksen tilojen sulkemista pysyväksi tarkoitetulla tavalla. Sulkeminen on toteutettava siten, että kallioperä säilyttää mahdollisimman hyvin pitkäaikaisturvallisuuden kannalta tärkeät ominaisuudet.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustilojen sulkeminen tehdään vaiheittain. Loppusijoituslaitoksen keskustunnelien sulkeminen aloitetaan kymmenien vuosien kuluttua ja muiden tilojen sulkeminen vasta käyttövaiheen lopussa. Sulkemisen yksityiskohtaisia suunnitelmia kehitetään loppusijoituksen kokemusten pohjalta.

Ydinjätteiden tuottajan huolehtimisvelvollisuus päättyy, kun Säteilyturvakeskus on todennut ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisesti ja hyväksytyllä tavalla suoritetuksi. Huolehtimisvelvollisuuden päättyessä vastuu ydinjätteistä siirtyy valtiolle. Jos loppusijoituksen jälkeen on tarpeen, niin valtiolla on oikeus suorittaa kaikki toimenpiteet, joita loppusijoituksen tarkkailu, valvonta ja turvallisuuden varmistaminen edellyttävät.

Loppusijoitettavaa käytettyä ydinpolttoainetta koskevan tiedon pysyvä säilytys on määrätty Säteilyturvakeskuksen tehtäväksi. Tarkempaa suunnitelmaa tietojen pysyvistä säilytyksestä ei ole vielä tehty, koska ensimmäinen loppusijoituslaitoksen sulkeminen ja tiedon pysyvän säilytyksen järjestäminen tulee tämän hetken arvion mukaan tapahtumaan 2060-luvulla. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustilan lopullinen sulkeminen ja tiedon pysyvän säilytyksen järjestäminen tulee tämän hetken arvion mukaan tapahtumaan vasta 2100-luvulla.

Käyttötoiminnan päättyessä suljetaan loppusijoitustilat viranomaisen hyväksymän suunnitelman mukaisesti. Sulkemisen tärkeimpinä toiminnallisina vaatimuksina on eristää loppusijoitustilat maanpäällisistä muutoksista ja ihmisen toiminnoista. Tavoitteena on olosuhteiden palauttaminen vastaamaan mahdollisimman hyvin niitä, jotka tutkimustiedon mukaan vallitsivat kallioperässä ennen tilojen rakentamista ja käyttöä ja ovat loppusijoitusjärjestelmän pitkäaikaisen toimintakyvyn ja turvallisuuden kannalta suotuisia. Loppusijoitusalueen maanpäälliset osat maisemoidaan ympäröivän luonnon mukaisiksi. Loppusijoitustilojen seurantamittauksia jatketaan siihen asti, kunnes laitos on voimassaolevia YVL-ohjeita noudattaen suljettu STUKin hyväksymällä tavalla.

Loppusijoitustilojen sulkemisluvan myöntämisen yhteydessä voidaan asettaa maankäytön rajoituksia, jotka merkitään asianomaisiin rekistereihin. Kun ydinjätehuoltovelvollinen on hyväksytysti sulkenut loppusijoitustilat ja suorittanut valtiolle maksun ydinjätteiden tulevasta tarkkailusta ja valvonnasta, siirtyy jätteiden omistusoikeus ja vastuu jätteistä valtiolle. Loppusijoitus on ydinenergiain mukaan kokonaisuudessaan toteutettava siten, ettei jälkivalvontaa turvallisuuden takaamiseksi tarvita.

## 6 Toteuttamiseksi tarvittavat tutkimus-, kehittämis- ja havainnollistamistoimet

### Jätehuoltovelvollisten toimet

Ydinvoimalaitosten käytön alkaessa voimayhtiöt IVO (nykyisin Fortum) ja TVO perustivat ydinjätehuollon tutkimus- ja selvitystöitä varten Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunnan (YJT). Toimikunta julkaisi ensi tönään vuonna 1978 Ydinjätteselvitys-raportin, jossa esitettiin muun muassa käytetyn ydinpolttoaineen huollon vaihtoehdot. Ennen ydinenergiain voimaantumista toimikunta myös laati vuosittaiset ydinjätehuollon toimenpideohjelmat käyttöluoapaehtojen sekä vuoden 1983 valtioneuvoston periaatepäätöksen mukaisesti.

Ydinenergian käyttäjillä on ydinenergiain mukaan velvollisuus huolehtia toimintansa seurauksena syntyneiden ydinjätteiden huollosta ja siihen kuuluvista toimenpiteistä, valmistelusta ja kustannuksista. Tämä tulee esittää ydinjätehuollon kokonaissuunnitelmassa, johon tulee sisältyä myös tutkimus- ja kehitystoiminta (T&K). Ydinjätehuollon T&K-toiminta kohdistuu käytetyn ydinpolttoaineen varastointiin ja loppusijoitukseen, voimalaitosjätteiden käsittelyyn, varastointiin ja loppusijoitukseen, voimalaitosten käytöstäpoistoon, käytöstäpoistojätteen loppusijoitukseen sekä uusiin ydinjätehuollon ratkaisuihin.

Jätehuoltovelvolliset toimittavat suunnitelmansa työ- ja elinkeinoministeriöön säännöllisesti arvioitavaksi ja hyväksyttäväksi. Ydinjätehuoltosuunnitelmien sisällöstä säädetään ydinenergia-asetuksella.

### Valtion toimet

Valtio käynnisti ydinjätetutkimukset 1970-luvulla. Silloin Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT tutki voimalaitosjätteiden käsittelyä, käytetyn polttoaineen huollon vaihtoehtoja ja loppusijoituksen turvallisuutta. Geologian tutkimuskeskukseen perustettiin 1970-luvulla ydinjäteprojekti selvittämään loppusijoitukseen liittyviä kysymyksiä. Geologian tutkimuskeskuksen vahvuutena oli Suomen kallioperän perustuntemus ja geologinen kartoitusaineisto. Muuta ydinjätetutkimusta tehtiin muun muassa Helsingin yliopiston Radiokemian laitoksella.

Julkishallinnon koordinoituja ydinjätehuollon tutkimusohjelmia on Suomessa toteutettu vuodesta 1989 lähtien. Näiden tutkimusohjelmien (JYT ja KYT) tarkoitus on ollut varmistaa luvanhaltijoista ja -hakijoista riippumattoman asiantuntemuksen saatavuus ydinjätehuollon viranomaisten tarpeisiin. Tutkimuksen aihepiirit kattavat nykyisin mm. erilaiset jätetyypit, geologisen loppusijoituksen turvallisuusnäkökohtia sekä loppusijoituksen toteutuksen teknologisia vaihtoehtoja.

Säteilyturvakeskus käyttää turvallisuusvalvontaan tarvittavia Säteilyturvakeskuksen ulkopuolisia asiantuntijoita ja teettää tarvittaessa valvontaan suoraan liittyvää tutkimus- tai analyysityötä. Säteilyturvakeskuksen valvonnan tukiohjelma on kohdistunut pääasiassa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen ja sen tarkoituksena on ollut tuottaa arvioita ja analyyskejä loppusijoituksen turvallisuuteen liittyvistä kysymyksistä.

### Kansainvälinen yhteistyö

Suomi osallistuu myös kansainväliseen yhteistyöhön ydinjätetutkimuksessa. Suomalaiset tutkimusorganisaatiot, luvanhaltijat ja Posiva sekä STUK ovat mukana EU:n tutkimusohjelmissa. Suomesta Posiva on ollut perustamassa loppusijoitusalan teknologiayhteisöä IGD-TP:tä (Implementing Geological Disposal - Technology Platform), jonka toimintaan myös voimayhtiöt osallistuvat.

Suomi osallistuu myös OECD:n ydinenergiajärjestön (Nuclear Energy Agency NEA) jätekomitean (Radioactive Waste Management Committee RWMC) ja sen työryhmien toimintaan. Stakeholder Confidence (FSC) -työryhmä keskittyy ydinjätehuollon yhteiskunnalliseen hyväksyttävyyteen. Integration Group for the Safety Case (IGSC) -työryhmä keskittyy loppusijoituksen turvallisuuteen eri näkökulmista ja loppusijoituksen turvallisuusperustelujen kehittämiseen. Working Party on Decommissioning and Dismantling (WPDD) -työryhmä keskittyy käytöstäpoiston strategioihin ja purkutekniikoihin, sääntelyyn, käytöstäpoistojätteisiin, rahoitukseen ja kustannuksiin.

Suomi osallistuu kansainvälisen atomienergiajärjestön (International Atomic Energy Agency IAEA) säännöstötyöhön ja yhteistyöprojekteihin. Säännöstötyössä Suomi osallistuu ohjeita valmistelevien komiteoiden NUSSC (Ydinturvallisuus), WASSC (Radioaktiivisten jätteiden turvallisuus), RASSC (Säteilyturvallisuus), NSGC (Turvajärjestelyt) ja TRANSSC (Kuljetusten turvallisuus) työskentelyyn. Suomi osallistuu myös useisiin IAEA:n ylläpitämiin ydinenergia-alan tiedonvaihtojärjestelmiin.

Posivalla ja Ruotsin ydinjätehuolto-yhtiöllä SKB:llä (Svensk Kärnbränslehantering Ab) on vuodesta 2001 lähtien ollut kahdenkeskinen sopimus laajasta yhteistyöstä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen tutkimus- ja kehitystyöstä. Yhteistyön muodot ovat aiheesta riippuen vaihdelleet tiedonvaihdesta yhteisiin projekteihin.

## Osaaminen ja infrastruktuuri

Ydinjätehuoltoon liittyvien tehtävien tavoitteena on varmistaa ydinjätteen turvallinen ja taloudellinen käsittely voimalaitoksilla sekä vaatimusten mukainen ja turvallinen loppusijoitus myös pitkällä aikavälillä.

Työ edellyttää muun muassa jätteen syntyyn vaikuttavien tekijöiden, jätteen käsittely- ja varastointimenetelmien sekä loppusijoituspaikan soveltuvuuden arviointiin liittyvien tekijöiden ymmärtämistä rakentamisen, käytön ja pitkäaikaisturvallisuuden näkökulmista.

Ydinjätteiden käsittelyn ja loppusijoituksen käytönaikainen osaaminen sisältää samankaltaista ydinturvallisuus- ja säteilysuojeluosaamista kuin ydinvoimalaitoksen käyttäjiltä edellytetään.

Ydinjätehuollon (YJH) alalla Suomessa järjestetään vuosittain Kansallinen YJH-kurssi. Kurssi pidettiin ensimmäisen kerran vuonna 2010. Kurssin tarkoitus on varmistaa ja kehittää ydinjätehuollon osaamista.

Kurssille osallistuu vuosittain 20–25 henkilöä, jotka edustavat alan toimijoita ja ovat uusia ydinjätehuollon alalla. Kurssi toteutetaan alan toimijoiden välisenä yhteistyönä.

Kurssilla annetaan perustiedot alan toiminnasta ja laaja kuva ydinjätehuollon monimuotoisuudesta. Kurssin aihepiireihin kuuluvat ydinjätehuollon sääntely, valvonta, viranomaismääräykset, ydinpolttoainekierto, säteilyturvallisuus, ydinjätteet ja niiden luokittelu, voimalaitosjätehuolto, käytöstäpoisto ja käytetyn polttoaineen huolto. Lisäksi kurssilla on erityisaiheita kuten ydinjätteen kierrätysmenetelmät ja kuljetukset. Kurssin aikana osallistujilla on myös mahdollisuus tutustua alan tutkimuslaitteistoihin.

Ydinjätehuoltoa käsitellään myös Suomessa vuosittain järjestettävällä Kansallisella ydinturvallisuuskurssilla (YK-kurssi). Kurssi pidettiin ensimmäisen kerran vuonna 2003. Kurssin tavoitteena on lisätä ymmärrystä ydinturvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä.

Posivan omaan käyttöön on rakennettu varmentavia paikkatutkimuksia varten maanalainen kallioperän tutkimustila, ONKALO. ONKALOLla hankitaan tarkkaa tietoa loppusijoitustilojen yksityiskohtaista suunnittelua varten ja turvallisuuden ja rakennusteknisten ratkaisujen arviointia varten. Posiva on kehittänyt tutkimusten yhteydessä laitteita paineistettujen pohjavesinäytteiden ottoon ja pohjaveden virtausmittauksiin.



## **7 Kansallisen ohjelman toteuttamista koskeva vastuu ja tärkeimmät suorituskykyindikaattorit**

Suomessa vastuu ydinjätehuollosta on niillä, joilla on lupa ydinlaitoksen käyttämiseen. Tällä hetkellä ydinjätehuoltovelvollisia ovat Fortum Power and Heat Oy, Teollisuuden Voima Oyj ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Pyhäjoelle uuden ydinvoimalaitoksen rakentamista valmistelevalta Fennovoima Oy:stä tulee ydinjätehuoltovelvollinen siinä vaiheessa, kun yhtiön suunnittelema ydinvoimalaitos saa käyttöluvan. Ydinjätehuoltovelvolliset toimittavat säännöllisesti arvioitavaksi ja hyväksyttäväksi ydinjätehuollon suunnitelmat.

Vastuu muun radioaktiivisen jätteen vaarattomaksi tekemisestä on turvallisuusluvan haltijalla tai muulla säteilytoiminnan harjoittajalla, jonka toiminnan seurauksena syntyy radioaktiivista jätettä (esimerkiksi kaivostoiminta, jossa hyödynnetään luonnon radioaktiivisia aineita sisältäviä luonnonvaroja). Suunnitelma jätteistä huolehtimiseksi on esitettävä turvallisuuslupahakemuksessa (säteilyn käyttö) tai ennen toiminnan aloittamista (esimerkiksi kaivostoiminta).

Työ- ja elinkeinoministeriöllä on ydinenergia-alan ylin johto ja valvonta. Työ- ja elinkeinoministeriö valmistelee valtioneuvoston periaatepäätökset sekä päätökset rakentamis- ja käyttöluvista kuultuaan viranomaisia, yhteisöjä ja kuntia sekä kansalaisia. Työ- ja elinkeinoministeriö päättää ydinjätehuollon periaatteista kuultuaan ympäristöministeriötä ja Säteilyturvakeskusta sekä hyväksyy ydinjätehuollon suunnitelmat.

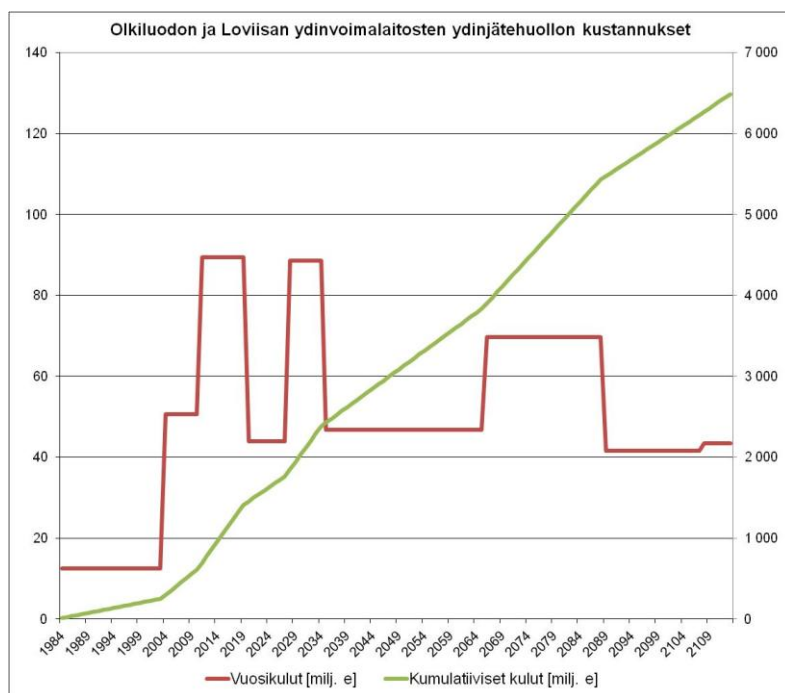
Sosiaali- ja terveysministeriöllä on säteilylain alaisen toiminnan ylin johto ja valvonta. Kuitenkin kaivostoiminnan ylin johto on työ- ja elinkeinoministeriöllä.

Säteilyturvakeskukselle kuuluu ydinenergian ja säteilyn käytön ja muun säteilytoiminnan turvallisuuden valvonta. Säteilyturvakeskus myöntää turvallisuusluvut.

Suorituskykymittareina voidaan pitää esitettyjen jätehuollon teknisten ratkaisujen ja aikataulujen toteutumista, jätehuollon kustannusten toteutumista sekä niihin liittyvän taloudellisen varautumisjärjestelmän toimivuutta.

## 8 Kustannusarviot

Arvio ydinjätehuollon kokonaiskustannuksista (OL1, OL2, OL3, LO1, LO2) on noin 6,5 miljardia euroa voimalaitosten koko käyttöajalta (vuoden 2012 hintataso). Tästä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen kustannukset ovat noin 3,5 miljardia euroa. Voimalaitosjätehuollon kustannukset ovat noin 100 miljoonaa euroa. Laitosten käytöstäpoiston kustannukset ovat yhteensä noin miljardi euroa. Loppuosa kustannuksista koostuu muun muassa T&K-, välivarastointi- ja viranomaiskustannuksista sekä veroista.



Kuva. Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimalaitosten ydinjätehuollon kustannukset (lähde TVO).

FIR 1 -tutkimusreaktorin osalta vahvistettu ydinjätehuollon kustannusarvio vuonna 2014 on 9,7 miljoonaa euroa.

Säteilylähteiden käytön osalta toiminnan harjoittaja on velvollinen huolehtimaan käytetyn säteilylähteen asianmukaisesta käsittelystä aiheutuvat kustannukset. Kustannuksiin vaikuttavat muun muassa säteilylähteen radionuklidit ja aktiivisuus, olomuoto ja hyödynnettävyys muuhun käyttöön. Kustannukset voivat vaihdella sadoista euroista satoihin tuhansiin euroihin säteilylähdettä kohti.

## 9 Voimassa olevat rahoitusjärjestelyt

Ydinvoimayhtiöt huolehtivat ydinenergiain mukaan kaikista tuottamiensa ydinjätteiden ydinjätehuollon toimenpiteistä ja niiden valmistelemisesta sekä vastaavat niiden kustannuksista. Käytännössä suunnitelmat ydinjätehuollon toteuttamisesta ulottuvat ydinlaitosten suunnitellulle toiminta-ajalle. Ydinvoimalaitosten suunniteltu käyttöikä on tyypillisesti 50-60 vuotta. Käytetyn polttoaineen huoltoa toteuttavien ydinjätelaitosten käytöstäpoisto ja sulkeminen toteutuisi nykyisten suunnitelmien mukaan noin 100 vuoden kuluttua (vuoteen 2120 mennessä).

Suomessa varaudutaan myös siihen, että varat ovat varmuudella olemassa ja käytettävissä silloin, kun ydinjätehuollon toimenpiteet on tehtävä. Tätä varten Valtion ydinjätehuoltorahaston Varautumisrahastoon kerätään jätehuoltovelvollisilta vuosittain varoja kunkin vuoden ydinjätteiden ja niiden huollon tilanteen mukaan. Lisäksi vuosittain varaudutaan tilanteeseen, että käynnissä olevat ydinvoimalaitokset poistettaisiin käytöstä suunniteltua aikaisemmin kyseessä olevan vuoden lopussa. Vuosittain jätemäärän kasvaessa tarvittavia varoja on lisättävä ja toisaalta jo toteutetut jätehuoltotoimet vähentävät tarvetta lisätä varoja.

Valtion ydinjätehuoltorahasto perustettiin vuonna 1988 voimaan tulleella ydinenergiailailla (990/1987) ja sen nojalla annetulla asetuksella Valtion ydinjätehuoltorahastosta (162/1988). Rahastoa laajennettiin vuonna 2004 voimaan tulleella ydinenergiain muutoksella (1131/2003). Valtion ydinjätehuoltorahasto muodostuu kolmesta erillisvarallisuudesta, jotka ovat Varautumisrahasto, Ydinturvallisuustutkimusrahalasto ja Ydinjätetutkimusrahalasto. Varautumisrahastoon, Ydinturvallisuustutkimusrahalastoon ja Ydinjätetutkimusrahalastoon kerättyjä varoja voidaan käyttää vain ydinenergiain kyseisiä varoja koskevien säännösten osoittamiin tarkoituksiin.

Varautumisrahaston tehtävänä on kerätä, säilyttää ja turvaavasti sijoittaa ne ydinjätehuoltovelvollisilta kerättävät varat, jotka tulevaisuudessa tarvitaan ydinjätteistä huolehtimiseksi. Rahasto huolehtii, että varat ovat varmuudella olemassa ja käytettävissä silloin, kun ydinjätehuollon toimenpiteet on tehtävä. Varoja käytetään ydinjätehuoltoon vain siinä tapauksessa, että jätehuoltovelvollinen ei itse täytä laissa säädettyä huolehtimisvelvollisuuttaan. Varoja palautetaan jätehuoltovelvollisille sitä mukaa, kun jätehuoltoa toteutetaan.

Ydinturvallisuustutkimusrahalaston tehtävät liittyvät asiantuntemuksen varmistamiseen ja tutkimusinfrastruktuurin ylläpitoon. Jos ydinlaitosten turvallisen käytön kannalta ilmenee uusia seikkoja, joita ei ole ollut mahdollista ottaa ennalta huomioon, viranomaisten saatavilla olisi oltava riittävästi ja kattavasti sellaista ydinteknistä asiantuntemusta ja muita valmiuksia, joita käyttäen voidaan tarvittaessa viivytyksettä selvittää tällaisten seikkojen merkitystä. Vuosittain Ydinturvallisuustutkimusrahalasto myöntää keräämänsä varat ydinturvallisuustutkimukseen.

Ydinjätetutkimusrahalaston tehtävät liittyvät myös asiantuntemuksen varmistamiseen ja tutkimusinfrastruktuurin ylläpitoon siten, että viranomaisten saatavilla on riittävästi ja kattavasti sellaista ydinteknistä asiantuntemusta ja muita valmiuksia, joita tarvitaan ydinjätehuollon erilaisten toteutustapojen ja menetelmien vertailuun. Vuosittain Ydinjätetutkimusrahalasto myöntää keräämänsä varat ydinjätteitä koskevaan tutkimukseen.

Suurimpien umpilähteiden jätekustannusten varmistamiseksi on asetettu taloudellinen vakuus. Vakuuden suuruus määritellään säteilyasetuksessa lähteen aktiivisuus ja radionuklidi huomioiden ja sen suuruus on yleensä luokkaa 10 000 - 100 000 euroa lähettä kohti.

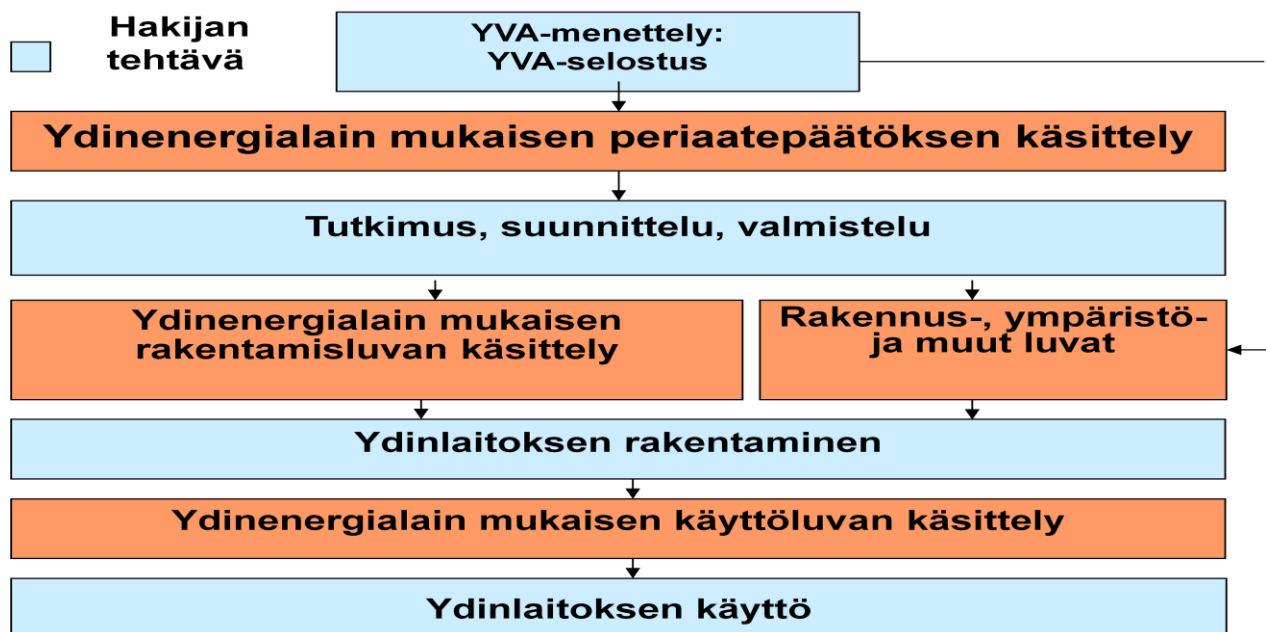
## 10 Avoimuusmenettelyt

Ydinjätehuoltoa säädelään ydinenergialailla (990/1987). Laki tuli voimaan vuonna 1988. Laissa säädetään yleiset periaatteet, velvollisuudet, periaatepäätös- ja lupamenettelyt, ydinjätehuollon menettelyt ja varautuminen kustannuksiin sekä asiantuntemuksen varmistaminen ja valvonta. Ydinenergia-asetus (161/1988) tarkentaa ydinenergialain määrittelyjä ja menettelyjä. Ydinenergialainsäädäntöön sisältyy laaja kuulemismenettely, johon sisältyy myös kansalaisten osallistuminen periaatepäätös- ja lupamenettelyjen yhteydessä.

Ydinjätehuoltoa säännellään myös muissa ydinenergialain nojalla annetuissa asetuksissa. Yksi keskeisistä on ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta annettu valtioneuvoston asetus (736/2008), jonka nojalla Säteilyturvakeskus on antanut ydinenergialain mukaisen turvallisuustason toteuttamista koskevat yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset eli YVL-ohjeet. Myös Valtion ydinjätehuoltorahastoa ohjataan valtioneuvoston asetuksilla.

Kaikki lainsäädäntö koskee myös ydinjätehuoltoa, ellei joltain osin ole nimenomaan toisin säädetty. Esimerkkeinä muusta lainsäädännöstä ovat laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (468/1994), laki vaarallisten aineiden kuljettamisesta (719/1994), maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999), ympäristönsuojelulaki (527/2014), työturvallisuuslaki (738/2002), pelastuslaki (379/2011). Eryteisesti kansalaisten osallistumisesta säädetään ympäristövaikutusten arviointimenettelyä koskevassa laissa, maankäyttö- ja rakennuslaissa sekä ympäristönsuojelulaissa.

Viranomaisten toimintaa ohjaavat muun muassa hallintolaki (434/2003) ja laki viranomaisten toiminnan julkisuudesta (621/1999). Ne vaikuttavat siihen, että ydinlaitosten luvitusmenettelyissä toteutetaan laajaa kuulemistä, asiakirjat ovat pääsääntöisesti julkisia ja ne ovat helposti saatavilla viranomaisten verkkosivuilla.



Kuva. Ydinlaitosten lupamenettely (lähde: työ- ja elinkeinoministeriö).

## 11 Käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huoltoa koskevia sopimuksia

Suomi on ollut kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n (International Atomic Energy Agency) jäsen vuodesta 1957. Suomi allekirjoitti käytetyn polttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huollon turvallisuutta koskevan yleissopimuksen (Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management) vuonna 2000. IAEA oli osapuolena Suomen ja Yhdysvaltojen välillä vuonna 1961 solmitussa sopimuksessa (INFCIRC/24), jonka perusteella Suomeen saatiin FiR 1 -tutkimusreaktori.

Suomi on ollut vuodesta 1969 lähtien OECD:n (Organisation for Economic Cooperation and Development) jäsen ja mukana sen yhteydessä toimivassa ydinenergiatoimistossa (Nuclear Energy Agency). Varsinainen työ tehdään järjestön komiteoissa, joista yksi toimii ydinjätealalla (Radioactive Waste Management Committee). Suomi liittyi jo vuonna 1972 ydinvastuun osalta ns. Pariisin sopimukseen, jonka nojalla on Suomessa säädetty ydinvastuulaki (484/1972). Sitä on täsmennetty vuonna 2012.

Suomi on tehnyt vuonna 1976 Norjan, Ruotsin ja Tanskan kanssa sopimuksen, joka koskee maiden välisten rajojen läheisyyteen rakennettavien ydinlaitosten turvallisuuskysymyksiä ja siihen liittyvän yhteydenoton suuntaviivoja. Sopimuksen mukaisesti suunnitteilla olevista ydinlaitoksista ilmoitetaan maiden viranomaisille.

Suomi liittyi vuonna 1979 ns. Lontoon sopimukseen, jolla ehkäistään jätteen ja muun aineen mereen laskemisen aiheuttamaa meren pilaantumista (Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, 1972).

Suomi on ratifioinut vuonna 1995 valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arviointia koskevan yleissopimuksen (United Nations Economic Commission for Europe, Espoo Convention). Espoon sopimuksen nojalla Suomi on velvollinen ilmoittamaan ja järjestämään kansainväliset kuulemiset muun muassa ydinlaitoshankkeista.

Suomi on ratifioinut vuonna 2004 ns. Århusin sopimuksen, joka koskee ympäristötiedon saantia, yleisön osallistumisoikeutta päätöksentekoon ja valitusoikeutta. Sopimus koskee Suomessa sellaisia ydinlaitoshankkeita, jotka ovat tulleet vireille ratifioinnin jälkeen.

## **Ydinvoimalaitokset ja tutkimusreaktori**

Olkiluoto, Eurajoki

- Omistaja: Teollisuuden Voima Oyj
- Yksiköt: Olkiluoto 1 (OL1), Olkiluoto 2 (OL2), BWR 2 x 880 MWe
- Käyttöönotto: 1979, 1982
- Rakenteilla: Olkiluoto 3 (OL3), EPR (PWR) 1600 MWe

Hästholmen, Loviisa

- Omistaja: Fortum Power and Heat Oy
- Yksiköt: Loviisa 1 (LO1), Loviisa 2 (LO2), PWR 2 x 488 MWe
- Käyttöönotto: 1977, 1981

Suunnitteilla: Hanhikivi, Pyhäjoki

- Omistaja: Fennovoima Oy
- Yksikkö: Hanhikivi 1, VVER (PWR) 1200 MWe

Otaniemi, Espoo

- Omistaja: VTT Oy
- Yksikkö: Triga II Mark, 250 kW
- Käyttöönotto: 1962, lopullinen sammutus 30.6.2015