

Posiva

YJH 2024

Olkiluodon ja Loviisan ydinlaitosten
ydinjätehuollon ohjelma vuosille 2025-2027

Posiva Oy

Syyskuu 2024

YJH 2024

Olkiluodon ja Loviisan ydinlaitosten
ydinjätehuollon ohjelma vuosille 2025-2027

Posiva Oy

Syyskuu 2024

ONKALO® on Posiva Oy:n rekisteröity tavaramerkki.

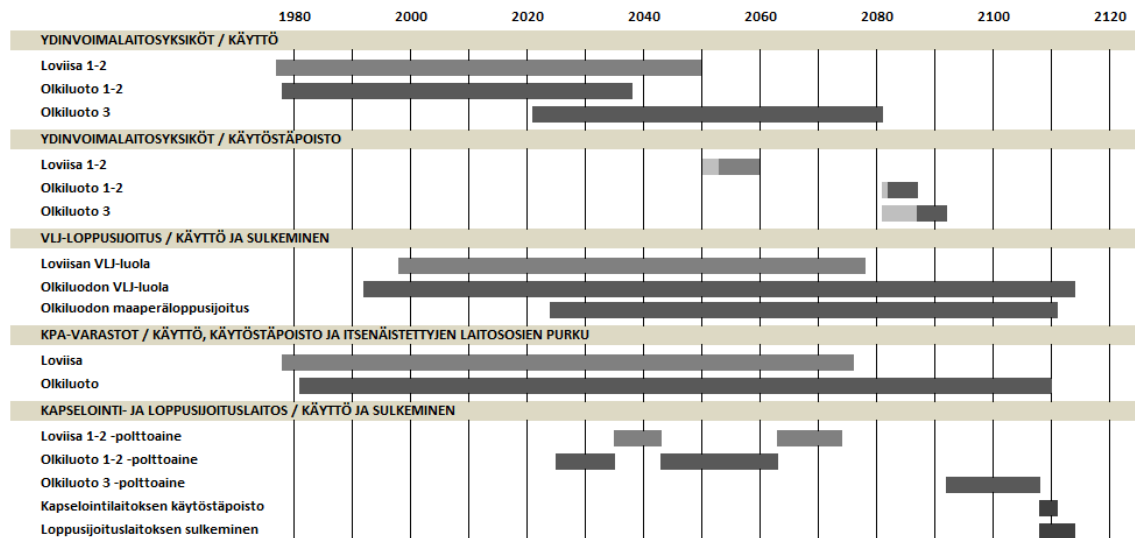
YJH-2024, OLKILUODON JA LOVIISAN YDINLAITOSTEN YDINJÄTEHUOLLON OHJELMA VUOSILLE 2025–2027

TIIVISTELMÄ

Suomessa on kaksi ydinvoimaa energiantuotantoon käyttävää yritystä, Teollisuuden Voima Oyj (TVO) ja Fortum Power and Heat Oy (Fortum). Ydinjätteen tuottajina TVO ja Fortum ovat ydinenergialain mukaisesti vastuussa omistamiensa Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimalaitosten ydinjätehuollon toteuttamisesta ja tästä aiheutuvista kustannuksista. Käytetyn ydinpolttoaineen huollon järjestämiseksi TVO ja Fortum perustivat vuonna 1995 Posiva Oy:n (Posiva), jonka tehtävänä on vastata omistajiensa Suomessa toimivien ja Suomeen rakennettavien ydinvoimalaitosten käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta. Posivan laitosten käynnistyttyä myös Posivasta tulee ydinjätteen tuottaja, jolla on velvollisuus vastata tuottamistaan jätteistä.

Lain mukaan ydinjätehuoltovelvollisten tulee säännöllisin väliajoin esittää työ- ja elinkeinoministeriölle selvitys siitä, miten jätehuoltovelvollinen on suunnitellut toteuttavansa ydinjätehuoltoon (YJH) kuuluvat toimenpiteet ja niiden valmistelun. Tässä tiivistelmässä kuvataan lyhyesti tämän vuonna 2024 esitettävän YJH-2024-ohjelman sisältö.

TVO:n, Fortumin ja Posivan toiminnan kokonaisaikataulu on esitetty seuraavassa kuvassa. YJH-2021-ohjelmaan verrattuna suurin muutos on Loviisan ydinvoimalaitosten käyttöiän pidennys ja siitä seuranneet muutokset mm. käytetyn polttoaineen (KPA) loppusijoitukseen. KPA-loppusijoituksen tuotantosuunnitelman perustana on tavoite loppusijoittaa kaikki käytetty polttoaine mahdollisimman tehokkaasti ja lyhyessä ajassa.



Fortumin saatua uuden käyttöluvan Loviisan voimalaitokselle vuoden 2050 loppuun saakka, käytetyn polttoaineen ja muun jätehuollon suunnitelmat ulotetaan yhä pidemmälle tulevaisuuteen. Ohjelmakaudella 2025–2027 tärkeimpiä tavoitteita käytetyn polttoaineen osalta Loviisassa ovat käytetyn polttoaineen (KPA) varastojen kunnossapitotyöt ja KPA-altaiden jäähdytysjärjestelmän tehon lisääminen kasvavasta

varastoitavien polttoainepippujen määrästä johtuen. Ydinlaitosjätteiden osalta tärkeimpiä tavoitteita ovat nestemäisten jätteiden varaston viemäriveresisäiliön siirtojärjestelmän toteutus, haihdutusjätteen varastosäiliöiden pohjasakkojen siirtojärjestelmien kehitys ja vuonna 2024 aloitettu huoltojätetilojen 1 ja 2 loppusijoituskonseptin muutosprojekti, jossa tilojen reunoille rakennetaan betoniharkkoseinät tukemaan loppusijoitettavia tynnyreitä.

TVO:lla tärkeimpiä tavoitteita polttoaineen käsittelyn ja varastoinnin osalta vuosille 2025–2027 ovat uusien polttoainetelineiden hankinta KPA-varastolle, KPA-varaston polttoaineen siirtokoneen modifiointi sekä KPA-varaston peruskorjaustarpeen selvittäminen. Jätehuollon osalta tärkeimpiä toimenpiteitä ovat matala- ja keskiaktiivisen jätteen käsittely- ja varastointitilojen uusintaprojektin käynnistäminen, OL3-laitosyksikön nestemäisten jätteiden kiinteytysjärjestelmien kehittäminen sekä hyvin matala-aktiivisen jätteen maaperäloppusijoituksen aloitusvalmiuden saavuttaminen. Käytöstäpoistoon liittyen TVO toimittaa päivitetyn käytöstäpoistosuunnitelman TEM:lle vuonna 2026.

Posivan tavoitteena on saada käyttöluva vuoden 2025 alkupuoliskolla, jotta Säteilyturvakeskus (STUK) voi ydinenergialain 20 §:n mukaisesti todeta turvallisuusvaatimusten täyttymisen ja myöntää luvan käytön aloittamiseen vuonna 2025. Vuosien 2025–2028 aikana Posiva aikoo viedä käyttöluvassa ja STUKin turvallisuusarviossa olevat havainnot ja kehityskohteet kehitys- ja turvallisuusohjelmiin ja omaan toimintaansa, valmistautuen näin jo ensimmäiseen ydinenergialain mukaiseen määräaikaiseen turvallisuusarvioon.

KPA-loppusijoituksen aloitusvalmiudelle on laadittu kriteerit ja organisatorisen valmiuden mittarit. Laadituista mittareista saadaan kattava tilannekuva tuotantovaiheeseen valmistautumisen etenemästä. Organisaation tuotantovalmiutta testataan vuosina 2024 ja 2025 yhteistoimintakokeessa (YTK), josta laaditaan tulokset ja ehdotuksia kehitystoimenpiteiksi tuotantovaiheeseen. Loppusijoitus aloitetaan tuotannon ylösajovaiheella. Tämän vaiheen aikana kehitetään loppusijoitusprosesseja ja toimintatapoja.

Käytetty ydinpolttoaine vastaanotetaan kapselointilaitoksessa jatkokäsittäväksi loppusijoitusta varten. Posivan kapselointilaitos valmistui vuoden 2024 aikana. Järjestelmien toimivuus on testattu jo ennen YTK:n ja tuotannon aloitusta mutta tuotantoprosessin läpivientiä pystytään optimoimaan tarvittaessa myös tuotannon alettua. Maanalaisen loppusijoituslaitoksen tiloista tekniset tilat, maanpintayhteydet sekä ensimmäiset loppusijoitustunnelit ja keskustunnelien alkupäät on rakennettu valmiiksi ennen loppusijoituksen aloittamista. Loppusijoituslaitoksen ensimmäinen laajennuskokonaisuus tulee sisältämään keskustunneleiden 5 ja 6 jatkon sekä seuraavat 6 loppusijoitustunnelia. Alustavan suunnitelman mukaan tunnelien tekeminen alkaa tutkimuksilla vuoden 2025 aikana ja jatkuu mm. suunnittelulla, louhinnalla ja asennuksilla aina vuoteen 2029 asti.

Seuraavalla ohjelmakaudella tullaan kapselikomponenttien kehitysprojekteissa optimoimaan erityisesti kupariputken ja sisäosan suunnitelmia ja tuotantoa. Lisäksi tutkitaan ja kehitetään vaihtoehtoisia kupariputki- ja sisäosaratkaisuja. Puskurin teknisen

ratkaisun optimointia jatketaan tavoitteena edelleen tuotannollisempi ja kustannustehokkaampi ratkaisu.

TABLE OF CONTENTS

TIIVISTELMÄ

1 YLEISTÄ.....	3
1.1 Ydinjätehuollon vastuut ja kokonaissuunnitelmat.....	3
1.2 YJH-2021-ohjelma	5
1.2.1 Saadut palautteet	5
1.2.2 Toteuma.....	6
2 LOVIISAN VOIMALAITOS	11
2.1 Kokonaisaikataulu	11
2.2 Nykytilan kuvaus ja suunnitelmat vuosille 2025–2030	13
2.2.1 Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi	13
2.2.2 Ydinlaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus	15
2.2.3 Käytöstäpoistosuunnittelu	19
2.2.4 Ydinlaitos- ja käytöstäpoistojätteiden loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus	21
3 OLKILUODON VOIMALAITOS	23
3.1 Kokonaisaikataulu	23
3.2 Nykytilan kuvaus ja suunnitelmat vuosille 2025–2030	25
3.2.1 Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi	25
3.2.2 Ydinlaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus	28
3.2.3 Käytöstäpoistosuunnittelu	33
4 KÄYTETYN POLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUKSEN VALMISTELUJEN TILANNE JA SUUNNITELMA ENSIMMÄISIKSI TUOTANTOVUOSIKSI... 35	
4.1 Yleistä Posivan toiminnasta.....	35
4.1.1 Tuotantoon valmistautuminen	35
4.1.2 Loppusijoituksen tuotantosuunnitelma.....	37
4.1.3 Johtamisjärjestelmä.....	39
4.2 Ydinlaitosten luvittaminen.....	40
4.3 Posivan laitosten kuvaus.....	41
4.3.1 Kapselointilaitos	41
4.3.2 Loppusijoituslaitos	43
4.3.3 Loppusijoituksen tuotantolaitteet	44
4.3.4 Loviisan polttoaineen kuljetukset	47
4.4 Tekniset vapautumisesteet.....	48
4.4.1 Polttoaine	48
4.4.2 Kapseli	49
4.4.3 Puskuri	50
4.4.4 Täyttö ja tulppa.....	50
4.5 Pitkäaikaisturvallisuuden hallinta.....	51
4.5.1 Monitorointi	51
4.5.2 Kallion soveltuvuusluokittelu.....	52
4.5.3 Tutkimustiedon tuottaminen ja hallinta.....	53
4.5.4 Mallinnus	54
4.5.5 Pitkäaikaisturvallisuuden hallinnan toteutus	54
4.5.6 Tutkimus-, tuote- ja prosessikehitys	55
5 POSIVAN YDINJÄTEHUOLTO	57

6 JOHTOPÄÄTÖKSET	59
VIITTEET	61

1 YLEISTÄ

Suomessa on kaksi ydinvoimaa energiantuotantoon käyttävää yritystä, Teollisuuden Voima Oyj (TVO) ja Fortum Power and Heat Oy (Fortum). Ydinjätteen tuottajina TVO ja Fortum ovat ydinenergiain mukaisesti vastuussa omistamiensa Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimalaitosten ydinjätehuollon toteuttamisesta ja tästä aiheutuvista kustannuksista. Käytetyn ydinpolttoaineen huollon järjestämiseksi TVO ja Fortum perustivat vuonna 1995 Posiva Oy:n (Posiva), jonka tehtävänä on vastata omistajiensa Suomessa toimivien – Olkiluoto 1, 2 ja 3 (OL1, OL2, OL3) sekä Loviisa 1 ja 2 (LO1, LO2) – käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta. Posivan laitosten käynnistyttyä myös Posivasta tulee ydinjätteen tuottaja, jolla on velvollisuus vastata tuottamistaan jätteistä.

Ydinjätehuollon järjestäminen perustuu ydinenergiainlakiin (YEL 990/1987) ja ydinenergia-asetukseen (YEA 161/1988), joissa määritellään ydinenergian tuottajan velvollisuudet, ydinjätehuollon toteuttaminen, lupakäsittelyt sekä viranomaisen valvontaoikeudet. Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) päättää YEL:n mukaan periaatteista, joita ydinjätehuollossa on noudatettava. Lain mukaan ydinjätehuoltovelvollisten tulee säännöllisin väliajoin esittää ministeriölle selvitys siitä, miten jätehuoltovelvollinen on suunnitellut toteuttavansa ydinjätehuoltoon (YJH) kuuluvat toimenpiteet ja niiden valmistelun. Nyt esitettävä YJH-2024-ohjelma vastaa YEA 74 §:ssä mainittua kokonaissuunnitelmaa, jossa kuvataan yksityiskohtaisesti alkavan kolmivuotiskauden toimenpiteet ja pääpiirteittäin myös tätä seuraavien kolmen vuoden suunnitelmat.

Käsillä olevassa ohjelman luvussa 1 on käsitelty ydinjätehuollon vastuut ja kokonaissuunnitelma. Luvuissa 2 ja 3 esitetään Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten ydinjätehuollon kokonaissuunnitelmat ja käsitellään Fortumin ja TVO:n ydinjätehuollon suunniteltuja tutkimus- ja kehitystoimenpiteitä. Luvussa 4 kuvataan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusvalmistelujen syyskuun 2024 tilanne ja tulevat suunnitelmat. Luvussa 5 kuvataan Posivan laitosten ydinjätehuollon suunnitelmat.

1.1 Ydinjätehuollon vastuut ja kokonaissuunnitelmat

Ydinjätteen tuottaja on ydinenergiain mukaisesti vastuussa kaikista ydinjätehuollon toimenpiteistä ja niiden kustannuksista. Ydinjätehuoltovelvolliset TVO ja Fortum huolehtivat omien voimalaitostensa voimalaitosjätteen varastoinnista, käsittelystä ja loppusijoituksesta sekä käytetyn polttoaineen käsittelystä ja väliavarastoinnista voimalaitospaikoillaan. Kummallakin laitospaikalla on loppusijoituslaitos, johon sijoitetaan käytön aikana syntyvä ydinlaitosjäte (aiemmin käytetty sanaa “voimalaitosjäte”). Samoihin loppusijoitustiloihin on tarkoitus aikanaan sijoittaa myös kyseisten yhtiöiden voimalaitosten käytöstäpoiston yhteydessä syntyvä ydinjäte.

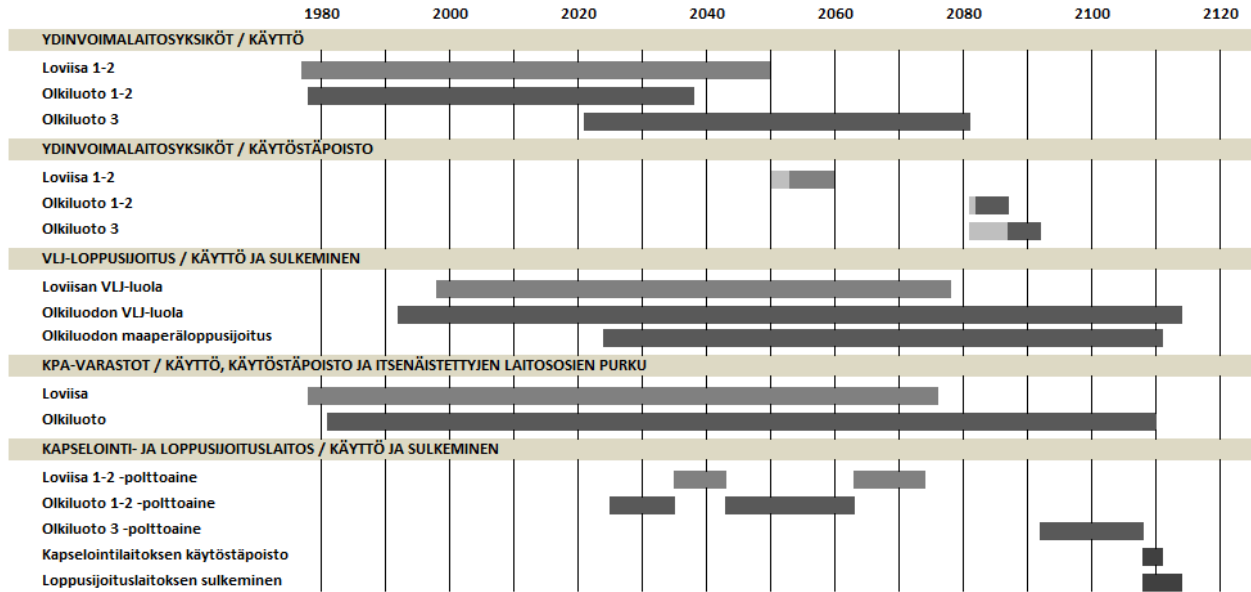
Posiva huolehtii loppusijoitukseen tähtäävästä tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyöstä sekä loppusijoituslaitoksen rakentamisesta ja käytöstä aina loppusijoituslaitoksen sulkemiseen asti (kuva 1-1). Posivan tehtäviin sisältyy myös kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen käytöstä syntyvien jätteiden huolto sekä laitosten sulkeminen ja käytöstäpoisto. Lisäksi Posiva huolehtii tehtäviensä osalta viranomaisyhteyksistä sekä

hankkii laitoksilleen tarvittavat luvat. Posivan perustaminen ei vaikuttanut voimayhtiöiden ydinjätehuoltovelvollisuuteen, vaan TVO ja Fortum vastaavat edelleen tuottamansa käytetyn polttoaineen käsittelytoimenpiteistä, varastoinnista ja loppusijoittamisesta.



Kuva 1-1. Posivan on tarkoitus aloittaa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus 2020-luvun puolivälissä.

TVO:n, Fortumin ja Posivan toiminnan kokonaisuikataulu on esitetty kuvassa 1-2. Ydinvoimalaitosyksiköiden käyttöaikoina on esitetty tällä hetkellä Posivan suunnittelun perusteena olevat ajat: LO1 ja LO2 70 vuotta sekä OL1, OL2 ja OL3 60 vuotta. Loviisan laitoksille on suunniteltu välitön käytöstäpoisto, joka alkaa käytöstäpoiston lisensointi- ja valmisteluvaiheilla (kuvassa vaaleammalla). OL1- ja OL2-laitoksille on suunniteltu viivästetty käytöstäpoisto ja OL3:lle välitön käytöstäpoisto. Kuvassa on esitetty myös Loviisan ja Olkiluodon ydinlaitosjätteen (ent. voimalaitosjätteen) loppusijoituslaitosten (VLJ-luola) sekä käytetyn polttoaineen (KPA) varastojen suunnitellut käyttöajat sekä sulkeminen ja käytöstäpoisto. Näiden laitosten käyttöajat ovat kytköksissä viimeisenä esitettyihin käytetyn polttoaineen loppusijoituksen ajankohtiin. Kuvassa esitetty loppusijoituksen tuotantosuunnitelma hyväksyttiin Posivalla käyttöön vuonna 2023. Suunnitelman perustana on tavoite loppusijoittaa kaikki käytetty polttoaine mahdollisimman tehokkaasti ja lyhyessä ajassa. Viimeinen loppusijoitukseen liittyvä toiminta on Posivan kapselointilaitoksen käytöstäpoisto ja loppusijoituslaitoksen sulkeminen.



Kuva 1-2. Fortumin, TVO:n ja Posivan toiminnan kokonaisaikataulu.

1.2 YJH-2021-ohjelma

1.2.1 Saadut palautteet

TEM:n näkemyksen mukaan YJH-2021-ohjelma esitti riittävän kattavasti TVO:n ja Fortumin seuraavalle kolmelle vuodelle suunnitellut jätehuollon kehitystoimet sekä yleispiirteisen suunnitelman seuraavalle kuudelle vuodelle. Päätöksissään (VN/24845/2021 ja VN/24842/2021) TVO:n ja Fortumin YJH-2021-ohjelmasta TEM edellytti TVO:lta ja Posivalta tarkempia kuvauksia seuraavaan ohjelmaan ao. osaluista. Fortumille ei päätöksessä asetettu erityisiä vaatimuksia.

TVO:n tulee seuraavassa ohjelmassa kuvata (kohdan perässä kappaleen numero, jossa asiaa on tässä raportissa käsitelty):

- VLJ-luolan ikääntymisenhallintaan liittyviä kehityshankkeita ja perusparannussuunnitelmia (luku 3.2.2),
- yleisellä tasolla suunnitelmiaan käytöstäpoistojätteiden loppusijoituskonseptin kehittämiseksi (luku 3.2.3), sekä
- yleisellä tasolla KPA-välivaraston ikääntymisenhallintaan liittyviä kehityshankkeita ja perusparannussuunnitelmia (luku 3.2.1).

Posivan toimintaan liittyviä suunnitelmia on YJH-2024-ohjelmassa esitettävä seuraavasti (kohdan perässä kappaleen numero, jossa asiaa on tässä raportissa käsitelty):

- Yhtiön tulee suunnitelmissaan varautua kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen käyttötoiminnan aloittamista koskeviin viivästyksiin ja pitää viranomaiset tietoisina hankkeessa tapahtuneista merkittävistä muutoksista (jatkuva tekemistä).
- Yhtiön tulee seuraavassa ydinjätehuollon ohjelmassa kuvata mahdollisten käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitushankkeeseen vaikuttavien muutosten vaikutukset kokonaisaikatauluun (luku 4.1.2).

STUK totesi lausunnossaan, että käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen suunnittelun osalta YJH-2021-ohjelma kuvaa pääsääntöisesti riittävästi alkaneen kolmivuotiskauden suunnitelmat, mutta ohjelmassa on joitakin tarkennettavia aihealueita. Pääsääntöisesti ohjelmakautta seuraavan kolmivuotiskauden suunnitelmat ovat kuitenkin kuvaamatta.

STUK toteaa, että YJH-2021-ohjelmassa esitetty ydinlaitoksen kokonaisuikataulu on yleispiirteinen eikä se esitä eri laitoksiin liittyvää vaiheistusta valmistelun, suunnittelun, toteutuksen ja T&K-töiden osalta. Lisäksi Posiva ei ole tarkastellut projektissaan tapahtuneiden muutosten vaikutuksia kokonaisuikatauluun. (Luku 4.1.2)

STUK toivoi lisäksi tarkempia suunnitelmia seuraavaan ohjelmaan mm. seuraavista osa-alueista:

- loppusijoituslaitoksen sulkemisen suunnittelun ja aikataulun kehittäminen (luku 5),
- kapselointilaitoksen käytöstäpoiston suunnittelun päävaiheet ja niiden alustava aikataulu (luku 5),
- turvallisuusperustelun kehittäminen (luku 4.5.5),
- seuraavien loppusijoitustunnelien suunnittelun ja toteutuksen aikataulut (luku 4.3.2), sekä
- Loviisan polttoaineen kuljetusten suunnittelu- ja päätöksentekovaiheet (luku 4.3.4).

1.2.2 Toteuma

Seuraavassa on lyhyesti kuvattu toimijoiden tärkeimpien YJH-2021-ohjelmassa esitettyjen suunnitelmien toteuma.

TVO:n suunnitelmien toteuma 2022–2024

TVO:n edellisessä ohjelmassa kuvatut suunnitelmat ovat toteutuneet seuraavasti.

Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi

KPA-varaston lämmönsiirtokapasiteettia korotettiin vuosina 2021 ja 2023. KPA-varaston siltanosturin sähköinen modernisointi ja nosturin telien korotus toteutettiin alkuvuodesta 2022.

Posivan teettämät käytetyn polttoaineen radiokemiallisten isotooppimittausten tulokset on saatu. Kyseisiä tutkimuksia tehtiin myös OL1:llä säteilytetylle polttoaineelle. Tuloksia on käytetty pitkäaikaisturvallisuuden kriittisyysturvallisuusanalyseissä käytettyjen laskentamenetelmien validointiin.

Käytetyn polttoaineen jälkilämpötehon epävarmuuksiin liittyen on tehty selvitys, jossa epävarmuuksien suuruutta on tarkennettu. Tuloksia tullaan käyttämään loppusijoituksen optimoinnissa.

Ydinlaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus

TVO on käynnistänyt projektin, jossa OL3-laitokselle tullaan hankkimaan nestemäisten radioaktiivisten jätteiden sementointilaitteisto.

STUKin vaatima VLJ-luolan turvallisuusperusteluun liittyvän kehitysohjelman suunnitelma on valmistunut alkuvuonna 2024 ja sen toteuttaminen käynnistetään vuoden 2025 alussa. Kehitysohjelman suunnitelmassa esitetään yhteistyön lisäämistä käytöstäpoistosuunnittelun ja pitkäaikaisturvallisuuden välillä, jotta pitkäaikaisturvallisuusnäkökohdat tulevat huomioitua aiempaa paremmin.

Vuonna 1997 VLJ-luolassa aloitettu kaasunkehityskoe on lopetettu ja näytteiden analysointi ja tulosten tulkinta tapahtuu vuoden 2024 aikana. VLJ-luolan betonin pitkäaikaistutkimuksia on jatkettu ja laadittu uusi tutkimusprojekti (PERCO2), jossa tutkitaan myös uusia betonilaatuja ja käyttäytymistä sulkemisen jälkeen sekä tulevaa VLJ-luolan laajennusta varten.

Fortumin suunnitelmien toteuma 2022–2024

Fortumin edellisessä ohjelmassa kuvatut suunnitelmat ovat toteutuneet seuraavasti.

Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi

- Käytetyn polttoaineen (KPA) varastolle on asennettu 4 uutta tiheää telinettä.
- Polttoaineen latauskone on päätetty modernisoida osittain (sähkö ja automaatio). KPA-varaston siirtokoneen osalta on aloitettu elinkaariarviointi.
- KPA-varastojen kuntoa seurataan jatkuvasti ja erityisesti huomiota on kiinnitetty polttoainealtaiden kunnan seurannan ja ikääntymisenhallinnan kehitystoimenpiteisiin. Allastutkimuslaitteistosta (ATULA) on aloitettu selvitys sen modernisoimiseksi.
- KPA-varaston nostureiden modernisointi on siirtynyt seuraavalle ohjelmakaudelle.
- Polttoaineniippujen jälkilämpötehon epävarmuus selvitys (Jäpö) -projekti käynnistyi alkuvuonna 2021. Projektia on kuvattu luvussa 4.4.1.

Ydinlaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus

- Metallijätteiden esiluokituksen tarkentaminen ei edennyt ohjelmakaudella.
- Metallijätteen pilkontaan on hankittu vaijerisahausrjestelmä ja näin ollen Loviisassa on nyt parempi kyky pilkkoa tarvittaessa suurikokoisia ja haastavan muotoisia kappaleita.
- Säteilymittausmonitorin hankinta metallijätteen valvonnasta vapautukseen on meneillään, mutta toteutus siirtyy seuraavalle ohjelmakaudelle.
- Nestemäisten jätteiden siirtojärjestelmät mahdollistavat jätteen pumppauksen kiinteytyslaitokselle nyt kaikista käytettyä ioninvaihtohartsia sisältävistä varastosäiliöistä. Myös kolmesta haihdutusjätesäiliöistä on pumppausyhteys kiinteytyslaitokselle.
- Kesimerotusjärjestelmää on paranneltu käyttökokemuksen perusteella.
- Uuden kiinteytetyn jätteen loppusijoitusastian nostotarraimen suunnittelu on aloitettu.

- Nestemäisten jätteiden syrjäytyskaasulinjaa on laajennettu toiseen säiliöön.
- Vuonna 2024 luotiin ruiskubetonin kunnontarkastukseen oma uusi tarkastusohjelma ja aiheesta tehtiin opinnäytetyö.
- Ohjelmakaudella selvitettiin mahdollisuuksia muuttaa huoltojätetilojen HJT1 ja HJT2 loppusijoituskonseptia. Toteutettavaksi toimeksi valikoitui kevytbetoniharkoista tehtävä tukirakenne. Samalla tehdään kalliomekaanisten mittalaitteiden huolto- ja kunnostustöitä sekä muita rakenteellisia parannustöitä, kun tilat joudutaan tyhjentämään.
- Suunnitelma, jossa oli tarkoitus sulkea osa tutkimuskäytössä olevista kairareijäistä, ei toteutunut, vaan siirtyi seuraavalle ohjelmakaudelle.
- VLJ-luolassa on toteutettu rusnausta suunnitelman mukaisesti ja lujituspuolttien kunnontarkastus on tarkoitus suorittaa syksyllä 2024.

Käytöstäpoistosuunnittelu

Voimalaitoksen saatua uuden käyttöluvan vuoteen 2050 asti, käytöstäpoistosuunnittelu jatkuu perinteiseen tapaan kuuden vuoden välein toimitettavilla käytöstäpoistosuunnitelman päivityksillä. Seuraava päivitys toimitetaan vuoden 2024 loppuun mennessä. YJH-2021-kaudella päivitettyjä asioita ovat esim. käytöstäpoiston aikataulu, käytöstäpoisto-organisaatio, aktiivisuusinventaaari (sis. aktivoitumismallinnus), kuivasiilojen purkusuunnitelman päivitys, itsenäistämissuunnitelman päivitys, primääripiirin dekontaminointiselvitys, käytetyn polttoaineen sisäiset siirrot ja työmaasuunnitelma.

Ydinlaitos- ja käytöstäpoistojätteiden loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus

Ohjelmakauden 2022–2024 suunnitellut toimenpiteet ja tehtävät on joko tehty, tekeillä tai suunnitteilla loppuvuonna 2024 ohjelmakauden ollessa kesken. Tehtävistä valmiina on pohjavesivirtausmallinnuksen esiselvitys ja laadunhallinnan kehitys.

Tekeillä on:

- aktiivisuusinventaarin päivitys ja lämmönkehitys,
- betonin rapautumismallinnus,
- kallion stabiilisuus,
- radionuklidien kulkeutumis- ja annoslaskenta,
- vaatimustenhallinnan kehittäminen, sekä
- skenaarioiden muodostus ja biosfäärimallinnus.

Posivan suunnitelmien toteuma 2022–2024

Tavoitteen mukaisesti käyttöluvahakemus jätettiin vuoden 2021 lopulla ja samanaikaisesti STUKille toimitettiin käyttöluva-aineisto turvallisuusarvion laatimista varten. Kesällä 2023 Posiva päivitti käyttöluva-aineistonsa vastaamaan laitosten kelpoistamisen etenemää. Turvallisuusperusteluun liittyen on ohjelmakauden aikana keskitytty STUKilta saatuihin lisäselvityspyyntöihin vastaamiseen. Lisäksi turvallisuusperustelun lähtötietojen jäädytyksen jälkeen hyväksytyistä loppusijoituskonseptin muutoksista kirjoitettiin vuonna 2023 valmistunut muistio (COMAN), jossa arvioitiin muutosten vaikutusta jätettyyn turvallisuusperusteluun.

Posivan laitosten, järjestelmien ja laitteiden valmistuminen viivästyivät monelta osin edellisessä ohjelmassa suunnitellusta. Posivan kapselointilaitos valmistui vuonna 2024 ja yhteistoimintakoe (YTK) aloitettiin elokuussa 2024. Loppusijoituslaitoksen louhintaurakka päättyi viiden ensimmäisen loppusijoitustunnelin louhintatyön valmistuttua vuonna 2022. Rakennus- ja talotekniikkaurakka valmistui 2023, jolloin päättyi kesällä 2019 aloitettu loppusijoituslaitoksen hankkeen aikainen rakentaminen. Maanalaiset tuotantolaitteet on tarkoitus saada käyttöönotettua vuonna 2024.

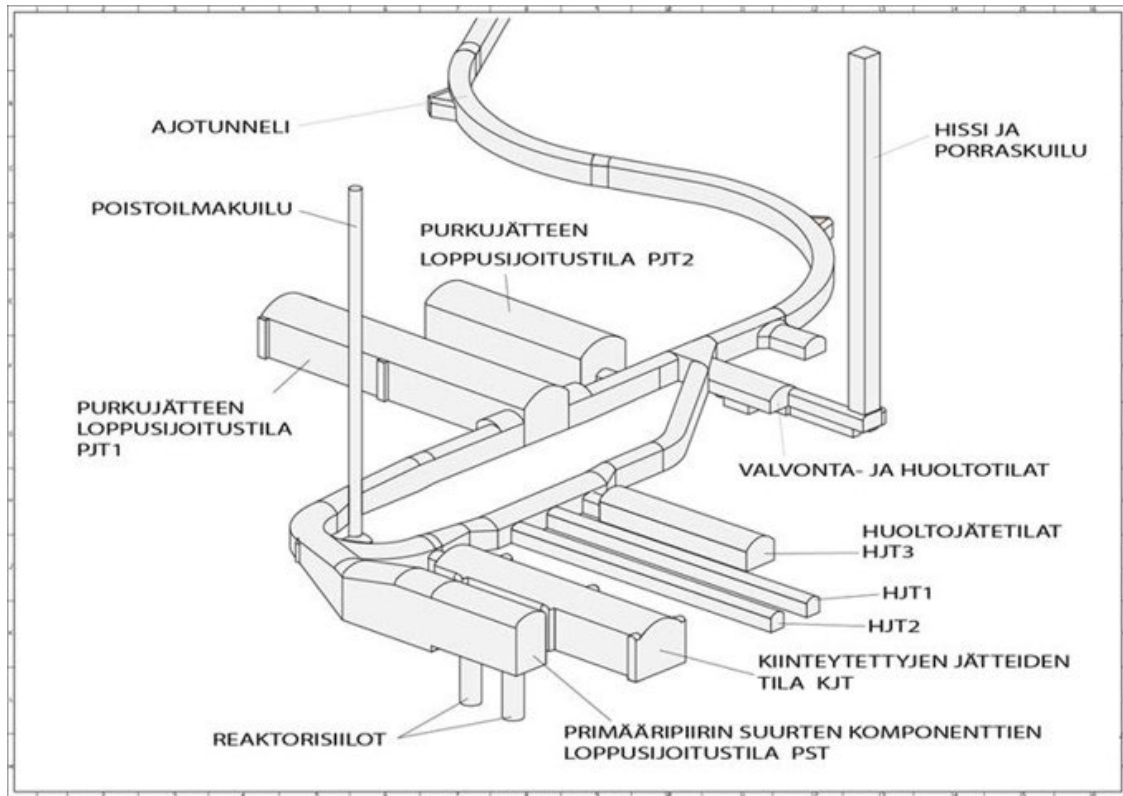
Tulevaa muutosta projektista tuotanto-organisaatioksi on edistetty laatimalla hallinnollisia ohjeita ja käyttöohjeita, määrittämällä tarvittavat avainosaamiset sekä kouluttamalla operaattoreita ja muuta henkilökuntaa. Posivan tavoitteena ennen tuotannon aloitusta oli organisoitua ja kehittää organisaationsa valmius ydinlaitoksen käyttäjän tasolle. Uusi tuotantovaiheen organisaatio astui voimaan heinäkuun 2024 alussa muutosmenettelyn jälkeen. Organisaatiomuutokselle laadittiin turvallisuusarvio, jonka arvioi lisäksi riippumaton kolmas osapuoli.

2 LOVIISAN VOIMALAITOS

Loviisan voimalaitos koostuu kahdesta laitosyksiköstä, Loviisa 1 (LO1) ja Loviisa 2 (LO2). Lisäksi voimalaitosalueella on mm. käytetyn ydinpolttoaineen varasto (KPA-varasto), kiinteytyslaitos, nestemäisten jätteiden varasto sekä ydinlaitosjätteen loppusijoituslaitos (VLJ-luola). Valtioneuvosto on myöntänyt Fortum Power and Heat Oy:lle (Fortum) luvan käyttää Loviisan voimalaitoksen molempia ydinvoimalaitosyksiköitä energian tuotantoon vuoden 2050 loppuun asti. Lisäksi laitosyksiköille myönnettiin käyttöluva laitosyksiköiden käytöstä poistoon valmistautumisen edellyttämällä tavalla enintään vuoden 2055 loppuun saakka. Valtioneuvosto on lisäksi myöntänyt luvan käyttää laitosyksiköihin kuuluvia ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon kannalta tarpeellisia rakennuksia ja varastoja tarvittavine laajennuksineen vuoden 2090 loppuun asti. Ydinvoimalaitoksen käytön aikana syntyvät matala- ja keskiaktiiviset jätteet yhtiö sijoittaa voimalaitospaikalle rakennettuun loppusijoituslaitokseen, jota on suunniteltu myöhemmin laajennettavaksi käytöstäpoistojätteitä varten. Loppusijoituslaitoksen käyttöluva on voimassa vuoden 2090 loppuun saakka.

2.1 Kokonaisaikataulu

LO1-yksikön kaupallinen sähköntuotanto alkoi vuonna 1977 ja LO2-yksikön vuonna 1981. Laitosten käytön aikana syntyviä radioaktiivisia jätteitä välivarastoitiin aluksi laitosalueella varastoissa ja tankeissa, kunnes Loviisan matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitos valmistui vuonna 1997 (kuva 2-1). Loppusijoituslaitokseen louhittiin aluksi kulkuyhteydet maanpinnalta, kaksi huoltojätetilaa (HJT1 ja HJT2) sekä myöhemmin varusteltu kiinteytetyn keskiaktiivisen jätteen tila (KJT). KJT rakennettiin valmiiksi vuonna 2006. Huoltojätteiden sijoitus VLJ-luolaan alkoi heti käyttöönoton jälkeen. Vuonna 2014 havaittiin, että KJT:n kaukalossa oli rapautuneita alueita, joiden keskiössä olivat alumiiniset välikenaulat. Vuonna 2016 KJT:n kallioseinät kunnostettiin ja kaukalon reunojen mursketäyttö uusittiin. Vuonna 2018 KJT:n kaukalon perusparannusprojektissa kaukalon rakenteita korjattiin vastaamaan suunnitteluperusteita. Peruskorjattu KJT otettiin käyttöön vuonna 2019. Vuosina 2010–2012 VLJ-luolaa laajennettiin rakentamalla huoltojätteiden loppusijoitustila HJT3 ja rakentamalla valmiiksi yhdystunneli, joka mahdollistaa ajoneuvojen helpomman kulkemisen loppusijoituslaitoksessa.



Kuva 2-1. Loviisan voimalaitoksen loppusijoituslaitos, VLJ-luola. Huoltojätetilat (HJT1–3) ja kiinteätyn jätteen tila (KJT) on jo rakennettu, kun taas suunnitellut purkujätetilat (PST, reaktorisiilot, PJT1 ja PJT2) rakennetaan vasta lähempänä tarveajankohtaa.

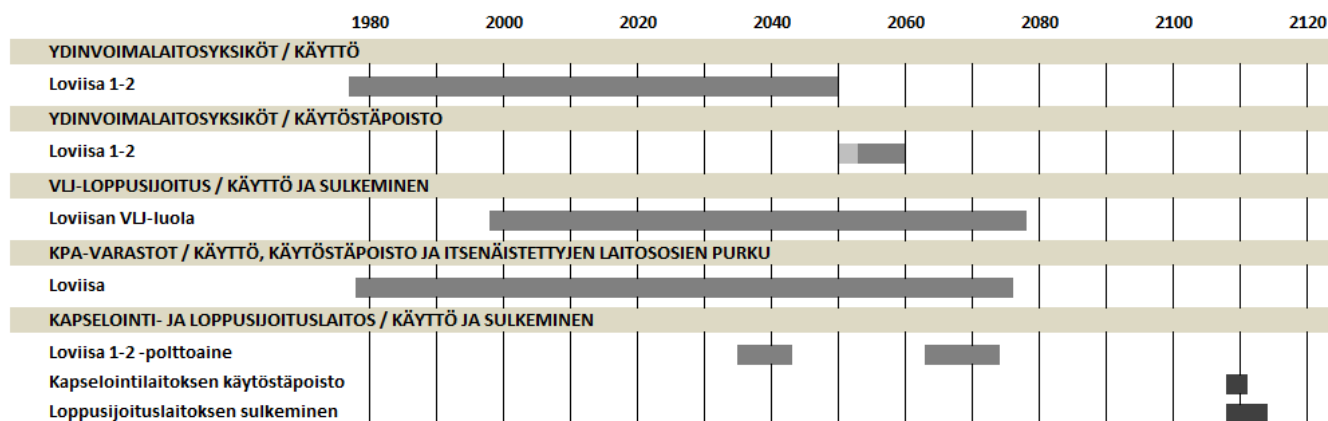
Loviisan voimalaitoksen käytön alkuaikoina käytetty ydinpolttoaine palautettiin noin viiden vuoden välivarastointiajan jälkeen Neuvostoliittoon (Venäjälle). Vuonna 1995 Suomessa tuli voimaan lakimuutos, jolla kiellettiin käytetyn polttoaineen vieminen pois maasta. Fortum toimitti viimeisen erän (240 nippua) käytettyä polttoainetta Venäjälle 3.12.1996, minkä jälkeen käytettyä ydinpolttoainetta on varastoitu Loviisan voimalaitosalueella sijaitsevilla KPA-varastoissa (KPA1 ja KPA2).

Vesijäähdytteistä KPA-varastoa laajennettiin 1980-luvun alussa rakentamalla KPA2-varasto, joka otettiin käyttöön 1984. KPA2-varastoa laajennettiin vuosina 1997–2000, jotta varastointikapasiteetti riittäisi loppusijoituksen aloittamiseen asti. KPA-varastoissa on nykyisellään 9 varastoallasta. Varastolla on myös otettu käyttöön ns. tiheitä polttoainetelineitä, jotka mahdollistavat suurempien polttoainemäärien varastoimisen. Tiheitä telineitä hyödyntämällä varaston kapasiteetti riittää laitoksen nykyisen käyttönsä loppuun saakka.

Loviisan voimalaitosyksiköiden käytöstäpoisto on suunniteltu aloitettavaksi välittömästi käytön päätyttyä. Käytöstäpoiston luvitus ja yksityiskohtainen suunnittelu tehdään käytön loppuvuosien aikana siten, että purkujätteen loppusijoitustila on käytössä, kun laitoksen sähköntuotanto loppuu. Laitosten käytöstäpoiston aikana ja sen jälkeen KPA-varasto toimii itsenäisesti. Käytöstäpoiston ensimmäinen vaihe valmistuu tämän hetken suunnitelmien mukaan noin vuonna 2060. Osia laitosyksiköiden järjestelmistä, kuten esimerkiksi niitä, jotka liittyvät nestemäisten jätteiden käsittelyyn, ei pureta

ensimmäisessä vaiheessa, sillä niitä tarvitaan edelleen KPA-varaston itsenäisen käytön aikana.

Posivan nykyisen aikataulun mukaan Loviisan polttoaine on saatu loppusijoitetuksi 2070-luvulla, minkä jälkeen KPA-varasto ja sen käyttämät järjestelmät poistetaan käytöstä. Kertyneet jätteet loppusijoitetaan Loviisan loppusijoituslaitoksen laajennukseen, minkä jälkeen loppusijoituslaitos suljetaan. Loviisan voimalaitoksen suunnitellun käytön sekä ydinjätehuoltotoimenpiteiden ajoittuminen on esitetty kuvassa 2-2.



Kuva 2-2. Loviisan voimalaitoksen suunnitellun käytön sekä ydinjätehuoltotoimenpiteiden alustava aikataulu.

2.2 Nykytilan kuvaus ja suunnitelmat vuosille 2025–2030

Loviisan ydinvoimalaitoksen jätehuollon tutkimus- ja kehitystoimenpiteet tähtäävät olemassa olevien jätehuoltomenettelyjen ja suunnitelmien edelleen kehittämiseen ja parantamiseen sekä sen varmistamiseen, että käytön aikana syntyvä ydinlaitosjäte on oikea-aikaisesti ja turvallisesti käsitelty siten, ettei käsittelystä aiheudu viiveitä käytöstäpoiston toteutukselle.

Käytetyn polttoaineen käsittelyyn ja varastointiin kohdistuvat toimenpiteet (esim. tiheiden telien hankinnat ja asennukset) tähtäävät riittävän varastointikapasiteetin varmistamiseen laitoksella käyttöiän loppuun saakka sekä edellytysten luomiseen polttoaineen kuljetukselle kapselointilaitokseen ja sieltä edelleen kapseloituna loppusijoituslaitokseen.

2.2.1 Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi

Loviisan voimalaitoksen käytettyä ydinpolttoainetta varastoidaan vesialtaissa voimalaitosyksiköillä LO1 ja LO2 sekä käytetyn polttoaineen varastoissa (KPA-varastoissa). KPA1 on rakennettu voimalaitoksen rakentamisen yhteydessä ja KPA2 1980-luvun alussa, kun käytetyn polttoaineen jäähtymisaikaa voimalaitoksella pidennettiin. KPA2-varaston laajennus neljällä lisäaltaalla otettiin käyttöön vuonna 2000. Loviisan voimalaitoksen käytön alkuaikoina käytetty ydinpolttoaine palautettiin lyhyen välivarastointiajan jälkeen Neuvostoliittoon (Venäjälle). Vuonna 1995 Suomessa tuli voimaan lakimuutos, jolla kiellettiin käytetyn polttoaineen vieminen pois maasta. Fortum

toimitti viimeisen erän (240 nippua) käytettyä polttoainetta Venäjälle 3.12.1996, minkä jälkeen käytettyä ydinpolttoainetta on varastoitu Loviisan voimalaitosalueella sijaitsevilla KPA-varastoissa (KPA1 ja KPA2).

Varastokapasiteettia on lisätty KPA2-varastoon korvaamalla alkuperäisiä avoimia telineitä nk. tiheillä telineillä tarpeen mukaan vuosien 2007–2024 aikana. Yhden telineen vaihtaminen kasvattaa varastokapasiteettia noin 220 nippupaikalla ja yhteen varastoaltaan mahtuu 4 telinettä. Posivan kapselointilaitoksen nykyisen tuotantosuunnitelman mukaan tarvittava varastokapasiteetti pystytään ylläpitämään Loviisassa korvaamalla loputkin avoimet telineet tiheillä telineillä.

Uuden käyttöluvan myötä varastoitavan käytetyn polttoaineen määrä tulee kasvamaan noin 2800 nipulla. Käytetyn polttoaineen varastointistrategia on valmisteilla ja sen päätavoitteena on varmistaa ja turvata käytetyn polttoaineen varastointikapasiteetti kaikissa voimalaitoksen elinkaaren vaiheissa. Strategia pureutuu kokonaisuuden hallintaan ja tuottaa tarvittavat toimenpiteet lyhyelle, keskipitkälle ja pitkälle aikavälille. Käyttöön jatkoon johdosta käytetyn polttoaineen käsittely- ja varastointitoimintojen tulee olla toimintakäykyisiä 2070-luvun puoleen väliin asti. Polttoaineen varastoinnin päätoimenpiteet ja investoinnit lähivuosille on esitetty alla.

Merkittävimmät toteutussuunnitelmat vuosina 2025–2027

- KPA2-varaston varastoaltaiden jäähdytysjärjestelmän tehon lisääminen kasvavasta varastoitavien polttoaineniippujen määrästä johtuen,
- KPA2-varaston allaskansien kunnostus,
- Posivalle loppusijoitettavaksi toimitettavien Loviisan voimalaitoksen käytettyjen polttoaineiden kuljetusjärjestelyiden suunnittelu,
- KPA2-varaston kapasiteetin kasvattaminen vuonna 2026 korvaamalla 2 kpl avoimia telineitä tiheillä telineillä,
- KPA2-varaston 15 t nosturin modernisointi sekä nostokapasiteetin korottaminen 30 tonniin,
- tiheiden telineiden käsittelyprosessin kehitystyö,
- polttoaineen allastutkimuslaitteiston (ATULA) modernisointi, ja
- KPA-varastojen vuotovesi- ja näytteenottojärjestelmän modernisointi.

Alustavia suunnitelmia vuosille 2028–2030

- Käytetyn polttoaineen siirtosäiliön modernisointi,
- latauskoneen ja KPA-siirtokoneen modernisointi on jo käynnissä ja tavoitteena on, että modernisointi on valmis vuoteen 2030 mennessä,
- avoimien telineiden korvaamisen jatkaminen tiheillä telineillä vuosina 2028 (3–4 kpl) ja 2030 (2 kpl), ja
- KPA-varastojen 125 t nostureiden modernisointi.

Välivarastoinnin aikana käytetyn polttoaineen kuntoa seurataan säännöllisesti toteuttamalla mm. pitkäaikaisvarastoinnin kunnonvalvontaohjelmaa seurantaan valittujen nippujen osalta. Tällä varmistetaan, että käytetyn polttoaineen kunto säilyy pitkäaikaisvarastoinnissa riittävänä myös loppusijoituksen edellyttämän käsittelyn

kannalta. Myös itse KPA-varastojen kuntoa seurataan, ja niille tehdään tarvittavat kunnostustoimenpiteet.

Ydinmateriaalivalvonnalla STUK, Euratom ja IAEA varmistavat ydinaineiden pysymisen niille tarkoitettussa käytössä. Viranomaiset toteuttavat valvontaa tarkastuksilla ja tarvittaessa polttoaineen verifiointimittauksilla riippumattomasti omilla laitteillaan. Valvontaa suorittavat organisaatiot kehittävät verifiointimittausmenetelmiä loppusijoituskäyttöön. Fortum seuraa vuosien 2025–2030 aikana kehitystä viranomaisyhteydenpidolla sekä osallistumalla tarvittaessa valikoituihin hankkeisiin.

2.2.2 Ydinlaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus

Loviisan ydinvoimalaitoksella syntyy käytön, huollon ja korjaustöiden yhteydessä ydinlaitosjätteitä. Prosessivesien puhdistuksessa, valvonta-alueen viemäri-vesien käsittelyssä sekä komponenttien ja järjestelmien dekontaminoinnin yhteydessä syntyy nestemäisiä ja märkiä jätteitä, joita ovat ioninvaihtoharsit, haihdutusjätteet sekä lietteet ja sakat. Kuivia jätteitä ovat mm. ilmastointi- ja prosessikaasujärjestelmien suodattimet, huolto- ja korjaustöissä syntyvät sekalaiset jätteet sekä putkistomuutosten ja huoltotöiden yhteydessä syntyvät metalliromut. Lisäksi ydinlaitosjätteisiin kuuluvat haihdutusjätteiden kesiumerotukseen käytetyt ioninvaihtokolonnit sekä pieni määrä huoltotöiden yhteydessä syntyviä liuotinjätteitä. Matala- ja keskiaktiivinen ydinlaitosjäte käsitellään, varastoidaan ja loppusijoitetaan laitospaikalla (kuva 2-1). Käsittely ja varastointi tapahtuvat voimalaitoksen tiloissa ja loppusijoitus erillisessä loppusijoituslaitoksessa.

Huoltojätteet loppusijoitetaan 200 litran terästynnyreissä. Kiinteitetyn jätteen betoniastiat sijoitetaan erilliseen betonikaukaloon ja astioiden välit täytetään betonilla. Käytetyt ioninvaihtoharsit ja haihdutusjätteet varastoidaan nestemäisten jätteiden varastossa 300 m³:n säiliöissä. Haihdutusjätteelle tehdään kampanjoittain kesiumerotus, jolla vähennetään aktiivisen nestemäisen jätteen määrää. Kesiumerotuksessa käytettävät suodatinpatruunat loppusijoitetaan betonisissa loppusijoitusastioissa kiinteitetyn jätteen tilaan.

2.2.2.1 Nestemäisten jätteiden käsittely ja varastointi

Nestemäisten jätteiden varastossa on seitsemän 300 m³:n säiliötä ioninvaihtoharsien ja haihdutusjätteiden varastointia ja käsittelyä varten sekä yksi 300 m³:n ylivuotosäiliö viemäri-vesille. Haihdutusjäteliuksen varastosäiliön täytyttyä noin 3–4 vuoden välein, aloitetaan kesiumerotukseen liittyvät toimenpiteet. Kesiumin erotuksessa varastosäiliössä oleva liuos käsitellään poistamalla siitä kesiumin isotoopit selektiivisellä ioninvaihtomateriaalilla (CsTreat[®]). Tämän prosessin avulla vähennetään huomattavasti loppusijoitettavan kiinteitetyn nestemäisen jätteen määrää. Varastosäiliöihin johdettavat ioninvaihtoharsit kiinteitetään betonimatriisiin kiinteityslaitoksella.

Nestemäisten jätteiden varaston yhteydessä toimii kiinteityslaitos, jossa käytetyt ioninvaihtoharsit ja haihdutusjättesäiliöiden pohjasakat sekä aktiivisimmat lietteet kiinteitetään betonoimalla. Keskiaktiivisen jätteen kiinteitys tehdään teräsbetonisissa sisätilavuudeltaan 1 m³:n ja ulkotilavuudeltaan 1,7 m³:n jättestioissa. Kesiumerotuskolonnien loppusijoitusastioille tehdään betonitäyttö kolonnien asentamisen jälkeen. Matala-aktiivinen radioaktiivinen nestemäinen jäte, kuten

ioninvaihtohartsit, lietteet ja liuottimet betonoidaan 200 litran tynnyreihin. Kiinteystylaitoksen toimintaa on tarkoitettu jatkaa myös voimalaitoksen käytöstäpoiston ja käytetyn polttoaineen varastointivaiheen aikana siten, että se puretaan viimeisenä laitososana voimalaitoksen käytöstäpoiston yhteydessä.

Kiinteystylaitos aloitti tuotannollisen käytön vuoden 2016 alussa, minkä jälkeen nestemäisten jätteiden käsittelyssä on keskitytty turvallisen ja tehokkaan tuotantokäytön varmistamiseen ja laitoksen kehittämiseen. Tuotannon varmistaminen ja kehitys tarkoittaa kiinteystylaitoksen laadun jatkuvaa seuranta ja kehittämistä sekä kiinteystylaitoksen teknistä parantamista mukaan lukien järjestelmien ikääntymisen hallinnan.

Vuoden 2014 alussa käynnistetyn nestemäisten jätteiden kehitysohjelman (TW/TT-ohjelman) yksi tärkeimmistä tehtävistä on toteuttaa ja kehittää nestemäisten jätteiden siirtojärjestelmät loppuun niin, että kaikki varastosäiliöihin johdettava jäte pystytään käsittelemään tulevaisuudessa. Käyttökokemuksen perusteella on havaittu, että jätteen siirtämisessä voidaan käyttää osittain yhteisiä siirtojärjestelmiä varastosäiliöiden välillä. Tämä pienentää asennustöistä aiheutuvia säteilyannoksia ja toteutuskustannuksia. Kehitysohjelman myötä on mm. rakennettu uusia jätteiden siirtojärjestelmiä varastosäiliöihin, parannettu sytytyskaasujen käsittelyä, uudistettu kesimerotusjärjestelmää, kehitetty kiinteystylaitoksen jätteen loppusijoitustilan täyttövalu sekä tehty muutoksia ja parannuksia muihin nestemäisten jätteiden hallintaan liittyviin teknisiin laitteisiin. Myös kiinteystylaitoksen laadunvalvontaan on kehitetty uusi ohjelmisto helpottamaan kirjaamista ja parantamaan tiedonhaku. Meneillään on mm. loppusijoitusastian kehitystyö, jolla tähdätään kustannustehokkuuteen ja astian nostotyön säteily- ja työturvallisuuden parantamiseen.

Kiinteystylaitoksen kehitystyön myötä on saatu kasvatettua kiinteystylaitoksen jätteen määrää loppusijoitusastiassa käyttämällä haihdutusjätteen liuosfaasia hartsijätteen kiinteystylaitoksen puhtaan veden sijaan. Tällä pystytään vähentämään loppusijoitettavien jätepakkausten määrää kiinteystylaitoksen tilassa (KJT). Kiinteystylaitoksen tehokkaan, turvallisen ja laadukkaan toiminnan takaamiseksi kiinteystylaitoksen tutkimusta ja kehitystä jatketaan edelleen.

Toteutussuunnitelmat vuosina 2025–2027

Tärkeimmät nestemäisten jätteiden käsittelyyn ja varastointiin liittyvät muutossuunnitelmat vuosina 2025–2027 ovat:

- nestemäisten jätteiden varaston viemäriveresisäiliön siirtojärjestelmän toteutus,
- haihdutusjätteen varastosäiliöiden pohjasakkojen siirtojärjestelmien kehitys,
- kiinteystylaitoksen automaatiouudistuksen ja prosessinohjausjärjestelmän päivityksen edistäminen,
- kiinteystylaitoksen jätteidenkäsittelyjärjestelmien parantaminen,
- jätteen määrän lisääminen kiinteystylaitoksen tuotuksessa, ja
- KJT-kaukalon toisen manttelivalukerroksen suunnittelu.

Alustavia suunnitelmia vuosille 2028–2030

Alustavan suunnitelman mukaan tärkeimmät vuosina 2028–2030 toteutettavat hankkeet:

- KJT-kaukalon toisen manttelivalukerroksen toteutus,
- jatketaan kehitystyötä niin prosessien, kiinteytysreseptin kuin loppusijoitusastiankin osalta, ja
- kiinteytyslaitoksen itsenäistämisen suunnittelu.

2.2.2.2 Kuivien jätteiden käsittely ja varastointi

Kuiva huoltojäte pakataan 200 litran terästynnyreihin tai vastaaviin pakkauksiin. Puristuva jäte tiivistetään tynnyreihin jätepuristimilla, jolloin yhteen tynnyriin saadaan mahtumaan yli viisi kertaa enemmän jätettä kuin ilman tiivistystä. Puristumattomat jätteet ladotaan tiiviisti tynnyreihin. Jätetynnyreiden radioaktiivisuus mitataan gammaspektrometrisesti ja tämän tiedon perusteella tynnyrit joko vapautetaan valvonnasta, varastoidaan odottamaan valvonnasta vapautusta tai loppusijoitetaan huoltojätetiloihin. Jätetynnyreiden jäljitettävyyden parantamiseksi käytetään viivakoodi-identifiointia, joka vähentää inhimillisten virheiden mahdollisuutta sekä antaa paremman mahdollisuuden tietokantojen hyväksikäyttöön.

Suuria metallikomponentteja ei tavallisesti pakata tynnyreihin, vaan ne pyritään mahdollisuuksien mukaan dekontaminoimaan ja vapauttamaan valvonnasta. Vain jos kontaminoituneita komponentteja ei saada puhtaaksi, niitä varastoidaan laitoksella, kunnes ne saadaan loppusijoitettua mahdollisen lisäkäsittelyn jälkeen.

Kun jätteen annosnopeus on suuri (esim. reaktorin imurointijäte, materiaalitutkimuksiin liittyvät koepalat ja näyteketjut), jäte sijoitetaan reaktorirakennuksissa tai KPA:lla sijaitseviin kuivasiiloihin. Tällaisen jätteen määrä on massaltaan ja tilavuudeltaan pientä ja se loppusijoitetaan viimeistään voimalaitoksen käytöstäpoiston yhteydessä. Valvonnasta vapautettavan jätteen osuus kaikista kuivista jätteistä pyritään pitämään vähintään 75 %:n tasolla. Lisäksi lajittelu- ja pakkausmenetelmiä pyritään tehostamaan sekä kuivien jätteiden käsittelyä järkeistämään entisestään.

Selvitykset ja toimet vuosina 2025–2027

Tärkeimmät kuivien jätteiden käsittelyyn ja varastointiin liittyvät muutossuunnitelmat vuosina 2025–2027 ovat

- Metallijätteen esiluokitusta tarkennetaan ja lisätään,
- Metallijätteen pilkontaa parannetaan mahdollisilla uusilla laitehankinnoilla,
- Edistetään säteilymittausmonitorin hankintaa metallijätteen valvonnasta vapauttamisen säteilymittauksen sujuvoittamiseksi jätteenkäsittelyhallissa (Jäkälä). Metallijätteiden vapautusmittauksissa säteilymittausmonitori tehostaa valvonnasta vapautusmittausten suorittamista ja vapauttaa resursseja isompien/haastavien metallijätteiden mittaukseen,
- Edistetään tynnyrimittauslaitteen uudistusprojektia.

Alustavia suunnitelmia vuosille 2028–2030

Alustavan suunnitelman mukaan tärkeimmät vuosina 2028–2030 toteutettavat hankkeet:

- Varmennetaan että metallijätteiden käsittelyn välineet ovat käyttökuntoisia ja tehdään tarvittavat uusinnat,
- Parannetaan ja tehostetaan edelleen jätteiden käsittelymenetelmiä,
- Selvitetään mahdollisuuksia tehostaa jätteiden säteilymittauksia.

2.2.2.3 Ydinlaitosjätteiden loppusijoitus

Loppusijoituslaitoksen kalliomekaanista, hydrologista sekä pohjavesikemian seurantaan tehdään joka vuosi. Hydrologinen seuranta käsittää maanpinnalla meriveden korkeuden, sadannan sekä pohjavedenpinnan korkeuden. Loppusijoituslaitoksessa mitataan pohjaveden painetta, sähköjohtavuutta sekä vuotovesien määrää. Pohjavesikemian analyysiohjelmassa on fysikaalis-kemiallisten perusparametrien lisäksi pääkationit ja -anionit sekä hivenmetallit. Hivenmetalleista nikkeli, koboltti, sinkki, strontium ja cesium ovat merkittäviä metalleja ydinlaitosjätteessä. Analyysiohjelmassa on huomioitu mahdolliset betoniaggressiiviset parametrit (mm. aggr. karbonaatti, ammoniakki ja sulfaatti). Pohjaveden hapetus-pelkistystilan arvioimiseksi ja evoluution selvittämiseksi on analyysiohjelmassa redox-parametrit rauta(II) ja rauta(tot). Perusanalyyseihin sisältyvät myös veden alkuperää ja pinnallisen veden sekoittumista indikoivat parametrit deuterium/happi-18 ja tritium. Lisäksi analyysiohjelmassa on pohjaveden muodostumisprosesseja ja viipymää tarkentavia isotooppeja ja kaasuja: hiili-13/hiili-14 (DIC, DOC), radon-222, rikki-34 ja strontium-87/strontium-86.

Kalliomekaanista seurantaan tehdään loppusijoituslaitokseen asennetulla automaattisella kalliomekaanisella mittauslaitteistolla, johon on kytketty 17 tankoekstensometriä, 7 kuormitusanturia, yksi fissurometri ja 11 lämpötila-anturia. Kallion stabiilisuutta seurataan lisäksi manuaalisilla konvergenssimittauksilla. Loppusijoituslaitoksessa on yhteensä 14 mittausleikkausta ja 61 mittauspulttia. Mittausohjelmassa on kaikkiaan 10 mittausleikkausta.

Loppusijoituslaitoksen kunnonseuranta ja ikääntymisen hallinnan raportointia jatketaan kerran vuodessa. Loppusijoitustiloissa on havaittu vuotovesien sekä kosteuden hallinnan olevan kriittistä rakenteiden ikääntymisessä ja kunnan ylläpitämisessä. Esimerkiksi joidenkin metallirakenteiden on havaittu korrodoituvan nopeasti. Selvitysten perusteella on tehostettu ilmastointikuilun ilmanvaihtoa ja -kuivausta niin, ettei vesi pääse kondensoitumaan teräsrakenteiden pinnoille. Samalla on kehitetty ruiskubetonin kunnolle erillisen seurantaohjelman, joka sisältää myös näytteenottoja. Tähän mennessä vastaanottohallissa sekä pystykuiluissa on tehty korjaavia toimia ruiskubetonille.

Vaikka tippuv veden määrä on vähäistä, on HJT3:ssa erilaiset jätepakkaukset suojattu tippuvesiltä joko teräksisillä tai muovista valmistetuilla suojilla. Suojilla ehkäistään suolaisen pohjaveden aiheuttamaa korroosiota jätepakkausissa.

Loppusijoituslaitoksessa olevien lujituspulttien kunto tarkastettiin boltometermenetelmällä vuosina 2014 ja 2019 ja lujituspulttien on todettu olevan hyvässä kunnossa.

Vuonna 2014 havaittiin KJT:n betonikaukalon ulkoseinämässä kaksi vaurioitunutta kohtaa. Vaurioituneet kohdat esiintyivät paikoissa, joissa muovivälikkeiden alumiinisiin kiinnikenauloihin oli roiskunut VLJ-luolan vuotovesiä. Välitteitä kiinni pitäneet naulat poistettiin ja kohdat paikattiin kaukalon peruskorjausprojektissa ennen varsinaisen loppusijoituksen alkua 2019.

Toteutussuunnitelmat vuosina 2025–2027

Ydinlaitosjätteiden loppusijoituslaitoksen kalliomekaanista ja hydrologista seurantaa sekä pohjavesikemian analyysjä jatketaan seurantaohjelmien mukaisesti. Tulokset koostetaan, analysoidaan ja raportoidaan kerran vuodessa. Niin ikään loppusijoitustilan ikääntymisen hallintaa ja monitorointia jatketaan. Niiden laajuutta ja sisältöä arvioidaan sekä kehitetään tarvittaessa.

Ohjelmakaudella toteutetaan jo vuonna 2024 aloitettu HJT1:n ja HJT2:n loppusijoituskonseptin muutosprojekti, jossa tilojen reunoille rakennetaan betoniharkkoseinät tukemaan loppusijoitettavia tynnyreitä. Tiloille tehdään samalla muitakin tarkastus- ja kunnostustöitä mm. asennetaan/korjataan kalliomekaanisia mittalaitteita, tarkastetaan ruiskubetonin kunto sekä asennetaan kankaat suojaamaan jätepakkauksia tippuvesiltä. Tilojen tyhjennyksen yhteydessä vapautetaan valvonnasta huoltojätetiloissa jo vapautettavissa olevat tynnyrit.

Muita loppusijoituslaitokseen liittyviä suunniteltuja toimenpiteitä vuosille 2025–2027:

- Eritasopiatsometrien Y1 ja Y2 korjaus,
- jatketaan pohjavesiasemien modernisointeja,
- KJT-kaukalon karbonatsoitumisnäytteiden otto ja analysointi,
- KJT-kaukalon laaja rakennetarkastus,
- Vuotovesikaivojen ja -altaan tarkastus.

Alustavia suunnitelmia vuosille 2028–2030

Alustavan suunnitelman mukaan tärkeimmät vuosina 2028–2030 toteutettavat hankkeet:

- Osan maanpäällisten kairareikien sulkeminen,
- Tarpeen mukaan flow-log mittausten teettäminen,
- Luolan ovien uusinta ja sähköistäminen.

2.2.3 Käytöstäpoistosuunnittelu

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelma on päivitetty vuonna 2018 ja seuraava päivitys laaditaan vuoden 2024 aikana. Aikaisemman suunnitelman lähtökohtana oli välitön käytöstäpoisto laitossyksiköiden 50 vuoden käyttöään jälkeen. Tuon suunnitelman päivityksen jälkeen laitokselle myönnetty uusi käyttöluva on siirtänyt käytöstäpoistoa noin 20 vuotta myöhemmäksi. Vuonna 2024 laadittava käytöstäpoistosuunnitelma kuvastaa uuden aikataulun mukaista käytöstäpoistoa.

Uudessa käyttöluvassa lupa sähköntuotantoon loppuu molemmilla laitossyksiköillä samaan aikaan 2050 lopussa, ja luvassa on mukana käytöstäpoiston valmisteluvaihe vuosina 2051–2055. Kun valmisteluvaiheen tehtävät on saatu suoritettua, alkaa

ensimmäinen purkuvaihe, jossa puretaan radioaktiiviset osat reaktorirakennuksista. Käytettyä polttoainetta säilytetään edelleen käytetyn polttoaineen varastoilla, kunnes se kuljetetaan loppusijoitukseen joitakin vuosikymmeniä myöhemmin. Kun kaikki käytetty polttoaine on kuljetettu pois, alkaa käytöstäpoiston toinen purkuvaihe. Tällöin puretaan käytetyn polttoaineen varastojen, kiinteystylaitoksen ja nestemäisten jätteiden varaston radioaktiiviset osat. Lopuksi laitosalueen rakennukset vapautetaan valvonnasta ja VLJ-luola suljetaan lopullisesti. Laitoksen puhtaiden osien purkaminen ei ole mukana käytöstäpoistosuunnitelmissa, mutta sitä on tarkasteltu erikseen esimerkiksi osana kustannusarviota.

Laitosyksiköiden ollessa vielä toiminnassa, louhitaan käytöstäpoistojätteiden loppusijoitustilat nykyisten ydinlaitosjätteiden loppusijoitustilojen yhteyteen (kuva 2-1), jotta ne ovat käytettävissä jo käytöstäpoiston valmisteluvaiheen aikana syntyvälle jätteelle. Hyvissä ajoin ennen käyttöluvan valmisteluvaiheen päättymistä Loviisan voimalaitokselle tullaan hakemaan käytöstäpoistolupa.

Käytöstäpoiston valmisteluvaiheen aikana siirretään käytetty polttoaine reaktorirakennuksesta käytetyn polttoaineen varastolle, prosessijärjestelmät tyhjenetään ja tarvittaessa dekontaminoidaan, ja tehdään tarpeelliset rakentamis- ja raivaustyöt sekä hankinnat purkuvaihetta varten. Valmisteluvaiheen aikana tehdään valtaosa töistä, joissa itsenäistetään käytetyn polttoaineen säilyttämistä varten tarvittavat laitososat.

Ensimmäinen purkuvaihe alkaa, kun valmisteluvaiheen työt on saatu suoritettua ja käytöstäpoistolupa on astunut voimaan. Sen on suunniteltu kestävän noin viisi ja puoli vuotta. Vaiheen aikana reaktorirakennuksista puretaan kaikki aktivoituneet ja kontaminoituneet järjestelmät sekä rakenteet. Käytön aikana aktivoituneita ovat mm. reaktorin painesäiliö, reaktorin sisäosat ja biologisen suojan betoni reaktorin ympärillä. Radioaktiivista ainetta on levinnyt eri prosessijärjestelmiin ja rakenteisiin, jolloin ne ovat kontaminoituneet. Tällaisia osia ovat esim. reaktorin paineastian kansi ja reaktorin säätösauvakoneistot.

Toinen purkuvaihe eli itsenäistettyjen laitososien radioaktiivisten osien purkaminen aloitetaan käytetyn polttoaineen varastoinnin lopettamisen jälkeen. Tämän jälkeen kaikki laitosalueella oleva radioaktiivinen jäte on loppusijoitettu, voimalaitosalueen jäljellä olevat rakennukset voidaan vapauttaa valvonnasta, VLJ-luola voidaan sulkea lopullisesti ja Fortum voi hakea vapautusta huolehtimisvelvollisuudesta. Toisen purkuvaiheen ja VLJ-luolan sulkemisen ajankohta riippuu käytetyn polttoaineen loppusijoituksen aikataulusta. Vuoden 2024 suunnitelmassa loppusijoitustilojen sulkemisen on arvioitu tapahtuvan noin vuonna 2075.

Vuoden 2024 käytöstäpoistosuunnitelman päivitykseen käytöstäpoiston strategia ja aikataulu on arvioitu uudelleen muuttuneen aikataulun pohjalta. Suunnitelmaa on tarkennettu tai tarkennetaan vielä vuoden 2024 aikana projektin lisensoinnin, vaatimusmäärittelyn ja -seurannan, organisaation, työmaasuunnitelman, itsenäistämistoimien, jäteinventaarin, jätehuollon, valvonnastavapautuksen, VLJ-luolan sulkemisen sekä valmisteluvaiheen ja ensimmäisen purkuvaiheen tiettyjen työkokonaisuuksien osalta. Vuoden 2018 suunnitelmasta saadut TEM:n, STUKin ja VTT:n antamat kommentit on huomioitu niiltä osin, kuin ne koskivat normaalia

käytöstäpoistosuunnitelman kuusivuotispäivitystä, eivätkä lopullista käytöstäpoistosuunnitelmaa.

Käytöstäpoistosuunnittelussa hyödynnetään voimalaitoksen käyttökokemustietoja sekä kokemuksia ydinlaitosjätteiden käsittelystä, varastoinnista ja loppusijoituksesta. Voimalaitosyksiköiden käytön aikana käyttö- ja kunnossapitohenkilökunta kerää käyttökokemustietoja (esim. komponenttien kunnostus ja vaihtaminen, käytetyt työtunnit, työmenetelmät ja kontaminaatio) ja järjestelmien, laitteiden ja rakenteiden aktiivisuuksia. Jätteiden kertymää valvotaan normaalin toiminnan osana.

Edellisen ohjelmakauden aikana saatu uusi käyttöluupa on vaikuttanut käytöstäpoistosuunnittelun kriittisyyteen huomattavasti. Käytöstäpoistosuunnitelma tullaan päivittämään vielä vähintään neljä kertaa ennen lopullisen käytöstäpoistosuunnitelman laadintaa käytöstäpoistolupahakemuksen liitteeksi.

Selvitykset vuosina 2025–2027

Ohjelmakauden alkupuolella Fortum saa viranomaisilta kommentit vuonna 2024 päivitetystä käytöstäpoistosuunnitelmasta. Saatujen kommenttien ja Fortumin saaman käytännön kokemuksen (FiR1-tutkimusreaktorin käytöstäpoisto) pohjalta voidaan laatia suunnitelma sille, mitä osioita käytöstäpoistosuunnitelmasta tarkennetaan seuraavaa vuoden 2030 päivitystä varten. Ohjelmakauden aikana on hyvä tilaisuus kerätä myös uutta tietoa ulkomailla toteutetuista käytöstäpoistoprojekteista.

Vuonna 2024 tai jo aikaisemmin tunnistettuja jatkotarkastelukohteita ovat ainakin prosessivesien käsittely käytöstäpoiston valmisteluvaiheen aikana, paineastioiden ja niiden sisäosien käsittely- ja loppusijoituskonsepti, optimoitu aikataulu yhtäaikaisen ensimmäisen purkuvaiheen toteuttamiselle sekä logistiikka käytöstäpoiston aikana.

Näiden selvitysten laatiminen voi jatkua seuraavalle ohjelmakaudelle.

Selvitykset vuosina 2028–2030

Ohjelmakauden aikana laaditaan päivitetty käytöstäpoistosuunnitelma, joka vastaa viranomaiskommentteihin ja mahdollisuuksien mukaan myös muihin tunnistettuihin kehityskohteisiin.

2.2.4 Ydinlaitos- ja käytöstäpoistojätteiden loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus

Selvitykset vuosina 2025–2027

Tutkimusaiheet vuosille 2025–2027 jakaantuvat karkeasti loppusijoitusjärjestelmän toimintakyvyn arvioimiseen sekä radionuklidien kulkeutumisen- ja annoslaskentaan. Suunnitellut toimenpiteet perustuvat vuonna 2020 laadittuun pitkäaikaisturvallisuuden kehitysohjelman esisuunnitelmassa kuvattuun aikatauluun ja sen päivityksiin.

Loppusijoitusjärjestelmän toimintakyvyn arvioimisessa tarkastellaan käytöstäpoistojätteille suunniteltujen teräksisten loppusijoituspakkausten kestävyyttä.

Teräksiset loppusijoituspakkaukset voivat olla loppusijoitusta varten erikseen suunniteltuja pakkauksia tai reaktoripainesäiliöitä, joita on suunniteltu käytettävän aktivoituneiden reaktorin sisäosien loppusijoituspakkauksina. Reaktorin sisäosien loppusijoituskonseptia tarkastellaan yhdessä käytöstäpoistosuunnittelun kanssa. Betonin rapautumismallinnuksen kehittäminen alkoi vuonna 2023 ja se jatkuu myös vuosien 2025–2027 aikana. Tavoitteena on kehittää betonin rapautumismallinnusta entistä realistisempaan suuntaan ottamalla huomioon esimerkiksi rapautumisen vaihtelu betonirakenteiden eri osien välillä, esimerkiksi pohjavesivirtauksen tai paikallisten laatupoikkeamien johdosta sekä huomioimalla erilaiset fysikaaliset ja kemialliset rapautumismekanismit aiempaa laajemmin. Kaasunkehityksen ja -kulkeutumisen mallintamisen kehitysmahdollisuuksia selvitetään, yhtenä tavoitteena on suoraviivaistaa kaasunkulkeutumisen mallinnusta aiemmasta lähestymistavasta.

Radionuklidien kulkeutumis- ja annoslaskennassa tarkastellaan erityisesti mahdollisuuksia kehittää radionuklidin C-14 kulkeutumista pintaympäristössä ja sen annosmallinnusta. Lisäksi tarkastellaan radionuklidien pidättymistä erityisesti betoniin ja pintaympäristössä.

Alustavia suunnitelmia vuosille 2028–2030

Vuosien 2028–2030 tutkimukset tarkentuvat seuraavan kolmivuotiskauden aikana. Suunnitelmat riippuvat erityisesti seuraavan turvallisuusperustelun ja sen laatimiseksi perustettavan projektin aikataulusta.

3 OLKILUODON VOIMALAITOS

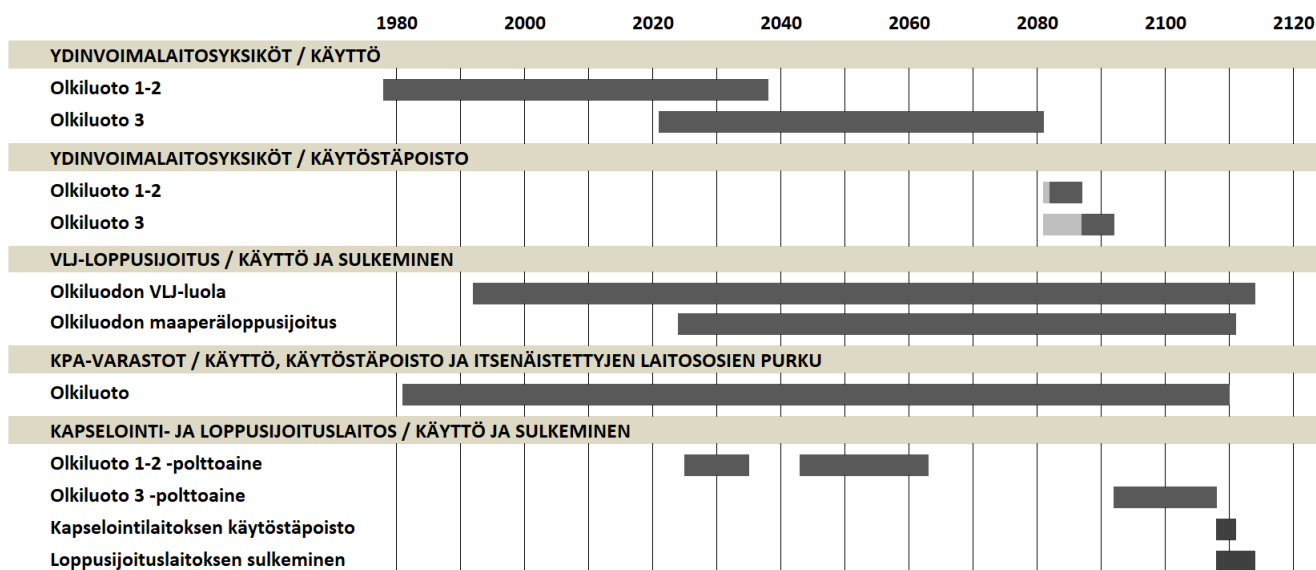
Teollisuuden Voima Oyj:llä (TVO) on Eurajoen Olkiluodossa kolme ydinvoimalaitosyksikköä. Näistä Olkiluoto 1 ja 2 (OL1 ja OL2) ovat kiehtusvesireaktoreita ja Olkiluoto 3 (OL3) painevesireaktori. OL1 kytkettiin valtakunnan verkkoon ensimmäisen kerran syyskuussa 1978 ja OL2 helmikuussa 1980. Olkiluoto 3 -laitosyksikkö aloitti koekäyttöjakson jälkeen säännöllisen sähköntuotannon 16.4.2023.

Lisäksi voimalaitosalueella on käytetyn polttoaineen välivarasto (KPA-varasto), hyvin matala-aktiivisen jätteen (HMAJ) välivarasto, matala-aktiivisen jätteen välivarasto (MAJ-varasto), keskiaktiivisen jätteen välivarasto (KAJ-varasto) sekä ydinlaitosjätteen loppusijoitustila (VLJ-luola).

Valtioneuvoston myöntämät käyttöluvut OL1-, OL2- ja OL3-voimalaitosyksiköille (mukaan lukien MAJ-varaston, KAJ-varaston ja KPA-varaston) ovat voimassa vuoden 2038 loppuun. Olkiluodon VLJ-luolan käyttöluva on voimassa vuoden 2051 loppuun asti. Tällä hetkellä selvitetään OL1- ja OL2-laitosyksiköiden mahdollista tehonkorotusta, sekä näiden käyttöiän pidentämistä. Toteutuessaan niillä on vaikutusta ydinjätteen kokonaismääriin.

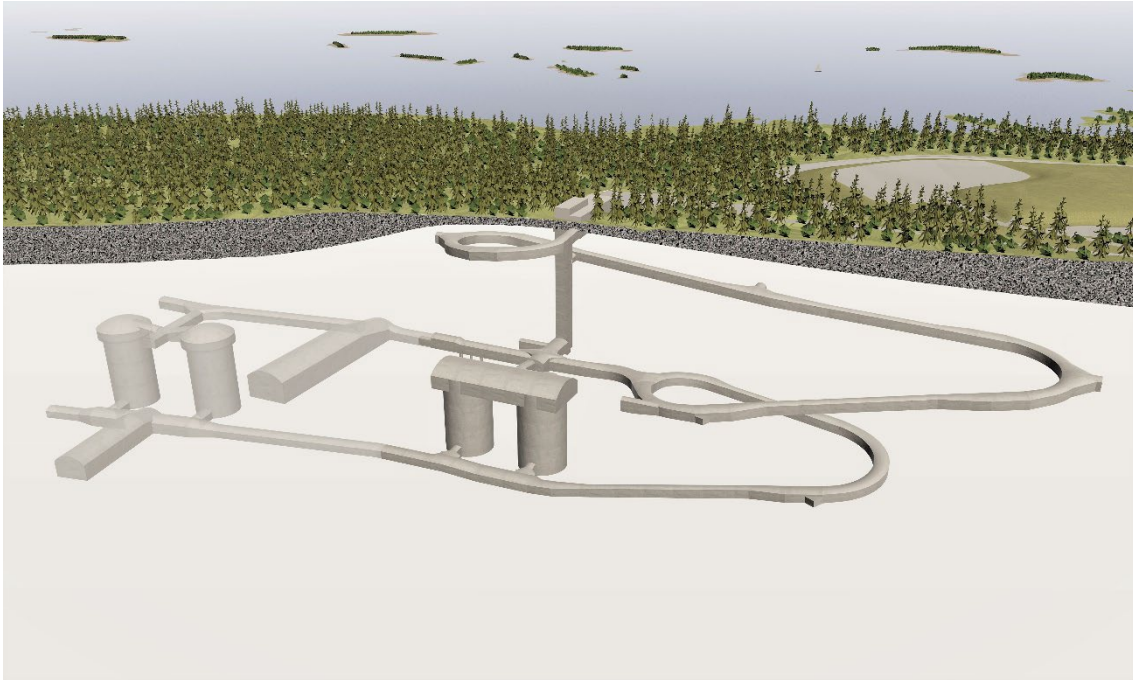
3.1 Kokonaisaikataulu

Voimalaitosyksiköiden OL1 ja OL2 käyttöönotot tapahtuivat vuosina 1978 ja 1980. Niiden suunniteltu 40 vuoden käyttöikä tuli täyteen vuonna 2018, jolloin molemmille yksiköille myönnettiin 20 vuoden jatkoaika. Käyttöjaksoa seuraa laitosten käytöstäpoisto, joka on suunniteltu toteutettavaksi OL1:lle ja OL2:lle viivästetyllä aikataululla. OL3:n käyttöluva myönnettiin maaliskuussa 2019 ja sen suunniteltu käyttöikä on 60 vuotta, jota seuraa tämänhetkisten suunnitelmien mukaan välitön käytöstäpoistovaihe (kuva 3-1).



Kuva 3-1. Olkiluodon voimalaitoksen suunnitellun käytön sekä ydinjätehuoltotoimenpiteiden alustava aikataulu.

Ydinlaitosjätteen loppusijoitustila (VLJ-luola) on rakennettu vuonna 1992 ja sen on suunniteltu toimivan Olkiluodon voimalaitosyksiköiden käyttöiän ja purkamisen vaatiman ajan. VLJ-luolaan ja sen suunniteltuihin laajennuksiin tullaan sijoittamaan OL1, OL2- ja OL3-laitosyksiköiltä muodostuvat käyttö- ja käytöstäpoistojätteet, Posivan kapselointilaitoksen jätettä sekä valtion pienjätettä (kuva 3-2). VLJ-luolan laajennussuunnitelma päivitettiin vuonna 2020 käytöstäpoistosuunnitelman päivityksen yhteydessä. Tulevaisuudessa on suunnitteilla, että jätteiden loppusijoituksessa hyödynnetään VLJ-luolan lisäksi maaperäloppusijoitusta hyvin matala-aktiivisille jätteille. VLJ-luolan laajennuksen on arvioitu tulevan ajankohtaiseksi 2070-luvulla.



Kuva 3-2. Olkiluodon matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitos (VLJ-luola). Käytössä olevat tilat on merkitty tumman harmaalla ja suunnitteilla oleva laajennus vaalean harmaalla (kuvassa vasemmalla). Näkymä lounaasta.

Olkiluodon ydinvoimalaitosten käytöstä syntyvien jätteiden käsittely, kuljetus ja loppusijoitus jatkuvat seuraavalla ohjelmakaudella pääosin kuten aiemmin. Hyvin matala-aktiivista jätettä on kerätty vuodesta 2018 lähtien ja tavoitteena on maaperäloppusijoituksen aloitusvalmiuden saavuttaminen vuonna 2026.

OL1- ja OL2-laitosyksiköiden käyttöluvut (sisältäen MAJ-varaston, KAJ-varaston ja KPA-varaston) sekä OL3-laitosyksikön käyttö lupa sisältävät lupaehdot, joiden mukaisesti Olkiluodossa syntynyttä laitosjätettä voidaan käsitellä muillakin laitosyksiköillä, kuin sillä ydinlaitoksella, missä laitosjäte on syntynyt. Tämä mahdollistaa joustavamman, kustannustehokkaamman ja turvallisemman ydinjätehuollon Olkiluodon saarella. Tulevaisuudessa, Posivan saatua käyttöluvan, myös Posivan ydinlaitosjätteet saatetaan Olkiluodon yhteisen ydinjätehuollon piiriin.

3.2 Nykytilan kuvaus ja suunnitelmat vuosille 2025–2030

Voimalaitosyksiköiden OL1, OL2 ja OL3 käyttöluvut ovat voimassa vuoden 2038 loppuun. Olkiluodon ydinlaitosjätteen loppusijoitustilan (VLJ-luola) käyttö lupa on voimassa vuoden 2051 loppuun asti. Laitosyksiköiden ydinjätehuollon järjestämiseen varaudutaan olemassa olevissa varasto- ja loppusijoitustiloissa tarpeellisin selvityksin ja suunnitelmin.

TVO:n ydinvoimalaitoksen ydinjätehuollon infraa tullaan hyödyntämään myös samalla laitosalueella sijaitsevan Posivan ydinjätelaitoksen käyttöjätteiden (ydinlaitosjäte) käsittelyyn, varastointiin ja loppusijoittamiseen. Voimalaitosyksiköiden käytön päättyessä Posiva on varautunut hoitamaan omien ydinlaitosjätteiden käsittelyn, varastoinnin ja loppusijoituksen jättämällä kapselointilaitokselle tilavarauksia jätteiden käsittelyjärjestelmille ja säilyttämällä käyttö lupahakemuksessaan rakentamisluvassa myönnettyä lupaa rakentaa tarvittaessa oma loppusijoitustila (LILW) ydinlaitosjätteille ONKALON yhteyteen. Tällöin Posivan järjestelmillä voidaan tarvittaessa käsitellä myös käytetyn ydinpolttoaineen välivaraston tuottamat ydinlaitosjätteet, ellei välivarastolle rakenneta omia järjestelmiä.

Eri ydinlaitosten mahdollisesti muuttuvat käyttöiät tai uudet laitoshankkeet vaikuttavat ydinjätehuollon infran tarpeisiin ja niihin liittyvien projektien aikatauluihin. Nämä tullaan huomioimaan ydinjätehuollon kustannuksiin varautumisessa ja laitosten ydinenergialain mukaisissa ja muissa tarpeellisissa luvissa. Ydinjätehuollon suunnitelmat tullaan kuvaamaan säännöllisesti YJH-ohjelmissa.

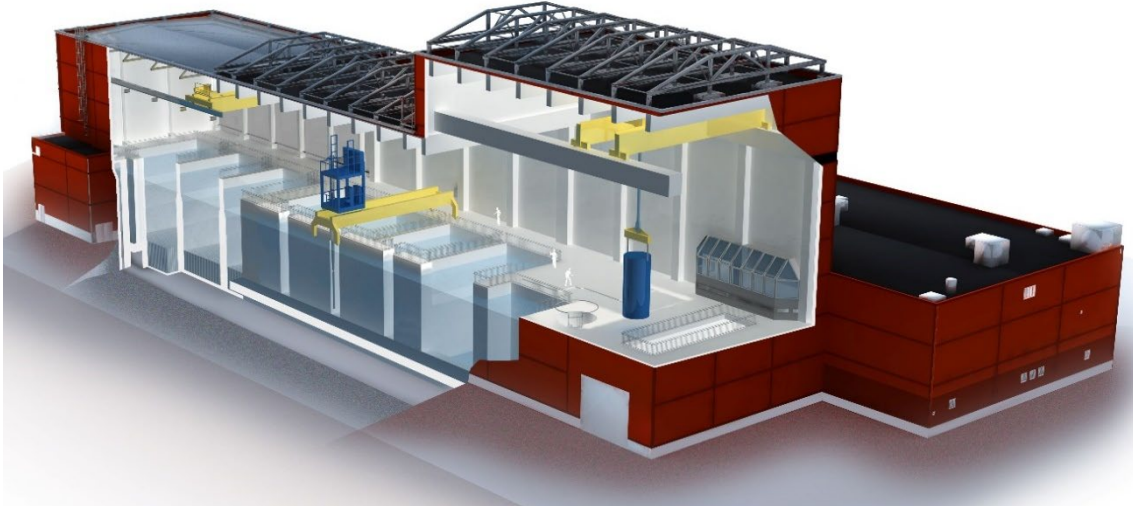
3.2.1 Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi

Olkiluodon voimalaitosten käytetty ydinpolttoaine varastoidaan OL1- ja OL2-voimalaitosyksiköillä olevissa vesialtaissa noin viiden vuoden ajan reaktorista poiston jälkeen ennen siirtoa laitosalueella sijaitsevaan KPA-varastoon. OL3-yksiköllä varastointiaika ennen siirtoa KPA-varastoon tulee olemaan noin neljä vuotta. Käytettyä polttoainetta varastoidaan KPA-varastolla kymmeniä vuosia jälkilämmöntuoton ja aktiivisuuden alentamiseksi loppusijoituksen mahdollistavalle tasolle.

Olkiluodon KPA-varaston kapasiteettia nostettiin rakentamalla kolme uutta vesialtasta, jotka otettiin käyttöön vuonna 2014 (kuva 3-3). Laajennuksessa otettiin huomioon myös OL3-voimalaitosyksikön tarpeet. KPA-varaston lämmönsiirtokapasiteettia korotettiin vuosina 2021 ja 2023. Lämmönsiirtokapasiteettia joudutaan korottamaan edelleen mahdollisesti vielä 2020-luvun loppupuolella riippuen Posivan loppusijoitustoiminnan aloittamisen ajankohdasta. KPA-varaston siltanosturin sähköinen modernisointi ja nosturin telien korotus toteutettiin alkuvuodesta 2022.

KPA-varastoon tarvitaan uusia polttoainetelineitä EPR-tyyppiselle (OL3) sekä myös lisätelineitä BWR-tyyppisille (OL1 ja OL2) polttoaineille. OL3-polttoaineen telineet hankitaan ensin yhteen altaaseen ja niiden asennus on suunniteltu vuoteen 2027. BWR-tyyppisen polttoaineen telineiden tarve riippuu Posivan loppusijoituksen tuotantoajankohdan aloituksesta. TVO on kuitenkin jo tehnyt hankintapäätöksen kolmen käytetyn alumiinitelineen hankinnasta käytöstäpoistetulta Oskarshamn 2 laitosyksiköltä. Lisäksi tutkitaan mahdollisten uusien OL1/OL2-polttoaineen telineiden hankintaa. EPR-

tyyppiselle polttoaineelle soveltuvan käytetyn polttoaineen kuljetussäiliön hankinta on käynnissä ja säiliön käyttöönotto tehdään alkuvuonna 2028. Lisäksi KPA-varaston polttoaineen siirtokone täytyy modifioida siten, että sillä pystytään käsittelemään myös OL3-polttoainetta. Siirtokoneen modifiointi tapahtuu tämän hetken suunnitelman mukaisesti vuoden 2026 lopussa.



Kuva 3-3. Olkiluodon KPA-varasto laajennuksen jälkeen vuonna 2014.

KPA-varaston käytön ja käytöstäpoiston kannalta kriittisenä tekijänä on rakennuksen tekninen käyttöikä. KPA-varasto on suunniteltu vuonna 1984 silloisten rakennusteknisten standardien mukaan. Kun OL1 poistetaan lopullisesti käytöstä, on KPA-varasto joko itsenäistettävä tai kytkettävä käyttämään OL3-laitosyksikön järjestelmiä. KPA-varastolle sijoitettava OL3-polttoaine saadaan loppusijoitettua 2100-luvun alussa, jolloin varasto on noin 120 vuotta vanha. Varaston rakennusteknisenä suunnitteluperusteikänä on 60 vuotta, laajennuksen osalta perustana on 100 vuoden käyttöikä. Varaston teknistä käyttöikää on periaatteessa mahdollista pitkittää aina 2100-luvulle asti. Se vaatii merkittäviä perusparannuksia, jotka käsittävät kaikki tekniikanalat. Muun muassa vanhan puolen polttoainealtaiden peruskorjaustarve on nostettu PTS-ohjelmasta aktiiviseksi projektiksi ja sille tehdyn esiselvityksen P0-päätöksen mukaisesti vuorauslevyjen peruskorjausten yksityiskohtainen suunnittelu aloitetaan 2024 aikana altaiden pitkäaikaiskestävyyden takaamiseksi. Varsinaiset korjaustyöt on tarkoitus ajoittaa siten, että loppusijoitustoimintaa häiritään mahdollisimman vähän. Tarvittaessa KPA-varastoa tullaan laajentamaan ja siellä tehdään betonirakenteiden peruskorjauksia.

3.2.1.1 Käytetyn polttoaineen varastointiin liittyvät tutkimus ja kehitystoimenpiteet

Palaman korotus

Yksi merkittävä tutkimustavoite polttoaineen käsittelyn ja varastoinnin osalta liittyy palaman korotukseen ja samalla todennäköisesti tehonkorotukseenkin. On kuitenkin mahdollista, että skenaario toteutuu ilman tehonkorotusta. Palaman korotuksen teknisten ja kustannusvaikutusten arviointi edellyttää:

- kansainvälisten tutkimusohjelmien puitteissa tehtäviä koesäteilytyksiä tutkimusreaktoreissa ja laitoskokeissa sekä jälkilämmön laskentaa, joiden avulla mahdollisuudet palaman korotukseen ja vastaavasti tarvittava jäähtymisaika määritetään,
- palaman korotuksen aiheuttamien, polttoaineen käsittelyyn ja varastointiin liittyvien tekijöiden selvittämistä viranomaishyväksynnän mukaisesti, sekä
- tulevaisuudessa mahdollisten palama-arvojen määrittämistä optimointiprosessina.

TVO:n tavoitteena on hyväksyttää OL1- ja OL2-laitosyksiköillä käytössä oleville nipputyypeille nippukohtaiseksi poistopalamaksi edellistä ohjelmakautta korkeampi maksimipalama 55 MWd/kgU (nyt hyväksytty maksimipalama 50 MWd/kgU). Tästä syystä TVO:lla on käynnissä koenippuohjelmia, joissa yksittäisten nippujen palamat nousevat arvoon 55 MWd/kgU. Seuraavan palaman korotuksen aikataulua ei ole vielä päätetty. Palaman korottaminen edellyttää joidenkin turvallisuusanalyysien päivittämistä sekä polttoaineen tutkimusohjelman laatimista ja toteutusta.

OL3-laitosyksikön osalta voimassa oleva nippukohtainen palamaraja 45 MWd/kgU tullaan korottamaan lähivuosina arvoon 52 MWd/kgU. Palaman korotus tarvitaan, jotta reaktoria pystytään käyttämään suunnitelluilla kahden vuoden jaksoilla, joihin on tavoitteena siirtyä kolmannen käyttöjakson jälkeen.

Seuraavalla ohjelmakaudella 2025–2027 jatketaan selvitystä palaman korotuksen vaikutuksista ydinjätehuoltoon ja sen kokonaiskustannuksiin jäähdytysajan ja palaman korotuksen optimoimiseksi. Posivan käytetyn polttoaineen loppusijoituksen kriittisyysturvallisuusanalyysissä sovelletaan palamahyvitystä. Lisäksi KPA-varastolla toteutetaan ne toimenpiteet, jotka vaaditaan OL3-polttoaineen käsittelyvalmiuden osalta.

Muut tutkimukset

Posivan teettämät käytetyn polttoaineen radiokemiallisten isotooppimittausten tulokset on saatu. Kyseisiä tutkimuksia tehtiin myös OL1:llä säteilytetylle polttoaineelle. Tuloksia on käytetty pitkäaikaisturvallisuuden kriittisyysturvallisuusanalyysissä käytettyjen laskentamenetelmien validointiin.

Myös käytetyn polttoaineen jälkilämpötehon epävarmuuksiin liittyen on tehty selvitys, jossa epävarmuuksien suuruutta on tarkennettu. Näitä tuloksia tullaan käyttämään loppusijoituksen optimoinnissa.

Koenippuohjelmien puitteissa on suunnitteilla OL2-reaktorissa korkeaan palamaan säteilytettyjen sauvojen lähettäminen Ruotsiin kuumakammiotutkimuksia varten. Tutkimuksilla on tarkoitus kerätä OL1/OL2-reaktoreiden palamankorotusta sekä mahdollista tehonkorotusta tukevaa tutkimusaineistoa.

Säätösauvat ja poikkeavat polttoaineniput

EPR-polttoaineen säätösauvaelementit (Rod Cluster Control Assembly, RCCA) menevät loppusijoituksen yhteydessä kapselisiin polttoaine-elementtien sisälle asennettuina. RCCA-elementeistä tullaan leikkaamaan irti niiden yläosat myöhemmin päätettävällä

menetelmällä. Muiden polttoaineiden (BWR ja VVER) osalta säätösauvoja ei tulla loppusijoittamaan kapseluihin.

Loppusijoitusprosessin kannalta on tärkeä tunnistaa poikkeavat polttoaineniput, joilla voi olla vaikutusta prosessin luotettavuuteen. Poikkeavien nippujen tunnistamis- ja luokittelutyötä jatketaan yhteistyössä Posivan kanssa.

Vuoteen 2027 asti on suunniteltu uusien teknologioiden kehityksen seurannan jatkamista rikkoontuneiden sauvojen pakkaamiseksi. Nykyisin vaurioituneet polttoainesauvat kapseloidaan yksitellen hermeettisesti suljettuihin kapseluihin ja varastoidaan voimalaitosyksiköissä sijaitsevilla vesialtaissa. Seuraavalla ohjelmakaudella selvitetään OL1:lla ja OL2:lla varastoitujen rikkoontuneiden sauvojen vaihtoehtoisia pakkaustapoja kapselointia ja loppusijoitusta varten. Tarvittaessa tutkimusta jatketaan ja hyödynnetään yhteistyötahoja.

Kansainvälinen yhteistyö

TVO ja Posiva osallistuvat OECD/NEA:n koordinoimaan kansainväliseen tutkimusohjelmaan "Studsvik Cladding Integrity Project IV" (SCIP IV), jossa yhtenä tutkimusalueena on vuotavien polttoainesauvojen käsittely. Projekti jatkuu vuoteen 2024 asti. TVO on tehnyt päätöksen osallistua myös SCIP V -jatkoprojektiin, jossa vuotavien polttoainesauvojen käsittelyn tutkimusta edelleen jatketaan. TVO osallistuu kansainväliseen LAGER-tutkimusprojektiin, jossa tutkitaan etenkin UO₂-Gd₂O₃-polttoaineen osalta palavan myrkyä (Gd) vaikutusta polttoaineen isotooppi-inventaariin. Tutkimuksen kokeellinen osuus tehdään Studsvik Nuclearin kuumakammiossa Ruotsissa.

TVO osallistuu OECD/NEA:n työryhmään "Working Party on Nuclear Criticality Safety" (WPNCSS) ja sen aliryhmiin, joissa käsitellään kriittisyysturvallisuuteen liittyviä teknisiä ja tieteellisiä asioita. TVO:n osallistumista OECD/NEA/WPNCSS:n ja sen asiantuntijaryhmien toimintaan jatketaan seuraavalla ohjelmakaudella.

3.2.2 Ydinlaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus

Olkiluodon ydinlaitosten käytöstä syntyy hyvin matala-aktiivista sekä matala- ja keskiaktiivista jätettä (HMAJ, MAJ ja KAJ), joita kutsutaan ydinlaitosjätteeksi. Jäte syntyy käyttötoiminnan, kunnossapidon ja korjaustöiden yhteydessä käsittäen erilaisia suoja-, apu- ja prosessimateriaaleja (muovi, paperi, metalli, puu ja erityyppiset henkilökohtaisiin suojaimiin käytetyt materiaalit), prosessivesien ja aktiivisten nestemäisten jätteiden puhdistuksessa käytettäviä suodatinsauvoja sekä puhdistuksessa syntyviä jäteliuoksia ja -lietteitä (suodatinsauvat, ioninvaihtohartsit, haihdutuksessa muodostuvat lietteet ja dekontaminointiliuokset).

Alkuperänsä perusteella kaikki ydinvoimalaitoksen valvonta-alueella syntynyt jäte käsitellään radioaktiivisena jätteenä. Aktiivisuusmittauksiin perustuen vain hyvin vähän kontaminoitunut tai puhdas jäte voidaan vapauttaa valvonnasta, toisin sanoen poistaa radioaktiivisen jätteen valvonnan alaisuudesta jatkokäsiteltäväksi konventionaalisen jätteen tavoin. Tyypillinen käytöstä syntyvän radioaktiivisen jätteen vuosikertymä

nykyisin käytössä olevilta Olkiluodon laitostyksiköiltä on 200–300 m³. OL3:n jätteiden vuosikertymästä ei vielä ole saatu täydellisiä kokemuksia.

Olkiluodon voimalaitoksella vähennetään syntyvän radioaktiivisen jätteen määrää muun muassa seuraavin toimenpitein:

- Mitään pakkausmateriaaleja tai muuta turhaa materiaalia ei saa viedä laitoksille.
- Syntyvän jätteen lajittelua laitoksilla on tehostettu onnistuneesti muun muassa järjestelmällisellä koulutuksella.
- Isoja komponentteja on toimitettu Ruotsiin puhdistettavaksi. Näin ollen iso osa metallista saadaan kierrätettyä ja vain aktiivinen materiaali palautuu Olkiluotoon loppusijoitettavaksi.
- Valvonnasta vapautetut jätteet, kuten metallit ja jäteöljyt voidaan toimittaa normaaliin kierrätykseen.

Ydinlaitosjätteiden käsittely ja varastointi

Olkiluodon ydinlaitosjätehuollon peruseräteenä on jätteen välitön käsittely ja loppusijoitus kuitenkin niin, että käsittely- ja kuljetuskampanjat toteutetaan kustannustehokkuuden ja käytettävyyden kannalta optimaalisesti. Käytöstä syntyvien jätteiden välivarastointi ja käsittely toteutetaan voimalaitostyksiköiden jäterakennuksissa sekä KAJ- ja MAJ-varastoissa. MAJ-varaston yhteydessä on lisäksi komponenttivarasto suurikokoisten matala-aktiivisten komponenttien välivarastointiin. Käsittelyn tehokkuutta sekä kierrätystä pyritään edistämään selvitysvaiheessa olevalla käsittely- ja varastointitilojen uusintaprojektilla.

Hyvin matala-aktiivista jätettä on kerätty erikseen vuodesta 2018 lähtien suunnitelmassa olevaa maaperäloppusijoitustilaa varten. Tavoitteena on maaperäloppusijoituksen aloitusvalmiuden saavuttaminen vuonna 2026.

Kokoonpuristuva matala-aktiivinen huoltojäte pakataan jätetyynyreihin hydraulisella puristimella, minkä jälkeen tynnyrit puristetaan noin puoleen niiden korkeudesta, pitäen niiden halkaisija alkuperäisenä. Kokoonpuristumaton matala-aktiivinen jäte, kuten metalliromu, mukaan lukien prosessivesien puhdistuksen suodatinsauvat pakataan suoraan betonilaatikoihin. Komponenttien tilavuutta voidaan pienentää kokoonpuristamalla, leikkaamalla (esim. putket) tai romunmurskaimella (puu, eristyspellit ja kaapeliromu).

OL1:n, OL2:n ja KPA-varaston vesienpuhdistuksessa käytetyt, voimakkaasti kontaminoituneet ioninvaihtohartsit kiinteitetään sekoittamalla ne bitumiin. Sekoituksen jälkeen homogeeninen tuote pakataan 200 litran tynnyriin. Nesteet ja lietteet käsitellään alipainehaihduttimella, minkä jälkeen väkevöitynyt konsentraatti kiinteitetään suoraan 200 litran tynnyriin käyttäen jätteen kemiallisista ominaisuuksista riippuen joko betonia tai tarkoituksenmukaista erikoissementtiä. Lietteitä voidaan myös bitumoida yhdessä käytettyjen ioninvaihtohartsien kanssa. Valvonta-alueelta kerätyt jäteöljyt laskeutetaan kiintoaineista sekä suodatetaan. Puhdistettu öljy vapautetaan valvonnasta kierrätettäväksi. Aktiiviset jäteöljyt ja öljyiset lietteet kiinteitetään 200 litran tynnyriin käyttäen erikoissementtejä.

OL3-laitokselta syntyvän kuivan kiinteän jätteen – käsittäen kunnossapitojätteen ja metalliromun – käsittelyssä käytetään pääpiirteittäin samoja menetelmiä kuin OL1- ja OL2-laitosyksiköillä. TVO:lla on käynnistetty projekti OL3-laitoksen nestemäisten jätteiden kiinteäytystä. OL3:n valvonta-alueella kerätyt jäteöljyt käsitellään yhdessä OL1:n ja OL2:n jäteöljyjen kanssa.

Ydinlaitosjätteiden loppusijoitus

Käsitellyt ja pakatut ydinlaitosjätteet loppusijoitetaan VLJ-luolaan. VLJ-luola otettiin käyttöön vuonna 1992 ja se käsittää kaksi 60–100 metrin syvyyteen rakennettua jätesiiiloa, MAJ-siiilo matala-aktiiviselle ja KAJ-siiilo keskiaktiiviselle jätteelle. VLJ-luola suunniteltiin OL1- ja OL2-ydinvoimalaitosyksiköiden 40 vuoden käyttöiän aikana kertyville matala- ja keskiaktiivisille jätteille. Toimintojen kehittämisen kautta on kuitenkin pystytty vähentämään syntyvän ydinlaitosjätteen määrää sekä parantamaan ydinlaitosjätteen pakkaamisen tilavuustehokkuutta, ja nykyinen käytössä oleva siilotilavuus vastaa OL1:n ja OL2:n suunnitellun 60 vuoden käyttöiän aikana kertyvän ydinlaitosjätteen määrää. Jätteiden sijainnit ja määrät on esitetty vuosittaisissa YJH-toimintakertomuksissa (Posiva 2022, 2023 ja 2024).

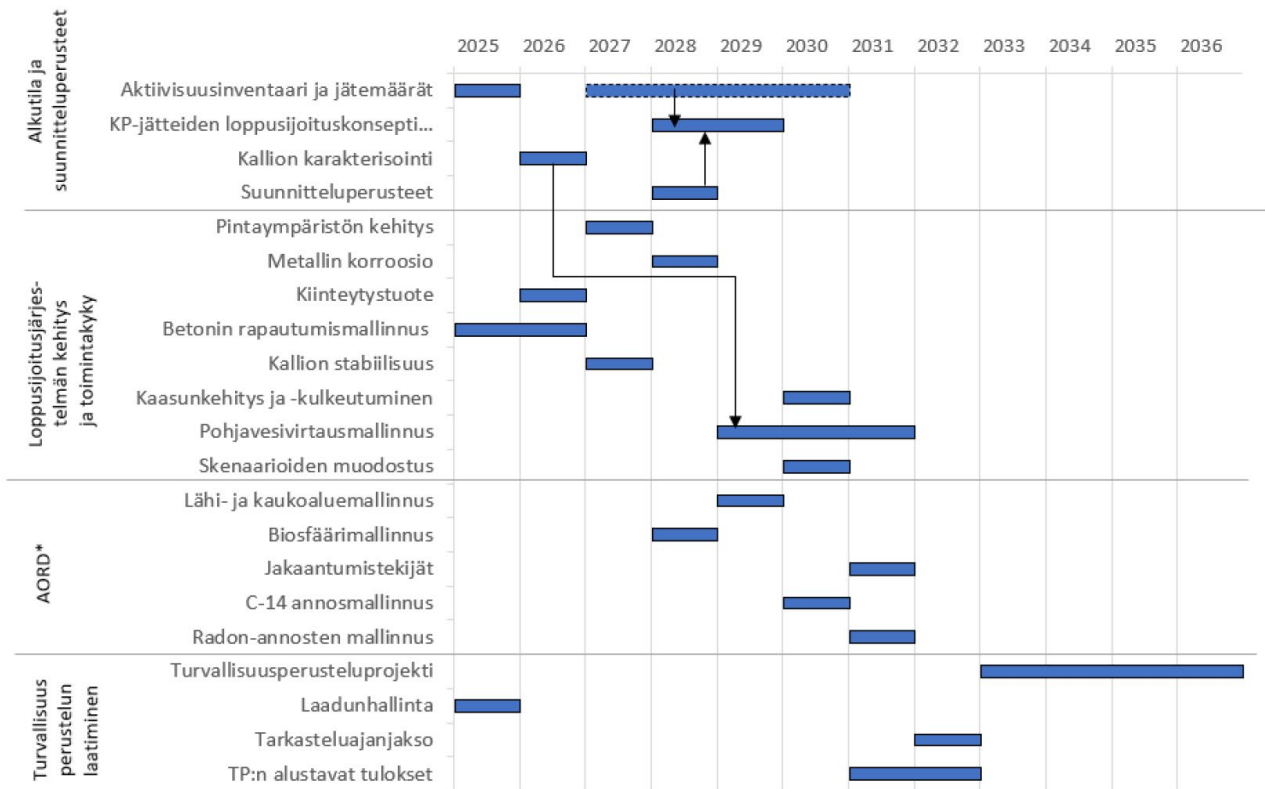
VLJ-luolan käyttöluvan ehtoja muutettiin vuoden 2012 lopussa muun muassa mahdollistamaan OL3:n ydinlaitosjätteiden loppusijoitus. Lisäksi VLJ-luolaan voidaan sijoittaa myös sosiaali- ja terveysministeriön hallinnoimia terveydenhuollon, puolustusvoimien ja yliopistojen radioaktiivisia pienjätteitä.

Nykyisten arvioiden mukaan kaikki Olkiluodon voimalaitoksen käytön aikana muodostuvat jätteet tulevat mahtumaan MAJ- ja KAJ-siiiloihin sekä niiden yläpuoliseen nosturihalliin. Laajennusosa rakennetaan ennen OL1- ja OL2-laitosyksiköiden käytöstäpoiston alkamista. VLJ-luolan nykyisen loppusijoituskapasiteetin odotetaan riittävän vuoteen 2070 asti.

VLJ-luolan ikääntymisenhallintaan liittyviä tulevia muutostöitä ovat mm.:

- VLJ-luolan nosturin logiikan uusinta
- MAJ-siilon ilmastoinnin parantaminen
- VLJ-luolan tutkimusperän sähköistyksen ja ilmanvaihdon uusinta
- VLJ-luolan kameroiden uusinta
- VLJ-luolan julkisivuelementtien saumojen uusinta
- Palo- ja käyttövesilinjojen uusinta
- VLJ-luolan vesikatton uusinta.

TVO:n on saatettava VLJ-luolaa koskeva määräaikainen turvallisuusarvio ajan tasalle 15 vuoden väliajoin YEL 990/1987 7e §:n mukaisesti. Seuraava arvio tehdään vuoden 2036 loppuun mennessä. VLJ-luolan turvallisuusperustelun päivitys valmistui vuonna 2021 osana määräaikaista turvallisuusarviota. STUK hyväksyi turvallisuusperustelun vuonna 2023 yhdellä vaatimuksella: TVO:n on laadittava suunnitelma seuraavan turvallisuusperustelun kehittämistä ja siihen liittyvistä tutkimuksista. Vaatimukseen sisältyi 7 alakohtaa. Kehitysohjelman suunnitelma valmistui alkuvuonna 2024 ja sen toteuttaminen käynnistetään vuoden 2025 alussa.



*Radionuklidien kulkeutuminen ja annoslaskenta

Kuva 3-4. Pitkäaikaisturvallisuuden kehitysohjelman tutkimuskohteet ja niiden vaiheistus. Tärkeimmät liitynnät eri asioiden välillä on kuvattu nuolilla. Aktiivisuusinventaarin ja jätemäärien päivittämistä tarkennetaan vuonna 2025 tehtävän tarkemman suunnitelman perusteella ja siksi sitä kuvaava palkki on ympyröity katkoviivalla.

3.2.2.1 Olkiluodon voimalaitoksen jätehuollon tutkimus- ja kehitystoimenpiteet 2025–2030

Olkiluodon voimalaitoksen ydinlaitos- ja käytöstäpoistojätehuollon tutkimus- ja kehitystoimenpiteillä on seuraavalla ohjelmakaudella kolme päätavoitetta:

- olemassa olevien jätehuoltomenettelyjen kehittäminen ja parantaminen,
- jätehuollon optimointi turvallisuuden ja taloudellisen kannattavuuden osalta, sekä
- loppusijoitustilojen pitkäaikaisvakaudesta varmistuminen.

Tärkeä tutkimus- ja kehitystyön tavoite on jätteen määrän pienentäminen loppusijoitustilojen riittävyuden ja käytettävyyden varmistamiseksi. Tätä varten on käynnissä projekti hyvin matala-aktiivisen jätteen (HMAJ) maaperäloppusijoitukselle. Maaperäloppusijoitus siirtäisi VLJ-luolan laajennustarvetta eteenpäin MAJ-siilon osalta, koska huomattava osa tällä hetkellä MAJ-siiloon menevästä jätteestä voitaisiin laittaa maaperäloppusijoitukseen. Hyvin matala-aktiivisen jätteen maaperäloppusijoitustilalle on myönnetty ympäristölupa vuonna 2023 ja toimintalupahakemus on toimitettu STUKiin 2024 alussa. Vuonna 2021 rakennettiin HMAJ-väliavarastoalue, jonne on kerätty

syntynyttä HMA-jätettä. Tavoitteena on maaperäloppusijoituksen aloitusvalmiuden saavuttaminen vuonna 2026.

TVO on käynnistänyt projektin, jossa OL3-laitokselle tullaan hankkimaan nestemäisten radioaktiivisten jätteiden sementointilaitteisto. OL1- ja OL2-laitosten nestemäisten radioaktiivisten jätteiden käsittely tullaan mahdollisesti modernisoimaan tulevaisuudessa erillisellä projektilla.

TVO on mukana EU EURATOM:n rahoittamassa PREDIS-projektissa vuosina 2021–2024. Projektissa kehitetään ja parannetaan esikäsittely- ja prosessimenetelmiä, jotka eivät ole vielä kaupallisesti toimivia tai jotka eivät ole vielä saatavilla. TVO keskittyy kahteen työpakettiin, joista toisessa kehitetään ja demonstroidaan mm. uusien materiaalien luotettavuutta kiinteän orgaanisen matala- ja keskiaktiivisen jätteen käsittelyssä. Toisessa työpaketissa kerätään uusinta tietoa ja kehitetään nykyisiä menetelmiä koskien sementtisten jätemateriaalien hallintaa, monitorointia ja varastointia.

VLJ-luolan monitorointi

VLJ-luolan tilaa seurataan ja monitoroinnissa noudatetaan Olkiluodon VLJ-luolan kallioperän tutkimus- ja seurantaohjelmaa vuosille 2018–2027 (Paaso ym. 2018) kalliomekaniikan, hydrologian, pohjavesikemian ja ilman laadun osa-alueilla. Tulevan ohjelmakauden aikana laaditaan uusi seurantaohjelma vuosille 2028–2037. Seuranta tehdään pitkäaikaisvaikutusten arvioimiseksi ja lähtötietojen tuottamiseksi käytöstäpoistosuunnitelmaan sekä VLJ-luolan turvallisuusperusteluun. Lisäksi seuranta palvelee VLJ-luolan työ- ja säteilyturvallisuutta. Käytössä olevan seurantaohjelman myötä on otettu käyttöön myös seuranta-arvoja tärkeimmille hydrologian ja pohjavesikemian seurantaparametreille. Ohjelman mukaista perusohjelmaa toteutetaan vuosittain ja laajan seurantaohjelman mukaiset kalliomekaniikan ja hydrologian mittaukset sekä pohjavesinäytteenotot niitä edeltävine kennostomittauksineen tehdään viiden vuoden välein vuosina 2025 ja 2030. Seurannan tulokset raportoidaan vuosittain.

VLJ-luolan kallion stabiiliteettia monitoroivien mittalaitteiden tiedonkeruuyksikkö on tarkoitus uusida seuraavan ohjelmakauden aikana.

VLJ-luolassa on ollut käynnissä VLJ-luolan rakenteiden pitkäaikaisturvallisuuden varmistamiseen sekä luolan sulkemisen jälkeisen tilan arviointiin tähtääviä koeohjelmia: kaasunkehityskoe, betonin pitkäaikaistutkimukset sekä kalliopultin irtikairaus, joita on kuvattu alla.

Kaasunkehityskoe

Vuonna 1997 aloitetussa kaasunkehityskokeessa tutkittiin matala-aktiivisen huoltojätteen mikrobiologisen hajoamisen aikaansaamaa nopeaa kaasunkehitystä. Jätteiden hajoamisesta johtuva kaasunmuodostus on yksi tärkeä vuorovaikutus, joka on otettava huomioon ydinlaitosjätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyysia tehtäessä. Nopea kaasunkehitys voisi aiheuttaa edelleen esimerkiksi kontaminoituneen veden siirtymiseen MAJ-siilosta ympäristöön (Nykyri ym. 2002).

Kaasunkehityskoe lopetettiin vuonna 2023 ja vuoden 2024 aikana analysoidaan lopetuksen aikana otetut näytteet ja tulokset raportoidaan. Tietoja voidaan käyttää mm. pitkäaikaisturvallisuusarvioissa.

Betonin pitkäaikaistutkimukset

Betonien pitkäaikaiskestävyyttä on tutkittu vuodesta 1997 yhteistyössä Fortumin kanssa kymmenessä näyteliuosaltaassa, jotka siirrettiin VLJ-luolan tutkimustunneliin vuonna 2011. Tämän tutkimuksen perusteella on arvioitu erilaisten liuosten ja betonikoostumusten vaikutusta betonin pitkäaikaiskestävyyteen sekä betonin rapautumista VLJ-luolan käyttöolosuhteita vastaavissa kalliopohjavesiolosuhteissa. Betonitutkimuksen tavoitteena on selvittää vallitsevissa loppusijoitusolosuhteissa parhaiten kestävät betonikoostumukset, joilla pystytään täyttämään VLJ-luolalle asetetut käyttöikävaatimukset. Lisäksi tavoitteena on saada tietoa betonimateriaalien pitkäaikaiskestävyyden mallinnusta ja mallien kehitystä varten.

Tulevalla ohjelmakaudella betonikokeet jatkuvat osana SAFER-ohjelman PERCO2-projektia. Siinä tutkitaan myös uusia betonilaatuja ja niiden käyttäytymistä sulkemisen jälkeen sekä tulevaa VLJ-luolan laajennusta varten. Tutkimussuunnitelman mukaan tutkimus jatkuu 30 vuotta tästä eteenpäin.

Lisäksi kairareilissä VLJ-KR20 ja YD10 sijaitsevien betoninäytteiden tutkimusohjelmia arvioidaan ja näytteenotot tutkimuksia varten tehdään tarpeen mukaan.

Kalliopultin irtikairaus

Sinkkitutkimusten (VLJ-KR9) tulosten perusteella on katsottu tarpeelliseksi toteuttaa tutkimustunneliin asennetun kalliopultin irtikairaus sinkittyjen harjateräspulttien tilan määrittämiseksi sinkin korroosion ja katodisen suojavaikutuksen osalta. Nykysuunnitelmien mukaan seuraava irtikairaus on tarkoitus tehdä sen jälkeen, kun on tehty NDT-tutkimukset (ainetta rikkomaton testaus). NDT-tutkimus pyritään toteuttamaan SAFER-ohjelman puitteissa. Tavoitteena on kehittää luotettava NDT-menetelmä, jolla pystyttäisiin toteamaan luolan rakenteiden kalliopulttien kunto.

3.2.3 Käytöstäpoistosuunnittelu

Olkiluodon ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelma päivitettiin vuonna 2020 ja toimitettiin työ- ja elinkeinoministeriöön hyväksyttäväksi. Ydinenergiain 7g § mukaisesti käytöstäpoistosuunnitelma saatetaan ajan tasalle seuraavan kerran vuonna 2026.

Kaikkien laitousyksiköiden osalta tarkentavaa tutkimusta tullaan tekemään koskien seuraavia osa-alueita:

- Loppusijoitettavien jätteiden aktiivisuusarvioiden jatkokehittäminen OL1- ja OL2-yksiköiden mittausohjelman jatkuessa ja OL3-yksikön osalta mittausohjelman alkaessa.
- Käytöstäpoiston eri työvaiheiden suunnitelmien kehittäminen ja tarkentaminen. Erityisesti voidaan huomioida työvaiheiden aikataulutuksen keskinäinen yhteensovittaminen.

- Säteilyannosarvion päivittäminen huomioiden toteutuneet laitosmuutokset sekä työvaiheiden tarkentuminen.
- OL1- ja OL2-yksiköiden välittömän ja viivästetyn käytöstäpoistostrategian vertailu.
- Prosessijärjestelmien dekontaminoinnin tarkastelun jatkaminen.
- DECOM-tietokannan tai vastaavanlaisen tietokannan ajan tasalle saattaminen ja ylläpitäminen käytöstäpoistosuunnitelmien tueksi.
- Jatketaan OL3-yksikön käytöstäpoistosuunnitelmien saattamista OL1- ja OL2-yksiköiden suunnitelmien kattavuuden tasolle.

Käytöstäpoistosuunnitelmassa on esitetty suunnitelma käytöstäpoistojätteiden loppusijoituskonseptille ja VLJ-luolan laajennukselle sekä sulkemiselle. Turvallisuusperustelun laatimisen aikana kävi ilmi, ettei DWH2-tilaan loppusijoitettavien käytöstäpoistojätteiden (erityisesti reaktorin sisäosien) ja valtion pienjätteisiin kuuluvien Ra-226-jätteiden loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta voida luotettavasti osoittaa. Sen vuoksi turvallisuusperustelussa keskityttiin muihin loppusijoitustiloihin ja jätteisiin ja em. jätteiden vaikutukset jätettiin pois turvallisuusperustelun tuloksista. Turvallisuusperustelun tulokset tullaan lisäämään seuraavaan käytöstäpoistosuunnitelmaan ja esittämään suunnitelma, miten pitkäaikaisturvallisuusvaatimukset tullaan täyttämään käytöstäpoistojätteen osalta jatkossa. Pitkäaikaisturvallisuuden kehitysohjelman suunnitelmassa 2024 esitetään yhteistyön lisäämistä käytöstäpoistosuunnittelun ja pitkäaikaisturvallisuuden välillä, jotta pitkäaikaisturvallisuusnäkökohdat tulevat huomioitua aiempaa paremmin. Myös käytöstäpoistojätteiden aktiivisuusinventaarin päivittäminen koskee sekä käytöstäpoistoa että pitkäaikaisturvallisuutta.

Käytöstäpoistoalalla on saatu runsaasti käytännön kokemuksia, jotka osoittavat vakuuttavasti, että jo nykyisillä suunnittelumenetelmillä ja purkutekniikoilla käytöstäpoisto voidaan toteuttaa ennustettujen työnaikaisten säteilyannosten ja kustannusten puitteissa. Erityisesti ruotsalaisten käytöstäpoistokokemuksista odotetaan saatavan arvokasta tietoa TVO:n laitosten käytöstäpoiston suunnitteluun.

4 KÄYTETYN POLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUKSEN VALMISTELUJEN TILANNE JA SUUNNITELMA ENSIMMÄISIKSI TUOTANTOVUOSIKSI

4.1 Yleistä Posivan toiminnasta

Posivan vastuulla on TVO:n ja Fortumin käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyvä tutkimus-, suunnittelu- ja rakentamistyö sekä jatkossa myös kapselointi- ja loppusijoituslaitosten käyttö ja käytöstäpoisto. Vuonna 2024 Posivan kapselointilaitos järjestelmineen ja loppusijoituslaitoksen ensimmäinen osa valmistuivat, Posivan prosessit ja organisaatio muutettiin vastaamaan tuotantoajan vaatimuksia sekä kapselointi- ja loppusijoitusprosessien toimivuuden osoittava yhteistoimintakoe (YTK) aloitettiin.

Posiva on valinnut loppusijoitusratkaisuksi KBS-3V-konseptin, jossa loppusijoituskapselit sijoitetaan loppusijoitustunneleihin porattuihin bentoniitilla vuorattuihin pystyreikiin, minkä jälkeen tunneli täytetään paisuvalla savella. Posiva ja ruotsalainen ydinjäteyhtiö Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) ovat kehittäneet KBS-3V-konseptia yhteistyössä yli 20 vuoden ajan. Yhteistyön avulla Posiva ja SKB pyrkivät välttämään päällekkäisen työn tekemistä, tehostamaan resurssien käyttöä sekä edistämään loppusijoituksen yhteiskunnallista hyväksyttävyyttä. Ensimmäinen yhteistyösopimus allekirjoitettiin vuonna 2001. Vuonna 2023 solmittiin yhteistyösopimus vuosille 2024–2028. Tulevan ohjelmakauden aikaisen yhteistyön merkittävin painopiste on KBS-3-loppusijoitusratkaisun optimointi, erityisesti huomioiden teolliseen tuotantoon liittyvät näkökohdat, sekä ratkaisujen kelpoistus tulevaisuuden käyttötoimintaan. Mukana yhteistyön hallinnoinnissa ovat Posiva Solutions Oy (PSOY) ja SKB International erityisesti yhteistyöhön liittyvien kaupallisten näkökulmien vuoksi.

Posivan toiminta on vuosien 2024–2027 aikana merkittävässä muutoskohdassa ja suunnitelmien tarkka kuvaaminen ja ajoittaminen tuleville vuosille on erittäin haastavaa. Tässä ohjelmassa esitetään suunnitelmat vuoden 2024 tiedon mukaisesti ja pyritään esittämään aikatauluttamisen periaatteet, mikäli tarkkojen aikataulujen esittäminen on mahdotonta. Posivan päätavoitteet seuraaville kolmelle vuodelle 2025–2027 ovat

- yhteistoimintakokeen kokemusten hyödyntäminen tuotantovaiheen toiminnassa,
- tuotannon aloittaminen vuonna 2025 ja tuotannon teollistaminen, sekä
- kustannustehokkuuden lisääminen mm. kapselin kehitystyön avulla.

4.1.1 Tuotantoon valmistautuminen

Posivan tavoitteeksi vuodelle 2024 on asetettu tuotantovaiheen organisoituminen ja organisaation valmiuksien kehittäminen ydinlaitoksen käyttäjän vaatimalle tasolle. Organisaatorakenne tuotantovaiheeseen on valmis ja tuotantovaiheen organisaatio astui voimaan heinäkuun 2024 alussa muutosmenettelyn jälkeen. Organisaatiomuutokselle laadittiin turvallisuusarvio, jonka arvioi lisäksi riippumaton kolmas osapuoli. Posivan johtoryhmä seuraa organisaatiomuutokselle asetettujen tavoitteiden toteutumista säännöllisesti niin johtoryhmän kokouksissa, kuin säännöllisesti toteutettavissa henkilöstötutkimuksissa.

Osana Posivan tuotantovalmiuden arviointia on yhteistoimintakoe (YTK), jonka aloittamiselle Posiva määritteli valmiuskriteerit, joita seurataan säännöllisesti. Lisäksi on laadittu loppusijoittamisen aloitusvalmiuden kriteerit sekä organisatorisen valmiuden mittarit. Laadituista mittareista saadaan kattava tilannekuva tuotantovaiheeseen valmistautumisen etenemästä. Merkittävimmät päämittarit ovat:

- Tuotantovaiheen johtamisjärjestelmän toimintakuvaukset, pääprosessit sekä hallinnolliset ohjeet
- Tuotantovaiheen organisaatiokaaviot, -kuvaukset sekä toimintasäännöt
- Tuotantovaiheen roolit ja tehtäväkohtaiset valmiudet
- Posivan tarvitsemat luvat, vakuutukset ja vakuudet ydinlaitokselle
- Valmius tehdä loppusijoitusta turvallisesti ja teollisesti
- Tuotantotoiminnan asiakasvaatimusten täyttyminen.

Tulevaa muutosta projektista tuotanto-organisaatioksi on edistetty tuotantoon valmistautuminen (TUVA) -ohjelmassa, jossa on laadittu hallinnollisia ohjeita ja käyttöohjeita, määritetty tarvittavat avainosaamiset sekä toteutettu operaattoreiden ja muun henkilökunnan tuotantovaiheen edellyttämiä koulutuksia. Organisaation tuotantovalmiutta testataan YTK:ssa, josta laaditaan tulosraportti ja ehdotuksia kehitystoimenpiteiksi tuotantovaiheeseen.

Yhteistoimintakoe (YTK)

Posivan kapselointi- ja loppusijoituslaitosten käyttöönoton yhtenä merkittävänä vaiheena on yhteistoimintakoe (YTK, eng. TRFD, Trial Run of Final Disposal), jonka tavoitteena on osoittaa Posivan valmius käyttötoimintaan. Yhteistoimintakoe on tärkeä osa tuotantoon valmistautumista ja tuotanto-organisaation, käytönsuunnittelun, ohjeistuksen, tuotantodatan hallinnan menettelyjen ja turvallisuuden eri osa-alueiden käyttöönottoa. Yhteistoimintakoe toteutetaan tuotantolaitteilla ja käytettävät EBS-komponentit (kapseli, puskuri, täyttö) hankitaan tuotannossa käytettävien menettelyjen mukaisesti. Kaikki Posivan prosessit otetaan käyttöön ja menetelmäkokeet tehdään ennen yhteistoimintakokeessa tapahtuvaa kapselointi- ja asennusvaihetta.

Ennen yhteistoimintakokeen aloitusta on arvioitu Posivan valmius kokeen suorittamiseen, minkä jälkeen käynnistyi varsinainen vaihekoeohjelma sisältäen loppusijoituksen vaiheet alkaen polttoaineen siirrosta kapselointilaitokselle ja päättyen täytön ja tulpan asentamiseen maanalaisella loppusijoituslaitoksella. Vuoden 2024 tavoitteena on tehdä kaikki muut asennusvaiheet paitsi loppusijoitustunnelin päätytulpan asentaminen.

Yhteistoimintakokeen osana kapseloidaan kaiken kaikkiaan viisi loppusijoituskapselia, joista yksi palautetaan maan alta kapselivarastosta kapselointilaitokselle, jossa kapseli avataan ja harjoitusniput siirretään uudelleen kapseloitavaksi. Maan alla neljä kapselia loppusijoitetaan YTK-loppusijoitustunnelissa sijaitseviin koeloppusijoitusreikiin ja koeloppusijoitustunneli täytetään ja tulpataan.

Yhteistoimintakoe päättyy keväällä 2025. Yhteistoimintakokeessa asennettua loppusijoitusjärjestelmää ei lämmitetä eikä simuloida, eikä asennettuja komponentteja tulla palauttamaan myöhemmin.

4.1.2 Loppusijoituksen tuotantosuunnitelma

Posivan hanke ydinlaitosten rakentamiseksi ja loppusijoituskonseptin valmiiksi saattamiseksi (EKA-projekti) aloitettiin vuonna 2016. Posivan laitosten ja prosessien suunnitelmien mukaisen toiminnan osoittava yhteistoimintakoe suoritetaan vuosina 2024–2025. Käyttöluvan saamisen jälkeen Posiva voi aloittaa ydinpolttoaineen loppusijoituksen arviolta vuoden 2025 aikana. EKA-projektiin kuuluu ensimmäisen loppusijoitustunnelin kapselien kapselointi ja loppusijoittaminen sekä tunnelin täyttämisen ja sulkemisen tulpalla.

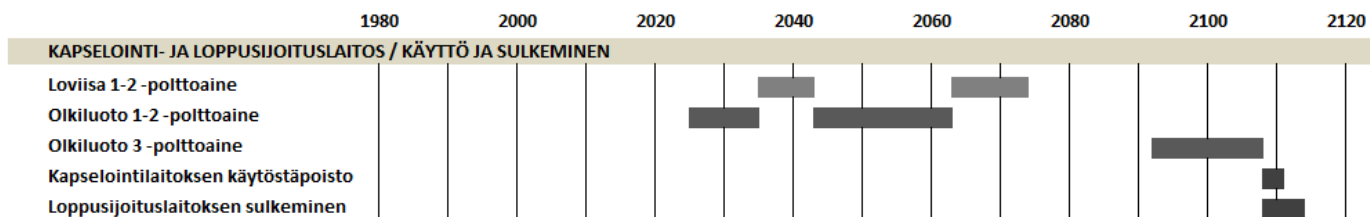
Kokonaisaikataulu

Vuonna 2020 Posivalla hyväksyttiin loppusijoituksen kokonaisaikataulu, jonka perusteella tehtiin tarkempi aikataulu loppusijoituksen ensimmäiselle kymmenelle vuodelle. Kokonaisaikataulua tarkastellaan ja päivitetään tarvittaessa vuosittain ja viimeisin päivitys kokonaisaikatauluun tehtiin vuoden 2023 lopulla. Tämänhetkinen kokonaisaikataulu jakaantuu kahteen jaksoon, joista ensimmäisessä loppusijoitetaan OL1- ja OL2- sekä LO1- ja LO2-polttoaineet ja toisessa OL3-polttoaine (kuva 4-1). Kaikki käytetty polttoaine pyritään loppusijoittamaan tehokkaasti niin, että loppusijoitus aika on optimoitu, tarvittavat lisäinvestoinnit kaikkien laitosten osalta on minimoitu ja toteutettavuus tuotantoprosessien ja organisaation kannalta on hyvä. Lisäksi tuotantosuunnitelma on joustava muutoksille ja mahdollisille laitosten käyttöiän pidentämisille. Kun kaikki polttoaine on loppusijoitettu, toteutetaan vielä kapselointilaitoksen käytöstäpoisto ja loppusijoituslaitoksen sulkeminen (ks. kohta 5).

Viimeisin iso muutos kokonaisaikatauluun tehtiin vuoden 2023 aikana, kun Loviisan voimalaitokset saivat luvan jatkaa toimintaansa vuoteen 2050 asti. Muutos johti siihen, että tämän hetken suunnitelmissa myös Loviisan polttoainetta loppusijoitetaan kahdessa erässä ja lisäksi Loviisan polttoaineen loppusijoituksen aloittamista pyritään aikaistamaan aiemmin suunnitellusta. Sisäisiä tarkasteluja tehdään myös jo mahdollisille muiden yksiköiden käyttöiän jatkoille.

Kokonaisaikatauluun vaikuttaa myös Posivan hankkeen mahdollinen viivästyminen. Viivästyksset hankkeen aikataulussa eivät välttämättä viivästyttä kokonaistuotantosuunnitelmaa samoissa määrin, sillä kauemmin jäähtynyttä polttoainetta voidaan loppusijoittaa tulevaisuudessa tehokkaammin. Huomioitavaa kuitenkin on, että Posiva ei ennen tuotannon alkua tai sen alkuvaiheessa tiedä tarkalleen tulevaisuuden tuotantonopeuksia, joten tulevia suunnitelmia on tarve tarkastella jatkuvasti ja peilata toteutuneeseen toimintaan ja sen nopeuteen.

Edellä mainittujen lisäksi TVO:n ja Fortumin KPA-varastojen kapasiteettien riittävyys aiheuttaa vaatimuksia Posivan kokonaisaikataulun suunnitteluun. Vuonna 2024 perustettiin Posivan, TVO:n ja Fortumin kesken työryhmä, jonka tehtävänä on suunnitella ja seurata Posivan aikataulujen tilannetta ja laadintaa siten, että jokaisen yksittäisen toimijan etujen lisäksi otetaan huomioon myös toiminnan kokonaisoptimi.



Kuva 4-1. Posivan toiminnan tämänhetkinen kokonaisaikataulu.

Tuotannon ylösajo ja ensimmäiset tuotantovuodet

Loppusijoitus aloitetaan noin 3 vuotta kestäväällä tuotannon ylösajovaiheella. Tämän vaiheen aikana kehitetään loppusijoitusprosesseja ja toimintatapoja.

Posiva on valinnut ensimmäisten kymmenen vuoden loppusijoituksen periaatteeksi ”yksi loppusijoitustunneli vuodessa”. Ensimmäisen tunnelin kapselien kapselointiin ja tunnelin täyttämiseen on varattu aikaa hieman enemmän. Pienet muutokset ja vaihtelut vuosittaisissa loppusijoitusmäärissä eivät vaikuta merkittävästi kokonaistuotantosuunnitelmaan, koska vaihteluita uskotaan voitavan tasata myöhemmissä tuotannon vaiheissa. Tunneli/vuosi-ajattelun etuna on mm. selkeys aikataulutuksessa ja tuotannon rytmityksessä (oma työ + urakoitsijat), tehokkuus ja selkeys komponenttien hankinnassa sekä poikkeamien helpompi tunnistaminen, kun tuotanto on vakiovuotoista.

Kuvassa 4-2 on esitetty ensimmäisten tuotantovuosien alustava suunniteltu aikataulu. Aikataulun toteutumiseen vaikuttavat mm. mahdolliset viivästykset Posivan tuotannon aloituksessa sekä tuotannon toteutuva nopeus (kapselointi, EBS-komponenttien asennus, loppusijoitusreikien tekeminen).

"Organisaatiomuutoksen johtaminen ja tuotantovaiheen henkilöstön osaamisen varmistaminen". Määräaikaisarviointi vuonna 2024 kattoi myös tuotantovaiheen toiminnot. Uudelleensertifiointi tehdään joka kolmas vuosi, seuraavan kerran tuotantovaiheessa vuonna 2026. Posivan johtamisjärjestelmää ylläpidetään ja kehitetään jatkuvan parantamisen periaattein. Myös johtamisjärjestelmän kehitystoimenpiteet tulevat kuulumaan vähintään 15 vuoden välein tehtävien turvallisuusarvioiden välille laadittavaan kehitysohjelmaan.

Posiva jatkaa suunnitelmallisesti edelleen vuosina 2025–2027 johtamisjärjestelmän ja toiminnan arvioimiseksi johdon katselmuksia sekä sisäisiä auditointeja laatimansa vuosiohjelman mukaisesti. Vuosiohjelmassa huomioidaan mahdolliset ydinlaitoksen elinkaareen liittyvät muutosvaiheet ja kehittymistarpeet. Vuoden 2024 elinkaaren vaiheeksi ja kehittymistarpeeksi tunnistettiin muutos tuotanto-organisaatioksi vuonna 2025. Johdon katselmuksissa ja sisäisissä auditoinneissa tullaan jatkossa arvioimaan muutoksen onnistuminen ja mahdolliset lisäkehitystarpeet tuotantovaiheen odotusten täyttämiseksi ja toiminnan kehittämiseksi.

Posivan johtoryhmä seuraa omien tunnuslukujensa ja toimintojen laatimien tunnuslukujen avulla johtamisjärjestelmän toimivuutta säännöllisesti kokouksissaan sekä vuosittain johdon katselmuksissa. Posivalla toteutetaan säännöllisesti henkilöstötutkimuksia, joiden tuloksia hyödynnetään johtamisjärjestelmän ja johtamisen kehittämässä sekä työilmapiirin parantamisessa.

4.2 Ydinlaitosten luvittaminen

Posivan ydinjätelaitosten luvittaminen on jaettu kahteen osaan, laitostason luvittamiseen ja järjestelmätason luvittamiseen eli kelpoistamiseen. Laitostason luvittamisella varmistetaan, että laitokset rakennetaan turvallisiksi ja että niiden käyttö tulee olemaan turvallista. Järjestelmätason luvittamisella eli kelpoistamisella varmistetaan Posivan ydinjätelaitosten järjestelmien ja laitteiden suunnitteluperusteiden oikeellisuus, suunnittelun ja toteutuksen riittävyys sekä vaatimustenmukaisuus siten, että turvallisuusmerkitystä vastaavat vaatimukset täyttyvät kaikissa suunnitelluissa olosuhteissa jokaisen järjestelmän ja laitteen osalta.

Käyttölupa

Laitostason luvittamista varten Posivalla on käynnissä käyttölupaprojekti, jonka tehtävänä on hankkia kapselointi- ja loppusijoituslaitokselle käyttölupa loppusijoituksen aloittamiseksi.

Käyttölupaprojektin tavoitteen mukaisesti käyttölupahakemus jätettiin vuoden 2021 lopulla ja samanaikaisesti STUKille toimitettiin käyttölupa-aineisto turvallisuusarvion laatimista varten. Vuosina 2022–2024 käyttölupaprojekti on organisoitu ja valvonut käyttölupahakemusaineiston kohdistuvien selvityspyyntöjen vastaamisen suunnittelua, laatimista, laatua ja päivittämistä. Kesällä 2023 Posiva päivitti käyttölupa-aineistonsa vastaamaan laitosten kelpoistamisen etenemää. Posiva on tukenut STUKin turvallisuusarvion valmistumista vastaamalla selvitys- ja tietopyyntöihin. Projektin tavoitteena on saada käyttölupa vuoden 2025 alkupuoliskolla, jotta STUK voi tämän

jälkeen todeta ydinenergiain 20 §:n mukaisesti turvallisuusvaatimusten täyttymisen ja myöntää luvan käytön aloittamiseen vuonna 2025.

Käyttöluvan saamisen jälkeen vuosina 2025–2028 Posiva aikoo viedä käyttöluvassa ja STUKin turvallisuusarviossa olevat vaatimukset ja kehityskohteet kehitys- ja turvallisuusohjelmiin, valmistautuen näin jo ensimmäiseen ydinenergiain mukaiseen määräaikaiseen turvallisuusarvioon.

Kelpoistaminen

Posivan ydinjätelaitosten järjestelmien ja laitteiden kelpoistaminen käyttötarkoitukseensa sekä kelpoistusdokumentaation hyväksyntäprosessi ovat edenneet laitosten suunnittelun ja rakentamisen aikana sekä asennus- ja käyttöönottovaiheissa STUKin valvonnassa. Posivan turvallisuusluokiteltujen järjestelmien kelpoistusdokumentaation toimitusaikatauluja on suunnittelu- ja rakentamisaikana päivitetty sekä esitetty kuukausittain taulukkomuodossa STUKille Posivan ydinlaitosten rakentamisen STUK-kuukausiraportin liitteessä ”Järjestelmien kelpoistuksen eteneminen”. Kaikkien Posivan ydinjätelaitosten järjestelmien ja laitteiden tulee olla kelpoistettuja ja käyttöönotettuja ennen laitosten käytön aloittamista ja laitostason luvittamisen päättymistä.

Vuosina 2025–2028 Posivan järjestelmätason luvittaminen eli kelpoistaminen liittyy ensisijaisesti mahdollisiin järjestelmiin ja laitteisiin toteutettaviin muutoksiin sekä muutosten turvallisuusmerkityksen mukaan tehtäviin ja hyväksyttäviin kelpoistusaineistojen päivityksiin.

4.3 Posivan laitosten kuvaus

4.3.1 Kapselointilaitos

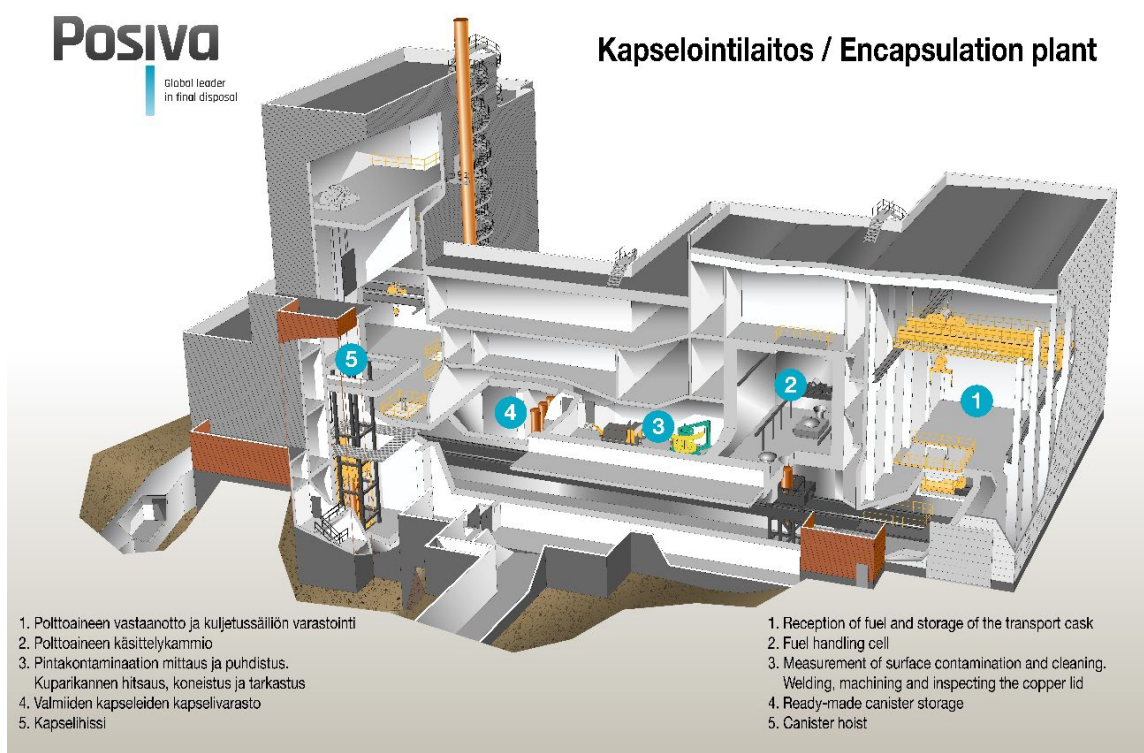
Käytetty ydinpolttoaine vastaanotetaan kapselointilaitoksessa jatkokäsittäväksi loppusijoitusta varten. Kapselointilaitos on kytketty maanalaiseen loppusijoituslaitokseen kapselikuilulla, johon asennetulla kapselihissillä kapselit kuljetetaan alas loppusijoitustasolle. Posivan kapselointilaitos valmistui vuoden 2024 aikana (kuva 4-3). Järjestelmien toimivuus on testattu jo ennen YTK:n ja tuotannon aloitusta mutta tuotantoprosessin läpivientiä pystytään optimoimaan tarvittaessa myös tuotannon alettua. 2030-luvulle tultaessa Posivalla aletaan suunnitella ja valmistella Loviisan polttoaineen loppusijoitusta, mikä vaatii vähäisiä muutoksia ja uudistuksia myös kapselointilaitoksen järjestelmiin.



Kuva 4-3. Kapselointilaitos.

Kapselointilaitoksen keskimääräinen kapselointitehokkuus on noin 40–50 kapselia vuodessa. Suurin kapselointitehokkuus on 100 kapselia vuodessa. Kapselointilaitos suunnitellaan turvallisuusmääräyksiä noudattaen siten, että radioaktiivisten aineiden pääsy ympäristöön häiriö- ja onnettomuustilanteissakin jää merkityksettömän pieneksi.

Kapselointilaitos on noin 71 m pitkä ja 36 m leveä (kuva 4-4). Rakennuksen alin lattiataso on noin tasolla -2,9 m ja ylin tasolla +31,1 m merenpinnasta. Maantasokerros on noin +10,3 m merenpinnasta. Rakennuksen tilavuus on noin 70 000 m³.



Kuva 4-4. Kuvassa kapselointilaitoksen tiloja: 1. Polttoaineen vastaanotto ja kuljetussäiliön varastointi, 2. Polttoaineen käsittelykammio, 3. Pintakontaminaation mittaus ja puhdistus, kuparikannen hitsaus, koneistus ja tarkastus, 4. Valmiiden loppusijoituskapselien kapselivarasto ja 5. Kapselihissi.

Kapselointiprosessin vaativimmat työvaiheet tehdään polttoaineen käsittelykammiossa ja kapselin hitsauskammiossa, jotka sijaitsevat maanpinnan tason tiloissa. Käsittelykammio on varustettu polttoaineen kuivausjärjestelmällä, kuljetussäiliön ja kapselin telakointiasemilla, polttoaineen siirtokoneella ja tarvittavilla apujärjestelmillä. Kapselin hitsauskammio on varustettu kitkatappihitsauslaitteella ja koneistusasemalla hitsipinnan ja ylimääräisen kuparin koneistusta varten. Kapselin kannen hitsin tarkastus tehdään koneistusasemassa. Hitsille tehdään kolme erilaista tarkastusta: visuaalinen, pyörrevirta- ja ultraäänitarkastukset. Kapselointilaitoksessa on valmiiden kapselien välivarasto, johon mahtuu 12 kapselia. Kapselivarasto on kapselihissin läheisyydessä.

4.3.2 Loppusijoituslaitos

Loppusijoituslaitos koostuu maanalaisista loppusijoitustiloista, näitä yhdistävistä keskustunneleista, ajotunnelista, kuiluista sekä teknisistä tiloista. Loppusijoitustiloihin lasketaan kuuluvaksi loppusijoitustunnelit ja -reiät. Loppusijoituslaitos sisältää myös varauksen matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitustilalle. Loppusijoituslaitoksen tiloista tekniset tilat, maanpintayhteydet sekä ensimmäiset loppusijoitustunnelit ja keskustunnelien alkupäät on rakennettu valmiiksi ennen loppusijoittamisen aloittamista (kuva 4-5).

Maanpintayhteyksiä loppusijoituslaitoksesta on yhteensä viisi kappaletta, eli ajotunneli, henkilökuilu, poistoilmakuilu, kapselikuilu sekä tuloilmakuilu.

Kapselin siirto- ja asennusajoneuvon (KSAA) (kuva 4-6) kokoonpano ja sähköistyksen on saatu valmiiksi ja käyttöönottokokeet ovat syksyllä 2024 käynnissä.



Kuva 4-6. Kapselin siirto- ja asennusajoneuvo tehdasteissä heinäkuussa 2024.

AGV-ajoneuvoalustat valmistuivat jo vuoden 2023 aikana. Laitteisiin on asennettu autonomiseen navigointiin liittyviä laitteistoja ja niiden testaukset on suoritettu sekä maanpäällisessä testihallissa että ONKALOSSA.

Puskurin asennusjärjestelmä (BIS) koostuu asennuslaitteesta (kuva 4-7) ja siirtolaitteesta (kuva 4-8). Molemmat laitteet asennetaan tuotannossa itsevetävän AGV-alustan päälle. Sekä asennuslaitteen että siirtolaitteen osalta tehdastestit on tavoitteena saada valmiiksi syksyllä 2024 ja käyttöönottokokeet on tavoitteena suorittaa loppuvuoden aikana.



Kuva 4-7. BIS-järjestelmän puskurin asennuslaite on saavuttanut järjestelmätason koevalmiuden.



Kuva 4-8. BIS-järjestelmän siirtolaite on saavuttanut järjestelmätason koevalmiuden.

Granulitäytön asennusjärjestelmän (GBIS) laitteet valmistuivat vuoden 2023 aikana. Kesällä 2024 tehtiin täyden mittakaavan järjestelmätason testit, joissa suoritettiin testitunnelin täyttö siirto- ja asennuslaitteella (kuva 4-9).



Kuva 4-9. GBIS-järjestelmän maanpäällisen täyden mittakaavan testien valmistelua.

Laiteintegraatioprojektissa toteutettiin vuoden 2023 aikana testiympäristö maanpäälliseen testihalliin, jonne rakennettiin laiteohjaamo ja tiedonsiirron mahdollistava 5G-tietoliikenneverkko. Vuoden 2024 alkupuoliskolla testiympäristö kahdennettiin ONKALoon tuotantolaitteiden maanalaisen testauksen ja tuotannon aloittamisen mahdollistamiseksi. Laiteintegraatioprojektissa toteutetaan kaikkien tuotantolaitteiden yhteensovittaminen ja autonomisen ajon toiminnallisuudet. Autonomisen ajon toiminnallisuuksien toteutus suoritetaan pääosin 2024 aikana.

Tuotantolaitteita tullaan kehittämään ja modifioimaan tuotannon aikana saadun kokemuksen perusteella. Loviisan käytetyn polttoaineen loppusijoituksen aloitus vaatii Olkiluodon polttoaineita lyhyemmän kapselin ja matalamman tunnelin vuoksi matalamman kapselin siirto- ja asennusajoneuvon. BIS- ja GBIS-järjestelmään ei tarvitse käytännössä tehdä muutoksia Loviisan polttoaineen vuoksi. Myös EBS-komponenttien kehitystyö saattaa aiheuttaa asennustekniikan muutostarpeita.

4.3.4 Loviisan polttoaineen kuljetukset

Käytettyä ydinpolttoainetta varastoidaan Fortumin Loviisan ydinvoimalaitoksen ja TVO:n Olkiluodon ydinvoimalaitoksen KPA-varastoissa, kunnes se siirretään Olkiluodossa sijaitsevaan Posivan kapselointilaitokseen erikoissäiliöissä.

Polttoainetta voidaan kuljettaa säiliön sisällä kuiviltaan tai siten, että säiliö on täytetty vedellä. Posivalla on päätetty kuljettaa Loviisan polttoaine kuivasäiliöissä. Uuden kuljetussäiliön hankinta voi kestää vuosia. Kuljetussäiliöiden toimittajia ja tyyppejä on selvitelty aiemminkin ja vuonna 2024 Posiva ja Fortum aloittivat säiliön hankinnan suunnittelun: päätettäviä asioita ovat mm. hankittavien säiliöiden määrä, toimittaja ja tyyppi sekä säiliön koko. Päätös säiliön hankinnasta pyritään tekemään vuosien 2027–2029 aikana siten, että huomioon otetaan sekä Fortumin että Posivan tarpeet.

Loviisan polttoaineiden kuljetus Olkiluotoon on suunniteltu tapahtuvan joko maantie- tai merikuljetuksena tai niiden yhdistelmänä. Kuljetustavan valinnassa on otettava huomioon kuljetuksen tekninen toteutus (mm. rakenteet, reitit, väylät, kuljetuskalusto), viranomaisten ohjeistukset, kuljetuksen riskit sekä kustannukset. Em. asioita on selvitetty jo aiemmin mm. Posivan lupahakemuksia varten ja vuonna 2024 Posiva ja Fortum ovat jatkaneet työtä tavoitteena valita kuljetusmuoto viimeistään vuonna 2029.

4.4 Tekniset vapautumisestteet

Posivan loppusijoitussuunnitelma perustuu moniesteperiaatteeseen (kuva 4-10) ja KBS-3V-konseptiin, jossa teknisiä vapautumisestteitä (EBS) ovat polttoaineen koostumus, kapseli, puskuri, loppusijoitustunnelin täyttö ja tulppa sekä muiden tilojen sulkeminen. Peruskallio on luonnollinen vapautumiseste.



Kuva 4-10. Loppusijoituksen moniesteperiaate.

4.4.1 Polttoaine

Loppusijoitettavan polttoaineen tietojen hallintaan ja viranomaisraportointiin kehitetyn polttoainetietokantaohjelmiston (Kaapo) ensimmäinen versio valmistui vuonna 2020 ja tämän jälkeen on vuosittain tehty kehitystä versioinneilla. Polttoaineprojektien tavoitteena on saada polttoainetietokantaohjelma siihen valmiuteen, että polttoainetietokannan kehitysvaihe olisi suoritettu ja polttoainetietokanta siirrettäisiin ylläpitovaiheeseen sisältäen tarvittaessa myös kehitystyötä. Polttoainetietokantaa voidaan jo hyödyntää ensimmäisiin kapselisiin valittavan käytetyn ydinpolttoaineen optimointiin. YTK-vaiheessa saadun käyttökokemuksen perusteella polttoainetietokantaa kehitetään tarvittaessa edelleen ja loppusijoituksenkin aikana tehdään versiointia ajoittain. Ohjelmistoon on sisällytetty mm. käytetyn ydinpolttoaineen jälkilämpötehon epävarmuudet ja niiden keskinäiset riippuvuudet, joilla pyritään entistä tehokkaampaan käytetyn ydinpolttoaineen varastoinnin ja loppusijoitustunnelien käyttöasteen optimointiin.

Polttoainenippujen jälkilämpötehon epävarmuusselvitys (Jäpö) -projekti käynnistyi alkuvuonna 2021. Projektin tavoitteena oli tuottaa tiedot polttoainenippujen jälkilämpötehojen epävarmuuksista sekä siitä, miten nämä epävarmuudet tulisi ottaa huomioon nippujen latausoptimoinnissa turvallisen ja kustannustehokkaan ratkaisun saavuttamiseksi. Projektin tuotteena oli jälkilämpötehoepävarmuuden sisältävä päivitetty latausoptimointiohjelma Posivan polttoainetietokantaan Kaapoon. Tavoitteeseen päästiin ja tiedot saatiin sisällytettyä päivitettyyn latausoptimointiohjelmaan. Aiheesta on lisäksi tehty lehtiartikkeli. Jäpö-projektista käynnistettiin lisäselvitys, jossa mm. tehtiin tarkempaa määrittystä merkittävimmistä polttoainenippujen jälkilämpötehojen

epävarmuustekijästä, ydinvakiodatasta. Tuloksia ja määrityksiä esiteltiin STUKille kevättalvella 2024.

OL1- ja OL2-laitosyksiköiden sähköntuotannon alkuvuosina polttoainekanavia kierrätettiin reaktorista poistetuista polttoainenipuista tuoreisiin polttoainenippuihin. Kierrätyksen tuloksena syntyi ns. kanavattomia käytettyjä polttoainenippuja. Kanavattomia OL1- ja OL2-polttoainenippuja on varastoituna hieman yli 850 kappaletta. Kanavattomat niput ovat lyhyempiä kuin kanavalliset polttoaineniput, sillä virtauskanavan lisäksi nipuista puuttuvat alapäätykappaleet. Kanavattomat niput on päätetty loppusijoittaa sellaisenaan ja koska ne ovat pääosin jälkilämpötehollisesti kylmimpiä, niitäkin on oltava mahdollista valita kapseliin loppusijoitustoiminnan alkuvuosista alkaen.

Pituuseron aiheuttamien haasteiden ratkaisemiseksi on nippujen käsittelyä varten suunniteltu korokepalat. Korokepalan etuna on se, että kanavattomia ja kanavallisia nippuja voidaan siirtää samassa siirtosäiliössä, kuivata samassa kuivausasemassa ja ladata samaan kapseliin. Näissä järjestelmissä korokepalat ovat keskenään hieman erilaiset.

Korokepalojen käyttö on todettu ydinturvallisuuden kannalta hyväksyttäväksi siten, että kriittisyysturvallisuus, jälkilämmön poistuminen ja polttoaineen suojakuorten eheys on turvattu. Korokepalan tärkein ominaisuus on nostaa kanavattomat niput kanavallisten polttoaine-elementtien kanssa samalle korkeustasolle, jotta turvallinen käsittely on mahdollista.

Ensimmäiset testikorokepalat on tuotettu ja niiden käyttöä on testattu sekä TVO:n että Posivan järjestelmissä. Lopullisen rakennesuunnitelman mukaisia korokepaloja ryhdytään tuottamaan STUKin hyväksynnän myötä. Lisäksi korokepaloja tullaan testaamaan yhteistoimintakokeessa.

4.4.2 Kapseli

Loppusijoituskapselin suunnittelun ja valmistuksen osalta ovat käynnissä komponenttien kelpoistus ja valmistuksen pätevynti. Sekä yksittäisten kapselikomponenttien että suljetun kapselin rakennesuunnitelmien tuottamisella kapselijärjestelmä kelpoistetaan siten, että sekä komponenttien valmistus tuotantoon että niiden käyttäminen loppusijoituksessa voidaan aloittaa. Kuparikomponenttien osalta komponenttien valmistusmenetelmät lisäksi pätevoidään. Ainetta rikkomattomat tarkastusmenetelmät (NDT) on pätevynti sekä kuparikomponenteille että valurautaiselle sisäosalle.

Neuvottelut kapselikomponenttien toimituksesta tuotantoon ovat käynnissä ja näillä tullaan varmistamaan komponenttien oikea-aikainen saatavuus loppusijoituksessa. Logistiikkaketjujen kehittäminen komponenteille on erityisessä roolissa johtuen useista eri valmistajista ja valmistusvaiheista.

Seuraavalla ohjelmakaudella kapselikomponenttien kehitysprojekteissa optimoidaan erityisesti kupariputken ja sisäosan suunnitelmia ja tuotantoa. Vaihtoehtoisia kupariputki- ja sisäosaratkaisuja kehitetään yhteistyössä SKB:n kanssa. Tarkoituksena on kehittää kustannustehokas, vakaan ja tasalaatuisen tuotannon takaava vaihtoehtoinen

valmistusmenetelmä kyseisille komponenteille. Tällä pyritään myös logistiikkaketjujen yksinkertaistamiseen sekä riippuvuuksien vähentämiseen yksittäisistä toimittajista.

Tuotannon aikana kapselille tuotetaan komponentteja *Tekniset vapautumisesteet* -prosessin mukaisesti. Komponenttitoimitukset perustuvat neuvoteltuihin valmistussopimuksiin, ja sekä valmistuksen että logistiikkaketjujen hallinnalla varmistetaan komponenttien riittävä ja oikea-aikainen saatavuus kapselin kokoonpanossa tuotannon vaateen mukaisesti.

Vuosina 2025–2027 kehitetään kupariputkelle ja sisäosalle vaihtoehtoisia ratkaisuja, joilla pyritään varmistamaan näiden komponenttien kustannustehokas ja tasalaatuinen tuotanto. Tuotannolle valmistetaan kapselikomponentteja *Tekniset vapautumisesteet* -prosessin mukaisesti.

4.4.3 Puskuri

Puskurin kelpoistaminen sekä suunnittelun, valmistuksen että asennuksen osalta valmistuu vaiheittain ja menettelyt tulee olla viranomaisen hyväksymiä ennen kyseisten vaiheiden aloittamista tuotantoa varten. Valmistusprosessit on esitetty rakennesuunnitelmissa ja näille menetelmille on saatu viranomaisen hyväksyntä. Asennusmenetelmien kelpoistaminen tapahtuu ennen yhteistoimintakokeen maanalaisen osuuden alkua.

Tuotannon aikana puskurin komponentteja tuotetaan *Tekniset vapautumisesteet* -prosessin mukaisesti. Toimitukset perustuvat valmistussopimuksiin, ja sekä valmistuksen että logistiikkaketjujen hallinnalla varmistetaan komponenttien riittävä ja oikea-aikainen saatavuus tuotannon tarpeiden mukaisesti.

Seuraavalla ohjelmakaudella jatketaan puskurin teknisen ratkaisun optimointia tavoitteena edelleen tuotannollisempi ja kustannustehokkaampi ratkaisu. Puskuriin liittyvässä tuotekehityksessä tullaan tarkastelemaan etenkin granulaariseen materiaaliin perustuvaa ratkaisua.

4.4.4 Täyttö ja tulppa

Kuten puskurin osalta, täytön kelpoistaminen suunnittelun, valmistuksen ja asennuksen osalta valmistuu vaiheittain ja menettelyjen tulee olla viranomaisen hyväksymiä ennen kyseisten vaiheiden aloittamista tuotantoa varten. Valmistusprosessi on esitetty rakennesuunnitelmassa ja menetelmille on saatu viranomaisen hyväksyntä. Täytön asennusmenetelmän kelpoistaminen tapahtuu ennen yhteistoimintakokeen maanalaisen osuuden alkua.

Tuotannon aikana täyttömateriaalia tuotetaan *Tekniset vapautumisesteet* -prosessin mukaisesti. Toimitukset perustuvat valmistussopimukseen, ja sekä valmistuksen että logistiikkaketjujen hallinnalla varmistetaan materiaalin riittävä ja oikea-aikainen saatavuus tuotannon tarpeiden mukaisesti.

Seuraavalle ohjelmakaudelle ei ole tunnistettu merkittäviä tarpeita tunnelitäyttöratkaisun tuotekehityksen osalta. Optimointia tapahtunee asennettavan materiaalin määrän sekä asennusprosessin osalta.

Loppusijoitustunnelin päätytulpan osalta tullaan tarkastelemaan tulpparakenteen mitoitus. Tavoitteena on optimoida tulpan mitoitus siten, että tarvittavan vahvistusraudoituksen määrää voidaan pienentää merkittävästi. Tämän edellytyksenä on tarkastella ja määritellä uudelleen tulpan mitoitusperusteet.

4.5 Pitkäaikaisturvallisuuden hallinta

4.5.1 Monitorointi

Posiva toteuttaa loppusijoituslaitoksen ja -paikan monitorointiohjelmaa käyttöluvahakemuksen yhteydessä laaditun monitorointiohjelman mukaisesti (Pere ym. 2021). Raportti esittää käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen ja paikan monitorointiohjelman (tutkimus- ja tarkkailuohjelma) laitoksen rakentamis- ja käyttövaiheelle Eurajoen Olkiluodossa. Ohjelma on laadittu vapautumisesteiden toimintakyvyn varmentamiseksi ja sen tarkoituksena on seurata ja varmentaa, että paikan ominaisuudet säilyvät suotuisina rakentamis- ja loppusijoitustoiminnasta huolimatta, sekä kerätä pitkäaikaisturvallisuuden kannalta merkittäviä tietoja kallioperästä ja vapautumisesteiden toimintakyvystä. Monitorointi kattaa alueen hydrogeologisen ja hydrologisen seurannan, pohjavesien kemiallisen koostumuksen (hydrogeokemiallisen) seurannan, kalliomekaanisten olosuhteiden seurannan, pintaympäristön ja hankkeen ympäristövaikutusten seurannan sekä teknisten vapautumisesteiden seurannan niiden toimintakyvyn varmentamiseksi. Nykyinen ohjelma astui voimaan vuoden 2022 alussa ja on voimassa toistaiseksi, kattaen vuodet 2025–2027 sekä 2028–2030. Posiva on monitoroinut loppusijoituspaikkaa vuodesta 2003 asti. Vuosittainen seuranta määritetään yksityiskohtaisemmalla tasolla erikseen laadittavissa vuosisuunnitelmissa. Ohjelma päivitetään viimeistään määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä, mutta ohjelmaa voidaan päivittää tarvittaessa myös muulloin jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti.

Monitoroinnissa tärkeässä osassa on loppusijoituskallion ja sen loppusijoitukselle suotuisana pysymisen seuranta, kuten myös toiminnan aiheuttamien häiriöiden kehittymisen ja mahdollisen palautumisen tunnistaminen ja seuranta. Ohjelmassa esitetyt monitoroitavat parametrit ja prosessit on määritetty Posivan loppusijoitusjärjestelmälle asettamien pitkäaikaisturvallisuusvaatimusten perusteella sekä mallinnuksen, rakentamisen, suunnittelun sekä mahdollisten ympäristövaikutusten arvioinnin tarpeiden perusteella. Monitoroitavien prosessien kytkökset pitkäaikaisturvallisuuden kannalta relevantteihin piirteisiin, tapahtumiin ja prosesseihin (FEP) on kuvattu. Pitkäaikaisturvallisuuden lisäksi monitoroitavat prosessit ja parametrit ovat peräisin mm. mallinnuksen, rakentamisen ja suunnittelun sekä mahdollisten ympäristövaikutusten arvioinnin tarpeista. Monitoroitaville parametreille on tarpeellisin osin määritetty YVL D.7 -ohjeen vaatimuksen 829b mukaiset toimenpiderajat, joilla on perustellut yhteydet loppusijoituslaitoksen lähikallion pohjavesien häiriöiden rajoittamiseen. Lisäksi toimenpiderajoja on asetettu käyttötoiminnan sekä maanalaisten ja maanpäällisten louhinta- ja rakennustöiden ympäristövaikutuksiin liittyen. Toimenpiderajojen tai

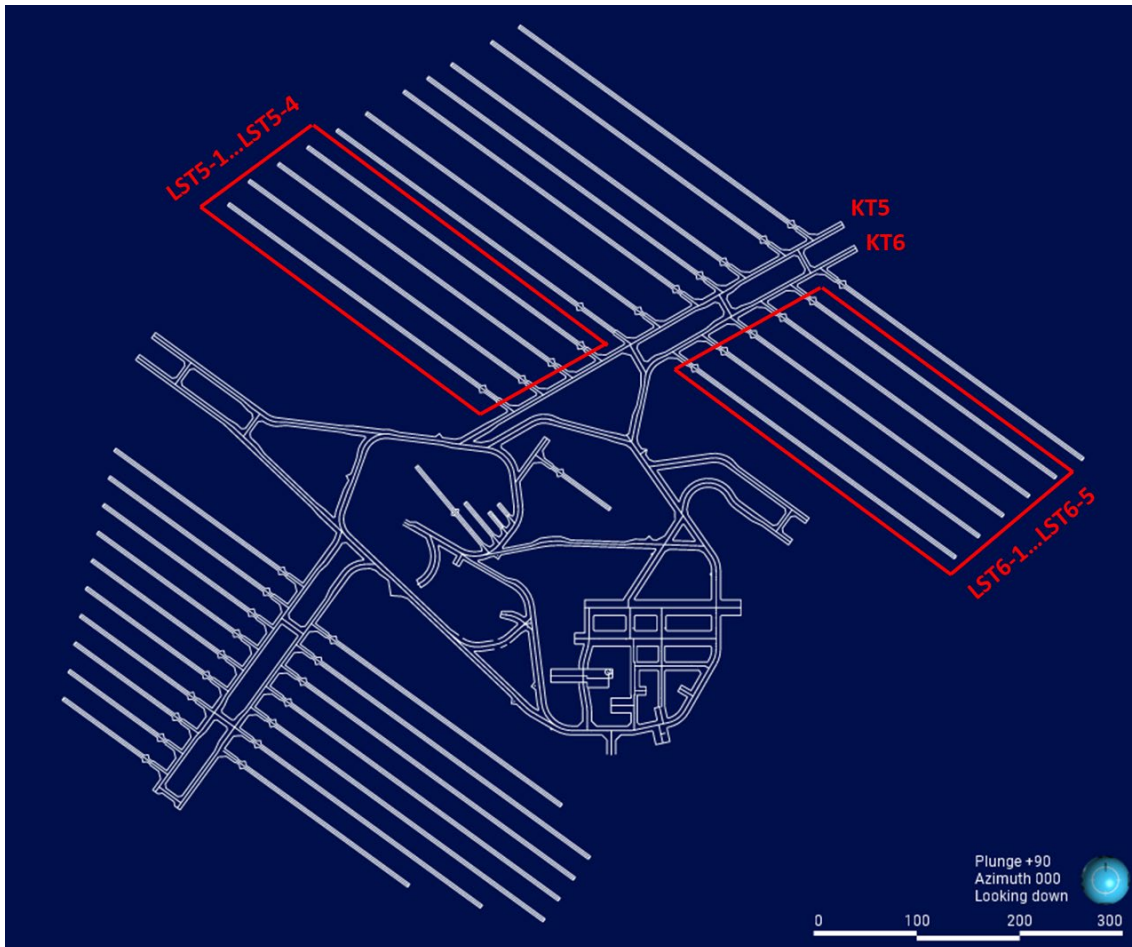
vaatimuksissa esitettyjen rajojen ylittyessä käynnistetään Posivan johtamisjärjestelmän mukaisesti menettely ylitysten käsittelemiseksi ja niiden käyttö- tai pitkäaikaisturvallisuusmerkityksen arvioimiseksi YVL D.7, 829 c:n mukaisesti. Pintaympäristön osalta arvioidaan ylitysten merkitystä erityisesti ympäristöturvallisuuden kannalta. Käyttövaiheen aikaisella monitoroinnilla tuotetaan aikasarjoja myös määräaikaisten turvallisuusperustelupäivitysten lähtötiedoiksi ja koko rakentamis- ja käyttöaikana kerättyä monitorointidataa tullaan hyödyntämään myös laitoksen lopullisen sulkemisen yhteydessä.

Monitoroinnin tähän asti keräämien havaintojen perusteella rakentamis- ja louhintatöiden vaikutuksia on havaittavissa aineistoista esimerkiksi pohjavesikemian sekä pohjaveden painemuutosten osalta, mutta loppusijoituspaikan olosuhteet ovat säilyneet Posivan konseptille suotuisina eikä haitallisia vaikutuksia alueen ympäristölle ole havaittu (Kuusisto & Alho ym. 2023, Kuusisto & Malm ym. 2023, Laakso ym. 2023, Yli-Kaila ym. 2023).

4.5.2 Kallion soveltuvuusluokittelu

Kallion soveltuvuusluokittelumenettely (RSC) on kehitetty KBS-3V-ratkaisun mukaisen loppusijoituslaitoksen suunnitteluun ja rakentamiseen soveltuvien kalliotilavuuksien paikantamiseksi. Soveltuvuusluokittelun tarkoituksena on välttää sellaisia kalliooperän piirteitä, jotka voivat heikentää kallion loppusijoitukselle suotuisia ominaisuuksia lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. Kallion soveltuvuutta arvioidaan eri mittakaavoissa, jotka ovat yhteydessä maanalaisen loppusijoituslaitoksen suunnittelun ja rakentamisen eri vaiheisiin, alkaen koko loppusijoituslaitoksen asemoinnista ja edeten loppusijoituspaneelien ja loppusijoitustunneleiden yksityiskohtaisen suunnittelun ja rakentamisen kautta loppusijoitusreikien asemointiin ja rakentamiseen.

Vuosien 2025–2030 välisenä aikana kallion soveltuvuusluokittelua toteutetaan normaalisti rakentamisen etenemisen tahdissa neljän ensimmäisen loppusijoitustunnelin (LST5-1–LST5-4) alueella (kuva 4-11). Kyseisissä loppusijoitustunneleissa tehdään sekä tunnelivaiheen soveltuvuusluokittelua (LST5-4) perustuen tunnelista saatuihin tutkimusaineistoihin, että loppusijoitusreikävaiheen soveltuvuusluokittelua (LST5-1–LST5-4) perustuen eri vaiheissa sekä loppusijoitusreiän pilottireikien tutkimusaineistoihin että porattujen loppusijoitusreikien tutkimusaineistoihin. Lisäksi vuoden 2025 aikana tullaan kairaamaan suunniteltujen loppusijoitustunneleiden LST6-1–LST6-5 sekä keskustunnelin 5 (KT5) jatkeen paikoille pilottireiät. Pilottirei’istä saatujen tutkimusaineistojen perusteella arvioidaan kyseisille tunneleille asetettujen vaatimusten toteutumista. Pilottireikävaihetta seuraa tunneleiden louhinta ja tunnelitutkimusvaihe vuosien 2027–2029 aikana, jonka jälkeen vuosien 2029–2030 aikana varmennetaan kyseisille tunneleille asetettujen vaatimusten toteutuminen.



Kuva 4-11. Soveltuvuusluokittelun kohteena vuosina 2025–2030 olevien tilojen sijainti ONKALOSSA (KT=keskustunneli ja LST=loppusijoitustunneli).

4.5.3 Tutkimustiedon tuottaminen ja hallinta

Monitorointiohjelman ja soveltuvuusarvioinnin tarpeisiin tehtäviä tutkimuksia maanpäällä ja loppusijoitustiloissa koordinoidaan *Paikkatutkimusten koordinointi* -kokouksissa (PAKO) ja *maanalaisten tutkimusten kokouksissa* (MTK). PAKO keskittyy toimintavuodelle ajoittuvien tutkimustöiden toteutuksen suunnitteluun sekä koordinointiin ja MTK keskittyy koordinoimaan maan alla tapahtuvia tutkimustöitä tarvittaessa viikkotasolla.

Tutkimuksissa käytettävien tutkimuslaitteiden ylläpitoa ja kehitystä hallinnoidaan tutkimuslaitekokouksien avulla.

Tutkimustietojen hallintaa ohjataan kokonaisuutena, johon kuuluu tietojärjestelmien ylläpito ja kehitys sekä jatkuva tukitoimintomuotoinen työ jokapäiväiseen tutkimustietojen käsittelyyn ja raportointiin. Tutkimustiedon hallintaan liittyviä asioita käsitellään jatkuvana toimintana omissa kokouksissaan.

4.5.4 Mallinnus

Paikankuvauksen osalta käyttölupahakemuksen turvallisuusperustelun (SC-OLA) lähtötiedoksi laadittu *Olkiluoto Site Description* -raportti kuvaa loppusijoituspaikan menneen kehityksen ja nykytilan. Paikankuvaus (paikkamalli ja raportti) päivitetään tuotantovaiheessa vähintään määräaikaisten turvallisuusarvioiden yhteydessä.

Paikkamallinnukseen liittyvä kehitys ja ylläpito toteutetaan havaintoihin perustuvan (deterministisen) ja numeerisen mallinnuksen prosesseissa, joiden päätavoitteet on määritetty osana *Mallinnus- ja paikankuvaus* -ohjausryhmän työtä. Päätavoitteet liittyvät päivitetyn tuotantomallinnusvalmiuden saavuttamiseen sekä pidemmällä tähtäimellä seuraavaa turvallisuusarviota varten tarvittavien mallinnustarpeiden arviointiin ja toteutukseen. Prosessien toimintasuunnitelmat päivitetään vuosittain vastaamaan ajankohtaisia kehitystarpeita. Tärkeimmät kehityskohteet ohjelmakaudella ovat:

- deterministisen integroidun paikkamallin ylläpito ja kehittäminen,
- numeeristen paikkamallien ylläpito ja kehittäminen, erityisesti uudella mallinnusohjelmistolla toteutettava pohjavesivaikutusten mallinnuksen kehittäminen ja käyttöönotto, sekä
- tiedonhallinnan kehittäminen mallinnustietokannan kautta.

Mallinnukseen liittyvän osaamisen kehittämisen ja ylläpidon tavoitteena on tuotantovaiheen jatkuvaluonteisten mallinnustehtävien toteutus Posivan omana työnä. Mallinnustyökaluihin ja -osaamiseen liittyvää kehitystyötä toteutetaan laajalti myös osana kansainvälistä, erityisesti SKB:n kanssa toteutettavaa, yhteistyötä.

4.5.5 Pitkäaikaisturvallisuuden hallinnan toteutus

Nykyinen turvallisuusperustelu (SC-OLA) toimitettiin STUKille käyttölupahakemuksen yhteydessä vuoden 2021 lopussa. Ohjelmakauden 2022–2024 aikana turvallisuusperusteluun liittyen on keskitytty STUKilta tuleviin lisäselvityspyyntöihin vastaamiseen. Lisäksi turvallisuusperustelun lähtötietojen jäädytyksen jälkeen hyväksytyistä loppusijoituskonseptin muutoksista kirjoitettiin muistio (COMAN), jossa arvioitiin muutosten vaikutusta jätettyyn turvallisuusperusteluun. Muistio valmistui vuoden 2023 alussa.

Osana *Pitkäaikaisturvallisuuden hallinnan toteutus* -prosessin toimintaa suunnitellaan ja toteutetaan pitkäaikaisturvallisuuden hallinnan käytännön toteutus. Pitkäaikaisturvallisuuden hallintaan liittyy muun muassa Posivan pitkäaikaisturvallisuuden hallintaryhmän (PAT-ryhmä) toiminta sekä pitkäaikaisturvallisuuskriittiset toiminnot, joita ovat vuotovesien hallinta, turvallisuusluokiteltujen tarveaineiden (TLTA) hallinta, louhinnan vauriovyöhykkeen (EDZ) hallinta sekä kairausten ja porausten hallinta. PAT-ryhmän tarkoituksena on toimintasäännön mukaisesti varmistaa pitkäaikaisturvallisuuden toteutuminen Posivan hankkeen ja loppusijoitustoiminnan eri vaiheissa ja eri osa-alueilla. Pitkäaikaisturvallisuuden hallinta pitää sisällään loppusijoitusratkaisun sisällä toteutettavien muutosten tai loppusijoitusratkaisuun vaikuttavien uusien havaintojen arvioinnin, jos niillä arvioidaan olevan pitkäaikaisturvallisuuteen tai turvallisuusperusteluun liittyviä vaikutuksia.

Posivan tulee laatia turvallisuusarvio vähintään 15 vuoden välein. Turvallisuusarvioiden välille on laadittu kehitysohjelma, jonka puitteissa toteutetaan tarpeellisiksi arvioituja T&K-projekteja.

Ohjelmakauden tavoitteena on määritellä prosessi pitkäaikaisturvallisuusriskien systemaattiseksi ja tehokkaaksi käsittelemiseksi tukemaan T&K-projektien määrittelyä. Lisäksi tavoitteena on käynnistää pitkäaikaisturvallisuusvaatimusten perusteiden arviointi pitkäaikaisturvallisuuden hallinnan tehokkuuden vahvistamiseksi myös muutosesitysten käsittelyn sekä turvallisuusmarginaalien määrittelyn näkökulmista. Ohjelmakaudella saadaan vuonna 2024 käynnissä olevat paikan kehityksen hydrogeologian ja hydrogeokemian seurantaan keskittyneet numeerisen mallinnuksen projektit (OL-STAR, TUPPO) vietyä päätökseen.

4.5.6 Tutkimus-, tuote- ja prosessikehitys

Kehitysohjelman suunnittelu ja laatiminen toteutetaan ohjelmakauden alussa. Tulevien vuosien T&K-projektien tavoitteena on:

- konseptin ja sen komponenttien kustannustehokkuuden ja turvallisuuden jatkuva parantaminen sekä toimitusketjujen riskien hallinta,
- käyttövaiheen (T&K-)prosessien turvallisuuden ja kustannustehokkuuden jatkuva parantaminen,
- turvallisuusperustelun jäännösepävarmuuksien hallinta, ja
- viranomaisen tai tiedeyhteisön vaatimusten täyttäminen.

5 POSIVAN YDINJÄTEHUOLTO

Käytetyn polttoaineen loppusijoitustoiminnan alettua Posiva vastaa omista käytöstäpoisto- ja sulkemiskustannuksistaan. Posivan ydinlaitosjätteen huolehtimisvelvollisuus siirretään sen synnyttä vaiheittain TVO:lle.

Ydinenergialain mukainen jätehuoltovelvollisuus alkaa käyttöluvan myöntämisestä ja Posivan varautumisvastuu syntyy Posivan perustamiskirjan perusteella, kun Posiva ottaa ensimmäisen kerran käytetyn polttoaineen vastaan KPA-varaston ovella. Tätä ennen on ydinjätehuollon kustannuksiin varauduttava YEL 44–45 §:n mukaisesti. Posivan vastuumäärä muodostuu pääpiirteittäin kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen käytöstäpoiston ja sulkemisen sekä keskustunneleiden täytön kustannusarvioista. Kapselointilaitoksen toiminnan alettua syntyy sen käytöstä jonkin verran ydinlaitosjätettä. Sekä ydinlaitosjätteet että käytöstäpoistojätteet ovat hyvin matala, matala- tai keskiaktiivisia jätteitä.

Ydinlaitosjäte

Posiva lähetti alkuvuodesta 2021 TEM:lle hyväksyttäväksi suunnitelmansa ydinjätehuollon periaatteista ja TEM hyväksyi periaatteet syksyllä 2021. Hyväksytyissä periaatteissa Posiva esitti, että matala- ja keskiaktiivisten laitosjätteiden huolehtimisvelvollisuus tullaan siirtämään TVO:lle, joka tulisi käsittelemään, varastoimaan ja loppusijoittamaan Posivan toiminnasta syntyvät ydinlaitosjätteet toistaiseksi. Elokuussa 2024 toimitettiin TEM:lle TVO:n ja Posivan yhteinen huolehtimisvelvollisuuden siirtohakemus ja Posiva toimitti samanaikaisesti STUKille samoja jätteitä koskevan luovutuslupahakemuksen.

TVO:n jätteenkäsittelyn hyödyntäminen mahdollistaa tehokkaamman ja turvallisemman laitosjätteiden käsittelyn, sillä Posivan ydinlaitosten käytön alettua laitosjätteiden määrät ovat pieniä verrattuna TVO:n ydinvoimalaitoksen laitosjätteiden määrään. Posivan käytöstäpoistojätteiden huolehtimisvelvollisuus säilyy yhä Posivalla.

Posivan omat matala- ja keskiaktiivisen laitosjätteen käsittelyjärjestelmät ja loppusijoitustila säilytetään edelleen suunnitteluvarauksena. Posivan jättämässä käyttöluvahakemuksessa haettiin lupaa myös rakentaa loppusijoitustiloja ONKALOon käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen tuottamalle matala- ja keskiaktiiviselle ydinlaitos- ja käytöstäpoistojätteelle. Näin varmistetaan osaltaan, että Posivan ydinlaitokset voivat itsenäistyä viimeistään, kun muut ydinlaitokset Olkiluodosta on käytöstäpoistettu.

TVO on hakenut toimintalupaa maaperäloppusijoituksen aloittamiseksi hyvin matala-aktiivisten laitosjätteiden osalta. Posivan laitosjätteet ovat näissä suunnitelmissa mukana, sillä suuri osa Posivan tuottamasta laitosjätteestä on hyvin matala-aktiivista.

Loppusijoituslaitoksen sulkeminen

Loppusijoituslaitoksen sulkeminen voidaan aloittaa, kun käyttötoiminta on päättynyt loppusijoitustilojen alueella. Käytännössä tämä tarkoittaa tilannetta, jossa

loppusijoitustunneli on täytetty ja tulpattu. Tilojen sulkeminen tapahtuu vaiheittain esimerkiksi valmiiksi saadun loppusijoituspaneelin keskustunnelien osalta, mutta pääosa tiloista suljetaan varsinaisen käyttövaiheen päätteeksi.

Sulkemisen tarkempi kuvaus on esitetty Posivan käyttölupahakemuksessa (Hansen 2024). Koska sulkeminen tapahtuu pääosin vasta vuosikymmenten päästä, laaditaan järjestelmäaineistot käyttölupahakemusvaiheessa konseptisuunnitelman tasolle ja yksityiskohtaiset suunnitelmat valmistuvat vasta sulkemisajankohdan varmennuttua. Ennen sulkemisen aloitusta täydennetään järjestelmäaineistot, mm. laatu- ja rakennesuunnitelmat, kullekin komponentille. Periaate on, että tarpeettomat avoimet kalliotilat suljetaan heti, kun mahdollista.

Sulkemista tapahtuu jo käytön aikana keskustunneleiden täyttämällä ja tulppaamisella ja tarvittaessa myös niihin johtavien ajoneuvoyhteyksien osalta. Täyttömateriaalien hankinnat pyritään tekemään koordinoitusti loppusijoitustunnelien täytön kanssa. Keskustunneleiden suulle tulevat mekaaniset tulpat rakennetaan sijaintikohtaisesti tarkennettavien vaatimusten mukaan.

Kun kaikki paneelit on suljettu, voidaan sulkea tekniset tilat, loput ajoneuvoyhteydet ja kuilut ja ajotunneli. Sulkemisen tarkempi vaiheistus suunnitellaan lähempänä sulkemisajankohtaa.

Kapselointilaitoksen käytöstäpoisto

Kapselointilaitoksen käytöstäpoisto tapahtuu samanaikaisesti loppusijoituslaitoksen sulkemisen viimeisen vaiheen kanssa tämänhetkisen aikataulun mukaan noin 2100-luvun alkukymmeninä. Käytöstäpoiston yhteydessä kapselointilaitoksen radioaktiiviset osat ja järjestelmät puretaan ja pakataan.

Kapselointilaitoksen käytöstäpoisto aloitetaan vuoden valmisteluvaiheella, minkä jälkeen suoritetaan varsinaiset käytöstäpoistotyöt kahden vuoden aikana. Kapselointilaitoksen käytöstäpoistossa purettava materiaali koostuu pääasiassa laitteista, suodattimista, prosessien osista ja dekontaminointinesteistä. Kapselointilaitoksen tilat, jotka ovat olleet kosketuksissa käytetyn ydinpolttoaineen tai muun aktiivisen materiaalin kanssa, dekontaminoidaan ennen varsinaisia purkutöitä, joten annosnopeudet ovat niin alhaisia, ettei kauko-ohjattuja laitteistoja tarvita. Suurin osa kapselointilaitoksen tiloista on puhtaita tiloja, joten ne voidaan jättää käytöstäpoistossa purkamatta. Käytöstäpoiston tarkempi kuvaus on esitetty Posivan käyttölupahakemuksessa (Hansen 2024).

Kapselointilaitoksen käytöstäpoistojätteet loppusijoitetaan Posivan loppusijoituslaitokseen erilliseen kapselointilaitoksen käyttö- ja käytöstäpoistojätteiden loppusijoitustilaan tai Olkiluodon VLJ-luolaan. Myös Olkiluotoon suunnitteilla oleva maaperäloppusijoitustila saattaa tulla kyseeseen riippuen käytöstäpoistojätteen laadusta.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

YJH-2024-ohjelma kuvaa TVO:n, Fortumin ja Posivan ydinjätehuollon suunnitelmia vuosille 2025–2027. Ohjelman sisältö ja kattavuus on arvioitu riittäväksi Fortumin, TVO:n ja Posivan organisaatioissa sekä toimikunnissa. YJH-2024-ohjelmassa on huomioitu kommentit, jotka TEM ja STUK esittivät YJH-2021-ohjelmasta Posivalle ja TVO:lle seuraavaan ohjelmaan. Fortumille ei päätöksessä asetettu erityisiä vaatimuksia.

YJH-ohjelmissa kuvatut ydinjätehuollon suunnitelmat ja tehtävät toimenpiteet mahdollistavat ydinjätehuollon kokonaistuotantosuunnitelman toteuttamisen ja kustannusten arvioinnin. YEL:n mukainen ydinjätehuollon taloudellinen varautuminen sisältää pienemmät polttoainemäärät, joten myös ydinjätehuoltosuunnitelmat (mm. KPA-loppusijoituksen tuotantosuunnitelma) eroavat tässä YJH-ohjelmassa esitetystä. YJH-ohjelmassa esitetyt suunnitelmat vaikuttavat varautumiseen kuitenkin siten, että tehtävät jätehuollon toimenpiteet pienentävät toteutuessaan vastuumääriä.

Valtioneuvosto on myöntänyt Fortumille luvan käyttää Loviisan voimalaitoksen molempia ydinvoimalaitosyksiköitä vuoden 2050 loppuun asti. Posivan nykyisen aikataulun mukaan Loviisan polttoaine saadaan loppusijoitetuksi 2070-luvulla, minkä jälkeen KPA-varasto ja sen käyttämät järjestelmät poistetaan käytöstä. Ydinvoimalaitoksen käytön aikana syntyvät matala- ja keskiaktiiviset jätteet yhtiö sijoittaa voimalaitospaikalle rakennettuun loppusijoituslaitokseen (VLJ-luola), jonka käyttö lupa on voimassa vuoden 2090 loppuun saakka.

TVO:lla on valtioneuvoston myöntämät käyttöluvut OL1-, OL2- ja OL3-voimalaitosyksiköille (mukaan lukien MAJ-varasto, KAJ-varasto ja KPA-varasto) vuoden 2038 loppuun. Olkiluodon VLJ-luolan käyttö lupa on voimassa vuoden 2051 loppuun asti. TVO:n ydinvoimalaitoksen ydinjätehuollon infrastruktuuria tullaan hyödyntämään myös Posivan ydinjätelaitoksen ydinlaitosjätteiden käsittelyyn, varastointiin ja loppusijoittamiseen. Selvitteillä on OL1- ja OL2-laitosyksiköiden mahdollinen tehonkorotus sekä käyttöiän pidentäminen. Toteutuessaan niillä on vaikutusta ydinjätteen kokonaismääriin. Tähän on varauduttu myös Posivan loppusijoitustoiminnan toteutussuunnittelussa.

Ydinlaitosten mahdollisesti muuttuvat käyttöiät, tehonkorotukset tai uudet laitoshankkeet vaikuttavat ydinjätehuollon tarpeisiin ja suunnitelmiin ja niiden kehitystä tullaan kuvaamaan säännöllisesti tulevissa YJH-ohjelmissa.

Posiva on edennyt tavoitteidensa mukaisesti ja tulee suunnitelmiansa mukaisesti aloittamaan loppusijoitustoiminnan vuonna 2025. Aloitus aiotussa aikataulussa edellyttää STUKin turvallisuusarvion valmistumista vuoden 2024 aikana, käyttöluvan saamista vuoden 2025 alkupuolella sekä ydinenergialain 20 §:n mukaisesti turvallisuusvaatimusten täyttymisen toteutamisesta. Posiva on tukenut STUKin turvallisuusarvion valmistumista päivittämällä käyttö lupa-aineistoaan ja vastaamalla STUKin esittämiin selvitys- ja tietopyyntöihin.

Posiva aikoo tässä ohjelmassa kuvatulla YJH-ohjelmakaudella viedä STUKin turvallisuusarviossa ja käyttöluvassa olevat mahdolliset havainnot ja suositukset

kehitysohjelmaan, jolla Posiva valmistautuu ensimmäiseen ydinenergiain mukaiseen määräaikaiseen turvallisuusarvioon.

VIITTEET

Hansen, J. 2024. FSAR-Y6 Sulkeminen ja käytöstäpoisto. Posivan käyttöluopahakemusaineisto, versio 5 (POS-014712). Posiva Oy, Eurajoki.

Kuusisto, J., Alho, P. & Lipping, T., 2023. Results of Monitoring at Olkiluoto in 2022, Environment. Working Report 2023-3. Posiva Oy, Eurajoki.

Kuusisto, M., Malm, M., Kaisko, O., Rinne, L., Lahtinen, S., Saaranen, V. & Pirttialo, T. 2023. Results of Monitoring at Olkiluoto in 2022, Rock Mechanics. Working Report 2023-4. Posiva Oy, Eurajoki.

Laakso, J., Iisalmi, V., Jänkävaara, H., Pere, T., Nummela, J., Pentti, E., Ripatti, K. & Tammisto, E. 2023. Results of Monitoring at Olkiluoto in 2022, Hydrology and Hydrogeology. Working Report 2023-1. Posiva Oy, Eurajoki.

Nykyri, M., Itävaara, M., Valkiainen, M., Vanne, L., Vikman, M. & Vuorinen, U. 2002. Large-Scale Gas Generation Experiment – 4-year Status Report. Work Report VLJ-2/02 (Olkidoc 153670).

Paaso, H., Weckman, K., Kukkola, T., Palmu, M. & Haapalehto, S. 2018. Olkiluodon VLJ-luolan tutkimus- ja seurantaohjelma vuosille 2018–2027. Työraportti VLJ-1/18 (Olkidoc 175969). Teollisuuden Voima Oyj.

Pere, T., Alho, P., Haapalehto, S., Hansen, J., Laakso, J., Sojakka, T., Yli-Kaila, M. & Ylöstalo, R. 2021. Olkiluodon monitorointiohjelma - 2022. Posiva-raportti 2020-02. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva, 2022. Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuollon toimintakertomus 2021.

Posiva, 2023. Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuollon toimintakertomus 2022.

Posiva, 2024. Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuollon toimintakertomus 2023.

Yli-Kaila, M., Laakso, J., Parviainen, L. & Viitala, R. 2023. Results of Monitoring at Olkiluoto in 2022, Hydrogeochemistry. Working Report 2023-2. Posiva Oy, Eurajoki.

