

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Liiketoiminnan logistiikka / Logistiikkapalveluiden kehittäminen ja markkinointi

Aija Widemark

LOGISTISET UUELLEENJÄRJESTELYT LOVIISAN VOIMALAITOKSEN  
VOIMALAITOSJÄTELUOLAAN SIOITETTAVAN MATALA-AKTIIVISEN  
JÄTTEEN VARASTOINNISSA

Opinnäytetyö 2015

# TIIVISTELMÄ

## KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

### Liiketoiminnan logistiikka

WIDEMARK, AIJA

Logistiset uudelleenjärjestelyt Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjäteluolaan sijoitettavan matala-aktiivisen jätteen varastoinnissa

Opinnäytetyö

39 sivua + 2 liitesivua

Työn ohjaaja

lehtori Eeva-Liisa Kauhanen

Toimeksiantaja

Fortum Power and Heat Oy, Loviisan voimalaitos

Huhtikuu 2015

Avainsanat

loppusijoitus, valvonnasta vapauttaminen, ydinjäte, huoltojättilä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää logistiset uudelleenjärjestelyt Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjäteluolaan (VLJ-luola) sijoitettavan jätteen varastoinnissa. Työssä esitetään vaihtoehtoja sille, miten Loviisan voimalaitoksen VLJ-luolan matala-aktiivisten huoltojätteiden loppusijoitustiloina käytettävien huoltojättiloissa olevat jätteet tulisi lajitella. Tarve tilojen uudelleenjärjestelylle on syntynyt molempien laitosyksiköiden käyttöiän pidentämisen takia, jonka myötä myös laitoksen jätemäärät ja VLJ-luolan käyttöaste ovat kasvaneet.

Lähestymistapana tässä työssä käytettiin empiiristä eli kokemusperäistä tutkimusta, joka perustui omaan havainnointiin ja olemassa oleviin yrityksen sisäisiin dokumentteihin. Teoriaosassa selvitetään sekä vaarallisten aineiden käsittelyä ja varastointia että itse ydinjätteiden varastointiin liittyviä säädöksiä ja vaatimuksia Suomessa. Tutkimuksellisessa osuudessa perehdyttiin erityisesti yrityksen jo ennalta tekemiin dokumentteihin ja tutkimuksiin aiheesta ja käytettiin tämän lisäksi omaa havainnointia vierailtaessa jätteiden käsittelytiloissa.

Empiriaosuudessa tarkasteltiin ydinlaitosjätteiden käsittelyprosessia jätteen syntymisestä aina loppusijoitettavaksi saakka ja selvitettiin, millä perusteella jätteitä vapautetaan valvonnasta. Lisäksi empiriassa analysoitiin lajittelua ja sen perusteluita. Työssä esitettyjen skenaarioiden perusteella pystyttiin yritykselle esittämään kaksi erilaista vaihtoehtoa lajittelun toteuttamista varten. Skenaarioista käyvät ilmi lajittelun ero kahden eri huoltojättilan (HJT 1 & 2) välillä.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Business Logistics

WIDEMARK, AIJA

Logistical Rearrangements for Placing Service Waste from  
Loviisa Nuclear Power Plant in Its Repository Cave

Bachelor's Thesis

39 pages + 2 pages of appendices

Supervisor

Eeva-Liisa Kauhanen, Senior Lecturer

Commissioned by

Fortum Power and Heat Oy, Loviisa Power Plant

April 2015

Keywords

repository, waste control release, nuclear waste,  
maintenance waste

The purpose of this thesis was to examine the logistical rearrangements for repositing maintenance waste from Loviisa nuclear power plant (NPP) in its waste cave (VLJ repository), i.e. how to manage the re-sorting of Loviisa NPP's low-level radioactive maintenance waste facilities. The need to re-sort emerged as the operating time of both plant units (Loviisa 1&2) was extended, causing increased amounts of waste to be repositing in the VLJ repository.

The research strategy applied in this study was empirical, based on the author's own observations and existing internal company documentation on the subject. The theoretical part of the thesis describes the handling and storing of hazardous materials, as well as regulations, and requirements concerning the storing and handling of nuclear waste in Finland. The empirical part of the thesis analyzes the existing company documentation and research. Personal observations from visits to the waste handling premises were also utilized.

The empirical part describes the nuclear maintenance waste handling process from the moment waste is created until it is repositing. Also the basis of releasing the waste from control were clarified. Moreover, the actual sorting of waste and the sorting criteria were analyzed. Based on the two different scenarios presented in the thesis, the company will have two options for the rearrangement of their waste repositories. The resulting two scenarios will show the differences between rearrangement of the two maintenance waste facilities HJT 1 & 2

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

SANASTO	6
1 JOHDANTO	8
2 TUTKIMUSMENETELMÄT JA RAJAUS	9
2.1 Tutkimusmenetelmät, tavoitteet ja työn rajaukset	9
2.2 Teoreettinen viitekehys ja tutkimusongelma	10
3 VAARALLISET AINEET JA NIIDEN VARASTOINTI	11
3.1 Vaaralliset aineet	11
3.2 Varastointi ja vaatimukset	12
4 YDINVOIMALAITOSJÄTTEET	12
4.1 Ydinvoimalaitosjätteen syntyminen	13
4.2 Matala- ja keskiaktiivinen jäte	14
4.3 Käsittely ja varastointi	14
4.4 Ydinvoimalaitosjätteen loppusijoitus	15
4.5 Valvonnasta vapauttaminen	18
5 FORTUM POWER AND HEAT	19
6 YDINVOIMALAITOSJÄTE LOVIISAN VOIMALAITOKSELLA	20
6.1 Jätteen syntyminen, käsittely ja lajittelu	20
6.2 Jätteen pakkaaminen	21
6.3 Jätetynnyrin loppukäsittely	22
7 VOIMALAITOSJÄTELUOLA (VLJ)	23
7.1 Huoltojätetila 1 ja 2 (HJT 1 ja 2)	24
7.2 Huoltojätetila 3 (HJT 3)	25
7.3 Voimalaitosjätetynnyreiden siirtäminen ja loppusijoittaminen VLJ-luolaan	25

8 LOVIISAN VOIMALAITOKSEN HUOLTOJÄTETILA 1:N JA 2:N UUDELLEEN LAJITTELU VLJ-LUOLASSA	26
8.1 Lajitteluperusteet	28
8.2 Lajittelun edellytykset	29
8.3 Mahdolliset riskit lajittelussa	29
8.4 HJT1:n lajittelu	29
8.5 HJT2:n lajittelu	30
9 LAJITTELUSKENAARIOT	30
9.1 Skenaario 1 - Lajittelun aloittaminen HJT1:stä	30
9.2 Skenaario 2 - Lajittelun aloittaminen HJT2:sta	32
10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	34
11 LÄHTEET	36
LIITTEET	
Liite 1. Skenaario 1 - Lajittelun aloittaminen HJT1:stä	
Liite 2. Skenaario 2 - Lajittelun aloittaminen HJT2:stä	

## SANASTO

Annosnopeus	Annoksen kertymisnopeus tietyssä ajassa (STUK 2012. Esimerkkejä säteilyannoksista.)
Gammaspektrometri	Gammaspektrometrin avulla voidaan selvittää näytteen sisältämä nuklidikohtainen aktiivisuus. (Kälviäinen 2014b.)
HJT 1,2 ja 3	Huoltojätetilat 1, 2 ja 3
Keskiaktiivinen jäte	Jätteen aktiivisuus on yleensä arvojen 1MBq/kg ja 10GBq/kg välillä ja käsittely vaatii tehokkaita säteilysuojausjärjestelyjä.
Kontaminaatio	Radioaktiivisia hiukkasia sisältävää likaa
Konventionaalinen jäte	Voimalaitoksen valvonta-alueen ulkopuolella syntyvä ns. tavanomainen jäte
Matala-aktiivinen jäte	Jätteen aktiivisuuspitoisuus on yleensä enintään 1 MBq/kg ja sitä voidaan käsitellä ilman erityisiä säteilysuojausjärjestelyjä.
Revisio	Vuosihuolto, seisokki
Seveso-direktiivi	Direktiivi vaarallisista aineista aiheutuvien suuronnettomuusvaarojen torjunnasta (Teknologiateollisuus, 2013.)
Valvonnasta vapautettava jäte	Ydinvoimalaitoksen valvonta-alueella syntyvä vähäaktiivinen jäte, jota ei ole pidettävä ydinenergialain (990/1987) 3§:n tarkoittamana ydinjätteenä tai joka voidaan ydinenergia-

asetuksen (161/1988) 10 §:n nojalla sulkea ydinenergiain soveltamisalasta.

Valvonta-alue

Alue, jonka sisällä on laitoksen kaikki radioaktiiviset järjestelmät ja aineet.

VLJ-luola

Voimalaitosjäteluola

YVL

Ydinvoimalaitos (ohje)

X-halli

Laitosalueella sijaitseva välivarastointitila valvonnasta vapautettavilla jätetynnyreille.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Fortumin Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitoksen ydinvoimalaitosjätteet -ryhmä. Opinnäytetyön aiheena on selvittää logistiset uudelleenjärjestelyt Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjäteluolaan sijoitettavan jätteen varastoinnissa. Toimeksiannossa sovittiin, että työtä tehdään yhteistyössä voimalaitoksen ydinvoimalaitosjätteet -ryhmän kanssa parhaimman suunnitelman luomiseksi huoltojätteen uudelleensijoittamisessa ja mahdollisessa vapauttamisessa tavanomaisen jätehuollon piiriin. (Kälviäinen & Sorjonen 2014.)

Kaikki Loviisan voimalaitoksen valvonta-alueella syntyvä jäte käsitellään radioaktiivisena. Osa huoltojätteestä on niin vähäaktiivista, että jäte voidaan vapauttaa valvonnasta suoraan mittauksen jälkeen ja käsitellä tavanomaisen jätteen tapaan. Radioaktiivisten nuklidien hajotessa aktiivisuus pienenee varastoidussa huoltojätteessä, ja aktiivisuuden laskettua viranomaisen määrittelemän rajan alapuolelle. Osa jätteestä voidaan vapauttaa valvonnasta käsiteltäväksi tavanomaisena jätteenä. (Ydinenergialaki 11.12.1987/990.)

Voimalaitosjätteen loppusijoitustilassa (VLJ-luola) on varastoituna jätettä laitoksen käyttöönoton alusta vuodesta 1977 tähän päivään saakka. Voimalaitosjätteen loppusijoitustilassa on käytössä kaksi erillistä loppusijoitustilaa huoltojätteelle, huoltojätetilat 1 ja 2 (HJT1 ja 2).

Huoltojätetiloihin loppusijoitetaan matala-aktiivista huoltojätettä. Tilojen käyttöastetta voidaan tehostaa vapauttamalla valvonnasta huoltojätettä, jonka radioaktiivisuus on puoliintunut luonnollisen radioaktiivisen hajoamisen kautta vapautusrajan alapuolelle. Vapauttamalla huoltojätettä valvonnasta tavanomaisen jätehuollon piiriin pienennetään Loviisan voimalaitoksen ympäristövaikutuksia mm. kalliorakentamisen ja sen aiheuttaman läjitystarpeiden minimoituessa. (Fortum 2012.)

Tarve VLJ-luolan käyttöasteen tehostamiselle ja jätetyynyreiden uudelleenlajittelulle on syntynyt myös molempien laitossyksiköiden käyttöiän pidentymisen sekä mahdollisen kolmannen laitossyksikön rakentamisen myötä. Kun VLJ-luola otettiin käyttöön vuonna 1997, suunnitelmana oli, että sinne loppusijoitettua huoltojätettä ei vapauteta valvonnasta koskaan ja siten luola suljettaisiin laitossyksiköiden käyttöaikojen umpeutuessa vuoden 2055 loppuun mennessä. Vuonna 2007 Valtioneuvosto kuitenkin



myönsi Fortumin hakemuksesta molemmille Loviisan voimalaitosyksiköille käyttöluvan 50 vuoden ajaksi, jonka myötä viimeisen laitosesikön käyttöikä umpeutuu vuonna 2030. (Fortum. 2014b, 3.) Voimalaitosjäteluolalle vuonna 1998 myönnetty käyttöikä pysyi kuitenkin muuttumattomana. Molempien laitosten käyttöiän pidennyttä luolaan kertyvän jätteen määrä kuitenkin on kasvanut.

Suunnitelmat kolmannen laitosesikön rakentamisesta luovat voimalaitosjäteluolaan paineita entisestään. Onko ajatus kolmannesta laitosesiköstä realistinen? Miten se vaikuttaa VLJ-luolan käyttöasteeseen? Onko tulevaisuudessa mahdollisesti tarve lousia lisää huoltojätetiloja kallioperään?

Ensimmäinen askel edellä mainituista kysymyksistä ilmeneviin ongelmiin on lajitella VLJ-luolaan jo loppusijoitetut jätetyynyrit uudelleen.

## 2 TUTKIMUSMENETELMÄT JA RAJAUS

### 2.1 Tutkimusmenetelmät, tavoitteet ja työn rajaukset

Tämän opinnäytetyön tutkimusstrategiana on empiirinen eli kokemusperäinen tutkimus. Empiirinen tutkimus perustuu itse tehtyihin havaintoihin, joiden avulla voidaan pyrkiä selvittämään, miten jokin asia tulisi toteuttaa. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007, 126–127.) Oma havainnointi perustuu voimalaitosjätteet-ryhmän kanssa tehtyihin kierroksiin voimalaitosjäteluolassa, huoltojätetiloissa ja muissa jätteen käsittelypisteissä laitoksella. Empiirisen tutkimuksen lähteinä käytetään myös Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjätteet-ryhmän laatimia dokumentteja jätteiden loppusijoituksesta, valvonnasta vapauttamisesta ja VLJ-luolan tilojen käytön tehostamista. Edellä mainittujen tutkimusmenetelmien käyttö sopii parhaiten tähän opinnäytetyöhön, sillä tilaajan toiveiden mukaan prosessiin perehtyminen edellytti voimalassa työskentelyä ja voimalan voimalaitosjätteet -ryhmän mukanaoloa työssä.

Tutkimuksen tavoitteena on siis selvittää, missä järjestyksessä ja miten Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjäteluolassa sijaitsevat huoltojätetilat on järkevintä lajitella. Tämän työn tarkoituksena on esittää kaksi erilaista lajittelu vaihtoehtoa.

Työn aihe rajataan koskemaan vain Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjäteluolan huoltojätetiloihin sijoitetun matala-aktiivisten jätetyynyreiden uudelleen lajittelua, sil-

lä keski- ja korkea-aktiivisia jätteitä ei loppusijoiteta kyseisiin huoltojätetiloihin. Tutkimus ei siis koske keskiaktiivista tai korkea-aktiivista jätettä. Korkea-aktiivinen jäte eli ydinpolttoaine loppusijoitetaan Posivan tiloihin Olkiluotoon.

## 2.2 Teoreettinen viitekehys ja tutkimusongelma

Työn teoriaosuus pyritään linkittämään selvästi työn empiiriseen osuuteen. Teoriaosuudessa tarkastellaan yleisesti vaarallisia aineita ja niiden varastointia, sillä varsinaista yleistä teoriaa matala-aktiivisen voimalaitosjätteen käsittelylle ei ole, sillä kaikki Suomen ydinvoimalaitokset noudattavat niille erikseen säädettyjä lakeja ja säädöksiä matala-aktiivisen jätteen käsittelyssä.

Opinnäytetyössä käsiteltävä aineisto sisältää muun muassa Suomen ydinvoimalaitoksille asetettuja matala-aktiivisen jätteen käsittelyyn ja loppusijoitukseen liittyviä säännöksiä ja asetuksia, säännöksiä vaarallisten aineiden varastoinnista liittyen, yrityksen omia dokumentteja sekä Internet-lähteitä. Osa aineistosta saatiin voimalaitoksessa työskentelevien työn ohjaajien kanssa käytyjen haastatteluiden ja tiloihin tutustumisen yhteydessä.

Tutkimusongelmana on selvittää, missä järjestyksessä ja miten Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjäteluolassa sijaitsevien huoltojätetilojen uudelleenlajittelu on järkevintä suorittaa. Tutkimusongelman kysymykset ovat:

Miten Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjäteluolan huoltojätetiloihin loppusijoitetut jätetynnarit olisi järkevintä lajitella uudelleen niin, että valvonnasta vapautuvat ja loppusijoitettavat jätetynnarit saataisiin erilleen?

- Mitä tulee ottaa huomioon vaarallisten aineiden käsittelyssä ja varastoinnissa?

- Mitä tulee ottaa huomioon voimalaitosjätteiden käsittelyssä, loppusijoituksessa ja valvonnasta vapautuksessa?



Kuva 1. Teoreettinen viitekehys

Kuvassa 1 esitetään tutkimusongelma ja sen ympärille rakentuva teoreettinen viitekehys. Kuvan tarkoituksena on osoittaa tutkimusongelman ja teoreettisen aineiston linkittyminen toisiinsa. Työn aiheeseen liittyvän teorian pääpaino on voimalaitosjätteiden käsittelyssä ja siihen asetetuissa säädöksissä. Työssä on huomioitu myös vaarallisten aineiden käsittely ja varastointi.

### 3 VAARALLISET AINEET JA NIIDEN VARASTOINTI

#### 3.1 Vaaralliset aineet

Vaaralliseksi aineeksi luokitellaan joko esine tai aine, joka aiheuttaa säteilyä, palon, räjähdysriskin, myrkyllisyyden, syövyttävyyden tai jonkin muun ominaisuuden takia

vahinkoa ihmiselle, ympäristölle tai omaisuudelle. Usein vaaralliseksi aineeksi luokittelu perustuu erilaisiin määräyksiin tai kuljetus- ja käyttöolosuhteisiin. Toisinaan vaaralliset aineet saattavat myös vaatia erillistä huomiota käyttöturvallisuutensa takia. (Logistiikan maailma 2013.)

### 3.2 Varastointi ja vaatimukset

Vaarallisten aineiden varastoinnissa tulee ottaa huomioon turvallisuus- ja muut erilliset toimet. Varastoinnin vaatimukset perustuvat usein varastoitavien aineiden tai esineiden laatuun sekä määrään. Varastointitilan tulee soveltua vaarallisten aineiden varastointiin ja siellä tulee olla kaikki tarvittavat turvavarusteet. Vaarallisten aineiden varastoinnista vastaavan henkilöstön tulee myös olla ammattitaitoista. Jos vaarallisten aineiden varastointi on laajamittaista, sen tulee noudattaa kansallista lainsäädäntöä sekä Seveso-direktiiviä. (Tukes 2013.)

## 4 YDINVOIMALAITOSJÄTTEET

Suomen ydinenergialaissa on määritelty ydinjäte ja ydinjätehuolto seuraavasti (Ydinenergialaki. 11.12.1987/990):

### **Ydinjäte**

*Ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena syntyneitä, käytetyn ydinpolttoaineen muodossa tai muussa muodossa olevia radioaktiivisia jätteitä; sekä sellaisia ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena radioaktiivisiksi muuttuneita aineita, esineitä ja rakenteita, jotka on poistettu käytöstä ja joiden radioaktiivisuudesta aiheutuvan vaaran vuoksi tarvitaan erityisiä toimenpiteitä*

### **Ydinjätehuollolla**

*Kaikkia niitä toimenpiteitä, jotka ovat tarpeen ydinjätteiden talteen ottamiseksi, säilyttämiseksi ja käsittelemiseksi sekä sijoittamiseksi pysyväksi tarkoitettulla tavalla (loppusijoitus), ydinlaitoksen käytöstä poistamiseen liittyvät toimenpiteet mukaan luettuna.*



Kuva 2. Radioaktiivisten jätteiden ja päästöjen ryhmittely (STUK 2013c.)

Kuvassa 2 on esitetty ydinenergiain alaiset radioaktiiviset jätteet ja säteilylain alaiset muut radioaktiiviset jätteet sekä jaettu nämä pääluokat alaluokkiin, joista käy ilmi, mihin mikäkin radioaktiivinen jäte loppujen lopuksi päättyy.

#### 4.1 Ydinvoimalaitosjätteen syntyminen

Suomen ydinvoimalaitoksilla syntyy vuosittain mittavat määrät keski- ja matala-aktiivista voimalaitosjätettä. Loviisan voimalaitoksella voimalaitosjätettä kertyy 100–150 m<sup>3</sup> ja Olkiluodon voimalaitoksilla 150–200m<sup>3</sup>. (Posiva 2014.)

Ydinlaitosjätteeksi kutsuttavaa jätettä syntyy pääosin radioaktiivisten kaasujen ja nesteiden käsittelyssä sekä voimalaitoksen valvonta-alueella suoritettavissa huolto- ja korjaustöissä. Voimalaitosjätteeksi ei lueta käytettyä ydinpolttoainetta, laitoksen käytöstä aiheutuvia päästöjä ilmaan tai veteen eikä ydinvoimalaitoksen purkutöistä syntyvää jätettä. Voimalaitosjätteiden radioaktiivisuus vaikuttaa niiden käsittelyyn, varastointiin sekä loppusijoitukseen. Tämän takia suurin osa voimalaitosjätteestä käsitellään voimalaitosalueella (YVL D.4 / 2013a).

Voimalaitoksella syntyvä jäte jaotellaan eri luokkiin joko sen aktiivisuuden tai ainefaasin mukaan. Aktiivisuuden mukaan jaoteltuja luokkia ovat valvonnasta vapautettavat, keskiaktiiviset ja matala-aktiiviset jätteet ja ainefaasin mukaan jaotellut nestemäiset ja kiinteät jätteet. Ainefaasin mukaan lajittelu johtuu jätteen käsittelyprosessista. Nestemäisen ja kiinteän jätteen käsittelyprosessit ovat erilaiset. Tässä opinnäytetyössä käsitellään vain matala-aktiivisia jätteitä. (YVL D.4 / 2013b.)

#### 4.2 Matala- ja keskiaktiivinen jäte

Matala- ja keskiaktiiviseksi jätteeksi luetaan muun muassa voimalaitoksen vuosihuollon aikana tehdyistä huoltotöistä syntyviä eristeitä, metalliromua ja suojamuoveja, joista suurin osa on matala-aktiivista jätettä. Matala- ja keskiaktiivista jätettä syntyy myös voimalaitoksen purkutöissä sekä muiden erilaisten laitosten toiminnasta, kuten esimerkiksi ydintutkimuskeskuksista. Säteilyturvakeskuksen mukaan Suomen voimalaitoksilla oli vuoden 2012 loppuun mennessä syntynyt noin 9 500 m<sup>3</sup> matala- ja keskiaktiivista jätettä, ja siitä loppusijoitettua on 79 %. (STUK 2014.)

Matala- ja keskiaktiiviset jätteet loppusijoitetaan, vaikka niiden aktiivisuus olisikin todella vähäinen. Kaikki jätteet pakataan tynnyreihin aktiivisuudesta riippumatta ja sen selvittämiseksi. Näin ollen jätteen aktiivisuuden määrittely vaatii aina jätteen pakkaamisen, sillä erillistä menettelyä tai ohjetta pakkaamattoman jätteen aktiivisuuden määrittelyyn ei ole. Loviisan voimalaitoksen tavoitteena on vuoteen 2016 mennessä vapauttaa valvonnasta 70 % matala-aktiivisesta jätteestä ja viimeisen kolmen vuoden ajan prosentti on ollut jo yli 60. (Kälviäinen 2015a.)

Matala-aktiivisen jätteen aktiivisuus on maksimissaan 1 MBq/kg, eikä sen käsittelyyn tarvita erikoissäteilysuojausjärjestelyjä. Keskiaktiivisen jätteen käsittely vaatii tarkat erikoissäteilysuojajärjestelyt. Sen aktiivisuus on usein 1 MBq/kg - 10 GBq/kg. (YVL D.5 / 2013.)

#### 4.3 Käsittely ja varastointi

*Ydinenergilain 7 h §:n ensimmäisen momentin mukaan ydinlaitoksella on oltava tilat, laitteistot ja muut järjestelyt, joilla voidaan huolehtia turvallisesti laitoksen [...] käytössä syntyvien ydinjätteiden käsittelystä ja varastoinnista.*

*Ydinlaitosjätteiden käsittelyn ja varastoinnin suunnittelu ja toteutus on tehtävä kokonaisuutena siten, että otetaan huomioon jätehuollon eri vaiheiden väliset mahdolliset riippuvuudet. Erityisesti seuraavat turvallisuusperiaatteet on otettava huomioon:*

*a. Varastoitavien ja loppusijoitettavien jätteiden kertymistä on rajoitettava mm. huolto- ja korjaustöiden suunnittelun sekä dekontaminointi- ja tilavuudenpienennysmenetelmien avulla.*

*b. Jätteet on lajiteltava ja luokiteltava jatkokäsittelyn, valvonnasta vapautuksen, varastoinnin ja loppusijoituksen kannalta tarkoituksenmukaisella tavalla.*

*c. Jos jätteille on loppusijoitustila käytettävissä, ne on käsiteltävä ja pakattava loppusijoitusvaatimusten mukaisesti.*

*d. Jos jätteille ei ole vielä käytettävissä loppusijoitustilaa, ne on käsiteltävä ja varastoitava turvallisesti loppusijoitusajankohtaan asti.*

*e. Jätehuoltotoimista työntekijöille aiheutuvaa säteilyannosta on rajoitettava, radioaktiivisten aineiden leviäminen laitostiloihin ja ympäristöön on estettävä sekä häiriö- ja onnettomuustilanteisiin on varauduttava.*

*f. Jätteiden radioaktiivisuus- ja muut ominaisuudet on määritettävä ja tallennettava niin, että loppusijoitettavista jätepakkauksista tai pitkäaikaisesti varastoitavista jätteistä on tarvittavat tiedot. (YVL D.4 / 2013c.)*

#### 4.4 Ydinvoimalaitosjätteen loppusijoitus

*Ydinjätteen loppusijoitus tulee suunnitella siten, että todennäköisenä pidettävien kehityskulkujen seurauksena*

*a. eniten altistuville ihmisille aiheutuva vuosiannos jää alle arvon 0,1 mSv*

*b. muille ihmisille aiheutuvat keskimääräiset vuosiannokset jäävät merkityksettömän pieniksi. (YVL D.5 / 2013. 307.)*

Matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitus on aloitettu jo 1950-luvulla. Nykyään näitä jätteitä loppusijoitetaan joko maan pintakerroksissa sijaitsevaan betonibunkkeriin tai kallioperässä noin 50–100 metrin syvyydessä sijaitsevaan luolastoon. Suurin ero näiden kahden vaihtoehdon välillä on se, että pintakerroksissa sijaitseva betonibunkkeri edellyttää erillistä valvontaa noin 100 vuoden ajan laitoksen sulkemisen jäl-

keen, kun taas kallioperään louhittu luolasto voidaan täyttää ja sulkea laitoksen toiminnan loputtua. (STUK. 2013a.)

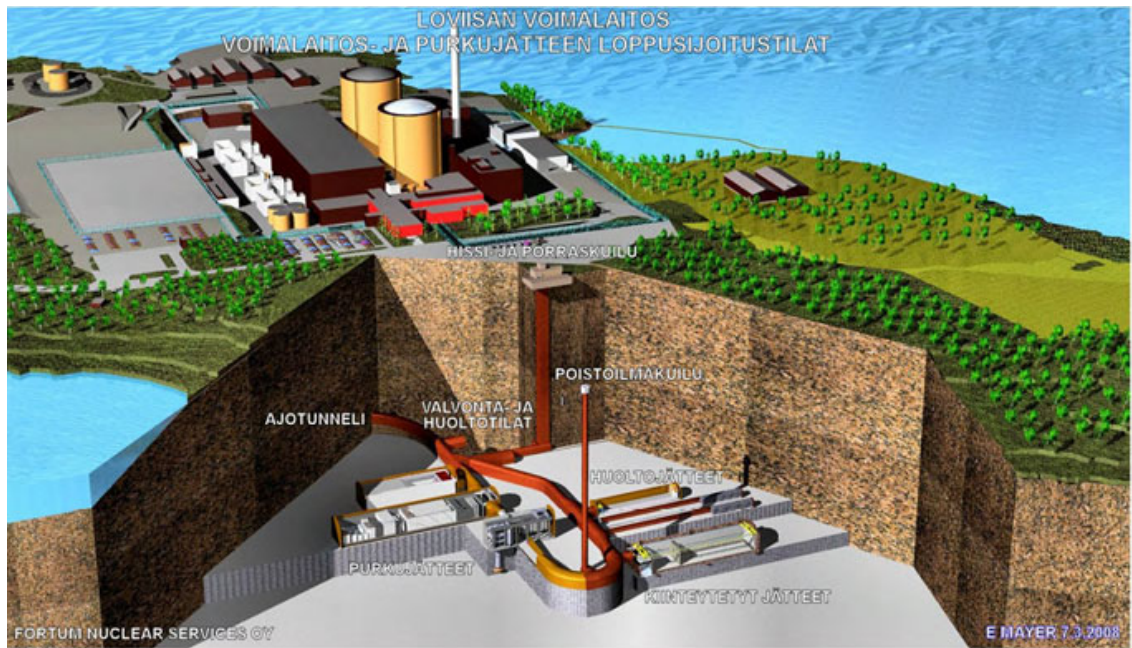
Yleisesti ottaen kaikkien radioaktiivisten aineiden ja jätteiden loppusijoitus ja eristäminen perustuu hyvin pitkälti yhtenäisiin tekijöihin, joita ovat:

- kestävät jätepakkaukset
- betonirakenteiden eristyskyky ja niiden aikaansaama suotuisa kemiallinen ympäristö
- vähäinen pohjaveden virtaama sijoitustilojen läheisyydessä
- radionuklidien hidas kulkeutuminen sijoitustiloja ympäröivässä maa- tai kallioperässä.

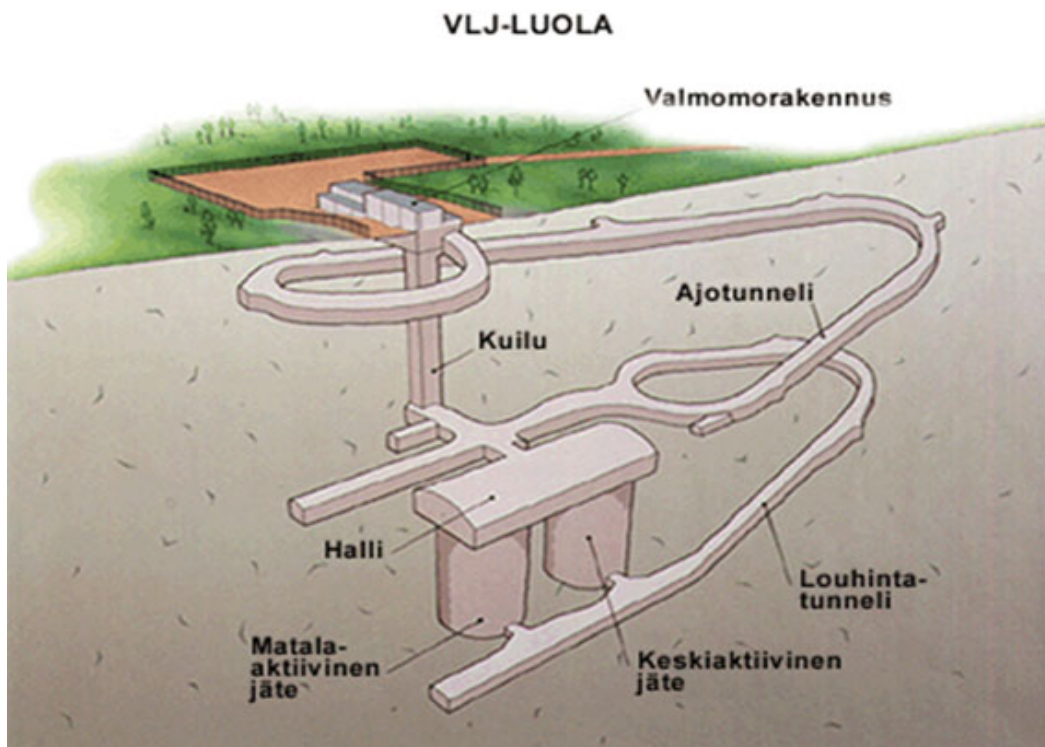
(STUK. 2013a.)

Suomen ydinvoimalaitoksilla syntyvät matala- ja keskiaktiiviset jätteet loppusijoitetaan kallioperään louhittuihin loppusijoitustiloihin. Olkiluodossa edellä mainittu loppusijoitustila otettiin käyttöön vuonna 1992 ja Loviisassa vuonna 1998. Näihin voimalaitosjäteluoliin on myös tulevaisuudessa tarkoitus loppusijoittaa voimalaitosten sulkemisen jälkeen purkutöistä syntyvät matala- ja keskiaktiiviset jätteet. (STUK. 2013b.)





Kuva 3. Loviisan voimalaitoksen loppusijoitustilat matala- ja keskiaktiiviselle jätteelle (STUK 2013b.)



Kuva 4. Olkiluodon loppusijoitustilat matala- ja keskiaktiiviselle jätteelle (STUK 2013b.)

Kuvissa 3 ja 4 on esitelty Suomen ainoat matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitustilat. Kuvassa 3 on Loviisan voimalaitoksen VLJ-luola ja kuvassa 4 Olkiluodon VLJ-luola.

#### 4.5 Valvonnasta vapauttaminen

Voimalaitosjätteiden valvonnasta vapauttamisesta on YVL D.4 / 2013 ohjeessa säädetty seuraavasti:

*409. Ydinjäte voidaan vapauttaa valvonnasta yleisen tai tapauskohtaisen menettelyn kautta.*

*a. Yleisessä vapauttamismenettelyssä laitokselta poistettavien materiaalien määränpäättä ei tarvitse määritellä tai se määritellään vain pääpiirteissään ja sovellettavat aktiivisuusrajat ovat kiinteitä.*

*b. Tapauskohtaisessa vapauttamismenettelyssä materiaalien vastaanottaja ja huolto-menetelmä on määriteltävä ja aktiivisuusrajat asetetaan tapauskohtaisen harkinnan perusteella.*

*410. Yleinen menettely ei sovellu jätteille, jotka ovat helposti haihtuvia tai herkästi syttyviä tai jotka muulla tavoin voivat erityisen herkästi aiheuttaa säteilyaltistusta.*

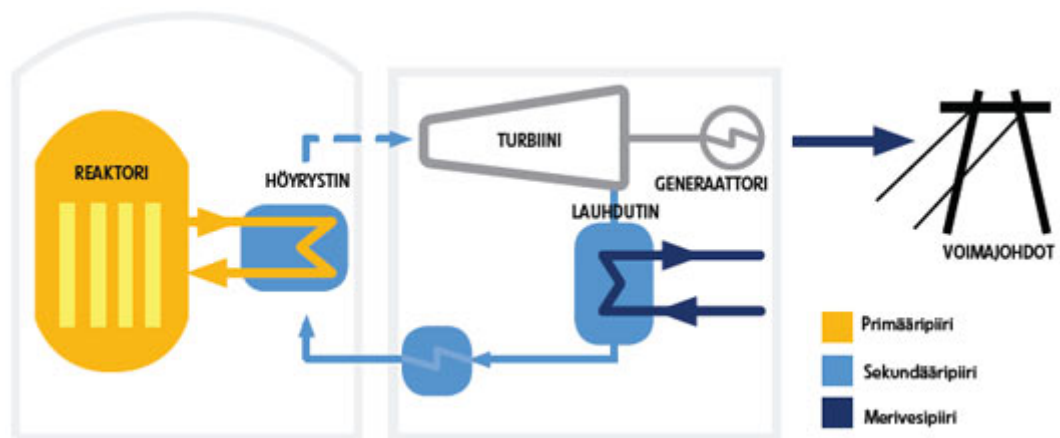
*411. Kun vapautetaan jätteitä yleisellä menettelyllä täysin rajoittamattomasti, noudatetaan liitteessä A olevia nuklidikohtaisia aktiivisuusrajoja. Vaihtoehtoisesti, mikäli vuosittainen valvonnasta vapautettavien jätteiden määrä ei ylitä 100 tonnia yhtä ydinvoimalaitosta tai muuta ydinlaitosta kohti, voidaan yleiselle kaatopaikalle haudattaville tai kierrätysmetallin sulatukseen toimitettaville jätteille soveltaa liitteessä B esitettäviä aktiivisuusrajoja. Silloin, kun sovelletaan liitteissä olevia rajoja usealle nuklidille, on otettava huomioon, että nuklidikohtaisten aktiivisuuksien ja vastaavien aktiivisuusrajojen suhdelukujen summan tulee olla pienempi kuin yksi. Tarvittaessa voidaan käyttää perusteltua arviota jätteen nuklidikoostumuksesta ja aktiivisuuksista. (YVL D.4 / 2013. Matala- ja keskiaktiivisten ydinjätteiden käsittely ja ydinlaitoksen käytöstäpoisto 3.2. Valvonnasta vapauttaminen)*

## 5 FORTUM POWER AND HEAT

Fortum on suomalainen energiayhtiö, joka toimii pohjoismaiden lisäksi myös Venäjällä, Puolassa ja Itämeren alueilla. Yritys perustettiin Imatran Voima Oy:n ja Neste Oyj:n fuusion myötä vuonna 1998. Fortum tuottaa ja myy sähköä sekä lämpöä. (Fortum 2015.)

### Loviisan voimalaitos

Loviisan ydinvoimalaitos on Suomen ensimmäinen ydinvoimalaitos ja sijaitsee Hästholmenin saarella. Ydinvoimalaitos koostuu kahdesta painevesireaktorityyppisestä yksiköstä, jotka ovat täysin Fortumin omistuksessa. Kuvassa 5 on kuvattu painevesireaktorityyppisen laitosesikön toiminnan periaate.



Kuva 5. Sähköntuotannon periaate (Fortum 2014a.)

Ensimmäisen laitosesikön (Loviisa 1) rakentaminen aloitettiin vuonna 1971 ja sähköntuotanto aloitettiin vuonna 1977. Toista laitosesikköä (Loviisa 2) ryhdyttiin rakentamaan vuonna 1972, ja tuotannon laitos aloitti vuoden 1980 lopulla. (Fortum. 2014b, 3)

Molemmat yksiköt suunniteltiin ja rakennettiin yhteistyössä Neuvostoliiton kanssa. Reaktori, generaattori, turbiini ja muut pääkomponentit hankittiin Neuvostoliitosta ja ydinvoimalaitoksen valvonta-, turvallisuus- ja automaatiojärjestelmät kehitettiin länsimaissa. Hankkeen kotimaisuusaste oli näin ollen noin 50 %. (Fortum 2012.)

Loviisan voimalaitoksen vuosittainen tuotanto on noin 8 terawattituntia, joka kattaa vertauskuvallisesti noin 400 000 omakotitalon vuosittaisen sähkölämmityksen ja kymmenesosan Suomen sähkönkulutuksesta. (Fortum 2014b, 3.)

Vuonna 2007 valtioneuvosto myönsi Fortumin hakemuksesta molemmille laitosityksiköille käyttöluvan 50 vuodeksi. Näin ollen Loviisa 1:n käyttöluva umpeutuu vuonna 2027 ja Loviisa 2:n vuonna 2030. (Fortum 2014b, 3)

## 6 YDINVOIMALAITOSJÄTE LOVIISAN VOIMALAITOKSELLE

Tässä opinnäytetyössä voimalaitosjätteellä tarkoitetaan voimalaitoksen käytön ja huoltojen aikana syntyvää jätettä.

Vuosittain tehtävän vuosihuollon kestolla ja sen aikana tehdyillä töillä on suurin vaikutus Loviisan voimalaitoksen jätekertymään. Suurin osa jätteestä on laitoshuollossa syntyvää sekajätettä, joka sisältää sekä palavia että palamattomia aineita. Palavia jätteitä ovat muun muassa erilaiset muovit, kankaat ja paperit. Jätteillä täytetyistä tynnyreistä noin 50 % on loppusijoitettavaa jätettä, ja toinen puoli voidaan kierrättää tavallisenä teollisuusjätteenä. (Kälviäinen 2014a.)

Loviisan voimalaitoksen valvonta-alueen jätehuollon toiminnassa noudatetaan jätelakia, ydinenergialakia ja säteilylakia. Tämä tarkoittaa sitä, että tavanomaisen jätteen lailla käsitelty valvonnasta vapautettu jäte on jätelainsäädännön alaista, valvonta-alueella syntyvän ydinjätteen käsittelyssä noudatetaan ydinenergialain säädöksiä ja jätehuollossa työskentelevien työntekijöiden toimintaa säätelee säteilylaki. (Kälviäinen 2014a.)

### 6.1 Jätteen syntyminen, käsittely ja lajittelu

Loviisan voimalaitoksen valvonta-alueella syntyvä matala- ja keskiaktiivinen jäte on pääosin laitoksen toiminnasta syntyvää huoltojätettä. Molempien laitosityksiköiden toiminnasta syntyvät jätteet säilytetään ja lajitellaan niille erikseen varatuissa jätteenkäsittelytiloissa. Kaikki valvonta-alueella syntyvät jätteet käsitellään radioaktiivisina ja kerätään niille tarkoitettuihin astioihin, odottamaan aktiivisuuden mittausta. Aktiivisuus mitataan käsikäyttöisellä annosnopeusmittarilla ja pintakontaminaatiomittarilla. Mittauksen yhteydessä jäte lajitellaan sen aktiivisuuden mukaan erillisiin luokkiin.

Loviisan voimalaitoksella matala-aktiiviset jätteet lajitellaan kuuteen eri luokkaan aktiivisuuden mukaan.

### **I Palava kokoonpuristuva**

- energiajätteeksi luokiteltava kokoonpuristuva jäte
- esim. muovit (ei PVC, numerotunnus 03), paperit, vaahtomuovi, tekstiilit.

### **II Palamaton kokoonpuristuva**

- kokoonpuristuva jäte, jota ei voida luokitella energiajätteeksi
- esim. eristevilla, PVC-muovit (pressut, tossunsuojat), kumi.

### **III Palamaton kokoonpuristumaton**

- kokoonpuristumaton jäte, joka ei ole luokiteltavissa energiajätteeksi
- esim. metalli, kaapeli, lasi, putket, letkut, ongelmajäte, PVC-muovit, painekyllästetty puu, betoni, asbesti.

### **IV Palava kokoonpuristumaton**

- energiajätteeksi luokiteltava kokoonpuristumaton jäte
- esim. puu (ei painekyllästetty), styrox, muovit (ei PVC, numerotunnus 03)
- lisäksi esim. öljyt ja liuottimet.

### **VI Imeytyskiinteytettyt öljyt ja liuottimet**

- imeytyskiinteytettyt liuottimet ja öljyt ym. nestemäiset huoltojätteet.

(Kälviäinen 2014a.)

## 6.2 Jätteen pakkaaminen

Luokkiin lajittelun jälkeen jätteet pakataan 200 litran tynnyreihin. Jätteet lajitellaan tynnyreihin palavuuden, kokoonpuristuvuuden ja materiaalien mukaan. Kaikki kokoonpuristuvaa jätettä sisältävät tynnyrit käytetään pakkauspuristimessa ja tarvittaessa

jätettä lisätään tynnyriin ja puristetaan uudelleen, kunnes tynnyri on täynnä. Pakkauspuristin puristaa jätteet kasaan tynnyrin sisällä noin 30 tonnin voimalla. Kun jäte on saatu puristettua kasaan, tynnyrit siirretään suoraan mittaukseen. (Kälviäinen 2014b.)

### 6.3 Jätetynnyrin loppukäsittely

Jokainen jätetynnyri käytetään erillisessä mittauksessa, jossa mitataan tynnyreiden nuklidikohtainen aktiivisuus gammaspektrometrin avulla. Yhden jätetynnyrin mittaus kestää siirtoineen 45 minuuttia. Gammaspektrometrinen analyysin perusteella määritetään jokaiselle jätetynnyrille sen vapautusajankohta.

Tynnyreihin pakattu jäte voidaan vapauttaa valvonnasta silloin, kun siitä aiheutuva vuosiansio sitä käsitteleville työntekijöille ja väestölle on alle 0,01 mSv. (YVL D.4 /2013b, 3.2.) Jos vapautusajankohta on kuitenkin loppusijoitustilan sulkemisen jälkeistä aikaa, jäte jää pysyvästi loppusijoitustilaan. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Valvonnasta vapauttamisessa sovellettavat nuklidiryhmäkohtaiset aktiivisuuspitoisuusrajat ja aktiivisuuskaterajat (enintään 100 tonnia vuosittain yhtä ydinlaitosta kohti). (YVL D.4 / 2013a.)

Nuklidiryhmä	Aktiivisuuspitoisuus	Aktiivisuuskate
Alfasäteilijät	0,1 Bq/g	0,4 Bq/cm <sup>2</sup>
Merkittävät gamma- ja beetasäteilijät*	1 Bq/g	4 Bq/cm <sup>2</sup>
Heikot gamma- ja beetasäteilijät**	10 Bq/g	40 Bq/cm <sup>2</sup>

Radioaktiivisten nuklidien hajoamisnopeutta kuvaa puoliintumisaika, joka vaihtelee sekunneista miljardeihin vuosiin. Jokaisella nuklidilla on oma tunnistettava hajoamisenergiajakaumansa, jonka perusteella nuklidit voidaan tunnistaa. Nuklidien määrä ja niiden radioaktiivisuus pienenee puoliintumisten kautta, ja puoliintumisaikojen perusteella voidaan laskea se hetki, jolloin jätteen aktiivisuus alittaa STUK:n määrittämät vapautusrajat. (Kälviäinen 2014a.)

Jätetynnyrit järjestellään tilapäistä säilytystä varten sen perusteella, päätyvätkö ne voimalaitosjätteen loppusijoitusluolaan vai välivarastointipaikkaan (X-halli). X-halliin

päätyvät jätetynnyrit, joiden aktiivisuus on niin alhainen, että ne voidaan vapauttaa valvonnasta seuraavan viiden vuoden aikana.

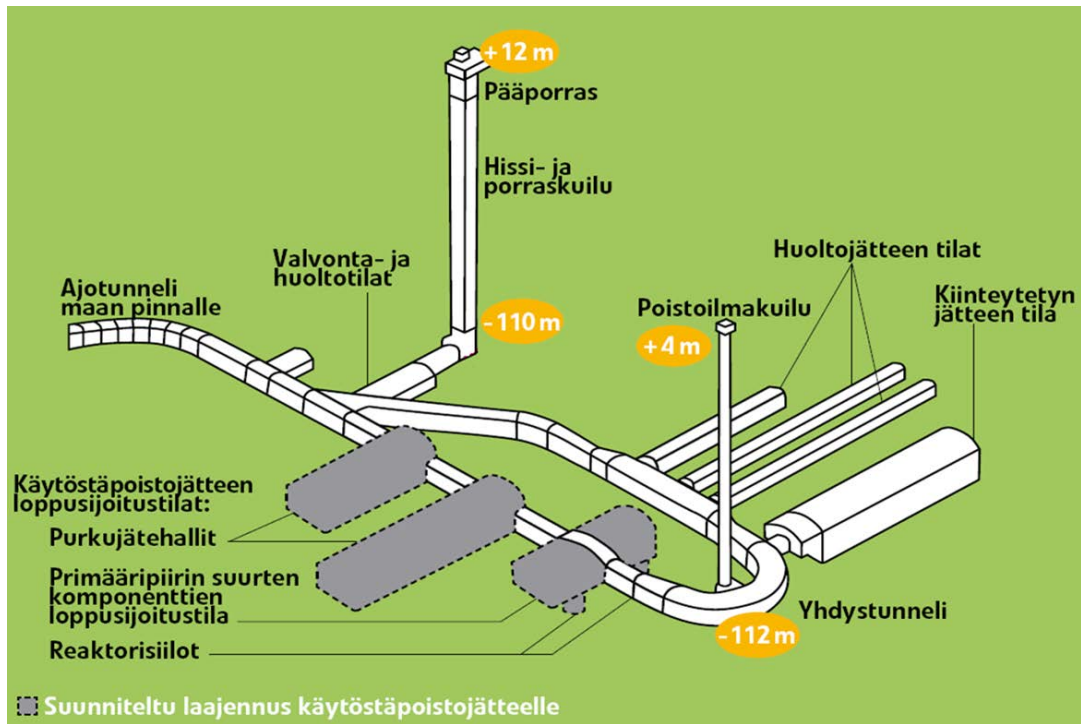
## 7 VOIMALAITOSJÄTELUOLA (VLJ)

VLJ-luola (Kuva 6) eli voimalaitosjätteen loppusijoitustila sijaitsee Loviisan voimalaitoksen yhteydessä. Tila on louhittu kallioperään, 110 metrin syvyyteen, ja se sijaitsee Hästholmenin saaren alla. VLJ-luolan sijainti on määritelty tarkasti niin, ettei se missään kohdassa sijoitu meren eikä olemassa olevien laitosten alapuolelle. (Mayer 2013.)

VLJ-luola otettiin huoltojätteiden sijoittamista varten käyttöön vuonna 1997. VLJ-luolaan loppusijoitetaan Loviisan voimalaitoksen käytöstä syntyvää matala- ja keskiaktiivista jätettä. Loppujätteelle tarkoitettuja tiloja VLJ-luolassa on kolme: niistä edellä mainitut HJT1 ja HJT2 ovat käytössä ja kolmas tila on käyttöönottoaiheessa.

Jätteet loppusijoitetaan VLJ-luolaan 200 litran tynnyreissä. Tynnyreitä kertyy keskimäärin 400–1 000 kappaletta vuodessa, ja niistä 40-50 % on loppusijoitettavia.

Tämän hetkisen suunnitelman mukaan voimalaitosjätteen loppusijoitusluolaan tulee mahtua noin seuraavan 50 vuoden aikana syntyvät loppusijoitusjätteet ja vuoteen 2030 mennessä vapautuvat jätteet tulee saada sijoitettua uudelleen, jotta niiden vapauttaminen valvonnasta tavanomaisen kaatopaikkajätteen sekaan olisi mahdollista tulevaisuudessa. Valvonnasta vapauttamisella tehostetaan loppusijoitustilojen käyttöä.



Kuva 6. Loviisan voimalaitoksen VLJ-luola (Fortum, Loviisan voimalaitos 2012.)

## 7.1 Huoltojätetila 1 ja 2 (HJT 1 ja 2)

Huoltojätetila 1 (HJT1) otettiin loppusijoituskäyttöön vuonna 1997. Huoltojätetilan pituus on noin 100 m, ja sinne mahtuu loppusijoitettavaksi 6300 jätetyynyriä. HJT1 on nimensä mukaan ensimmäinen käyttöön otettu huoltojätetila, johon on loppusijoitettu voimalaitosjätettä vuodesta 1998 lähtien. HJT1 on myös ainut huoltojätetiloista, joka on varastoitu täyteen noin 6 100 jätetyynyryllä. Huoltojätetilan etuosaan mahtuu varastoitavaksi vielä useita kymmeniä jätetyynyriä, mutta tila on jätetty tyhjäksi, jotta huoltojätetilan ulkopuoliselle käyttävälle ei aiheudu säteilyannosnopeutta ja tarvittaessa huoltotöiden suorittaminen on tilallisesti helpompaa. (Mayer 2013.)

Huoltojätetila 2 (HJT2) valmistui samaan aikaan kuin HJT1 ja otettiin käyttöön vuonna 2005. Huoltojätetila 2:een mahtuu loppusijoitettavaksi 6 300 jätetyynyriä, ja sinne on loppusijoitettuna noin 3 300 jätetyynyriä. (Mayer 2013.)

Mitoitukseltaan HJT1 ja HJT2 ovat täysin samanlaisia. Tilojen leveys on 5,5 m, korkeus 5,7 m, poikkipinta-ala 30 m<sup>2</sup> ja pituus 106 m. Molempiin huoltojätetiloihin mahtuu loppusijoitettavaksi yhteensä noin 12 600 jätetyynyriä. Jätetyynyrit pinotaan huoltojätetilaan viiteen kerrokseen päällekkäin takaosasta alkaen, ja lähes aina neljässä



alimmassa kerroksessa on rinnakkain seitsemän jätetyynyriä ja ylimmässä kerroksessa kuusi. (Mayer 2013.)

## 7.2 Huoltojätetila 3 (HJT 3)

Vuonna 2012 Loviisan voimalaitoksen loppusijoitustilaa laajennettiin rakentamalla kolmas huoltojätetila eli HJT3. HJT3 ei ole vielä loppusijoituskäytössä, mutta sinne on tarkoitus välivarastoida valvonnasta vapautuvia huoltojätetyynyreitä aina vuoteen 2032 saakka. Huoltojätetilalla on Säteilyturvakeskuksen erillinen toimilupa jätteiden pitkäaikaisvarastointiin, mutta lupaa loppusijoitustilaksi ei vielä ole. (Kälviäinen 2014b.)

HJT3 on mitoitukseltaan reilusti suurempi kuin HJT1 & 2. Hallimainen tila on 12 m leveä, 60 m pitkä ja poikkipinta-alaltaan 100 m<sup>2</sup>. Huoltojätetilaan on asennettu myös erillinen 16 tonnin pukkinosturi huoltojätteiden siirtämistä varten. (Mayer 2013.)

HJT1 ja HJT2 tiloista poiketen HJT3:een sijoitettavat jätetyynyrit sijoitetaan sekä turvallisuussyistä että käsittelyn helpottamiseksi erillisiin tynnyrikehikoihin, joihin jokaiseen mahtuu 16 jätetyynyriä. Jätetyynyrit voidaan sijoittaa kehikoihin joko maan pinnalla tai VLJ-luolassa. (Mayer 2013.)

Tilan ollessa loppusijoituskäytössä kehikoita mahtuu päällekkäin tynnyreineen 8 kpl. Tällöin tila on kattoon saakka täynnä eikä nosturin käyttö ole enää mahdollista. Väli-varastointivaiheessa kehikoita mahtuu päällekkäin 4 kpl, ja nosturin käyttö on edelleen mahdollista. Laskelmien mukaan tynnyrikehikoita huoltojätetilaan mahtuu kokonaisuudessaan yhteensä 644, mikä käsittää 10 304 jätetyynyriä ja väli-varastointivaiheessa 48 tynnyrikehikkoa ja 3 070 jätetyynyriä. Väli-varastointivaiheen lukemat edellyttävät jätetyynyreiden sijoittelua U-kirjaimen muotoon. (Sorjonen 2014.)

## 7.3 Voimalaitosjätetyynyreiden siirtäminen ja loppusijoittaminen VLJ-luolaan

VLJ-luolaan loppusijoitukseen päätyvät jätetyynyrit kuljetetaan huoltojätetiloihin kuljetusperävaunulla. Perävaunuun mahtuu kerralla 52 jätetyynyriä ja jätetyynyrit siirretään luolaan toimistotyöaikojen ulkopuolella, kun muu ajoneuvoliikenne laitoksella on jo hiljentynyt. Jätetyynyrit kuljetetaan VLJ-luolaan erillisen 1 100 m pitkän ajotunnelin kautta, ja aikaa tähän kuluu keskimäärin 45 minuuttia. Kun jätetyynyrit on kuljetet-

tu VLJ-luolaan, ne siirretään yksitellen sähkökäyttöiseen nostotrukkiin kiinnitetyn tynnyrinostimen avulla käytössä olevaan huoltojätetilaan (HJT2).

Jätetytynnyrit pinotaan luvussa 8.1 *Huoltojätetila 1 ja 2 (HJT 1 ja 2)* esitetyn tavan mukaan ja jätetytynnyreiden väliin sijoitetaan erillinen vesivanerilevy, tynnyreiden päällekkäin pinoamisen tukemiseksi ja helpottamiseksi. Jokaisessa jätetytynnyrissä on merkittynä numerosarja, joka kirjataan jätetytynnyriä loppusijoitettaessa ylös.

Jokaisen jätetytynnyrin tietojen tallentaminen LaMDA-järjestelmään aloitetaan gamma-spektrometrillä tehtävän analyysin yhteydessä. Loppusijoitusvaiheessa järjestelmään kirjataan jokaisen jätetytynnyrin X-, Y- ja Z-koordinaatit, jotta tiedetään, missä kohtaa huoltojätetilaa jätetytynnyri sijaitsee, mitä se sisältää ja mikä on sen aktiivisuus. Tynnyreiden sijoittelussa huoltojätetilaan tulee myös ottaa huomioon sen annosnopeus.

Huoltojätetiloissa annosnopeuden yleistason tulee olla 1 mSv/h, ja jätetytynnyrin annosnopeuden ollessa suurempi se sijoitetaan tynnyripinon keskelle. Näin ollen kaikkein aktiivisimmat jätetytynnyrit pyritään sijoittamaan mahdollisimman keskelle tynnyripiinoa.

Kokonaisuudessaan jätetytynnyreiden kuljetus ja loppusijoitus huoltojätetiloihin työllistää neljä henkilöä. Yksi vastaa jätetytynnyreitä kuljettavasta traktorista perävaunuineen, yksi voimalaitosluolassa olevan nostotrukin käytöstä, yksi jätetytynnyreiden sijainnin ja numerosarjan manuaalisesta kirjaamisesta sekä yksi jätetytynnyreiden lopullisesta asetelusta loppusijoituspaikalle. Kaiken kaikkiaan kuorman ollessa täysi aikaa koko toimenpiteeseen kuluu jätetytynnyreiden kuljetuksesta VLJ-luolaan ja siitä loppusijoituspaikalle huoltojätetilaan noin 4 tuntia.

Jätetytynnyreiden kuljettaminen ja siirtely on todella hidasta. Useat jätetytynnyreistä ovat usean sadan kilon painoisia, ja nostotrukilla voidaan käsitellä vain yhtä jätetytynnyriä kerrallaan, eikä huoltojätetilojen sisäänkäynnin rajallinen koko mahdollista isomman nostotrukin käyttöä.

## 8 LOVIISAN VOIMALAITOKSEN HUOLTOJÄTETILA 1:N JA 2:N UUELLEEN LAJITTELU VLJ-LUOLASSA

Huoltojätetila 1 (HJT1) on ollut loppusijoitusikäikäytössä vuodesta 1997 ja huoltojätetila 2 (HJT2) vuodesta 2005. HJT1 on täynnä ja HJT2 on puolillaan.

Otettaessa VLJ-luolaa loppusijoituskäyttöön sen tarkoituksena oli toimia lopullisena sijoituspaikkana kaikille sinne päätyville jätetynnyreille. Molempien laitossyksiköiden käyttöään pidentymisen myötä myös laitoksen toiminnasta syntyvän voimalaitosjätteen määrä on kasvanut ja näin ollen myös VLJ-luolan käyttöaste.

Mielestäni suunnitelmat kolmannen laitossyksikön rakentamisesta luovat VLJ-luolan suhteen paineita entisestään. Onko ajatus kolmannelta laitossyksiköstä realistinen? Miten se vaikuttaa VLJ-luolan käyttöasteeseen? Onko tulevaisuudessa mahdollisesti tarve louhia lisää huoltojätetiloja kallioperään?

Ensimmäinen askel kohti em. ongelmien ratkaisua on lajitella VLJ-luolaan jo loppusijoitetut jätetynnyrit uudelleen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on siis löytää mahdollisimman toimiva ratkaisu VLJ-luolaan loppusijoitettujen jätetynnyreiden uudelleenlajittelulle. Lajittelun tarkoituksena on järjestää huoltojätetiloihin sijoitetut jätetynnyrit uudelleen niin, että vuoteen 2030 mennessä valvonnasta vapautettavat jätetynnyrit saataisiin lajiteltua vapautusvuosien mukaisiin pinoihin HJT3:een. Vuonna 2032 on tarkoitus aloittaa Loviisa 2:n purkutyöt, ja silloin voimalaitosjäteluolan huoltojätetilojen tulisi olla täysipainoisesti käytävissä purkutöistä syntyvien jätteiden loppusijoitusta varten. Loviisa 1:n purkutyöt aloitettaisiin jo 2–3 vuotta aikaisemmin ja siitä syntyvien jätteiden loppusijoitukselle voidaan osittain käyttää HJT3:sta. (Eurajoki 2012.)

Lajittelu helpottaisi myös huomattavasti jätteiden valvonnasta vapauttamisprosessia. Huoltojätetynnyreiden uudelleenlajittelun suorittamiseksi tulee molemmat huoltojätetilat tyhjentää kokonaan, minkä vuoksi jätetynnyreille tulee löytyä välivarastointitila. Jätetynnyrit tuodaan pois huoltojätetiloista yksitellen tynnyrinkäsittelylaitteella varustettua vastapainotrukkia käyttäen. Vielä ei kuitenkaan ole varmuutta siitä, aloitetaanko projekti vain toisen huoltojätetilan lajittelulla vai molempien.

Työssä tulee ottaa huomioon mahdollisen kontaminaation syntymisen riski jätetynnyreitä siirreltäessä. Jätetynnyreitä on sijoitettu huoltojätetiloihin sitä mukaa, kun niitä on pakattu. Osa luolaan loppusijoitetuista jätetynnyreistä on kuitenkin peräisin vuosilta 1977–1997, eli ajalta ennen luolan käyttöönottoa. Ennen VLJ-luolan käyttöönottoa syntyneet jätteet ovat siis olleet pakattuina jätetynnyreihin noin 30–40 vuotta, eikä näin ollen ole varmuutta siitä millaisessa kunnossa jätetynnyrit ovat ja miten ne kestä-

vät siirtämistä. Siksi tulee selvittää, miten mahdollisissa ongelmatilanteissa toimitaan ja millaiset järjestelyt vaaditaan, ettei kontaminaatio pääse leviämään jos joku tynnyreistä hajoaa siirtovaiheessa. Tynnyreiden siirtämistä varten tulee siis selvittää tarvittavat työvälineet, joilla lajittelu olisi helpointa ja samalla turvallisinta.

Jätteiden loppusijoituksessa huoltojätetiloihin on noudatettu niin sanottua First in Last out eli FILO varastointiperiaatetta. Molempiin huoltojätetiloihin sijoitetuista jätetyynyreistä pidetään kuitenkin tarkkaa kirjanpitoa. Kirjanpidon avulla pystytään tarkasti kertomaan, missä kohtaa huoltojätetilaa mikäkin jätetyynyri sijaitsee, mikä on sen vapautumisvuosi ja koska jätetyynyri on pakattu ja loppusijoitettu.

Loviisan voimalaitoksen VLJ-luolassa on loppusijoitettuna noin 8 900 jätetyynyriä. Näiden tynnyreiden joukossa on arviolta 1 000 jätetyynyriä, joiden aktiivisuus on alittanut valvonnasta vapauttamisen rajan, ja loput jätetyynyreistä edellyttävät välivarastointia ennen valvonnasta vapauttamista tai loppusijoitusta. (Eurajoki 2012.) Vapautettavien jätetyynyreiden määrä on suuntaa antava, ja lopullinen vapautuspäätös tehdään aina jätetyynyri kerrallaan. VLJ-luolan huoltojätetilojen uudelleenlajittelulla on tarkoitus tehostaa VLJ-luolan huoltojätetilojen loppusijoituskäyttöä lajittelemalla tiloihin sijoitetut jätetyynyrit uudelleen. Tämä edellyttää väliaikaista varastointitilaa jätetyynyreille huoltojätetilojen tyhjentämisen ajaksi.

## 8.1 Lajitteluperusteet

Huoltojätetiloissa sijaitsevien jätetyynyreiden lajitteluperusteena on ensisijaisesti niiden aktiivisuus ja sen myötä asetettu valvonnasta vapautumisen ajankohta. Tämän hetkinen käytössä oleva kalusto mahdollistaa jätetyynyreiden siirtämisen ulos huoltojätetiloista välivarastointitilaan yksitellen. Lajittelun voi aloittaa joko jo täynnä olevasta HJT1:stä tai sitten puolillaan olevasta HJT2:sta.

Vanhimmat jätetyynyrit sijaitsevat HJT1:ssä, ja aktiivisuuden puoliintumisen myötä näiden tynnyreiden aktiivisuus on alhaisempi kuin HJT2:n jätetyynyreillä, jossa on loppusijoitettuna niin sanottua tuoreempaa jätettä.

## 8.2 Lajittelun edellytykset

Huoltojätetilojen tyhjentäminen niihin loppusijoitetuista jätetynnyreistä edellyttää tarkkaa suunnittelua. Tilojen tyhjentäminen ja uudelleenlajittelu edellyttää jätetynnyreiden välivarastointia prosessin suorittamisen ajaksi. Ehjien ja hyväkuntoisten jätetynnyreiden pitkäaikaiseen välivarastointiin on mahdollista käyttää HJT3:sta, johon mahtuu 10 304 jätetynnyriä, mutta välivarastointi vaiheessa jätetynnyreitä voidaan välivarastoida tilaan vain hieman päälle 3 000, jotta tilassa olevan nosturin käyttö on edelleen mahdollista. Välivarastoinnissa tulee huomioida jokaisen jätetynnyrin kunto, eli varautua huonokuntoisten tynnyreiden uudelleen pakkaamiseen joko VLJ-luolassa tai jätehuollon tiloissa.

## 8.3 Mahdolliset riskit lajittelussa

Huoltojätetilojen uudelleen lajittelulla on myös riskejä. Voimalaitoksen aiemmissa raporteissa on nostettu esille huoltojätetila 1:ssä olevien jätetynnyreiden kunto, ja myös viranomaisen on kiinnittänyt siihen huomiota vuonna 2011 tehdyssä tarkastuksessa. Satunnaisten jätetynnyreiden päälle on pitkäaikaisen varastoinnin aikana valunut vettä, joka on mahdollisesti ruostuttanut tynnyreitä. Lisäksi joihinkin jätetynnyreistä on pakattuna märkää jätettä, joka saattaa ruostuttaa tynnyreitä sisältä päin. Lajittelussa tulee ottaa huomioon näiden mahdollisesti rikkoutuneiden jätetynnyreiden uudelleen pakkaus, jotta ne kestäisivät ehjinä VLJ-luolan sulkemiseen saakka. (Lampén 2011.)

Jätetynnyreiden materiaali ja jätteiden pakkausmenetelmät ovat kehittyneet vuosien aikana. Huoltojätetilojen tyhjentämisessä tulee siis ottaa huomioon tynnyreiden mahdollinen huono kunto.

## 8.4 HJT1:n lajittelu

Huoltojätetila 1 on täynnä, ja sinne on loppusijoitettuna noin 6 170 jätetynnyriä. Fortumin suunnittelupäällikkö Tapani Eurajoen tekemien laskelmien mukaan näistä jätetynnyreistä voitaisiin välittömästi vapauttaa valvonnasta noin 880 kappaletta. (Eurajoki 2012.)

HJT1:een on loppusijoitettuna jätettä, joka on peräisin aina laitoksen käyttöön ottamisen alusta. Näin ollen on hyvin todennäköistä, että suurin osa huonokuntoisimmista jä-

tetyntyreistä on ikänsä puolesta sijoitettuna kyseiseen huoltojätetilaan. Kaikki HJT1:een sijoitetut jätetyntyrit on mitattu käyttäen vanhaa gammaspektrometriä, joka ei huomionnut jätetyntyrin painoa. Siksi jätetyntyrit punnitaan ja lasketaan aktiivisuus uudelleen. Aiemmin oletettiin jokaisen jätetyntyrin painavan 100 kg.

## 8.5 HJT2:n lajittelu

Huoltojätetila 2:een on loppusijoitettuna noin 3 285 jätetyntyriä, mikä on puolet tilan kokonaiskapasiteetista. Tila on ollut loppusijoituskäytössä vuodesta 2005, eli sinne varastoidut jätetyntyrit ovat ikänsä puolesta melko nuoria. Jätetyntyreistä suurimman osan vapautumisvuosi on vasta vuoden 2030 jälkeen, mikä tarkoittaa lajittelutilanteessa sitä, että jätetyntyrit päätyvät loppusijoitettaviksi. Valvonnasta välittömästi vapautettavia jätetyntyreitä tilassa on noin 101 kappaletta. (Eurajoki 2012.) HJT2:ssa olevien jätetyntyreiden nuori ikä on painava perustelu sille, miksi lajittelu kannattaisi aloittaa HJT2:sta. Tilassa olevien jätetyntyreiden kunto on oletettavasti ainakin suurimmaksi osin parempi kuin HJT1:ssä olevien. Jätetyntyreiden käsittely ja siirtäminen välivarastoitavaksi on tämän myötä sekä helpompaa että nopeampaa.

Huoltojätetilan tyhjennysvaiheessa voitaisiin jätetyntyreiden joukosta poimia kaikkein aktiivisimmat yksilöt ja sijoittaa ne tilan uudelleen täyttövaiheessa perimmäisiksi. Samalla voitaisiin myös poistaa mahdollisesti valvonnasta vapautuvat jätetyntyrit ja siirtää välivarastoon odottamaan vapautusta. Suurin osa HJT2:een sijoitetuista jätetyntyreistä on mitattu käyttäen uusinta mittausjärjestelmää. Tämän ansiosta jätetyntyreitä ei tarvitse mitata uudelleen, kun niitä siirretään ulos huoltojätetilasta. Ne voidaan kuljettaa suoraan välivarastointitilaan, minkä ansiosta lajittelu on ajallisesti tehokkaampaa.

## 9 LAJITTELUKENAARIOT

### 9.1 Skenaario 1 - Lajittelun aloittaminen HJT1:stä

Huoltojätetila 1:een loppusijoitetut jätetyntyrit ovat vanhempia kuin huoltojätetila 2:ssa, sillä HJT1 on ollut loppusijoituskäytössä vuodesta 1997 alkaen ja HJT2 vuodesta 2005 alkaen. Lajitellessa HJT1 ensin saadaan oletettavasti vapautettua valvonnasta enemmän jätetyntyreitä, sillä sinne loppusijoitettu jäte on vanhempaa kuin HJT2:ssa.

HJT1:ssä on yhteensä 6 170 loppusijoitettua jätetynnyriä, joista vapautuskelpoisia on noin 880 kappaletta.

Lajittelun tarkoituksena on tyhjentää huoltojätetilä kokonaan jätetynnyreistä ja samalla välivarastoida vuoteen 2030 mennessä vapautuskelpoiset jätetynnyrit, vapauttaa valvonnasta tällä hetkellä vapautuskelpoiset jätetynnyrit ja loppusijoittaa uudelleen jätetynnyrit, joita ei koskaan vapauteta valvonnasta.

Huoltojätetilan tyhjentäminen aloitetaan siirtämällä yksitellen jokainen jätetynnyri ulos huoltojätetilasta käyttäen tynnyrien siirtoon soveltuvaa sähkökäyttöistä nostotukkia, joka on varustettu itse tynnyriä ja sen pohjaa tukevalla nostoapuvälineellä. Osa HJT1:een loppusijoitetuista jätetynnyreistä on mitattu jätetynnyrien täyttövaiheessa käytössä olleella gammaspektroskopisella mittaumenetelmällä, joka ei huomionut jätetynnyrienpainovaihtelua eikä tiheyttä. Näiden jätetynnyreiden on oletettu painavan 100 kg, ja tietyille tiheille jätetyypeille, esim. metallille, käytettiin kertoimia, joilla aktiivisuus pyrittiin korjaamaan oikealle tasolle.

Nykyisen vuonna 2011 käyttöön otetun gammaspektrometrin avulla pystytään selvittämään sekä jätetynnyrin yksilöllinen paino että tiheys. Tämän myötä jokainen vanhaa menetelmää käyttäen mitattu jätetynnyri tulee punnitsemisen lisäksi myös mitata eli laskea sen aktiivisuussisältö uudelleen vapauttamisajankohdan määrittämiseksi. Siirron yhteydessä tarkastetaan jätetynnyrin kunto, ja jos se ei täytä asetettuja vaatimuksia, tulee tehdä tarvittavat toimenpiteet jätetynnyrin turvallisen käsittelyn takaamiseksi ja kuljettaa se voimalaitokselle uudelleen pakkausta varten. Edellä mainittua toimenpidettä varten tulisi VLJ-luolaan järjestää erillinen tila tai alue, jossa rikkoutuneen jätetynnyrin turvallinen käsittely on mahdollista.

Mittauksen, punnituksen ja kuntotarkastuksen jälkeen jätetynnyri vapautetaan joko suoraan valvonnasta tai välivarastoidaan odottamaan valvonnasta vapautumista tai uutta loppusijoituspaikkaa. Kaikkien jätetynnyreiden välivarastointitilana toimii ensisijaisesti HJT3, mutta kaikki HJT1:een loppusijoitetut jätetynnyrit eivät mahdu sinne välivarastoitaviksi, joten välittömästi vapautuskelpoiset jätetynnyrit välivarastoidaan ensisijaisesti HJT2:een ja tarvittaessa pienissä määrin VLJ-luolan käytävätiloihin. Valvonnasta vapautuvia jätetynnyreitä toimitetaan sopivissa erissä X-hallille odottamaan valvonnasta vapauttamista. Jätetynnyrien toimittaminen X-hallille on järkevintä vähintään 52 kappaleen erissä.

Vuoteen 2030 mennessä vapautuskelpoiset jätetytynnyrit välivarastoidaan HJT3:een, jonka jätetytynnyrivetoisuus on kokonaisuudessaan hieman yli 10 000 jätetytynnyriä. Jätetytynnyrit sijoitetaan välivarastointitilaan U-kirjaimen muodossa vapautusvuotensa perusteella.

U-kirjaimen muodossa 16 kpl:n jätetytynnyrikehikoita mahtuu tilaan 4 kehikon pinoissa yhteensä 48 kpl, eli yhteensä noin 3 070 jätetytynnyriä, mikä mahdollistaa myös tilassa olevan nosturin käytön välivarastoinnin aikana. Jätetytynnyrit sijoitetaan tynnyrikehikoihin tapahtuu turvallisuussyistä. (Sorjonen 2014.)

Jätetytynnyrit sijoitellaan niin, että ensimmäisinä vapautuvat jätetytynnyrit asetellaan lähimmäksi huoltojätetilan suuaukkoa, josta ne ovat helposti vapautettavissa. Tarvittaessa osa aktiivisimmista jätetytynnyreistä voidaan välivarastoida HJT2:een siksi aikaa, kunnes HJT1 on tyhjenetty. Tämän jälkeen siirretään nämä aktiiviset jätetytynnyrit takaisin HJT1:een loppusijoitukseen. Edellä selostettu prosessi on kuvattu erillisenä prosessikaaviona liitteessä 1.

HJT1:n ollessa täysin tyhjä siellä suoritetaan mahdollisesti tarvittavat huoltotoimenpiteet, joiden jälkeen voidaan siirtyä HJT2:n tyhjentämiseen ja jätetytynnyreiden lajitteluun. Suurin osa HJT2:een loppusijoitetuista jätetytynnyreistä on niin aktiivisia, etteivät ne tule vapautumaan lainkaan valvonnasta. Näin ollen on loogista loppusijoittaa kaikki aktiivisimmat jätetytynnyrit HJT1:een. HJT1:en täyttövaiheessa loppusijoitetaan sinne kaikki VLJ-luolassa varastoituna olevat aktiivisimmat ja vasta vuoden 2030 jälkeen valvonnasta vapautuvat jätetytynnyrit.

## 9.2 Skenaario 2 - Lajittelun aloittaminen HJT2:sta

HJT2:n käyttötila on noin puolillaan, eli sinne on loppusijoitettuna 3 285 jätetytynnyriä. Huoltojätetilaan on loppusijoitettu jätetytynnyreitä vuodesta 2005 alkaen, joten myös suuri osa aktiivisimmista jätetytynnyreistä löytyy HJT2:sta. Tämä tarkoittaa sitä, että HJT2:ssa on vähemmän vapautuskelpoista jätettä kuin HJT1:ssä.

HJT2:n lajittelu aloitetaan jätetytynnyrien kunnon tarkastamisella ja tarvittaessa jätetytynnyrin mittauksella ja/tai uudelleen punnituksella. Suuri osa HJT2:een sijoitetuista jätetytynnyreistä on mitattu sekä punnittu uuden järjestelmän mukaisesti, eli niiden siirto on nopeampaa kun kaikkia jätetytynnyreitä ei tarvitse mitata eikä punnita uudelleen. Kun-



non mukaan jätetyynyri siirretään uudelleen pakattavaksi voimalaitokselle traktorilla tai välivarastoitavaksi HJT3:een sähköisen nostotrukin avulla. Nostotrukki on varustettu tynnyriä ja sen pohjaa tukevalla nostoapuvälineellä.

Samoin kuin skenaario 1:ssä, HJT3:een mahtuu loppusijoitettavaksi kokonaisuudessaan hieman yli 10 000 jätetyynyriä ja U-kirjaimen muodossa välivarastoitavaksi noin 3 070 jätetyynyriä. Jätetyynyrien välivarastoinnissa käytetään siis samaa perustetta kuin skenaario 1:ssä. Ensimmäisenä vapautuvat jätetyynyrit jäävät lähimmäksi ovea ja kaikkein aktiivisimmat välivarastoidaan tilan takaosaan. Jätetyynyrit sijoitetaan jätekehikoihin turvallisuussyistä.

Pintapuolisen tarkastuksen ja punnituksen jälkeen siirtovalmis jätetyynyri kuljetetaan sen vapautusvuoden mukaan uudelle välivarastointipaikalleen HJT3:een. Jätetyynyrit, jotka voidaan vapauttaa heti valvonnasta, toimitetaan myös välivarastoitavaksi HJT3:een, mutta niiden sijoittaminen tynnyrikehikoihin ei ole tarpeen. Tarvittaessa valvonnasta välittömästi vapautuvia jätetyynyreitä voidaan myös välivarastoida esimerkiksi VLJ-luolan käytävätiloissa. Vapautettavat jätetyynyrit pyritään kuljettamaan X-hallille valvonnasta vapauttamista varten aina, kun kuljetusperävaunuun saadaan täysikuorma (52 kpl). Näin pyritään välttämään vajaat kuljetukset.

Ennen vuotta 2030 valvonnasta vapautuvat jätetyynyrit välivarastoidaan HJT3:een. Vuosittain pyritään siirtämään tilakapasiteetin mukaan HJT3:sta X-hallille jätetyynyrit, jotka voidaan vapauttaa kuluvana vuonna tai seuraavan viiden vuoden aikana valvonnasta. Edellä selostettu prosessi on kuvattu erillisenä prosessikaaviona liitteessä 2.

HJT2:n ollessa tyhjä voidaan aloittaa sen uudelleen täyttäminen. Huoltojätetilan takaosaan siirretään HJT3:een välivarastoidut aktiivisimmat jätetyynyrit ja niiden ympärille kootaan sellaisia jätetyynyreitä, joiden aktiivisuus on huomattavasti alhaisempi, mutta valvonnasta vapauttaminen ei ole mahdollista vuoteen 2030 mennessä. Tämän sijoittelutavan avulla jaetaan jäteaktiivisuus tasaisesti huoltojätetilaan.

HJT2:n lajittelun suorittamisen jälkeen voidaan siirtyä HJT1:n lajitteluun ja tyhjentämiseen. Aktiivisimmat jätetyynyrit loppusijoitetaan suoraan HJT2:een, samoin vasta vuoden 2030 jälkeen vapautuvat jätetyynyrit. Kaikki välittömästi valvonnasta vapautuvat jätetyynyrit välivarastoidaan HJT3:een ja tarvittaessa niitä voidaan välivarastoida esimerkiksi VLJ-luolan käytävätiloissa.

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Suomessa toimivien ydinvoimalaitosten toimintaa säätelee huomattavasti niille erityisesti laaditut lait ja asetukset.

Empiiristä tutkimusta varten vierailin yhdessä voimalaitosjätteet-ryhmän jäsenien kanssa voimalaitoksen jätteenkäsittelytiloissa, voimalaitosjäteluolassa ja huoltojätetiloissa sekä tutustuin jätetyynyreiden loppusijoitukseen VLJ-luolassa ja valvonnasta vapauttamisen prosessiin X-hallilla. Tiloihin tutustumisen avulla oli helpompi saada kokonaisvaltaisempi kuva koko jätteenkäsittelyprosessista ja tehdä toiminnasta omia havaintoja ja johtopäätöksiä. Mielestäni kaikkea saatua informaatiota voidaan pitää luotettavina, sillä informaatio ja opastus ovat peräisin alan ammattilaisilta.

Työssä esitellyt kaksi skenaariota perustuvat omiin havaintoihini ja opinnäytetyöprosessin aikana voimalaitosjätteet-ryhmältä saatuihin tietoihin. Tarkasteltaessa molempien skenaarioiden lopputulemaa ei suuria eroja juurikaan ole. Molempien huoltojätetilojen prosessi on pitkälti sama, ja osittain ajallista säästöä saattaa syntyä vain HJT2:ssa, kun kaikkia jätetyynyreitä ei tarvitse mitata ja punnita uudelleen. Tilasäästöä saadaan oletettavasti kerrytettyä enemmän jos edetään skenaario 1:n kuvaamalla tavalla, sillä HJT1:stä saadaan vapautettua valvonnasta enemmän jätetyynyreitä kuin HJT2:sta lajiteltaessa. HJT1:ssä loppusijoitettuna olevat aktiivisimmat jätetyynyrit voitaisiin myös siirtää saman tien HJT2:een loppusijoitukseen, mikä tarkoittaisi sitä, että HJT2:sta ei lainkaan lajiteltaisi uudelleen. Työssä esitellyt skenaariot koskevat vain Loviisan voimalaitoksen huoltojätetiloja, eikä niitä voida käytännössä soveltaa esimerkiksi Olkiluodon huoltojätetiloihin.

Skenaario 1 vaikuttaa paremmalta vaihtoehdolta lajittelun suorittamiselle. Tilasäästöä saadaan paremmin aikaan, kun valvonnasta vapautuvia jätetyynyreitä on enemmän. Samalla saadaan vanhemmat jätetyynyrit mitattua, punnittua ja tarvittaessa myös pakattua uudelleen. HJT1:n tyhjentämisen myötä voidaan myös suorittaa tilassa mahdollisesti tarvittavat korjaus- ja huoltotoimenpiteet. Ajallisesti skenaario 1:n toteuttaminen vie kuitenkin huomattavasti enemmän aikaa, koska jätetyynyreitä on HJT1:ssä huomattavasti enemmän kuin HJT2:ssa.

Opinnäytetyön aihe oli mielestäni mielenkiintoinen, mutta todella haastava. Työn teoriaosuuteen ei juurikaan löytynyt aiheeseen sopivaa yleist teoriaa, sillä voimalaitosjät-

teitä käsitteleviä laitoksia Suomessa on vain kaksi (Loviisa ja Olkiluoto), ja ne noudattavat niille erikseen asetettuja lakeja ja säädöksiä. Ydinvoima teknologian käyttöön liittyy paljon turvallisuustekijöitä, joten kirjallisen aineiston julkinen saatavuus on myös rajallinen. Tämän takia työssä on käytetty jonkin verran yrityksen sisäisiä dokumentteja. Kansainvälisten tutkimusten ja materiaalien käyttö ei myöskään ollut mahdollista, koska toimintatavat ja säädökset eroavat maittain.

Esitettyjen skenaarioiden perusteella Loviisan voimalaitoksella on käytössään useampia vaihtoehtoja, miten huoltojättilojen lajittelu voidaan tulevaisuudessa toteuttaa. Laitoksella voidaan hyödyntää työssä esitettyjä skenaarioita ja tarvittaessa tehdä tarkempia laskelmia lajittelun toteuttamisesta.

## 11 LÄHTEET

Eurajoki, T. 2012. Strategia HJT1&2:ssa olevien huoltojätetyynyreiden vapauttamiseksi. Fortum Power and Heat Oy, Loviisan voimalaitos: LO1-T353-00045. Ei julkista materiaalia.

Fortum. Loviisan voimalaitos 2012. Suunniteltu laajennus käytöstäpoistojätteelle. Ei julkista materiaalia.

Fortum 2012. Historia. Saatavissa:

[http://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/ydinvoima/loviisan\\_voimalaitos/historia/sivut/default.aspx](http://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/ydinvoima/loviisan_voimalaitos/historia/sivut/default.aspx) [viitattu 16.7.2014].

Fortum 2014a. Voimalaitoksen toiminta. Saatavissa:

[http://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/ydinvoima/loviisan\\_voimalaitos/vl-toiminta/sivut/default.aspx](http://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/ydinvoima/loviisan_voimalaitos/vl-toiminta/sivut/default.aspx) [viitattu 25.8.2014].

Fortum 2014b. Voimalaitosiesite. Saatavissa:

[http://www.fortum.com/SiteCollectionDocuments/Energy%20production/106-voimalaitosiesite\\_fin.pdf](http://www.fortum.com/SiteCollectionDocuments/Energy%20production/106-voimalaitosiesite_fin.pdf) [viitattu 28.12.2014].

Fortum 2015. Fortum lyhyesti. Saatavissa: <http://www.fortum.com/fi/konserni/fortum-lyhyesti/pages/default.aspx> [viitattu: 20.8.2014].

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13., osin uudistettu painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Kälviäinen, E. 2014a. Jaospäällikkö, radioaktiiviset jätteet. Fortum, Loviisan voimalaitos. Haastattelu. 27.11.2014.

Kälviäinen, E. 2014b. Jaospäällikkö, radioaktiiviset jätteet. Fortum, Loviisan voimalaitos. Haastattelu. 9.6.2014.

Kälviäinen, E & Sorjonen, J. Haastattelu. 26.11.2014.

Kälviäinen, E. 2015. Jaospäällikkö, radioaktiiviset jätteet. Fortum, Loviisan voimalaitos. Sähköposti. 14.4.2015.

Lampén, H. 2011. VLJ-luolassa olevien tynnyreiden koanalysoinnit. Fortum Power and Heat Oy, Loviisan voimalaitos: LO1-T353-00029 versio 1.0. Ei julkista materiaalia.

Logistiikan maailma 2013. Mikä on vaarallinen aine? Saatavissa:

[http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Mik%C3%A4\\_on\\_vaarallinen\\_aine%3F](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Mik%C3%A4_on_vaarallinen_aine%3F) [viitattu 12.2.2015].

Mayer, E. 2013. LO1&2 FSAR. Fortum Power and Heat Oy, Loviisan voimalaitos: LO1-K852-00915 versio 2.1. Ei julkista materiaalia.

Posiva 2014. Mitä ydinjäte on? Saatavissa:

[http://www.posiva.fi/loppusijoitus/ydinjatehuolto/mita\\_ydinjate\\_on#.VNiQieasU4A](http://www.posiva.fi/loppusijoitus/ydinjatehuolto/mita_ydinjate_on#.VNiQieasU4A) [viitattu: 16.8.2014].

Sorjonen, J. 2015. Polttoaineasiantuntija. Fortum Power and Heat Oy, Loviisan voimalaitos. Sähköposti 14.4.2015.

STUK 2012. Esimerkkejä säteilyannoksista. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/sateilyvaara/fi\\_FI/esim\\_annos/](http://www.stuk.fi/sateilyvaara/fi_FI/esim_annos/) [viitattu 18.9.2014].

STUK 2013a. Matala- ja keskiaktiivisten jätteiden huolto. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinjatteen/mita\\_tehda/fi\\_FI/matala-keski-huolto/](http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinjatteen/mita_tehda/fi_FI/matala-keski-huolto/) [viitattu 28.12.2014].

STUK 2013b. Miten ydinjätteistä huolehditaan? Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinjatteen/mita\\_tehda/fi\\_FI/mitatehda/](http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinjatteen/mita_tehda/fi_FI/mitatehda/) [viitattu 29.12.2014].

STUK 2013c. Mitä ydinjäte on? Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinjatteen/ydinjate/fi\\_FI/ydinjate/](http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinjatteen/ydinjate/fi_FI/ydinjate/) [viitattu 15.1.2015].

STUK 2014. Matala- ja keskiaktiiviset ydinjätteet. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinjatteet/ydinjate/jatteiden\\_luokittelu/fi\\_FI/matalat/](http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinjatteet/ydinjate/jatteiden_luokittelu/fi_FI/matalat/) [viitattu 22.1.2015].

Teknologiateollisuus 2013. Seveso II- ja Seveso III-direktiivit. Saatavissa:

<http://new.teknologiateollisuus.fi/fi/palvelut/seveso-direktiivi.html> [viitattu 6.2.2015].

Tukes 2013. Vaarallisten kemikaalien säilytys. Saatavissa:

<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-ja-kaasu/Vaarallisten-kemikaalien-sailytys/> [viitattu 10.4.2015].

Ydinenergialaki 11.12.1987/990. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1987/19870990> [viitattu 10.3.2015].

YVL 8.1 / 2003. Voimalaitosjätteiden loppusijoitus. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/data/normit/3993-YVL8-1.pdf> [viitattu 10.11.2014].

YVL 8.2. / 2008. Ydinjätteiden ja käytöstä poistettujen ydinlaitosten vapauttaminen valvonnasta. Saatavissa: <http://plus.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/saannosto/YVL8-2> [viitattu 28.12.2014].

YVL 8.3. / 2006. Keski- ja matala-aktiivisten jätteiden käsittely ja varastointi Ydinvoimalaitoksessa. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/591-YVL8-3.pdf> [viitattu 4.1.2015].

YVL D.4 / 2013a. Matala- ja keskiaktiivisten ydinjätteiden käsittely ja ydinlaitoksen käytöstäpoisto, Liite B. Saatavissa:

<http://plus.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/saannosto/YVLD-4> [viitattu 3.1.2015].

YVL D.4 / 2013b. Matala- ja keskiaktiivisten ydinjätteiden käsittely ja ydinlaitoksen käytöstäpoisto, 3.2. Valvonnasta vapauttaminen. Saatavissa:

<http://plus.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/saannosto/YVLD-4?search=stuklex> [viitattu: 3.1.2015].

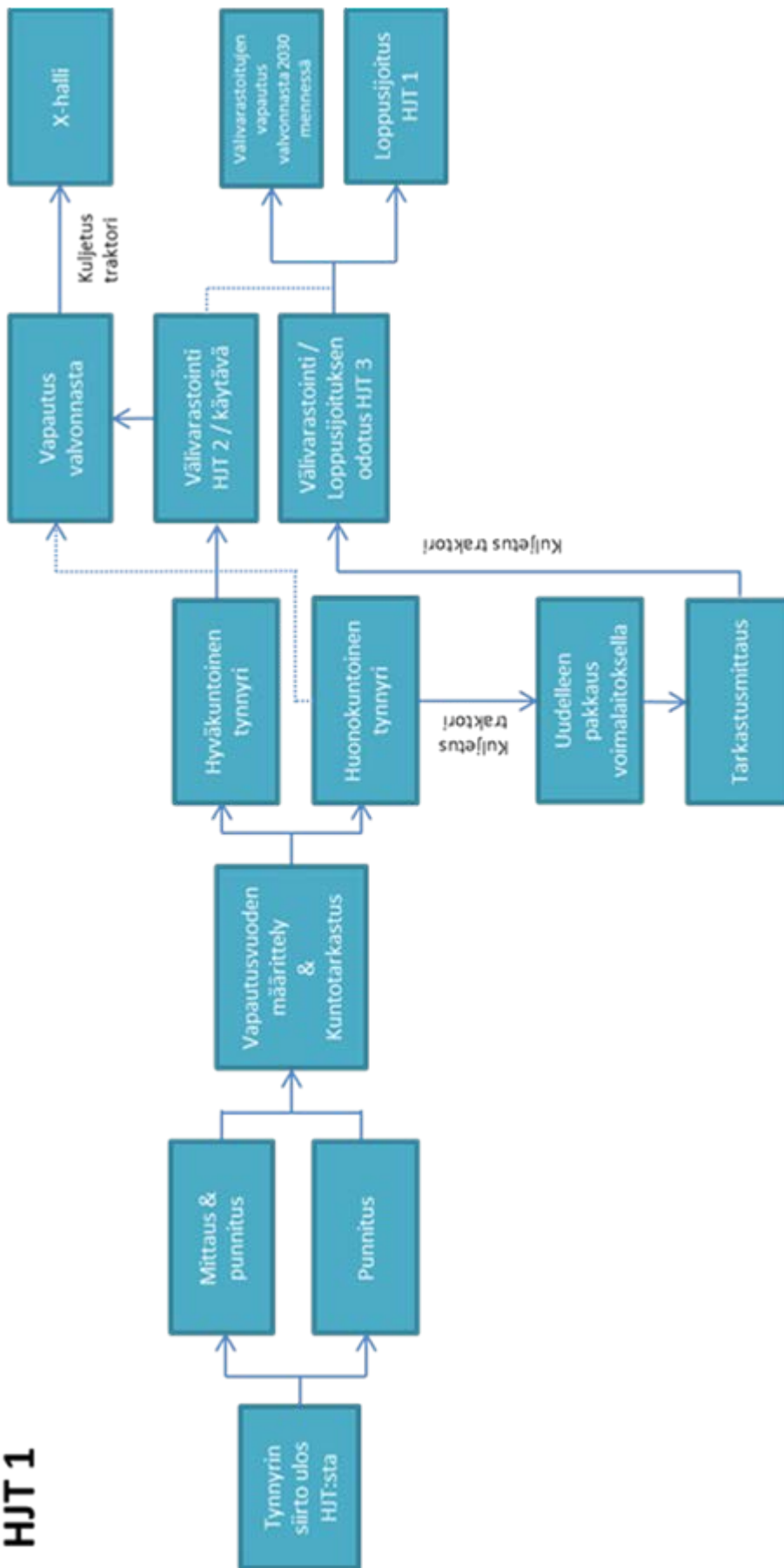
YVL D.4 /2013c. Matala- ja keskiaktiivisten jätteiden käsittely ja ydinlaitoksen käytöstäpoisto, 4.1. Yleiset turvallisuusperiaatteet. Saatavissa:

<http://plus.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/saannosto/YVLD-4> [viitattu 14.4.2015].

YVL D.5 / 2013. Ydinjätteen loppusijoitus. Saatavissa:

<http://plus.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/saannosto/YVLD-5> [viitattu 22.1.2015].

# HJT 1





# HJT 2

