

## Säteilyturvakeskuksen laatima arvio Loviisan määräaikaisesta turvallisuusarvioinnista PSR2023

### Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	5
1.1	Fortumin toimittama turvallisuusarviointiin liittyvä aineisto.....	5
1.2	Turvallisuutta koskeva säännöstö.....	9
1.1.1	Ydinenergialaki ja STUKin yleiset turvallisuusmääräykset.....	9
1.1.2	STUKin Ydinturvallisuusohjeet (YVL-ohjeet).....	10
1.3	Turvallisuusarvion rakenne.....	11
2	Yleinen turvallisuus (STUK Y/1/2018 – 2 luku) .....	12
2.1	Turvallisuusvaatimusten täyttymisen osoittaminen (3 §) .....	12
2.1.1	Häiriö- ja onnettomuusanalyysit.....	13
2.1.2	Todennäköisyysperusteiset riskianalyysit .....	14
2.1.3	Lujuusanalyysit.....	17
2.1.4	Johtopäätös (3 §) .....	18
2.2	Turvallisuusluokitus (4 §).....	19
2.2.1	Johtopäätös (4 §) .....	20
2.3	Ikääntymisen hallinta (5 §) .....	20
2.3.1	Konetekniikka .....	22
2.3.2	Sähkö- ja automaatiotekniikka.....	24
2.3.3	Rakennustekniikka.....	27
2.3.4	Johtopäätös (5 §) .....	29
2.4	Turvallisuuteen liittyvien inhimillisten tekijöiden hallinta (6 §).....	29
2.4.1	Johtopäätös (6 §) .....	32
3	Säteilyaltistuksen ja radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittaminen (7 §) .....	32
3.1	Ydinvoimalaitoksen työntekijöiden säteilyturvallisuus.....	33
3.2	Ympäristön väestölle aiheutuva säteilyaltistus .....	35
3.3	Normaalikäytön raja-arvo (YEA 161/1988, 22 b § 1 mom.).....	36
3.4	Odotettavissa olevan käyttöhäiriön raja-arvo (YEA 161/1988, 22 b § 2 mom.).....	37
3.5	Onnettomuuden raja-arvot (YEA 161/1988, 22 b § 3–6 mom.) .....	37
3.6	Johtopäätös (7 §).....	39
4	Ydinturvallisuus (STUK Y/1/2016 – 3 luku).....	39
4.1	Sijaintipaikan turvallisuus (8 §).....	39
4.1.1	Johtopäätös (8 §) .....	42

4.2	Syvyysuuntaainen turvallisuus (9 §)	42
4.2.1	Johtopäätös (9 §)	44
4.3	Radioaktiivisten aineiden leviämisen tekniset esteet (10 §)	44
4.3.1	Polttoaineen eheyden varmistaminen	45
4.3.2	Primääri- ja sekundääripiirin eheyden varmistaminen	47
4.3.2.1	Reaktoripainesäiliö	49
4.3.2.2	Primääri- ja sekundääripiirin vesikemia	50
4.3.3	Suojarakennuksen eheyden varmistaminen	52
4.3.4	Yhteenvedo deterministisistä turvallisuusanalyseistä	53
4.3.5	Johtopäätös (10 §)	56
4.4	Turvallisuustoiminnot ja niiden varmistaminen (11 §)	56
4.4.1	Johtopäätös (11 §)	59
4.5	Polttoaineen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuus (12 §)	59
4.5.1	Johtopäätös (12 §)	61
4.6	Suojautuminen ulkoisilta turvallisuuteen vaikuttavilta tapahtumilta (14 §)	61
4.6.1	Johtopäätös (14 §)	65
4.7	Suojautuminen sisäisiltä turvallisuuteen vaikuttavilta tapahtumilta (15 §)	65
4.7.1	Rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden toimintakyvyn osoittaminen (kelpoistus)	67
4.7.1.1	Konetekniset laitteet	68
4.7.1.2	Sähkö- ja automaatiojärjestelmät ja -laitteet	68
4.7.2	Johtopäätös (15 §)	70
4.8	Valvonnan ja ohjauksen turvallisuus (16 §)	71
4.8.1	Johtopäätös (16 §)	73
5	Ydinvoimalaitoksen käyttötoiminnan turvallisuus (STUK Y/1/2018 – 5 luku)	73
5.1	Käyttötoiminnan turvallisuus (20 §)	73
5.1.1	Johtopäätös (20 §)	74
5.2	Käyttökokemusten ja turvallisuustutkimuksen huomioon ottaminen turvallisuuden parantamisessa (21 §)	75
5.2.1	Tarkastelujakson käyttökokemukset	75
5.2.2	Käyttökokemustoiminta	77
5.2.3	Turvallisuustutkimus	78
5.2.4	Johtopäätös (21 §)	78
5.3	Turvallisuustekniset käyttöehdot (22 §)	79
5.3.1	Johtopäätös (22 §)	80
5.4	Kunnonvalvonta ja kunnossapito laitoksen turvallisuuden varmistamiseksi (23 §)	80
5.4.1	Kunnossapitotoiminta	81

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

5.4.2	Määräaikaistarkastukset .....	84
5.4.2.1	Painelaitteet ja putkistot .....	84
5.4.2.2	Sähkö- ja automaatiolaitteet.....	85
5.4.3	Johtopäätös (23 §).....	86
5.5	Ydinlaitoksen säteilymittaukset ja radioaktiivisten aineiden päästöjen valvonta sekä väestön ja työntekijöiden säteilyannosten arviointi (24 §).....	86
5.5.1	Johtopäätös (24 §).....	88
6	Organisaatio ja henkilöstö (STUK Y/1/2016 – 6 luku).....	88
6.1	Johtaminen, organisaatio ja henkilöstö: turvallisuuden varmistaminen (25 §).....	88
6.1.1	Turvallisuuskulttuuri ja johtaminen .....	88
6.1.2	Johtamisjärjestelmä .....	91
6.1.3	Henkilöstöresurssit ja osaaminen .....	93
6.1.4	Johtopäätös (25 §).....	95
7	Turvajärjestelyt (STUK Y/3/2020).....	95
7.1	Säännöstö ja sen nojalla asetetut vaatimukset .....	95
7.2	Vastuu ja valvonta.....	96
7.3	Luvanhaltijan turvajärjestelyt ja niiden arviointi.....	96
7.4	Johtopäätös (STUK Y/3/2020).....	97
8	Valmiusjärjestelyt (STUK Y/2/2018) .....	97
8.1	Valmiusjärjestelyjen suunnittelu (3–6 §).....	97
8.2	Toimintavalmius (7–8 §).....	102
8.3	Toiminta valmiustilanteessa (9–12 §).....	103
8.4	Pelastustoimintaan liittyvät toimenpiteet (13 §) .....	105
8.5	Johtopäätös (STUK Y/2/2018).....	106
9	Ydinjätehuolto (STUK Y/1/2018 13 §) .....	106
9.1	Voimalaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus.....	106
9.2	Käytetyn ydinpolttoaineen käsittely, varastointi ja loppusijoitus.....	108
9.3	Laitosyksiköiden käytöstäpoistaminen.....	110
9.4	Johtopäätös (STUK Y/1/2018 13 §) .....	111
10	Ydinmateriaalivalvonta (YEA 118 ja 118 b §) .....	111
11	Muita vaatimuksia.....	112
11.1	Luvanhaltijan taloudelliset edellytykset harjoittaa toimintaa.....	112
11.2	Kansainväliset sopimukset.....	113
11.3	Laitoksen nykyiseen käyttölupaan liitettyjen ehtojen toteutuminen.....	114
12	Yhteenvedo (YEL 20 § Ydinlaitoksen käyttäminen).....	116
12.1	Laitoksen turvallisuuteen liittyvät kehityskohteet.....	117

Ydinvoimalaitosten valvonta

28.4.2022

STUK 3/A42215/2021

12.2	Fortumin toimenpidesuunnitelma laitoksen turvallisuuden kehittämiseksi.....	124
12.3	Johtopäätös turvallisuusarviosta .....	125

## 1 Johdanto

Loviisan ydinvoimalaitoksen voimassa olevan käyttöluvan (6/330/2006, 26.7.2007) lupaehtojen mukaisesti Fortum Power and Heat Oy:n (Fortum) on laadittava Säteilyturvakeskukselle (STUK) vuosien 2015 ja 2023 loppuun mennessä kattavat turvallisuusarviointit, joihin sisältyvät myös väliarviot voimalaitoksen turva- ja valmiussuunnitelmasta.

STUK hyväksyi Fortumin vuoteen 2015 mennessä laatiman määräaikaisen turvallisuusarvioinnin PSR 2015 (Periodic Safety Review) ja liitti päätökseen oman turvallisuusarvionsa (5/A42213/2015, 6.2.2017). STUK totesi päätöksessään, että ydinvoimalaitosyksiköiden turvallisuuden tila on riittävän hyvä ja että luvanhaltijalla on olemassa tarvittavat edellytykset, menettelyt, osaaminen ja resurssit turvallisen käytön jatkamiseksi.

Fortum esitti määräaikaisen turvallisuusarviointinsa perusteella STUKille toimenpidesuunnitelman laitosyksiköiden turvallisuuden edelleen kehittämiseksi. STUK on seurannut edellisen määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä tunnistettujen kehityskohteiden toteutumista jatkuvan valvonnan ja tarkastustoimintansa avulla. Fortum on toteuttanut pääosan esitetyistä kehityskohteista esittämiensä suunnitelmien mukaisesti. Joidenkin kehityskohteiden toteutustapa tai aikataulu ovat muuttuneet vuosien 2014-2016 aikaisista suunnitelmista.

Tässä turvallisuusarviossa on pääasiassa keskitytty arvioimaan edellisen määräaikaisen turvallisuusarvioinnin PSR2015 jälkeistä arviointijaksoa sekä Fortumin esittämiä toimenpiteitä nykyisen käyttöluvan loppuun saakka. Samalla on pyritty tunnistamaan niitä asioita, jotka pitäisi huomioida pidemmällä aikavälillä (esimerkiksi laitoksen ikääntymisen hallinnassa) – mikäli luvanhaltija päättäisi hakea nykyisen käyttöluvan jatkoa. Turvallisuusarviossa esitetään perusteet STUKin päätökselle. Turvallisuusarvio on yhteenveto STUKin tekemistä määräaikaiseen turvallisuusarviointiin liittyvien asioiden ja asiakirjojen tarkastuksista, luvanhakijan esittämän turvallisuusarvioinnin tarkastuksesta sekä jatkuvan valvonnan tuloksista.

### 1.1 Fortumin toimittama turvallisuusarviointiin liittyvä aineisto

Käyttöluvan uusinnan tai laitoksen määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä luvanhaltijan on toimitettava STUKille ohjeen YVL A.1 liitteen A kohdassa 5.4 ”Käyttöluvan uusiminen tai määräaikainen turvallisuusarviointi” luetellut turvallisuutta koskevat selvitykset:

- A37. Ydinenergia-asetuksen 36 §:n tarkoittamat asiakirjat
- A38. Selvitys Säteilyturvakeskuksen määräysten ja YVL-ohjeiden vaatimusten täyttymisestä
- A39. Selvitys laitoksen sijaintipaikan suunnitteluperusteiden uudelleen arvioinnista
- A40. Yhteenveto edellisestä määräaikaisesta turvallisuusarvioinnista – sen yhteydessä laaditusta toimenpidesuunnitelmasta ja toimenpiteiden toteutus-tilanteesta.
- A41. Selvitys laitoksen ikääntymisestä ja sen hallinnasta
- A42. Selvitys laitteiden kelpoistuksesta

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

- A43. Yhteenveto uusituista turvallisuusanalyysistä – kattaen laitosta koskevat häiriö- ja onnettomuusanalyysit, lujuusanalyysit, vika- ja vaikutusanalyysit, todennäköisyysperusteiset riskianalyysit sekä muut olennaiset analyysit.
- A44. Yhteenveto laitoksen turvallisuusindikaattoreista
- A45. Selvitys luvanhaltijan turvallisuuskulttuurista ja johtamisesta
- A46. Yhteenveto laitoksen ohjeista
- A47. Yhteenveto laitoksen säteilysuojelujärjestelyistä
- A48. Yhteenveto laitoksen jätehuollon menettelyistä ja laitoksen käytöstä poistamisesta
- A49. Yhteenveto laitoksen käyttökokemus- ja tutkimustoiminnasta sekä tehdyistä laitosparannuksista
- A50. Yhteenveto YEL 20 §:n vaatimusten toteutumisesta ja käyttöluoepahtojen toteutumisesta
- A51. Yhteenveto määräaikaisesta turvallisuusarviosta ja toimenpidesuunnitelma laitoksen turvallisuuden kehittämiseksi

Kansainvälisen atomienergiajärjestön ohjeessa IAEA Safety Standards Series, Specific Safety Guide No SG-25, Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants, annetaan ohjeistusta määräaikaisen turvallisuusarvioinnin tekemisestä. Fortum on huomionnut tämän IAEA:n ohjeistuksen soveltuvien osin työssään ja STUKille toimitetuissa asiakirjoissa.

Määräaikaisen turvallisuusarvioinnin perustana ovat pääosin ydinenergia-asetuksen (YEA, 161/1988) 36 §:n tarkoittamat asiakirjat:

- 1) lopullinen turvallisuusseloste;
- 2) todennäköisyysperusteinen riskianalyysi;
- 3) luokitusasiakirja, jossa esitetään ydinlaitoksen turvallisuuden kannalta tärkeiden rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden luokittelu niiden turvallisuusmerkityksen perusteella;
- 4) ydinlaitoksen käytön laadunhallintaohjelma;
- 5) turvallisuustekniset käyttöehdot, joissa määritellään ainakin ydinlaitoksen turvallisuuteen vaikuttavia prosessisuureita koskevat rajat eri käyttötiloissa, annetaan määräyksiä laitteiden vikaantumisen aiheuttamista käyttörajoituksista sekä esitetään vaatimukset turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden koestuksille;
- 6) määräaikaistarkastusten yhteenveto-ohjelma;
- 7) suunnitelmat turva- ja valmiusjärjestelyiksi;
- 8) selvitys ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellisen valvonnan järjestämisestä;
- 9) ydinlaitoksen johtosääntö;
- 10) selvitys ympäristön säteilyn perustilasta ja ydinlaitoksen ympäristön säteilyvalvontaa koskeva ohjelma;
- 11) selvitys turvallisuusvaatimusten täyttymisestä
- 12) ikääntymisen hallintaohjelma; sekä
- 13) ydinlaitoksen käytöstä poistamista koskeva suunnitelma

Asiakirjat ovat jatkuvasti ajan tasalla pidettäviä ja niiden päivitykset on toimitettava säännöllisesti STUKille. Käyttöluvan uusimisen tai määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä asiakirjat voidaan toimittaa STUKille vain siltä osin kuin ne ovat muuttuneet edellisten päivitysten jälkeen. Lisäksi luvanhaltijan on esitettävä yhteenveto asiakirjojen tärkeimmistä muutoksista edellisen käyttöluvan myöntämisen tai määräaikaisen turvallisuusarvioinnin jälkeen sekä selvitys asiakirjojen ajantasaisuudesta. YEA 36 §:n mukaisesti asiakirjoihin otetaan kantaa lausunnon liitteessä 2.

Fortum Power and Heat Oy (Fortum) toimitti Säteilyturvakeskukselle (STUK) ydinvoimalaitosyksiköiden Loviisa 1 ja Loviisa 2 määräaikaiseen turvallisuusarviointiin liittyvän aineiston useammassa erässä:

1. Kirjeen LO1-A4-22192, 25.5.2020 liitteenä tiedoksi valtaosan ohjeen YVL A.1 kohtien A37-A40 ja A42-A49 mukaisista selvityksistä (STUKin asianumero 2/A42215/2020).
2. Kirjeen LO1-A4-22233, 30.6.2020 liitteenä (STUKin asianumero 3/A42215/2020)
  - tiedoksi ohjeen YVL A.1 kohdan A50 selvitykset sekä loput yksittäiset asiakirjapaketin 1 alueisiin liittyvät selvitykset ja
  - hyväksyttäväksi ohjeen YVL A.1 kohdan A51 selvitys koskien määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteenvetoa ja toimenpidesuunnitelmaa laitoksen turvallisuuden kehittämiseksi.
3. Kirjeen LO1-T911-00060, 22.6.2020 liitteenä turvajärjestelyihin liittyvät selvitykset (6/A42217/2020).
4. Kirjeen LO1-A4-22499, 22.12.2020 liitteenä tiedoksi ohjeen YVL A.1 kohdan A40 mukaiset ikääntymisen hallintaan liittyvät selvitykset (7/A42215/2020).
5. Kirjeen LO1-A4-22506, 22.12.2020 liitteenä osittain hyväksyttäväksi ja osittain tiedoksi ison joukon ohjeen YVL A.1 kohdan A40 selvitysten viiteaineistona olevia ikääntymisen ja kuormituksien analyysejä (8/A42215/2020)
6. kirjeellä LO1-A4-23047, 20.12.2021 (17/A42215/2021)
  - Päivitetty kohdan A51 mukainen yhteenveto määräaikaisesta turvallisuusarvioinnista ja toimenpidesuunnitelma laitoksen turvallisuuden kehittämiseksi

STUK edellytti osasta aineistoa lisäselvityksiä kolmella selvityspyynnöllä (asianumerot 2/A42215/2020, 3/A42215/2020; 6/A42217/2020 ja 7/A42215/2020). Fortum toimitti lisäselvitykset seuraavasti:

7. kirjeellä LO1-A4-22785, 31.5.2021, vastine selvityspyyntöön 2/A42215/2020, 3/A42215/2020 (STUKin asianumero 8/A42215/2021)
  - päivitetty ohjeen YVL A.1 kohdan A37 selvitys ydinaseiden leviämisen estämiseksi tehtävistä järjestelyistä
  - päivitetty ohjeen YVL A.1 kohdan A46 selvitys vakavien onnettomuuksien hallinnan SAM-ohjeista.
8. kirjeellä LO1-A4-22819, 14.6.2021, vastine selvityspyyntöön 2/A42215/2020, 3/A42215/2020 (9/A42215/2021)
  - selvitys höyrystimien vesi-inventaarin vikasietoisuuden parantamismahdollisuuksista
  - päivitetty ohjeen YVL A.1 kohdan A45 selvitys inhimillisten tekijöiden vaikutuksesta laitoksen turvallisuuteen
  - päivitetty ohjeen YVL A.1 kohdan A45 selvitys luvanhaltijan turvallisuuskulttuurista

9. kirjeellä L01-T911-00068, 11.6.2021, vastine selvityspyyntöön 6/A42217/2020 (8/A42217/2021)
  - selvitys, jossa on käsitelty turvajärjestelyihin liittyvän määräyksen STUK Y/3/2020 täyttymisen arviointi sekä ohjeiden YVL A.11 ja YVL A.12 edellisten täytäntöönpanopäätösten toimenpiteiden tilanne.
10. kirjeellä L01-A4-22962, 23.9.2021, asianumerolla 7/A42215/2020 käsiteltyihin asiakirjoihin liittyvä (10/A42215/2021)
  - Erillinen selvitys ympäristöolosuhdekelpoistuksen tarpeen määrittämisestä TF74S0001-12 venttiileille
11. kirjeellä L01-A4-22984, 14.10.2021, asianumerolla 7/A42215/2020 käsiteltyihin asiakirjoihin liittyvä (12/A42215/2021)
  - Ensiselvitys syöttövesitason tiettyjen (järjestelmien RL-, RR- ja RA-) venttiilien ympäristöolosuhdekelpoistuksen tilanteesta.
12. kirjeellä L01-A4-23021, 29.11.2021, asianumerolla 7/A42215/2020 käsiteltyihin asiakirjoihin liittyvä (13/A42215/2021)
  - selvitys rakennusten ikääntymisen hallintaa koskevista korjaus- ja muutostöistä
13. kirjeellä L01-A4-23031, 30.11.2021, asianumerolla 7/A42215/2020 käsiteltyihin asiakirjoihin liittyvä (14/A42215/2021)
  - polttoainealaiden ikääntymisen hallintaa koskeva selvitys
14. kirjeellä L01-A4-23032, 30.11.2021, asianumerolla 7/A42215/2020 käsiteltyihin asiakirjoihin liittyvä (15/A42215/2021)
  - Paineistimen (YP) alayhteen korroosiosuojaholkin materiaaliselvitys, jossa tarkasteltu myös mahdollisen vuodon aiheuttamia seurauksia
15. kirjeellä L01-A4-23086, 30.12.2021, asianumerolla 7/A42215/2020 käsiteltyihin asiakirjoihin liittyvä (19/A42215/2021)
  - Päivitetty ikääntymisenhallintaohjelman liite, joka sisältää ohjeen YVL A.8. vaatimuksen 903 mukaiset ikääntymisen hallinnan piiriin kuuluvat turvallisuusluokiteltujen järjestelmien laitososatiedot.
16. kirjeellä L01-A4-23136, 9.2.2022 asianumerolla 7/A42215/2020 käsiteltyihin asiakirjoihin liittyvä (1/A42215/2022)
  - Selvitys syöttövesisäiliötason RL-, RR- ja RA- venttiilien ympäristöolosuhdekelpoistuksen tilasta, onnettomuusolosuhdekelpoistusvaatimuksista ja mahdollisesti tarvittavat jatkotoimenpiteet näiden käyttöpaikkojen toimilaitteiden kelpoistamiseksi onnettomuusolosuhteisiin.

STUK on käsitellyt Fortumin toimittamat vastineet selvityspyynnön 7/A42215/2020 (22.6.2021) vaatimukseen 2–4 ja 7–8. Loppuja STUKin edellyttämistä, selvityspyynnön 7/A42215/2020 mukaisista ikääntymisen hallintaan liittyvistä selvityksistä ei ole vaadittu toimitettavaksi PSR:n yhteydessä vaan myöhemmin. Asiakirjat tarkastetaan osana STUKin jatkuvaa valvontaa. Selvityksiä koskevat vaatimukset on esitetty alla. Erityisesti reaktorin sydänalueen haurastumista koskevat deterministiset analyysit sekä väsymisen kannalta kriittiset kohteet ja niiden väsymisanalyysien suunnittelu liittyvät pidemmän aikavälin tarkasteluun eli varmistavat, että STUKilla on kattava tieto jo varhaisessa vaiheessa arvioitaessa laitoksen turvallisen käytön edellytyksiä nykyistä käyttöilupaa pidemmälle ajalle. Reaktorin tukikorin osalta STUK haluaa kattavamman tiedon asiasta, ja se voidaan STUKin näkemyksen mukaan tarkastaa osana jatkuvaa ikääntymisen hallintaa.

1. Reaktorin tukikorin lähinnä sydäntä olevien osien muodonmuutoskyky on erittäin alhainen käyttö- ja huoneenlämpötilassa. Tukikorin osien



käyttökuntoisuus on selvitettävä suunnitteluperusteisissa käyttötilanteissa mukaan lukien oletetut onnettomuudet ja oletettujen onnettomuuksien laajennukset. Samassa yhteydessä on arvioita tukikorin osien korjaus- ja vaihtotarpeet. Selvitys on toimitettava STUKille tiedoksi 31.1.2022 mennessä.

- STUK on myöntänyt Fortumille aineiston toimittamiselle lisäaikaa 14.3.2022 asti (päätös STUK 20/A42215/2021). Fortum on toimitanut vaatimuksen 1 mukaisen selvityksen määräpäivään mennessä (kirjeen LO1 -A4-23194 liitteenä, STUK 3/A42215/2022). Selvityksen käsittely on vielä kesken. STUK tarkastaa vastineen ja tekee siitä tarvittavat päätökset.
- 5. Loviisa 1 ja Loviisa 2 reaktoripainesäiliöiden päivitetty deterministiset turvallisuusanalyysien tulokset on toimitettava STUKille tiedoksi viimeistään 31.12.2022.
- 6. Viiteaineiston LO1-K822-00103 luvussa 6 esitetään kriteerit, joilla käsitellään laskentakohteita, joiden väsymisanalyysin tulos on lähellä standardin hyväksymiskriteeriä  $CUF \approx 1$ . Raportissa (luku 6.3) ei esitetä konkreettisia toimenpiteitä, miten uudet raportissa kuvatut systemaattiset menettelyt otetaan käyttöön. Luettelo kohteista ja suunnitelma uusien systemaattisten väsymisanalyysien käytöstä on toimitettava STUKille hyväksyttäväksi viimeistään 31.12.2021.
- STUK on myöntänyt Fortumille aineiston toimittamiselle lisäaikaa 14.3.2022 asti (päätös STUK 20/A42215/2021). Fortum on toimitanut vaatimuksen 6 mukaisen selvityksen määräpäivään mennessä (kirjeen LO1 -A4-23195 liitteenä, STUK 4/A42215/2022). Selvityksen käsittely on vielä kesken. STUK tarkastaa vastineen ja tekee siitä tarvittavat päätökset.

STUK on lisäksi pyytänyt YEA 37 §:n mukaisesti sisäministeriöltä (SM) lausunnon Loviisan ydinvoimalaitoksen turvajärjestelyjen riittävytydestä. Vastaavaa lausuntopyyntöä valmiusjärjestelyistä ei nähty tarpeelliseksi, koska valmiussuunnitelmassa ei ole viime vuosina tapahtunut merkittäviä muutoksia. Lausunto on otettu huomioon liitteen 1 turvallisuusarvion luvussa 7 sekä liitteen 2 YEA 36 §:n mukaisten asiakirjojen arvioissa kohdassa 8.

## 1.2 Turvallisuutta koskeva säännöstö

### 1.1.1 Ydinenergialaki ja STUKin yleiset turvallisuusmääräykset

Turvallisuudesta on säädetty ydinenergialaissa (YEL, 1987/990):

- 5 § *Ydinenergian käytön tulee olla, sen eri vaikutukset huomioon ottaen, yhteiskunnan kokonaisedun mukaista,*
- 6 § *Ydinenergian käytön on oltava turvallista eikä siitä saa aiheutua vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle,*
- 6a § *Ydinjätteet, jotka ovat syntyneet Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen [...], ja*

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

7§ *Ydinenergian käytön edellytyksenä on, että turvajärjestelyt ja valmiusjärjestelyt sekä muut järjestelyt ydinvahinkojen rajoittamiseksi ja ydinenergian käytön turvaamiseksi lainvastaiselta toiminnalta ovat riittävät.*

Tämä turvallisuusarvio kattaa kaikki STUKin toimialaan kuuluvat seikat, joita Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden käyttöön liittyy. Turvallisuusarviossa käsiteltävät asiat ja niiden arviointikriteerit on esitetty ydinenergia- ja säteilyturvallisuuslainsäädännössä ja niiden nojalla annetuissa määräyksissä.

Uusi säteilylaki (859/2018) tuli voimaan 15.12.2018 ja samalla tehtiin muutoksia ydinenergialakiin (990/1987). Näiden lakien säännöksiä tarkennetaan Säteilyturvakeskuksen määräyksillä. Alla on esitetty Loviisan ydinvoimalaitokseen sovellettavat määräykset.

Ydinenergiain nojalla annetut Säteilyturvakeskuksen määräykset:

- ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta (STUK Y/1/2018),
- ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyistä (STUK Y/2/2018),
- ydinenergian käytön turvajärjestelyistä (STUK Y/3/2020),
- ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta (STUK Y/4/2018)

Säteilylain ja ydinenergiain nojalla annettu STUKin määräys:

- vapaarajoista ja vapauttamisrajoista (SY/1/2018)

Säteilylain nojalla annetut STUKin määräykset siltä osin kuin ne koskevat ydinenergiain mukaista käyttöä:

- STUKin määräys työperäisen altistuksen selvittämisestä, arvioinnista ja seurannasta (S/1/2018)
- STUKin määräys säteilymittauksista (S/6/2018)

Fortum on toimittanut turvallisuusarvioinnin vasten voimassa olevaa säännöstöä sekä ottanut huomioon vuonna 2019 ja 2020 julkaistut ja sen jälkeen Loviisan voimalaitokselle täytäntöönpannut YVL-ohjeet.

### **1.1.2 STUKin Ydinturvallisuusohjeet (YVL-ohjeet)**

Ydinenergiain (990/1987) 7 r §:n mukaan Säteilyturvakeskuksen tehtävänä on asettaa ydinenergiain mukaisen turvallisuustason toteuttamista koskevat yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset (YVL-ohjeet). YEL 7 r §:n mukaisesti *Säteilyturvakeskuksen turvallisuusvaatimukset velvoittavat luvanhaltijaa, kuitenkin niin, että luvanhaltijalla on oikeus esittää muunkinlainen kuin vaatimuksissa edellytetty menettelytapa tai ratkaisu. Jos luvanhaltija vakuuttavasti osoittaa, että esitetty menettelytapa tai ratkaisu toteuttaa tämän lain mukaisen turvallisuustason, Säteilyturvakeskus voi sen hyväksyä.*

YVL-ohjeissa esitettyjen, uusien turvallisuusvaatimusten soveltamisessa Säteilyturvakeskus ottaa huomioon ydinenergiain (990/1987) 7 a §:ssä säädetyt periaatteet: *Ydinenergian käytön turvallisuus on pidettävä niin korkealla tasolla kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Turvallisuuden edelleen kehittämiseksi on toteutettava toimenpiteet, joita käyttökokemukset ja turvallisuustutkimukset sekä tieteen ja tekniikan kehittyminen huomioon ottaen voidaan pitää perusteltuina.*

STUK arvioi jatkuvasti ydinturvallisuussäännöstön ajantasaisuutta ja sen yhdenmukaisuutta verrattuna kansainväliseen säännöstökehitykseen, erityisesti Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n ja Länsi-Euroopan ydinturvallisuusviranomaisten muodostaman yhteistyöjärjestön WENRAn puitteissa. STUK ottaa huomioon ohjeita päivitettäessä ydin- ja säteilyturvallisuuden alan tekniikan ja tutkimuksen kehityksen sekä ulkomaiset että kotimaiset käyttökokemukset.

YVL-ohjeiden laadinnan tavoitteena on turvallisuuden jatkuva parantaminen. Säännöstöä kehitetään vastaamaan tasoa, joka pidetään mahdollisena saavuttaa ainakin uusilla ydinvoimalaitoksilla. Tämän takia uusia YVL-ohjeita ei kaikilta osin ole mahdollista tai edes tarkoituksenmukaista pitää velvoittavina laitoksille, jotka on rakennettu paljon ennen ohjeiden julkaisua.

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden rakenteita, järjestelmiä ja laitteita koskevat suunnitteluperusteet asetettiin pääosin 1970-luvulla. Vaikka laitosyksiköiden turvallisuutta on parannettu lukuisin muutostoin, on vanhoja laitosyksiköitä mahdotonta saattaa vastaamaan kaikkia uusille ydinvoimalaitoksille asetettuja vaatimuksia.

Soveltamisalan tarkentamiseksi jokaisesta uudesta tai uusitusta YVL-ohjeesta valmistellaan käytössä tai rakenteilla olevia ydinlaitoksia koskeva päätös, jossa ohjeen soveltamisala määritellään käyvien ja rakenteilla olevien ydinlaitosten osalta. Täytäntöönpanopäätöksessä esitetään yksityiskohtaisesti ne toimenpiteet, joihin esimerkiksi luvanhaltijan on ryhdyttävä ohjeen vaatimusten täyttämiseksi. Ohje ei muuta ennen ohjeen voimaantuloa tehtyjä STUKin päätöksiä, ellei STUK ilmoita siitä erikseen. Toisaalta STUK edellyttää, että tarve ja mahdollisuudet turvallisuuden parantamiseen arvioidaan uusien YVL-ohjeiden pohjalta. Arvion perusteella voidaan edellyttää turvallisuutta lisääviä toimia silloin, kun ne katsotaan perustelluiksi.

Laajempi YVL-ohjeiden uudistus tehtiin vuonna 2013, minkä jälkeen ohjeista tehtiin käyvien laitosten osalta loppuvuonna 2015 täytäntöönpanopäätökset, mikä huomioitiin Loviisan ydinvoimalaitoksen vuoden 2015 määräaikaisessa turvallisuusarviossa. Tämän jälkeen ohjeisiin on tehty pienempiä päivityksiä, jotka on julkaistu pääosin vuosina 2019–2020. Näiden YVL-ohjeiden täytäntöönpanopäätöksiä on laadittu rinnakkain tämän määräaikaisen turvallisuusarvion kanssa.

Täytäntöönpanon tuloksena määritellään luvanhaltijan toimittamiin selvityksiin perustuen ne poikkeukset ja tarvittavat luvanhaltijan kehitystoimenpiteet, joilla uudet YVL-ohjeet otetaan vaatimuspohjana käyttöön. Toimenpiteet on otettu huomioon tässä turvallisuusarviossa, ja ne muodostavat määräaikaisen turvallisuusarvion toimenpiteiden kanssa kokonaisuuden, jolla Loviisan ydinvoimalaitoksen turvallisuus varmistetaan nykyisen käyttöluvan loppuun saakka.

### 1.3 Turvallisuusarvion rakenne

Ydinturvallisuuteen liittyvät seikat käsitellään tässä turvallisuusarviossa samassa järjestyksessä kuin ne on esitetty Säteilyturvakeskuksen määräyksessä STUK Y/1/2018. Ydinjätehuoltoa käsittelevät asiat on kerätty omaan lukuunsa. Lisäksi käydään läpi määräykseen STUK Y/3/2020 (turvajärjestelyt) ja STUK Y/2/2018 (valmiusjärjestelyt) liittyvät

seikat, ydinmateriaalien käsittely sekä laitoksen nykyiseen käyttölupaan liitettyjen ehtojen toteutuminen. Turvallisuusarviossa on myös käsitelty sellaiset YEL 20 §:n edellyttämät seikat, joita ei erikseen ole viety nykyisiin Säteilyturvakeskuksen määräyksiin, mutta joiden arvioiminen kuuluu STUKin toimialaan. STUKin määräystä ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta (STUK Y/4/2018) ei ole tässä yhteydessä käsitelty, koska se ei liity voimalaitosyksiköiden määräaikaisen turvallisuusarvion laajuuteen. Tätä määräystä on käsitelty samaan aikaan tehtävässä Loviisan matala- ja keskiaktiivisen ydinvoimalaitosjätteen varaston (VLJ-luolan) määräaikaisessa turvallisuusarviossa (STUK 5/A42215/2021).

Kunkin kappaleen alussa esitetään Säteilyturvakeskuksen määräyksen teksti kursiivilla. Suorat lainaukset muusta säännöstöstä on myös kursivoitu. Säteilyturvakeskuksen määräysten vaatimusten käytännön tulkinnat ja olennaiset YVL-ohjeistossa esitetyt täsmennykset kuvataan lyhyesti, jos tarpeen. Kussakin kohdassa arvioidaan, miten siihen liittyvät vaatimukset on toteutettu Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköillä. Erityisesti arvioidaan, pitääkö paikkansa, että "...ydinlaitos täyttää asetetut turvallisuusvaatimukset ja että turvajärjestelyt sekä valmiusjärjestelyt ovat riittävät, että ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellinen valvonta on asianmukaisesti järjestetty ja että ydinlaitoksen haltijan vahingonkorvausvastuu ydinvahingon varalle on järjestetty siitä säädetyllä tavalla" (YEL 20 § 2 mom. kohta 1).

Turvallisuusarvion lopussa esitetään yhteenveto tarkastuksen tuloksista.

## **2 Yleinen turvallisuus (STUK Y/1/2018 – 2 luku)**

### **2.1 Turvallisuusvaatimusten täyttymisen osoittaminen (3 §)**

- 1. Ydinlaitoksen turvallisuutta on arvioitava rakentamislupaa ja käyttöluvaa haettaessa, laitosmuutosten yhteydessä sekä määräaikaisten turvallisuusarviointien yhteydessä laitoksen käytön aikana. Turvallisuusarvion yhteydessä on osoitettava, että ydinlaitos on suunniteltu ja toteutettu siten, että turvallisuusvaatimukset täyttyvät. Turvallisuusarvion on katettava laitoksen käyttötilat ja onnettomuudet. Ydinlaitoksen turvallisuutta on arvioitava myös tapahtuneen onnettomuuden jälkeen ja, mikäli tarpeellista, turvallisuustutkimusten tulosten perusteella.*
- 2. Ydinlaitoksen turvallisuutta ja sen turvallisuusjärjestelmien teknisiä ratkaisuja on arvioitava ja perusteltava analyttisesti ja tarvittaessa kokeellisesti.*
- 3. Analyysejä on ylläpidettävä ja tarvittaessa täsmennettävä ottaen huomioon oman laitoksen ja muiden ydinlaitosten käyttökokemukset, turvallisuustutkimuksen tulokset, laitosmuutokset ja laskentamenetelmissä tapahtuva kehitys.*
- 4. Turvallisuusvaatimusten täyttymisen osoittamiseen käytettävien analyttisten menetelmien on oltava luotettavia sekä todennettuja ja kelpuutettuja käyttötarkoitukseensa. Analyysien avulla on osoitettava, että turvallisuusvaatimukset täyttyvät suurella varmuudella. Tulosten epävarmuus on otettava huomioon arvioitaessa turvallisuusvaatimusten täyttymistä.*
- 5. Ydinlaitoksen käytöstäpoiston turvallisuutta on arvioitava käytöstäpoistosuunnitelmien päivitysten yhteydessä, käytöstäpoistolupaa haettaessa ja määräaikaisten*

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

*turvallisuusarviointien yhteydessä käytöstäpoiston aikana. Turvallisuusarviossa on osoitettava, että ydinlaitoksen käytöstäpoisto ja käytöstäpoistojätteen loppusijoitus on suunniteltu ja on toteutettavissa turvallisuusvaatimusten mukaisesti. Turvallisuusarvion on katettava laitoksen lopullisen käytöstäpoistosuunnitelman mukainen toiminta, mukaan lukien häiriö- ja onnettomuustilanteet.*

### 2.1.1 Häiriö- ja onnettomuusanalyysit

Häiriö- ja onnettomuusanalyysijä koskevat määräyksen STUK Y/1/2018 3 §:ää tarkentavat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL B.3.

Häiriö- ja onnettomuusanalyysien avulla on tarkoitus osoittaa laitoksen kyky selviytyä turvallisesti erilaisista häiriö- ja onnettomuustilanteista. Ohjeen YVL B.3 mukaisesti analyysien tulee kohdistua tapahtumiin, jotka kattavat luonteeltaan ja vakavuudeltaan erityyppiset häiriö- ja onnettomuustilanteet. Häiriöiden ja onnettomuuksien kulku tulee arvioida alkaen tilanteen käynnistävistä alkutapahtumista ja päätyen turvalliseen tilaan.

Lopullisessa turvallisuusselosteessa olevissa analyyseissä on käsitelty odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä ja turvallisuusjärjestelmien suunnitteluperusteena käytettäviä oletettuja onnettomuustilanteita sekä vakavia reaktorionnettomuuksia ja oletettujen onnettomuuksien laajennuksia.

Fortum on varmistanut lopullisen turvallisuusselosteen luvussa 14 olevien häiriö- ja onnettomuustilanteiden analyysien ajantasaisuuden. Edellisen määräaikaisen turvallisuusarvioinnin (2013–2014) jälkeen laitoksella toteutettiin automaatiouudistus ja muita laitosmuutoksia, joiden myötä deterministisiä häiriö- ja onnettomuusanalyysijä on päivitetty. Sekä käynti- että seisokkitiloista alkavat vakavien reaktorionnettomuuksien analyysit on uusittu edellisen määräaikaisen turvallisuusarvioinnin jälkeen vastaamaan vuonna 2019 julkaistun ohjeen YVL B.3 vaatimuksia.

Laitoksen normaalin käytön, häiriöiden, oletettujen onnettomuuksien ja oletettujen onnettomuuksien laajennuksien analysointiin on käytetty ensi sijassa Suomessa kehitettyjä laskentatyökaluja. Menetelmien kelpuuttaminen on tehty pääasiassa suorittamalla vertailulaskuja sekä eri menetelmillä laskettuja että koelaitteistoilla mitattuja tuloksia vasten, ja sen laajuus vastaa kansainvälisesti katsoen hyväksi todettua tasoa. Laskentamenetelmien tarkkuuteen liittyvän epävarmuuden vuoksi on oleellista, että analyysien hyväksymiskriteerien täyttymistä arvioitaessa sovelletaan riittäviä turvallisuusmarginaaleja.

Lopullisessa turvallisuusselosteessa kuvatuissa analyyseissa sekä niihin liittyvissä aihekohtaisissa raporteissa on annettu ja perusteltu käytetyt, analyysien lopputuloksiin vaikuttavat alkuarvot ja oletukset sekä tehdyt herkkyystarkastelut. Herkkyystarkastelut ovat tarpeen laskentamenetelmiin ja laskentaoletuksiin liittyvien epävarmuuksien arvioimiseksi ja vähentämiseksi.

Turvallisuusjärjestelmien toimintakykyä arvioivia onnettomuusanalyysijä käsitellään reaktorisydämen ja polttoaineen osalta lisäksi luvussa 4.3 ja säteilyturvallisuuden osalta luvuissa 3.3 ja 3.4.

Ohjeen YVL B.3 täytäntöönpanopäätöksessä (26/0002/2020, 5.7.2021) on hyväksytty Fortumin toimenpide-esitykset tiettyjen analyysitapausten uudelleen arvioimiseksi

nykyisten vaatimusten mukaisilla tavoilla. Päivitettävät analyysit liittyvät odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä käytettäviin vikaletuksiin ja ulkoisen sähköverkon menetyksen oletuksiin oletetuissa onnettomuuksissa ja DEC A -tapauksissa. Fortum on toimittanut suunnitelman uusittavien FSAR-analyysien laajuudesta ja aikataulusta STUKille kesäkuussa 2021. Analyysit uusitaan vuosien 2022 ja 2023 aikana, tai tietyissä rajatuissa tapauksissa seuraavan kerran, kun analyysiä päivitetäisi muutoinkin.

## 2.1.2 Todennäköisyysperusteiset riskianalyysit

Todennäköisyysperusteisilla riskianalyyseillä (PRA, Probabilistic Risk Assessment) tarkoitetaan tässä yhteydessä Ydinenergia-asetuksen 161/1988 1 §:ssä ja määräyksen STUK Y/1/2018 2 §:ssä määriteltyjä kvantitatiivisia arvioita ydinvoimalaitoksen turvallisuuden vaikuttavista uhkista, tapahtumaketjujen todennäköisyyksistä ja haittavaikutuksista, joilla tarkoitetaan radioaktiivisten aineiden päästöjen määrää sekä niistä aiheutuvia säteilyannoksia.

PRA:han liittyvät yksityiskohtaiset vaatimukset esitetään ohjeessa YVL A.7.

Ydinvoimalaitoksen PRA ja sitä täydentävät kvalitatiiviset ja kvantitatiiviset erillistarkastelut muodostavat ydinturvallisuuden liittyvien riskien hallinnan perustan. Ydinvoimalaitoksen turvallisuuden liittyvässä riskien hallinnassa PRA:ta käytetään päätöksenteon tukena. Ydinvoimalaitoksen riskien hallinta kattaa suunnittelu-, rakentamis-, käyttöön-otto-, käyttö- ja käytöstäpoistovaiheet.

PRA:lla arvioidaan järjestelmällisesti häiriöiden syntymistä ja niiden edellyttämien turvallisuustoimintojen toteutumista ottaen huomioon kunkin järjestelmän vika- ja virhemahdollisuudet ja niiden todennäköisyydet. Häiriöt ja onnettomuudet voivat saada alkunsa mm. laitevioista, tulipaloista, sisäisistä ja ulkoisista tulvista, rankoista sääoloista, maanjäristyksistä tai inhimillisistä virheistä. PRA:n avulla voidaan tunnistaa järjestelmien välisiä riippuvuussuhteita, jotka muuten voisivat jäädä huomaamatta. PRA:n tasolla 1 määritetään ydinpolttoaineen vaurioitumiseen johtavat onnettomuusketjut ja arvioidaan niiden todennäköisyydet (ns. sydänvauriotaajuus). PRA:n tasolla 2 arvioidaan onnettomuuden jälkeen radioaktiivisten aineiden päästön määrää, todennäköisyyttä (ns. suuren päästön taajuus) ja ajoittumista. Kvantitatiiviset kriteerit tason 1 ja 2 PRA:n tuloksille eli ns. sydänvauriotaajuudelle ja suuren päästön taajuudelle on asetettu ohjeessa YVL A.7. Suurella päästöllä tarkoitetaan Ydinenergia-asetuksen (161/1988) 22b § mukaisen vakavan onnettomuuden raja-arvon ylittävää päästöä. Aikaisella päästöllä tarkoitetaan Ydinenergia-asetuksen (161/1988) 22 b § 6 momentin mukaista väestön suojautumistoimenpiteitä onnettomuuden aikaisessa vaiheessa edellyttävää päästöä.

Ydinvoimalaitoksen PRA:ssa analysoidaan tapahtumia, jotka voivat käynnistyä mistä tahansa laitoksen normaalin käytön mukaisesta tilasta (tehokäyttö, matalan tehotason tila, seisokitila ja näiden väliset siirtymäjaksot). Luvanhaltija pitää PRA:ta jatkuvasti ajan tasalla ja täsmentää sitä käyttökokemusten, laitosmuutosten, uusien tutkimustulosten ja laskentamenetelmissä tapahtuneen kehityksen perusteella, jotta tulokset kuvaisivat kulloinkin olemassa olevaa tilannetta laitoksella. Tässä turvallisuutta on arvioitu määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä esitettyjen riskianalyysien perusteella, jotka vastaavat vuoden 2019 lopulla vallinneen tilanteen mukaista laitosta.



Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

PRA:ssa analysoitava alkutapahtuma on yksittäinen tapahtuma, joka aiheuttaa häiriön ja edellyttää laitoksen turvallisuustoimintojen käynnistämistä. Alkutapahtuma voi olla laitoksen käyttöhäiriö, vuoto tai ulkoisen sähköverkon menetys, joka aiheutuu laiteviasta, putkimurtumasta, inhimillisestä virheestä tai määräyksen STUK Y/1/2018 mukaisesta sisäisestä tai ulkoisesta tapahtumasta. PRA:ssa ei käsitellä alkutapahtumana laitoksen tahallista vahingoittamista.

Loviisan voimalaitoksen merkittävimpiä sisäisiä tapahtumia ovat tulipalot, raskaan taa-kan putoamiset ja tulvat. Tulvatapahtumia ovat mm. putkistojen tai säiliöiden murtumista johtuvat laitoksen sisällä tapahtuvat vesivuodot, jotka aiheuttavat häiriön ja turvallisuudelle tärkeiden laitteiden menetyksiä. Palotapahtumat ovat mm. laitosalueella ja kytkinkentällä tapahtuvia tulipaloja, jotka saavat aikaan häiriön. Määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä esitettyjen riskianalyyssien mukaan Loviisan voimalaitoksella sisäiset tapahtumat aiheuttavat kaikkiaan yli 80 % sekä sydänvauriotaajuudesta että suuren päästön taajuudesta. Sisäisten tapahtumien PRA:n tuloksia on kuvattu enemmän määräyksen STUK Y/1/2018 15 §:ää käsittelevässä luvussa 4.7 Suojautuminen sisäisiltä tapahtumilta.

Ulkoisia tapahtumia ovat sääilmiöiden ja maanjäristysten aiheuttamat häiriöt sekä ihmisen toiminnasta johtuvat häiriöt ympäristössä. PRA:ssa tarkasteltuja sääilmiöitä ovat mm. ulkoilman ja meriveden ääriämpötila, meriveden pinnan korkeuden vaihtelu, tuulen nopeus, lumi- ja vesisade sekä salamointi ja sähkömagneettiset häiriöt. Merivesijärjestelmien tukkeutumisvaaraa aiheuttavat ilmiöt kuten suppo (alijäähtyneen meriveden äkillinen jäätyminen), simpukat, meduusat ja runsaat leväkasvustot sisältyvät myös ulkoisten tapahtumien PRA:han. Lisäksi Loviisan PRA:ssa analysoidaan merellä tapahtuvan öljyonttomuuden vaikutuksia merivesijärjestelmän vedenottoon. Ulkoisista tulipaloista tai räjähdyksistä ei ole arvioitu olevan erityistä vaaraa laitokselle, koska lähistöllä ei ole palavien tai räjähtävien aineiden varastoja eikä niiden merkittäviä kuljetusreittejä. Yksittäisilmiöiden lisäksi oleellisten yhteisilmiöiden, esimerkiksi kova tuuli ja lumisade, vaikutuksia on analysoitu. Määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä esitettyjen riskianalyyssien mukaan ulkoiset tapahtumat aiheuttavat kaikkiaan alle viidesosan sekä sydänvauriotaajuudesta että suuren päästön taajuudesta. Ulkoisten tapahtumien PRA:n tuloksia on esitelty laajemmin määräyksen STUK Y/1/2018 14 §:n mukaisessa luvussa 4.6 Suojautuminen ulkoisilta turvallisuuteen vaikuttavilta tapahtumilta. Lisäksi laitospaikan ulkoisia olosuhteita on esitelty hieman 8 §:ää eli sijaintipaikan turvallisuutta käsittelevässä luvussa 4.1.

Loviisan ydinvoimalaitoksen PRA:n ensimmäinen versio laadittiin 1980-luvulla. Tästä lähtien Fortum on tunnistanut sisäisten ja ulkoisten tapahtumien aiheuttamia riskejä ja pienentänyt niitä useilla laitosmuutoksilla ja ohjepäivityksillä. Riskiarvion kokonaistajuudet ovat yleensä myös pienentyneet analyyssien täsmentämisen yhteydessä PRA-mallin muuttuessa realistisemmaksi. Fortum on pitänyt PRA:ta jatkuvasti ajan tasalla ja laajentanut sitä käsittämään uusia alkutapahtumia sekä käyttötiloja. Tällä hetkellä tason 1 PRA kattaa sisäisten ja ulkoisten tapahtumien eri osa-alueet ja tason 2 PRA kattaa sisäisten ja ulkoisten tapahtumien osa-alueet lukuun ottamatta seismisiä tapahtumia. Seismisten tapahtumien osuus sydänvauriotaajuudesta on nykyisen PRA:n mukaan niin pieni, että niillä ei olisi käytännön merkitystä tason 2 PRA:n kannalta. Seismisten alkutapahtumien käsittelyä tason 2 PRA:ssa on tarpeen arvioida uudestaan tason 1 seismisen PRA:n päivityksen jälkeen, mihin tähtäävä seismisten tapahtumien selvitystyö on Fortumissa

meneillään. Loviisa 2 -yksikön seisokkitilojen paloriskien osalta vuoden 2019 riskitutkimus sisältää kylmiä laitostiloja koskien Loviisa 1:n lähtötietoja, jotka eivät välttämättä täysin vastaa Loviisa 2:n tilannetta, mutta Loviisa 2 -kohtaiset lähtötiedot sisältyvät myöhemmin laadittuun vuoden 2021 riskitutkimukseen. Merkittävimmät laajennukset edellisen turvallisuusarvioinnin jälkeen ovat olleet Loviisa 2 -yksikön palotapahtumien PRA:n kehitys, ydinpolttoaineen latausaltaan riskiarvion integrointi muun PRA-mallin yhteyteen, aikaisten alle viidessä tunnissa tapahtuvien päästöjen laskenta sekä erilliselvitys käytetyn polttoaineen varastoaltaiden riskeistä. Käytetyn polttoaineen varastoaltaiden riski on Fortumin arvion mukaan pieni, polttoaineen vaurioitumistaajuus on alle yksi prosentti koko laitoksen polttoaineen vaurioitumistaajuudesta. Varastoaltaiden riski ei kuitenkaan vielä sisältänyt seismisiä riskejä. Vuonna 2021 Fortum toimitti päivitetyn varastoaltaiden riskianalyysin, jossa olivat myös seismiset tapahtumat mukana. Analyysin perusteella seismiset riskit muodostavat merkittävän osan varastoaltaiden riskistä, mutta varastoaltaiden riski on päivitetyn analyysin jälkeenkin pieni.

Fortum on edellisen turvallisuusarvioinnin jälkeen päivittänyt useassa vaiheessa maanjäristysten esiintymistodennäköisyyksiä koskevaa seismistä hasardiselvitystä Loviisan laitospaikalle, ja seisminen PRA on tarkoitus päivittää päivitetyn hasardiselvityksen perusteella. Fortum on syksyllä 2021 toimittanut STUKille laitospaikan seismisen hasardiselvityksen uusimman päivityksen, jonka tarkastus on STUKissa meneillään. Seisminen riski on Loviisassa arvioitu pieneksi, mutta käynnissä olevat selvitykset ovat osoittaneet, että seisminen riski voi olla arvioitua oleellisesti suurempi. Riskiin vaikuttavat maanjäristysten esiintymistodennäköisyyksien lisäksi laitoksen rakenteiden ja laitteiden maanjäristyskestävyys. Sitä koskevat selvitykset valmistuvat vuosina 2022 ja 2023, ja Fortumin tavoitteena on päivittää seisminen PRA vuosien 2022–2023 aikana. Tavoitteena on saada alustavat tulokset vuoden 2022 loppuun mennessä. STUK seuraa laitospaikan maanjäristysseelvitysten ja seismisen PRA:n kehitystä ja tarkastaa ne niiden valmistuttua.

Laitosyksiköiden PRA:ssa on eroja palotapahtumien ja instrumenttitilojen jäädytyksen menetyksen osalta. Ulkoisten alkutapahtumien vaikutusten osalta yksiköiden välillä on vain vähäisiä eroja. Sisäisiin ja ulkoisiin tapahtumiin liittyviä laitosmuutoksia ja tarkennettuja analyysejä esitellään tarkemmin kyseisiä uhkia käsittelevien lukujen 4.6 ja 4.7 yhteydessä.

Fortum osallistuu alan turvallisuustutkimukseen mm. tekemällä yhteistyötä VTT:n, Ilmatieteen laitoksen ja Helsingin yliopiston seismologian laitoksen kanssa. Äärimmäisten sääilmiöiden esiintymistä sekä ilmastonmuutoksen vaikutusta on selvitetty kansallisissa tutkimusohjelmissa 1990-luvun alusta lähtien ja vuodesta 2007 alkaen aihepiiriin tutkimusta on tehty myös kansallisissa ydinturvallisuustutkimusohjelmissa (SAFIR-ohjelmat). Fortum on selvittänyt myös maanjäristysriskejä 1990-luvun alusta alkaen.

Fortum päivittää PRA:n luotettavuustiedot vuosittain omien käyttökokemustensa perusteella ja tarvittaessa täydentää niitä soveltuvilla kansainvälisillä tilastoilla. Lisäksi Fortum on ottanut käyttöön useita riskitietoista päätöksentekoa ja resurssien allokoimista tukevia PRA-sovelluksia esim. riskitietoinen putkistojen määräaikaistarkastusohjelma (RI-ISI, Risk Informed In-Service Inspection).

Nykyisen käytännön mukaan Fortum toimittaa kunkin vuoden lopussa STUKille päivitetyn PRA-raportin ja tietokonemallin, joissa on otettu huomioon vuoden aikana tehdyt



laitosmuutokset, käyttökokemuksiin perustuvat vikatietojen päivitykset sekä mallin kehittämiseksi tarpeelliset muutokset. STUK tarkastaa aineiston ja esittää tarvittaessa Fortumille tarkastushavainnot sekä vaatimukset mallin edelleen kehittämiseksi ja laitoksen turvallisuuden parantamiseksi.

Fortum on pitänyt Loviisan voimalaitoksen PRA:ta ajan tasalla ja kehittänyt siihen liittyviä analyysyjä. PRA kattaa kaikki laitoksen käyttötilat ja oleelliset turvallisuutta uhkaavat tapahtumat. Riskien arvioinnissa on otettu huomioon sekä laitoksen omia että ulkomaisia käyttökokemuksia. Näiden lisäksi Loviisan ydinvoimalaitoksella on tehty turvallisuusparannuksia ja kehitetty ohjeistusta. Edellisen turvallisuusarvioinnin jälkeen sydänvauriotaajuus ja suuren päästön taajuus ovat pienentyneet merkittävästi tehtyjen laitosmuutosten ja mallien täsmentymisen vuoksi. Päivityksiä ja laitosparannuksia jatketaan myös tulevaisuudessa, ja STUK seuraa parannusten toteuttamista ja PRA:n päivittämistä. STUK kiinnittää erityisesti huomiota turvallisuusparannusten toteutumiseen ja parannussuunnitelmien muutosten perusteluihin.

Uusimpien vuoden 2021 lopussa Fortumin toimittamien analyysien mukaan Loviisa 1 -laitosyksikön sydänvauriotaajuus on  $6,1 \cdot 10^{-6}/a$  ja suuren päästön taajuus on  $3,0 \cdot 10^{-6}/a$ . Loviisa 2 -laitosyksikön sydänvauriotaajuus on  $7,1 \cdot 10^{-6}/a$  ja suuren päästön taajuus on  $3,1 \cdot 10^{-6}/a$ . Näiden arvioiden perusteella Loviisan ydinvoimalaitos täyttää ohjeessa YVL A.7 uusille ydinvoimalaitoksille asetetun numeerisen sydänvauriotaajuuden suunnittelutavoitteen muttei suuren päästön taajuuden suunnittelutavoitetta. Aikaisen päästön taajuuksien osuudet ovat pieniä, n. 3 % (Lo2 4 %) sydänvauriotaajuudesta ja n. 7 % (Lo2 8 %) suuren päästön taajuudesta. STUK on asettanut tavoitteeksi käytössä oleville ydinvoimalaitoksille saavuttaa niin korkea turvallisuustaso kuin käytännössä on mahdollista Ydinenergialain 7 a §:n ja STUK Y/1/2018 21 §:n mukaisesti.

### 2.1.3 Lujuusanalyysit

Ydinvoimalaitoksen primääripiirin lujuusanalyysija ja käytön aikaista lujuuden varmistamista koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL E.4, jonka päivitetty (17.3.2020) versio pantiin täytäntöön Loviisan ydinvoimalaitokselle päätöksellä 95/0002/2020 5.7.2021. Sen mukaan turvallisuusluokkaan 1 kuuluvat painelaitteet tulee mitoittaa normin ASME III NB:n (American Society of Mechanical Engineers) Boiler and Pressure Vessel Code, Section III) mukaisesti tai muuten täyttämällä sama turvallisuustaso. Ferriittisestä teräksestä valmistettujen painelaitteiden rasitetuimmille osille on tehtävä haurasrumtuma-analyysi.

Täysin sitkeän, nopean murtuman mahdollisuutta ei ole erikseen Loviisan ydinvoimalaitoksen pääkomponenteille analysoitu, koska se ei sisältynyt suunnittelustandardin mukaisiin lujuusanalyysihin. Primääripiirin painesäiliöiden kantavan seinämän erittäin konservatiivisen mitoituksen vuoksi jännitystasot ovat matalia, eikä nopeaa sitkeää murtumaa ole katsottu relevantiksi vauriomekanismiksi. Ferriittisten terästen murtumissitkeyden ylätasannealueen sitkeyttä olennaisesti heikentäviä vanhenemisilmiöitä ei ole tunnistettu. Tämän vuoksi STUK on hyväksynyt poikkeaman YVL E.4 vaatimukseen 616 täytäntöönpanopäätöksen 95/0002/2020 yhteydessä.

Loviisan ydinvoimalaitoksen pääkomponenttien suunnittelu perustuu pääasiallisesti Neuvostoliitossa tuolloin voimassa olleisiin standardeihin. Suunnitteluperiaatteet ovat

samat kuin ASME Boiler and Pressure Vessel Code -normissa, mutta haurasmurtuman osalta vaatimukset olivat puutteelliset. Pääkiertopiirin suunnittelu perustuu riittävän varmuuskertoimen asettamiseen erityyppisille vaurioitumismekanismeille kuten yleinen muodonmuutos (plastinen epästabiilisuus), kuormituksen vaihdellessa jatkuvasti kasvava muodonmuutos, väsyminen, haurasmurtuma ja epästabiilisuus (puristava jännitys). Määritellyt suunnittelukuormat käsittävät normaalikäytön, poikkeamat normaaleista tilanteista ja oletetut onnettomuudet. Pääkiertoputkiston päittäiseen katkeamiseen on varauduttu rakentamalla hätätuet ja suihkusuojat. Maanjäristyskuormat eivät kuuluneet suunnitteluperusteisiin.

Fortum pitää kuormitustilanteista yllä pitkän aikavälin ennustetta. Vuoden 2020 ennusteessa esitetään primääri- ja sekundääripiirin normaalin käytön aikaiset kuormitustilanteet ja päivitetty arvio niiden kumulatiivisista lukumääristä 73 / 70 vuoden käyttöiälle (vuoteen 2050 asti) (LO1-K821-00042 v1), ja se korvaa aikaisemman vuonna 2013 tehdyn ennusteen 50 vuoden käyttöiälle (LO1 2027 ja LO2 2030 asti). Toteutuneiden ja aikaisemmin ennustettujen syklimäärien vertailu osoittaa aiempien ennusteiden olleen konservatiivisia.

Fortum esittää laitosten turvalliselle jatkokäytölle lujustechniset perusteet, ja pääkomponenttien ikääntyminen on otettu huomioon. Primääripiirin komponenttien alkuperäiset väsymisanalyysit on päivitetty vastaamaan tämänhetkistä arviota 50 vuoden ja mahdollisen 73 vuoden käytöstä. Lämpötilamittauksissa on todettu termisiä kuormituksia, joita ei ole otettu huomioon laitoksen järjestelmien ja komponenttien suunnittelussa. Tällaisia kuormituksia ovat kerrostuminen, sekoittuminen ja termiset transientit, joita esiintyy putkistoissa ja komponenttien yhteissä. Edellä mainitut kuormitukset on lisätty päivitettyihin väsymisanalyysiin. Turvallisuuden kannalta kriittisten ja voimakkaasti kuormitettujen kohteiden väsymisanalyysinä on tarkennettu (LO1-K822-00103 v1). Pääkiertopumppujen pesän ja kannen alueen väsymistarkastelut on uusittu kokonaisuudessaan.

Maanjäristysten vaikutuksia Loviisan voimalaitoksen turvallisuuteen käsitellään luvuissa 2.1.2 ja 4.6. Primääripiirin eheyden varmistamista käsitellään yksityiskohtaisemmin luvussa 4.3.2.

#### 2.1.4 Johtopäätös (3 §)

Loviisan ydinvoimalaitosta koskevat häiriö- ja onnettomuusanalyysit on tehty määräyksen STUK Y/1/2018 3 §:n tarkoittamalla tavalla ottaen huomioon ohjeen YVL B.3 täytännönpanopäätös Loviisan voimalaitokselle.

Fortum on perustellut laitoksen turvallisuutta ja turvallisuusteknisiä ratkaisuja määräyksen STUK Y/1/2018 3 §:n mukaisesti. Jatkossa Fortumin on edelleen jatkettava laitoksen riskien pienentämiseen tähtäviä toimenpiteitä sekä kehitettävä Loviisa 2 -yksikön todennäköisyysperusteista riskianalyysia siten, että analyysissä otetaan huomioon laitostyöyksikökohtaiset lähtötiedot.

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitostyöyksiköiden turvallisuuden arviointi lujusanalyysilla on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 3 §:n tarkoittamalla tavalla.

## 2.2 Turvallisuusluokitus (4 §)

- 1. Ydinlaitoksen turvallisuustoiminnot on määriteltävä ja niitä toteuttavat sekä niihin liittyvät järjestelmät, rakenteet ja laitteet on luokiteltava niiden turvallisuusmerkityksen perusteella.*
- 2. Turvallisuustoimintoja toteuttaville sekä niihin liittyville järjestelmille, rakenteille ja laitteille asetettujen vaatimusten ja niiden vaatimustenmukaisuuden varmistamiseksi tehtävien toimenpiteiden on oltava kohteen turvallisuusluokan mukaisia.*

Määräyksen STUK Y/1/2018 4 §:ään liittyvät yksityiskohtaiset vaatimukset esitetään ohjeessa YVL B.2.

Loviisan voimalaitoksen järjestelmien ja laitteiden turvallisuusluokitus on esitetty jatkuvasti ajan tasalla pidettävässä luokitusasiakirjassa. Luokitusasiakirjaa on käsitelty tarkemmin Liitteen 2 (YEA 36 §:n mukaisia asiakirjoja koskeva arvio) luvussa 4.

YVL-ohjeuudistuksen yhteydessä voimaan tulleen ohjeen YVL B.2 uuden version myötä turvallisuusluokitusta koskeva vaatimustaso ei ole muuttunut merkittävästi aiempaan voimassa olleeseen versioon nähden. Keskeisimmät muutokset koskevat turvallisuusluokan 3 järjestelmien ja maanjäristysluokan S1 vaatimuksia sekä luokitusasiakirjan sisältöä koskevia vaatimuksia.

Ohjeen YVL B.2 täytäntöönpanopäätöksen (27/0002/2020) yhteydessä STUK on todennut Loviisan voimalaitoksen turvallisuusluokituksen täyttävän säännösten vaatimukset riittävässä määrin. Täytäntöönpanopäätöksen mukaisesti laitoksen osien turvallisuusluokitus ei ole täysin ohjeen YVL B.2 mukainen eikä luokitusten muuttamisella jälkeen päin nähdä saavutettavan merkittävää parannusta turvallisuuteen. Koska laitos on suunniteltu, rakennettu ja lukuisia laitosmuutoksia on tehty vanhempien säännösten ollessa voimassa, ei uuden säännösten vaatimuksia välttämättä pystytä tai ole mielekästä yrittää täyttää kaikilta osin, vaan osittain luokituksiin on sovellettu korvaavia menettelyjä sekä tarpeellisilta osin haettu poikkeamia vaatimuksiin. Ohjeiston vaatimuksista poikkeavilta osin YVL-ohjeen edellyttämä luokitus on esitetty luokitusasiakirjassa laitoksella käytössä olevan luokituksen rinnalla. Näin voidaan helposti havaita erot vaatimuksiin ja ottaa nämä huomioon, kun arvioidaan mahdollisten tulevien muutosten vaikutusta ja merkitystä laitoksen turvallisuuteen.

Ohjeen YVL B.2 edellyttämää rakennusten turvallisuusluokitusta ei ole Loviisan voimalaitoksella alun perin suunnittelun yhteydessä tehty eikä jälkikäteen tehdyllä rakennusten turvallisuusluokittelulla ole Loviisan voimalaitoksella nähty olevan merkittävää turvallisuutta parantavaa vaikutusta. STUK on hyväksynyt, ettei kattavaa rakennusten turvallisuusluokittelua ole tehtävä, mutta laitosalueelle rakennettavat uudet rakennukset ja vanhoihin rakennuksiin tehtävät muutokset on kuitenkin suunniteltava ja toteutettava niiden turvallisuusmerkityksen edellyttämällä tavalla.

Fortum on laatinut edellisen turvallisuusarvioinnin jälkeen maanjäristysluokitusasiakirjan, jossa on esitetty maanjäristysluokkaan S1 kuuluvat laitteet ja rakenteet, jotka tarvitaan suunnittelumaanjäristyksen jälkeisen turvallisen tilan saavuttamiseksi. Fortum päivittää luokitusasiakirjaa S1-laajuuden ja maanjäristysluokkaan S2A kuuluvien laitteiden osalta, mitä koskevat tiedot on määritetty vuonna 2018 tehtyjen seismisten

laitoskierrosten tulosten pohjalta. Maanjäristysluokituksen perusteet ja luokan S1 ja S2A vaatimusryhmät on kuvattu lopullisessa turvallisuusselosteessa.

Maanjäristysluokituksen perusteluna käytettävän kestävyysarvioinnin laatiminen on edelleen kesken, ja sen perusteella mahdollisesti tehtävät muutokset täydennetään maanjäristysluokitusasiakirjaan selvityksen valmistuttua.

### 2.2.1 Johtopäätös (4 §)

Fortum esittää suunnitelmassaan laitoksen turvallisuuden parantamiseksi toimenpiteitä luokitusasiakirjan kehittämiseksi. Johtopäätöksenä on, että turvallisuusluokitus on riittävässä määrin toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 4 §:ssä mainitulla tavalla ottaen huomioon ohjeen YVL B.2 täytäntöönpanopäätös Loviisan voimalaitokselle.

### 2.3 Ikääntymisen hallinta (5 §)

- Ydinlaitoksen suunnittelussa, rakentamisessa, käytössä, kunnonvalvonnassa ja kunnossapidossa on varauduttava turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden ikääntymiseen sen varmistamiseksi, että ne täyttävät laitoksen käyttöiän ja käytöstäpoiston ajan suunnittelun perustana olevat vaatimukset tarvittavin turvallisuusmarginaalein.*
- Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden käyttökuntoisuutta heikentävän ikääntymisen ennalta estämiseen sekä niiden korjaus-, muutos- ja vaihtotarpeen varhaiseen tunnistamiseen on oltava järjestelmälliset menettelyt. Teknologisen ajanmukaisuuden varmistamiseksi on turvallisuusvaatimuksia ja uuden tekniikan soveltuvuutta säännöllisesti arvioitava sekä seurattava varaosien ja tukitoimintojen saatavuutta.*

Määräaikaaisessa turvallisuusarvioinnissa on käsiteltävä kokemukset laitoksen ikääntymisestä ja sen hallinnasta. Ohjeen YVL A.8 mukaan ydinvoimalaitoksella on oltava ikääntymisen hallintaohjelma, joka sisältää toiminnot, tehtävät ja vastuut järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden (laitososien) käyttökuntoisuuden ja teknologisen vaatimuksenmukaisuuden varmistamiseksi niiden käyttöiän ajan. Ohjelmassa on yksilöitävä merkitykselliset ikääntymismekanismit sekä kunnonvalvonta- ja kunnossapito-ohjelmat, joilla laitososien suunnitteluperusteinen käyttökuntoisuus voidaan varmistaa. Ikääntymisen hallinnan on katettava mekaaniset, sähkötekniiset, automaatiotekniiset ja rakennustekniiset laitososat, jotka kuuluvat joko turvallisuusluokkaan 1, 2 tai 3 tai luokkaan EYT/STUK.

Loviisan voimalaitoksella ikääntymisen hallinnassa laitososat on jaettu kolmeen luokkaan (A, B, C), mikä ohjaa eri osille osoitettujen resurssien käyttöä. Kunnossapidossa luokittelu on tehty neljään kriittisyysluokkaan, joka vaikuttaa laitososan kunnossapitostrategian valintaan. Ikääntymisen hallinnaksi käsitetään erityisesti sellaisten laitososien käyttökuntoisuuden varmistaminen, joiden käyttöiän arvioidaan määrävän koko laitosyksikön käyttöiän (luokka A). Lisäksi uusittavissa olevien laitososien, joiden merkitys käytettävyydelle on suuri (luokka B), katsotaan kuuluvan varsinaisen ikääntymisen hallinnan alueelle. Muiden laitososien (luokka C) käyttökuntoisuuden valvontaa ja ylläpitoa pidetään tavanomaisena kunnossapitona, vaikka sekin laajemmin ymmärrettynä on osa ikääntymisen hallintaa.

Fortum on tunnistanut luokkaan A kuuluvien laitososien ikääntymismekanismit on ja arvioinut ikääntymismekanismien aiheuttamat riskit. Merkittävimmiksi ikääntymismekanismeiksi on tunnistettu höyrystimien lämpöpintaputkien jännityskorroosio, reaktoripainesäiliöiden kriittisen hitsisauman ja sydäntä lähellä olevien sisäosien säteilyhaurastuminen, paineistimen alayhteiden korroosiosuojaholkkien väsyminen, pääkiertopumppujen pesien kierrereikien kuluminen, suojarakennusten ankkurointirakenteiden ja suojarakennuksen teräsvuorauksen mahdollinen syöpyminen sekä rakennusten ja perustuksien kunto. Näille laitososille tehdään määrävälein tarkastuksia, jotta niiden käyttökuntoisuutta vaarantavat viat havaitaan aikaisessa vaiheessa. Laitosyksiköiden ikääntymisen hallinta on organisaatiossa sijoitettu voimalaitostekniikkaryhmään, joka vastaa ikääntymisen hallinnan koordinoinnista sekä ohjauksesta. Ryhmästä nimetyt järjestelmävastaavat huolehtivat ikääntymisen hallinnan toteutuksesta luokissa A ja B. Järjestelmävastaavan tehtäviin kuuluu mm. käyttökuntoisuuden seuranta sekä kuntoselvitysten ja parannustoimenpiteiden valmistelu ja toteutuksen organisointi ja valvonta. Lisäksi järjestelmävastaavat kokoavat vuosittain vastuualueeltaan yhteenvetoraportit, joissa arvioidaan laitososien käyttökuntoisuutta ja ikääntymisen hallinnan kehitystarpeita pitkällä aikavälillä.

Laitososan kunnossapitostrategia perustuu tuotanto- ja turvallisuusnäkökohtiin, viranomaisvaatimukseen, käyttö- ja kunnossapitokokemuksiin sekä näistä johdettuun edellä mainittuun kriittisyysluokitteluun. Kriittisyysluokkaan 1 kuuluvat sellaiset ydinturvallisuuden kannalta tärkeät laitososat, joiden vikaantuminen johtaa huomattaviin tuotannollisiin menetyksiin. Kunnossapitostrategia voi olla kuntoon perustuvaa (ennakoivaa), jolloin kunnossapitotarvetta arvioidaan määrävälein tehdyn tai jatkuvatoimisen kunnonvalvonnan tuottamasta tiedosta. Kun kunnossapito toteutetaan aina määrävälein, jolloin kunnostustarvetta ei välttämättä edes ole, strategia on ehkäisevä ja silloin tavoitteeksi on asetettu vikaantumistodennäköisyyden vähentäminen. Toisessa päässä ovat kriittisyysluokan 4 laitteet, joilla ei katsota olevan turvallisuusvaatimuksia ja joiden vastaavan tasoinen kunnossapito ei ole taloudellisesti perusteltua (korjaava kunnossapitostrategia). Kunnossapidon ryhmäpäälliköt vastaavat kunnossapidon suunnittelusta, kehittämisestä ja toteuttamisesta sekä kunnossapito-ohjeiden laadinnasta ja ylläpidosta. Heidän tehtävänä on myös analysoida kunnossapidon historiatietoa ja päättää korjaavista toimenpiteistä. Työmääräimillä tehdyistä töistä tallennetaan tiedot laitostietojärjestelmään (oire- ja vikatiedot, tarvitut resurssit, kuvaukset työstä laitteen kunnosta, valokuvia ym.). Kunnossapitotöistä kerätyn informaation perusteella lasketaan organisaation sekä laitososien turvallisuutta, tehokkuutta ja luotettavuutta kuvaavia tunnuslukuja.

Ohje YVL A.8 ydinlaitosten ikääntymisen hallinnasta tuli voimaan Loviisan voimalaitoksella lokakuun 2015 alusta alkaen. Ohjepäivityksen täytäntöönpanopäätöksessä 30/0002/2020 (17.4.2020) edellytetyn mukaisesti Fortum on määritellyt laitososien kelpoistusten ylläpitomenettelyt, joiden toteutusta STUK seuraa valvontatyössään.

Fortum on perustanut Loviisa Long Term Operation -projektin (LOLTO) mm. laitosten pitkää käyttöaikaa tukevien ja ikääntymisen hallintaperiaatteiden ja -menettelyjen toteuttamista varten. Tavoitteena on ollut luoda tietokanta laitososille, joiden katsotaan rajaavan voimalaitoksen käyttöikä tai joiden merkitys käytettävyydelle tai turvallisuudelle on suuri. Tämä panostus ikääntymisen tiedonhallintaan näkyy Loviisan Maximo -järjestelmän (LOMAX) alaisuuteen luodussa ikääntymisen hallinnan

sovelluksessa Loviisa Ageing Management (LOAM). Osana pitkäjänteistä kunnossapitotoimintaa Fortum kerää tietoa ja kehittää uusien ikääntymismekanismien tunnistamista.

Ikääntymisen hallinnassa systemaattisuus on keskeisessä asemassa, ja STUK on edellyttänyt Fortumilta selvitystä viimeistelyvaiheessa olevan LOAM-järjestelmän toteutuksen kattavuudesta koskien ikääntymisen hallinnan piiriin kuuluvia laitososia (STUK 7/A42215/2021). Toimitetun vastineen perusteella Fortum on lisännyt ohjelmasta puuttuneet järjestelmät. Laitoksen ikääntymisen hallintaohjelma on käyttökokemustietojen perusteella jatkuvasti, tarpeen mukaan tarkentuva ohjelma, jonka kehitystyötä STUK seuraa osana jatkuvaa valvontaa.

### 2.3.1 Konetekniikka

A-luokkaan kuuluvia järjestelmiä, rakenteita ja laitteita ovat reaktoripainesäiliö (RPS) sisäosineen, pääkiertopumppu, höyrystin, paineistin ja reaktorisuojarakennus.

Reaktoripainesäiliössä kriittisiä kohteita väsymisen kannalta ovat kannen yhteiden korroosiosuojaholkkien kiinnityshitsit (säätösauvat sekä normaali lisävesijärjestelmä ja vuotojen keruu) sekä päälaiipan kierrereiät ja pultit. Korroosiosuojaholkit voidaan vaihtaa, päälaiipan pultit on vaihdettu ja kierrereiäiden korjaamiseen on olemassa pätevöity menetelmä, minkä lisäksi kohteet kuuluvat määräaikaistarkastusten piiriin. Reaktoripainesäiliön ikääntymisen kannalta merkittävimmäksi tunnistettu ilmiö on sydänalueen hitsin säteilyhaurastuminen, mitä käsitellään tarkemmin luvussa 4.3.2

Reaktoripainesäiliön sisäosien ikääntymisen hallinnassa tarkastellaan materiaalin säteilyhaurastumista. Kriittisiä kohteita ovat sydänalueella oleva tukikori ja reaktoripesä. Reaktoripainesäiliön sisäosien ikääntymisen hallinta perustuu käytön aikaisiin tarkastuksiin, joilla selvitetään mahdolliset säteilyhaurastumisen aiheuttamat muutokset rakenteissa ja materiaaleissa sekä sisäosien eheys.

Reaktorin tukikorin lähinnä sydäntä olevien osien muodonmuutoskyky on erittäin alhainen käyttö- ja huoneenlämpötilassa. STUK on edellyttänyt, että tukikorin osien käyttökuntoisuus on selvitettävä suunnitteluperusteisissa käyttötilanteissa mukaan lukien oletetut onnettomuudet ja oletettujen onnettomuuksien laajennukset. Samassa yhteydessä on arvioita tukikorin osien korjaus- ja vaihtotarpeet.

Primääripiirin komponenttien alkuperäinen suunnitteluikä on ollut 30 vuotta ja reaktoripainesäiliön 40 vuotta, jotka perustuvat konservatiivisiin analyyseihin sekä konservatiivisesti arvioituihin käytön aikaisiin kuormituksiin. Turvallisuuden kannalta kriittisille ja voimakkaasti kuormitetuille kohteille on tehty tarkennetut väsymisanalyysit. Väsymisanalyysien päivityksessä kuormitusyökkien lukumäärä on muutettu vastaamaan laitoksen 50 vuoden käyttöä. Lisäksi on esitetty väsymisanalyysien päivitys vastaten tilannetta, jossa kuormitusyökkien lukumäärä vastaa laitosten käyttöä vuoteen 2050 asti. Analyysimenetelmien kehityksen ja epävarmuuksien pienentämisen myötä komponenttien kestävyysarvioita on pystytty tarkentamaan siten, että turvallisuudesta on voitu varmistua myös alkuperäisen käyttöiän ylittyessä.

Suoritettujen väsymistarkasteluiden perusteella väsyminen ja korroosioväsyminen eivät rajoita höyrystimien käyttöikää. Käyttöikää mahdollisesti rajoittavaksi tekijäksi



on tunnistettu lämpöpintaputkien ja kollektorirakenteiden piste- ja jännityskorroosio. Jatkokäytön aikainen höyrystimien ikääntymisen hallinta perustuu kuormitusten seurantaan, vesikemiaparametrien monitorointiin, puhtauteen (epäpuhtauspitoisuudet ja magnetiitti), muiden laitosten käyttökokemusten hyödyntämiseen, käytön aikaisiin tarkastuksiin ja tarvittaessa mahdollisiksi tunnistettujen vanhenemisilmiöiden jatkotutkimuksiin. Vuonna 2018 Loviisan ydinvoimalaitos muutti molemmilla laitosyksiköillä sekundääripiirin kemiallisia olosuhteita lisäämällä hallitusti ammoniakkin ja hydratsiinin syöttöä piiriin, mikä nostaa pH:ta aikaisemmasta. Sekundääripiirin pH:n noston tavoitteena oli vähentää hiiliteräksisten komponenttien korroosiota ja siten höyrytimeen kertyvän magnetiitin määrää. Muutoksen myötä syöttöveden rautapitoisuus on laskenut. Vesikemiaa käsitellään tarkemmin luvussa 4.3.2. Höyrystimien käyttökuntoisuutta voidaan pitää riittävänä, mikäli määräaikaistarkastukset ja magnetiitin poisto suoritetaan ajallaan.

Paineistimen ikääntymistä on tarkasteltu väsymisen, korroosion (jännitys, rako, piste) ja haurastumisen osalta. Paineistimien ikääntymisen hallinnassa korostuu väsyminen. Erityisen räsitettyjä ovat paineistimen alayhteet ja niiden korroosiosuojaholkkien hitsit. Suoritettujen väsymistarkasteluiden perusteella alayhteiden alueella laskennalliset väsymisosamäärät korroosiosuojaholkeissa kasvavat lähelle sallittua arvoa laitossyksiköiden nykyisten käyttöluopien loppuun mennessä. Ruiskutusyhteiden, varoventtiilin yhteen ja sähkövastusten läpivientien rakenteet ovat samankaltaiset kuin alayhteiden. Väsymiskriittiseksi kohteeksi on tunnistettu myös paineistimen vastusten suojaputket, joille ei ole tehty väsymisanalyysiä. Paineistimen yhteiden korroosiosuojaholkit, ruiskutusyhteen yläosa ja jalan kiinnityshitsi kuuluvat määräaikaistarkastusten piiriin, kun taas paineistimen lämmitysvastuksille tehdään 4 vuoden välein painelaitelain edellyttämät määräaikaistarkastukset. Lämmitysvastukset kuuluvat myös tiiveys- ja painekokeiden piiriin. Paineistimien ikääntymisen hallinta perustuu syklisten kuormitusten monitorointiin, muiden laitosten käyttökokemusten hyödyntämiseen ja käytön aikaisiin tarkastuksiin ja ikääntymisilmiöihin liittyviin selvityksiin. Fortumin käsityksen mukaan edellä esitettyjen toimenpiteiden avulla paineistimen ikääntymiseen liittyvät haitalliset ilmiöt pystytään tunnistamaan ja mahdolliset vauriot korjaamaan riittävän ajoissa.

STUKin käsityksen mukaan paineistimen alayhteen korroosiosuojaholkkien mahdollinen vaihtaminen tai korjaaminen tulisi olemaan vaikeata. Korroosiosuojaholkit eivät kuulu ASME XI:n laajuuteen. Mahdollisten indikaatioiden paikannus- ja mitoitustarkkuuteen liittyy haasteita. Korroosiosuojaholkkiin liittyvän lisäselvityksen (15/A42215/2021) perusteella nykyiset kunnonvalvontatoimenpiteet ovat kuitenkin riittävät.

Pääkiertopumppujen kriittisin ja ikääntymisen hallinnan kannalta oleellisin osa on pesä, koska pesää ei voida vaihtaa kuten muita pumpun osia. Väsymistarkasteluiden perusteella väsymisen kannalta räsitetuimpia kohtia ovat akselinreikä labyrinttitiivisteiden kohdalla, kannen sisäpinnan tiivisteiden yläpuolella oleva kulma, pesän kierteet ja kannen vaarnaruuvit. Pääkiertopumppujen hydraulisissa osissa (juoksupyörä ja johdosiivistö) on havaittu lukuisia pintaan aukeavia vikoja, joiden syyksi on epäilty väsymistä, kavitaatiota tai eroosiota. Pumppujen ikääntymisen hallinta perustuu käytön aikaiseen monitorointiin, säännöllisiin tarkastuksiin, korjauksiin, osien uusintaan, vuotojen valvontaan ja hallintaan sekä asennusvirheiden ennalta ehkäisemiseen.

Kannen akselireiän olake, päälaihan kierreläitos ja pumpun hydrauliset osat kuuluvat määrääikaistarkastusten piiriin. Pumpujen käyttöiän hallintaa voidaan pitää hyväksyttävänä, koska pumpujen ikääntymisellä ja värähtelyillä on vaikutusta lähinnä pumpujen käytettävyyteen, mutta ei ydinturvallisuuteen. Laitoksen käyttöilupaa jatkettaessa, on Fortum tunnistanut tarpeen selvittää kriittisten varaosien (juoksupyörät ja johtosiivistöt) riittävyttä.

STUK edellytti päätöksellä 39/A45551/2015 (14.12.2015) Fortumia toimittamaan STUKille tiedoksi selvityksen mahdollisuuksista kehittää kuormitusten seurantajärjestelmää (FATI) niin, että sillä voitaisiin paremmin arvioida mittauskohteissa syntyvää termistä väsymistä ja jäljellä olevaa elinikää. Fortum toimitti selvityksen kirjeellä LO1-A4-19053, 26.2.2016, jossa todettiin, että nykyistä FATI-järjestelmää kehitetään sen uusinnan yhteydessä.

STUK seuraa FATI-järjestelmän kehitystyötä jatkuvan valvontansa ja tarkastustensa yhteydessä. Mikäli jäljellä olevalla käyttöilupajaksolla havaitaan kuormitusten kasvua, STUK edellyttää analyysien päivittämistä vastaamaan laitteiden jäljellä olevaa elinikää.

STUKin näkemys on, että Fortumin koneteknisten komponenttien ikääntymisen hallinta on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 5 § mukaisesti ottaen huomioon Fortumin suunnitelmassaan laitoksen turvallisuuden parantamiseksi esittämät toimenpiteet. STUK on edellyttänyt Fortumilta lisäselvitystä (7/A42215/2020) liittyen reaktoripainesäiliön tukikorin ja kriittisen sydänalueen hitsin säteilyhaurastumiseen, väsymisen kannalta kriittisten kohteiden hyväksyttävyyden osoittamiseen.

### 2.3.2 Sähkö- ja automaatiotekniikka

STUKin yksityiskohtaiset sähkö- ja automaatiojärjestelmiä sekä -laitteita koskevat vaatimukset ikääntymisen seurannalle ja siitä raportoinnille esitetään ohjeessa YVL A.8. Ohjeen YVL A.8 täytäntöönpanopäätöksessä (30/0002/2020) on edellytetty selvitystä automaation kelpoistustietojen (muun muassa kelpoistusten voimassaolo) ylläpidosta. Tiedot on viety Loviisan ikääntymisen hallinnan LOAM-sovellukseen.

Loviisan ydinvoimalaitosyksiköiden turvallisuusluokkien 2, 3 ja EYT/STUK sähkö- ja automaatiolaitteille on ohjeistettu ikääntymisen hallintaohjelmat. Sähkö- ja automaatiolaitteiden ikääntymisen hallinnan ohjelmissa on esitetty keskeisimmät menetelmät, joilla Fortum pyrkii hallitsemaan ydinlaitostensa sähkö- ja automaatiolaitteiden ja -kaapelien ikääntymisestä aiheutuvat vaikutukset. Loviisan voimalaitoksen sähkö- ja automaatiojärjestelmät ja -laitteet kuuluvat ikääntymisen hallintaluokkiin B ja C.

Sähkö- ja automaatiolaitteiden ja kaapelien ikääntymisen hallinta perustuu niiden kunnan seurantaan ja uusintatarpeen arviointiin. Kuntoa seuraamalla varmistetaan, että sähkö- ja automaatiolaitteet ja kaapelit ovat vaatimusten mukaisessa kunnossa ja pystyvät toimimaan suunnitelluissa käyttö- ja onnettomuusolosuhteissa koko suunnitellun käyttöiän ajan.

Tärkeimmät sähkö- ja automaatiojärjestelmät sijaitsevat suojarakennuksen ja prosessitilojen ulkopuolella erillisissä sähkö- tai automaatiotiloissa, joista ei seuraa korkeita ympäristöolosuhdevaatimuksia. Suojarakennuksessa sijaitsevat, onnettomuuden



Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

havaitsemiseen tai hallintaan tarvittavat laitteet on kelpuutettu kestävämmän käyttö- ja onnettomuusolosuhteet, ja niiden kuntoa valvotaan säännöllisesti. Suojarakennuksen sisäpuolella olevien kaapeleiden vanhenemista seurataan neljän vuoden välein otettavien kaapelinäytteiden avulla. Fortum toimittaa kaapelinäytetutkimuksistaan kunnonvalvontaraportin STUKille tiedoksi.

Ikääntymisen seurannassa ja hallinnassa hyödynnetään mm. sähkö- ja automaatioteknisten laitteiden huolto-, korjaus- ja muutostöiden palautetietojen seuranta. Sähkö- ja automaatiojärjestelmien, -laitteiden ja -kaapelien todellista kuntoa ja suunnittelu- ja perusteiden mukaista toimintaa seurataan myös käytönaikaisten määräaikaistarkastusten avulla. Loviisan voimalaitoksella on aloitettu VAHAKE-projekti, jonka tarkoituksena on parantaa varaosahallintaan liittyviä menettelyjä nimeketietoihin ja LOMAXin laitetietoihin liittyen. Ikääntymisen hallinnan kehitysprojektissa (LOLTO) taas tavoitteena on parantaa laitoksen ikääntymisen hallintaohjelman ja toimintatapojen (Ageing Management Programmet eli AMP:t) läpinäkyvyyttä ja hallintaa laitos- ja järjestelmätasolla.

Laitoksen turvallisuuden kannalta olennaisten sähköjärjestelmien on arvioitu olevan hyvässä kunnossa. Automaatiojärjestelmien on arvioitu olevan hyvässä kunnossa.

Sähkö- ja automaatiojärjestelmissä on Loviisan voimalaitoksella viime vuosina toteutettu useita erilaisia modernisointihankkeita, joiden syinä ovat olleet esim. alkuperäisen suunnitellun käyttöiän päättymisen, teknologian vanheneminen, teknisen tuen päättymisen ja varaosapuutteet. Modernisointia on tarkoitus jatkaa myös tulevina vuosina.

Sähkötekniikan osalta merkittäviä tarkastelujaksolla toteutuneita modernisointihankkeita ovat olleet mm. pyörivien muuttajakoneiden (ER) uusinta, hätäsisävesijärjestelmän pumppujen (TJ) moottoriuusinnat, hätäsyöttövesipumppujen moottorien (RL92/93) uusinta, varmennettujen sähkökeskusten (EC) tasasuuntaajien uusinta, Vakavan onnettomuuden hallintajärjestelmien (SAM) tasasuuntaajien uusinta, Boorinsyöttöjärjestelmän (TB) taajuusmuuttajien ja moottoreiden uusinta. Pienjännitekeskusten lähtöyksikkökasettien uusinta ja pientaajuusmuuttajien uusinta on aloitettu. Lisäksi varmennettujen (EH, EJ, ES ja ET) keskuksien akustojen varmennusaikaa on kasvatettu kahteen tuntiin.

Varaositilanteen hallitsemiseksi Fortum on käynnistänyt toimenpiteitä keskeisten varaosien saannin turvaamiseksi, esim. hätädieselin generaattorin ja laitossuojausjärjestelmän (YZ) laitealustojen varaosien osalta.

Fortum on toteuttanut lähes kaikki edellisessä määräaikaaisessa turvallisuusarvioinnissa esitetyistä kehityskohteista tai muutoksista sellaisenaan. Avoinna edelleen olevat kohdat ovat mm.:

- Säätosauvojen pientaajuusmuuttajat (LFCPRO projekti) uusittiin LO1:llä vuonna 2020. Poistettavat muuttajat toimivat varaosina LO2:lle. LO2:n pientaajuusmuuttajat on tarkoitus uusida vuonna 2022.
- Normaalin reaktorin sisävesijärjestelmän (TK) taajuusmuuttajien uusintaan tähtäävä muutostyö on meneillään ja asennukset on tarkoitus toteuttaa Loviisa 2:lle vuoden 2022 vuosihuollossa. Loviisa 1:n osalta toteutuksesta ei ole päätöstä.

Sähköjärjestelmiä koskevia tulevia hankkeita ovat mm. 400 V:n pääjakokeskusten 400 V:n lähtöyksikkökasettien uusintaohjelman jatkaminen, EQ-keskusten katkaisijoiden uusinta, pääkeskusten katkaisijalähtöjen apureleiden uusinta ja MONU UPS-laitteiden uusinta. EK-tasasuuntaajien uusintaan tähtäävä projekti ja Loviisa 1:n dieselautomaation uusintaprojekti (DAUT) on aloitettu. Latauskoneiden modernisaatioprojekti on käynnistetty uudelleen.

Automaation uudistus jatkui vuosina 2016–2018 alkuperäistä suunnitelmaa suppeammassa laajuudessa projektina ELSA, jossa molemmilla laitossyksiköillä korvattiin laitoksen alkuperäisiä automaatiojärjestelmiä uusilla käyttöön otetuilla järjestelmillä:

- turvallisuusluokassa 2: Reaktorin pikasulkujärjestelmä (RTS) ja Ulkoinen neutronivuon mittaussjärjestelmä (NFS).
- turvallisuusluokassa 3: Ehkäisevä laitossuojajärjestelmä (PAIS, primääri- ja sekundääripiirin turvallisuustoiminnot), Kiehumavarajärjestelmä (PAIS-RBM), Reaktorin tehonrajoitinjärjestelmä (RPLS), Onnettomuudenhallinnan priorisointijärjestelmä (AMPS) ja Reaktorin pikasulku- ja laitossuojajärjestelmien manuaalinen varmennus (MBS),
- luokassa EYT/STUK ja EYT: Reaktoripikasulun automaattinen varmennus (ABS) ja Reaktorin tehonsäätöjärjestelmä (RPCS) ja EYT luokan järjestelmä In-Core Measurement System (ICMS)

Loviisa 1 ja 2 -yksiköiden valvomoihin tehtiin muutoksia automaation uudistuksen eri vaiheissa. Päävalvomoissa on otettu käyttöön langoitettulla konventionaalisella mosaiikkitekniikalla toteutettu ohjaus-/valvontapaneeli (back-up paneeli käytettävissä taapahtumaluokissa DBC 3 ja - 4 sekä DEC A ja -B).

Prosessitietokonejärjestelmän (PTK) uusinta alkoi vuonna 2017, ja se on suunniteltu päättyväksi vuonna 2023. PTK:n uusinnan tavoitteena on 20 vuoden käyttöikä.

Muista merkittävistä automaation perusparannushankkeista on esimerkkinä laitossuojajärjestelmän osittaisen uudistuksen toteutus molemmilla Loviisan ydinvoimalaitossyksiköillä vuosihuollossa 2021 ja em. Loviisa 1:n dieselautomaation uudistus, joka on suunniteltu saatettavaksi päätökseen vuonna 2023.

Mikäli laitoksen käyttö lupaa jatkettaisiin, osa pääkiertopiirin ja pääkiertopumppujen onnettomuusolosuhteisiin tarkoitetuista lämpötila-antureista tulisi uusia, koska niiden kelpuutettu käyttöikä päättyy nykyisen käyttö lupajakson lopussa. Jatkon kannalta haasteena on myös turvallisuus- ja käyttöautomaation ikääntymisen hallinta.

Käyttökokemukset ovat toistaiseksi osoittaneet, että Loviisa 1 ja Loviisa 2 ydinvoimalaitossyksiköiden sähkö- ja automaatiolaitteiden ja kaapelien ikääntymisilmiöt on hallittu ongelmakohteiden tehostetulla kunnossapidolla ja modernisointihankkeilla. Fortumin sähkö- ja automaatioasiantuntijoiden tekemien selvitysten mukaan laitoksen sähkö- ja automaatiojärjestelmät sekä niiden laitteet ja kaapelit ovat tällä hetkellä käyttökuntoisia oikein ajoitettujen ja kohdennettujen ikääntymisen hallintatoimenpiteiden ansiosta.

Jatkuvilla ikääntymisen hallinnan toimenpiteillä, kuten käyttökunnon seurannalla sekä oikea-aikaisilla järjestelmä- tai laitteistousinnoilla, on Fortumin mukaan

tavoitteena säilyttää edellytykset turvalliseen sähkön tuotantoon koko laitoksen käyttöajan ajan.

STUK valvoo jatkuvasti Fortumin sähkö- ja automaatiolaitteiden ja kaapelien ikääntymisen hallintaohjelman asianmukaisuutta esim. seuraamalla käyttötapauksia, tarkastamalla ikääntymisraportteja sekä arvioimalla ikääntymisen hallintaa käytön tarkastusohjelman tarkastustensa yhteydessä. Ottaen huomioon Fortumin suunnitelmassaan laitoksen turvallisuuden parantamiseksi esittämät toimenpiteet koskien automaatiouudistusta ja sähkö- ja automaatiolaitteiden käyttöajan hallinnan kehittämistä on ikääntymisen hallinta tällä alueella toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 5 § mukaisesti.

### 2.3.3 Rakennustekniikka

Ohjeen YVL A.8 ydinlaitoksen ikääntymisen hallintaa koskevien vaatimusten lisäksi ohjeessa YVL E.6 esitetään yksityiskohtaisia vaatimuksia betoni- ja teräsrakenteille mukaan lukien määräaikaistarkastukset sekä korjaus- ja muutostyöt. STUK valvoo tätä toimintaa tarkastaessaan Fortumin vastaavaa suunnittelua, kunnonvalvontaa, korjaus- ja muutostöitä sekä laitoksen käyttötoimintaa. Loviisan voimalaitoksen rakennukset kuuluvat ikääntymisen hallinnan luokkiin A, B ja C.

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden rakennusten ja rakenteiden kunnon seuranta perustuu rakennustekniisiin määräaikaistarkastuksiin sekä vikailmoituksiin perustuviin huolto- ja korjaustoimenpiteisiin. Tarkastettavia kohteita ovat turvallisuuden ja laitoksen yleisen toiminnan kannalta tärkeät rakennukset, rakenteet ja pinnoitteet laitoksen ohjeiston mukaisesti. Fortum on laatinut erilliset tarkastusohjelmat tietyille rakennusosille, kuten suojarakennukselle, merivesikanaville sekä altaiden teräsvuorauslevyrakenteille.

Teräsrakenteisen suojarakennuksen kunnonvalvonta on keskittynyt ajanjaksolla 2011–2020 kantavien teräsrakenteiden ankkurointien ja jäykisterenkaiden korroosion seurantaan sekä läpivientien ja sulkujen tiiveyteen. Nykyarvion mukaan suojarakennuksen eheyden kannalta (mahdollisessa ylipainetilanteessa) tärkein kohde on ankkuriruuviin murtuminen korroosion seurauksena. Fortum on luopunut ruuvien korroosiota suojaavasta sinkityksestä ja uusien varaosien valmistus on käynnistetty. STUK on aiemmissa tarkastuksissaan todennut, että ankkuriruuviin kunnonvalvonnan menettelyt ovat riittäviä, eikä oleellista kunnon heikentymistä ole havaittu. Kupolin ja sylinteriosan teräslevyt sekä kulkuaukot ja läpiviennit on päästy tarkastamaan seurantajaksolla ja kohteet täyttävät tarkastusvaatimukset. Suojarakennuksen tason +9.60 ja reaktorikuopan vuorauslevyt ovat betonirakenteiden sisällä, ja niiden kuntoarvio perustuu vuonna 1996 betonirakenteisiin porattujen reikien kautta tehtyihin tarkastuksiin. Korroosioherkkien rakenteiden olosuhteita seurataan lämpötila- ja kosteusmittauksilla ja altaiden tiiveyttä vuodonkeruujärjestelmien mittausten avulla. Suojarakennuksen tarkastuskohteet ovat kattavat rakenteen käyttökuntoisuuden varmistamiseksi. Merkittäviä vaurioita ei ole havaittu, ja suojarakennusten nykyinen kunto on Fortumin mukaan hyvä. Laitoksen käytöstä ei myöskään aiheudu merkittävää kuormitusta, ja tiiveyskokeet ovat osoittaneet, että Loviisan molempien laitosyksiköiden suojarakennukset täyttävät niille asetetut vaatimukset.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Fortum on tunnistanut voimalaitosrakennusten ikääntymismekanismit kattavasti ja tutkimuksia mekanismien ymmärtämiseksi on jatkettu. Alkali-kiviainesreaktion mahdollista esiintymistä merivesikanavissa on selvitetty, ja säteilylle altistuvien betonirakenteiden kunnan arviointi myös pidemmälle (70 vuoden) käyttöiälle on käynnissä. Fortumin mukaan haitallisen ikääntymisen kriittisimpiä rakennusteknisiä kohteita ovat merivedelle alttiit rakenteet ja perustukset.

Loviisan voimalaitosrakennusten oleellisia ikääntymisen hallinnan korjaus- ja muutostöitä olivat vuosina 2014-2020 molempien ydinvoimalaitosyksiköiden päävalvomon uusi vesitiivis teräsrakenteinen välikatto, merivesipumppaamojen 1 ja 2 VA-kammioiden välipohjien tuenta uusilla betonirakenteilla ja Loviisa 2 ydinvoimalaitosyksikön merivesipumppaamolta johtavan merivesitunnelin kattorakenteiden uusinta ja tilan olosuhteiden parantaminen. Fortumin mukaan rakennukset tai rakenneosat tarvitsevat mahdollisesti peruskorjausta seuraavien 10 vuoden aikana ja esim. Loviisa 1 ydinvoimalaitosyksikön reaktorirakennuksen vesikatto uusitaan vuonna 2022.

STUK edellytti arvionsa yhteydessä (STUK 7/A42215/2021) Fortumilta polttoainealaiden ikääntymisen hallintaan koskevaa selvitystä (STUK 14/A42215/2021). Reaktorirakennuksen ja käytetyn polttoaineen varastojen teräsvuoratut altaat kuuluvat laitoksen määräaikaistarkastusten laajuuteen ja altaat on varustettu vuorauslevyjen vuototilanteet ja vuotoalueen tunnistavalla vuodonkeruujärjestelmällä. Altaiden kansista irtoavat korroosiotuotteet on tunnistettu eniten käyttökuntoisuutta mahdollisesti heikentäväksi tekijäksi ja esiintyneet epäpuhtaudet on poistettu yleensä hiomalla. Fortumin kehitystoimenpiteet keskittyvät altaiden puhtaanapidon parantamiseen ja altaiden kannet on tarkoitus pinnoittaa uudelleen lähivuosina. Loviisa 1 reaktorirakennuksen latausaltaassa 10TG30B0003 on esiintynyt säännöllistä, mutta suhteellisen vähäistä vuotoa ainakin vuodesta 2008. Latausaltaan määräaikaistarkastuksia ei ole suunniteltu tehtävän tyhjänä, vaan pinnan alapuoliset rakenteet tarkastetaan luokse päästävien kohteiden osalta optista apuvälinettä käyttäen. Käyttökuntoisuuden arviointi perustuu tarkastusten lisäksi vuotomäärien seurantaan, vuotovesien analysointiin ja rakenteiden kuntoa mahdollisesti heikentävien ikääntymismekanismien tunnistamiseen. Loviisa 2 reaktorirakennuksen altaissa ei vuotoja ole käytännössä ollut ja koko laitoshistorian aikana vuotoja on esiintynyt kahdesti varastointialtaassa 20TG90B0004 sekä vuonna 2021 altaissa 20TG71B001 ja 20TG72B001, joiden onnistuneet korjaustyöt valmistuivat vuoden 2022 alussa. Fortum on lisäksi tutkinut käytetyn polttoaineen varastoalaiden betonirakenteiden pitkäaikaiskestävyyttä. Altaiden teräsvuorauksen korroosiokestävyyden taso on hyvä ja toimenpiteet käyttökuntoisuuden todentamiseksi ovat riittäviä, eikä altaita ympäröivien betonirakenteiden kunnossa ole havaittu vesitiiveyttä vaarantavia muutoksia. STUKin valvonnan perusteella Fortumin suorittaman voimalaitosyksiköiden käytön aikaisen rakennevalvonnan ja rakennusteknisen ikääntymisen hallinnan toimenpiteet ovat riittäviä ja huomioivat turvallisuusmerkityksen. Tarkastusten suorittaminen on prosessimaista ja tulosten raportointi jäljitettävää.

STUKin näkemys on, että Loviisan ydinvoimalaitoksen betoni- ja teräsrakenteiden ikääntymisen hallinta on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 5 § mukaisesti.

### 2.3.4 Johtopäätös (5 §)

STUKin arvion mukaan Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden ikääntymisen hallinta on järjestetty asian turvallisuusmerkityksen edellyttämällä tavalla. Laitososa valvotaan tarkastuksilla, koestuksilla, analyysillä ja muilla vastaavilla tavoilla, joilla saadaan tietoja ja ennusteita niiden käyttökuntauisuudesta. Käyttökuntauisuuden valvonnalle, valituille kunnossapitostrategioille sekä perusparannustöille on asetettu tavoitteeksi laitososien eheyden ja toimintakyvyn ylläpitäminen suunnitteluperusteiden mukaisina laitosyksiköiden käytöstä poistoon asti.

Viime vuosina on ilmennyt joitakin laitostapahtumia, joiden syynä on ollut laitososan rakenteellisen tai toiminnallisen ominaisuuden heikkeneminen fyysisen ikääntymisen vaikutuksesta. Laitososien teknologista ikääntymistä on myös havaittu erityisesti varaosapuutteina. Johtopäätös on kuitenkin se, että Loviisan ydinvoimalaitoksen ikääntymisen hallinta on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 5 §:n tarkoittamalla tavalla. STUK seuraa laitosyksiköiden ikääntymisen hallinnan tuloksellisuutta käyttölupajaksojen loppuun asti muun valvontatyönsä yhteydessä.

Ikääntymisen hallinnassa on käyttökuntauisuudesta varmistumisen lisäksi tavoitteena erityisesti tunnistaa laitoksen kuntoon vaikuttavia ikääntymisilmiöitä ennakoivasti. Laitoksen todellisesta tilanteesta saadaan tietoa mm. mittauksilla, testauksilla ja koestuksilla, ja niiden tulosten perusteella STUK seuraa Fortumin toimenpiteitä laitosturvallisuuden varmistamiseksi.

### 2.4 Turvallisuuteen liittyvien inhimillisten tekijöiden hallinta (6 §)

- Turvallisuuteen liittyviä inhimillisiä tekijöitä on hallittava systemaattisin menettelyin ydinlaitoksen koko elinkaaren ajan. Inhimilliset tekijät on otettava huomioon ydinlaitoksen ja sen käyttö- ja kunnossapitotoiminnan sekä käytöstäpoiston suunnittelussa tavalla, joka tukee työn laadukasta toteutusta ja varmistaa sitä, että ihmisen toiminta ei vaaranna laitoksen turvallisuutta. Inhimillisten virheiden välttämiseen, havaitsemiseen, vaikutusten rajaamiseen ja korjaamiseen on kiinnitettävä huomiota.*

STUKin määräyksen 6 §:n vaatimustaso on muuttunut viimeisimmässä päivityksessä. Turvallisuuteen liittyvien inhimillisten tekijöiden hallinta edellyttää luvanhaltijalta systemaattisia menettelyitä inhimillisten tekijöiden hallitsemiseksi laitoksen suunnittelussa. Lisäksi inhimilliset tekijät tulee ottaa huomioon sekä mahdollistavalla tavalla että inhimillisten virheiden todennäköisyyttä vähentävällä tavalla. Tarkempia vaatimuksia inhimillisten tekijöiden hallinnasta esitetään mm. ohjeessa YVL B.1 (vaatimukset 458a ja b), jonka vaatimustaso on myös muuttunut 2019 päivityksessä: Inhimillisten tekijöiden hallinnan suunnittelussa (Human Factors Engineering, HFE) tulee kohdistua kaikkiin turvallisuudelle tärkeisiin järjestelmiin ja niihin kohdistuviin muutoksiin ei ainoastaan valvomomuutoksiin. HFE-ohjelmaa ja -menettelyitä tulee käyttää käyttö-, kunnossapito, testaus- ja tarkastustöiden luotettavuuden varmistamiseen muutostöiden yhteydessä.

Muita inhimillisten tekijöiden hallinnan osa-alueita (esim. osaamisen hallinta) käsitellään pääosin määräyksen STUK Y/1/2018 25 §:n käsittelyn yhteydessä.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Fortum selvittää käyttötapahtumiin liittyviä inhimillisiä tekijöitä tutkiessaan tapahtumien syitä ja syntyyn vaikuttaneita tekijöitä. STUK on arviointijaksolla havainnut vaihtelevuutta siinä, kuinka usein kyseinen arviointi sisällytetään tapahtumien tutkintaan. Valvonnan perusteella STUK edellytti päätöksellä 5/A45551/2020 Fortumia systematisoimaan käytäntönsä arvioida ihmisen ja organisaation erityisosaamisen käyttötarve tutkinnoissa. Fortumin käytäntö on, että ihmisen ja organisaation toiminnan arviointi tehdään aina niissä merkittävimmissä tutkinnoissa, joista lähetetään raportti STUKiin. Lisäksi ihmisen ja organisaation erityisasiantuntija osallistuu tutkinnojen aloituspalaveriin, joissa suunnitellaan tutkinta ja määritellään tutkinnassa tarvittava osaaminen. Fortumin ohjeissa kuvattu menettely täyttää määräyksen STUK Y/1/2018 6 §:n vaatimustason. Menettelyn vaikuttavuutta käsitellään määräyksen 21 §:n käsittelyn yhteydessä.

Fortumin käytäntönä on ollut hyödyntää HFE-menettelyitä valvomossa sijaitseviin turvallisuusluokiteltujen järjestelmien käyttöliittymiin kohdistuvissa muutostöissä. Näissä töissä Fortum ottaa inhimilliset tekijät huomioon suunnitelmallisesti. Varsinaista HFE-ohjelmaa ei ole laadittu ohjaamaan suunnittelutyötä, mutta HFE-menettelyjä on valvomoa koskevissa muutoksissa hyödynnetty kattavasti (esim. ELSA-projektiin liittyvät muutokset). Valvomosuunnittelusta vastaa Fortumin yksikkö E&P. HFE-menettelyitä ei käytetä valvomossa käytettävien tietojärjestelmien kuten laitostietojärjestelmä (LOMAX) ja prosessitietokone (PTK) kehittämisessä. STUK näkee tämän puutteena inhimillisten tekijöiden hallinnan menettelyissä. STUK on valvonnassaan päätöksellä STUK 1/A45201/2021 edellyttänyt Fortumia määrittämään prosessitietokoneen käyttöliittymien kehittämisen ja ylläpidon vastuut, jotta HFE-menettelyjen käyttö erilaisissa PTK-muutoksissa tulisi systemaattisesti käsitellyksi. Vastineessaan ko. päätökseen Fortum toteaa, että nimenomaisesti PTK:n käyttöliittymien kehittämisen ja ylläpidon vastuihin ei katsota tarvittavan muutosta, mutta että HFE:n käyttöä yleisesti on ohjeistettu menettelytapatasolla (Ohje MO-09-00001) Ohjemuutoksen perusteella HFE:n käytön tarve arvioidaan aina ml. ns. vähäisissä muutostöissä. STUK näkee ohjemuutoksen ohjaavan Fortumin toimintaa oikeaan suuntaan suunnittelun keinoin toteutettavan inhimillisten tekijöiden hallinnan suhteen. STUK seuraa ohjemuutoksen vaikuttavuutta osana jatkuvaa valvontaa.

Uudistetun säännösten vaatimustaso HFE-menettelyiden käytöstä myös muissa kuin valvomoon liittyvissä turvallisuuden kannalta tärkeitä järjestelmiä koskevissa laitosmuutoksissa ei täyty. STUK on edellyttänyt Fortumilta lisätoimia ohjeen YVL B.1 täytäntöönpanon (28/0002/2020) yhteydessä. Lisäksi yksittäisenä tapauksena STUK on valvonut HFE-menettelyiden hyödyntämistä latauskoneen uusinnassa ja edellyttänyt päätöksellä 1/A43713/2020 Fortumia tarkentamaan HFE-menettelyitään kyseisessä projektissa. STUKin näkemyksen mukaan edellisessä kappaleessa kuvattu menettelytapamuutos on luonteeltaan sellainen, että ohjeen YVL B.1 vaatimuksen 458 b vaatimustaso on mahdollista täyttää. STUK seuraa menettelytapamuutoksen toimeenpanoa osana jatkuvaa valvontaa. Lisäksi STUK on todennut HFE-osaamisen olevan laitoksella puutteellista ja edellyttänyt päätöksellä (5/A45551/2020) Fortumilta lisätoimia osaamisen parantamiseksi. Fortum on laatinut osaamisen kehittämisen suunnitelman, jonka mukaisesti osaamista aletaan systemaattisesti kehittää vuoden 2021 aikana. Vaikka Fortumin E&P-yksikössä on hyvä HFE-osaamisen taso, riittävä osaaminen myös laitoksella on välttämätöntä, jotta eri laitosmuutosten tarpeet HFE-ohjelman käytölle voidaan tunnistaa oikea-aikaisesti.



Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Human Performance (HuP) -menettelyiden osalta Fortum on tehnyt merkittävää kehitystyötä edellisen turvallisuusarvioinnin jälkeen. Koko henkilöstö on koulutettu inhimillisten tekijöiden hallintaan perustasolla, ja Fortum on jatkanut suorittavan työn luotettavuuden varmistamisen parantamista vastuuttamalla linjaorganisaatiota kehittämään ja ohjeistamaan HuP-menettelyiden käyttöä omassa toiminnassaan. Työ on edennyt, mutta toteutus on ajoittain viivästynyt suunnitellusta aikataulusta, ja pitkäjänteisyys on kärsinyt henkilövaihdoksista. Yksiköt ovat määritelleet HuP-menettelyiden soveltamisen käytäntöjä omaan työhönsä vaihtelevasti. Fortum on kehittänyt mitaristoon perustuvaa seurantaa HuP-menettelyiden käytön kattavuudesta ja vaikuttavuudesta.

Sekä kunnossapitotyön että käyttövuorojen suorittaman prosessinohjaustyön osalta Fortumilla on menettelyitä inhimillisten tekijöiden hallintaan: osaamisesta ja henkilöstön suorituskyvystä huolehditaan mm. systemaattisilla koulutusohjelmilla ja henkilöstöhallinnon menettelyin, työ on hyvin pitkälle ohjeistettua ja työssä käytetään HuP-menettelyitä soveltuvin osin. Käyttövuorojen työvälineiden osalta voidaan myös todeta edellä mainittu seikka, että suunnittelussa käytetään HFE-menettelyitä sikäli, kun suunnittelu kohdistuu niihin järjestelmiin, joiden turvallisuusvaikutus on suora ja ilmeinen.

Inhimillisten tekijöiden hallinnan menettelyiden vaikuttavuus ei aina ole suoraan pääteltävissä. Yksi indikaattori menettelyiden vaikuttavuudesta on se, että inhimillinen tekijä on lukumääräisesti merkittävin yksittäinen välitön syytekijä Fortumin raportoiduissa käyttötapauksissa ja turvallisuushavainnoissa. Tarkemman erittelyn perusteella parannettavaa on erityisesti kommunikaatiossa, ohjeistossa, työkäytännöissä sekä työn suunnittelussa. Osaltaan tulos kertoo siitä, että Fortum selvittää ja tunnistaa inhimillisiä virheitä, mutta lisäksi STUK päättelee tiedon perusteella, että ihmisen toiminnan luotettavuuden parantamiseen tulee edelleen panostaa ja inhimillisten tekijöiden hallinnan menettelyitä kehittää paremmiksi ja kattavammiksi.

Ihmisen toiminnan epäonnistumisen vaikutusta laitoksen turvallisuuteen arvioidaan PRA:n avulla (HRA, Human Reliability Analysis). PRA:ssa inhimilliset virheet jaetaan kolmeen ryhmään: a) toiminnot ja toimintovirheet, jotka tehdään ennen alkutapahtumaa, b) alkutapahtuman aiheuttavat toimintovirheet ja c) toiminnot ja niissä tehdyt virheet alkutapahtuman jälkeen. Näistä viimeisin ryhmä on merkittävin varsinkin seisokitilojen skenaarioissa. Fortumin tapa käyttää PRA:ta käyttö- ja kunnossapitotoiminnan kehittämiseksi vastaa hyvää kansainvälistä käytäntöä. PRA:n tulosten perusteella PRA-mallia on tarkennettu ja ohjeisto- tai laitosmuutoksia on toteutettu riskien pienentämiseksi.

Fortum on omassa turvallisuuskulttuurin ja johtamisen arviossa todennut yhdeksi jatkuvan parantamisen kehittämiskohteeksi inhimillisten tekijöiden kokonaisvaltaisen hallinnan. Kehityskohteen taustalla on Fortumin toiminnassaan tunnistama aihealueen osittainen jäsentymättömyys sekä käsittelyn pirstaleisuus. Fortum toteaa, että modernia käsitystä inhimillisten tekijöiden luonteesta sekä merkityksestä laitoksen turvallisuuteen ei ole laitoksella omaksuttu. Tämä ilmenee esim. ihmisen toiminnan perinteisenä ja osittain pinnallisena käsittelynä poikkeamien ja käyttötapauksien selvittämisessä. Tilanteen parantamiseksi Fortum on määritellyt kehitystoimia: inhimillisten tekijöiden hallinnan kokonaisuutta koordinoivan roolin perustaminen; HFE-

osaamisen lisääminen. STUK seuraa kehitystoimien vaikuttavuutta osana normaalia valvontaa.

#### **2.4.1 Johtopäätös (6 §)**

Loviisan ydinvoimalaitoksella on käytössä määräyksen STUK Y/1/2018 6 §:n tarkoittamia systemaattisia menettelyitä inhimillisten tekijöiden hallitsemiseksi.

Fortum selvittää käyttötapahtumiin liittyviä inhimillisiä tekijöitä tutkiessaan tapahtumien syitä ja syntyyn vaikuttaneita tekijöitä. Fortumin ohjeissa kuvattu menettely täyttää STUK Y/1/2018 6 §:n vaatimustason.

Fortumin menettely arvioida ihmisen toiminnan epäonnistumisen vaikutukset laitoksen turvallisuuteen täyttää STUK Y/1/2018 6 §:n vaatimustason.

Fortum käyttää suorittavan työn inhimillisten tekijöiden hallinnan menettelyitä (HuP) sekä kunnossapidon että käytön työtehtävissä tavalla, joka täyttää STUK Y/1/2018 6 §:n vaatimustason.

Fortum käyttää inhimillisten tekijöiden hallinnan menettelyitä suunnittelussa (HFE) lähinnä valvomosuunnittelussa turvallisuusluokiteltujen järjestelmien käyttöliittymien osalta, mutta uudistetun säännösten vaatimustaso ei täyty muiden laitosmuutosten osalta. STUK on edellyttänyt Forumilta toimia ohjeen YVL B.1 täytäntöönpanossa (28/0002/2020) ja Fortum on päivittänyt ylätason laitosmuutosohjetta HFE:n käytön osalta. STUKille ei vielä ole muodostunut käsitystä ohjemuutoksen vaikuttavuudesta. Lisäksi voimalaitosorganisaation osaamistaso suunnittelussa käytettävistä inhimillisten tekijöiden hallinnan menettelyistä (HFE) ei ole riittävä varmistamaan, että menettelyitä käytetään systemaattisesti ja turvallisuusmerkityksen mukaisesti erilaisissa laitosmuutoshankkeissa. Fortum on laatinut osaamisen kehittämisen suunnitelman, jonka perusteella systemaattinen osaamisen kehittäminen on aloitettu syksyllä 2021. STUK seuraa sekä ohjemuutoksen että osaamisen kehittämisen toimenpiteiden toteutumista ja vaikuttavuutta osana jatkuvaa voimalaitoksen käytön valvontaa.

Fortumin inhimillisten tekijöiden hallinnan osa-alueiden voidaan katsoa täyttävät STUKin määräyksen Y/1/2018 § 6:n ottaen huomioon Fortumin aloittamat kehitystoimenpiteet, joista osa on STUKin edellyttämiä ja osa Fortumin itse tunnistamia.

### **3 Säteilyaltistuksen ja radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittaminen (7 §)**

- 1. Ydinlaitoksen työntekijöiden ja ympäristön väestön säteilyaltistuksen rajoittamisesta säädetään ydinenergialain muutoksen (862/2018) 2 a §:n 1 momentin kohdassa 1 ja 7 c §:ssä.*
- 2. Kumottu.*
- 3. Säteilyaltistusta ja radioaktiivisten aineiden päästöjä on rajoitettava ydinlaitoksen tilaja sijoitussuunnittelulla, materiaalivalinnoilla, laitoksen käytön ja käytöstäpoiston työtapojen suunnittelulla sekä järjestelmien, rakenteiden, laitteiden, erityisten säteilysuojien ja työntekijöiden varusteiden avulla.*



### 3.1 Ydinvoimalaitoksen työntekijöiden säteilyturvallisuus

Euroopan Unionin säteilyturvallisuusdirektiivi (2013/59/Euratom) eli BSS-direktiivi (Basic Safety Standards) on kansallisesti pantu täytäntöön säteilylailla (859/2018) ja sen nojalla annetuilla valtioneuvoston ja ministeriön asetuksilla sekä STUKin määräyksillä. Ydinenergialain (990/1987) 2 a §:ssä säädetään säteilylain soveltamisesta ydinenergian käytössä. Säteilysuojelun yleiset periaatteet (oikeutus, optimointi ja yksilönsuoja) on esitetty säteilylain 5–7 §:ssä. Yksityiskohtaisemmat tekniset vaatimukset on kuvattu viranomaisohjeissa.

Fortum on määrittänyt säteilylain (859/2018) 27 §:n mukaisesti ydinenergian käyttöä koskevat säteilytoiminnan luokitukset työperäiselle säteilyaltistukselle ja väestön altistukselle, joiden molempien osalta luokka on 1. Fortum on esittänyt luokitukset perusteltuina turvallisuusselosteen luvussa FSAR 12.1, jonka STUK on hyväksynyt päätöksellä 6/A42242/2020, 17.11.2020. Luokituksissa on otettu huomioon ydinvoimalaitoksen normaalista toiminnasta aiheutuva säteilyaltistus sekä häiriö- ja onnettomuustilanteista aiheutuva potentiaalinen altistus.

Säteilyaltistuksen suhteen on noudatettava optimointiperiaatetta eli ns. ALARA-periaatetta (As Low As Reasonably Achievable). Valtioneuvoston asetuksen ionisoivasta säteilystä (1034/2018) 13 §:n mukaan säteilytyöstä työntekijälle aiheutuva efektiivinen annos ei saa olla suurempi kuin 20 mSv vuodessa. Silmän mykiön ekvivalenttiannos ei saa olla suurempi kuin 100 mSv viiden peräkkäisen vuoden ajanjaksona eikä minkään yksittäisen vuoden aikana yli 50 mSv. Käsien, jalkojen tai ihon minkään kohdan ekvivalenttiannos ei saa olla suurempi kuin 500 mSv vuodessa.

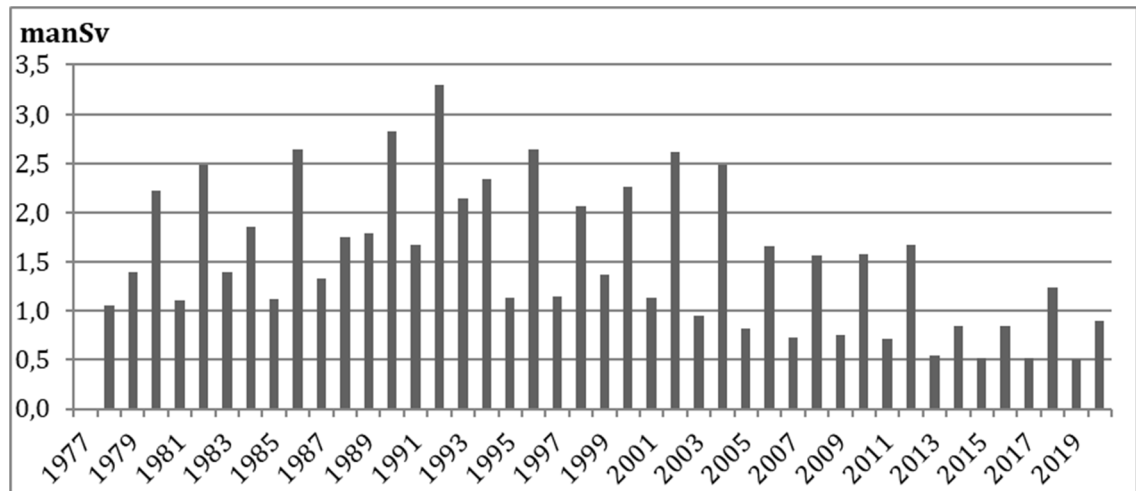
Molempien laitossyksiköiden annosnopeustasot ovat pysyneet viime vuosina maltillisina. Loviisa 2 -yksiköllä vuonna 1994 tehdyn koko primääripiirin kemiallisen dekontaminoinnin jälkeen annosnopeudet höyrystintilassa alenivat merkittävästi ja vakiintuivat Loviisa 1 -laitossyksikön tasolle. Eri radioaktiivisten nuklidien osuutta seurataan molemmilla laitossyksiköillä säännöllisesti. Viimeisien vuosien aikana tietyt neutronisäteilyn vaikutuksesta syntyvät aktivoitumistuotteet (Co-60, Co-58, Sb-124, Sb-122 ja Ag-110m) ovat olleet merkittäviä annosnopeutta aiheuttavia nuklideja primääripiirin komponenteissa. Fortum paikallisti antimoinin (Sb) lähteeksi pääkiertopumppujen ns. Burgmann-tiivisteet ja päätti uusia nämä vuosina 2013–2014 tiivisteillä, joissa ei ole antimonia. Mittausten perusteella on voitu todeta primääripiirin antimoinitasojen alentuneen toimenpiteen ansiosta.

Fortum on kiinnittänyt myös huomiota hopean (Ag) määrän pienentämiseen molempien laitossyksiköiden primääripiireissä sekä kartoittanut laitosten mahdollisia hopealähteitä ja suunnitellut korvaavia materiaalivalintoja viime vuosien aikana. Lisäksi vuonna 2019 Fortum toteutti molemmilla laitossyksiköillä primääripiirin veden puhdistusjärjestelmän (TC50) muutoksen, jolla primäärijäähdytettä voidaan puhdistaa radioaktiivisista aineista vuosihuollossa myös pääkiertopumppujen ollessa pysäytettyinä, minkä odotetaan alentavan primääripiirin veden radioaktiivisuustasoa erityisesti vuosihuollon aikana.

Työntekijöiden säteilyannoksiin vaikuttavat oleellisesti säteilyannosnopeuksien lisäksi vuosihuoltojen laajuus ja niissä tehtävien huoltotöiden määrät, ml. laitteiden vanhenemisesta johtuvien kunnostustöiden määrä ja erityyppisten muutostöiden teko.

Viime vuosien aikana työntekijöiden säteilyannoksissa on ollut havaittavissa aleneva trendi. Vuoden 1996 jälkeen yli 20 mSv:n vuosiannoksia ei Loviisan voimalaitoksella ole kertynyt yhdellekään työntekijälle. Suurin henkilöannos vuonna 2020 oli 11,7 mSv ja 6,8 mSv vuonna 2019. Fortumin ALARA-ohjelmassa on asetettu työntekijöiden vuosiansiannon annosrajoitukseksi 13 mSv, joka on ollut voimassa vuodesta 2017 alkaen. Vuosina 2003–2016 annosrajoitus oli 15 mSv. Säteilytyöntekijöiden annosten keskiarvo oli 0,7 mSv vuonna 2020 ja 0,4 mSv vuonna 2019.

Kuvassa 1 on esitetty Loviisan voimalaitoksen työntekijöiden vuosittaisen kollektiivisen säteilyannoksen kehittyminen vuodesta 1977 lähtien. Loviisan laitosyksiköiden kollektiiviset säteilyannokset ovat nykyisin suunnilleen samaa luokkaa kuin vastaavilla ulkomaisilla sisarlaitoksilla. Viime vuosina tehdyillä parannuksilla on saatu alennettua annosnopeuksia laitosyksiköillä. Tämä näkyy erityisesti parillisten vuosien säteilyannoksissa, koska näissä vuosihuolloissa tehdään kaikki laajemmat tarkastukset ja muutostyöt.



Kuva 1. Työntekijöiden vuosittaiset kollektiiviset säteilyannokset Loviisan voimalaitoksen käytön alusta lähtien.

Loviisan voimalaitoksen annosmittauspalvelu on hyväksytty (päätös STUK 8/A41302/2020, 30.3.2021) säteilylain mukaisesti. Hyväksyntä on voimassa toistaiseksi. Annosmittauspalvelun on todettu täyttävän säteilylain 60 §:n asettamat vaatimukset. Edellinen hyväksyntä tehtiin 4.4.2016 viideksi vuodeksi vanhan säteilylain mukaisesti.

Säteilylain 28 § edellyttää, että toiminnanharjoittaja nimeää säteilyturvallisuusvastaavan (STV) ja tarvittaessa tälle sijaisen. STV:n tehtävänä on huolehtia toiminnanharjoittajan apuna säteilysuojelun toteuttamisesta. Fortum on nimennyt STV:n ja tälle kaksi sijaista ydinenergian käyttöön (STUKin päätös 1/A41114/2019, 6.5.2019).

Säteilylain 32 §:n mukaan toiminnanharjoittajan on käytettävä säteilyturvallisuusasiantuntijaa (STA) työntekijöiden ja väestön säteilysuojelun suunnittelussa, toteutuksessa ja seurannassa. Ydinenergian käytön osaamisalalla Fortumilla on käytettävissään useita STA-pätevyden omaavia henkilöitä.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Fortum on tehnyt vuonna 2018 itsearvioinnin alfakontaminaation esiintymisestä laitoksella ja tarvittavista alfasäteilymittauksista. Työn lopputuloksena Fortum on laatinut ohjeen S-03-00044, jossa kuvataan alfakontaminaation seuranta- ja hallintaohjelma.

Fortum on arvioinut vuosina 2019–2020 laitoksen ALARA-periaatteen mukaisen toiminnan ja uudistanut ALARA-toimenpideohjelmansa 23.12.2020 (LO1-K940-00084). Päivitetty ohjelma täyttää ohjeen YVL C.2 vaatimuksen 309. Ohjelmassa on mm. asetettu Loviisan voimalaitoksen kollektiivisen säteilyannoksen annosrajoitus vuoden 2021 alusta alkaen arvoon 0,6 manSv kahden peräkkäisen vuoden keskiarvona laitosyksikköä kohden.

Vuosien 2020–2021 aikana Fortum on löytänyt ulkoalueen mittauksissaan voimalaitoksen piha-alueelta muutamia radioaktiivisia partikkeleja. Vastaavia havaintoja on tehty myös vuosina 2006 ja 2010. Fortum on suunnitellut tarvittavat toimenpiteet ja aloittanut niiden toteuttamisen vastaavien tapahtumien estämiseksi. Lisäksi STUK on kiinnittänyt huomiota tavaroiden ja kuljetusten ulosmittausten kehitystarpeisiin ja kontaminaationhallinnan parantamiseen esittämällä päätöksessä STUK 14/A45551/2021, 19.10.2021 näihin liittyvän vaatimuksen.

Ohjeen YVL C.2 (Ydinlaitoksen työntekijöiden säteilysuojelu ja säteilyaltistuksen seuranta) täytäntöönpanopäätöksen (56/0002/2020) mukaan ohje tuli voimaan 1.3.2021 alkaen Loviisan voimalaitokselle ilman poikkeamia.

Johtopäätöksenä on, että Loviisan ydinvoimalaitoksen työntekijöiden säteilysuojelu ja annosvalvonta on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 7 §:n tarkoittamalla tavalla.

### 3.2 Ympäristön väestölle aiheutuva säteilyaltistus

Ydinvoimalaitoksen käytöstä ympäristön väestölle aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Sovellettavissa olevia optimointiperiaatteita ovat Kansainvälisen säteilysuojelukomission (International Commission on Radiation Protection, ICRP) optimointi- eli ALARA-periaate ja EU:n IPPC-direktiivin BAT-periaate (Best Available Techniques).

Ympäristön väestön säteilyaltistuksen rajoittamista sekä ALARA- että BAT-periaatteiden mukaisesti tarkastellaan Loviisan ydinvoimalaitoksen lopullisessa turvallisuusselosteessa. Fortum on arvioinut YVL-ohjeiden toimeenpanopäätösten yhteydessä BAT-periaatteen täyttymistä Loviisan ydinvoimalaitoksella. STUK on todennut päätöksessään vuonna 2011 (1/A41301/2011, 10.6.2011), että Loviisan ydinvoimalaitoksella täytetään YVL-ohjeissa esitetty vaatimus radioaktiivisten aineiden päästöjen sekä ympäristön säteilytasojen rajoittamisesta BAT-periaatteen mukaisesti. Vuoden 2020 aikana päivitetyn ALARA-ohjelman (LO1-K940-00084, 21.12.2020) mukaan BAT-selvitys katselmoidaan kolmen vuoden välein. Ohjeen YVL C.3 täytäntöönpanopäätöksen (9/0002/2020, 20.8.2020) yhteydessä STUK ei todennut huomauttamista tämän periaatteen täyttymiseen. Fortum on laatinut tilannekatsausraportin BAT-periaatteen mukaisen toiminnan toteutumisesta Loviisan voimalaitoksella (LO1-T365-00026, 21.12.2020). Fortum on asettanut ohjeen YVL C.3 vaatimuksen 322 mukaiset tavoitearvot radioaktiivisille päästöille ja säteilyannoksille (LO1-T364-00079, 30.10.2020).

Johtopäätöksenä on, että Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristön väestön säteilyturvallisuus on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 7 §:n tarkoittamalla tavalla.

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstä, käyttöhäiriöistä ja onnettomuuksista ympäristön väestölle aiheutuvalle säteilyaltistukselle asetettujen enimmäisarvojen alittamista käsitellään luvuissa 3.3–3.5.

### **3.3 Normaalikäytön raja-arvo (YEA 161/1988, 22 b § 1 mom.)**

*Ydinvoimalaitoksen ja muun ydinreaktorilla varustetun ydinlaitoksen normaalista käytöstä väestön yksilön saaman vuosiansiannon rajoitus on 0,1 millisievertiä.*

Ydinenergia-asetuksessa (161/1988) yksilönsuojaa koskeva määräys on toteutettava rinnan säteilyaltistuksen rajoittamista koskevan ALARA-vaatimuksen kanssa (luku 3.1). Ohjeessa YVL C.4 esitetään yksityiskohtaisia vaatimuksia laskentamenetelmille, joilla väestön säteilyaltistusta arvioidaan.

Radioaktiivisten aineiden päästörajat Loviisan ydinvoimalaitokselle on määritelty laitosyksiköiden käyttöä koskevissa turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa. Rajat on määritelty erikseen ilmakehään tapahtuville radioaktiivisille jalokaasu- ja jodipäästöille ja erikseen meriveteen tapahtuville päästöille. Radioaktiiviselle tritiumille (H-3) on määrätty erillinen nuklidikohtainen päästöraja mereen ja muiden radioaktiivisten aineiden osalta käytetään kokonaisaktiivisuusrajaa. Päästörajojen tarkoituksena on laitosyksiköiden käytöstä johtuvan ympäristön väestön yksilöiden vuotuisen säteilyaltistuksen rajoittaminen selvästi alle ydinenergia-asetuksessa määrätyn rajoituksen 0,1 mSv. Luvanhaltijan on seurattava päästöjä ja laitoksen ympäristössä esiintyviä radioaktiivisia aineita jatkuvasti ja raportoitava normaalia poikkeavista tilanteista viipymättä STUKille.

Radioaktiivisten aineiden päästöjen aiheuttamaa väestön yksilön säteilyannosta laskettaessa tarkastellaan eniten altistuvan ryhmän keskimääräistä säteilyaltistusta. Ryhmä edustaa kuvitteellista ryhmää väestön yksilöitä, joille heidän asuinpaikkansa ja elintapojensa perusteella laskennallisesti arvioidaan päästöistä aiheutuvan suurin säteilyaltistus.

Fortumilla on käytössä Loviisan ydinvoimalaitoksen normaalikäytöstä aiheutuva ympäristön väestön säteilyaltistusta koskevat laskentamenetelmät, jotka vastaavat ohjeen YVL C.4 vaatimuksia.

Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristössä väestön eniten altistuvan yksilön laskennallinen annositouma vuoden 2020 päästöistä oli Fortumin raportoimana 0,18 mikroSv (0,00018 mSv).. Laskennallinen annos on ollut viime vuosina tätä suuruusluokkaa sen jälkeen, kun noin 20 vuotta sitten Loviisan voimalaitoksessa tehtiin cesiumpäästöjä mereen rajoittavat toimenpiteet. Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden radioaktiivisten aineiden päästöt ovat alittaneet selvästi myös turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa asetetut päästörajat. Vertailun vuoksi todettakoon, että keskimääräinen Suomessa luonnonsäteilystä vuosittain yksilölle aiheutuva annos on yli 1 mSv

Loviisan ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöjen valvontaa ja ympäristön radioaktiivisten aineiden ja säteilyn tarkkailua käsitellään luvussa 5.5.

Johtopäätöksenä on, että Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstä ei ole aiheutunut radioaktiivisten aineiden päästöjä, joiden seurauksena ydinenergia-asetuksessa määrätty vuosiansiannon rajoitus 0,1 mSv olisi ylitetty. Odotettavissa on, että Loviisan ydinvoimalaitoksen

vuosittaisista normaaleista radioaktiivisista päästöistä aiheutuva väestön eniten altistuvan yksilön laskennallinen annos pysyy jatkossakin hyvin pienenä.

### 3.4 Odotettavissa olevan käyttöhäiriön raja-arvo (YEA 161/1988, 22 b § 2 mom.)

*Odotettavissa olevan käyttöhäiriön seurauksena väestön yksilön saaman vuosiannoksen rajoitus on 0,1 millisievertiä.*

Yksityiskohtaiset vaatimukset odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden analyyseistä esitetään ohjeessa YVL B.3. Mikäli käyttöhäiriöstä voi aiheutua radioaktiivisten aineiden päästö, tulee päästöstä aiheutuvat säteilyannokset selvittää. Ohjeessa YVL C.4 esitetään yksityiskohtaisia vaatimuksia laskentamenetelmille, joilla väestön säteilyaltistus arvioidaan.

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköitä koskevassa turvallisuusselosteessa esitetään odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä koskevien analyysien kuvaukset. Näitä analyysejä laitoksen käyttäytymisen osalta käsitellään luvussa 2.1.1.

Kompensoitu primääri-sekundäärivuoto (alkutapahtumana höyrystimessä syntyy pieni vuoto primääripiiristä sekundääripiiriin) aiheuttaa analyysin mukaan väestön yksilön annokseksi 0,0005 mSv, joka alittaa ydinenergia-asetuksessa (161/1988) asetetun annosrajoituksen 0,1 mSv. Muiden käyttöhäiriöiden ei odoteta johtavan radioaktiivisten aineiden päästöön, koska polttoaine ei vaurioidu tai laitoksen järjestelmät pystyvät pidättämään vapautuvat radioaktiiviset aineet laitoksen sisällä.

Loviisan ydinvoimalaitoksella ei ole tapahtunut käyttöhäiriöitä, joissa olisi todettu radioaktiivisten aineiden merkittävää päästöjen nousua normaaliin tilanteeseen verrattuna.

Johtopäätöksenä on, että Loviisan ydinvoimalaitoksen odotettavissa olevista käyttöhäiriöistä ei aiheudu päästöä, jonka seurauksena väestön yksilölle aiheutuvat vuotuiset säteilyannokset ylittäisivät ydinenergia-asetuksessa määrätyn rajoituksen 0,1 mSv.

### 3.5 Onnettomuuden raja-arvot (YEA 161/1988, 22 b § 3–6 mom.)

*Väestön yksilön saaman päästöstä aiheutuvan vuosiannoksen rajoitus on luokan 1 oletetuille onnettomuuksille 1 millisievertiä, luokan 2 oletetuille onnettomuuksille 5 millisievertiä ja oletetun onnettomuuden laajenukselle 20 millisievertiä.*

*Ydinvoimalaitoksen vakavasta onnettomuudesta aiheutuvasta radioaktiivisten aineiden päästöstä ei saa seurata tarvetta väestön laajoille suojautumistoimenpiteille eikä pitkäaikaisille laajojen maa- ja vesialueiden käyttörajoituksille.*

*Pitkäaikaisvaikutusten rajoittamiseksi ulkoilmaan vapautuvan cesium-137-päästön raja-arvo on 100 terabecquerelia. Raja-arvon ylittymisen mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.*

*Väestön suojautumistoimenpiteitä onnettomuuden aikaisessa vaiheessa edellyttävän päästön mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.*

Ohjeisiin YVL B.3 ja YVL C.4 sisältyy yksityiskohtaisia vaatimuksia laitoksen käyttäytymistä koskevien onnettomuusanalyysien ja niihin liittyvien päästöjen ja säteilyannosten laskemisesta sekä tulosten hyväksyttävyydestä.

Onnettomuusanalyysit ja niiden laskentamenetelmiä kehitetään koko ydinvoimalaitoksen käytön ajan. Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköitä koskevassa turvallisuusselosteessa esitetään kuvaukset laitosyksiköiden onnettomuusanalyyseistä (käsitellään tarkemmin luvussa 2.1.1). Säteilyaltistusta koskevat Fortumin analyysimenetelmät on kehitetty vuosien kuluessa, ja ne vastaavat ohjeiden YVL B.3 ja YVL C.4 vaatimuksia. Menetelmät sisältävät epätodennäköisiä olettamuksia, jotka todellisuudessa merkitsevät seurausvaikutuksena laskettujen säteilyannosten suuruuden yliarviointia. Edellisen turvallisuusarvioinnin jälkeen Fortum on päivittänyt laajasti päästö- ja annosanalyysijä.

Analyysien mukaan kussakin alkutapahtumaluokassa suurimmat väestön yksilölle aiheutuvat vuosiannokset aiheutuvat erilaisista ja eri kokoisista primääri-sekundääri-annoksista. Analysoituista luokan 1 oletetuista onnettomuuksista eniten säteilyannosta väestön yksilölle aiheutti höyrystimen lämmönsiirtoputken (tuubin) murtuma, luokan 2 oletetuista onnettomuuksista höyrystimen kahden lämmönsiirtotuubin samanaikainen murtuma ja oletetun onnettomuuden laajennuksista kollektorin kannen murtuma.

Luokan 1 oletettujen onnettomuuksien osalta höyrystimen tuubimurtuma aiheuttaa analyysin mukaan väestön yksilön annokseksi 0,18 mSv, joka alittaa ydinenergia-asetuksessa (161/1988) asetetun annosrajoituksen 1 mSv.

Luokan 2 oletettujen onnettomuuksien osalta kahden höyrystimen lämmönsiirtotuubin samanaikainen murtuma aiheuttaa analyysin mukaan väestön yksilön annokseksi 0,24 mSv, joka alittaa ydinenergia-asetuksessa (161/1988) asetetun annosrajoituksen 5 mSv.

Oletetun onnettomuuden laajennuksen osalta kollektorin kannen murtuma aiheuttaa analyysin mukaan väestön yksilön annokseksi 3,3 mSv, joka alittaa ydinenergia-asetuksessa (161/1988) asetetun annosrajoituksen 20 mSv.

Johtopäätöksenä on, että Loviisan ydinvoimalaitoksen luokan 1 ja 2 oletetuista onnettomuuksista tai oletetun onnettomuuden laajennuksesta ei aiheudu radioaktiivisten aineiden päästöä, jonka seurauksena väestön yksilölle aiheutuvat säteilyannokset ylittäisivät ydinenergia-asetuksessa määrätyt rajoitukset 1, 5 ja 20 mSv.

Vakavan reaktorionnettomuuden todennäköisyyttä ja radioaktiivisten aineiden päästöjä on selvitetty PRA:n tason 2 analyyseillä (luku 2.1.2). Myös päästöistä aiheutuvia ympäristön väestön annoksia on arvioitu samassa yhteydessä. Analyysien perusteella mahdollisuus, että ydinenergia-asetuksen Cs-137-päästön raja-arvoa koskeva vaatimus ei täyty, on erittäin pieni, kuten ydinenergia-asetus edellyttää. Myös onnettomuuden aikaisessa vaiheessa tapahtuvan, väestön suojautumistoimenpiteitä edellyttävän päästön mahdollisuus on erittäin pieni. Suuren päästön todennäköisyyden pienentämistä koskevaa kehittämistoimintaa käsitellään luvuissa 2.1.2, 4.6 ja 4.7.

Ohjeissa YVL A.7, YVL B.1 ja YVL C.3 on esitetty ydinenergia-asetusta yksityiskohtaisempia vaatimuksia koskien vakavasta onnettomuudesta aiheutuvien väestön suojautumistoimenpiteiden laajuutta, Cs-137-päästön raja-arvon ylittymisen mahdollisuutta sekä



onnettomuuden aikaisessa vaiheessa tapahtuvan, väestön suojautumistoimenpiteitä edellyttävän päästön mahdollisuutta. Em. ohjeiden täytäntöönpanopäätöksissä (YVL A.7: 54/0002/2020, 3.11.2020; YVL B.1: 28/0002/2020, 5.7.2021; YVL C.3: 9/0002/2020, 20.8.2020) käsitellään näiden vaatimusten täyttymistä ja esitetään vaatimuksia uusista analyyseista.

Vakavaan reaktorionnettomuuteen liittyvä yksittäisten työntekijöiden säteilyaltistus Loviisan ydinvoimalaitoksen laitosalueella voisi olla vakavan onnettomuuden alkuvaiheessa poikkeuksellisen suuri sen vuoksi, että reaktorin suojarakennuksen katon säteily suojaus ei ole riittävä tällaisessa tilanteessa ja osa katon läpäisevästä ylöspäin suuntautuvasta säteilystä siroaisi ilmasta ja kohdistuisi laitosalueelle ulkoisena säteilynä. Reaktorin suojarakennuksen kattorakenteiden muuttaminen jälkeinpäin ei ole käytännössä mahdollista ottaen huomioon muutoksista aiheutuvat turvallisuuden kannalta haitalliset tekijät. Fortumin selvityksissä on osoitettu, että vakavan onnettomuuden aiheuttama säteilyaltistus ei ylitä säteily suojelelun suunnitteluvaatimuksia, kun olosuhteisiin kiinnitetään pysyvästi huomiota mm. valmiustoiminnan suunnittelussa, toimeenpanossa ja harjoituksissa.

Fortum on arvioinut vakavien onnettomuuksien aiheuttamia säteilyannosnopeuksia laitoksen sisätiloissa ja laitosalueella erikseen kummankin reaktoriyksikön vakavassa reaktorionnettomuudessa sekä kahden laitosisyksikön samanaikaisessa onnettomuudessa. Tarkasteluissa on otettu huomioon laitoksen rakenteiden läpi tunkeutuva säteily, reaktorin suojarakennuksen katon läpäisseen säteilyn siroaminen ilmasta alaspäin kohti laitosaluetta sekä laitoksen ilmastointipiipusta tapahtuva päästö. Tarkastelupisteiksi on valittu vakavan reaktorionnettomuuden hallinnan kannalta keskeisiä operointipisteitä, kulkureittejä sekä laitoksen ja laitosalueen säteilymittauksia.

STUKilla ei ollut ohjeen YVL C.5 täytäntöönpanopäätöksessä (57/0002/2020, 20.4.2021) huomauttamista Fortumin tekemiin laitoksen ja voimalaitosalueen säteilyolosuhteiden analyyseihin valmiustilanteiden aikaisen toiminnan ja säteily suojelelun suunnittelemiseksi.

Johtopäätöksenä on, että Loviisan ydinvoimalaitoksella ydinenergia-asetuksen määräykset vakavan onnettomuuden osalta täytetään niin hyvin kuin käytännössä on mahdollista ottaen huomioon määräyksen STUK Y/1/2018 21 §:n vaatimukset.

### 3.6 Johtopäätös (7 §)

Loviisan ydinvoimalaitoksen työntekijöiden ja ympäristön väestön säteilyaltistusta sekä radioaktiivisten aineiden päästöjä rajoitetaan määräyksen STUK Y/1/2018 7 §:n tarkoittamalla tavalla.

## 4 Ydinturvallisuus (STUK Y/1/2016 – 3 luku)

### 4.1 Sijaintipaikan turvallisuus (8 §)

1. *Ydinlaitoksen sijaintipaikan valinnassa on otettava huomioon paikallisten olosuhteiden vaikutus turvallisuuteen sekä turva- ja valmiusjärjestelyjen toteuttamismahdollisuudet. Sijaintipaikan on oltava sellainen, että laitoksen ympäristölleen aiheuttamat haitat ja*

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

*uhat ovat hyvin pienet ja lämmönpoisto laitokselta ympäristöön voidaan toteuttaa luotettavasti.*

Määräyksen STUK Y/1/2018 8 §:ään liittyvät yksityiskohtaiset vaatimukset esitetään ohjeissa YVL A.2, B.7 ja C.5. Lisäksi ydinenergialaissa todetaan ydinlaitoksen sijaintipaikasta, että sen tulee olla *suunnitellun toiminnan turvallisuuden kannalta tarkoituksenmukainen ja ympäristönsuojelu tulee ottaa asianmukaisesti huomioon toiminnan suunnittelussa* (YEL 19 §, kohta 2).

Ydinvoimalaitoksen normaaliin käyttöön tai odotettavissa oleviin käyttöhäiriöihin liittyvät radioaktiivisten aineiden päästöt eivät aiheuta rajoituksia maankäytölle laitosalueen ulkopuolella. Aihetta käsitellään tarkemmin luvussa 5.5. Ydinvoimalaitoksen ympäristössä on kuitenkin varauduttava alueiden käyttöä ja väestön suojelua koskevin suunnitelmien myös vakavan onnettomuuden mahdollisuuteen. Ydinvoimalaitos kuuluu Pelastuslain 379/2011 48 §:ssä mainittuihin erityistä vaaraa aiheuttaviin kohteisiin, joille pelastuslaitoksen tulee toiminnanharjoittajan kanssa yhteistyössä laatia ulkoinen pelastussuunnitelma. Ydinvoimalaitoksen lähiympäristössä ei tule olla sellaisia laitoksia tai asutuskeskuksia, joissa olisi mahdotonta toimeenpanna mahdollisessa valmiustilanteessa tarpeellisia suojelutoimia, kuten suojautumista sisätiloihin tai evakuoitua. Tämän takia ydinvoimalaitoksille on määritelty noin 5 km säteelle laitoksesta ulottuva suojavyöhyke, joka on merkitty alueen kaavoihin. Ydinvoimalaitoksen läheisyydessä ei myöskään saa harjoittaa toimintaa, joka saattaisi ulkoisesti aiheuttaa vaaratilanteen ydinvoimalaitoksella.

Ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyjä ja yhteistoimintaa pelastusviranomaisten kanssa käsitellään myös luvussa 8.

Ydinvoimalaitoksen sijaintipaikan osalta yleisperiaatteena on, että laitos sijaitsee harvaan asutulla alueella ja etäällä merkittävistä asutuskeskuksista. Tällöin onnettomuuteen varautumista koskevat toimenpiteet kohdistuvat pienempään väestöryhmään ja ne on siten helpompi toteuttaa. Loviisan ydinvoimalaitos sijaitsee Hästholmenin saarella Loviisan kaupungissa noin 12 kilometrin etäisyydellä kaupungin keskustasta. Tämä asutuskeskus on ydinvoimalaitoksen suojavyöhykkeen ulkopuolella eikä sitä katsota ydinvoimalaitoksen lähiympäristöksi. Loviisan ydinvoimalaitoksen suojavyöhykkeellä asuu vakituisesti noin 50 henkilöä. Loviisan voimalaitoksen suojavyöhykkeellä on lisäksi noin 400 loma-asuntoa.

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden lisäksi Hästholmenin saarella on useita ydinvoiman tuotantoon liittyviä rakennuksia ja laitoksia kuten käytetyn polttoaineen välivarasto (KPA-varasto), voimalaitosjätteiden välivarastot, voimalaitosjätteen loppusijoituslaitos (VLJ-luola) sekä dieselvaravoimalaitos. Alueella ovat myös laitokset prosessin tarvitseman makean raakaveden pumppausta, varastointia, puhdistusta ja suolanpoistoa varten. Raakavesi otetaan putkilinjan kautta noin viiden kilometrin päässä voimalaitoksesta sijaitsevasta Lappominjärvestä. Loviisan voimalaitosalue on voimassa olevassa asemakaavassa osoitettu energiahuollon alueeksi. Alueella ei ole vakituista asutusta tai loma-kiinteistöjä eikä sen läpi kulje liikenneväylää.

Hästholmen on noin puolentoista kilometrin pituinen ja puolen kilometrin levyinen saari, jonka yhdistää mantereeseen lyhyt silta. Mantereella Hästholmenin välittömässä läheisyydessä sijaitsevat vierailukeskus ja majoituskylä. Fortum omistaa Hästholmenin saaren,



Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

sen viereisiä vesialueita ja pieniä saaria sekä porttirakennuksen ja majoituskylän käsittävän maa-alueen mantereen puolella. Hästholmenin lähistöllä ei ole sellaisia teollisuuslaitoksia, varastoja, maakuljetusväyliä tai kaasuputkia, joissa tapahtuvat onnettomuudet voisivat aiheuttaa vaaraa ydinvoimalaitokselle.

Hästholmenin saarella sijaitsevien Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden käytöstä on jo yli 40 vuoden kokemukset. Sijaintipaikan olosuhteita ja soveltuvuutta on selvitetty toiminnassa olevien ydinlaitosten alkuperäistä suunnittelua sekä uutta laitossyksikköä koskevia hankkeita varten, viimeksi vuonna 2009, sekä käytössä olevien yksiköiden ulkoisten tapahtumien PRA:n yhteydessä ja vuonna 2011 tapahtuneen Fukushima ydinvoimalaitosonnettomuuden jälkeen tehtyjen selvitysten yhteydessä. Sijaintipaikalla ei ole havaittu ydinlaitosten sijoittamisen kannalta merkittäviä epäedullisia piirteitä.

Sijaintipaikan geologisia ja seismologisia ominaisuuksia on selvitetty toiminnassa olevien laitossyksiköiden sekä ydinjätteiden loppusijoituslaitosten suunnittelun yhteydessä. Hästholmen sijaitsee seismisesti rauhallisella alueella. Laitospaikan suunnitteluperustemaanjärjestys on selvitetty Suomen viidettä ydinvoimalaitosyksikköä koskevan hankkeen yhteydessä 1990-luvun lopussa. Fortumilla on käynnissä laitospaikan maanjärjestys selvitysten laaja päivitys. Maanjärjestysten esiintymistodennäköisyyttä koskevan selvityksen päivitys on toimitettu STUKille syksyllä 2021 ja sen käsittely on meneillään. Laitoksen maanjärjestyskestävyyttä koskevat selvitykset on tarkoitus toimittaa STUKille vuosien 2022–2023 aikana Maanjärjestyskestävyyttä käsitellään tarkemmin PRA:n yhteydessä kohdassa 2.1.2 ja ulkoisten tapahtumien yhteydessä kohdassa 4.6.

Laitospaikan äärimmäisiä sääilmiöitä ja meriveden pinnankorkeuden ääriarvoja on tarkasteltu muun muassa laitossyksiköiden riskianalyyysien yhteydessä yhteistyössä Ilmatieteen laitoksen kanssa. Meriveden pinnankorkeuden vaihtelut ovat itäisen Suomenlahden rannikolla Suomen oloissa suhteellisen suuria. Kuluvalle käyttölupajaksolla Fortum on parantanut laitoksen suojausta meriveden pinnan nousua vastaan. Alueen jääolosuhteissa ei ole merkittäviä erityispiirteitä. Äärimmäisten sääilmiöiden esiintymistä sekä ilmastomuutoksen vaikutusta on selvitetty myös SAFIR-tutkimusohjelmissa vuodesta 2007 alkaen.

Suomenlahden pääväylä, jolla kuljetetaan merkittävä osa Venäjän öljynviennistä, on runsaan 30 kilometrin etäisyydellä Loviisan voimalaitoksesta. Merellä tapahtuvan suuren öljyonnettomuuden yhteydessä olisi mahdollista, että öljyä kulkeutuisi myös Loviisan voimalaitoksen vedenottoalueelle. Merivesijärjestelmiin pääsevä öljy saattaisi heikentää merivesijäähdytystä tai pahimmassa tapauksessa tukkia jäähdytysjärjestelmiä. Tilanteeseen varautumiseksi Fortum on sopinut öljyvaaraa koskevista ilmoitusmenettelyistä öljyntorjunnan koordinoinnista vastaavan Suomen ympäristökeskuksen kanssa ja varautunut nykyisten vedenottoalueiden öljyntorjuntaan yhteistyössä Itä-Uudenmaan pelastuslaitoksen kanssa. Vuonna 2015 Loviisan voimalaitoksella otettiin käyttöön järjestelmä, jonka avulla sammutetun reaktorin tuottama jälkilämpö voidaan siirtää ilmakehään ja pitää laitos turvallisessa tilassa pitkäkestoisesti myös tilanteessa, jossa lämmönsiirto mereen on estynyt. Tämä parannus poistaa lähes kokonaan merivesijäähdytyksen menetyksestä aiheutuvan riskin reaktorien vaurioitumiselle.

STUKin arvion perusteella Loviisan ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyt ovat ajan tasalla ja riittävät. Edellä mainittujen ympäristön asukkaista huolehtimiseen vaikuttavien

seikkojen lisäksi laitospaikka vaikuttaa valmiustilanteiden hoitamiseen voimalaitosalueella. Valmiustilanteiden hoitamisen kannalta laitospaikan keskeinen vaikutus on pääsy laitokselle ja sieltä pois. Valmiustilannetta hoitavien henkilöiden pitää päästä paikalle minkä lisäksi laitosalue pitää voida tyhjentää tarpeettomista henkilöistä riippumatta laitosalueen ulkopuolella tehtävistä suojelutoimista. Valmiustilanteessa laitokselle voidaan joutua tuomaan varusteita ja toiminnassa kuluvia hyödykkeitä. Henkilöiden ja kuluvien hyödykkeiden täydentämistä voidaan joutua jatkamaan pidempiä aikoja. Laitosalueella voidaan tarvita oman palokunnan lisäksi esimerkiksi pelastuslaitoksen kalustoa, joka pitää pystyä tuomaan paikalle. Erityisesti ulkoisten tapahtumien seurauksena aiheutuvassa valmiustilanteessa henkilöiden ja materiaalin kuljetus paikalle korostuu, koska pääsy laitokselle voi olla vaikeata esim. tielle kaatuneiden puiden vuoksi. Fortum on vastannut vaatimustason nousuun parantamalla kulutushyödykkeiden, kuten polttoaineen, varastointia ja jakelua Hästholmenilla.

Perille Hästholmenille saakka tulee vain yksi tie. Muutaman kilometrin päähän on mahdollista tulla useita reittejä. Fortumilla ja pelastuslaitoksella on suunnitelmat yhteyksien palauttamisesta poikkeustilanteissa. Laitosalueella on varastoitu niin paljon tilanteen hoitamisessa tarvittavia hyödykkeitä, että ne riittävät hyvällä varmuudella siihen saakka, kunnes kulkuyhteydet on palautettu. Voimalaitosalueella on satamalaituri, jonka kautta alueelle voidaan tarvittaessa kuljettaa henkilöitä ja materiaalia myös meritse. Lisäksi helikopterille on tarvittaessa laskeutumispaikkoja. Laitospaikalle johtavat kulkuyhteydet ja niiden palauttamiseen liittyvät suunnitelmat ovat riittävät valmiustilanteiden hoitamisen kannalta. Fortum kehittää edelleen varautumista valmiustilanteisiin.

Laitoksen ympäristölle aiheuttamia vaikutuksia normaalikäytön aikana kuvataan luvussa 5.5 ja häiriö- ja onnettomuustilanteiden vaikutuksia luvuissa 3.3 ja 3.4. Sääilmiöiden ja muiden luonnonilmiöiden vaikutuksia Loviisan ydinvoimalaitoksen turvallisuuteen ja jäähdytysveden saannin luotettavuutta käsitellään luvuissa 2.1.2 ja 4.6. Turvajärjestelyt kuvataan luvussa 7.

#### 4.1.1 Johtopäätös (8 §)

Loviisan ydinvoimalaitoksen sijaintipaikka täyttää määräyksen STUK Y/1/2018 8 §:n vaatimuksen.

#### 4.2 Syvyysuuntainen turvallisuus (9 §)

*1. Odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien ehkäisemiseksi ja niiden seurausten lieventämiseksi ydinlaitoksen suunnittelussa, rakentamisessa ja käyttötoiminnassa on noudatettava toiminnallista syvyysuuntaista turvallisuusperiaatetta.*

*2. Ydinlaitoksessa toiminnallisen syvyysuuntaisen turvallisuusperiaatteen mukaiseen suunnitteluun on sisällytettävä seuraavat puolustustasot:*

*1) ennalta ehkäiseminen sen varmistamiseksi, että ydinlaitoksen käyttö on luotettavaa ja poikkeamat normaaleista käyttöolosuhteista ovat harvinaisia;*

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

2) häiriötilanteiden hallinta varautumiseksi poikkeamiin ydinlaitoksen normaaleista käyttöolosuhteista siten, että laitos varustetaan järjestelmillä, jotka kykenevät rajoittamaan häiriötilanteiden kehittymistä onnettomuudeksi ja pystyvät saattamaan laitoksen tarvittaessa hallittuun tilaan;

3) onnettomuustilanteiden hallinta siten, että ydinlaitos varustetaan automaattisesti ja luotettavasti toimivilla järjestelmillä, jotka estävät vakavien polttoainevaurioiden syntyminen oletetuissa onnettomuuksissa ja oletettujen onnettomuuksien laajennuksissa; onnettomuustilanteiden hallintaan voidaan käyttää käsin käynnistettäviä järjestelmiä, mikäli se on turvallisuuden kannalta perusteltua;

4) päästön rajoittaminen vakavissa reaktorionnettomuuksissa varustamalla ydinvoimalaitos järjestelmillä, jotka varmistavat suojarakennuksen riittävän tiiviyn vakavissa reaktorionnettomuuksissa niin, että vakaville onnettomuuksille asetetut päästön raja-arvot eivät ylitä;

5) seurausten lieventäminen varautumalla huolehtimaan väestöön kohdistuvan säteilyaltistuksen rajoittamisesta tilanteessa, jossa ydinlaitokselta pääsee radioaktiivisia aineita ympäristöön.

3. Puolustustasojen on oltava toisistaan niin riippumattomia kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista saavuttaa.

4. Puolustustasoilla on käytettävä huolella tutkittua, testattua ja kokemusperäisesti hyväksi todettua korkealaatuista tekniikkaa.

5. Tarvittavat, tilanteen hallintaan saamiseksi tai säteilyhaittojen ehkäisemiseksi tehtävät toimenpiteet on suunniteltava ennalta. Luvanhaltijan organisaation toimintaa järjestettäessä on varmistettava, että häiriöt ja onnettomuudet ehkäistään luotettavasti ja että henkilökunnan toimintaedellytyksistä mahdollisissa häiriö- ja onnettomuustilanteissa huolehditaan tehokkain teknisin ja hallinnollisin järjestelyin.

Syvyysuuntaista puolustusperiaatetta koskevat määräyksen STUK Y/1/2018 9 §:ää tarkentavat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL B.1.

Loviisan voimalaitoksen käyttö on ollut luotettavaa ja poikkeamia normaaleista käyttöolosuhteista on ollut vähän koko käyttöhistorian aikana. Toiminnan jatkuminen tällaisena edellyttää, että laitoksen käyttö- ja kunnossapitotoimet ja muutostyöt tehdään suunnitellusti ja ohjeistetusti ja että ne kohdennetaan ja ajoitetaan oikein. Inhimillisten virheiden aiheuttamien häiriöiden syntyminen estämisessä ohjeistuksen selkeydellä ja henkilökunnan koulutuksella on suuri merkitys.

Loviisan voimalaitoksella on säätö- ja rajoitustoimintoja, jotka käynnistyvät automaattisesti laitoksen parametrien poiketessa normaaleista käyttöolosuhteista ja jotka pyrkivät rajoittamaan näiden parametrien muutoksia siten, että oletettujen onnettomuuksien varalle suunniteltuja toimintoja ei tarvitse käynnistää. Poikkeaviin tilanteisiin voidaan puuttua myös laitoksen ohjaajien toimesta tilanteiden varalta laadittujen toimintaohjeiden mukaisesti. Laitos voidaan saattaa hallittuun ja tarvittaessa turvalliseen tilaan.

Loviisan voimalaitoksella on toiminnot, jotka on suunniteltu oletettuja onnettomuuksia varten ja jotka varmistavat reaktorin sammutuksen ja polttoaineen jäähtymisen ja siten estävät polttoaineen vakavan vaurioitumisen. Näiden toimintojen käynnistyminen tapahtuu automaattisesti tiettyjen parametrien ylittäessä ennalta asetetun rajan. Automaattisesti käynnistyvillä toiminnoilla laitos kyetään saattamaan lähes kaikissa tilanteissa hallittuun tilaan; tietyissä tilanteissa tarvitaan myös operaattorin toimenpiteitä. Laitoksen saattaminen hallitusta tilasta turvalliseen tilaan tapahtuu tilanteita varten laadittujen ohjeiden mukaisesti operaattorin käynnistämällä toiminnoilla.

Loviisan voimalaitoksen alkuperäiseen suunnitteluun eivät ole kuuluneet nykysäännösten mukaiset oletettujen onnettomuuksien laajennukset. Laitoksen käytön aikana on toteutettu muutoksia, joilla on parannettu laitoksen turvallisuutta myös näissä tilanteissa. Automaatiouudistuksen yhteydessä on esimerkiksi tärkeimpien toimintojen automaattisten käynnistysten rinnalle lisätty operaattorin mahdollisuuksia toimintojen käsikäynnistykseen. Tällä varmistetaan toimintojen käynnistyminen automaatiojärjestelmien vikatilanteissa.

Loviisan voimalaitoksella on toiminnot vakavien reaktorionnettomuuksien hallitsemiseksi. Nämä toiminnot eivät ole kuuluneet laitoksen alkuperäiseen suunnitteluun, vaan ne on toteutettu myöhemmin pääosin 1990-luvulla ja 2000-luvun alussa. Näillä toiminnoilla varmistetaan suojarakennuksen eheys siten, että reaktorin vakavassa vauriotilanteessa radioaktiivisten aineiden päästöt suojarakennuksesta ulos pidetään niin vähäisinä, ettei laitoksen ympäristössä ole tarvetta laajoille suojautumistoimenpiteille.

Loviisan voimalaitoksella on valmiusjärjestelyt, joiden riittävyttä arvioidaan luvussa 8.

Loviisan voimalaitoksen alkuperäisessä suunnittelussa eri syvyyspuolustustasojen toimintojen riippumattomuus ei täysin toteutunut. Laitoksen käyttöä aikana toteutetuilla muutoksilla toimintojen riippumattomuutta on parannettu ja on myös lisätty toimintoja, jotka parantavat laitoksen turvallisuutta esimerkiksi tulipalotilanteissa.

#### 4.2.1 Johtopäätös (9 §)

Loviisan ydinvoimalaitos täyttää määräyksen STUK Y/1/2018 9 §:n vaatimukset.

#### 4.3 Radioaktiivisten aineiden leviämisen tekniset esteet (10 §)

*1. Radioaktiivisten aineiden leviämisen estämiseksi on noudatettava rakenteellista syvyys-suuntaista turvallisuusperiaatetta.*

*2. Rakenteellisen syvyyssuuntaisen turvallisuusperiaatteen mukaisen suunnittelun on rajoitettava radioaktiivisten aineiden leviämistä ympäristöön peräkkäisillä leviämisesteillä, joita ovat ydinpolttoaine ja sen suojakuori, ydinreaktorin jäähdytyspiiri (primääripiiri) ja suojarakennus.*

*3. Ydinpolttoaine, reaktori, primääripiiri ja painevesireaktorin primääripiiristä lämpöä poistava jäähdytyspiiri (sekundääripiiri), primääripiirin ja sekundääripiirin vesikemia,*

*suojarakennus sekä turvallisuustoiminnot on suunniteltava siten, että seuraavat turvallisuustavoitteet toteutuvat.*

#### 4.3.1 Polttoaineen eheyden varmistaminen

*a) Polttoaineaurioista aiheutuvan radioaktiivisten aineiden leviämisen rajoittamiseksi*

*i. polttoaineaurion todennäköisyyden on oltava pieni normaaleissa käyttötilanteissa ja odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä;*

*ii. oletetuissa onnettomuuksissa polttoaineaurioiden määrän on pysyttävä pienenä eikä ydinpolttoaineen jäähdytettävyyden saa vaarantua; ja*

*iii. kriittisysonnettomuuden mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.*

Yksityiskohtaiset vaatimukset esitetään ohjeissa YVL B.3 ja YVL B.4.

Loviisan polttoaine on keraamisina sintrattuina uraanidioksidipelletteinä, jotka on pakattu tiiviiden suokuorien sisään polttoainesauvoiksi. Suojakuori on zirkonium-niobi-seosta. Polttoaine itsessään ja sauvan suojakuori muodostavat syvyyspuolustuksen ensimmäiset kulkeutumisesteet. Sauvat on koottu polttoainenipuiksi, joiden ympärillä on virtausta ohjaava suojakotelo.

Polttoaineesta vapautuu sauvan sisään fissiokaasuja. Polttoainevalmistajan sekä Fortumin teettämien mittaustulosten mukaan fissiokaasujen vapautumisosuus reaktorin nykyisellä käyttötavalla on riittävän pientä, jotta kaasun määrä ei nosta sauvojen sisäistä painetta niin korkeaksi, että se vaarantaisi sauvan eheyden. Myös laskennalliset analyysit antavat samansuuntaisen tuloksen. Käytön aikana suojakuoren pinta oksidoituu. Tämä oksidikerros pysyy kuitenkin erittäin ohuena eikä heikennä merkittävästi lämmönsiirtoa polttoaineesta jäähdytteeseen. Myös materiaalin sitkeysominaisuudet säilyvät riittävinä polttoaineen käyttöänsä ajan.

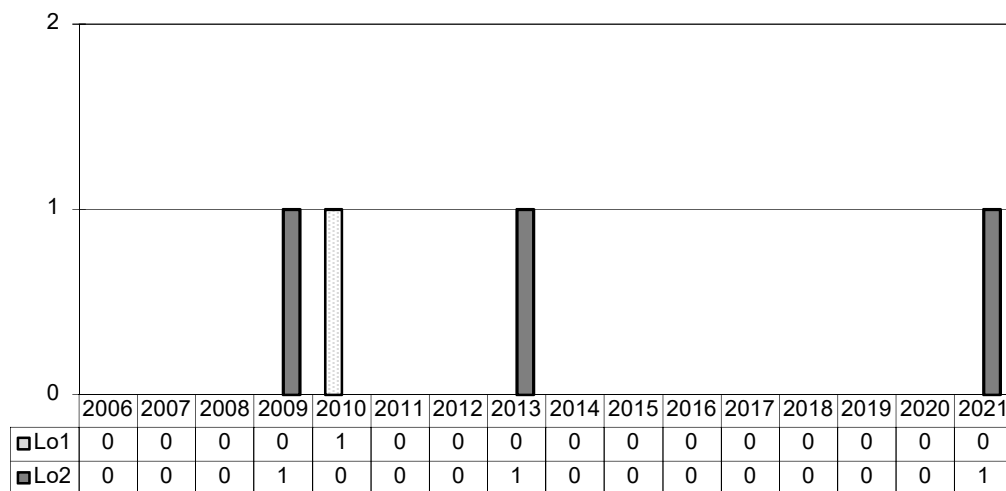
Vuonna 2009 otettiin käyttöön ns. toisen sukupolven polttoaine. Tässä polttoaineessa on osaan sauvoihin lisätty uraanidioksidin sekaan gadoliniumia, joka toimii neutroniabsorbaattorina palaen pois käytön aikana. Polttoainenippujen rakenteisiin on tämänkin jälkeen tehty pieniä muutoksia; mm. nipun sisällä virtaavan jäähdytteen sekoittumista parantavat välihilat, mikä tehostaa lämmönsiirtoa polttoaineesta jäähdytteeseen.

Polttoaineen valmistuksen aikaisella laadunvalvonnalla, kuljetusten jälkeisillä vastaanototarkastuksella, käytön aikaisella rasitusten monitoroinnilla sekä säteilytetyn polttoaineen tarkastuksilla ja tutkimuksilla varmistetaan polttoaineen suunnittelun mukainen käyttäytyminen ja edelleen suojakuoren vaurioitumisen pieni todennäköisyys.

Polttoaineen eheyden normaaleissa käyttötilanteissa ja odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä vaikutetaan myös sydänsuunnittelulla. Sydän suunnitellaan niin, että tehojakauma täyttää vaatimukset suurimmalle lineaariteholle ja jäähdytteen lämpötilalle. Näiden vaatimusten täyttyminen varmistaa omalta osaltaan reaktorin turvallisen käytön ja polttoaineen eheyden. Normaaliin käyttöön liittyvissä tehonmuutostilanteissa tehonmuutosten nopeuden rajoituksilla pyritään varmistamaan polttoaineen eheyden säilyminen. Nämä rajoitukset pohjautuvat käyttökokemuksiin ja kooreaktoreilla tehtyihin tutkimuksiin.

Loviisan voimalaitoksen käyttökokemusten perusteella voidaan polttoaineen vaurioitumistodennäköisyyttä normaaleissa käyttötiloissa pitää riittävän pienenä.

STUK seuraa yhtenä turvallisuusindikaattorina Loviisan reaktorista poistettujen vuotavien polttoainenippujen lukumäärää, jonka tilanne on esitetty alla olevassa kuvassa 2 nykyiselle käyttöluopajaksolle. Sen mukaan polttoainevuodot ovat olleet Loviisassa harvinaisia ja polttoaineen eheyden tilanne on hyvä.



Kuva 2. Loviisan reaktorista poistettujen vuotavien polttoainenippujen lukumäärä: Käyttöjakson 2020–2021 aikana Loviisa 2 -laitosyksiköllä havaittiin indikaatio pienestä polttoainevuodosta. Vuotanut polttoainenippu poistettiin reaktorista vuosihuollossa 2021. LO2:lla reaktorista edellinen vuotava polttoainenippu poistettiin vuonna 2013 ja LO1:n vastaavasti vuonna 2010. Kyseisten toimenpiteiden seurauksena primäärijäähdytteen maksimiaktiivisuus (I-131) on pysynyt alhaisena.

Lämmönsiirtokriisiin joutumisen todennäköisyys Loviisan voimalaitoksella on erittäin pieni sekä normaaleissa käyttötilanteissa että odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä. Tämä johtuu siitä, että polttoaineen kokonais- ja lineaaritehot ovat verraten matalia. Lisäksi jäähdytteen määrät suhteessa sydämen kokonaistehoon ovat suuria. Myös sydän-suunnittelulla varmistetaan, että lämmönsiirtokriisin marginaali pysyy suurena.

Edellisen määräaikaisen turvallisuusarvioinnin jälkeen Fortum on uusinnut Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden käyttöhäiriö- ja onnettomuustilanteiden analyysejä. Analyyseissä on otettu huomioon mm. laitosmuutokset sekä säännöstössä ja laskentaohjelmistoista tapahtunut kehitys. Analyysit on ryhmitelty uudella tavalla tapahtumaluokkien mukaisesti.

Analyyseiden mukaan polttoainevaurioita voi oletettujen onnettomuuksien kategoriassa syntyä lähinnä primäärijäähdytteen menetysonnettomuuksissa tai säätösauvan olossinkoutumisessa. Lisäksi vaurioita voi syntyä oletettujen onnettomuuksien laajennuksiin kuuluvassa ATWS-onnettomuudessa, jossa reaktoripikasulku epäonnistuu odotettavissa olevan käyttöhäiriön yhteydessä. Mahdollisten vaurioiden lukumäärä on kuitenkin pieni. Suuren jäähdytteenmenetysonnettomuuden analyysin tulosten mukaan polttoaineen suojakuoren lämpötilat jäävät niin mataliksi, että polttoainevaurioiden syntyminen on epätodennäköistä. Tämä edellyttää kuitenkin, että hätäjäähdytysjärjestelmät toimivat



suunnitellulla tavalla. Oletetuissa onnettomuuksissa polttoaineen jäähdytettävyyttä ei vaarannu. Fukushima onnettomuuden jälkeen Loviisan voimalaitoksella on otettu käyttöön jäähdytysjärjestelmä, joiden avulla reaktorissa syntyvä jälkilämpö voidaan poistaa ilmaan, mikäli lämmön johtaminen meriveteen on estynyt. Lisäksi on parannettu veden syöttömahdollisuuksia käytetyn polttoaineen varastoaltaisiin poikkeustilanteissa.

Varastoidun polttoaineen kriittisyysturvallisuus on varmistettu rakenteellisesti mitoittamalla varastotelineet ja kuljetussäiliöt turvallisiksi. Näissä analyyseissä on myös otettu huomioon käyttöhäiriöt sekä oletetut onnettomuudet. Reaktorin reaktiivisuuden hallintaan käytetään veteen liuotettua boorihappoa. Lisäksi reaktorissa on säätösavat sekä tehon säätämiseen että pikasulkuun. Loviisan voimalaitoksella on aiemmin tehty laitosmuutoksia estämään tahaton laimeneminen sekä otettu käyttöön menettelytapoja, joilla osataan pyritään edelleen varmistamaan tahaton kriittisyys. Fortum on analysoinut sekä käyttöhäiriöitä säätösavojen toiminnassa että oletettuina onnettomuuksina tapahtuvia booripitoisuuden laimenemisiä. Analyysien mukaan kummassakaan tapauksessa ei polttoaine joudu lämmönsiirtokriisiin taikka vaurioitu.

Johtopäätöksenä on, että Loviisan ydinvoimalaitoksen polttoaineen eheys on varmistettu määräyksen STUK Y/1/2018 10 §:n tarkoittamalla tavalla.

#### 4.3.2 Primääri- ja sekundääripiirin eheyden varmistaminen

*b) Aikaiseen tai suureen päästöön johtavan nopeasti kasvavan primääripiirin murtuman todennäköisyyden on oltava erittäin pieni. Primääri- ja sekundääripiirin eheyden varmistamiseksi ja tiiviiden todentamiseksi*

*i. primääripiiri on suunniteltava ja valmistettava korkeita laatuvaatimuksia noudattaen siten, että haitallisten vikojen todennäköisyys rakenteissa on erittäin pieni ja mahdolliset viat primääripiirin elinkaaren aikana pystytään havaitsemaan luotettavasti;*

*ia. primääripiiriin kohdistuvien rasitusten on alitettava rakennemateriaaleille määritetyt nopeasti kasvavan murtuman estämiseksi tarkoitetut arvot normaaleissa käyttötilanteissa, odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja onnettomuuksissa;*

*ii. primääripiirin on kestettävä normaaleissa käyttötilanteissa, odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä, oletetuissa onnettomuuksissa ja oletettujen onnettomuuksien laajennuksissa syntyvät rasitukset riittävillä marginaaleilla;*

*iii. primääripiiri ja siihen välittömästi liittyvät järjestelmät sekä painevesireaktorin sekundääripiirin turvallisuudelle tärkeät osat on suojattava luotettavasti odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja kaikissa onnettomuustilanteissa ylipaineistumisen aiheuttaman vaurioitumisen estämiseksi;*

*iv. primääripiirin ja painevesireaktorin sekundääripiirin vesikemiallisista olosuhteista ei saa aiheutua näiden piirien eheyttä uhkaavia mekanismeja; ja*

*v. turvallisuuteen vaikuttavat ydinvoimalaitoksen primääri- ja sekundääripiirin vuodot on kyettävä havaitsemaan luotettavasti.*

Yleiset tavoitteet primääri- ja sekundääripiirin eheyden varmistamiseksi esitetään luvun 4.3 alussa. Yksityiskohtaiset vaatimukset esitetään ohjeessa YVL B.5.

Primääripiirin ylipainesuojaus on toteutettu paineistimen rinnakkaisilla varoventtiileillä, joiden avautumispaineet on porrastettu. Varoventtiilit on suunniteltu toimimaan höyryllä, vedellä sekä höyry-vesiseoksella. Paineen nousu matalissa lämpötiloissa on estetty seisokkivaroventtiilillä, joka otetaan käyttöön primääripiirin lämpötilan laskettua kylmäaurassuojausta edellyttävälle tasolle ja jonka avautumispaine on selvästi primääripiirin suunnittelupainetta alempi. Sekundääripiiri on vastaavasti varustettu höyrystinkohtaisesti kahdella rinnakkaisella, eri paineessa avautuvalla varoventtiileillä. Alemmassa paineessa avautuvat varoventtiilit on uusittu Loviisa 2 yksiköllä vuonna 2014 ja Loviisa 1 yksiköllä vuonna 2016 vuosihuolloissa, minkä jälkeen venttiilit toimivat höyryn lisäksi myös vedellä ja höyry-vesiseoksella. Primääri- ja sekundääripiirin varoventtiilit koestetaan määräväleihin.

Reaktoripainesäiliön kestävyys erilaisissa häiriö ja onnettomuustilanteissa on selvitetty lämpö- ja virtausteknisin sekä murtumismekaanisin laskelmin. Käyttöhäiriöiden ja onnettomuustilanteiden tunnistamista ja hallintaa varten on olemassa kattavat ohjeen YVL A.6 mukaiset häiriö- ja hätätilanneohjeet. Käyttötoimintaa käsitellään tarkemmin luvussa 5.1.

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa (TTKE) määritellään edellytetyt sekä sallitut käyttö- ja kunnossapitotoimenpiteet. TTKE:n perustana ovat ns. turvallisuusrajat, jotka ovat reaktorin tehon, primääripiirin paineen ja lämpötilan sallitut ääriarvot. Nämä rajat on määrätty ydinpolttoaineen ja reaktorin primäärijäähdytyspiirin eheyden turvaamiseksi ja niihin perustuu suuri osa TTKE:ssa mainituista käyttö- ja kunnossapitotoiminnalle asetetuista ehdoista. Tällä varmistetaan osaltaan, että primääripiirin suunnittelupaine (137 bar) ei ylity ja estetään primääripiirin paineistuminen kylmänä. TTKE:ta ja sen noudattamista käsitellään tarkemmin luvussa 5.4.1 ja reaktoripainesäiliöiden sydänalueen yksityiskohtaisia hausrasmurtuma-analyysyjä luvussa 4.3.2.1.

Primääripiirin komponenteista ensimmäisiä laskennallisen kestoajan ylittäviä kohteita ovat tulevaisuudessa pääkiertopumpun kannen olake (vuonna 2029), pääkiertopumpun pesän kierrereiat (2030), TC-lämmönvaihtimet (2032), paineistimen alayhteen korroosiosuojaholkki (2032) ja paineistimen yhdyslinjan housukappale (YP10, 2035). Sekundääripiirin kohteista ei ole muita kriittisiä väsymiskohteita tunnistettu kuin Höyrystimen RY-ulospuhallusputkisto (RY, jossa tämänhetkinen väsymisarvio on ylittynyt standardin hyväksymiskriteerin (2014). RY-ulospuhallusputkiston väsymistä ei voida poissulkea 50 vuoden käytön aikana, minkä takia putkiston ikääntymistä hallitaan määrääikaistarkastuksilla. Tämän lisäksi putkisto on vaihdettavissa.

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden painetta kantavien laitteiden kuntoa varmistetaan määrääikaistarkastuksin sekä primääripiirin laitteille ohjeen YVL E.5 mukaisilla seisokkien aikana tehtävillä rikkomattomilla aineenkoetusmenetelmillä. Molemmilla laitosyksiköillä on primääripiirissä lisäksi värähtely- ja irtokappalevalvonta, joka kykenee havaitsemaan virtauksen mukana kulkeutuvia metallikappaleita.

Kunnossapitotoimintaa ja tehtäviä määräaikaistarkastuksia käsitellään tarkemmin luvuissa 5.4.1 ja 5.4.2.

#### 4.3.2.1 Reaktoripainesäiliö

Reaktoripainesäiliön kestävyuden kannalta tärkeimmäksi vanhenemisilmiöksi on tunnistettu neutronisäteilyn aiheuttama teräksen transitiolämpötilan nousu säteilyhaurastumisen myötä. Vuonna 1996 Loviisa 1:n reaktoripainesäiliön säteilyhaurastumisen kannalta keskeisin alue hehkutettiin murtumissitkeysarvojen palauttamiseksi. Vastaavaa toimenpidettä ei ole tehty Loviisa 2:n reaktoripainesäiliölle. Pitkä-jänteisen työn perusteella säteilyhaurastumisesta on voitu muodostaa varsin selkeä kuva. Fortumin esittämän arvioon perusteella molempien laitostyöyksiköiden reaktoripainesäiliöiden haurastuminen voidaan hallita nykyisin käytettävissä olevilla keinoilla 50 vuoden käyttöiän loppuun saakka.

Suunnitellun käyttöiän aikainen reaktoripainesäiliöiden ikääntymisen hallinta perustuu säteilyhaurastumisen ja hätäjähdytykseen liittyvien ilmiöiden ymmärtämiseen, muiden laitosten käyttökokemusten hyödyntämiseen ja käytön aikaisiin mittaviin tarkastuksiin. Arviossa Fortum korostaa, että haurastumisnopeuden arviointia jatketaan edelleen, jotta mahdolliset aiemmin tunnistamattomat haurastumisnopeuteen vaikuttavat ilmiöt pystytään tunnistamaan. STUK seuraa Fortumin toimenpiteiden toteutusta osana jatkuvaa valvontaa. STUK on myöntänyt käyttöluvan Loviisan 1 reaktoripainesäiliölle vuoden 2027 (2/A43221/2012) ja Loviisa 2 vuoden 2030 (5/B43221/2009) polttoainevaihtoseisokkiin asti.

Loviisa 1:n ja 2:n reaktoripainesäiliöiden todennäköisyysperusteiset analyysit koskeva aineisto (1/A42213/2019) sisältää reaktoripainesäiliöiden päivitettyä todennäköisyysperusteista murtuma-analyysit (PTS-analyysit, PTS = Pressurized Thermal Shock). Analyysissä käytetty riski- ja laitostyöyksikön malli vastaa vuosihuollon 2018 jälkeistä laitostyökonfiguraatiota. Termohydraulisia ja murtumismekaanisia analyysit on päivitetty lähinnä Loviisan automaatiouudistuksen ja siihen liittyvän SETU-projektin (Sekundääripiirin turvatoimintojen varmistaminen valvomorakennuksessa tapahtuvassa korkeaan energisessä putkikatossa) tuomien muutosten takia. Lisäksi uutena alkutapahtumana on analysoitu palovesijärjestelmän (UJ13) putkiston murtuma suojarakennuksen sisäpuolella. PTS-analyysit on päivitetty reaktoripainesäiliön murtumatodennäköisyyksien osalta vastaamaan vuoden 2030 arvioitua tilannetta. Vuoden 2030 tuloksia verrataan aiempiin vuoden 2016 PTS-tuloksiin. Riskit näyttävät kasvavan vuoteen 2030 mentäessä, koska reaktoripainesäiliöt haurastuvat. Laitostyöyksiköiden PTS-riski on kuitenkin pieni laitoksen PRA-tuloksiin verrattuna.

Reaktoripainesäiliöiden sydänalueelle on tehty yksityiskohtaiset haurasmurtuma-analyysit, koska sydänalueen hitti on primääripiirin kriittisin kohta haurasmurtuman kannalta (säteilyhaurastuminen). Määräaikaisen turvallisuusarviointijakson lopussa vuonna 2030 Loviisa 1 laitostyöyksikön marginaali haurasmurtuman suhteen on 13,8 °C ja Loviisa 2:lla 11,3 °C. Loviisa 2 yksikön analyysit perustuvat pysähtymissitkeyteen, koska pysähtymissitkeys ( $K_{Ia}$ ) on selvästi korkeampi kuin murtumissitkeys ( $K_{Ic}$ ). Menettely perustuu VTT:n arvioon, jossa todetaan: "Jos säronpysähtymissitkeyden alaraja-arvo on korkeampi kuin  $K_{Ic}$ -estimaatti, säronpysähtymissitkeyden alaraja-arvo voidaan käyttää kuvaamaan myös säron ydintymistä." Niissä tapauksissa, joissa

marginaali on pieni, lisäperusteena on käytetty särön pysähtymistä (ulkopuolinen jäähtyminen) tai pinnoitteessa olevan pienen ehjän kannaksen vaikutusta (kylmäpaineistuminen).

Edelliseen turvallisuusarviointiin verrattuna Loviisa 1:n reaktoripainesäiliön marginaali haurasmurtumisen suhteen on hieman pienentynyt ja Loviisa 2 marginaali on kasvanut. Marginaali haurasmurtuman suhteen on vähintään 10 °C molemmilla laitosyksiköillä. Loviisa 2:n marginaalin kasvun yhtenä syynä on vuonna 2019 suojarakennuksen sisällä olevan sprinklerjärjestelmän (TQ) muutos, jonka myötä ruiskutusvettä ei jäähdytetä heti ruiskutuksen käynnistyessä. Tämän ansiosta mahdollisessa käynnin aikaisessa järjestelmän virheellisessä käynnistymisessä reaktorikuopassa olevan veden lämpötila on aluksi 55–60 °C entisen 25 °C:n sijaan, minkä takia reaktoripainesäiliön hitsisaumalle aiheutuva terminen rasitus vähenee. Vastaavan tyyppisen, palovesijärjestelmän murtumasta aiheutuvan PTS-riskin pienentämiseksi Fortum suunnitteli laitos- ja ohjeistomuutoksia, jotka saatettiin loppuun vuoden 2021 vuosihuolloissa.

Johtopäätöksenä on, että reaktoripainesäiliöiden deterministiset haurasmurtuma-analyysit on tehty rajoittaviksi tunnistetuille transienteille. Transienttien valinta on tehty kattavasti käyttäen hyväksi todennäköisyysperusteisen turvallisuusanalyysin tuloksia. Analyysissä haurastuminen on arvioitu konservatiivisesti, minkä lisäksi reaktoripainesäiliöiden turvallisuuden parantamiseksi on tehty toimenpiteitä kuten TQ sprinklerijärjestelmän muutostyö. Edellä esitetyn perusteella, molempien laitosyksiköiden reaktoripainesäiliöiden haurastuminen voidaan hallita käytettävissä olevilla keinoilla määräämällisen turvallisuusarviointijakson loppuun asti.

#### 4.3.2.2 Primääri- ja sekundääripiirin vesikemia

Yksityiskohtaiset vaatimukset esitetään ohjeessa YVL B.5.

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden valvottavat käyttötilakohtaiset vesikemian parametrit ja niihin kohdistuvat vaatimukset on määritelty turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa ja kemian ohjeissa. Loviisa valvoo kemian parametreja sekä jatkuvatoimisin mittauksin että laboratorioanalyysien. Kemian laboratorion käytössä on tietojärjestelmä, jolla hallinnoidaan näytteenottoja ja johon analyysitulokset kirjataan. Lisäksi tietojärjestelmällä voi seurata asetettujen raja-arvojen täyttymistä ja tarkastella kemian parametrien pitkän aikavälin kehitystä.

Vesikemian tarkkailuparametrit ovat suureita, joilla on voitu osoittaa olevan suora vaikutus reaktoriyksikön turvallisuuteen polttoaineen ja primääripiirin materiaalien korroosion kautta. Tarkkailuparametreille on asetettu sekä ohjearvoja että toimenpidetasoja. Ohjearvot kertovat, että primääripiirin vesikemia on kunnossa, mikäli parametrit ovat ohjearvojen sisällä. Toimenpidetasojen tarkoitus on havahduttaa toimenpiteisiin, joilla palautetaan tarkkailuparametrit ohjearvoihinsa. Seurantaparametrit puolestaan kertovat vesikemian tehokkuudesta ja antavat lisätietoa ylläpidettävästä vesikemiasta. Seurantaparametreilla voidaan myös tunnistaa vesikemiassa mahdollisesti esiintyviä ongelmia, jotka saattavat ajan myötä aiheuttaa korroosiota polttoaineen tai primääripiirin komponenttien rakennemateriaaleihin ja siten vaikuttaa säteilytasojen kehittymiseen laitoksella. Loviisan molemmilla laitosyksiköillä on havaittu vesikemian parametreissa joitain häiriöitä, jolloin tavoitearvoista on poikettu, mutta lyhyen keston vuoksi näillä tapahtumilla ei ole ollut merkitystä turvallisuuden kannalta.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Ydinturvallisuuden tunnuslukujen perusteella molempien laitosyksiköiden primääripiirin kemialliset olosuhteet ovat pysyneet tasaisina. Primääripiirin pinnoilta irronneista korroosiotuotteista seurataan rautapitoisuuden maksimiarvoa tehokäytöllä, sekä Co-60-maksimiaktiivisuutta laitosyksikön alasajosta vuosihuoltoseisokkeihin. Vuonna 2019 Loviisan ydinvoimalaitos muutti molemmilla yksilöillä reaktoriveden puhdistusta siten, että puhdistuskiertoa pystytään ylläpitämään myös silloin, kun pääkiertopumput eivät ole käytettävissä (ks. myös luku 3.1). Muutoksen jälkeen normaalin tehokäytön aikana on reaktoriveden suodatukseen käytetty sekaioninvaihdinta ja erilliset kationi- ja anionisuodattimet ovat olleet erotettuina. Muutoksella ei ole ollut suoranaista vaikutusta reaktoripiirin vesikemian olosuhteisiin. Muutoksen tavoitteena oli lisätä kiintoaineksen poistoa primäärijäähdytteestä ja täten toteuttaa ALARA-periaatetta. Korroosiotuotteiden taso nousi molemmilla yksiköillä hieman vuosihuollon 2019 jälkeen, mutta vuosihuollon 2020 jälkeen merkittävää muutosta korroosiotuotteissa ei enää tapahtunut.

Painevesilaitoksen sekundääripiirin kemiallisilla olosuhteilla on vaikutusta primääri- ja sekundääripiirin välisen rajapinnan eheyteen. Ydinturvallisuuden tunnuslukujen perusteella molempien laitosyksiköiden sekundääripiirin kemialliset olosuhteet ovat pysyneet hyvällä tasolla. Olosuhteiden ylläpidon tehokkuutta kuvaava indeksi ottaa Loviisassa huomioon höyrystimien ulospuhalluksessa ja syöttövedessä olevia korroosiota aiheuttavia tekijöitä ja korroosiotuotteiden pitoisuuksia. Höyrystimien ulospuhalluksesta indeksin laskennassa ovat mukana kloridi-, sulfaatti- ja natriumpitoisuus sekä hapan johtokyky ja syöttövedestä rauta-, kupari- ja happipitoisuus. Vuonna 2018 Loviisan ydinvoimalaitos muutti molemmilla yksiköillä sekundääripiirin kemiallisia olosuhteita lisäämällä hallitusti ammoniakkin ja hydratsiinin syöttöä piiriin, mikä nostaa pH:ta aikaisemmasta. Ennen muutosta sekundääripiiristä tunnistettiin ja poistettiin kaikki suuret kuparia sisältäviä komponentit estäen näin kuparioksidin jännityskorroosiota edistävä vaikutus ruostumattomassa teräksessä. Sekundääripiiriin jäi kuitenkin vähäisiä määriä kuparia sisältäviä komponentteja sekä jäännöskuparia, mikä on ollut kiinnittyneenä putkien pinnoille. Syöttöveden normaalista poikkeavia kuparipitoisuuksia ei ole enää havaittu vuoden 2020 aikana. Sekundääripiirin pH:n noston tavoitteena oli vähentää hiiliteräksisten komponenttien korroosiota ja siten höyrystimeen kertyvän magnetiitin määrää. Muutoksen myötä syöttöveden rautapitoisuus on laskeutunut.

Loviisan voimalaitos on huomionut EU:n kemikaalilainsäädännön (REACH-asetus 1907/2006) vaikutuksen hydratsiinipäästöjen rajoittamiselle mereen. Muutostyö hydratsiinipitoisten vesien käsittelystä ennen mereenlaskua on mahdollistanut hydratsiinin käytön edelleen lisäaineena vesikemian hallinnassa. Lisäksi Loviisan voimalaitos on modernisoinut kemikaaliasemaa varmistuen sekä kemikaaliturvallisuutta että järjestelmän käytettävyyttä. Vesikemian hallinnassa käytettävät kemikaalit käsitellään kemikaaliasemalla.

Ydinturvallisuuden tunnuslukujen mukaan primäärijäähdytteen maksimiaktiivisuus (I-131), maksimiaktiivisuustaso (I-131) tehoajolla sekä maksimiaktiivisuus alasajon yhteydessä (I-131) ovat pysyneet molemmilla laitosyksiköillä tasaisen alhaisina. Polttoainetiiveys on tältä osin pysynyt hyvänä. Käyttöjakson 2020–2021 aikana Loviisa 2 -laitosyksiköllä havaittiin indikaatio pienestä polttoainevuodosta. Vuotanut polttoainepuoli poistettiin reaktorista vuosihuollossa 2021. Loviisa 1:n reaktorista vuotava

polttoainenippu poistettiin edellisen kerran vuosihuollossa 2010 ja Loviisa 2:lla vastaavasti vuonna 2013.

Johtopäätöksenä on, että Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden primääri- ja sekundääripiirien vesikemiallisten olosuhteiden hallinta on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 10 §:n tarkoittamalla tavalla.

#### 4.3.3 Suojarakennuksen eheyden varmistaminen

##### *c) Suojarakennuksen eheyden varmistamiseksi*

*i. suojarakennus on suunniteltava siten, että se säilyttää tiiviytensä odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä sekä suurella varmuudella onnettomuustilanteissa;*

*ii. suojarakennuksen suunnittelussa on otettava huomioon onnettomuuden seurauksena syntyvät paine-, säteily- ja lämpökuormat, säteilytasot laitostiloissa, palavat kaasut, heitteet sekä lyhytkestoiset suurenergiset ilmiöt; ja*

*iii. mahdollisuuden, että suojarakennuksen tiiviys vaarantuu reaktoripainesäiliön rikkoutumisen seurauksena, on oltava erittäin pieni.*

*4. Ydinvoimalaitos on varustettava järjestelmillä, jotka varmistavat vakavassa reaktorionnettomuudessa muodostuvan sydänsulan vakauttamisen ja jäähdyttämisen. Mahdollisuuden sydänsulan suoraan vuorovaikutukseen suojarakennuksen kantavan rakenteen kanssa on oltava erittäin pieni.*

Yleiset tavoitteet suojarakennuksen eheyden varmistamiseksi on esitetty edellä, luvun 4.3 alussa. Yksityiskohtaiset tavoitteet esitetään ohjeessa YVL B.6 "Ydinvoimalaitoksen suojarakennus".

Suojarakennuksen tehtävä on rajoittaa radioaktiivisten aineiden päästöjä normaalikäytössä ja onnettomuustilanteissa. Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköt on varustettu kaksoisrajoitustalalla. Sisempi, teräksinen suojarakennus on kaasutiivis. Suojarakennuksen ulkovaippa muodostuu teräsbetonisesta sylinteristä ja teräsrakenteisesta vesikatosta. Suojarakennuksen suurin sallittu vuoto suunnittelupaineessa on 0,2 % suojarakennuksen sisältämästä ilmassasta vuorokaudessa. Ulomman rakennuksen tarkoituksena on suojata sisempää suojarakennusta ulkoisilta vaikutuksilta.

Kaksoisrakenne mahdollistaa myös rakennusten välisen tilan alipaineistamisen ilmanvaihtojärjestelmän avulla. Alipaineen johdosta ilma virtaa ulkoilmasta välitilaan päin. Onnettomuustilanteissa, mikäli rakennusten väliseen tilaan vuotaa radioaktiivisia aineita, ilmanvaihtojärjestelmän virtaus ohjataan suodattimiin ja näin vähennetään suojarakennuksen vuotojen kautta ympäristöön tapahtuvia päästöjä.

Normaalisti suojarakennus on alipaineinen, jotta käytön aikana ilmatilaan vapautuvat radioaktiiviset aineet eivät kulkeutuisi hallitsemattomasti suojarakennuksesta ulos, vaan ne voidaan ohjata ilmanvaihtojärjestelmien avulla ilmanvaihtopiippuun. Suunnitteluperusteiden onnettomuuksien, kuten jäähdytteenmenetysonnettomuuden, varalta



suojarakennuksessa on jäälauhduttimet ja suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmä, joiden avulla suojarakennuksen painetta voidaan hallita.

Suojarakennuksen kulkuaukkojen, läpivientien ja prosessilinjoiden eristysventtiilien toiminta ja tiiviys todetaan säännöllisin väliajoin tehtävin määräaikaistarkastuksin. Myös teräksisen suojarakennuksen tiiviys kokonaisuutena tarkastetaan määräväleillä. Tehdyissä tiiviyskokeissa Loviisan molempien laitosyksiköiden suojarakennusten on todettu täyttävän hyvin niille asetetut kriteerit, joten terässuojarakennuksen tiiviyskoestusten väliä on pidennetty neljästä vuodesta kahdeksaan vuoteen.

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden suojarakennusjärjestelmien alkuperäisiin suunnitteluperusteisiin eivät kuuluneet sydämen merkittävään vaurioitumiseen johtavat vakavat reaktorionnettomuudet. Vakavien reaktorionnettomuuksien nykyisen hallintastrategian oleelliset osat ovat primääripiirin paineenalennus, sydänsulan pidättäminen reaktoripainesäiliössä painesäiliötä ulkopuolelta jäähdyttämällä, suojarakennuksen lämmönpoisto ja ylipaineistumisen estäminen suojarakennuksen ulkopuolisen ruiskutusjärjestelmän avulla sekä suojarakennuksen nopean paineistumisen (vetyhalojen ja -räjähdysten) estäminen. Lisäksi suojarakennuksen tiiviys on varmistettu vaihtamalla tarvittavat tiivisteet vakavien onnettomuuksien olosuhteita kestäviin materiaaleihin.

Suojarakennuksen tiiviiden vaarantuminen reaktoripainesäiliön rikkoutumisen seurauksena vältetään estämällä reaktoripainesäiliön rikkoutuminen käyttö- ja onnettomuustilanteissa. Vakavan reaktorionnettomuuden alkuvaiheessa tähän tarkoitukseen käytetään primääripiirin paineenalennusjärjestelmää, joka estää sydänsulan purkautumisen suojarakennukseen korkeassa paineessa. Pidättämällä ja jäähdyttämällä sydänsula reaktoripainesäiliön sisällä varmistetaan, että sydänsula ei pääse kosketuksiin suojarakennuksen kantavien rakenteiden kanssa.

Loviisan laitosten vakavien reaktorionnettomuuksien analyysit on päivitetty edellisen turvallisuusarvioinnin jälkeen. Uusia suojarakennuksen rakenneanalyyskejä ei ole tehty, mutta arvioita kriittisten rakenneosien kestävyyksistä on tarkennettu. Selvitysten ja aiempien analyysien perusteella kaikki suojarakennuksen rakenneosat kestävät painekokeen 77 kPa:n ylipaineikuorman, joka on suurempi kuin alkuperäinen onnettomuustilanteen suunnitteluperustekuorma 68,6 kPa. Rakenneanalyysien mukaan suojarakennus kestää rikkoutumatta myös painekokeen painetta suurempia kuormituksia, joita saattaa esiintyä vakavassa reaktorionnettomuudessa. Vakavien reaktorionnettomuuksien analyysissä ja todennäköisyysperusteisissa analyysissä hyväksymiskriteereinä käytetään suojarakennuksen tosiasiallista kestävyyttä suunnittelupaineen sijaan. STUK on arvioinut toimitettujen selvitysten perusteella, että lujuusteknisten analyysien päivittäminen ei toistaiseksi ole tarpeen.

#### **4.3.4 Yhteenveto deterministisistä turvallisuusanalyysistä**

Ydinenergia-asetuksen 22 b §:n 2 – 5 momenteissa on asetettu rajat sille, kuinka suuri säteilyannos väestön yksilölle saa enintään aiheutua odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja onnettomuuksissa. Näiden hyväksymisrajojen saavuttamiseksi ydinvoimalaitoksella on useita peräkkäisiä teknisiä leviämisesteitä estämässä radioaktiivisten aineiden pääsyä ympäristöön. Leviämisesteitä ovat ydinpolttoaine ja sen suojakuori, primääripiiri ja suojarakennus. Leviämisesteiden suunnittelussa, valmistuksessa ja käytönaikaisessa kunnonvalvonnassa noudatetaan korkeita vaatimuksia, jotta voidaan varmistua niiden

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

eheydestä normaalin käytön aikana. Leviämisesteiden eheyden varmistaminen erilaisissa häiriö- ja onnettomuustilanteissa perustuu erilaisiin turvallisuustoimintoihin, joilla esimerkiksi varmistetaan ydinpolttoaineen jäädytystä, suojataan primääripiiriä ylipaineistumiselta tai pidätetään radioaktiiviset aineet suojarakennuksen sisällä. Näille turvallisuustoiminnoille ja niitä toteuttaville järjestelmille on asetettu vaatimuksia esimerkiksi siitä, että leviämisesteen eheyden varmistava toiminto on kyettävä toteuttamaan, vaikka järjestelmän laitteita olisi vialla tai huollossa.

Ydinvoimalaitokselle tehtävillä häiriö- ja onnettomuusanalyysillä on osoitettava, että Ydinenergia-asetuksessa asetettuja säteilyannosrajoja ei ylitetä eri tasoissa tapahtumissa (käsitelty turvallisuusarvion luvuissa 3.4 ja 3.5). Jotta jokaista tapahtumaa ei tarvitse analysoida käynnistävästä tapahtumasta siitä väestön yksilölle aiheutuviin säteilyannoksiin saakka, Säteilyturvakeskuksen määräyksessä ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta ja YVL-ohjeissa on näille analyyseille asetettu teknisiä hyväksymiskriteereitä esimerkiksi polttoaineaurioiden syntymiselle. Jos analyysin tulos on näiden teknisten hyväksymiskriteerien sisällä, voidaan todeta, että suurella varmuudella kyseisestä tapahtumasta ei väestön yksilölle aiheudu hyväksymisrajaa suurempaa säteilyannosta. YVL-ohjeissa asetetaan vaatimuksia muun muassa siitä, miten eri turvallisuustoimintoja toteuttavien järjestelmien laitteita on analyyseissä oletettava olevan käyttökunnottomina tai minkälainen kapasiteetti esimerkiksi turvallisuustoimintoa toteuttavalle pumpulle on oletettava. Näillä vaatimuksilla pyritään siihen, että turvallisuustoimintoja toteuttavat järjestelmät on ylimitoitettu ja että ydinvoimalaitoksen todennäköinen käyttäytyminen häiriö- ja onnettomuustilanteissa aiheuttaa suurella varmuudella lievemmat seuraukset kuin mitä näissä analyyseissä saadut tulokset osoittavat.

Määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä Fortum ei ole tehnyt uusia deterministisiä häiriö- tai onnettomuusanalyysyjä. Edellisen määräaikaisen turvallisuusarvioinnin jälkeen Loviisan laitossyksiköillä on muun muassa uudistettu automaatiojärjestelmiä, jossa yhteydessä häiriö- ja onnettomuusanalyysyjä on varsin laajalti uusittu.

Määräyksen STUK Y/1/2018 10 §:ssä vaaditaan, että polttoaineaurioiden todennäköisyyden on oltava pieni odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä. Ohjeessa YVL B.4 tätä on tarkennettu siten, että suurella varmuudella polttoainesauva ei saa joutua lämmönsiirtokriisiin. Mittarina tälle käytetään polttoainesauvan pinnalta jäädytteeseen siirtyvän lämpövuon suhdetta kriittiseen lämpövuohon. Jos suhde on pieni, on mahdollista, että polttoainesauva joutuu lämmönsiirtokriisiin, jolloin polttoaineessa syntyvä lämpö ei siirry jäädytteeseen vaan alkaa nostaa polttoainesauvan lämpötilaa ja tämän seurauksena voi syntyä polttoaineaurio. Loviisan reaktorit ovat lämpöteholtaan varsin pieniä ja myös yksittäisessä polttoainesauvassa syntyvä lämpöteho on matala. Nämä kummatkin ominaisuudet vaikuttavat siihen, että odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä todennäköisyys polttoaineen joutumiseen lämmönsiirtokriisiin on pieni. Fortum on käyttänyt analyyseissään lämpövuon suhteelle kriittiseen lämpövuohon hyväksymiskriteerinä lukuarvoa 1,33. Tämä arvo riippuu polttoaineen ja reaktorisydämen ominaisuuksista ja se sisältää myös laskentaketjussa olevia epävarmuuksia. Tekemissään odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden analyyseissä suhde on pienimmillään noin 3,4, joten hyvin suurella todennäköisyydellä polttoaine ei joudu lämmönsiirtokriisiin.

Määräyksen STUK Y/1/2018 10 §:ssä vaaditaan, että oletetuissa onnettomuuksissa polttoaineaurioiden määrän on pysyttävä pienenä eikä ydinpolttoaineen jäädytettävyyden saa

vaarantua. Ohjeessa YVL B.4 tätä on tarkennettu siten, että luokan 2 oletetuissa onnettomuuksissa vaurioituvien polttoainesauvojen lukumäärä ei saa ylittää 10 %:a reaktorissa olevien polttoainesauvojen kokonaismäärästä. Lisäksi ohjeessa muun muassa todetaan, että suojakuori ei hapetu onnettomuuden aikana siinä määrin, että se ei kestä onnettomuuden aiheuttamia kuormituksia, ja että suojakuoren liiallisen haurastumisen estämiseksi suojakuoren korkein onnettomuustilanteissa saavutettava lämpötila ei ylitä arvoa 1200 °C. Polttoaineen jäähdytettävyyden osalta ohje YVL B.4 tarkentaa, että ydin-polttoaineen jäähdytettävyyden ei saa vaarantua esimerkiksi polttoainesauvojen suojakuoren pullistumisen tai rikkoutumisen, polttoaine-elementin tai reaktorin sisäosien muodonmuutosten tai onnettomuuden seurauksena reaktoriin mahdollisesti joutuneiden epäpuhtauksien vuoksi. Edelliset koskevat erityisesti luokan 2 oletettuja onnettomuuksia. Luokan 1 oletetuille onnettomuuksille on ohjeessa YVL B.4 hieman tiukemmat vaatimukset: muun muassa lämmönsiirtokriisiin joutuvien polttoainesauvojen lukumäärä ei saa ylittää 1 %:a reaktorissa olevien polttoainesauvojen kokonaismäärästä ja ydinpolttoaineen suojakuoren maksimilämpötila ei saa nousta niin korkeaksi, että suojakuoren hapettuminen tai suojakuorimateriaalin ominaisuuksien muuttuminen voisi uhata suojakuoren kestävyyttä onnettomuuden aikana. Polttoaineen ja sen suojakuoren lämpötila nousee normaalikäytön arvoja korkeammaksi tilanteissa, joissa primääripiirissä olevan jäähdytteen määrä pienenee (primääripiirin vuodot). Fortum on analysoinut suurimman primääripiirin putken täydellisen katkeamisen seuraukset. Analyysissä on tehty YVL-ohjeissa olevat järjestelmien ja laitteiden vikaantumisia koskevat oletukset, joten laitoksen todennäköisin käyttäytyminen tässä onnettomuudessa aiheuttaa lievemmät seuraukset kuin mitä analyysitulokset näyttävät. Fortumin analyysissä korkeimmat polttoaineen suojakuoren lämpötilat ovat noin 780 °C. Pienempien vuotojen analyysissä suojakuoren lämpötilat jäävät alhaisemmiksi. Joten suurella todennäköisyydellä polttoainevaurioita ei synny tai niiden määrä on pieni.

Ketjureaktion hallintaan liittyvät häiriöt kuten säätösauvan ulosvedot ovat lieviä johtuen laitoksen käytötavasta ja -ohjeista. Näistä ei aiheudu vaaraa polttoaineen eheydelle.

Määräyksen STUK Y/1/2018 10 §:ssä vaaditaan, että primääripiiri ja siihen välittömästi liittyvät järjestelmät sekä painevesireaktorin sekundääripiirin turvallisuudelle tärkeät osat on suojattava luotettavasti odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja kaikissa onnettomuustilanteissa ylipaineistumisen aiheuttaman vaurioitumisen estämiseksi. Ohjeessa YVL B.5 tätä tarkennetaan siten, että primääri- ja sekundääripiiri on varustettava ylipainesuojaukseen tarkoitettuilla varoventtiileillä. Varoventtiilien kapasiteetin riittävyys osoitetaan analysoimalla laitoksen käyttäytymistä häiriöissä ja onnettomuuksissa, joissa paine pyrkii nousemaan. Näissä analyysissä tehdään myös oletuksia, joilla varmistetaan, että laitoksen todellinen käyttäytyminen aiheuttaa lievemmät seuraukset kuin mitä analyysitulokset näyttävät. Loviisan primääripiirin suunnittelupaine on 137 bar ja sekundääripiirin 56 bar. Oletettujen onnettomuuksien ylipainesuojausanalyysille hyväksymiskriteeri on, että suojattavan kohteen paine on korkeimmillaan 1,1 kertaa suunnittelupaine eli primääripiirille 150,7 bar ja sekundääripiirille 61,6 bar. Fortum on analysoinut laitoksen käyttäytymistä kahden turbiinin samanaikaisessa pikasulussa ja siinä on saavutettu korkein primääripiirin paine noin 148 bar. Yhden höyrylinjan eristysventtiilin aiheeton sulkeutuminen aiheuttaa analyysin mukaan korkeimman paineen sekundääripiirissä noin 61 bar. Analyysit osoittavat, että primääri ja sekundääripiirin ylipainesuojaus on toteutettu riittävällä tavalla.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Määräyksen STUK Y/1/2018 10 §:ssä vaaditaan, että suojarakennus säilyttää tiiviytensä odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä sekä suurella varmuudella onnettomuustilanteissa, kun otetaan huomioon onnettomuuden seurauksena syntyvät paine- ja lämpökuormat. Ohjeessa YVL B.6 tätä tarkennetaan analyysien osalta siten, että valitaan analysoitavaksi tapaukseksi suojarakennusta eniten kuormittava oletettu onnettomuus ja tästä saatavaan maksimipaineeseen lisätään 10 % marginaali, jolla katetaan laskentamenetelmiin ja kyseiseen tapaukseen liittyvät epävarmuudet. Loviisan laitossyöksiköiden teräksisen suojuoren suunnitteluylipaine on 68,6 kPa. Fortum on analysoinut suojarakennuksen painekäyttäytymistä oletetuissa onnettomuuksissa laskemalla primääripiirin pääkiertoputken äkillisestä katkosta sekä päähöyryputken äkillisestä katkosta aiheutuvat korkeimmat paineet. Pääkiertoputken äkillisen täydellisen katkeamisen analyysissä saatu korkein suojarakennuksen ylipaine lisättyinä 10 % marginaalilla oli noin 39 kPa. Päähöyryputken äkillisestä katkeamisesta aiheutuva paine on tätä alempi. Suojarakennuksen käyttäytymistä vakavan reaktorionnettomuuden aikana on käsitelty turvallisuusarvion luvussa 4.3.2. Suurella todennäköisyydellä teräksinen suojuori kestää vakavan reaktorionnettomuuden aikaiset painekuormat, mikäli vakavien reaktorionnettomuuksien hallinta ja sitä toteuttavat järjestelmät toimivat suunnitellusti.

#### 4.3.5 Johtopäätös (10 §)

Loviisan ydinvoimalaitoksen polttoaineen eheys on varmistettu määräyksen STUK Y/1/2018 10 §:n tarkoittamalla tavalla.

Loviisan ydinvoimalaitoksen primääri- ja sekundääripiirien eheys on varmistettu määräyksen STUK Y/1/2018 10 §:n tarkoittamalla tavalla.

Loviisa 1 ja 2 ydinvoimalaitossyöksiköiden primääri- ja sekundääripiirien vesikemia on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 10 §:n tarkoittamalla tavalla.

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitossyöksiköiden suojarakennuksen eheyden varmistus on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 10 §:n tarkoittamalla tavalla.

#### 4.4 Turvallisuustoiminnot ja niiden varmistaminen (11 §)

*1. Turvallisuustoimintojen varmistamisessa on ensisijaisesti käytettävä hyväksi suunnitteluratkaisuin saavutettavissa olevia luontaisia turvallisuusominaisuuksia. Ydinreaktorin fyysikaalisten takaisinkytkentöjen yhteisvaikutuksen on oltava sellainen, että se hillitsee reaktorin tehon kasvua.*

*2. Jos turvallisuustoiminnon varmistamisessa ei voida käyttää hyväksi luontaisia turvallisuusominaisuuksia, on ensisijaisesti käytettävä järjestelmiä ja laitteita, jotka eivät tarvitse ulkoista käyttövoimaa tai jotka käyttövoiman menetyksen seurauksena asettuvat turvallisuuden kannalta edulliseen tilaan.*

*3. Onnettomuuksien estämiseksi ja niiden seurausten lieventämiseksi ydinvoimalaitoksessa on oltava järjestelmät reaktorin pysäyttämiseen ja alikriittisenä pitämiseen, reaktorissa*

*syntyvän jälkilämmön poistamiseen sekä radioaktiivisten aineiden pidättämiseen laitoksen sisällä. Kyseisten järjestelmien suunnittelussa on sovellettava moninkertaisuus-, erottelu- ja erilaisuusperiaatteita, joilla varmistetaan turvallisuustoiminnon toteutuminen myös vi-  
kaantumistilanteissa.*

*4. Ydinvoimalaitoksen tärkeimmät hallittuun tilaan siirtymiseksi ja siinä pysymiseksi tarvit-  
tavat turvallisuustoiminnot on pystyttävä toteuttamaan oletetuissa onnettomuuksissa,  
vaikka mikä tahansa toimintoon liittyvän järjestelmän yksittäinen laite olisi käyttökun-  
non ja vaikka mikä tahansa toinen saman turvallisuustoiminnon toteuttamiseen osallistuvan  
järjestelmän tai sen toiminnan kannalta välttämättömän tukijärjestelmän laite olisi saman-  
aikaisesti poissa käytöstä sen tarvitseman korjauksen, huollon tai koestuksen vuoksi.*

*5. Yhteisvikojen vaikutusten ydinlaitoksen turvallisuuteen on oltava vähäisiä.*

*6. Ydinvoimalaitoksella on oltava häiriö- ja onnettomuustilanteiden varalta ulkoinen ja si-  
säinen sähkötehon syöttöjärjestelmä. Turvallisuustoiminnoissa tarvittava sähköteho on voi-  
tava syöttää kumpaa tahansa järjestelmää käyttämällä.*

*7. Ydinvoimalaitoksella on oltava laitteet ja menettelyt, joilla reaktorissa olevan ydinpoltto-  
aineen jälkilämmön poisto voidaan varmistaa kolmen vuorokauden ajan laitoksen ulkopuo-  
lisesta sähkön ja veden syötöstä riippumattomasti tilanteessa, jonka aiheuttaa harvinainen  
ulkoinen tapahtuma tai laitoksen sisäisessä sähkönjakelujärjestelmässä esiintyvä häiriö.*

*7a. Ydinvoimalaitos on suunniteltava siten, että se voidaan tarvittaessa luotettavasti saat-  
taa turvalliseen tilaan odotettavissa olevan käyttöhäiriön, oletetun onnettomuuden tai ole-  
tetun onnettomuuden laajennuksen jälkeen.*

*8. Ydinvoimalaitoksen vakavissa reaktorionnettomuuksissa hallitun tilan saavuttamiseen ja  
ylläpitoon sekä onnettomuuden etenemisen ja laitoksen tilan seuraamiseen tarvittavien jär-  
jestelmien on oltava riippumattomia laitoksen normaalia käyttöä, odotettavissa olevia käyt-  
töhäiriöitä ja oletettuja onnettomuuksia varten suunnitelluista järjestelmistä. Suojaraken-  
nuksen tiiviyn varmistaminen vakavan reaktorionnettomuuden yhteydessä on kyettävä  
suorittamaan luotettavasti.*

*9. Ydinvoimalaitos on suunniteltava siten, että se voidaan luotettavasti saattaa turvalliseen  
tilaan vakavan reaktorionnettomuuden jälkeen.*

Turvallisuustoimintoja ja niiden varmistamista koskevat määräyksen STUK Y/1/2018  
11 §:ää tarkentavat vaatimukset esitetään ohjeissa YVL B.1 ja YVL B.6.

Ydinvoimalaitoksen perusturvallisuustoiminnot ovat: reaktorin pysäyttäminen ja alikriit-  
tisenä pitäminen, jälkilämmön poisto reaktorista lopulliseen lämpönieluun ja radioaktii-  
visten aineiden pidättäminen suojarakennuksen sisälle. Nämä toiminnot on varmistettava  
kaikissa tilanteissa.

Loviisan ydinvoimalaitoksen suunnitteluratkaisuissa käytetään hyväksi luontaisia turval-  
lisuusominaisuuksia niin reaktorin latausten suunnittelussa kuin turvallisuustoimintoja  
toteuttavissa järjestelmissä. Reaktorien yksi turvallisuusominaisuus on pieni lämpöteho  
suhteessa primääripiirin jäähdytteen määrään. Tästä syystä reaktorit reagoivat varsin hi-  
taasti erilaisiin häiriö- ja onnettomuustilanteisiin. Reaktorin pysäyttäminen häiriö- ja

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

onnettomuustilanteissa tapahtuu painovoiman vaikutuksesta reaktorisydämeen putoavien säätösauvojen avulla. Normaaleissa käyttötilanteissa jälkilämmön poisto primääripiiristä sekundääripiiriin tapahtuu pääkiertopumppujen primääripiiriin aikaansaamalla pakotetulla kierrolla. Häiriötilanteissa pääkiertopumppujen pysähtyessä jälkilämmön poisto sekundääripiiriin tapahtuu veden tiheyseroista johtuvan primääripiirin luonnonkierron avulla. Onnettomuustilanteissa primääripiirin vesimäärää turvaamassa on tyypellä paineistettuja vesitankkeja, jotka tyhjenevät primääripiiriin sen paineen laskiessa. Suojarakennuksen paineenhallinta onnettomuustilanteissa perustuu osaltaan höyryn tiivistymiseen jäälahduttimien jähän.

Edellä mainittujen ilman ulkoista käyttövoimaa toteutuvien toimintojen lisäksi Loviisan ydinvoimalaitoksella on useita aktiivisia järjestelmiä toteuttamassa turvallisuustoimintoja. Nämä järjestelmät vaativat toimiakseen sähköä ja ne sisältävät pääosin neljä rinnakkaisista laitetta.

Automaatiouudistuksen yhteydessä aloitettu työ toimintojen jakamiseksi aikaisempaa selkeämmin käyttöhäiriöitä varten suunniteltuihin ehkäiseviin toimintoihin ja oletettuja onnettomuuksia varten suunniteltuihin toimintoihin on jatkunut. Eri syvyyspuolustuksen tasoilla toimintoja toteuttaville järjestelmille asetettavien vaatimusten määrittely on helppompaa, kun järjestelmän päätehtävä on selkeästi määritelty tietylle syvyyspuolustuksen tasolle.

Loviisan ydinvoimalaitoksen tärkeimpien hallittuun tilaan siirtymiseksi ja siinä pysymiseksi tarvittavien järjestelmien suunnitteluperusteena on ollut, että minkä tahansa yksittäisen aktiivisen laitteen toimintakyvyttömyyden lisäksi oletettaisiin toisen aktiivisen laitteen samanaikainen käyttökunnottomuus korjauksen, huollon tai koestuksen vuoksi. Muiden turvallisuustoimintoja toteuttavien järjestelmien suunnitteluperusteena on pääasiassa ollut, että järjestelmät pystyvät suorittamaan tehtävänsä, vaikka mikä tahansa järjestelmän yksittäinen laite olisi epäkunnossa. Laitteiden ja järjestelmien korjaustöitä ja käyttökunnottomuusaikoja rajoitetaan turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa (TTKE). Laitosyksiköiden turvallisuusjärjestelmiin on tehty käyttöönotton jälkeen useita muutoksia ja yksittäisten laitteiden vaihtoja järjestelmien toimintavarmuuden ja luotettavuuden parantamiseksi. Lisäksi on rakennettu useita kokonaan uusia rinnakkaisia järjestelmiä, joilla on pienennetty yhteisvikojen vaikutusta laitoksen turvallisuuteen.

Loviisan ydinvoimalaitoksen turvallisuustoimintoja toteuttavat laitteet eivät ole kaikilta osin fyysisesti erotettuja, joten sama ulkoinen syy voi vioittaa toisiaan varmentavia rinnakkaisia laitteita. Tilanteen parantamiseksi on laitoksen käyttöönotton jälkeen tehty useita, erityisesti paloteknisistä erotteluvaatimuksista johtuvia muutostöitä. Järjestelmien ja laitteiden fyysistä erottelua on myös parannettu tulipalojen ja tulvien aiheuttamien riskien suuruutta arvioivan todennäköisyysperusteisen turvallisuusanalyysin tulosten perusteella.

Turvallisuustoimintoja toteuttavien laitteiden ja järjestelmien tarvitseman sähkön syöttö on varmistettu sekä ulkoisista (400 kV:n ja 110 kV:n yhteys ulkoiseen sähköverkkoon) että sisäisistä lähteistä. Sisäisinä sähkötehon lähteinä voidaan käyttää kummankin yksikön neljää hätädiezelgeneraattoria ja laitosalueella olevaa erillistä dieselvoimalaitosta; vakavan reaktorionnettomuuden hallintajärjestelmien tarvitsema sähkö voidaan tuottaa erillisillä dieselgeneraattoreilla.



Loviisan ydinvoimalaitoksen alkuperäiseen suunnitteluun ei ole kuulunut varmistaa jälkilämmönpoisto 72 tunnin ajan reaktorissa olevasta polttoaineesta tilanteissa, jonka aiheuttaa harvinainen ulkoinen tapahtuma tai laitoksen sisäisen sähköjaketuiverkon häiriö. Reaktorissa olevan polttoaineen jäähtytys voidaan ääritapauksessa toteuttaa 72 tunnin ajan höyrystimien kautta syöttämällä niihin vettä dieselmootorikäyttöisellä varahätysoytövesijärjestelmällä.

Järjestelmät, joita käytetään laitoksen saattamiseen vakavan reaktorionnettomuuden jälkeiseen hallittuun tilaan, ovat riippumattomia normaalikäyttöä ja oletettuja onnettomuuksia varten suunnitelluista järjestelmistä, ja ne on suunniteltu pääosin yksittäisvikasietoisiksi. Järjestelmien ja laitteiden, joita käytetään laitoksen saattamiseksi vakavan reaktorionnettomuuden jälkeiseen turvalliseen tilaan, tarpeesta, toimintakyvystä ja palautettavuudesta on tekeillä tarkempi selvitys.

#### 4.4.1 Johtopäätös (11 §)

Loviisan voimalaitoksen turvallisuustoiminnot on varmistettu määräyksen STUK Y/1/2018 11 §:n tarkoittamalla tavalla ottaen huomioon 27 §:n siirtymäsäännös. Loviisan voimalaitos ei täytä 11 §:n vaatimuksia täysin, koska turvallisuusjärjestelmien toimintaa yksittäisen laitteen toimintakyvyttömyyden ja samanaikaisen toiseen laitteeseen kohdistuvan korjaus- tai huoltotyön aikana ei kaikin osin ole varmistettu, eikä turvallisuusjärjestelmien rinnakkaisia osia ole kaikin osin erotettu toisistaan nykysäännösten mukaisesti. Säteilyturvakeskus on kuitenkin katsonut, että em. siirtymäsäännöksen ja YEL 7 a §:ssä säädetyn mukaisesti muutosten tekeminen yli 40 vuotta sitten käyttöön otetulle laitokselle ei olisi käytännöllisin toimin mahdollista. Loviisan ydinvoimalaitoksella on toteutettu turvallisuusparannustyötä pitkäjänteisesti, ja mahdolliset parannukset on syytä kohdistaa sinne, missä niillä nähdään olevan merkittävin vaikutus turvallisuuteen.

#### 4.5 Polttoaineen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuus (12 §)

Ydinenergia-asetuksen (161/1988) 114 §:n mukaan *Säteilyturvakeskus valvoo, että ydinpolttoaine suunnitellaan, valmistetaan ja varastoidaan sekä että sitä käsitellään ja käytetään annettujen säännösten ja määräysten mukaisesti. Ydinpolttoainetta saa sijoittaa reaktoriin vasta kun säteilyturvakeskus on hyväksynyt kunkin polttoaine-erän otettavaksi käyttöön.*

Fortumin ydinpolttoaineen hankintaa ohjaa Loviisan ydinpolttoaineen laatuksikirja, jonka ylätasoon laadunhallintaohjeet koskevat polttoaineen hankintamenettelyjä, mukaan lukien käyttö sekä käsittely ja varastointi. Ylätasoon laadunhallintaohjeiden alapuolella olevissa menettelyohjeissa kuvataan vastaavasti hankintamenettelyjä koskevat työohjeet.

Loviisan ydinvoimalaitoksen polttoaineen toimittajana toimii venäläinen JSC TVEL. Fortum teki vuoden 2006 lopulla päätöksen, jonka mukaisesti polttoaine tilataan molemmille laitoksyksiköille niiden käyttöänsä loppuun asti yksinomaan TVELiltä. Fortumilla on ollut käytössä ns. toisen sukupolven VVER-440-polttoaine, jota otettiin käyttöön ensimmäisen kerran vuosihuollossa 2009. Tällä hetkellä Loviisassa on käytössä ns. sekoitusvälihilallinen versio toisen sukupolven polttoaineesta, jota on ollut käytössä vuodesta 2012 alkaen.

Määräyksen STUK Y/1/2018 12 §:ssä edellytetään seuraavaa.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

*1. Ydinpolttoaineen varastoinnissa on sovellettava syvyysuuntaista turvallisuusperiaatetta. Varastoitaessa ydinpolttoainetta vesialtaissa sen jäädytyksessä on sovellettava moninkertaisuus-, erottelu- ja erilaisuusperiaatteita, joilla varmistetaan toiminnon toteutuminen myös vikaantumistilanteissa.*

*1a. Jäähdytystoiminnossa tarvittava sähköteho on voitava syöttää ulkoisesta ja sisäisestä sähkötehon syöttöjärjestelmästä.*

*1b. Ydinlaitoksella on oltava laitteet ja menettelyt, joilla varastoaltaissa olevan käytetyn ydinpolttoaineen jälkilämmön poisto voidaan varmistaa kolmen vuorokauden ajan laitoksen ulkopuolisesta sähkö- ja veden syötöstä riippumattomasti tilanteessa, jonka aiheuttaa harvinainen ulkoinen tapahtuma tai laitoksen sisäisessä sähkönjakelujärjestelmässä esiintyvä häiriö.*

*2. Ydinpolttoaineen varastointiolosuhteet on pidettävä sellaisina, ettei polttoainenuippujen tiiviys tai mekaaninen kestävyys olennaisesti heikkene suunniteltuna varastointiaikana.*

*3. Polttoainesauvojen suojakuoren vaurioituminen käsittelyn ja varastoinnin aikana on es-tettävä suurella varmuudella.*

*4. Kriittisyyden mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.*

*5. Vakavan onnettomuuden mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.*

Ydinenergia-asetuksen 114 §:n ja määräyksen STUK Y/1/2018 12 §:n edellyttämän valvonnan vaatimusperustana ovat ohjeet YVL E.2, YVL A.3, YVL B.4 ja YVL D.3.

Käytettyä ydinpolttoainetta varastoidaan vesitäytteisissä varastoaltaissa, joissa vesimäärä ja sen lämpötila sekä muut olosuhteet pidetään sellaisina, ettei polttoainenuippujen tiiviys tai mekaaninen kestävyys olennaisesti heikkene suunniteltuna varastointiaikana. Polttoainealtaiden säteily suojaus perustuu ensisijaisesti polttoainenuippujen pitämiseen riittävän syvällä vedenpinnan alapuolella.

Ydinpolttoaineen turvalliseen kuljetukseen, käsittelyyn ja varastointiin liittyvät menettelyt on ohjeistettu Loviisan laitoksen polttoainekäsikirjan ohjeissa. Polttoaineen käyttöolosuhteita ja kuntoa seurataan ja valvotaan käytön aikana ja käytön jälkeisten tarkastusten ja tutkimusten avulla ohjeen YVL E.2 edellyttämän käytönvalvontaohjelman mukaisesti.

Varastotelineisiin sijoitetun käytetyn ydinpolttoaineen kriittisyysturvallisuus perustuu ensisijaisesti polttoainenuippujen väliseen etäisyyteen, uusilla tiheillä polttoainetelineillä myös kiinteisiin absorbaattorirakenteisiin. Kriittisyysturvallisuus varmistetaan polttoaineen lisensoinnin yhteydessä tehtävillä kriittisyysturvallisuusanalyysillä, joilla osoitetaan, että kaikki laitospaikalla käytettävät polttoainetelineet täyttävät ohjeen YVL B.4 kriittisyysturvallisuusvaatimuksen laskentajärjestelmän, varastointiolosuhteiden sekä polttoaineen säteilytyshistorian epävarmuudet huomioon ottaen. Analyysien hyväksymiskriteerinä on, että turvallisuusvaatimus täyttyy, vaikka koko teline täytettäisiin reaktiivisimmalla mahdollisella polttoaineella ja polttoainealtaiden vedessä ei olisi lainkaan boorihappoa. Polttoaineen vaihtotyön aikainen kriittisyysturvallisuus varmistetaan reaktorijäähdytteen riittävällä boorihappopitoisuudella, minkä lisäksi kriittisyyttä valvotaan neutronivuon mittauksella.

Sekä reaktorirakennuksen että käytetyn ydinpolttoaineen varaston polttoainealtaita jäähdytetään erillisillä jäähdytysjärjestelmillä, joiden vikaantumiseen on varauduttu. Jäähdytysjärjestelmissä on otettu huomioon moninkertaisuus ja erotteluperiaate. Polttoaineiden varastoaltaiden jäähdytysjärjestelmiä voidaan käyttää myös dieselvarmennetulla sähköjärjestelmällä. (ks. luku 4.4).

Lisäksi Loviisan ydinvoimalaitoksen polttoainealtaiden jäähdytyksen varmistusta ja olosuhteiden valvontainstrumentointia on parannettu Fukushima Dai-ichin onnettomuuden jälkeen toteutetuilla laitosmuutoksilla. Muutosten ansiosta kaikkien Loviisan voimalaitoksen käytetyn ydinpolttoaineen varastoaltaiden jäähdytys voidaan turvata erilaisuusperiaatetta noudattaen tilanteissa, jolloin varsinaiset jäähdytysjärjestelmät eivät ole toiminnassa lämmön johtamiseksi mereen. Tällaisessa tilanteessa voidaan polttoaineen lämmönsiirtoon ja jäähdyttämiseen järjestelmää, joka johtaa lämmön ilmakehään. Kaikki jälkilämmönpoistotavat voidaan varmistaa kolmen vuorokauden ajan. Polttoaineen varastoaltaiden kiehumistilanteessa lisävetä voidaan syöttää laitoksen eri vesijärjestelmistä tai lisävetä voidaan tuoda paloautolla, josta vesi johdetaan varastoaltaisiin omaa putkijaljaa pitkin.

Fortum on arvioinut PRA:n avulla polttoaineaurioiden taajuutta käytetyn ydinpolttoaineen varastoilla (KPA1 ja KPA2) ja saanut taajuudeksi  $1,9 \cdot 10^{-7}/a$  (2021 päivitys). Taajuusarvio on pieni reaktorien sydänvauriotaajuuteen tai suuren päästön taajuuteen verrattuna. Käytetyn ydinpolttoaineen varastolla vakavan onnettomuuden mahdollisuutta voidaan pitää erittäin pienenä. Reaktorirakennuksen polttoainealtaiden riskimerkitystä käsitellään luvussa 4.7.

#### 4.5.1 Johtopäätös (12 §)

Loviisan ydinvoimalaitoksen polttoainehuolto on järjestetty määräyksen STUK Y/1/2018 12 §:n ja ydinenergia-asetuksen 114 §:n tarkoittamalla tavalla. Arviossa on otettu huomioon tehdyt parannustoimenpiteet polttoainealtaiden jäähdytyksen varmentamiseksi.

#### 4.6 Suojautuminen ulkoisilta turvallisuuteen vaikuttavilta tapahtumilta (14 §)

*1. Ydinlaitoksen suunnittelussa on otettava huomioon ulkoiset tapahtumat, jotka voivat uhata turvallisuutta. Järjestelmät, rakenteet ja laitteet sekä kulkuyhteydet on suunniteltava, sijoitettava ja suojattava siten, että mahdollisiksi arvioitujen ulkoisten tapahtumien vaikutukset ydinlaitoksen turvallisuuteen ovat vähäisiä. Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toimintakyky on osoitettava niiden suunnitteluperusteena olevissa laitoksen ulkoisissa ympäristöolosuhteissa.*

*2. Ulkoisina tapahtumina on otettava huomioon harvinaiset sääolosuhteet, seismiset ilmiöt, laitoksen ympäristössä tapahtuvien onnettomuuksien vaikutukset ja muut ympäristöstä tai ihmisen toiminnasta johtuvat tekijät. Suunnittelussa on otettava huomioon myös lainvastaiset ja muut ydinturvallisuutta vaarantavat luvattomat toimet sekä suuren liikennelentokoneen törmäys.*

Määräyksen STUK Y/1/2018 14 §:ään liittyvät yksityiskohtaiset vaatimukset esitetään mm. ohjeissa YVL A.11, YVL B.1, YVL B.2, YVL B.7 ja YVL E.6.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden rakenteiden suunnittelussa on otettu huomioon luonnonilmiöistä aiheutuvat kuormitukset ja olosuhteet sen hetkisten Suomen rakennusmääräysten mukaisesti. Alkuperäisessä suunnittelussa ei ole varauduttu yhtä voimakkaisiin ulkoisiin tapahtumiin kuin nykyisin vaaditaan uusien ydinvoimalaitosten suunnittelussa.

Ulkoisten tapahtumien vaikutuksia Loviisan ydinvoimalaitoksen turvallisuudelle on selvitetty 1990-luvulta alkaen todennäköisyysperusteisen riskianalyysin yhteydessä ja niiden aiheuttamia riskejä on pienennetty useilla laitosmuutoksilla. Riskianalyysijä pidetään ajantasaisina mm. hyödyntämällä uusia mittaustietoja ja seuraamalla alaan liittyvää tutkimusta ilmaston muuttumisen mahdollisista vaikutuksista äärimmäisiin sääilmiöihin. Loviisan ydinvoimalaitoksen riskianalyysissä ulkoisina tapahtumina on tarkasteltu luonnonilmiöitä ja ihmisen toiminnasta johtuvia tapahtumia mm. maanjäristyksiä; säähän liittyviä ääriolosuhteita kuten ulkoilman ja meriveden lämpötilaa, meriveden pinnan korkeuden vaihtelua, tuulen nopeutta, lumi- ja vesisadetta sekä salamointia ja sähkömagneettisia häiriöitä; merivesijärjestelmien tukkeutumisvaaran aiheuttamia ilmiöitä kuten suppo, simpukat, levä tai öljytankkerionnettomuudesta meriveden ottoon mahdollisesti ajautuva öljy; sekä ulkoisia tulipaloja tai räjähdysisiä. Yksittäisilmiöiden lisäksi oleelliset yhteisilmiöt, esimerkiksi kova tuuli ja lumisade, ja niiden vaikutukset laitokseen on analysoitu. Laitosyksiköiden välillä on vain vähäisiä eroja ulkoisten tapahtumien vaikutusten osalta. Lainvastaiset toimet laitoksen vahingoittamiseksi eivät sisälly todennäköisyysperusteiseen riskianalyysiin vaan kuuluvat laitoksen turvajärjestelyjen piiriin ja niitä käsitellään yksityiskohtaisemmin luvussa 7.

Määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä esitettyjen riskianalyysien mukaan ulkoiset tapahtumat (ml. seismiset alkutapahtumat) aiheuttavat sydänvauriotaajuudesta 13–15 %. Suuren päästön taajuudesta ulkoisten tapahtumien osuus on hieman suurempi. Tärkeimmiksi ulkoisiksi tapahtumiksi on arvioitu:

- yli 3 metriä korkea meriveden pinta, jolloin vesi tulvii pihatasolle ja sitä kautta laitostiloihin, ja äärimmäisen pinnankorkeuden varalta toteutettavien tilapäisten suojausten asennusten epäonnistuminen;
- voimakas tuuli, joka aiheuttaa ulkoisen sähköverkon menetyksen ja samalla tapahtuva muiden ilmiöiden aiheuttama dieselgeneraattoreiden menetys. Näitä muita ilmiöitä ovat meriveden mukana tuleva tukkeuttava aines, kuten levät tai suppo, ja ilmanottoja tukkeuttava lumisade.
- suppojää, joka tukkii meriveden oton.

Vuoden 2011 Fukushima Dai-ichin ydinvoimalaitoksen onnettomuus käynnisti nopealla aikataululla sekä ulkoisia uhkia koskevia kotimaisia turvallisuusselvityksiä että laajat EU-maiden ns. stressitestit. Selvityksissä ei tunnistettu uusia uhkia, eikä tarvetta välittömiin toimenpiteisiin, mutta päätettiin parantaa laitosta lopullisen lämpönielun menetystä ja merivesitulvaa vastaan sekä lisätä laitoksen omavaraisuutta sähkönmenetystilanteessa. Fukushima Dai-ichin onnettomuuden seurauksena korkeaan meriveden pintaan liittyviä arvioita ääriolosuhteisiin liittyvistä epävarmuuksista ja ilmastonmuutoksen mahdollisista vaikutuksista päätettiin tarkistaa viimeisimpään asiantuntemukseen perustuen. Ilmatieteen laitoksen päivittämät taajuusarviot korkeasta meriveden pinnasta kasvoivat huomattavasti. Tutkimusten mukaan sadan vuoden tilasto, johon Fortumin aiemmat meriveden pinnankorkeuden arviot perustuivat, ei edusta enää nykyisiä olosuhteita ilmaston

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

muuttumisen takia, joten meriveden pinnankorkeuden ääriarvojen tilastollisessa analyysissä on siirrytty käyttämään viimeisen kolmenkymmenen vuoden havaintoja.

Viime vuosien suurimmat laitosparannukset ulkoisia uhkia vastaan ovatkin liittyneet korkeaa meriveden pintaa vastaan suojautumiseen, merivesijärjestelmien tukkeutumisvaaran pienentämiseen sekä varavoimakoneiden omavaraisuuden ja polttoaineen saatavuuden varmentamiseen. Meriveden tulvimista vastaan laitoksen henkilökunta voi tarvittaessa suojata varahätäsyöttövesipumppaamon, jolla voidaan turvata laitoksen jälkilämpöpoisto ja pitää laitos hallitussa tilassa onnettomuuden alkuvaiheessa. Lopulliseen turvalliseen tilaan pääsemiseksi voidaan primääripiirin jäähdyttämiseksi käyttää varaseisontajäähdytysjärjestelmää, joka voidaan tarvittaessa suojata tulvalta samoin kuten varahätäsyöttövesipumppaamokin. Varaseisontajäähdytysjärjestelmän sähkönsyöttö voidaan äärimmäisen merivesitulvan tapauksessa hoitaa korkeammalla sijaitsevan ilmajäähdytteisen dieselvaravoimalaitoksen avulla. Laitoksen suojausta korkean meriveden pinnan varalta vuosihuoltotöiden aikana on parannettu asentamalla merivesikanaviin uudet sulkuluukut, joita voidaan tarvittaessa korottaa lisäpalkeilla. Muutokset saatiin päätökseen vuonna 2018. Loviisan ydinvoimalaitoksella otettiin vuonna 2015 käyttöön järjestelmä, jonka avulla sammutetun reaktorin tuottama jälkilämpö voidaan siirtää ilmakehään meriveden sijaan. Tällä parannuksella laitos voidaan pitää turvallisessa tilassa pitkäkestoisesti ja se poistaa jatkossa lähes kokonaan merivesijäähdytyksen menetyksestä aiheutuvat riskit. Yli kolme vuorokautta kestävä onnettomuustilanteen varalle varavoimadieselgeneraattoreiden polttoaineen omavaraisuutta ja saatavuutta on varmistettu vuonna 2016 käyttöön otetuilla laitosparannuksilla. Lisäksi voimalaitosalueella on ilmajäähdytteinen dieselvaravoimalaitos.

Edellä kuvatut muutokset suojautumisen parantamiseksi meriveden korkean pinnan ja merivesijärjestelmien tukkeutumisen varalta ovat johtaneet riskin pienenemiseen sekä riskiä aiheuttavien tapahtumien keskinäisen merkityksen muutoksiin.

Loviisan voimalaitoksen rakentamisen aikaan Suomessa ei ollut ydinvoimalaitosten maanjäristysturvallisuutta koskevia vaatimuksia, mutta niitä on lisätty ydinturvallisuussäännöstöön 1980-luvun loppupuolelta alkaen. Suomen yleisissä rakentamismääräyksissä ei edelleenkään ole vaatimuksia maanjäristyskuormien huomioon ottamisesta. Loviisan ydinvoimalaitoksen alkuperäisessä suunnittelussa ei ole otettu erikseen huomioon maanjäristysten aiheuttamia kuormia eikä laitosta ole kaikilta osin mahdollista muuttaa vastaamaan nykyisiä maanjäristysturvallisuutta koskevia vaatimuksia. Voimassa olevan siirtymäsäännöksen (STUK Y/1/2018 27 §) mukaan 14 §:ää sovelletaan ennen määräyksen voimaantuloa käyttöluvan saaneeseen ydinvoimalaitokseen siinä laajuudessa kuin soveltaminen ydinenergialain 7 a §:ssä säädetyn periaatteen mukaisesti on perusteltua. Merkittävien laitosmuutosten suunnittelussa maanjäristykset on otettu huomioon vuodesta 2001 lähtien. Laitoksen seisminen kesto on arvioitu seismisen riskianalyysin (eli seismisen PRA:n) yhteydessä, ensimmäisen kerran vuonna 1992 osana ulkoisten uhkien riskianalyysiä. Käyttölupahakemuksen yhteydessä vuonna 2006 Fortum arvioi seismisen riskianalyysin tilaa sekä vuosihuollon aikaisten seismisten riskien merkitystä. Viimeisin seisminen riskianalyysi on vuodelta 2010, mutta siihen on myöhemmin tehty täsmennyksiä yksittäisten laitteiden osalta. Loviisan voimalaitos sijaitsee seismisesti rauhallisella alueella, ja käytettävissä olevissa riskianalyyseissä maanjäristysten aiheuttama riski on arvioitu pieneksi. Laitospaikan seismisiin olosuhteisiin ja laitoksen käyttäytymiseen maanjäristystilanteessa liittyy kuitenkin huomattavia epävarmuuksia.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

STUK on viimeisimmän seismisen riskianalyysin tarkastuksen yhteydessä edellyttänyt Fortumia mm. arvioimaan laitospaikan seismisiä olosuhteita koskevien selvitysten päivitystarpeen ja kartoittamaan mahdollisuuksia seismisesti herkimpien laitteiden tuentojen parantamiseen. Laitospaikan seismisiä olosuhteita koskevan selvityksen viimeisin päivitys on valmistunut ja toimitettu STUKin tarkastettavaksi syksyllä 2021. Laitospaikalla erittäin harvinaisiksi mutta mahdollisiksi arvioidut maanjäristyskiihtyvyydet ovat jonkin verran aikaisempia arvioita suurempia. Maanjäristysriskien kannalta tärkeiden laitoksen rakenteiden ja pääkomponenttien sekä muiden laitteiden maanjäristyskestävyyttä koskevien selvitysten päivitys on meneillään. Nämä selvitykset on tarpeellista saattaa ajan tasalle laitoksen maanjäristyskestävyyden ja maanjäristysten aiheuttamien riskien arviointia varten. Fortumin tavoitteena on, että päivitetyt selvitykset ovat kauttaaltaan käytävissä 2023. Fortumin on arvioitava tulosten perusteella, onko Loviisan maanjäristyskestävyys riittävän hyvä vai onko sen osalta tarpeen tehdä parannuksia ydinenergialain 7 a §:n mukaisesti. STUK tarkastaa Fortumin laatimat selvitykset ja niiden perusteella tehdyt johtopäätökset. Seismistä riskianalyysiä käsitellään kohdassa 2.1.2.

Fortum on lisännyt häiriö-, hätätilanne- ja toimenpideohjeisiin kuvauksen toiminnasta ja tarkastuksista, miten toimitaan voimalaitoksella havaitun maanjäristyksen jälkeen.

Äärimmäisten lämpötilojen tai vesi- ja lumisateen merkitys yksittäisilmiöinä on arvioitu ulkoisten tapahtumien riskianalyysissä pieneksi. Yhteisilmiönä kova tuuli ja lumisade voisivat kuitenkin aiheuttaa ulkoisen sähköverkon menetyksen samalla, kun lumi tukkisi varavoimadieselgeneraattoreiden ilmanoton. Toinen tunnistettu yhteisilmiö on em. runsas leväesiintymä ja voimakas tuuli, mikä voisi johtaa lämmönpoiston estymiseen meriveden. Tärkeimmiksi laitoksen turvallisuuteen vaikuttaviksi yksittäisilmiöiksi on arvioitu korkea meriveden pinta, salamet ja suppojaan aiheuttama meriveden ottojen tukkeutuminen. Parannustoimenpiteitä korkeaa meriveden pintaa vastaan on esitelty edellä.

Salamat ovat aiheuttaneet häiriöitä Loviisassa, ja 1990-luvulla laitoksella tehtiin parannuksia ukkossuojaukseen. Parannusten jälkeen turvallisuuden kannalta tärkeiden rakennusten ulkoinen ukkossuojaus on arvioitu maanpäälliseltä osalta riittäväksi. Aurinkomyrskyt ovat aiheuttaneet ongelmia sähköverkoissa ympäri maailmaa. Vuonna 2016 tehdyn selvityksen mukaan Suomen kantaverkolle ei kuitenkaan ole nähtävissä ongelmia. Koska aurinkomyrskyt ovat erittäin suuren mittakaavan ilmiö (vaikuttavat vain hyvin pitkään johtoihin ja öljyputkiin), ei suoraa vaikutusta ydinvoimalaitoksille ole.

Merivesijärjestelmiin pääsevä öljy, simpukat, levä, meduusat, roska tai suppo saattaisi heikentää merivesijäähdytystä tai pahimmassa tapauksessa tukkia jäähdytysjärjestelmiä. Laitoksen suunnittelussa ja toiminnassa on varauduttu meriveden sisäännoton tukkeutumiseen. Mikäli normaali meriveden sisäänotto tukkeutuu, jälkilämmönpoistoon tarvittava merivesi voidaan ottaa vaihtoehtoisesti poistopuolelta. Ilmaston muuttuminen voisi lisätä biomassan kulkeutumista laitokselle, mutta tämä mahdollisuus on tunnistettu ja siihen on varauduttu. Fortum on sopinut öljyvaaraa koskevista ilmoitusmenettelyistä öljyntorjunnan koordinoinnista vastaavan Suomen ympäristökeskuksen kanssa ja varautunut nykyisten vedenottoalueiden öljyntorjuntaan yhteistyössä Itä-Uudenmaan pelastuslaitoksen kanssa. Lisäksi edellä mainittu, vuonna 2015 Loviisan voimalaitoksella käyttöön otettu jäähdytyskeino ilmakehään poistaa lähes kokonaan merivesijäähdytyksen menetyksestä aiheutuvat riskit.



Metsäpaloista ei ole arvioitu aiheutuvan uhkaa laitokselle. Metsäpalon aiheuttamaa ulkoisen verkon menetystä pyritään ehkäisemään pitämällä johtojen alla oleva puusto määräaikaishoidoin kurissa. Lentokoneen törmäys voimajohtoihin on arvioitu epätodennäköiseksi. Laitoksen lähellä ei ole toimintoja, joista voisi aiheutua myrkyllisten tai räjähtävien kaasujen uhka, tai muita turvallisuutta vaarantavia teollisuuslaitoksia.

Loviisan ydinvoimalaitoksen suunnittelussa ei ole varauduttu suuren liikennelentokoneen törmäykseen. Vanhoja ydinvoimalaitoksia ei kaikilta osin ole mahdollista muuttaa vastaamaan uusia vaatimuksia, ja niitä varten on säännöstössä esitetty siirtymäsäännökset. Voimassa oleva siirtymäsäännös on esitetty määräyksen STUK Y/1/2018 27 §:ssä. Sen mukaan 14 §:ää sovelletaan ennen asetuksen voimaantuloa käyttöluvan saaneeseen ydinvoimalaitokseen siinä laajuudessa kuin soveltaminen ydinenergialain 7 a §:ssä säädetyn periaatteen mukaisesti on perusteltua.

STUKin arvion perusteella Loviisan ydinvoimalaitoksen suojautuminen ulkoisia uhkia vastaan on ajan tasalla ja riittävää ottaen huomioon ydinvoimalaitoksen alkuperäiset tekniset ratkaisut ja niistä aiheutuvat rajoitteet sekä valmisteilla olevat parannukset. Toteutetut laitosmuutokset ovat pienentäneet ulkoisista tapahtumista aiheutuvaa riskiä. Fortum kehittää edelleen varautumista ulkoisia tapahtumia vastaan ja seuraa alalla tapahtuvaa kehitystä ja tutkimusta.

#### 4.6.1 Johtopäätös (14 §)

Loviisan ydinvoimalaitoksen suojautuminen ulkoisia tapahtumia vastaan täyttää määräyksen STUK Y/1/2018 14 §:n vaatimuksen siinä laajuudessa kuin laitoksen tekniset ratkaisut ja niistä aiheutuvat rajoitteet huomioon ottaen on määräyksen STUK Y/1/2018 27 §:ssä ja YEL 7 a §:ssä säädetyn periaatteen mukaisesti perusteltua. Vanhoilla laitoksilla suunnitteluperusteena ei ole ollut suuren lentokoneen törmäys, mitä ei tarvitse YVL B.7:n täytäntöönpanopäätöksessä määräyksen STUK Y/1/2018 27 §:n siirtymäsäännöksen perusteella myönnetyn poikkeaman mukaisesti ottaa huomioon Loviisan laitoksilla. Muut merkittävimmät poikkeamat vaatimustenmukaisuudesta liittyvät seismisten ilmiöiden huomioon ottamiseen laitoksen alkuperäisessä suunnittelussa. Fortum on saanut valmiiksi laitospaikan seismisiä ominaisuuksia ja maanjäristysten todennäköisyyksiä koskevan selvityksen, ja maanjäristystilanteen hallinnassa tarvittavien laitteiden kestävyysarvioiden päivitys on meneillään. Selvitysten tulosten perusteella Fortum päivittää seismisen riskianalyysin ja arvioi tarpeita seismisesti herkimpien laitteiden tuentojen parantamiseen. Loviisan voimalaitoksen ohjeistoon on lisätty kuvaus toiminnasta maanjäristyksen jälkeen. Lisäksi Fortum kehittää edelleen muiden ulkoisten tapahtumien todennäköisyysperusteista riskianalyysia. STUK seuraa Fortumin selvitysten edistymistä ja arvioi niiden tuloksia ja ottaa niiden perusteella kantaa mahdollisiin parannustarpeisiin.

#### 4.7 Suojautuminen sisäisiltä turvallisuuteen vaikuttavilta tapahtumilta (15 §)

*1. Ydinlaitoksen suunnittelussa on otettava huomioon sisäiset tapahtumat, jotka voivat uhata turvallisuutta. Järjestelmät, rakenteet ja laitteet on suunniteltava, sijoitettava ja suojattava siten, että sisäisten tapahtumien todennäköisyydet ovat pieniä ja vaikutukset ydinlaitoksen turvallisuuteen vähäisiä. Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toimintakyky on*

*osoitettava niiden suunnitteluperusteena olevissa huonetilojen sisäisissä ympäristöolosuhteissa.*

*2. Sisäisinä tapahtumina on otettava huomioon tulipalot, tulvat, räjähdykset, sähkömagneettinen säteily, putkikatkot, säiliöiden rikkoutumiset, raskaiden esineiden putoamiset, räjähdysten ja laitteiden rikkoutumisten seurauksena syntyvät heitteet ja muut mahdolliset sisäiset tapahtumat. Suunnittelussa on otettava huomioon myös lainvastaiset ja muut ydinvoimalaitoksen turvallisuutta vaarantavat luvattomat toimet.*

Määräyksen STUK Y/1/2018 15 §:ään liittyvät yksityiskohtaiset vaatimukset esitetään mm. ohjeissa YVL B.1, YVL B.2, YVL B.7, YVL B.8 ja YVL E.6.

Loviisan voimalaitoksessa laitteiden ja järjestelmien erottelu ja suojaukset on toteutettu rakentamisajankohdan vaatimusten mukaisesti. Ratkaisuja on myöhemmin parannettu monilta osin ja Loviisan voimalaitos täyttää määräyksen STUK Y/1/2018 15 §:ssä esitettävät järjestelmien ja laitteiden sijoittelua, erottelua ja suojausta koskevat yleiset vaatimukset. Laitos ei kuitenkaan kaikilta osin täytä nykyisissä YVL-ohjeissa uusille ydinvoimalaitoksille asettuja vaatimuksia.

Sisäiset tapahtumat otetaan huomioon ydinvoimalaitoksen suunnittelussa muun muassa huonetilojen ja toisiaan varmentavien turvallisuusjärjestelmien ja laitteiden fyysisellä erottelulla ja suojaamisella. Suunnittelussa on otettava huomioon myös turvallisuusjärjestelmien tukijärjestelmät, esimerkiksi sähkön tai muun käyttövoiman syöttö, mittaukset ja ohjaukset sekä niihin liittyvä kaapelointi. Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toimintakykyä niiltä edellytettävissä ympäristöolosuhteissa käsitellään yksityiskohtaisemmin luvussa 4.7.1 kelpoistuksen näkökulmasta.

Laitoksen sisäiset missiilit (heitteet) eivät sisällyneet alkuperäisiin suunnitteluperusteisiin. Myöhempien selvitysten perusteella ei ole kuitenkaan tunnistettu laitosturvallisuutta uhkaavia mahdollisia missiilejä. Laitoksella on myös tehty parannustoimia suojarakennuksen ulkopuolisten putkikatkojen vaikutusten pienentämiseksi.

Sisäisten tapahtumien vaikutuksia Loviisan ydinvoimalaitoksen turvallisuudelle ja mahdollisia parannuksia on selvitetty 1980-luvulta alkaen sekä determinististen vaatimusten osalta että todennäköisyysperusteisen riskianalyysin yhteydessä. Sisäisten tapahtumien aiheuttamia riskejä on pienennetty lukuisilla laitosmuutoksilla. Loviisan ydinvoimalaitoksen riskianalyysissä sisäisinä tapahtumina on tarkasteltu mm. tulipaloja, sisäisiä tulvia, raskaiden taakkojen putoamisia, huonetilojen jäähtymisen menetyksiä, putkimurtumia sekä turvallisuusjärjestelmien vikaantumisia. Laitosyksiköiden välillä on tunnistettu joitain eroja liittyen paloista ja instrumenttitilojen jäähtymisen menetyksestä aiheutuviin riskeihin.

Määräaikaisten turvallisuusarvioinnin yhteydessä esitettyjen riskianalyysien mukaan palot aiheuttavat sydänvauriotaajuudesta Loviisa 1 -yksiköllä reilun neljänneksen ja Loviisa 2 -yksiköllä lähes puolet. Suurin osa palojen aiheuttamasta sydänvaurioriskistä aiheutuu palon seurauksena syntyvästä pääkiertopumppujen tiivistevuodosta. Loviisa 2:n palorisikanalyysiä on kehitetty ja vuoden 2019 analyysi perustui osittain Loviisa 1:n malliin ja lähtötietoihin, mutta Loviisa 2 -lähtötietoihin perustuva analyysi on laadittu vuonna 2021. Loviisa 2:n suurempi palorisiko johtuu muun muassa siitä, että yksiköiden paloerottelu ei ole täysin samanlainen ja erityisesti turbiinihallin paloista aiheutuva riski on Loviisa 2:lla

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

suurempi kuin Loviisa 1:llä. Loviisa 1 -yksiköllä turbiinihallin palot aiheuttavat sydänvaurioriskin pääasiassa täydellisen syöttöveden menetyksen seurauksena ja laitevikojen kautta. Loviisa 2:lla suurin osa turbiinihallin palojen sydänvaurioriskistä muodostuu palon leviämisen seurauksena syntyvän primääripiirin vuodon tai automaatiotilojen ilmastoinnin menetyksen kautta.

Muita sisäisten tapahtumien riskianalyyseissä sydänvaurion kannalta tärkeiksi havaittuja tapahtumia ovat raskaiden taakkojen putoamiset, inhimillisten virheiden aiheuttamat vuodot ja vesitystarpeet (luonnonkierron estyessä primääripiiriin päässeen ilman vuoksi) kylmissä seisokkitiloissa, sekä Loviisa 2 -yksiköllä instrumenttitilojen ilmastoinnin menetykset. Analyysien perusteella instrumenttitiloja on mahdollista jäähdyttää myös ovet avaamalla. Raskaiden taakkojen arvioidut pudotustaaajuudet ovat viime vuosina pienentyneet, koska Polar-nosturi on modernisoitu Loviisa 2 -yksiköllä vuonna 2018 ja Loviisa 1 -yksiköllä vuonna 2019.

Sisäiset tulvat aiheuttavat analyysien perusteella vain n. 5 % sydänvauriotaajuudesta.

Reaktorihallissa sijaitsevilla polttoainealtailla on merkittävä osuus sydänvauriotaajuudesta. Osuus on noin viidesosa Loviisa 1:llä ja noin kuudesosa Loviisa 2:lla. Merkittävin riskitekijä on raskaan taakan putoaminen altaaseen. Laitosyksiköiden rakenteet eivät ole keskenään identtisiä, minkä takia polttoaineen siirtosäiliön putoamisen seuraukset ovat riskiarviossa vakavammat Loviisa 2:lla.

Määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä esitettyjen analyysien mukaan merkittävimmät suuren päästöön johtavat sisäiset tapahtumat tehoajolla ovat palot. Kylmissä seisokkitiloissa merkittävimmät suuren päästöön johtavat sisäiset tapahtumat aiheutuvat latausaltaan riskeistä, tulipaloista, primääripiirin vuotoihin johtavista inhimillisistä virheistä ja raskaan taakan pudotuksista. Laitosyksiköiden riskiprofiilit eroavat toisistaan merkittävästi. Loviisa 1 -yksiköllä palot aiheuttavat noin viidesosan suuren päästön kokonaisriskistä, Loviisa 2:lla palojen osuus on noin kaksi viidesosaa. Raskaan taakan pudotukset aiheuttavat noin neljäsosan molempien laitosten suuren päästön riskistä.

Fortum kehittää edelleen varautumista sisäisiä tapahtumia vastaan ja seuraa alalla tapahtuvaa kehitystä ja tutkimusta. STUKin arvion perusteella Loviisan ydinvoimalaitoksen suojautuminen sisäisiä tapahtumia vastaan on ajan tasalla ja riittävää ottaen huomioon ydinvoimalaitoksen alkuperäiset tekniset ratkaisut ja niistä aiheutuvat rajoitteet.

Johtopäätöksenä on, että Loviisan ydinvoimalaitoksen suojautuminen sisäisiä tapahtumia vastaan täyttää määräyksen STUK Y/1/2018 15 §:n vaatimuksen siinä laajuudessa kuin laitoksen tekniset ratkaisut ja niistä aiheutuvat rajoitteet huomioon ottaen on perusteltua. Suojautumiseen sisäisiltä tapahtumilta liittyy olennaisesti järjestelmien ja laitteiden erotelu. Erotteluperiaatteen toteutumista käsitellään 11 § kohdalla.

#### 4.7.1 Rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden toimintakyvyn osoittaminen (kelpoistus)

Ohjeen YVL B.1 kohdan 3.8 mukaan turvallisuudelle tärkeät laitososat järjestelmät, rakenteet ja laitteet on kelpuutettava käyttötarkoitukseensa. Kelpoistusprosessissa on osoitettava, että laitososat ovat käyttötarkoitukseensa sopivia ja täyttävät niille asetetut turvallisuusvaatimukset. Ohjeen YVL A.8 mukaan laitoksen vaaditun käyttökuntoisuuden on säilyttävä luotettavasti ikääntymisen vaikutuksista huolimatta epäsuotuisimminkin

suunnitteluperusteisissa käyttötilanteissa. Käyttökuntoisuuteen liittyvät epävarmuustekijät on tutkittava ja vähennettävä laajuudessa, joka ottaa huomioon laitoksen turvallisuusmerkityksen.

#### 4.7.1.1 Konetekniset laitteet

Koneteknisten laitteiden kelpoistuksessa ei ole tapahtunut olennaisia muutoksia kulu-neella käyttölupajaksolla. Primääripiiriin kuuluvia turvallisuusluokan 1 painelaitteiden kelpuuttaminen toteutuu riittävästi täyttämällä asianomaisten standardien ja YVL-ohjeiden vaatimukset suunnittelusta, valmistuksesta, tarkastuksista ja testauksesta. Muidenkin koneteknisten laitteiden, kuten pumppujen ja venttiilien soveltuvuus suunniteltuihin ympäristöolosuhteisiin varmistetaan suunnittelun, hankinnan ja asennuksen yhteydessä määrittelemällä niille onnettomuustilanteiden ja normaalin käytön olosuhteet, joiden alaisena niiden tulee säilyttää toimintakykynsä ja joissa laitteiden kulumisen ja vanheneminen on hallittavissa kunnossapidolla. Nämä vaatimukset esitetään ennakkotarkastusaineistoissa ja materiaalispesifikaatioissa. Rakennetarkastuksiin kuuluu paine-, kuormitus- ja tiiveyskokeita ja lisäksi voidaan edellyttää kokeita, tyyppitestejä ja soveltuvia laitteiden käyttökokemustietoja.

#### 4.7.1.2 Sähkö- ja automaatiojärjestelmät ja -laitteet

Sähkö- ja automaatiojärjestelmiä ja -laitteita koskeva ohje YVL E.7 antaa tarkemmat vaatimukset sähkö- ja automaatiojärjestelmien sekä niiden laitteiden ja kaapelien kelpoistuksesta käyttötarkoitukseensa. Laitteiden ja kaapelien kelpuuttamisen soveltuvuuden arvioinnin tulee tapahtua YVL-ohjeiden ja STUKin määräysten sekä soveltuvien standardien mukaisesti. Koska laitteiden on pystyttävä täyttämään tehtävänsä koko suunnitellun käyttöikänsä kaikissa vaiheissa, voidaan myös laitteiden ikääntymisen seuranta katsoa osaksi jatkuvaa kelpoistusprosessia.

Ydinlaitoksen turvallisuusluokiteltujen sähkö- ja automaatiojärjestelmien ja -laitteiden sekä kaapeleiden ympäristöolosuhteet ja -rasitukset kaikissa suunnitelluissa käyttöolosuhteissa sekä varastoinnissa ja kuljetuksissa tulee määritellä. Järjestelmät, laitteet ja kaapelit on suunniteltava siten, että niiden toimintakyky säilyy asetettujen vaatimusten mukaisina koko suunnitellun käyttöiän ajan. Turvallisuusluokiteltujen laitteiden ja kaapelien kelpoistus suunnitelluissa ympäristöolosuhteissa ja -rasituksissa on suoritettava standardien mukaisten testien ja analyysien avulla. Testien tulee vastata epäedullisimpien mahdollisten käyttö- ja ympäristöolosuhteiden yhteisvaikutuksia.

Osana ikääntymisen hallinnan kehitysprojektia (LOLTO) on myös panostettu ympäristöolosuhdekelpuutettujen laitteiden kelpoistuksen hallintaan. Kelpoistuksen ylläpitoon sähkö- ja automaatiolaitteiden osalta on tarkastelujaksolla tehty uusi menettelyohje. Ohjeen ja määräaikaisen turvallisuusarvioinnin asiakirjojen valmistelun yhteydessä myös määriteltiin uudelleen kelpoistuksen kohteena oleva laitelaajuus perustuen nykyisiin tehtäväkategorioihin ja niiden sisältämiin turvallisuustoimintoihin. Asian käsittely laitosdokumentaatioissa on vielä kesken (esim. FSAR 3.7).

Loviisa 1:n ja Loviisa 2:n höyrytintiloissa sijaitsevien turvallisuudelle tärkeiden toimilaittekaapelointien (voima- ja ohjauskaapelit) lämpötiloja on mitattu laitosten

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

vuosihuoltojen alasajon yhteydessä vuodesta 1999 lähtien neljän vuoden välein. Mittaus- tulosten perusteella on kaapelien käyttökuntoisuutta arvioitu. Viimeisimmän arvioinnin perusteella on Loviisa 1:n höyrystintiloissa sijaitsevien Monette-kaapelien uusimiseen tähtäävät toimenpiteet aloitettu vuonna 2020 Loviisa 1:n vuosihuollossa.

Osa reaktorisydämen ulostulolämpötilamittauksista on muutettu tarkkailemaan lämpötilaa kannen alapuolella, koska tätä tietoa tarvitaan joissain onnettomuustapauksissa (jäähdytteenmenetysonnettomuus LOCA, päähöyryputken katko MSLB) mahdollisesti muodostuvan höyrykuplan valvontaa varten. Muutoksen kohteena olleiden laitteiden kelpoistus suoritettiin siten, että kenttälaitteiden kelpoistuskriteerinä olivat päähöyryputken katkeamisonnettomuuden olosuhteet.

Suojarakennuksen ulkopuoliset onnettomuusolosuhteisiin kelpuutetut laitteet sijaitsevat syöttövesisäiliötasolla. Syöttövesitasolla tapahtuviin putkikatkoksiin varaurautumista on parannettu vuosina 2008–2018. Yhtenä osana parannuksia kelpuutettiin onnettomuustilanteessa tarvittavia venttiilejä ja kaapeleita onnettomuusolosuhteisiin.

Fortum on aloittanut turvallisuusarviointinsa tuloksena selvitystyön suojarakennuksen ulkopuolella sijaitsevien AUMAn SAN-laitteiden ja neuvostoliittolaisen AEE-tyypin moottoritoimilaitteiden kelpoistuksen tilasta ja mahdollisista onnettomuusolosuhdekelpoistusvaatimuksista. Selvitystyö on vielä kesken. Venttiilitoimilaitteet sijaitsevat hätäsyöttövesi- (RL) ja päähöyrylinjoissa (RA) sekä primääripiirin seisontajäähdytyksen linjoissa (RR). STUK edellytti (7/A42215/2020) Fortumia toimittamaan asiasta selvityksen 9.2.2022 mennessä. Kyseinen selvitys on toimitettu STUKille (STUK 1/A42215/2022). Selvityksen mukaan kaikkien toimilaitteiden kelpoistusvaatimus ei suoraan täyty vanhojen laitteiden osalta ja jatkotoimenpiteenä Fortum selvittää todenmukaisemmat toimilaitteen tarkempaan sijaintiin perustuvat onnettomuusolosuhteet. Näiden analyysien tulokset syöttövesisäiliötason onnettomuusolosuhteista raportoidaan STUKille 31.12.2022 mennessä.

Suojarakennuksen ulkopuolella tapahtuvassa suuressa höyryvuodossa tarvitaan päähöyrylinjojen eristysventtiileitä. Eristysventtiileiden toimintaa ohjaavat paineilmalinjoissa olevat solenoidiventtiilit. Solenoidiventtiileille ei ole tehty erillistä ympäristöolosuhdekelpoistusta, mutta luvanhaltijan arvion mukaan ne kestävät syöttövesisäiliötason onnettomuuden aikaiset yleisolosuhteet rakenteensa ja suunnitteluperusteidensa mukaisesti. Asian osalta on olemassa aikaisemmat selvitykset (mm. A30-7/147 vuodelta 2001). STUKin käsitys on, etteivät oletetut ympäristöolosuhdevaatimukset ole tämän jälkeen muuttuneet. Lisäselvitystä ei tarvita tässä vaiheessa.

Prosessin instrumentointia on uusittu kelpuutettuun laitekantaan, joista esimerkkinä automaatiojärjestelmien käyttämät paine- ja paine-erolähtetimet (samalla uusittiin höyrystimien pinnankorkeusmittausten impulssiputkistoa) sekä suojausjärjestelmän (YZ) käyttämien hätäsisävesisäiliön TH00B0001 pinnankorkeusmittauksien paine-erolähtetimet ja matalapaineisen hätäsyöttöveden ja aktiivisen ilmastoinnin lämpötila anturit.

Suojarakennuksen vetymittaukset on uusittu, alkuperäisvaatimusten mukaisesti LOCA-kestoiseksi. Fortumin onnettomuudenhallintastrategian mukaan kyseisiä mittauksia kuitenkin tarvitaan ainakin osan aikaa vakavien onnettomuuksien aikaisissa ympäristöolosuhteissa. Valmistuvien uusien onnettomuusanalyysien valossa tullaan tarkastelemaan myös uusien vetymittausten kestoja.

Vuoden 1997 alusta alkaen STUK on edellyttänyt sähkö- ja automaatiolaitteiden ympäristökelpoisuuden sisältävän myös sähkömagneettisen yhteensopivuuden osoittamisen. Sen jälkeen Loviisan ydinvoimalaitoksen sähkömagneettisista olosuhteista tehtiin EMC-kartoitus. Kuluvalla tarkastelujaksolla on kiinnitetty erityistä huomiota kannettavien radiolaitteiden mahdollisiin häiriöihin ja niistä johdettuihin sähkömagneettisen häiriökentän sietovaatimuksiin. Loviisan voimalaitoksen radiolaitteiden luetteloon on seurantajak-solla tehty merkittävä päivitys radiolaitteiden sijainnin, radiotaajuuksien, säteilytehojen ja varoetäisyyksien osalta. EMC-vaatimukset huomioidaan suoritettavissa hankinnoissa ja kelpoisuuksissa.

Kuluvan tarkastelujakson aikana Loviisan voimalaitoksella on tehty laitostason maanjäristysluokituksen määrittäminen, johon liittyen suunnittelumaanjäristystä on käytetty laajamittaisemmin suunnitteluperusteena laitteiden suunnittelussa ja kelpoisuuksissa. Lisäksi tarkastelujaksolla on myös tehty maanjäristysluokiteltujen kohteiden kokemuseräisen kestävyysarvioinnin päivitys. Uusien automaatiolaitteiden rakenteet on mitoitettu maanjäristyskestoisuusvaatimukset huomioon ottaen. Tarkastelujaksolla projekteissa toteutettuja sähkölaitteiden seismisiä kelpoisuuksia ja tarkasteluja ovat olleet mm. molemmilla laitosyksiköillä tehdyt 400V F- ja E-keskusten kasettiuusinta, tasasuuntaajat (EK41/43), ER01/02-muuttajakoneet ja muuttajakoneiden ohjauskaapit ja korkeapaineisten boorinsyöttöpumppujen TB12/22 sähkökäytöt (moottorit, taajuusmuuttajat) sekä Loviisa 1:lla 24VDC-akustot (EK09...16, EK25...32) ja hätädieseleiden tasasuuntaajat (EC19/21/23/25). Lisäksi TJ- pumppujen moottoreiden uusinnan yhteydessä on tehty maanjäristysanalyysi.

Nykyisten ympäristöolosuhdetietojen yhdistämiseksi on tehty ympäristöolosuhdekelpoistusselvitystä, joka kattaa myös ympäristöolosuhdekelpuutettavat käyttöpaikat. Tiedot on viety LOMAX-järjestelmään, jossa niitä jatkossa ylläpidetään. Tämä palvelee onnettomuusolosuhteisiin kelpuutettavien laitteiden jäljellä olevan käyttöiän seuranta. Laitteiden käyttöiän ja kelpoisuuden voimassaolon hallintaa käsitellään luvussa 2.3.

Mikäli laitoksen käyttöä jatketaan, on syytä huomioida lähiaikoina vanhenevista kelpoisuuksista onnettomuuden hallintaan tarvittavien laitteiden sähkö- ja automaatiokaapelien suojarakennusläpivientien kelpoisuus, joka ensimmäisten asennusten osalta päättyy vuonna 2029. Myös osa pääkiertopiirin ja pääkiertopumppujen onnettomuusolosuhteisiin tarkoitettuista lämpötila-antureista tulisi uusia 2028 ja 2031 mennessä.

#### 4.7.2 Johtopäätös (15 §)

Loviisan ydinvoimalaitoksessa laitteiden ja järjestelmien erottelu ja suojaukset on toteutettu rakentamisajankohdan vaatimusten mukaisesti. Ratkaisuja on myöhemmin parannettu monilta osin. STUKin arvioon perusteella Loviisan ydinvoimalaitoksen suojautumisen sisäisiä tapahtumia vastaan on ajan tasalla ja riittävää ottaen huomioon ydinvoimalaitoksen alkuperäiset tekniset ratkaisut ja niistä aiheutuvat rajoitteet.

Loviisan ydinvoimalaitoksen suojautuminen sisäisiä tapahtumia vastaan täyttää määräyksen STUK Y/1/2018 15 §:n vaatimuksen siinä laajuudessa kuin laitoksen tekniset ratkaisut ja niistä aiheutuvat rajoitteet huomioon ottaen on perusteltua.

Loviisan voimalaitoksella on käynnistetty vuonna 2019 kehitysprojekti nimeltä LOLTO (Loviisa Long Term Operation), jonka tavoitteena on parantaa laitoksen



ikäntymisenhallintaa ja siten turvallisuutta. Osana LOLTO-projektia panostetaan myös ympäristöolosuhdekelpoistuksen hallintaan. Loviisan voimalaitoksella on kehitetty myös uusi menettelyohje ympäristöolosuhdekelpuutettujen laitteiden kelpoistuksen voimassaolon hallintaan.

Loviisan määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä Fortum on havainnut toimilaitteita, joilla on tunnistettu olevan ympäristöolosuhdevaatimuksia onnettomuustilanteissa. Näiden kyseisten laitteiden osalta tullaan selvittämään, tarvitaanko niitä onnettomuudenhallinnassa.

Yhteenvedona STUK toteaa, että määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä STUKille toimitetuissa selvityksissä on esitetty riittävät tiedot sähkö- ja automaatiojärjestelmien, rakenteiden ja laitteiden kelpoistuksista ja kelpoistuksen säilymiseen vaikuttavista tekijöistä, kun otetaan huomioon selvityksen alla olevat toimilaitteet.

#### **4.8 Valvonnan ja ohjauksen turvallisuus (16 §)**

*1. Ydinlaitoksella on oltava laitteet, jotka antavat tiedon laitoksen tilasta ja tarvittaessa ilmaisevat, jos se poikkeaa normaalista.*

*2. Ydinvoimalaitoksessa on oltava automaattiset järjestelmät, jotka käynnistävät turvallisuus toiminnat tarvittaessa sekä ohjaavat ja valvovat niiden toimintaa käyttöhäiriöiden aikana onnettomuuksien ehkäisemiseksi ja onnettomuuksien aikana seurausten lieventämiseksi.*

*3. Automaattisten järjestelmien on kyettävä pitämään ydinvoimalaitos hallitussa tilassa niin kauan, että ohjaajille jää riittävästi harkinta-aikaa oikeiden toimenpiteiden tekemiseksi.*

*3a. Ydinvoimalaitoksen hallitsemiseksi ja sen ohjaajien toiminnan mahdollistamiseksi ydinvoimalaitoksessa on oltava valvomo, johon sijoitetaan valtaosa ydinvoimalaitoksen valvontaan ja ohjaamiseen tarvittavista käyttöliittymistä. Valvomon ulkopuolelle sijoitettavien valvonta- ja ohjaustehtävien laajuus on suunniteltava niiden toteutettavuuden perusteella.*

*4. Ydinvoimalaitoksessa on oltava valvomosta riippumaton varavalvomo ja tarvittavat paikalliset ohjausjärjestelmät ydinreaktorin pysäyttämiseen ja reaktorin ydinpolttoaineen ja varastoituna olevan käytetyn ydinpolttoaineen jälkilämmön poistamiseen.*

Ohjeessa YVL B.1 ja erityisesti sen kohdissa 5.2 Automaatiojärjestelmät ja 5.3 Valvomot esitetään tarkempia vaatimuksia ydinvoimalaitoksen valvonnassa ja ohjauksessa käytettäville järjestelmille.

Loviisa 1:n ja 2:n prosessi- ja sähköjärjestelmien valvontainstrumentointi sekä reaktori-sydämen tilan valvontaan suunniteltu ydintekninen instrumentointi lähettää jatkuvasti tietoa laitosten automaatiojärjestelmille sekä valvomoiden valvontalaitteille ja käyttöliittymille, jotta valvomoissa työskentelevillä ohjaajilla on ajantasainen tieto prosessi- ja automaatiojärjestelmien tilasta. Automaatiojärjestelmissä muodostetut raja-arvot ilmaisevat automaattisesti laitosten tilan poikkeamisen normaalista.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Laitosyksiköillä on automaatiojärjestelmät, jotka tarvittaessa automaattisesti käynnistävät turvallisuustoiminnot ohjaamalla tarvittavia prosessilaitteita ja jotka myös valvovat järjestelmien ja laitteiden toimintaa käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien aikana. Turvallisuustoimintoja on käsitelty tarkemmin luvussa 4.4.

Suojausjärjestelmät on suunniteltu saattamaan laitos hallittuun tilaan ja pitämään tila, kunnes prosessisuureet ovat palautuneet tai ohjaajat ovat ottaneet tilanteen haltuun (esimerkiksi jos suojausjärjestelmän toimintatila voidaan lopettaa).

Laitosyksiköiden suojausjärjestelmät on suunniteltu siten, että häiriöissä tai onnettomuustilanteissa turvallisuusjärjestelmien käynnistys ei edellytä nopeita ohjaajien toimenpiteitä. Ohjaajille jäävä harkinta-aika ennen ohjaus- ja muita toimenpiteitä, asianmukaiset häiriö- ja hätätilanneohjeet sekä ohjaajien saama koulutus vähentävät tehokkaasti inhimillisten virheiden mahdollisuutta. Prosessitietokone on varustettu tukinäyttöillä, joita käytetään vuokaaviomuotoisten häiriö- ja hätätilanneohjeiden kanssa.

Loviisa 1:llä ja 2:lla on omat itsenäiset päävalvomot, joihin on keskitetty laitosten jatkuva valvonta, joka tapahtuu laitosten alkuperäisen automaation käyttöliittymillä sekä digitaalisten automaatiojärjestelmien näyttöpohjaisilla ja langoitetuilla käyttöliittymillä. Niissä on käytettävissä tarvittava informaatio ja sieltä laitosyksikköä voidaan ohjata normaali-käytön aikana sekä ohjata laitos hallittuun tilaan odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja onnettomuuksissa.

Loviisa 2:n päävalvomoon tuodaan myös käytetyn polttoaineen varastojen hälytykset. Molemmilla yksiköillä on lisäksi ns. hätävalvomotaulu, josta voidaan tehdä reaktorin pysäytys sekä turvallisuuden kannalta välttämättömät ohjaus- ja valvontatoimet. Toimintoja täydennettiin automaatiouudistuksessa (mm. reaktoripikasulkupainikkeet, neutronitehon osoitukset).

Kummallakin laitosyksiköllä on apurakennuksissa apuvalvomot tärkeiden apuprosessien toiminnan valvomiseksi (eivät ole välttämättömiä laitoksen turvallisuudelle). Edelleen laitoksella on laitosyksikkökohtaiset ilmastointivalvomot sekä dieselgeneraattorikohtaiset paikallisvalvomot. Kaikista apuvalvomoista saadaan hälytykset kootussa muodossa päävalvomoihin.

Vakavia reaktorionnettomuuksia varten on muista automaatiojärjestelmistä erilliset valvonta- ja ohjausjärjestelmät. Näiden järjestelmien valvonta- ja ohjauspaikat on sijoitettu molempien laitosten valvomoiden yhteyteen ja suojarakennuksen ulompiin rengastiloihin sekä molemmille laitosyksiköille yhteiseen valvontapaikkaan. Molempia laitosyksiköitä palvelevilla varahätäsyöttövesipumppaamolla ja primääripiirin seisontajähdytystä varmistavalla järjestelmällä (vara-RR) on omat valvontapaikkansa.

Prosessi-informaatio esitetään päävalvomossa osoittavilla mittareilla, merkkilampuilla, piirtureilla sekä prosessiautomaatio- ja tietokonejärjestelmien näyttölaitteilla. Hälytystiedot esitetään päävalvomossa sekä konventionaalisten hälytysjärjestelmien ohjaamilta näyttöpaneelilta että prosessiautomaatio- ja tietokonejärjestelmien näyttölaitteilla ja digitaalisten automaatiojärjestelmien käyttöliittymillä. Lisäksi tapahtuma- ja tilatiedot sekä varoitus- ja hälytysrajojen ylitykset tulostuvat hälytyskirjoittimille.

Prosessien valvontaa suorittavaa prosessitietokonejärjestelmää ja siihen liittyviä erillisiä valvonta- ja prosessiautomaatiojärjestelmiä on uusittu ja laajennettu laitosmuutosten myötä.

Valvomoon kohdistuvat uhkat ja niiden torjunta on käsitelty tämän turvallisuusarvion ulkoisia ja sisäisiä uhkia koskevissa luvuissa 4.6 ja 4.7.

Laitosyksiköillä on päävalvomoiden lisäksi edellä kuvatut hätävalvomot (SAM-valvomo sekä erilliset laitosyksikkökohtaiset hätäohjauspaneelit), apu- ja ilmastointivalvomot sekä erilliset paikallisohtauspaikat. Yhdessä paikallisten ohjausten ja apuvalvomoiden kanssa hätäohjauspaneelin avulla voidaan toteuttaa laitosyksiköiden reaktorien sammutus, primääripiirin jäähdytys ja jälkilämmön poisto käytetyn polttoaineen altaista, mikäli toiminta päävalvomossa on estynyt, minkä voidaan katsoa täyttävän vaatimuksen vara-valvomosta riittävässä määrin. Automaatiota uudistettaessa laitosyksiköiden päävalvomoon lisättiin analogiatekniikkaan perustuva takaturvapaneeli lyhyen ja pitkän aikavälin onnettomuudenhallintaan. Päävalvomoissa on lisäksi suurkuvanäytöt, joilla voidaan näyttää prosessitietokoneen (PTK) näyttöjä, kuten laitoksen yleisnäytöt.

#### 4.8.1 Johtopäätös (16 §)

Loviisan ydinvoimalaitoksen valvonta ja ohjauksen turvallisuus on sillä tasolla, mitä määräyksen STUK Y/1/2018 16 §:ssä edellytetään. Hätäohjauspaneelien ohjaus- ja monitorointilaajuus on suppea, mutta tilanne voidaan katsoa hyväksyttäväksi.

### 5 Ydinvoimalaitoksen käyttötoiminnan turvallisuus (STUK Y/1/2018 – 5 luku)

#### 5.1 Käyttötoiminnan turvallisuus (20 §)

1. Kumottu

2. Ydinvoimalaitosyksikön valvomossa on oltava jatkuvasti riittävä määrä ohjaajia, jotka ovat tietoisia ydinvoimalaitoksen, järjestelmien ja laitteiden tilasta.

2a. Ydinlaitoksen ohjauksessa ja valvonnassa on käytettävä kirjallisia ohjeita, jotka vastaavat ydinlaitoksen kulloistakin rakennetta ja laitoksen käyttötilaa. Laitteiden huoltoa ja korjauksia varten on annettava kirjalliset määräykset ja niihin liitetyt ohjeet.

3. Käyttöhäiriöitä ja onnettomuustilanteita varten on oltava tilanteiden tunnistamiseen ja hallintaan soveltuvat ohjeet.

4. Ydinlaitoksen käyttötoimenpiteet ja turvallisuuteen vaikuttavat tapahtumat on dokumentoitava siten, että ne ovat jälkikäteen todennettavissa ja arvioitavissa.

5. Ydinlaitoksen käyttöluvan haltijan on huolehdittava siitä, että ydinlaitoksen muutokset suunnitellaan ja toteutetaan turvallisuusvaatimusten mukaisesti noudattaen hyväksytyjä suunnitelmia ja menettelyjä.

Loviisan voimalaitos on määrittänyt valvomon vähimmäismiehityksen turvallisuusteknisisä käyttöehdoissa (TTKE). Ohjaajien tehtävät määritetään voimalaitoksen ohjeistossa.

Vuoro-päällikkö on vastuussa TTKE:n ja ohjeiden noudattamisesta. Vuoropäälliköiltä, turbiiniteknikoilta ja reaktorimestareilta edellytetään voimassa olevaa STUKin ohjaajahyväksyntää. Ydinvoimalaitoksen ohjaajien pätevyyksien osalta noudatetaan ohjeen YVL A.4 liitteen E vaatimuksia. Käyttövuoro valvoo ydinvoimalaitoksen tilaa valvomon näytöiltä ja mittauksista, koestamalla laitteiden toimintakuntoisuutta sekä tekemällä tarkastuksia ja valvontakierroksia laitoksen tiloissa.

Voimalaitoksen ohjauksessa ja valvonnassa noudatetaan TTKE:ta ja ohjeita. Fortumilla on Loviisan voimalaitoksen käyttöä varten sekä pysyviä ohjeita että yksittäisiä, kertaluonteisia töitä varten laadittuja käyttömääräyksiä, suojelumääräyksiä ja työmääräimiä. Ohjeisiin liittyvät menettelyt ja vastuut on määritetty ja ohjeita kehitetään jatkuvasti uuden tiedon ja ohjeiden käytöstä saatujen havaintojen perusteella.

Käyttöhäiriöitä ja onnettomuustilanteita varten Loviisan laitoksella on kattavat häiriönselvitys- ja hätätilanneohjeet, sekä ohjeistetut menettelyt niiden laatumiseen ja ylläpitoon. Vakavan onnettomuuden ohjeet sisältyvät hätätilanneohjeisiin. Ohjeita on sekä tapahtuma- että oirepohjaisia. Vuoro käyttää pääosin tapahtumapohjaisia ohjeita, kun taas päivystävän turvallisuusinsinöörin ohjeet ovat oirepohjaisia. Tarvittaessa myös vuoro siirtyy oirepohjaisiin ohjeisiin. Osalle ohjeita on tausta-aineisto, jossa kuvataan tilanteen hoitamisen strategiaa, riskejä, tilaa, johon laitos pyritään saattamaan ja toimenpiteiden perusteluja. Ohjeistoa kehitetään jatkuvasti. Viimeaikaisia kehityskohteita ovat olleet esimerkiksi seisokkitilojen huomioiminen ja ohjeiden laatiminen laitoksen ajamiseen hallitusta tilasta turvalliseen tilaan. Lisäksi PRA-tulosten perusteella on laadittu uusia toimenpideohjeita, esimerkiksi varahätäsyöttöveden käyttöön ilman instrumentointia. Vakavan reaktorionnettomuuden ohjetta kehitetään seisokkitilojen sekä järjestelmien palautus- ja korjaustoimenpiteiden osalta.

Käyttövuoro dokumentoi käyttötoimenpiteet ja tapahtumat sähköisiin päiväkirjoihin. Yksittäiset työt dokumentoidaan töidenhallintajärjestelmään. STUKille toimitetaan ohjeen YVL A.9 edellyttämä vuorokausiraportti, jossa esitetään mm. tehon tai käyttötilan muutokset, TTKE-poikkeamat, painelaiteviat, havainnot polttoainevuodoista ja ydin- ja säteilyturvallisuuteen liittyvät käyttötapahtumaraporttia edellyttävät tapahtumat. Jokainen voimalaitoksella työskentelevä on velvollinen ilmoittamaan havaitsemistaan tapahtumista, vioista ja puutteista. Havaintojen kirjaamisessa käytetään havaintoilmoitusta tai havaintoraporttia.

Fortum on uudistanut muutostöiden hallinnointia ja muutostöihin liittyviä ohjeita merkittävästi tällä käyttöluopajaksolla. Muutokset ovat kohdistuneet päätöksentekoprosessiin, muutosten suunnitteluun ja arviointiin sekä toteutukseen ja käyttöönottoon, ja niiden tavoitteena on ollut tehostaa muutostöitä, tehdä päätöksenteko läpinäkyvämmäksi ja selkeyttää rooli- ja vastuunjakoja muutoksiin liittyen. Käyttöön on otettu nk. Design Authority, joka arvio kokonaisvaltaisesti ja riippumattomasti muutosten turvallisuusvaikutuksia ja varmistaa käyttöluvan ehtojen ja lainsäädännön vaatimusten noudattamista muutostöissä.

### 5.1.1 Johtopäätös (20 §)

Loviisan ydinvoimalaitoksen käyttötoiminta on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 20 §:n tarkoittamalla tavalla.

## 5.2 Käyttökokemusten ja turvallisuustutkimuksen huomioon ottaminen turvallisuuden parantamisessa (21 §)

- 1. Turvallisuuden kannalta merkittävät käyttötapahtumat on tutkittava perussyiden selvittämiseksi ja korjaavien toimenpiteiden määrittelemiseksi ja toteuttamiseksi.*
- 2. Turvallisuuden jatkuvaksi parantamiseksi on säännöllisesti seurattava ja arvioitava omia ja muiden ydinlaitosten käyttökokemuksia sekä turvallisuustutkimuksen tuloksia ja tekniikan kehittymistä.*
- 3. Käyttökokemusten ja turvallisuustutkimuksen sekä tekniikan kehittymisen esiin tuomia mahdollisuuksia teknisiin ja organisatorisiin turvallisuusparannuksiin on arvioitava ja toteutettava siinä määrin kuin se on ydinenergialain 7 a §:ssä säädettyjen periaatteiden mukaan perusteltua.*

### 5.2.1 Tarkastelujakson käyttökokemukset

Käyttötapahtumat ja muut käyttökokemukset kuten viat, poikkeamat sekä toimintaa ja kulttuuria koskevat havainnot on huomioitu tarpeellisin osin muiden pykälien arvioinneissa, koska ne viestivät eri alueiden tilanteesta ml. parannustarpeista. STUK keskittyy tässä kohdassa tarkastelemaan käyttötapahtumia kokonaisuutena.

STUK varmistuu osana jatkuvaa valvontaansa, että Fortum tunnistaa säteily- ja ydinturvallisuuteen liittyviä Loviisan voimalaitoksen tapahtumia, sekä kykenee parantamaan voimalaitosta ja toimintaa niiden perusteella. Voimalaitos tarkoittaa laitossyksiköitä sekä voimalaitos- ja ydinjätteen käsittelyyn ja varastointiin liittyviä laitoksia. Tämän tehtävän hoitamiseksi STUK edellyttää ohjeen YVL A.10 vaatimuksin, että luvanhaltija ilmoittaa STUKille välittömästi säteily- ja ydinturvallisuuden kannalta merkittävimmistä tapahtumista. Valvovana viranomaisena STUK arvioi ensivaiheessa tapahtuman turvallisuusmerkitystä ja luvanhaltijan käynnistämien toimenpiteiden asianmukaisuutta. Viimeisimmän viiden vuoden (2016–2020) aikana Fortum ilmoitti 28 tapahtumasta välittömästi STUKin päivystäjälle.

STUK tarkastaa myös luvanhaltijan tapahtumatutkintojen tuloksia sekä luvanhaltijan määrittämien toimenpiteiden toteuttamista ja vaikutuksia. Raportointikriteerit STUK esittää ohjeessa YVL A.10. Jakson 2016–2020 aikana Fortum toimitti STUKille keskimäärin 19 tapahtumatutkinnan tulosraporttia vuodessa. STUKille ilmoitettujen tapahtumien lisäksi Fortum tutki keskimäärin 30 muuta Loviisan voimalaitoksen tapahtumaa vuosittain. Lukumäärät kertovat siitä, että Fortum tunnistaa ja tutkii säteily- ja ydinturvallisuuteen liittyviä tapahtumia ja muita tapahtumia. STUK edellytti muutaman raportin täydentämistä, koska katsoi syiden tarkastelun jääneen kesken, ja siten myöskään määritettyjen toimenpiteiden riittävydestä ei alkuperäisen selvityksen perusteella pystynyt varmistumaan. Jakson 2016–2020 aikana STUKin pistokoemaisessa seurannassa oli 13 % Fortumin STUKille toimittamien tapahtumatutkintaraporttien toimenpiteistä. Näistä seurannassa olleista 29 % toimenpiteen toteutus viivästy, toteutustapa muuttui tai niitä ei toteutettu. STUK on edellyttänyt toimenpiteiden toteuttamisen parantamista useissa tarkastuksissa.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan STUKille ilmoitettua tapahtumajoukkoa kokonaisuutena.

Loviisan voimalaitoksella ei tapahtunut onnettomuuksia tai turvallisuutta merkittävästi vaarantaneita tapahtumia. Kaikki tapahtumat muistuttavat kuitenkin siitä, että luvanhaltijan organisaation pitää pysyä valppaana sekä haluta ja kyetä parantamaan toimintaa. Muuten riskinä olisi asioiden heikkeneminen huomaamatta. Kun STUKille ilmoitettua tapahtumajoukkoa 2016–2020 tarkastelee kansainvälisen vakavuusasteikon (INES-asteikon) avulla, niin joukossa ei ole yhtään merkittävästi turvallisuuteen vaikuttanutta tapahtumaa (INES 2 – INES 7). Neljä tapahtumaa olivat poikkeuksellisia turvallisuuteen vaikuttaneita tapahtumia (INES 1) ja loppuilla tapahtumilla ei ollut merkitystä ydin- eikä säteilyturvallisuuden kannalta (INES 0 tai ei luokiteltava). INES 1:een luokitellut tapahtumat kertoivat Fortumille, että parannettavaa on alkuperäisten ydinpolttoaineen siirtokoneiden kunnossa ja käytössä, ohjeiden noudattamisessa, turvallisuuden kannalta tärkeän järjestelmän putkistousinnan suunnittelussa ja toteuttamisessa (tehty korjaustyönä, vaikka uusintaan sisältyi rakenteellisia muutoksia) ja voimalaitosalueella tehtävien kuljetusten säteilyturvallisuudessa.

STUKille ilmoitettu koko tapahtumajoukko 2016–2020 kertoo, että Fortum käynnistää tapahtumatutkinnan pääsääntöisesti yksittäisestä tapahtumasta, joka on juuri sattunut tai havaittu. Pääosa näistä tapahtumista liittyy jollain tavalla ihmisen ja organisaation toimintaan: esimerkiksi jotain menettelyä ei ole ohjeistettu riittävällä tasolla, ohjetta ei tunneta tai noudateta, toimintaa ei seurata tai ohjepoikkeamiin puututa ajoissa. Vain pieni osa tapahtumista on pelkästään teknisiä vikoja. STUKille ilmoitetuista yksittäisistä tapahtumista pääosa (75 %) oli ohjeen YVL A.10 vaatimuksen A08 tarkoittamia muita tapahtumia, 21 % vaatimuksen A03 tarkoittamia TTKE:n vastaisia tilanteita, 4 % vaatimuksen A05 tarkoittamia turvallisuustoimintoja uhkaavia tapahtumia. Näiden lisäksi Fortum teki seuraavassa kappaleessa kuvattuja tapahtumatutkintoja.

Tarkastelujaksolla 2016–2020 keskimäärin yksi tapahtumatutkinta vuodessa oli laajempi nk. perussyiden analyysi tai teematutkinta. Yhdessä tapahtumassa oli tunnistettavissa monimutkaisia syy-seuraussuhteita, joten Fortum halusi varata sen perussyiden analysoimiseen normaalia tapahtumatutkintaa enemmän resursseja ja aikaa. Lisäksi Fortum käynnisti kolme teematutkintaa, koska oli sattunut useita samankaltaisia tapahtumia tai sama syytekijä vaikutti olevan useamman tapahtuman syynä. Tämä viesti siitä, että Fortumin yksittäisten tapahtumatutkintojen perusteella määrittelemät toimenpiteet eivät olleet riittävän vaikuttavia estääkseen tapahtumien toistuvuutta. Näillä neljällä tapahtumatutkinnallaan Fortum selvitti varavoimadieselgeneraattoreiden jäähdytysvesiputkistojen uusintatyön puutteita, ydinpolttoaineen siirroissa ja latauskoneen käytössä sattuneita tapahtumia, laitossuojajärjestelmän muodostamien signaalien virheellisiä voimaantuloja, sekä TTKE:n edellyttämien koestusten, ennakkohuoltojen ja tarkastusten tekemättä jäämisiä tai myöhässä tekemisiä.

STUK katsoi Loviisan voimalaitoksen tapahtumien 2016–2020 perusteella tarpeelliseksi selvittää tarkastuksissaan ja muussa valvonnassaan enemmän joitain asioita. STUK selvitti mitkä ovat Fortumin suunnitelmat: parantaa polttoaineen siirtokoneiden kuntoa ja käyttöä, parantaa turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden uusinnan suunnittelua ja toteuttamista, sekä estää radioaktiivisten aineiden leviämistä voimalaitoksen piha-alueella tehtävissä kuljetuksissa. STUK seuraa näissä tapauksissa myös Fortumin käynnistämien toimenpiteiden toteuttamista ja vaikutuksia. Lisäksi STUK selvitti tapahtumien perusteella tarkemmin mm. päävalvomoihin tulevien ilmoitusten ja hälytysten



havaitsemista ja niihin reagoimista, miten Fortum selvittää ja tunnistaa TTKE:n vastaisia tilanteita yksitellen sekä arvioi niiden turvallisuusmerkitystä kokonaisuutena, ja miten Fortum huomioi tapahtumien oppeja kunnossapito-, tarkastus- ja koestustoimintaa ohjaavan laitostietokannan (LOMAX) kehittämisessä.

Fortum kertoo omassa määräaikaisessa turvallisuusarviointissaan, että aloitti tapahtumien välittömien syiden ja myötävaikuttaneiden tekijöiden luokittelun tällä tarkastelujaksolla sekä kehitti trendiseurantaa. Fortumin esittämät graafit osoittavat, että nämä molemmat mahdollistavat mm. muutossuuntien analysoimisen, ja laajentavat tarkastelua yksittäistä tapahtumista laajempiin kokonaisuuksiin.

Loviisan ydinvoimalaitoksen tapahtumat 2016–2020 eivät ole olennaisesti heikentäneet laitoksen turvallisuutta, eikä niillä ole ollut vaikutusta väestön tai ympäristön säteilyturvallisuuteen. Kaikki tapahtumat muistuttavat kuitenkin siitä, että Fortumin organisaation pitää pysyä valppaana sekä haluta ja kyetä parantamaan toimintaa.

## 5.2.2 Käyttökokemustoiminta

### Laitoksen omista käyttökokemuksista oppiminen

Luvanhaltijan on huolehdittava, että ydinvoimalaitos suunnitellaan turvalliseksi ja sitä käytetään turvallisesti. Luvanhaltijan on myös valvottava ja varmistuttava tästä erilaisin menettelyin sekä tarpeen mukaan parannettava tekniikkaa ja toimintaa. Menettelyjä ovat esimerkiksi itsearviointit, sisäiset auditoinnit, ulkoinen käyttökokemustoiminta ja sisäinen käyttökokemustoiminta. Sisäisen käyttökokemustoiminnan tavoitteena on oppia omista käyttökokemuksista kuten tapahtumista, teknisistä vioista ja toiminnassa olevista puutteista. Omista käyttökokemuksista oppimisen pitää näkyä siten, että tekniikassa, organisaation toiminnassa ja organisaation kulttuurissa olevat puutteet tunnistetaan ja korjataan.

Vuonna 2013 julkaistu uusi ohje YVL A.10 tarkensi ja nosti käyttökokemustoiminnan vaatimustasoa. Uusi ohje painottaa edeltäjiään enemmän em. tekemisen vaikutuksia.

Fortumilla on resurssit, osaamista ja menettelyt omista käyttökokemuksista oppimiseksi, ja Fortum tekee paljon oppiakseen niistä. Nykyinen toimintamalli on luotu ja vakiinnutettu käyttöön useiden vuosien aikana. Fortum on myös jatkuvasti kehittänyt sisäistä käyttökokemustoimintaansa. Tästä huolimatta samantyyppiset tapahtumat ovat toistuneet Loviisan voimalaitoksella. STUK on edellyttänyt sisäisen käyttökokemustoiminnan prosessin parantamista vuodesta 2017 alkaen ja tiukentanut valvontaansa vaihteittain. STUK on perustellut vaatimuksiaan tapahtumien toistumista selittävillä puutteilla, joita on havainnut mm. havaintoilmoitusmenettelyn käytössä, ihmisen ja organisaation toiminnan selvittämisessä, korjaavien toimenpiteiden määrittämisessä ja toteuttamisessa sekä Loviisan voimalaitoksen johdon, linjaorganisaation ja käyttökokemustoiminnan asiantuntijoiden välisessä yhteistyössä. Fortum on korjannut joitain prosessissa olevia puutteita. STUKin näkemyksen mukaan prosessissa olevien puutteiden syiden syvälinen selvittäminen ja korjaaminen on kuitenkin jäänyt vaillinaiseksi, koska merkittävää parannusta ei ole tapahtunut. Tähän perustuen STUK totesi vuonna 2021, että Fortumilla on edelleen parannettavaa omista käyttökokemuksista oppimisessa.

### Muiden laitosten käyttökokemuksista oppiminen

Muiden laitosten käyttökokemuksista oppiminen (ulkoinen käyttökokemustoiminta) käsittelee muiden ydinlaitosten tapahtumaraportit (mm. IAEA/IRS, WANO ja TVO) oman laitoksen turvallisuuden ja käyttövarmuuden parantamiseksi. Ulkoisia käyttötapauksia käsitellään laitoksella käyttötapauksien käsittelyryhmässä (KKR), jonka toimintaa on pyritty kehittämään viimeisten vuosien aikana. Kokouksiin osallistumisen aktiivisuus ja asiantuntemuksen laaja-alaisuus sekä käsiteltyjen tapahtumien määrä on parantunut – joskin edelleen toiminnassa ja myös sen vaikuttavuudessa on kehitettävää.

Ulkoisen käyttökokemustoiminnan osalta STUK on arvioinut käsittelyn kattavuutta ja resurssien riittävyttä vuoden 2020 aikana toteutetussa käytön tarkastusohjelman (KTO) tarkastuksessa ”Käyttökokemustoiminta”. Tarkastuksen kohteena oli voimalaitoksen ulkoisen käyttökokemustoiminnan prosessit ja organisointi sekä näihin liittyvät ohjeistot ja menettelyt. Muiden ydinlaitosten tapahtumien käsittelyn osalta tarkastuksessa todennettiin käsittelyyn otettuja tapahtumia, käsittelyprosessin toimintaa ja toimenpiteitä tapahtumien osalta. Tarkastukseen perusteella STUK ei esittänyt vaatimuksia.

STUKin näkemyksen mukaan Fortum on pyrkinyt kehittämään toimintaansa havaittujen puutteiden ja kehityshavaintojen korjaamiseksi. Viimeisimpien korjaavien toimenpiteiden vaikuttavuuden kattava arviointi on ennenaikaista, sillä kehitystoimenpiteet ovat vielä kesken. STUK seuraa Fortumin työn ja kehitystoimenpiteiden edistymistä muun valvonnan yhteydessä sekä raportointien (mm. vuosiraportti) käsittelyn yhteydessä.

Turvallisuuden jatkuvaksi parantamiseksi ja laitoksen ikääntymisen hallintaan liittyen Fortum hyödyntää käyttökokemuksia, mutta laajuudesta ei ole esimerkkejä. Ulkoiseen käyttökokemuksiin liittyvän toiminnan ja resurssien arvioidaan olevan vaatimusten mukaista.

### **5.2.3 Turvallisuustutkimus**

Loviisan ydinvoimalaitoksen kehityshistoriasta johtuen Fortumilla on laajahko osaaminen erityisesti VVER-tyyppisistä laitoksista. Tästä syystä ydinvoima-alan tutkimuksen seuraaminen ja siihen osallistuminen on yrityksessä aktiivista. Loviisan laitossivustoihin liittyvä tutkimus tehdään pääosin ”Safe & Efficient Operations”-tutkimusportfoliossa. Lisäksi ”Nuclear business growth” -portfoliossa tehdään muun muassa APROS-ohjelmiston kehitystä. Ohjelmissa Fortum tekee omaa tutkimusta, koordinoi ulkopuolisilta toimijoilta tilattua tutkimusta ja seuraa sekä osallistuu kansallisiin (mm. SAFIR- ja KYT-ohjelmat) ja kansainvälisiin tutkimusohjelmiin. Kansallisten ja kansainvälisten tutkimusohjelmien kautta yritys saa laajemmin tietoa tutkimuksen ja kehityksen tämänhetkisistä aiheista ja tuloksista.

### **5.2.4 Johtopäätös (21 §)**

Loviisan voimalaitoksen ulkoinen käyttökokemustoiminta, ydinvoima-alan tutkimuksen seuraaminen ja siihen osallistuminen on järjestetty määrärahan STUK Y/1/2018 21 §:n tarkoittamalla tavalla.

Loviisan voimalaitoksen sisäisen käyttökokemustoiminnan voi katsoa järjestetyn STUK Y/1/2018 21 §:n tarkoittamalla tavalla. Ongelmana on kuitenkin se, että Loviisan voimalaitoksen sisäisen käyttökokemustoiminnan prosessi ei täysin tuota haluttua tulosta,

mistä ilmeisenä osoituksena ovat olleet samantyyppisten tapahtumien toistuminen. STUK on järjestelmällisesti edellyttänyt parantamista viimeisimmän neljän vuoden aikana. Fortum ei kuitenkaan ole pystynyt osoittamaan korjanneensa prosessia – ts. selvittäneensä ja korjanneensa tapahtumien toistumisen syyt. Täten STUKilla ei ole varmuutta käyttökokemustoiminnan vaikuttavuuden paranemisesta. STUK ei siis ole saanut näyttöä siitä, että tilanne olisi kehittynyt riittävästi parempaan suuntaan, joten STUK huomioi tämän osaluheen kokemuksen arvioidessaan johtamista kokonaisuutena (STUK Y/1/2018 25 §).

### 5.3 Turvallisuustekniset käyttöehdot (22 §)

- 1. Ydinlaitoksen turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa on esitettävä tekniset ja hallinnolliset vaatimukset, joilla varmistetaan ydinlaitoksen suunnitteluperusteiden ja turvallisuusanalyysien oletusten mukainen käyttö. Lisäksi turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa on esitettävä vaatimukset, joilla varmistetaan turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toimintakyky, sekä esitettävä rajoitukset, joita on noudatettava niiden ollessa käyttökunnottomia.*
- 2. Laitosta on käytettävä turvallisuusteknisten käyttöehtojen vaatimusten ja rajoitusten mukaisesti, ja niiden noudattamista on valvottava ja poikkeamista raportoitava.*
- 3. Turvallisuusteknisiä käyttöehtoja on sovellettava ydinlaitoksen käytöstäpoiston aikana siinä laajuudessa kuin on tarpeen ydinlaitoksen turvallisen käytöstäpoiston varmistamiseksi.*

Turvallisuustekniset käyttöehdot (TTKE) ovat ydinenergia-asetuksen 36 § tarkoittama käyttölupa-asiakirja. TTKE ja voimalaitoksen muu ohjeisto määrittelevät yhdessä ne rajat ja toimintatavat, joilla ydinvoimalaitosta voidaan käyttää turvallisesti eri käyttötilanteissa. Loviisan voimalaitoksen turvallisuustekniset käyttöehdot ovat laitosyksikkökohdattaiset (LO1 TTKE, LO2 TTKE). TTKE:ssä on määritelty laitokset turvallisuusrajat, eli rajat reaktorin teholle ja primääripiirin paineelle ja lämpötilalle. Lisäksi TTKE:ssä on määritelty laitoksen käyttötilat ja käyttörajoitukset eri vikatilanteille sekä esitetty TTKE:n alaisen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden määräaikauskokeiden vaatimukset. Vuorossa olevan vuoropäällikön vastuulla on huolehtia siitä, että laitosyksikköä käytetään TTKE:n mukaisesti.

TTKE on jatkuvasti ajan tasalla pidettävä asiakirja. Muutostarpeita aiheuttavat mm. voimalaitoksella toteutettavat muutostyöt, hallinnolliset muutokset tai esimerkiksi turvallisuusanalyysien päivitykset. Fortumilla on ohjeistetut ylläpitomenettelyt, joilla huolehditaan TTKE:n ajantasaisuudesta. Ohjeen YVL A.6 mukaisesti TTKE:n muutokset täytyy hyväksyttävä STUKilla ennen niiden käyttöönottoa. Kuluva arviointijakson aikana STUKille toimitettujen TTKE-muutosehdotusten vuosittainen määrä on vaihdellut noin 5:stä 20:een. Vuotuisten muutosten määrään vaikuttavat esim. laitoksella toteutettavat muutostyöt. Fortum uudisti TTKE:ta merkittävästi noin kymmenen vuotta sitten edellisen määräaikaisten turvallisuusarvioinnin yhteydessä. Uudistuksessa koko TTKE päivitettiin. Nykyisellä tarkastelujaksolla TTKE:hen ei ole tehty suuria periaatteellisia muutoksia, vaan tehdyt muutokset johtuvat suurilta osin laitoksella tehdyistä muutoksista (esimerkiksi automaatiouudistus), jotka vaikuttavat järjestelmien TTKE-ehdoin.

Joissain tilanteissa voi tulla tarve poiketa turvallisuusteknisistä käyttöehdoista. Tällaisia tarvetilanteita ovat esimerkiksi työturvallisuuden varmistaminen ja turvallisuutta parantavan muutostyön suorittaminen. Lupaa TTKE:sta poikkeamisesta on ohjeen YVL A.6 mukaisesti aina haettava etukäteen STUKilta. Poikkeamishakemuksessa on perusteltava poikkeamisen hyväksyttävyyttä ottaen huomioon tilanteen turvallisuusmerkitys. Poikkeamisen aikana turvallisuus ei saa merkittävästi heikentyä, ja tarvittaessa on poikkeamisen aikana turvallisuuden ylläpitämiseksi käytettävä korvaavia menettelyjä. Fortumilla on ohjeistetut menettelyt TTKE-poikkeamisen hyväksyttävyyden selvittämiseksi ja luvan hakemiseksi. Suunniteltuja poikkeamia on keskimäärin 5 vuodessa.

Ohjeistetuista menettelyistä ja työntekijöiden koulutuksesta huolimatta vuosittain on tapahtunut jonkin verran myös luvattomia poikkeamia TTKE:sta. Voimalaitoksella on ohjeistetut menettelyt tunnistaa tällaisia TTKE-poikkeamia, selvittää niiden turvallisuusmerkitys ja syyt sekä määrittää korjaavat toimenpiteet vastaavien tapahtumien estämiseksi laitoksen käyttöä jatkettaessa. Tahattomia TTKE-poikkeamia on tapahtunut viime vuosina (2015–2020) keskimäärin 4 vuodessa. Viimeisen noin kymmenen vuoden aikana TTKE-rikkomuksia on ollut hieman enemmän kuin aiemmin. Fortumin oman arvioon mukaan syitä tähän ovat etenkin seurantamenettelyjen kehittyminen (rikkomukset huomataan herkemmin) ja ennakkohuoltojen hallinnoinnin ongelmat, jotka voivat johtaa huoltovälien ylityksiin. Korjaavina toimenpiteinä Fortum on tehnyt teematutkinnan ennakkohuoltovälien ylityksistä ja sen perusteella todennut tarpeelliseksi edelleen kehittää seurantaa sekä lisätä tuntemusta TTKE:stä ja sen roolista. STUK seuraa tilanteen kehittymistä jatkuvassa valvonnassaan.

Valvonnassaan STUK on tehnyt joitakin havaintoja puutteista TTKE:n noudattamisessa ja tulkinnessa. Viime vuosina on ollut muutamia tilanteita, joissa Fortumilla ja STUKilla on ollut eriävä näkemys TTKE:n tulkinnessa. STUKin näkemyksen mukaan näihin liittyvät luvan haltijan ja STUKin erot TTKE:n tulkinnoissa eivät johdu siitä, että TTKE olisi puutteellinen, vaan enemmänkin jopa ylikonservatiivinen jossain tilanteissa. Nykymuotoista TTKE:tä ei ole arvioitu riskitietoisesti PRA:n avulla. Syynä ovat olleet PRA:n isot päivitykset ja laajennukset edellisellä ja kuluvalle käyttölujajaksolla. Meneillään olevien isompien päivitysten jälkeen TTKE:n arvioiti PRA:n avulla on tärkeää tehdä, jotta varmistutaan TTKE:n vaatimusten tasapainoisuudesta. Tämän takia STUK edellyttää oman määräaikaisten turvallisuusarvionsa perusteella Fortumilta TTKE:n riskitietoista päivitystarpeen arviointia 1.6.2023 mennessä.

### 5.3.1 Johtopäätös (22 §)

Loviisa ydinvoimalaitoksen turvallisuustekniset käyttöehdot on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 22 §:n tarkoittamalla tavalla.

### 5.4 Kunnonvalvonta ja kunnossapito laitoksen turvallisuuden varmistamiseksi (23 §)

*1. Ydinlaitoksen turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden on oltava käyttökuntoisia suunnittelun perustana olevien vaatimusten mukaisesti.*

*2. Käyttökuntoisuutta ja käyttöympäristön vaikutuksia on valvottava tarkastusten, testien, mittauksien ja analyysien avulla. Käyttökuntoisuus on ennakolta varmistettava säännöllisillä huolloilla sekä kunnostamiseen ja korjauksiin on varauduttava käyttökuntoisuuden*

*heikkenemisen varalta. Kunnanvalvonta ja kunnossapito on suunniteltava, ohjeistettava ja toteutettava niin, että järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden eheys ja toimintakyky säilyvät luotettavasti koko niiden käyttöajan ajan.*

Loviisan voimalaitoksen turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien ja niihin kuuluvien rakenteiden ja laitteiden suunnitteluvaatimukset esitetään lopullisen turvallisuusselosteen järjestelmäkuvauksissa. Suunnittelun mukaista toimintakuntoa koskevat perustilavaatimukset esitetään TTKE:ssä käyttötilakohtaisesti kullekin turvallisuuden kannalta tärkeälle järjestelmälle. TTKE:ssä esitetään myös sallitut poikkeamat perustilavaatimuksesta ja toimenpiteet tilanteen korjaamiseksi. Edellä esitetyn perusteella 23 §:n 1 kohta täyttyy.

Turvallisuuskannalta tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toimintakuntauuden ja suorituskykyyn liittyvien arvojen hyväksyttävyyden todentamiseksi laitoksella suoritetaan määräaikaista tarkastuksia ja koestuksia. TTKE:ssä esitetään vaatimukset järjestelmä- ja toimintokohtaisille määräaikaistarkastuksille ja koestuksille, jotka ovat tarpeen käyttörajoitusvaatimusten täyttämisen todentamiseksi. Loviisan voimalaitoksella on turvallisuudelle tärkeiden rakenteiden ja laitteiden kunnossapito-ohjelmat, jotka perustuvat ennakoivaan, ehkäisevään, korjaavaan ja parantavaan kunnossapitoon. Laitoksella hyödynnetään erityistä kriittisyysluokittelua kunnossapidon toteutustavan valinnassa ja kunnossapito-ohjelmien suunnittelussa. Ylemmissä kriittisyysluokissa kunnossapitotehtäviä on enemmän tai tehtävät ovat laajempia sekä niiden jaksot ovat lyhyempiä. Käyttökertoimien ja kunnossapitomittareiden perusteella tarkasteltuna ennakkohuoltojen, määräaikaistarkastusten ja vaihto-ohjelmien kattavuus on hyvällä tasolla. Yhteenveto Loviisan voimalaitoksen tarkastus- ja koestusmenettelyistä, kunnossapito-ohjeista sekä ikääntymisen hallinnan periaatteista ja toteutuksesta annetaan erillisissä selvityksissä. Edellä esitetyn perusteella 23 §:n 2 kohta täyttyy.

#### 5.4.1 Kunnossapitotoiminta

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden kunnossapitotoiminta kattaa ennakoivan, ehkäisevän, korjaavan ja parantavan kunnossapidon sekä näitä koskevan suunnittelun ja toteutuksen, varaosahuollon ja laadunvalvonnan. Ennakoiva kunnossapito perustuu kunnanvalvonnan tuottamaan tietoon käyttökuntoisuudesta sekä tämän tiedon mukaiseen kunnostustarpeen arviointiin ja kunnossapitotyön ajoitukseen. Kun strategiana on ehkäisevä kunnossapito, määritellyt kunnossapitotyöt tehdään tietyin määräväleihin ja näin vähennetään riskiä menettää käyttökuntoisuus käytön aikana. Korjaavassa kunnossapidossa laitososa ei ole edellisten piirissä, ja se korjataan tai vaihdetaan vasta, kun se on jo vikaantunut tai sen toimintakyky on alentunut. Yksittäisen laitososan kunnossapitostrategia valitaan tuotanto- ja ydinturvallisuusnäkökohdista sekä suhteuttamalla kunnossapitotehtäviä ja niiden jaksotusta käyttökokemuksiin. Korjaavaa kunnossapitoa ei sallita strategiavalintana turvallisuusluokitelluille laitososille ohjeen YVL A.8 mukaisesti. Parantava kunnossapito on yleisempi periaate, jota noudattamalla käyttö- ja kunnossapitokokemuksia käytetään hyväksi etsittäessä kehityskohteita itse laitososista ja kunnossapidon toimintatavoista.

Ohjeessa YVL A.8 sekä E-sarjan YVL-ohjeissa esitetään kunnossapito- ja muutostöitä koskevat vaatimukset, joita Fortum on sisällyttänyt vastaavaan omaan ohjeistoonsa. Ohjeiston lisäksi Fortumilla on laitostietojärjestelmä, jonka avulla hallitaan ja ohjataan

kunnossapitotoimintaa. Turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa määritetään turvallisuuden kannalta tärkeiden laitososien käyttökuntoisuutta koskevat ehdot ja rajoitukset sekä määräaikauskokeet suoritusväleinen.

Kunnossapito- ja kunnonvalvontaohjelmissa määriteltyjen toimenpiteiden ohella Fortum valvoo laitospäivätoimintaa normaalin käytön ja päivittäisten valvonnan kiertoreittien yhteydessä. Käytönaikaisesta kunnonvalvonnasta vastaa pääasiassa käyttöryhmä, jonka aamu-, päivä- ja yövuorot tekevät kukin päivittäin viikkolistan mukaisen laitoskierron. Primääri- ja sekundaaripiirille on oma viikkolistansa. Viikkolistassa on määritelty noin 10 tarkastuskohdetta/vuoro sekä viitattu ohjeeseen, jota tarkastuksessa noudatetaan. Jos poikkeamia tunnistetaan, käyttö tekee työtilauksen tai kirjaa poikkeaman laitospäiväkirjaan seurantaan varten. Kameroiden avulla valvotaan sellaisia kohteita, joihin ei korkean säteilytason vuoksi voida mennä käytön aikana, kuten höyrystintilan viemäreitä vuotojen varalta. Käyttöryhmä tekee määrävälein turvallisuusjärjestelmien pumppuille koestukset, joissa mitattua toimintapistettä verrataan hyväksyttävään ominaiskäyrään. Pumpunkoestuksissa kunnossapidon kunnonvalvontaryhmä mittaa värähtelyt kannettavalla laitteella. Tulokset tallennetaan kunnonvalvontajärjestelmän tietokantaan (LOMAX) trendiseurantaan varten. Pääkiertopumppuilla, päämerivesipumppuilla ja turbiinigeneraattorilla on jatkuva-toiminen värähtelyvalvonta. Molemmilla laitosyksiköillä on primääripiirissä värähtely- ja irtokappalevalvonta, joka kykenee havaitsemaan virtauksen mukana kulkeutuvia metallikappaleita. Anturit on asennettu reaktorin pohjaan, reaktorikannen kiinnitysvaarnaruuvien muttereihin ja höyrystimiin.

Vuosihuolloissa primääripiirin komponenteille tehdään pätevoidyt tarkastukset tarkastuskohteiden ja -jaksotusten perustuessa ASME XI -standardiin. Putkistoissa tarkastuskohteet valitaan riskitietoisesti (RI-ISI). Edellä mainituissa tarkastuksissa etsitään säröjä vikoja. Eroosikorroosion mahdollisesti aiheuttamien ohenemien varalta putkistoille on myös erityinen kunnonvalvontaohjelma, jossa mitataan kriittisten kohteiden seinämäpaksuudet. Turvallisuusluokitelluille ja rekisteröidyille painesäiliöille tehdään neljän vuoden välein sisäpuolinen tarkastus ja kahdeksan vuoden välein painekoe. Kaikille yllämainituille tarkastuksille laaditaan tarkastussuunnitelmat, jotka toimitetaan etukäteen STUKille. STUK arvioi tarkastustuloksia sekä välittömästi laitoksella että jälkikäteen toimitettavista raporteista.

Laitososien käyttökunnon varmistamiseksi tarkastuksia ja koestuksia tehdään lisäksi tarvittaessa muualta saatujen käyttökokemustietojen ja teknisen tietämyksen kehittämisen perusteella. Merkittävimpinä kokemuslähteinä ovat olleet muut VVER-laitokset ja kansainväliset tiedonvälitysjärjestelmät.

Laitososien kunnossapitostrategioiden valinnassa ja kunnossapito-ohjelmien suunnittelussa käytetään ns. kriittisyysluokittelua. Yksittäiset laitososat on Loviisan ohjeistossa jaettu neljään kriittisyysluokkaan vikaantumismerkityksensä perusteella seuraavalla tavalla:

- *Luokan 1 laitteelle ei sallita yhtään toiminnallista vikaa käyttöjakson aikana. Laite pidetään aina toimintakunnossa. Laitteiden kunnossapito-ohjelma on laajin. Ehkäisevän ja ennakoivan kunnossapidon määrä ja suhde optimoidaan.*
- *Luokan 2 tuotantolaitteille ei sallita yhtään toiminnallista vikaa vuotuisen kulutushuipun aikana. Muina aikoina sallitaan rajoitettu epäkäyttävyyys. Turvajärjestelmät*



Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

*pidetään TTKE:n vaatimusten mukaisessa käyttökunnossa. Ehkäisevän ja ennakoivan kunnossapidon määrä ja suhde optimoidaan.*

- *Luokan 3 laiteille sallitaan rajoitettu epäkäytettävyys. Ehkäisevän ja ennakoivan kunnossapidon määrä ja suhde optimoidaan.*
- *Luokan 4 laitteet voidaan ajaa suunnitelmallisesti toiminnalliseen vikaantumiseen asti. Laitteille sallitaan rajoitettu epäkäytettävyys. Laitteiden kuntoa seurataan vain normaalin käytönvalvonnan toimenpitein ilman ennalta suunniteltuja kunnossapitotehtäviä.*

Luokittelu tehdään portaittain sen mukaan, kuinka suuren tuotannonmenetyksen laitososan vika aiheuttaa tai kuinka suureen sydänvaurioriskin suhteelliseen pienennykseen (FV) päästään, mikäli vika tehtäisiin mahdolliseksi. Esim. kriittisyysluokan 1 laitososan vika aiheuttaa tuotannonmenetyksen  $> 50 \text{ GWh}$  tai  $FV > 10^{-6}$ .

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden rakennusten ja rakenteiden sekä pinnoitteiden systemaattinen käytönaikainen rakennevalvonta on esitetty rakennustekniset määräaikaistarkastukset ohjeessa. Rakennukset kuuluvat ikääntymisen hallintaluokkiin A, B ja C. Kantavat betoni- ja teräsrakenteet tarkastetaan silmämääräisesti määräajoin ja tarvittaessa käytetään muita ainetta rikkomattomia menetelmiä. Tarkastuskohteet on jaettu rakennuskohtaisesti ja tarkastushavainnot luokitellaan turvallisuusmerkityksen sekä korjaustarpeen kiireellisyyden mukaisesti perustuen asiantuntija-arvioon. Tulevien tarkastusten painopistealueita kohdennetaan tarkastustulosten ja rakenteiden käyttökuntoisuuden perusteella. Rakennusten kuntoluokkien määrittämisen kriteerejä on muutettu ja STUK seuraa toimenpiteiden vaikutusta osana määräaikaivalvontaa. Erilliset tarkastusohjelmat on laadittu tietyille rakennusosille, kuten suojarakennus, merivesikanavat ja altaiden teräsvuorauslevyrakenteet. Rakennevalvonnan tehtävänä on seurata voimalaitoksen rakenteiden kuntoa, ennaltaehkäistä vikojen syntyä, tunnistaa syntyneet vauriot mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja varmistaa rakenteiden käyttökuntoisuus.

STUK valvoo kunnonvalvonta- ja kunnossapitotoimenpiteitä sekä muutos- ja korjaustöitä säännöllisesti toistuvien tarkastuksien avulla. Kunnossapitotoiminnan arviointi ja valvonta kuuluu osana myös paikallistarkastajien tekemään päivittäiseen työhön. Tarkastuksien ja valvonnan tavoitteena on varmistua siitä, että voimayhtiöllä on riittävät menettelyt ja resurssit, kuten pätevä henkilökunta, ohjeet, varaosa- ja tarveainevarasto sekä työkalut kunnonvalvonta- ja kunnossapito-toimenpiteiden riittävän tehokkaalle toteuttamiselle.

Määräaikaisen ennakkohuollon piiriin katsottavat mittaustarkkuuden ylläpitojärjestelmät kattavat erilliset mittauslaitteet, turvallisuudelle tärkeät prosessimittaukset sekä muita kokonaisuuksia, kuten konetekniset mittaukset ja kemian sekä säteilyn parametrien mittausjärjestelmät. Kuluvan käyttöluopajakson aikana mittaustarkkuuden ylläpitojärjestelmän kokonaisvaltaisen hallinnan menettelyjä on kehitetty. Mittaustarkkuuden jäljitettävyyden hallinta on järjestetty ulkopuolisen kalibrointipalvelun avulla. Prosessimittausten kalibrointijärjestelmä on uusittu ajanmukaiseksi.

Kuluvalla käyttöluopajaksolla on havaittu joitakin kunnossapidon kohteita, joiden käyttökuntoisuuden kehityssuuntaa STUK erityisesti seuraa muun valvontatyönsä ohessa. Näistä esimerkkeinä voidaan mainita hätadieselgeneraattorit, pääkiertopumput, säätösauvakoneistot ja reaktoripainesäiliön hätävesiyhteet (TH-yhde).

Fortum on toteuttanut osan edellisessä määräaikaisessa turvallisuusarvioinnissa esittämistään kehityskohteista sellaisenaan. Joidenkin kehityskohteiden toteutustapa, laajuus tai aikataulu ovat muuttuneet vuoden 2015 aikaisista suunnitelmista. Esimerkiksi SETU-projektia ei ELSA-projektin yhteydessä pystytty toteuttamaan vastaavasti kuten laajemman automaatiouudistuksen (LARA-projekti, josta sittemmin luovuttiin) yhteydessä olisi tehty. Valtaosa kehitystoimenpiteistä on valmistunut. Jäljellä olevat kehityskohteet ovat etenemässä, ja niiden siirto tai laajuuden muutos on tapahtunut suunnitellusti perusteluista syistä. Fortum on näiden lisäksi tehnyt myös joukon muita laitosmuutoksia, joilla on parannettu turvallisuutta.

STUK tarkastaa turvallisuuden kannalta merkittävimpien laitteiden korjaus- ja muutostyösuunnitelmat sekä valvoo töihin liittyvän valmistuksen, asennuksen ja käyttöönoton. Kustakin toteutukseen edenneestä hankkeesta on esitetty STUKille laitosmuutosten viranomaiskäsitteilyn edellyttämät periaatesuunnitelmat ja ennakkotarkastusaineistot.

Johtopäätöksenä on, että Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden kunnossapitotoiminta on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 23 §:n tarkoittamalla tavalla.

## 5.4.2 Määräaikaistarkastukset

### 5.4.2.1 Painelaitteet ja putkistot

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden painetta kantavien laitteiden kuntoa varmistetaan määräaikaistarkastuksin. Primääripiirin laitteille tehdään seisokkien aikana rikkomattomilla aineenkoetusmenetelmillä määräajoin toistettavia tarkastuksia ohjeen YVL E.5 mukaisesti. Käytönaikaisten tarkastusten tuloksia verrataan aikaisempien tarkastusten ja ennen käyttöönottoa tehtyjen perustarkastusten tuloksiin.

Määräaikaistarkastusohjelmat toimitetaan STUKille hyväksyttäväksi ennen kutakin tarkastuskertaa. Ohjelmia ja niihin liittyviä tarkastusohjeita muutetaan tarpeen vaatiessa, ottaen huomioon alan vaatimusten ja standardien kehittyminen, tarkastustekniikan kehittyminen, tarkastuskokemukset sekä ydinvoimalaitosten käyttökokemukset Suomessa ja muualla.

Tarkastuskohteiksi on pyritty valitsemaan ne alueet, joissa vikojen syntyminen on todennäköisintä. Tällaisia ovat esimerkiksi lämpötilan vaihtelun vuoksi väsymiselle alttiit kohteet. Tarkastuskohteiden valinta on jatkuvan kehityksen kohteena. Tätä varten Loviisa 1 ja 2 -laitosyksiköillä on otettu käyttöön putkistojen riskitietoinen määräaikaistarkastusohjelma (RI-ISI). Tarkastuskohteiden valintaan ja tarkastusvälien optimointiin käytetään riskitietoisia menetelmiä.

Määräajoin tehtävien rikkomattomien tarkastusten tarkastusvälin pituus on yleensä kymmenen vuotta. Tarkastusohjelmia on täydennetty lisätarkastuksilla reaktoripainesäiliön ja primääripiirin putkistojen osalta, ja niiden tarkastusvälejä on lyhennetty vuosihuoltokäytön vuoksi kymmenestä kahdeksaan vuoteen. Erikoistarkastuskohteiden, kuten termiselle väsymiselle alttiiden kohteiden, tarkastusvälin pituus voi olla lyhyempi, esimerkiksi kolme vuotta.

Määräaikaistarkastusohjelmien ja -ohjeiden hyväksymisperusteina käytetään ohjetta YVL E.5, sekä säännösten ASME Code, Section XI viimeisimpiä painoksia.

Määräaikaistarkastuksille on kehitetty eurooppalaisen käytännön mukainen päteväintijärjestelmä. Kaikki ohjeen YVL E.5 mukaisissa määräaikaistarkastuksissa käytettävät ultraääni-, pyörrevirta- ja pintatarkastusjärjestelmät pätevöidään. Suurin osa pätevinneistä on tehty ja STUK on hyväksynyt ne.

Primääripiirin putkistojen ja laitteiden rikkomattomien tarkastusmenetelmien luotettavuutta on parannettu olennaisesti Loviisa 1 ja 2 -laitosyksiköiden käyttöönoton jälkeen. Määräaikaistarkastusten päteväintijärjestelmän toteuttaminen ja riskitietoisien määräaikaistarkastusohjelman käyttöönotto ovat olleet merkittäviä toiminnan kehityskohteita. Kehitystyö on jatkuvaa.

Belgian ydinvoimalaitoksilla, Doel 3- ja Tihange 2 -yksiköllä, tehtiin reaktoripainesäiliöiden seinämistä vetyläikkähavainnot vuoden 2012 määräaikaistarkastuksissa. Loviisa 1 ja 2 -yksiköiden reaktoripainesäiliöt on valmistettu vastaavalla tavalla, joskin eri paikassa kuin belgialaisten laitosten säiliöt. Fortum päätti tarkastaa Loviisan voimalaitoksen reaktoripainesäiliöt vastaavalla menetelmällä, millä havainnot oli tehty belgialaisilla laitoksilla. Koska Belgian löydöksistä tiedettiin, että ne eivät aiheuttaneet akuuttia turvallisuusuhkaa eikä sellaisen vaaraa ollut Loviisassakaan, voitiin tarkastukset tehdä normaalien vuosihuoltojen yhteydessä (Loviisa 2:lla vuonna 2014 ja Loviisa 1:llä vuonna 2016 ja 2020). Tarkastusten perusteella vetyläikkä ei löytynyt kummastakaan painesäiliöstä.

Edellä mainittujen tarkastusten lisäksi tehdään Suomen painelaitelainsäädännön mukaisesti määräaikaisina painelaitetarkastuksina painesäiliöiden kunnan ja luotettavuuden fyysisiä tarkastuksia, joita ovat täystarkastus, sisäpuolinen tarkastus ja käyttötarkastus. Näihin tarkastuksiin sisältyy rikkomattomia testauksia sekä paine- ja tiiviyskokeita. Tällaiset putkistojen tarkastukset on määritetty järjestelmäkohtaisissa kunnanvalvontaohjelmissa. Näitä määräaikaistarkastuksia käsitellään ohjeissa YVL E.3, YVL E.8, YVL E.9, YVL E.10 ja YVL E.11.

Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden määräaikaistarkastusohjelmat täyttävät YVL-ohjeiden vaatimukset.

#### **5.4.2.2 Sähkö- ja automaatiolaitteet**

Turvallisuuden kannalta tärkeiden sähkö- ja automaatiolaitteiden ja -järjestelmien määräaikaistarkastusohjelma perustuu viranomaismääräyksiin ja -ohjeisiin, sähkötyöturvallisuusstandardeihin, laitevalmistajien ohjeisiin ja suosituksiin, laitteiden käyttötapoihin sekä laitteista saatuihin käyttökokemuksiin. Yksittäisten turvallisuudelle tärkeiden laitososien määräaikaiskokeiden kattavuus ja taajuus määritellään laitososien tai niiden muutosten kelpoistusprosessin yhteydessä ottaen huomioon laitososan turvallisuusmerkitys.

Automaation uudistuksessa otettiin käyttöön uutta teknologiaa olevat automaatiojärjestelmien laitealustat, joissa on kehittyneitä itsediagnostiikka- ja testiominaisuuksia. Automaatiojärjestelmien määräaikaistarkastusohjelmat on määritelty siten, että järjestelmien oma valvonta ja määräaikaiskokeet tarjoavat yhdessä riittävän kattavuuden toimintakunnan toteamiseksi.

Määräaikaistarkastustoimintaa ohjataan laitoksella hallinnollisten ohjeiden ja tietojärjestelmien (esim. työtilausjärjestelmä) avulla. Kunnossapito-ohjeissa määritellään

tarkemmin eri kohteille tehtävät työt, menettelyt ja hyväksymiskriteerit. Ohjeet päivitetään neljän vuoden välein tai aina tarpeen vaatiessa.

Automaatiouudistuksissa käyttöön otetuille automaatiojärjestelmille on laadittu asianmukaiset määräaikaistarkastusohjeet, joiden mukaan järjestelmiä tarkastetaan ja testataan. Periaatteena on, että myös järjestelmien muutokset huomioidaan niiden määräaikaistarkastusohjeissa, jolloin muutettujen järjestelmien toimintakunto todetaan määrävälein ajantasaisilla ohjeilla

Turvallisuudelle tärkeiden kohteiden määräaikaistarkastuksia ja koestuksia tehdään sekä laitossyksiköiden käytön että vuosihuoltojen aikana, ja ne on määritelty ja jaksotettu turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa, joiden asianmukaisuutta Fortum arvioi säännöllisesti.

Keskeinen osa Loviisan ydinvoimalaitoksen määräaikaiskokeista suoritetaan vuosihuoltoseisokeissa, joissa STUK valvoo kokeita tarkastamalla koestuspöytäkirjoja ja kokeiden kattavuutta sekä koeohjeiden ajan- ja tarkoituksenmukaisuutta. STUK arvioi koeohjeiston tilaa myös käytön tarkastusohjelman yhteydessä.

#### **5.4.3 Johtopäätös (23 §)**

Säteilyturvakeskuksen määräyksen Y/1/2018 23 §:n kunnonvalvontaa ja kunnossapitoa laitoksen turvallisuuden varmistamiseksi koskevat vaatimukset täyttyvät Loviisan voimalaitoksen toiminnassa.

#### **5.5 Ydinlaitoksen säteilymittaukset ja radioaktiivisten aineiden päästöjen valvonta sekä väestön ja työntekijöiden säteilyannosten arviointi (24 §)**

*1. Ydinlaitoksen huonetilojen säteilytasoja sekä huoneilman ja järjestelmissä olevien kaasujen ja nesteiden aktiivisuuspitoisuuksia on mitattava.*

*1a. Radioaktiivisten aineiden päästöjä ydinlaitokselta on valvottava ja pitoisuuksia ympäristössä on tarkkailtava.*

*2. Ydinlaitoksen käytöstä tai käytöstäpoistosta aiheutuvia työntekijöiden ja ympäristön väestön säteilyannoksia on mitattava tai muuten arvioitava ottaen huomioon kehon ulkoinen ja sisäinen säteilyaltistus.*

*3. Väestön säteilyannosten osalta on määritettävä säteilyannos väestön eniten altistuvaa ryhmää edustavalle henkilölle. Säteilyaltistuksen määrittämisessä on otettava huomioon merkittävät radioaktiivisten aineiden kulkeutumisreitit.*

*4. Säteilyannokset sekä radioaktiivisten aineiden päästöt ydinlaitokselta ja pitoisuudet ympäristössä on raportoitava Säteilyturvakeskukselle.*

Määräyksen STUK Y/1/2018 24 §:ään liittyvät yksityiskohtaiset vaatimukset esitetään ohjeissa YVL C.3, YVL C.6 ja YVL C.7.

Loviisan ydinvoimalaitoksella on kiinteästi asennetut säteilymittausjärjestelmät, jotka mittaavat huonetilojen annosnopeuksia, huonetilojen radioaktiivisia aerosoleja ja kaasuja ilmastointijärjestelmissä sekä radioaktiivisten aineiden kulkeutumista prosessijärjestelmissä.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Fortum on uusinnut laajalti Loviisan voimalaitokselle kiinteästi asennettuja säteilymittalaitteita vuosituhanen alussa MONU-projektin yhteydessä. Vuosina 2015 ja 2016 RAMI-projektissa on uusittu päähöyryputkien (RA) säteilymittausjärjestelmä ja tällä hetkellä on käynnissä onnettomuussäteilymittausten uusimiseen tähtäävä hanke. Lisäksi RAMONE-ohjelmalla (Radiation Monitoring Life-Time Extension) pyritään löytämään pitkänaikavälin ratkaisu säteilymittauslaitteiden toiminnan varmistamiseksi.

Vuoden 2021 alussa Fortum totesi RA-säteilymittausten varaosatilanteen olevan vaikea laitetoimittajan lopetettua ko. laitteiden ja varaosien valmistuksen. Tämän jälkeen Fortum on selvittänyt ja kartoittanut tilannetta, jotta RA-säteilymittausten toiminta voidaan varmistaa. Tehdyillä toimenpiteillä mittaussäteilyjärjestelmän varaosien saatavuus on tois- taiseksi parantunut merkittävästi.

Loviisan ydinvoimalaitoksella on tekniset järjestelmät, joiden avulla suurin osa laitoksen prosessijärjestelmiin vapautuneista ja siellä olevista radioaktiivisista aineista kerätään talteen ja varastoidaan. Vain pieni osa radioaktiivisista aineista pääsee ympäristöön. Radioaktiivisten aineiden päästöt tapahtuvat kaasumaisina tai hiukkasmaisina ilmastointi- piipun kautta ilmakehään sekä veteen liuenneina tai veteen sekoittuneina hiukkasina merivesitunneliin ja edelleen meriympäristöön. Loviisan ydinvoimalaitoksen radioaktiivis- ten aineiden päästöä ilmaan ja meriympäristöön valvotaan kaikilla merkittävillä päästö- reiteillä jatkuvatoimisin säteilymittarein sekä näytteenotoin ja laboratorion nuklidikoh- taisin radioaktiivisuusmäärittäyksin. Muita mahdollisia päästöreittejä valvotaan näytteen- otoin ja hallinnollisin keinoin.

Päästömittaushjelma käsittää kattavasti radioaktiivisten aineiden eri päästölajit. Ilmaan vapautuvista päästöistä kerätään säännöllisesti näytteet erikseen a) radioaktiivisten jalo- kaasujen, b) jodin, c) hiukkasmuodossa olevien päästöjen (aerosolien) sekä d) tritiumin (H-3) ja C-14:n määrittämiseksi. Hiukkasmuodossa olevista päästöistä määritetään gam- masäteilevät nuklidit, alfasäteilevien nuklidien kokonaisaktiivisuus (tarvittaessa myös nuklidikohtaiset pitoisuudet), beetasäteilevien nuklidien kokonaispitoisuus sekä stron- tiumnuklidit Sr-89 ja Sr-90. Mereen laskettavien päästöjen näytteistä määritetään gam- masäteilevät nuklidit, tritium, alfasäteilevien nuklidien kokonaisaktiivisuus (tarvittaessa myös nuklidikohtaiset pitoisuudet) sekä strontiumnuklidit Sr-89 ja Sr-90. Päästömittaust- en tarkkuus täyttää ohjeen YVL C.3 vaatimukset. Mittaustulosten avulla voidaan seurata ydinenergia-asetuksen 22 b §:ssä asetetun ydinvoimalaitoksen normaalista käytöstä vä- estön yksilön saaman vuosiannoksen rajoituksen raja-arvon toteutumista. Annosvaiku- tukseltaan merkittävimpiä ovat nuklidien C-14 ja Ar-41 päästöt ilmaan.

Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristössä toteutetaan ympäristön radioaktiivisuuden valvontaohjelmaa. Vuonna 2015 uusitun ydinenergiain tuoman muutoksen mukaan sä- teilyvalvontaa suorittaa sekä luvanhaltija ohjeen YVL C.7 esittämässä laajuudessa, että STUK riippumattomana viranomaisena. Fortumin suorittama säteilyvalvontaohjelma täyttää ohjeen YVL C.7 vaatimukset ja sisältää ulkoisen säteilyn mittauksia sekä ulkoil- man, laskeuman, meriveden ja joidenkin ihmiseen johtavien ravintoketjujen eri vaiheita edustavien näytteiden radioaktiivisuuden määrittämiä. Ympäristön säteilyvalvontaohjel- masta saadut tulokset varmentavat Loviisan ydinvoimalaitoksella tehdyn radioaktiivisten aineiden päästöjen valvontaa. Loviisan voimalaitoksen vastuulla oleva ympäristön sätei- lyvalvontaohjelma on päivitetty uuden vastuujon mukaisesti viisivuotiskaudeksi 2018– 2022.

Säteilyvalvontaohjelma on suunniteltu sellaiseksi, että sen avulla ylläpidetään riittävää valmiutta tehdä tarpeelliset säteilymittaukset ja näytteiden otto myös onnettomuustilanteissa. Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristön valvontaohjelmassa analysoitiin vuoden 2020 aikana yhteensä 198 näytettä mm. ulkoilmasta, laskeumasta, merivesistä ja talousvedestä. Näytteistä analysoidaan ihmisen säteilyaltistuksen kannalta tärkeimpiä gamma-nuklideja: Co-60, I-131 ja Cs-137.

Ilmassa, laskeumassa ja maaympäristössä havaitaan satunnaisesti laitokselta peräisin olevia radionuklideja, kuten Co-60:tä. Vesiympäristönäytteissä laitokselta peräisin olevia nuklideja havaitaan säännöllisesti. Merivedestä havaitaan myös tritiumia. Ympäristöstä havaitut pitoisuudet ovat niin pieniä, ettei niillä ole merkitystä ympäristön ihmisten tai luonnon kannalta.

Tuloksista voidaan yhä havaita selvästi myös Tšernobylin Suomeen aiheuttaman laskeumatilanteen vaikutukset mm. dosimetriasemalla mitattuun ulkoiseen säteilyannokseen ja maidon Cs-137-pitoisuuteen. Tämän perusteella voidaan todeta, että menetelmät ovat riittävän herkkiä normaalikäytön aikaiseen ympäristövalvontaan ja että niistä voidaan selvästi havaita myös poikkeuksellisten tilanteiden aiheuttamat muutokset mittaus-tuloksissa.

Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristössä on automaattinen ympäristön ulkoisen säteilyn mittausjärjestelmä, jonka tarkoituksena on mahdollisessa poikkeustilanteessa antaa nopeasti tieto säteilytason mahdollisesta muutoksesta ympäristössä. Radioaktiivisen päästön ilmakehässä tapahtuvan leviämisen arviointiin käytettävä, laitoksen lähellä oleva säähavaintojärjestelmä uusittiin vuonna 2017. Nykyinen järjestelmä sisältää kaksi eri säähavaintomastoa, päämastot sijaitsee voimalaitoksen läheisyydessä ja toinen merellinen havaintoasema lähisaaristossa.

### 5.5.1 Johtopäätös (24 §)

Säteilyn annosnopeuksia ja radioaktiivisten aineiden kulkeutumista laitoksella sekä radioaktiivisten aineiden päästöjä ja pitoisuuksia ympäristössä valvotaan Loviisan ydinvoimalaitoksella määräyksen STUK Y/1/2018 24 §:n tarkoittamalla tavalla.

## 6 Organisaatio ja henkilöstö (STUK Y/1/2016 – 6 luku)

### 6.1 Johtaminen, organisaatio ja henkilöstö: turvallisuuden varmistaminen (25 §)

#### 6.1.1 Turvallisuuskulttuuri ja johtaminen

*1. Ydinlaitosta suunniteltaessa, rakennettaessa, käytettäessä ja käytöstä poistettaessa on ylläpidettävä hyvää turvallisuuskulttuuria. Turvallisuus on asetettava etusijalle kaikessa toiminnassa. Kaikkien edellä mainittuun toimintaan osallistuvien organisaatioiden johdon on osoitettava päätöksillään ja toiminnallaan sitoutumisensa turvallisuutta edistäviin toimintatapoihin ja ratkaisuihin. Henkilöstöä on kannustettava vastuuntuntoiseen työskentelyyn ja turvallisuutta vaarantavien tekijöiden tunnistamiseen, raportointiin ja poistamiseen. Henkilöstöllä on oltava mahdollisuus osallistua turvallisuuden jatkuvaan kehittämiseen.*



*5. Luvanhaltijan on sitoutettava ja velvoitettava henkilöstönsä sekä toimittajat ja alihankkijat, joiden toiminnalla on vaikutusta ydinlaitoksen turvallisuuteen, turvallisuuden ja laadun järjestelmälliseen hallintaan.*

*9. Luvanhaltijalla on oltava vastuullisen johtajan tukena toimiva, muusta organisaatiosta riippumaton asiantuntijaryhmä, joka kokoontuu säännöllisesti käsittelemään turvallisuutta koskevia asioita ja antaa tarvittaessa niistä suosituksia.*

Fortumin ydinvoimatoimintojen turvallisuus- ja laatu politiikassa johto sitoutuu korkeatasoiseen turvallisuuskulttuuriin. Turvallisuus- ja laatu politiikka edellyttää kaikilta toimintaan osallistuvilta ydinturvallisuutta ja laatua edistäviä arvoja ja asenteita. Poliittikka edellyttää, että laitoksella työskennellään vastuullisesti, sitoudutaan sovittuihin toimintatapoihin ja tavoitteisiin, ymmärretään toiminnan turvallisuusmerkitys ja että voimallaitoksella pidetään turvallisuus etusijalla kaikessa toiminnassa.

Turvallisuus- ja laatu politiikassa esitettyjä periaatteita on konkretisoitu henkilöstölle muun muassa kuvaamalla ydinalan ammattilaiselle asetetut käyttäytymis- ja toimintatapadotukset. Loviisan voimallaitoksen henkilöstölle ja laitokselle saapuville toimittajien työntekijöille koulutetaan hyvän turvallisuuskulttuurin mukaisia toimintatapoja. Viime vuosina Fortum on käynnistänyt myös ns. laitosteemaprojekteja, joilla jalkautetaan kyseisiä periaatteita erilaisissa työkohteissa ja -tilanteissa. Laitosteemaprojekteilla on korostettu muun muassa työympäristön havainnoinnin ja epäkohtiin puuttumisen tärkeyttä.

Fortumilla on johtamisjärjestelmässään menettelyjä, joilla se pyrkii varmistamaan turvallisuusnäkökohtien asianmukaisen huomioimisen operatiivisessa ja teknisessä päätöksenteossa. Viime vuosina Fortum on kehittänyt muun muassa ns. operatiivista päätöksentekokokousta, Design Authority -toimintoa ja muutostöiden priorisointipäätösten tekotapaa. Loviisan laitoksen Ydinturvallisuusyksikön roolia turvallisuuden kokonaistilannekuvan muodostajana vahvistettiin 2020. Ydinturvallisuusyksikön tehtäviin lisättiin kokonaistilannetta arvioivien kuukausi-, kvartaali- ja vuosiraporttien laatiminen sekä Fortumin Generation divisioonan ydinturvallisuuskokouksiin osallistuminen. Myös riippumattomia, turvallisuusasioita käsitteleviä asiantuntijaryhmiä on hyödynnetty johdon tukena ja niiden toimintaa on kehitetty edelleen. Näitä ryhmiä ovat Loviisan laitoksen vastuullista johtajaa ensisijaisesti tukeva ydinturvallisuustoimikunta (LYTT) ja luvanhaltijan toimitusjohtajan tukena toimiva kansainvälinen Nuclear Safety Council. STUKin arvion mukaan nämä ryhmät täyttävät määräyksen vaatiman riippumattoman asiantuntijaryhmän tavoitteen.

Fortumilla on menettelyitä seurata ja arvioida sekä oman organisaationsa että turvallisuuden kannalta tärkeitä töitä tekevien toimittajien turvallisuuskulttuuria. Loviisan laitostjohdolla on käytettävissään osaamista turvallisuuskulttuurin arviointi- ja kehittämistyöhön. Pääasialliset resurssit ovat Loviisan laitoksen Liiketoimintayksikössä. Fortum arvioi turvallisuuskulttuurinsa tilaa vuosittain osana CAP-ryhmän (corrective action program) tekemää tilannekatsausta. Vuosittainen yhteenveto perustuu eri lähteistä tuleviin havaintoihin ja noin kahden vuoden välein myös turvallisuuskulttuurikyselyyn. Myös Ydinturvallisuusyksikön muodostamaan kokonaiskuvaan laitoksen turvallisuuden tilasta on ryhdytty sisällyttämään turvallisuuskulttuurin ja johtamisen tilannekuvaa. Ulkopuolisen organisaation tekemä turvallisuuskulttuurin arviointi on toteutettu noin viiden vuoden välein.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Loviisan voimalaitoksella jatkuvasti työskentelevien toimittajien turvallisuuskulttuuria seurataan ja kehitetään mm. havaintojen ja turvallisuuskulttuurikyselyjen tuottaman tiedon avulla. Muiden turvallisuuden kannalta tärkeiden toimittajien hyvästä turvallisuuskulttuurista varmistutaan mm. toimittaja-arviointien aikana kerättävän tiedon, toimituksen aikaisen yhteistyön ja toimitusten jälkeisten arviointien keinoin. Loviisan voimalaitoksen organisaatio ja Fortum konsernin hankintatoimi ovat tehneet yhteistyötä toimittajien arviointitiedon keräämiseksi ja hyödyntämiseksi.

Turvallisuuskulttuurin arviointi- ja kehittämistoiminnan laatu, riittävä resursointi sekä arviointitiedon johdonmukainen hyödyntäminen laitoksen johtamisessa ovat olleet STUKin valvonnan perusteella parantamista vaatineita osa-alueita. Valvonnalla on pyritty vaikuttamaan siihen, että turvallisuuskulttuurin itsearviointityö tuottaisi riittävän syvää tietoa toimintakulttuurista ja sen turvallisuusvaikutuksista ja että johto käyttäisi tätä tietoa systemaattisesti hyödykseen organisaatiota ja johtamistaan kehittäessään.

Fortumin toimittaman turvallisuuskulttuuriselvityksen mukaan luvanhaltijan turvallisuuskulttuuri täyttää sille säädöksissä asetetun vaatimustason. Turvallisuuskulttuurin kussakin osa-alueessa on vahvuuksia, joskin myös kehitettävää. Edellisessä turvallisuusarviointissa turvallisuuskulttuurin kehityskohteiksi nähdyistä teemoista edistystä on tapahtunut Fortumin oman arvion mukaan turvallisuusjohtamisessa ja viestinnässä, osaamisen hallinnan kehittämisessä, ohjeiston löydettävyydessä ja työympäristön siisteydessä. Toisaalta Fortum tunnistaa edelleen kehittämistarvetta osittain samoissa aiheissa, kuten johdon puuttumisessa käyttäytymiseen, ohjeiston käytettävyydessä ja osaamisen hallinnan kehittämisessä.

STUK valvoo voimalaitoksen organisaation turvallisuuskulttuurin tilaa käytön tarkastusohjelman tarkastuksissa ja muun valvontatyönsä kautta, esimerkiksi muutostöiden, tapahtumien, asiakirjatarkastusten ja paikallistarkastajien havaintojen perusteella. STUK hyödyntää myös riippumattomia turvallisuuskulttuurin arviointitoimeksiantoja päätöksentekonsa tukena. STUKin toimeksiannosta VTT toteutti vuonna 2021 riippumattoman tutkimuksen Loviisan voimalaitoksen johtamisesta ja turvallisuuskulttuurista. Tutkimus kohdistui erityisesti Loviisan laitosjohtoryhmän edustajien käsitykseen johtamisesta, organisaation kehittämisestä, turvallisuudesta ja kontekstin vaikutuksesta johtamiseen. VTT totesi Loviisan laitosjohton pyrkivän johtamisellaan luomaan edellytyksiä hyvään työmotivaatioon ja kehittämiseen muun muassa positiivisia asioita korostamalla ja antamalla vapautta kehittää toimintaa. Huomiota on VTT:n mukaan kiinnitettävä edelleen johdon odotusten ja ohjauksen selkeyteen. Johdon tulisi myös tarkkailla huolien ilmaisemisen ja kyseenalaistamisen luontevuutta positiivisuutta voimakkaasti korostavassa ilmapiirissä. Inhimillisten ja organisatoristen tekijöiden turvallisuusmerkityksen ymmärryksen parantaminen tunnistettiin edelleen kehityskohteeksi, samoin työkuorman hallinta.

Valvonnan perusteella Fortumin luvanhaltijaorganisaatiossa toteutuu monia hyvän turvallisuuskulttuurin edellytyksiä. Organisaatiossa arvostetaan turvallisuutta, hyvää laitos-tuntemusta, teknistä osaamista, ihmisiin luottamista sekä syyllistämätöntä ilmapiiriä, jossa poikkeamat ja virheet voidaan nostaa epäröimättä esiin korjattavaksi. Henkilöstö tuokin aiempaa useammin esiin konkreettisia puutteita havaintoilmoituksina, ja korjaavien toimenpiteiden suorittamista seurataan aiempaa tarkemmin.

Valvonnan perusteella turvallisuuskulttuurissa on myös kehittämistarvetta. Poikkeamien toistuvuus sekä kehitysprojektien tai -toimenpiteiden hidas edistyminen ovat tästä keskeisiä ilmentymiä (ks. esim. TTKE-rikkomukset, luku 5.3, polttoaineen käsittelytoiminnan tapahtumat, luku 5.2.1; osaamisen hallinta, luku 6.1.3; sisäinen käyttökokoimustoiminta, luku 5.2.2). STUK näkee, että konkreettisten puutteiden taustalla olevien, usein ihmisten tai organisaation toimintaan liittyvien, juurisyiden tunnistaminen sekä niiden käsittelyn avoimuus ja tehokkuus ovat kehityskohteita. Konkreettisiin teknisiin puutteisiin, puututaan ja ne pyritään useimmiten korjaamaan nopeasti, mutta nopeiden toimenpiteiden käynnistäminen ei kuitenkaan saisi johtaa siihen, että syvempää analyysiä edellyttävät asioiden juurisyöt ja taustalla vaikuttavat tekijät jäävät selvittämättä.

STUK on kiinnittänyt valvonnassaan huomiota myös johtamiseen, siihen, miten tinkimättömästi voimalaitoksen johto edellyttää menettelyiden noudattamista tai puuttuu poikkeamiin, tukee ja edellyttää kehitystoimien valmistumista ja vaikuttavuutta, sekä toimii itse esimerkkinä turvallisuusasioissa. Esimiesten toimintatavoissa ja puutteiden turvallisuusmerkityksen tulkinnoissa on vaihtelua. STUK pitää tärkeänä, että Loviisan laitoksen vapautta ja luottamusta korostavaa johtamistapaa tasapainotetaan prioriteettien ja odotusten selkeydellä. Elinkaaren muutosvaiheissa tai muissa muutostilanteissa johtamisen selkeys on erityisen tärkeää.

Valvonnan perusteella tärkeitä panostuksia hyvän turvallisuuskulttuurin varmistamiseksi ovat viime vuosina olleet mm. päätöksentekofoorumeiden kehittäminen, avoimeen ilmapiiriin ja jaksamiseen panostaminen, johdon odotusten parempi viestintä ja turvallisuuden kokonaiskuvaa muodostavan omavalvonnan kehittäminen. Fortum on käynnistänyt myös laaja-alaisen toiminnan laatuun liittyvän kehitysprojektin (WANO 1 -projekti). Lisäksi selvityksessään turvallisuuskulttuurista ja johtamisesta Fortum nimesi kuusi kehityskohdetta ja kuvasi niiden tavoitteet ja konkreettiset toimenpiteet. Näiden perusteella STUK arvioi, että Fortumin johdossa on ymmärrystä laitosorganisaation turvallisuuskulttuurin vahvuuksista ja heikkouksista ja että se kehittää toimintatapoja aikaisempaa systemaattisemmin. STUK seuraa valvonnassaan edellä mainittujen kehitystoimenpiteiden toteutumista ja niiden vaikutuksia.

Loviisan laitoksen toiminta täyttää ydinalan hyvälle turvallisuuskulttuurille määräyksen STUK Y/1/2018 25 §:ssä asetetut vaatimukset. STUK valvoo käytön tarkastusohjelman ja muun valvonnan keinoin sitä, että luvanhaltijan (Fortum Power and Heat Oy) ja Loviisan laitoksen johto ovat tietoisia organisaationsa turvallisuuskulttuurin tilasta ja kohdistavat vaikuttavia toimenpiteitä tunnistettujen kehitysalueiden parantamiseksi.

### 6.1.2 Johtamisjärjestelmä

*2. Ydinlaitoksen suunnitteluun, rakentamiseen, käyttöön ja käytöstäpoistoon osallistuvilla organisaatioilla on oltava johtamisjärjestelmä, jolla huolehditaan turvallisuudesta ja laadun hallinnasta. Johtamisjärjestelmän tavoitteena on oltava varmistaa, että turvallisuus asetetaan aina etusijalle ja että laadun hallintaa koskevat vaatimukset vastaavat toiminnon turvallisuusmerkitystä. Johtamisjärjestelmää on suunnitelmallisesti arvioitava ja kehitettävä.*

*3. Johtamisjärjestelmän on katettava kaikki ydinlaitoksen turvallisuuteen vaikuttavat organisaation toiminnot. Kunkin toiminnon osalta on tunnistettava turvallisuuden kannalta merkittävät vaatimukset ja kuvattava suunnitellut toimenpiteet sen varmistamiseksi, että*

*vaatimukset täytetään. Organisaation toimintatapojen on oltava järjestelmällisiä ja ohjeistettuja.*

*4. Turvallisuuden kannalta merkittävien poikkeamien tunnistamiseksi ja korjaamiseksi on oltava järjestelmälliset menettelytavat*

*4a. Mikäli hyväksytyihin suunnitelmiin joudutaan tekemään muutoksia, ne on toteutettava suunnitelmallisesti ja hallitusti.*

Luvanhaltijan johtamisjärjestelmä koostuu Fortumin tapauksessa konsernin yleisistä johtamisjärjestelmän menettelyistä, Fortumin Generation-divisioonan menettelyistä ja Loviisan ydinlaitosten menettelyistä. Loviisan ydinvoimalaitoksen johtamisjärjestelmä itsessään sisältää ne menettelyt, joita tarvitaan ydinvoimalaitoksen toiminnan johtamiseen. Fortumin ydinvoimatoimintojen ja turvallisuus- ja laatu politiikan periaatteet ohjaavat toimintaa.

Loviisan voimalaitoksen johtamisjärjestelmässä on kuvattu ne menettelyt, joita STUKin asiaan liittyvä YVL-ohjeistus edellyttää. Johtamisjärjestelmä on dokumentoitu, ja dokumenttirakenne on hierarkkinen. Ylimpänä ovat konsernin ja divisioonan ohjaavat dokumentit. Loviisan voimalaitos on määritellyt johtamisjärjestelmässään ne päätöksentekomenettelyt, joita tarvitaan prosessien johtamiseksi ja yllättävien tilanteiden ratkaisemiseksi. Toisaalta Fortum on myös todennut, että Loviisan voimalaitoksen ohjeiston monimutkaisuus toisinaan haittaa sen käytettävyyttä. Esimerkiksi TTKE koetaan monitulkintaiseksi, mikä on saattanut johtaa TTKE:sta poikkeamiseen.

Loviisan ydinvoimalaitoksen laadunhallinta perustuu laadun suunnitteluun, ohjaukseen, varmistamiseen ja parantamiseen. Loviisan voimalaitoksen laadunhallintaohjelma muodostuu kaikista käytön laadunvarmistuskäsikirjan luvuissa esitettyjen laatuvaatimusten täyttymisen varmistavista systemaattisista menettelytavoista. Ydinpolttoaineen laadunhallintaa kuvataan ydinpolttoaineen laadunvarmistuskäsikirjassa.

Käytön laadunvarmistuskäsikirjassa kuvataan seuraavat toiminnot: organisaatio ja johtaminen, henkilökunnan koulutus ja pätevyys, asiakirjojen hallinta, käyttö, kunnossapito, turvallisuus- ja tukitoiminnot, tuotantotekniikan hallinta, tarkastus- ja koetoiminta, hankinta, varastointi ja kuljetukset, käyttökokemustoiminta, suojelutoiminta, toiminnan seuranta ja arviointi, työturvallisuus- ja ympäristöjärjestelmä sekä tietoturvallisuus.

Loviisan ydinvoimalaitos on kehittänyt viime vuosina prosessijohtamista ja toimintoprosessiensa kuvauksia. Fortum on laatinut pääprosesseista kuvauksen, johon sisältyvät mm. prosessin päävaiheet ja prosessin mittaaminen. Prosessien kehitystyö on jatkuvaa ja tarvelähtöistä. Muutosten tekemiseen ja seurantaan on systemaattiset menettelyt. Muutostöiden hallinnan prosesseja on kehitetty ja menettelyihin on tehty merkittävä päivitys vuonna 2017. Uudistuksen yhtenä tavoitteena on ollut huomioida laitteiden luotettavuusnäkökohdat myös käyttöluvan jatkoa silmällä pitäen. Tämä huomioidaan mm. muutostöiden priorisoinnissa. Muutostyöprosessi on vaiheistettu ja muutoksen turvallisuusmerkitys vaikuttaa muutoksien luokitteluun. Arviointijaksolla Loviisan voimalaitos on toteuttanut merkittäviäkin muutostöitä suhteellisen onnistuneesti, mutta STUK on valvonnassaan havainnut myös joitakin merkittäviä haasteita muutostöiden hallinnassa. Hankintaprosessien kuvaus on päivitetty ja myös riskienhallinnan menettelyihin on tehty merkittävä muutos vuonna 2020, jolloin uusi riskienhallintaprosessi on kuvattu menettelyohjeessa.

Loviisan voimalaitos arvioi toimintaansa säännöllisesti johdon katselmuksissa, itsearvioinneissa ja sisäisissä auditoinneissa. Sisäisten auditointien ohjelmassa toiminnot arvioidaan kolmen vuoden määrävälein, minkä lisäksi vuosittain tehdään auditointeja ajankohtaisista teemoista. Voimalaitoksesta riippumaton Nuclear Safety Oversight- yksikkö arvioi laitoksen johtamisjärjestelmää vuonna 2016. Vuodesta 2020 lähtien laitoksen turvallisuustilanteen riippumatonta arviointia on tehnyt laitoksen ydinturvallisuusyksikkö. Ulkopuolisia riippumattomia arviointeja on vuoden 2015 jälkeen tehty useita (OSART 2018 ja sen seuranta 2020 sekä WANO Peer review 2019 ja sen seuranta 2021).

Loviisan voimalaitos tunnistaa omassa arviointityössään toimintaansa liittyviä kehityskohteita ja käyttää ulkopuolisten tahojen arviointituloksia hyödyksi kehittämisessä. Myös STUK on tunnistanut omassa valvonnassaan Loviisan toiminnan kehittämistarpeita ja asettanut niistä tarvittaessa vaatimuksia käytön tarkastusohjelman tarkastuksissa. STUK seuraa Loviisan organisaation tunnistamia kehityskohteita ja asettamia vaatimuksia jatkuvassa valvonnassaan. Kokonaisuutena STUKin arvio on, että Loviisa toimii jatkuvan parantamisen vaatimusten edellyttämällä tavalla, vaikkakin Loviisan kehitystoiminnassa on joskus esiintynyt merkittäviäkin haasteita mm. samantyyppiset tapahtumat ovat toistuneet Loviisan voimalaitoksella, ja käyttökokemustoiminnan kehittäminen on ollut hidasta.

Loviisan ydinlaitoksilla on menettelyt, joilla hallitaan ja ohjataan toimittajia. Toimittajat luokitellaan niiden merkittävyyden mukaan. Luokittelu vaikuttaa mm. toimittajalle esitettyihin odotuksiin ja Fortumin valvonnan laajuuteen. Merkittävien toimittajien kanssa käydään määrämuotoinen arviointikeskustelu toimitusten edistymisestä ja työn laadukkuudesta. Arvioinnin tulosta hyödynnetään osana toimittajahyväksyntämenettelyä.

Loviisan voimalaitoksella on menettelyt poikkeamien hallintaan lähtien poikkeamien havaitsemisesta niiden korjaamiseksi tehtävien toimenpiteiden vaikuttavuuden arviointiin. Todetut poikkeamat dokumentoidaan tietojärjestelmään, korjaaville toimenpiteille määritetään vastuuhenkilö ja aikataulu. Viime vuosina Fortum on korostanut henkilöstölle havaintojen tekemisen tärkeyttä, ja tehtyjen havaintoilmoitusten määrä on noussut merkittävästi.

Loviisan voimalaitoksella on määräyksen STUK Y/1/2018 25 §:n täyttävä johtamisjärjestelmä. Johtamisjärjestelmään liittyviä kehittämistarpeita tulee kuitenkin esiin esim. käyttökokemustoiminnan kautta, mikä osaltaan sekä perustelee että edellyttää johtamisjärjestelmän jatkuvaa arviointia ja kehittämistä. STUK seuraa kehittämistoimenpiteitä ja niiden vaikuttavuutta osana valvontatyötään.

### 6.1.3 Henkilöstöressit ja osaaminen

*6. Luvanhaltijan organisaation johtosuhteet sekä henkilöiden tehtävät ja niihin liittyvät vastuut on määriteltävä ja dokumentoitava. Organisaation toimintaa on arvioitava ja kehitettävä ja organisaation toimintaan liittyviä riskejä arvioitava säännöllisesti. Merkittävien organisaatiomuutosten turvallisuusvaikutukset on arvioitava ennakkoon.*

*7. Turvallisuuden kannalta merkittävät tehtävät on nimettävä. Näissä tehtävissä toimivien henkilöiden osaamisesta on varmistuttava.*

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

*8. Luvanhaltijalla on oltava riittävä ja tehtäviinsä soveltuva ammattitaitoinen henkilöstö ydinlaitoksen turvallisuudesta huolehtimiseksi. Luvanhaltijan käytettävissä on oltava ydinlaitoksen turvalliseen rakentamiseen, käyttöön ja käytöstäpoistoon sekä turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden kunnossapitoon ja onnettomuustilanteiden hallintaan tarvittava ammatillinen osaaminen ja tekninen tieto.*

Fortumin luvanvaraisen ydinvoimatoiminnan rakenne ja johtosuhteet on kuvattu johtamisjärjestelmässä. Loviisan voimalaitoksen vastuullisen johtajan, tämän varahenkilöiden sekä laitoksen käyttöorganisaation ja muun henkilökunnan tehtävät, toimivalta ja vastuut on esitetty johtosäännössä ja organisaatiokäsikirjassa.

Organisaatiomuutosten arviointi on ohjeistettu ja merkittävät organisaatiomuutokset arvioidaan myös muutoksen toteutuksen jälkeen. Vuonna 2016 Loviisan organisaatiossa tehdystä merkittävästä muutoksesta tehtiin turvallisuusarvio. Myös Nuclear Projects -osaston organisaatiomuutoksesta vuonna 2017 ja polttoaineen käyttö -ryhmän muutoksesta vuonna 2018 sekä Nuclear Procurement -tiimin ja Loviisan hankintaryhmän yhdistämisestä vuonna 2021 tehtiin turvallisuusarviot, jotka lähetettiin STUKille tiedoksi.

Käyttöturvallisuuden kannalta tärkeät ja henkilökunnan yleisistä tehtävistä erotettavissa olevat ydinturvallisuuteen, ydinmateriaalivastuuseen sekä turvajärjestelyihin ja valmiustoimintaan liittyvät tehtävät Loviisan voimalaitoksen käyttöorganisaatiossa on esitetty johtosääntöön sisältyvissä tehtäväkuvauksissa. Näihin turvallisuuden kannalta tärkeisiin tehtäviin Fortum on lisäksi määritellyt kuuluvaksi joitakin hankintoihin ja projektien hallintaan liittyviä tehtäviä luvanhaltijaorganisaatiosta.

Turvallisuustehtävien pätevyysvaatimukset on esitetty johtosäännössä. Näissä tehtävissä toimivat henkilöt osallistuvat voimalaitoksen henkilöstön koulutusohjelmiin. Lisäksi turvallisuustehtävissä toimiville järjestetään vuosittain täydennyskoulutusta.

Loviisan voimalaitoksella on menettelyt, joilla luvanhaltija varmistuu siitä, että henkilökunta on tehtäväänsä soveltuvaa, pätevää, koulutettua ja osaavaa. Rekrytointiprosessissa varmistutaan henkilöiden osaamisesta ja soveltumisesta tehtävään ja ydinvoimalalle. Ydinvoimalaitosohjaajien osaamista ylläpidetään suunnitelmallisesti koulutusohjelmien avulla ja työtaidosta varmistutaan vakiintunein menettelyin. Samoin muihin tehtäviin, joihin liittyy viranomaisen hyväksyntä tai pätevyysvaatimuksia, on omat koulutusohjelmansa ja osaamisen hallinnan todentaminen. Perinteisten luokkahuonekoulutusten rinnalle ovat viime vuosina tulleet verkossa tapahtuva itseopiskelu, virtuaaliteknologian hyödyntäminen ja harjoittelu toimintakohdetta kuvaavassa ympäristössä (mockup-harjoittelu).

Edellisessä määräaikaisessa turvallisuusarvioinnissa Fortum nimesi osaamisen hallinnan yhdeksi kehityskohteeksi. Vuonna 2017 Loviisan voimalaitoksella käynnistettiin kehitysprojekti, jonka tavoitteina oli määrittellä toimikohtaiset osaamisvaatimukset sekä kehittää toimiva prosessi osaamisen hallinnointiin. Projektin aikana määriteltiin osaamisvaatimukset, mutta osaamisen hallinnointiin tarkoitettun tietojärjestelmän käyttöönotto eteni suunniteltua hitaammin. Fortumin selvityksessä turvallisuuskulttuurista (2019) on edelleen tunnistettu kehitystarpeita osaamisen pitkäjänteisessä, systemaattisessa hallinnassa



ja kehittämisessä. Fortum ei ole määrittänyt selvityksessään uusia toimenpiteitä. Fortum asettisäselvityksessään (2021) tavoitteeksi saattaa osaamisen hallinnan kehitysprojekti ja osaamisen hallinnan tietojärjestelmän käyttöönottoprojekti loppuun vuonna 2021. STUK on valvonnassaan todennut näin tapahtuneen ja Fortumin on määrä arvioida toimenpiteiden vaikuttavuutta vuonna 2022.

Fortum arvioi henkilöstön rekryointitarpeet pääasiassa eläköitymisarvioiden ja muiden ennakoitavissa olevien henkilöstövaihdosten perusteella. Vuoden 2021 alussa Loviisan voimalaitokselle on rekrytoitu uusia operaattorikoulutettavia etupainotteisesti. Joillakin osaamisalueilla varahenkilöjärjestelyt eivät ole aina pystyneet tyydyttävästi takaamaan resursseja tilanteissa, joissa korvausrekrytoinnit ovat pitkittyneet. Laitoksen käytävissä olevan henkilökunnan riittävyden ja tietotaidon varmistamiseen on syytä kiinnittää edelleen huomiota ja erityisesti ikääntyvää laitosta käytettäessä ja käytöstäpoistovaiheeseen valmistautuessa.

#### **6.1.4 Johtopäätös (25 §)**

Loviisan laitoksen toiminta täyttää ydinalan hyvälle turvallisuuskulttuurille määräyksen STUK Y/1/2018 25 §:ssä asetetut vaatimukset. STUK valvoo käytön tarkastusohjelman ja muun valvonnan keinoin sitä, että luvanhaltijan (Fortum Power and Heat Oy) ja Loviisan laitoksen johto ovat tietoisia organisaationsa turvallisuuskulttuurin tilasta ja kohdistavat vaikuttavia kehitystoimia tunnistettujen kehitysalueiden parantamiseksi.

Loviisan voimalaitoksen turvallisuuden ja laadun hallinta on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 25 §:n mukaisesti. Fortum myös kehittää johtamisjärjestelmäänsä, ja STUK valvoo toimenpiteiden toteutusta käytön tarkastusohjelmassaan ja muun valvontatyönsä avulla.

Loviisan voimalaitoksen johtosuhteet, vastuut ja asiantuntemus ovat määräyksen STUK Y/1/2018 25 §:n mukaiset. STUK valvoo käytön tarkastusohjelman ja muun valvonnan keinoin organisaation henkilöstöresurssien ja osaamisen hallintaa ja kehitystoimenpiteiden toteutusta.

## **7 Turvajärjestelyt (STUK Y/3/2020)**

### **7.1 Säännöstö ja sen nojalla asetetut vaatimukset**

*YEL 71 §:n mukaisesti luvanhaltijalla on oltava turvajärjestelyt ydinenergian käytön turvaamiseksi ydinlaitoksessa ja sen alueella. Luvanhaltijalla on oltava turvajärjestelyt myös muussa paikassa tai kulkuvälineessä, jossa ydinenergian käyttöä harjoitetaan. Turvajärjestelyjen ja niihin tehtävien muutosten on oltava Säteilyturvakeskuksen hyväksymät. Turvajärjestelyjen on oltava riittävät suhteessa ydinenergian käyttöön kohdistuviin uhkiin ja suojaustarpeisiin.*

Turvajärjestelyjä koskevat säädökset esitetään ydinenergialaissa ja -asetuksessa sekä Säteilyturvakeskuksen määräyksessä STUK Y/3/2020. Vaatimusten yksityiskohtaiset soveltamisohjeet ja STUKin valvontamenettelyt kuvataan ohjeissa YVL A.11, YVL A.12 ja

YVL D.2. Myös eräissä muissa YVL-ohjeissa, esitetään lähtökohtia, joissa on otettu huomioon tarve varautua myös lainvastaisen toiminnan havaitsemiseen ja estämiseen.

## 7.2 Vastuu ja valvonta

Vastuu ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta on lain mukaan yksiselitteisesti luvanhaltijalla. Luvanhaltijan ohella myös poliisilla ja sille tarvittaessa virka-apua antavilla muilla viranomaisilla on lainsäädännöllisiä velvoitteita turvallisuuden varmistamisessa erilaisien lainvastaisten tilanteiden tapauksessa. Turvallisuusviranomaisten ja eri osapuolten välisen yhteistyön merkitystä onkin syytä korostaa ydinvoimalaitosten uhkatilanteisiin ja niihin varautumiseen liittyen.

STUK toimii ydinenergian käytön yhteydessä myös turvajärjestelyjen valvontaviranomaisena. Lainvastaista toimintaa ja siihen varautumista silmällä pitäen valtioneuvosto on kutsunut koolle ydinalan turvajärjestelyjen neuvottelukunnan, jonka tehtävänä on säännöllisesti seurata ja arvioida uhkakuvia ja niissä tapahtuvia muutoksia, kehittää toimintavalmiuksia ja tiedonkulkua sekä määrittellä ydinalan turvajärjestelyjä koskevia suuntaviivoja ja tehdä niitä koskevia aloitteita. Neuvottelukuntaan kuuluvat edustajat maamme keskeisistä poliisi- ja muista turvallisuusviranomaisista. Neuvottelukunnan jäsenistöllä on laaja kansainvälinen yhteistyöverkosto, jonka kautta myös tiedot ja näkemykset kansainvälisestä kehityksestä välittyvät neuvottelukunnan tietoon.

## 7.3 Luvanhaltijan turvajärjestelyt ja niiden arviointi

Ydinlaitoksen luvanhaltijan on järjestettävä erikseen kokoon kutsutun riippumattoman asiantuntijaryhmän toteuttama laaja-alainen turvajärjestelyjen arviointi määräajoin, kuitenkin vähintään neljän vuoden välein, STUKin ohjeen YVL A.11 mukaisesti. Tällainen riippumaton arviointi tehtiin marraskuussa 2017 ydinalan turvajärjestelyjen neuvottelukunnan kokoaman arviointiryhmän toimesta. Vastaava riippumaton arviointi toteutettiin toistamiseen loppuvuodesta 2021.

Sisäministeriöltä pyydettiin vuonna 2021 lausuntoa Fortumin laatimaan määräaikaiseen turvallisuusarviointiin liittyen. Sisäministeriön lausunnossa todetaan, että poliisiosaston käsityksen mukaan Loviisan voimalaitokset turvajärjestelyt ovat ajanmukaiset ja nykyiseen uhkatilanteeseen nähden riittävät. Poliisiosaston näkemyksen mukaan myös turvaohjesääntö vastaa tällä hetkellä sille asetettuja odotuksia.

Määräaikaiseen turvallisuusarviointiin liittyen luvanhaltija toimitti STUKille turvajärjestelyihin liittyviä selvityksiä, joihin STUK pyysi tiettyjä lisäselvityksiä (ks. luku 1.1). Pyydetty lisäselvitykset on saatu ja ne on arvioitu riittäviksi. Lisäksi STUK on käsitellyt Fortumin 2021 toimittaman selvityksen vuonna 2020 päivitetyn suunnitteluperusteuhkan vaatimusten täyttymisestä. STUK hyväksyi tiettyjä poikkeamia suunnitteluperusteuhkan vaatimukseen Loviisan voimalaitoksen osalta.

STUK on arvioinut Loviisan ydinvoimalaitoksen turvajärjestelyjen ajantasaisuutta ja riittävyyttä ydinenergiain ja -asetuksen lisäksi ydinenergian käytön turvajärjestelyistä 29.12.2020 annetun STUKin määräyksen Y/3/2020 pohjalta. Loviisan voimalaitoksessa tietoturvallisuus on sekä organisatorisesti että toiminnallisesti osa turvajärjestelyjä. STUKin arvion perusteella Loviisan ydinvoimalaitoksen turvajärjestelyt ovat ajan tasalla

ja riittävät. Lisäksi luvanhaltijalla on riittävät suunnitelmat turvajärjestelyjen jatkuvaan parantamiseen voimalaitoksen turvallisuuden varmistamiseksi.

#### 7.4 Johtopäätös (STUK Y/3/2020)

Loviisan ydinvoimalaitoksen turvajärjestelyt on suunniteltu ja toteutettu siten, että lainvastainen toiminta laitosta kohtaan estetään luotettavasti. Johtopäätöksenä on, että Loviisan voimalaitoksen turvajärjestelyt on toteutettu ydinenergialaissa ja -asetuksessa sekä määräyksessä STUK Y/3/2020 tarkoitetulla tavalla.

### 8 Valmiusjärjestelyt (STUK Y/2/2018)

YEL 7 p §:n mukaisesti *Ydinenergian käytön valmiusjärjestelyjen suunnittelun tulee perustua häiriö- ja onnettomuustilanteita koskeviin analyysihin sekä niiden perusteella arvioituihin seurauksiin. Ydinlaitoksen valmiusjärjestelyjen suunnittelussa on varauduttava siihen, että laitokselta voi päästä ulos merkittävä määrä radioaktiivisia aineita. Ydinlaitoksella on oltava valmiusjärjestelyjen suunnitteluun ja valmiustilanteisiin koulutettuja henkilöitä (valmiusorganisaatio), joiden tehtävät on määriteltävä ja joilla on oltava tehtävien mukaiset tilat, varusteet ja viestintäjärjestelmät. Valmiusjärjestelyt on sovittava yhteen viranomaisten laatimien pelastus- ja valmiussuunnitelmien kanssa ottaen huomioon, mitä pelastuslain 379/2011 9 §:n 2 momentissa säädetään.*

Valmiusjärjestelyjä koskevat säädökset esitetään ydinenergialaissa ja -asetuksessa sekä Säteilyturvakeskuksen määräyksessä ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyistä (STUK Y/2/2018). Käyttölupajakson alussa valmiusjärjestelyitä ohjasi valtioneuvoston asetus ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyistä 716/2013, jonka korvasi määräys STUK Y/2/2016. Fukushima Dai-ichin ydinvoimalaitosonnettomuudesta saatujen kokemusten perusteella vaatimuksia valmiusjärjestelyistä oli täsmennetty aikaisemmin asetukseen 716/2013 ja sittemmin määräykseen STUK Y/2/2016. Fukushiman onnettomuudesta saatuja käytännön oppeja valmiusjärjestelyistä on viety myös EU:n neuvoston direktiiviin 2014/87/EURATOM ja IAEA:n julkaisuun GSR Part 7. Opit on tuotu STUKin määräykseen sen viimeisimmässä päivityksessä. Käyttölupajaksolla uusittiin säteilylainsäädäntö, josta Säteilylakia (859/2018) ja Valtioneuvoston asetusta ionisoivasta säteilystä (1034/2018) sovelletaan valmiusjärjestelyihin ydinvoimalaitoksella. STUKin määräystä päivitettiin vastaamaan säteilylainsäädännön vaatimuksia. Vaatimusten yksityiskohtaiset soveltamisohjeet ja STUKin valvontamenettelyt kuvataan ohjeessa YVL C.5. Myös eräissä muissa YVL-ohjeissa esitetään valmiusjärjestelyjä koskevia vaatimuksia koskien ympäristön säteilytilanteen arviointia, säteily- ja päästömittauksia sekä meteorologisia mittauksia.

#### 8.1 Valmiusjärjestelyjen suunnittelu (3–6 §)

Määräyksen STUK Y/2/2018 3 § mukaisesti

*1. Valmiusjärjestelyt on suunniteltava siten, että valmiustilanteet saadaan tehokkaasti hallintaan, voimalaitosalueella olevien ihmisten turvallisuudesta huolehditaan ja toimenpiteet varautumisalueen väestön säteilyaltistuksen ehkäisemiseksi tai rajoittamiseksi käynnistetään nopeasti.*

*2. Suunnittelussa on otettava huomioon kaikkien voimalaitosalueella olevien ydinlaitosten ydinturvallisuuden samanaikainen vaarantuminen ja sen mahdolliseksi arvioitujen seuraukset, erityisesti säteilytilanne laitospaikalla ja sen ympäristössä ja pääsymahdollisuudet alueelle.*

*3. Suunnittelussa on otettava huomioon, että valmiustilanne voi olla pitkäkestoinen.*

*4. Suunnittelun on perustuttava analyysihin, joilla selvitetään mahdolliseen päästöön johtavien vakavien onnettomuuksien ajallista etenemistä. Tällöin on otettava huomioon laitoksen tilaa, tapahtumien ajallista kehittymistä, säteilytilannetta laitoksella, päästöjä, päästöreittejä ja säätötilannetta koskevat vaihtelut.*

*5. Suunnittelussa on otettava huomioon turvallisuutta heikentävät tapahtumat, niiden hallittavuus ja seurausten vakavuus sekä lainvastaiseen toimintaan liittyvät uhkatilanteet ja niiden mahdolliseksi arvioitujen seuraukset.*

*6. Valmiusjärjestelyt on sovitettava yhteen ydinvoimalaitoksen käyttötoiminnan, palontorjunnan sekä turvajärjestelyjen kanssa.*

*7. Valmiusjärjestelyt on sovitettava yhteen viranomaisten laatimien erityistilanne-, valmius- ja pelastussuunnitelmien kanssa.*

*7a. Valmiusjärjestelyjen suunnittelussa on varauduttava ulkoisen avun vastaanottamiseen valmiustilanteen aikana.*

*8. Suunnitteluperusteet on arvioitava säännöllisesti ja aina tarvittaessa*

Fortum on analysoinut onnettomuustilanteita ja turvallisuutta heikentäviä tapahtumia ja niitä on esitetty Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden turvallisuusselosteissa ja valmiussuunnitelmassa. Kuluneella käyttöluupajaksolla on tehty uusia analyyskejä erityisesti säteilytilannekuvan parantamiseksi. Analyyskejä on tehty siten, että ne antavat aikaisempaa paremmat mahdollisuudet varautua kahden laitoksen samanaikaiseen onnettomuuteen. Analyysien tuloksia käytetään Loviisan ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyjen suunnittelussa ja kehittämisessä. Valmiustilanteet on luokiteltu ja kuvattu laitoksen valmiussuunnitelmassa ja turvallisuusselosteessa. Valmiusohjeissa on kuvattu eri valmiustilanneluokkien edellyttämät ilmoitukset ja hälytykset viranomaisille ja laitoksen henkilöstölle. Käyttövuoron ohjeissa ja valmiussuunnitelmassa on ohjeet tilanteen mukaisen valmiusorganisaation toimintalaajuuden määrittämiseksi.

Valmiussuunnittelussa ja ohjeistuksessa on huolehdittu henkilöstön turvallisuudesta suunnittelemalla toimenpiteet henkilöstön varoittamiseksi ja ylimääräisen henkilöstön evakuoimiseksi voimalaitosalueelta. Käyttöluupajaksolla valmiussuunnittelussa on keskitytty erityisesti henkilökunnan turvallisuuden parantamiseen valmiustoiminnan tehtävissä ja evakuoinnissa.

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstä ja turvajärjestelyistä vastaavat yksiköt sekä laitospalokunta ovat osallistuneet valmiussuunnitelman laadintaan, millä taataan järjestelyiden yhteensopivuus. Pelastustoiminnan ja hätäkeskustoiminnan järjestelyt on huomioitu valmiussuunnitelmassa. Fortum on osallistunut Itä-Uudenmaan pelastuslaitoksen laatiman ulkoisen pelastussuunnitelman päivitykseen. Käyttöluupajaksolla SOTE-uudistuksen

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

perusteella tehtäviksi odotetut muutokset pelastustoimintaan eivät toteutuneet, mutta niiden mahdollisuuteen varauduttiin.

Fortum täydensi valmiusohjeidensa operatiivisen valmiustoiminnan yhteistyöhön liittyviä osia mukaan lukien ulkoisen avun vastaanottamiseen liittyvät käytännöt.

Määräyksen STUK Y/2/2018 4 § mukaisesti

- 1. Luvanhaltijan on varauduttava valmiustilanteiden edellyttämiin toimenpiteisiin, valmiustilanteiden ja niiden seurausten analysointiin, valmiustilanteiden odotettavissa olevan kehittymisen arviointiin, onnettomuuden hallitsemiseen ja rajoittamiseen tarvittaviin korjaaviin toimenpiteisiin, jatkuvaan ja tehokkaaseen tiedonvaihtoon viranomaisten kanssa sekä tiedottamiseen tiedotusvälineille ja väestölle.*
- 2. Tilannetta analysoitaessa on arvioitava laitoksen teknistä tilaa ja radioaktiivisten aineiden päästöä tai sen uhkaa sekä säteilytilannetta laitoksen sisätiloissa, voimalaitosalueella ja varautumisalueella.*
- 3. Luvanhaltijan on varauduttava tekemään valmiustilanteessa säteilymittauksia voimalaitosalueella ja suojavyöhykkeellä. Lisäksi luvanhaltijan on tehtävä meteorologisia mittauksia sekä pystyttävä valmiustilanteessa arvioimaan radioaktiivisten aineiden leviämistä ja päästöistä väestölle aiheutuvaa säteilyaltistusta varautumisalueella.*
- 4. Valmiustilanteen varalle on luvanhaltijalla oltava asianmukaiset henkilöstön hälytysjärjestelyt, kokoontumispaikat voimalaitosalueella, evakuoitijärjestelyt, tarvittavat henkilöstön suojavarusteet ja säteilymittauslaitteet sekä joditabletit. Järjestelyissä on otettava huomioon voimalaitosalueella vakituisesti ja tilapäisesti työskentelevän henkilöstön lisäksi myös kaikki valmiustilanteessa sinne saapuvat säteilyvaaratyöntekijät ja -avustajat.*
- 5. Luvanhaltijan on järjestettävä mahdollisuus henkilöstön kontaminaatiomittauksiin ja puhdistamiseen.*
- 6. Valmiustoiminnan johtamista varten on oltava valmiuskeskus, jossa voidaan ylläpitää asianmukaiset työskentelyolosuhteet valmiustilanteen aikana ja joka on käytettävissä myös pitkäaikaisen sähkönmenetyksen yhteydessä.*
- 7. Voimalaitosalueen ulkopuolella on oltava tila, josta laitoksen valmiustoimintaa johdetaan, mikäli valmiuskeskus ei ole käytettävissä.*
- 8. Valmiustoiminnan johtamista varten on oltava luotettavat viesti- ja hälytysjärjestelmät ydinvoimalaitoksen sisäistä ja ulkoista yhteydenpitoa varten.*
- 9. Luvanhaltijan on järjestettävä automaattinen tiedonsiirto valmiustoiminnan kannalta olennaisen tiedon välittämiseksi Säteilyturvakeskuksen valmiuskeskukseen.*
- 10. Valmiusjärjestelyjen ylläpitoa ja kehittämistä varten on oltava johtamisjärjestelyt ja organisaatio.*

Loviisan ydinvoimalaitoksella on varauduttu analysoimaan valmiustilanteen vaikutuksia, arvioimaan tilanteen kehittymistä sekä tekemään tilanteen seurausten minimoinniksi tarvittavat toimenpiteet. Valmiusorganisaation toiminta on ohjeistettu valmiussuunnitelmassa.

Fortum on ylläpitänyt ja kehittänyt käyttöjakson aikana kykyänsä arvioida säteilytilannetta ja radioaktiivisten aineiden leviämistä onnettomuustilanteessa. Vuonna 2014 käytönotettu ympäristön säteilymittausjärjestelmä toimii tällä hetkellä luotettavasti. Fortum on varautunut tekemään tarvittavat muutokset tiedonsiirtojärjestelyihin STUKin

tulevan muuton yhteydessä vuonna 2022. Käyttölupajaksolla Loviisassa on otettu operatiiviseen käyttöön uusi säämasto havaintolaitteineen. Mahdollisen radioaktiivisen päästön leviämisen ja ympäristön säteilyannoksien laskennassa varautumisalueella käytetään LENA-ohjelmaa.

Voimalaitoksella on kokoontumispaikka henkilöstölle, suojarusteet valmiustilanteiden varalle sekä tilat henkilöstön kontaminaatiomittauksia ja puhdistusta varten. Suojarusteiden määrää ja sijoittelua on lisätty laitoksella ja valmiusorganisaation toimintapisteissä. Fortum on varannut joditabletteja kaikkia voimalaitosalueella työskenteleviä varten. Fortum otti lupajaksolla käyttöön ryhmittäytymisalueen n. 10 km:n päässä laitoksesta. Valmiustilanteessa ryhmittäytymisalueella mm. jaetaan tarvittavat suojarusteet. Ryhmittäytymisalueelle on sijoitettuna Itä Uudenmaan Pelastuslaitoksen kanssa yhdessä hankittu suojarustekontti. Samaa paikkaa voidaan käyttää tarpeen vaatiessa puhdistautumiseen laitokselta palattaessa.

Fortum on kuluneen käyttölupajakson aikana kehittänyt valmiusorganisaation hälytysjärjestelyitä. Valmiusorganisaation hälyttäminen on kahdennettu siten, että Fortumin käyttämän FORHELP-palvelun soittamien hälytyspuhelujen lisäksi Keravan hätäkeskus (HÄKE) hälyttää Fortumin valmiusorganisaation. Hälyttämistä ja henkilöstön tavoitettavuutta testataan säännöllisesti. Henkilöstön hälyttämiseen Loviisan voimalaitoksen ulkoalueilla käytetään väestöhälyttimiä, sisätiloissa ääni- ja valohälyttimiä sekä kaiutin- ja puhelinjärjestelmiä. Henkilökunta harjoittelee kokoontumista vuosittain. Fortum on ottanut käyttöön mobiilisovelluksen, jolla se voi välittää tietoja valmiustilanteesta paikalle hälytetyille valmiusorganisaatiolle.

Valmiusorganisaatiolla on pelkästään sen käytössä oleva valmiuskeskus, jossa sillä on käytettävissä kaikki järjestelmät, tietoaineistot ja muu varustelu, joita se tarvitsee tehtäviensä suorittamiseen. Laitoksen prosessitietokoneen tiedot ovat käytettävissä useilla päätteillä, joista nähdään laitoksen prosessi- ja säteilytilanne.

Fortum uudisti valmiuskeskuksensa Loviisassa perusteellisesti vuonna 2009. Uudistuksessa parannettiin tilojen oleskeltavuutta poikkeusoloissa. Fortum on jatkanut valmiuskeskuksen toimintaedellytysten kehittämistä erityisesti liittyen ulkoisiin vaaratekijöihin ja pitkittyneen tilanteen hoitamiseen mm. parantamalla polttoaineen täydennysmahdollisuuksia valmiuskeskuksen hätädieselgeneraattorille sähkönsyötön varmistamiseksi. Edellisellä tarkastelujaksolla aloitettu tulvasuojausparannus on saatu valmiiksi. Valmiusorganisaation korjausryhmille on kunnostettu tiloja valmiuskeskuksen alapuolelle. Tilat ovat yhteydessä valmiuskeskukseen, ja ne ovat oleskeltavuudeltaan yhtäläiset valmiuskeskuksen kanssa.

Valmiusorganisaatiolla on käytössään uusi varajohtopaikka Espoon Keilalahdessa. Keilalahdessa sillä on käytettävissään riittävä määrä järjestelmiä ja aineistoja tilanteen johtamisessa sellaisessa tilanteessa, jossa laitokselle ei esimerkiksi poikkeuksellisten sääolosuhteiden takia päästä. Keilalahden uudet valmiustilat ovat parantuneet Fortumin pääkonttorin siirryttyä uusiin toimitiloihin, ja ne mahdollistavat valmiustoiminnan johtamisen aikaisempaa paremmin.

Fortumin viestivälineistö vastaa YVL-ohjeiden vaatimustasoa, ja siihen kuuluu mm. satelliittipuhelimia. Fortum koestaa säännöllisesti tiedonsiirto- ja viestiyhteyksiä STUKiin.



Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Fortum on ottanut käyttöön uuden valmiustilannepäiväkirjan, jonka tiedot ovat osittain viranomaisten nähtävillä.

Fortum uudisti laitostiedonsiirtoyhteyden STUKin ja Keilaniemen entisiin valmiustiloihin vuonna 2012. Tiedonsiirto on varmistettu satelliittiyhteydellä matkapuhelinverkkoa käyttävän siirtoyhteyden häiriöiden varalle. Keskeisen laitostiedon välittäminen on ohjeistettu valmiussuunnitelmassa myös sellaisia tilanteita varten, joissa automaattinen järjestelmä on kokonaan käyttökunnon. Fortumilla on käynnissä laitosten prosessitietokoneiden uusiminen. Uusimisen yhteydessä laitostiedonsiirto STUKiin ja nykyisiin Keilalahden valmiustiloihin uusitaan. Uudistettu järjestelmä otetaan käyttöön STUKiin siirrettävän tiedon osalta STUKin muuton yhteydessä 2022.

Tiedottaminen tiedotusvälineille ja yleisölle on keskitetty konsernin johdon alaisuuteen Keilalahteen. Tiedotus on suunniteltu ja ohjeistettu etukäteen ja sitä harjoitellaan yhtenä osana valmiustoimintaa valmiusharjoitusten yhteydessä.

Fortumilla valmiusjärjestelyistä huolehtii YEL 7 i §:n edellyttämä valmiusjärjestelyistä huolehtiva henkilö ja hänen kaksi varahenkilönsä. Kaikki henkilöt ovat vaatimusten mukaisesti STUKin hyväksymiä.

Määräyksen STUK Y/2/2018 5 § mukaisesti

*1. Sen lisäksi, mitä ydinenergia-asetuksen (161/1988) 35 ja 36 §:ssä säädetään valmiussuunnitelmasta ja pelastuslain 48 §:ssä pelastussuunnitelmasta, luvanhaltijan on laadittava valmiusorganisaation toiminnan kannalta tarvittavat valmiusohjeet*

Fortumin valmiussuunnitelma on STUKin hyväksymä ja vastaa YVL-ohjeissa esitettyä vaatimustasoa. Fortumin valmiussuunnitelmaa on käyttö lupajaksolla ylläpidetty vastaamaan toiminnan ja varusteiden kehittymistä. Valmiussuunnitelman päivityksiä Fortum on toimittanut tyypillisesti muutaman kerran vuodessa.

Määräyksen STUK Y/2/2018 6 § mukaisesti

*1. Valmiustilanteen aikaista toimintaa varten luvanhaltijalla on oltava johtamisjärjestelyt ja organisaatio. Valmiustilanteissa toimintaa toteuttavan henkilöstön tehtävät on määriteltävä etukäteen.*

*2. Luvanhaltijan on huolehdittava, että valmiustilanteissa tarvittava henkilöstö on nopeasti tavoitettavissa. Henkilöstöä on oltava riittävästi myös pitkäaikaisen valmiustilanteen hallintaan.*

Nimetty valmiusorganisaatio on osa Fortumin valmiussuunnitelmaa. Valmiusorganisaatio on käyttö lupajaksolla laajentunut muutamilla uusilla tehtävillä. Valmiusorganisaatiota päivitetään henkilömuutosten osalta tarpeen mukaan, tyypillisesti muutaman kerran vuodessa. Valmiusorganisaation operatiivisiin ohjeisiin kuuluu organisaation hälytysjärjestelyjen kuvaus. Varautumistilanteessa valmiustoiminnasta huolehtii valmiusorganisaation johto ja tilanteen mukaan tarpeelliseksi katsottu muu miehitys. Laitoshätätilanteessa ja yleishätätilanteessa Fortumin valmiusorganisaatio hälytetään kokonaisuudessaan.

## 8.2 Toimintavalmius (7–8 §)

Määräyksen STUK Y/2/2018 7 § mukaisesti

*7 § Käyttöön otettavan ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyt*

Fortumilla ei ole käynnissä uusia laitosprojekteja

*8 § Toimintavalmiuden ylläpitäminen ja kehittäminen*

- 1. Luvanhaltijan on järjestettävä valmiuskoulutusta kaikille ydinvoimalaitoksen henkilöstön kuuluville ja muille voimalaitosalueella vakituisesti tai tilapäisesti työskenteleville.*
- 2. Luvanhaltijan on järjestettävä vuosittain valmiusharjoituksia. Vähintään joka kolmas vuosi valmiusharjoitus on järjestettävä yhteistoimintaharjoituksena viranomaisten kanssa. Valmiusharjoitukset on arvioitava valmiustoiminnalle asetettujen tavoitteiden perusteella.*
- 3. Luvanhaltijan on laadittava vähintään kolmivuotinen koulutussuunnitelma, jolla varmistetaan, että kaikilla toimintavalmiuden osa-alueilla annetaan koulutusta säännöllisin väliajoin.*
- 4. Valmiusjärjestelyt on arvioitava säännöllisesti. Valmiusjärjestelyjen kehittämisessä on otettava huomioon kokemukset ja johtopäätökset valmiustilanteiden hallinnasta, harjoituksista saadut kokemukset sekä tutkimus ja tekninen kehitys.*
- 5. Valmiustilanteita varten varatut tilat ja välineet on pidettävä jatkuvasti käytettävissä ja toimintakuntoisina.*
- 6. Valmiussuunnitelma ja -ohjeet on pidettävä ajan tasalla.*
- 7. Luvanhaltijan on huolehdittava voimalaitosalueella vakituisesti ja tilapäisesti työskentelevän henkilöstön lisäksi myös kaikkien valmiustilanteessa sinne saapuvien säteilyvaaratyöntekijöiden ja säteilyvaara-avustajien opastuksesta valmiustilanteen edellyttämällä tavalla ja laadittava ennakolta aineistot valmiustilanteen aikana annettavaa opastusta varten.*

Loviisan ydinvoimalaitoksen valmiusorganisaatiolle järjestetään vuosittain valmiuskoulutusta ja -harjoituksia. Fortum ylläpitää kolmivuotista valmiuskoulutussuunnitelmaa, jonka pohjalta se laatii vuosittaiset koulutussuunnitelmat. Suunnitelmat on toimitettu STUKiin vaatimusten mukaisesti. Valmiuskoulutus on sisältänyt koko valmiusorganisaatiolle yhteistä sekä toimintaryhmäkohtaista koulutusta. Koulutusmuotoina on ollut sekä luokkahuonekoulutusta, että käytännön harjoittelua. STUK on käytön tarkastusohjelmassa tarkistanut vuosittain koulutuksen toteutumisen.

YVL-ohjeiden vaatimustason mukaisia valmiusharjoituksia on järjestetty vuosittain, minkä lisäksi on järjestetty suppeampia harjoituksia. Vuosittaisissa valmiusharjoituksissa osallistujina ovat olleet Fortumin lisäksi muut keskeiset valmiustilanteen toimijat: STUK, poliisi ja pelastuslaitos. Harjoituksiin ovat osallistuneet satunnaisemmin myös Hätäkeskuslaitos ja Ilmatieteenlaitos. Kerran kolmessa vuodessa järjestettävissä yhteistoimintaharjoituksessa osallistuvia organisaatioita on ollut kymmeniä. Valmiusharjoitusten tilanteet ovat vaihdelleet varautumistilanteeksi luokiteltavista laitostapahtumista vakaviin

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

reaktorionnettomuuksiin. Harjoitusten suunnittelussa on käytetty hyväksi aiemmin pidettyjen harjoitusten palautetta, jota kerätään sekä harjoittelijoilta, että harjoitusten arvioitsijoilta. STUK on sekä valvonut valmiusharjoitussuunnittelua että osallistunut siihen. Fortumin valmiusorganisaatioon nimettyjen tulee osallistua harjoituksiin säännöllisesti. Harjoitusten palautetta arvioidaan myös STUKin käytöntarkastusohjelman tarkastuksessa.

Valmiustilojen ja laitteiden jatkuva toimintakuntoisuus on varmistettu ennakkohooltojärjestelmällä. STUK tarkastaa valmiustoiminnan tiloja ja laitteita käytön tarkastusohjelmassa ja osana säännöllistä valvontatyötä.

Valmiussuunnitelmaa Fortum on päivittänyt useita kertoja vuodessa. Muut valmiustoinnin ohjeet päivitetään muutostarpeen perusteella.

Fortum on laatinut käytännöt ja ohjeistuksen säteilyvaaratyöntekijöiden ja säteilyvaaraavustajien varalle. Uusia ohjeita on testattu harjoituksissa ja palautetta on käytetty kehittämään niitä edelleen.

### 8.3 Toiminta valmiustilanteessa (9–12 §)

Vaatimukset koskien toimintaa valmiustilanteessa on esitetty määräyksen STUK Y/2/2018 9–12 §:ssä.

#### 9 § Toiminta valmiustilanteessa

*1. Luvanhaltijan on valmiustilanteessa viipymättä ryhdyttävä valmiussuunnitelman mukaisiin ja muihin tarvittaviin toimenpiteisiin tilanteen hallitsemiseksi ja säteilyaltistuksen ehkäisemiseksi tai rajoittamiseksi.*

Loviisan ydinvoimalaitoksen valvomoissa on jatkuva valmius käynnistää toiminta valmiustilanteessa. Tilanteen alussa vuoropäällikkö toimii valmiuspäällikkönä, kunnes valmiusorganisaation nimetty valmiuspäällikkö ottaa vastuun tilanteen hoitamisesta. Valmiusohjeissa on kuvaus valmiusorganisaation toiminnan käynnistymisestä ja valmiusorganisaatiosta tehtäväkuvauksineen ja valmiusroolien mukaisine toimintaohjeineen.

Loviisan voimalaitoksen toiminta perustuu ohjeisiin, joista keskeiset ovat häiriö- ja hätätilanneohjeet ja valmiussuunnitelma. Lisäksi valmiustilanteessa käytetään muita näissä ohjeissa viitattuja ohjeita. Ohjeet ovat mahdollisten valmiustilanteiden vaihtelevuuden takia tehty joustaviksi eikä niiden käyttö rajoita organisaation toimintaa.

Loviisan voimalaitoksen valmiusohjeet on pidetty ajan tasalla, ja ne vastaavat säädöksiä ja viranomaisohjeita.

#### 10 § Tiedonkulku valmiustilanteessa

*1. Luvanhaltijan on välittömästi ilmoitettava valmiustilanteeseen siirtymisestä ja 2 §:n kohdan 2 mukainen valmiustilanteen luokka Säteilyturvakeskukselle ja asianomaiselle hätäkeskukselle.*

*2. Luvanhaltijan on toimitettava pelastuslain 34 §:n mukaiselle pelastustoiminnan johtajalle ja asianomaiselle pelastuslaitokselle sekä Säteilyturvakeskukselle ajantasaista tilannekuvaa tapahtumasta sekä merkittävät ydinvoimalaitosta koskevat päätökset ja niiden perusteet valmiustilanteen aikana.*

Ilmoitus- ja hälytysmenettelyjä viranomaisille on ohjeistettu ja toimintaa on harjoiteltu valmiusharjoituksissa. Tilannekuvan välittämistä valmiustilanteessa on kehitetty keskeisten viranomaisten pitämiseksi tilanteen tasalla.

#### 11§ Toiminnan johtaminen valmiustilanteessa

*1. Pelastustoiminnan ja turvajärjestelyihin liittyvien uhkatilanteiden johtovastuista säädetään ydinenergia-asetuksen 147 ja 148 §:ssä.*

*2. Ydin- ja säteilyturvallisuuteen liittyvistä asioista ydinvoimalaitoksella huolehtii luvanhaltija. Ydinvoimalaitoksen valmiussuunnitelman mukainen valmiuspäällikkö käynnistää ja johtaa voimalaitoksen valmiusorganisaation toimintaa valmiustilanteessa.*

*3. Ydinvoimalaitoksen valmiuspäällikkö antaa väestön suojelutoimia koskevia suosituksia pelastustoiminnan johtajalle, kunnes Säteilyturvakeskus ottaa vastuun kyseisten suositusten antamisesta.*

*4. Ydinvoimalaitoksen valmiuspäällikön on huolehdittava siitä, että pelastustoiminnan johtajan avuksi asetetaan ydin- ja säteilyturvallisuuden asiantuntemusta.*

Valmiuspäällikön ohje sisältää toimintaohjeet suojelutoimenpiteitä koskevien suositusten antamisesta pelastustoiminnan johtajalle, kunnes STUK ottaa suositusten antovastuun.

Fortumin valmiusorganisaatiossa on nimettyinä yhdyshenkilöitä, joita se lähettää pelastustoiminnan johtokeskukseen antamaan ydintekniikkaan ja säteilysojeluun liittyvää asiantuntija-apua.

#### 12 § Valmiustilanteen purkaminen

*1. Valmiussuunnitelmassa on määriteltävä kriteerit valmiustilanteen aiheuttamien toimenpiteiden purkamiselle tai lieventämiselle. Valmiustilanteen purkamisen edellytyksenä on, että ydinvoimalaitos on saatettu turvalliseen tilaan, radioaktiivisten aineiden päästöt eivät ylitä normaalitoiminnalle asetettuja rajoja ja tarpeelliset jälkitoimet on käynnistetty.*

*2. Jos pelastustoiminta jatkuu valmiustilanteen päätyttyä, luvanhaltijan on varauduttava vastaavaan yhteistoimintaan kuin valmiustilanteen aikana.*

Fortumin valmiussuunnitelmassa on kriteerit valmiustilanteiden luokittelulle, valmiusluokan laskemiselle ja valmiustilanteen purkamiselle.

#### 8.4 Pelastustoimintaan liittyvät toimenpiteet (13 §)

##### 13 § Pelastustoimintaan liittyvät toimenpiteet

- 1. Luvanhaltijan velvollisuudesta osallistua ulkoisen pelastussuunnitelman laatimiseen ydinvoimalaitoksessa sattuvan onnettomuuden varalta säädetään pelastuslain 48 §:ssä ja sen nojalla.*
- 2. Luvanhaltijan on laadittava yhteistyössä alueen pelastuslaitoksen ja Säteilyturvakeskuksen kanssa ennakolta varautumisalueen väestölle toimintaohjeet valmiustilanteen varalle sekä huolehdittava ohjeiden julkaisusta ja jakelusta. Luvanhaltijan on jaettava ennakolta joditabletit suojavyöhykkeen väestölle ja valmiustilanteessa osallistuttava suojavyöhykkeellä olevan väestön varoittamiseen.*
- 3. Luvanhaltijan on pidettävä jatkuvasti yllä valmiutta avustaa pelastustoimintaa valmiustilanteessa. Näitä toimenpiteitä on harjoitettava yhteistyössä asianomaisten viranomaisten kanssa. Suunnitelmat pelastustoimintaan liittyvistä toimenpiteistä on esitettävä valmiussuunnitelmassa.*

Pelastuslain 379/2011 48 § velvoittaa ydinvoimalaitosta osallistumaan erityistä vaaraa aiheuttavien kohteiden ulkoisen pelastussuunnitelman laadintaan. Tarkemmin suunnitelmasta säädetään Sisäministeriön asetuksessa ulkoisista pelastussuunnitelmista 1286/2019.

Itä-Uudenmaan pelastuslaitos on laatinut ulkoisen pelastussuunnitelman Loviisan voimalaitokselle. Fortum on avustanut suunnitelman laadinnassa. Suunnitelmassa on koottu mm. kaikkien keskeisten toimijoiden tehtävät ja yhteistoiminnan organisoiminen. Fortum on varautunut avustamaan pelastuslaitosta valmiustilanteen aikana sekä sen jälkeen tarvittavassa laajuudessa. Valmiusharjoitusten yhtenä tavoitteena on yhteistoiminnan harjoittelu organisaatioiden kesken, mihin kuuluu osaltaan ulkoisen pelastussuunnitelman testaus.

Fortum on osallistunut aktiivisesti Itä-Uudenmaan pelastuslaitoksen johdolla toimivan SVEPP-ryhmän toimintaan sen muodostamisesta saakka. Ryhmään kuuluvat organisaatiot (Fortum, Itä-Uudenmaan ja Kymenlaakson pelastuslaitokset, Itä-Uudenmaan poliisilaitos, STUK, HUS-ensihoito ja SM:n pelastusosasto) koordinoivat yhdessä harjoitusten suunnittelua ja keräävät harjoitusten palautteen. Palautteen perusteella ryhmä valitsee Loviisan voimalaitoksen valmiustoimintaa koskevat yhteiset kehityskohteet. Ryhmässä koordinoidaan kehityskohteiden toteuttamista ja järjestetään yhteisiä koulutustilaisuuksia. Ryhmän toiminnan tuloksena on hankittu myös yhteiskäyttöön soveltuvia valmiusvarusteita.

Varautumisalueen väestölle on jaettu ennakolta toimintaohjeet onnettomuustilanteen varalle sekä joditabletit suojavyöhykkeen väestölle vuonna 2019.

## 8.5 Johtopäätös (STUK Y/2/2018)

Loviisan ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyt ovat ajan tasalla ja riittävät, ja Fortum kehittää niitä aktiivisesti. Johtopäätöksenä on, että Loviisan voimalaitoksen valmiusjärjestelyt on toteutettu ydinenergialaissa ja -asetuksessa sekä määräyksessä STUK Y/2/2018 tarkoitetulla tavalla. Loviisan ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyt täyttävät myös Säteilylaissa ja Valtioneuvoston asetuksessa ionisoivasta säteilystä annetut valmiusjärjestelyjä koskevat vaatimukset.

## 9 Ydinjätehuolto (STUK Y/1/2018 13 §)

YEL 20 § 1 mom. kohdan 2 perusteella yksi edellytys ydinlaitoksen käyttöluvan myöntämiselle on, että *hakijan käytettävissä olevat menetelmät ydinjätehuollon järjestämiseksi, ydinjätteiden loppusijoitus ja ydinlaitoksen käytöstä poistaminen siihen mukaan luettuna, ovat riittävät ja asianmukaiset.*

YEL 7 h §:n mukaisesti *ydinlaitoksella on oltava tilat, laitteistot ja muut järjestelyt, joilla voidaan huolehtia turvallisesti laitoksen tarvitsemien ydinaineiden ja käytössä syntyvien ydinjätteiden käsittelystä ja varastoinnista. Ydinjätteistä on huolehdittava siten, ettei loppusijoituksen jälkeen aiheudu sellaista säteilyaltistusta, joka ylittäisi loppusijoituksen toteutusajankohtana hyväksyttävänä pidetyn tason. Ydinjätteiden sijoitus pysyväksi tarkoitetulla tavalla on suunniteltava turvallisuuden kannalta edullisesti ja siten, ettei pitkäaikaisturvallisuuden varmistaminen edellytä loppusijoituspaikan valvontaa. Ydinjätehuoltoa koskevat suunnitelmat on pidettävä ajan tasalla siten kuin 28 §:ssä säädetään.*

Ydinvoimalaitoksen ydinjätehuoltoa koskevat säädökset esitetään ydinenergialaissa ja -asetuksessa sekä määräyksessä STUK Y/1/2018. Vaatimusten yksityiskohtaiset soveltamisohjeet ja STUKin valvontamenettelyt kuvataan ohjeissa YVL D.3, D.4 ja D.5.

### 9.1 Voimalaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus

Määräyksen STUK Y/1/2018 13 §:n mukaisesti

*1. Ydinlaitoksen käytössä ja käytöstäpoistossa syntyvät jätteet, joiden aktiivisuuspitoisuudet ylittävät Säteilyturvakeskuksen asettamat raja-arvot, on käsiteltävä ydinjätteenä.*

*2. Ydinjätteet on lajiteltava, luokiteltava ominaisuuksiensa perusteella, käsiteltävä ja pakattava varastoinnin ja loppusijoituksen kannalta tarkoituksenmukaisella tavalla sekä varastoitava turvallisesti.*

*3. Kullekin luokalle on asetettava raja-arvot, jotka kyseisen jätteen pakkaamiseen käytettävän jätepakkauksen on täytettävä ydinjätelaitoksen käyttöturvallisuuden ja pitkäaikaisturvallisuuden kannalta. Jätteille ja jätepakkauksille on laadittava hyväksymiskriteerit.*

*4. Jätehuoltovelvollisen, joka aikoo toimittaa ydinjätettä toisen luvanhaltijan käsittely-, varastointi- tai loppusijoituslaitokseen, on varmistettava, että jätteen käsittely ja pakkaus tapahtuu jätehuollon myöhemmät vaiheet huomioiden.*

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön ja käytöstäpoiston seurauksena syntyvät radioaktiiviset jätteet käsitellään ja loppusijoitetaan voimalaitosalueella. Voimalaitosalueella sijaitsee tarvittavat jätteiden käsittely- ja varastotilat sekä matala- ja keskiaktiivisten jätteiden



Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

loppusijoituslaitos. Radioaktiivisten jätteiden huollossa ei ole ilmennyt merkittäviä turvallisuusongelmia kuluneella käyttöjaksolla.

Fortumissa on tehty vuonna 2016 organisaatiomuutos, jonka yhteydessä Ydinvoimalaitosjätteet-ryhmä on siirretty osaksi Ydinpolttoaine ja jätehuolto -yksikköä. Ydinvoimalaitosjätteet-ryhmän vastuualueeseen kuuluvat mm. matala- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen käsittely, mittaus, varastointi ja raportointi, nestemäisten jätteiden kiinteytyslaitoksen käyttö sekä matala- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen loppusijoituslaitoksen käyttö. Lisäksi ydinjätehuollon tehtäviin osallistuu tarpeen mukaan ydinjätehuollon asiantuntijoita Fortumin Keilalahdessa sijaitsevasta toimipisteestä. Fortum kehittää edelleen Voimalaitosjätteet-ryhmän toimintaa täsmentämällä vastuita ja organisaatorakennetta. Lisäksi yksikön resursseja ja osaamista vahvistetaan rekrytoimalla uusia henkilöitä. Ydinjätehuoltoa koskevat ohjeet ovat ajan tasalla.

Radioaktiivisen jätteen kokonaismäärä vuoden 2019 lopussa oli noin 4200 m<sup>3</sup>, josta loppusijoitetun jätteen osuus oli noin 56 %. Varastossa ja loppusijoitettuna olevien jätteiden suhde on säilynyt ennallaan kuluvalle käyttöajaksolla. Loppusijoitettavan jätteen tilavuutta on saatu pienennettyä aiempaa tehokkaampien jätteiden lajittelumenetelmien käyttöönotolla sekä jätteiden pakkaamisen ja valvonnasta vapauttamismenettelyiden tehostamisella.

Fortum otti vuonna 2011 käyttöön uudet kiinteiden jätteiden käsittely- ja varastotilat sekä hankki uuden gammaspektroskopiaalaitteen tynnyreihin pakattujen jätteiden aktiivisuusmittauksia varten. Uusista tiloista saadut käyttökokemukset ovat olleet myönteisiä ja jätteiden käsittely on tehostunut. Lähitulevaisuudessa on suunniteltu hankittavaksi uudet jätetapuritimet, joiden avulla jätteet saadaan pakattua entistä tiiviimmin.

Aiemmin keskimääräistä aktiivisempaa jätettä on varastoitu voimalaitoksen kellaritiloissa sijaitsevassa varastossa. Varastotilan tyhjennys on edennyt Fortumin tekemän suunnitelman mukaisesti. Varastosta poistetut jätteet on lajiteltu ja pakattu uudelleen loppusijoitusta varten. Varaston tyhjennys valmistuu arviolta vuoden 2022 loppuun mennessä. Reaktorihallin kuivasiiloihin on varastoitu annosnopeudeltaan suuria jätteitä kuten esimerkiksi reaktorin imurointijätettä. Kuivasiiloihin varastoitujen vanhojen radioaktiivisten jätteiden osalta jätekirjanpidon tiedot eivät ole nykyisten vaatimusten edellyttämällä yksityiskohtaisella tasolla. STUK on myöntänyt Fortumille poikkeaman kyseessä olevien vanhojen jätteiden osalta, koska kirjanpidon täsmentäminen edellyttäisi vanhan jätteen poistamista kuivasiilosta, mikä ei säteilysuojelun näkökulmasta ole tarkoituksenmukaista. Kuivasiiloon varastoidut radioaktiiviset jätteet loppusijoitetaan viimeistään voimalaitoksen käytöstäpoiston yhteydessä. Tällöin koko kuivasiilo sisältöineen on tarkoitus loppusijoittaa kokonaisuudessaan matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitokseen.

Fortum pyrkii vapauttamaan valvonnasta kontaminoituneet suuret metallikappaleet. Vuoden 2013 jälkeen niitä on lähetetty myös sulatettavaksi Ruotsiin Studsvikiin Cyclife Sweden AB:lle, missä puhdas metalli vapautetaan valvonnasta Ruotsissa ja toimitetaan kierrätettäväksi. Sulatuksen seurauksena syntynyt aktiivinen kuona palautetaan Loviisan voimalaitokselle loppusijoitettavaksi, ja tämän menettelyn avulla loppusijoitettavan jätteen määrää saadaan pienennettyä merkittävästi. Metallijätteiden valvonnasta vapautusmittauksia varten Fortum on hankkimassa uutta hallirakennusta. Lisäksi kyseiseen halliin

on tarkoitus sisällyttää varasto valvonnasta vapautusta odottaville jätetynnyreille sekä uusille tyhjille kiinteytysastioille.

Nestemäisten jätteiden kiinteytyslaitos otettiin käyttöön vuonna 2016. Loviisan voimalaitoksella syntyneet radioaktiiviset nestemäiset ja määrät voimalaitosjätteet betonoidaan teräsbetoniin jäteastioihin. Tämän lisäksi on kehitetty myös muiden pienempien nestemäisten jäte-erien käsittelyä, imeytyskiinteytystä, jota myöhemmin on sovellettu myös matala-aktiivisille hartseille, aktiivihiihelle ja lietteille. Kiinteytetyt jätteet loppusijoitetaan matala- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen loppusijoituslaitokseen. Vuosina 2017 ja 2018 tuotettiin 73 ja vuonna 2019 30 jätepakkausta. Vuoden 2019 tuotantomäärä pidettiin pienenä, koska käytettävissä ei ollut varasto- eikä loppusijoituskapasiteettia keskiaktiivisen jätteen loppusijoitustilan (KJT) käyttöönoton viivästymisen vuoksi. Kiinteytyslaitoksen käyttöönotto on lisännyt käytettävissä olevaa nestemäisten jätteiden varastokapasiteettia. Fortum on aloittanut matala-aktiivisen jätteen imeytyskiinteytystä koskevan selvitystyön, koska vuonna 2011 imeytyskiinteytetyissä tynnyreissä on havaittu syöpymistä. Fortum on keskeyttänyt imeytyskiinteytykset kunnes syy tapahtuneelle on selvitetty ja tarvittavat korjaustoimenpiteet kiinteytysmenetelmään on tehty. Kiinteytyslaitosta koskevat kehitystoimenpiteet ovat osa nestemäisen jätteen käsittelyn kehitysohjelmaa, jolla varmistetaan että kaikki laitoksen tuottamat nestemäiset jätteet saadaan käsiteltyä.

Loppusijoituslaitos sijaitsee voimalaitosalueella noin 110 metrin syvyydessä. Siinä on kaksi loppusijoitustilaa matala-aktiiviselle ydinjätteelle (HJT1, HJT2) ja yksi keskiaktiiviselle kiinteytetylle jätteelle (KJT). Loppusijoituslaitoksessa on lisäksi ydinjätteen käsittely- ja varastointitila (HJT 3), jossa varastoidaan pidemmän aikaa (yli 5 vuotta) sellaista ydinjätettä, joka voidaan myöhemmin vapauttaa valvonnasta. Kiinteytetyt jätteen loppusijoitustila otettiin käyttöön vuonna 2019. Fortumilla on käytössä ja luvitettu sen tarvitsemat loppusijoitustilat laitoksen käytön ajalle. Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitokseen liittyviä yksityiskohtia tarkastellaan erikseen siitä tehtävässä määräraikaisessa turvallisuusarviossa (asianumero STUK 5/A42215/2021).

STUKin arvion mukaan Loviisan ydinvoimalaitoksen ydinjätehuoltoa toteutetaan turvalisesti asianmukaisin ja riittävin menettelyin, joita kehitetään jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti. Johtopäätöksenä on, että voimalaitosjätteiden käsittely ja varastointi on toteutettu STUKin määräyksen STUK Y/1/2018 13 §:n tarkoittamalla tavalla.

## 9.2 Käytetyn ydinpolttoaineen käsittely, varastointi ja loppusijoitus

Määräyksen STUK Y/1/2018 pykälä 12 koskee ydinpolttoaineen käsittelyä ja varastointia. 13 §:ssä on vastaava vaatimus radioaktiivisten jätteiden osalta. Tämän turvallisuusarvion luvussa 4.5 käsitellään edellä mainituissa pykälissä edellytetyt käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyyn ja varastointiin liittyvien turvallisuusperiaatteiden toteutuminen Loviisan ydinvoimalaitoksella. Luvussa 4.5 esitellään myös turvallisuusparannuksia, joita Fortum on toteuttanut käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoissa polttoaineen jäähdytyksen varmistamiseksi.

Fortumin Loviisan voimalaitoksella on kaksi käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoa (KPA-varasto), joissa säilytetään Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköistä poistettua käytettyä ydinpolttoainetta. KPA-varastoissa on varastoitu kaikki Loviisan

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

ydinvoimalaitoksen reaktoreista poistettu ydinpolttoaine lukuun ottamatta polttoainetta, jota on viety Venäjälle ennen vuotta 1996, jolloin käytetyn ydinpolttoaineen vienti päättyi ydinenergilakiin tehdyn muutoksen seurauksena.

Vuosien 2007–2019 aikana Fortum on lisännyt käytetyn ydinpolttoaineen varastointikapasiteettia KPA-varastoissa korvaamalla avoimia polttoainetelineitä tiheillä telineillä. Jatkamalla polttoainetelineiden vaihtoja suunnitellusti Loviisan KPA-varastoissa riittää varastointitilaa laitoksen käyttöänsä loppuun asti. Vuonna 2006 valtioneuvoston myöntämässä käyttöluvassa on annettu lupa varastoida käytettyä ydinpolttoainetta Loviisan ydinvoimalaitosalueella 1100 uraanitonnia. Fortum on arvioinut, että Loviisan ydinvoimalaitosten käytön lopussa käytettyä ydinpolttoainetta on laitoksilla noin 950 uraanitonnia vastaava määrä, jolloin käyttöluvassa sallittu polttoainemäärä riittää koko nykyisen käyttöluvan loppuun saakka. Varastointitilaa on KPA-varastoilla riittävästi, vaikka käytettyä ydinpolttoainetta alettaisiin viedä Posiva Oy:lle loppusijoitettavaksi vasta Loviisan ydinvoimalaitosyksiköiden nykyisten käyttöluvajaksojen jälkeen. Käytetyn ydinpolttoaineen varastointikapasiteetti ei riitä, mikäli Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden käyttöluvaa jatketaan nykyisestä. Tällöin Fortumin on esitettävä menettelyt, kuinka käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointi Loviisan ydinvoimalaitoksella on tarkoitus toteuttaa ja miten varmistetaan siitä, että kapasiteetti on myös jatkossa riittävä.

Tämänhetkisten suunnitelmien mukaan Loviisan ydinvoimalaitosyksiköiden käytöstäpoisto alkaa 50 vuoden käyttöänsä jälkeen. Loviisa 1:n purkaminen alkaisi näin ollen vuonna 2031 ja vastaavasti Loviisa 2:n vuonna 2034. KPA-varastojen alkuperäinen suunniteltu käyttöikä on 40 vuotta. Loviisan ydinvoimalaitoksen KPA-varasto koostuu kahdesta osasta: KPA1 ja KPA2. KPA1 on otettu käyttöön vuonna 1976 ja KPA2:n ensimmäinen vaihe vuonna 1984. KPA1 on suunniteltu poistuvan käytöstä laitoksen käytöstäpoiston yhteydessä vuonna 2031, ja KPA2:n osalta varastointi jatkuisi vuoteen 2056 saakka. Näin ollen KPA1 ylittää alkuperäisen suunnitteluikänsä 15 vuodella ja KPA2:n ensimmäinen vaihe 32 vuodella. Fortum on selvittänyt erillisin tutkimuksin altaiden ja rakenteiden kuntoa ja jäljellä olevaa käyttöikää. Tulosten perusteella tämän hetken arvio säilyvyysominaisuuksista on hyvä ja laskennalliset käyttöiät vaihtelevat KPA1:n alueille vähintään vuoteen 2070 ja KPA2:n alueille vähintään vuoteen 2120. Fortumin tekemien arvioiden perusteella KPA2:n järjestelmiä, rakenteita ja laitteita on uusittava, jotta varastoa voidaan käyttää tarvittavan ajan. Fortumin mukaan kaikki kumia ja muovia sisältävät tiivisteet ja eristemateriaalit on vaihdettava. Lisäksi on mahdollista, että ruostumattomasta teräksestä valmistettua allasverhousta uusitaan joissakin altaissa. Uusinnat toteutetaan Fortumin tekemien tarkastusten ja ennakkohuolto-ohjelmien perusteella. KPA-varastojen varastoaltaiden jäähdytysjärjestelmien jäähdytyskapasiteetti on arvioitu riittävän myös laitoksen käytöstäpoiston yhteydessä, jolloin varastoitujen polttoainepölyjen määrä on suurimmillaan. Jäähdytyskapasiteetti ei tule riittämään käytetyn ydinpolttoaineen jäähdyttämiseen, mikäli Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden käyttöluvaa jatketaan nykyisestä ja kaikki polttoaine aiotaan varastoida Loviisan ydinvoimalaitoksella. Luvanhaltija varmistaa, että KPA-varastolle ja toiminnassa käytettävillä järjestelmillä, rakenteilla ja laitteilla on niiden käyttöikäarvioiden mukaiset käyttöänsä hallinnan menettelyt, jotta voidaan varmistua käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoinnin turvallisuudesta varastojen käyttöänsä loppuun saakka.

Fortumilla on käynnissä modernisointiprojekti KPA2-varaston 15 tonnin siltanosturin uusinnasta 30 tonnin nosturiksi. Fortum on tiedostanut, että myös KPA2-varaston 125

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

tonnin siltanosturi sekä siirtokone on modernisoitava. Siirtokoneen uusinta on tarkoitus toteuttaa ydinvoimalaitosyksiköiden latauskoneen uusintojen jälkeen 2020-luvulla. Lisäksi laitosyksiköiden käytöstäpoisto edellyttää KPA-varastojen itsenäistämistä, ja siinä yhteydessä KPA-varastolle on tehtävä laajoja muutostöitä, jotta KPA-varastolle saadaan samat toiminnot, jotka tällä hetkellä saadaan Loviisa 2:n järjestelmistä.

Posiva Oy (Posiva) on perustettu huolehtimaan Fortumin ja Teollisuuden Voima Oyj:n (TVO) käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta. Posiva toimitti kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksen valtioneuvostolle vuoden 2012 lopussa. Valtioneuvosto myönsi Posivalle rakentamisluvan 12.11.2015. Posivan kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamisvaihe on käynnissä, ja loppusijoitus on suunniteltu alkavaksi aikaisintaan 2024.

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytetyn polttoaineen loppusijoituksen lisäksi Posiva vastaa polttoaineen kuljetussäiliön hankinnasta ja polttoaineen kuljetuksesta Loviisasta Olkiluotoon. Käytetyn ydinpolttoaineen pakkaaminen kuljetussäiliöön kuljetusta varten edellyttää muutoksia Loviisan ydinvoimalaitoksen käytetyn ydinpolttoaineen välivarastossa.

STUK arvioi laitosmuutosten hyväksyttävyyttä Fortumin erikseen toimittamien asiakirjojen perusteella.

Johtopäätöksenä on, että Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden käytetyn polttoaineen varastointi on toteutettu määräyksen STUK Y/1/2018 13 §:ssä edellytetyllä tavalla.

### 9.3 Laitosyksiköiden käytöstäpoistaminen

Ydinenergialain 7 g §:n mukaisesti *Ydinlaitoksen suunnittelussa on varauduttava laitoksen käytöstä poistamiseen. Ydinlaitoksen käytöstä poistamisessa on ensisijaisesti huolehdittava turvallisuudesta. Laitoksen purkamista ja muita toimenpiteitä laitoksen käytöstä poistamiseksi ei saa perusteettomasti lykätä. Luvanhakijan ja luvanhaltijan tulee laatia suunnitelma ydinlaitoksen käytöstä poistamiseksi. Jollei lupaehdoissa määrätä toisin, luvanhaltijan on luvanvaraisen toiminnan kestäessä lisäksi esitettävä säännöllisesti vähintään kuuden vuoden välein ydinlaitoksen käytöstä poistamista koskevan suunnitelman päivitys Säteilyturvakeskuksen arvioitavaksi. Kun ydinlaitoksen käyttö on lopetettu, luvanhaltijalla on velvollisuus huolehtia siitä, että ydinlaitos poistetaan käytöstä 20 a §:n mukaisen luvan ehtojen, turvallisuusvaatimusten ja Säteilyturvakeskuksen hyväksymän suunnitelman mukaisesti. Suunnitelmiin sisällytettävistä selvityksistä ja asiakirjojen toimittamisesta sekä suunnitelmien käsittelystä annetaan tarkemmat säännökset valtioneuvoston asetuksella.*

Määräyksen STUK Y/1/2018 17 §:n mukaisesti

1. *Ydinlaitoksen ja sen käytön suunnittelussa on otettava huomioon laitosyksiköiden käytöstäpoisto siten, että voidaan rajoittaa niitä purettaessa kertyvän loppusijoitettavan ydinjätteen määrää ja ydinlaitoksen purkamisesta aiheutuvaa työntekijöiden säteilyaltistusta sekä estää radioaktiivisten aineiden pääsy ympäristöön käytöstäpoiston aikana.*

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

YEL 7 g §:n mukaan ydinjätehuoltovelvollisten on laadittava suunnitelma ydinlaitoksen käytöstä poistamiseksi kuuden vuoden välein. Fortum on päivittänyt Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelman vuonna 2018. STUK antoi siitä päätöksen kesäkuussa 2019 (1/A48401/2018, 17.6.2019). Päätöksen mukaan käytöstäpoistosuunnitelma täyttää sille ydinenergia-asetuksen 79 a §:ssä asetetut vaatimukset.

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelman lähtökohtana on kummankin ydinvoimalaitosyksikön sulkeminen nykyisten käyttöluvien päättyessä vuosina 2027 ja 2030. Käytöstäpoistostrategiaksi on valittu välitön purkaminen, johon sisältyy 3 vuoden valmisteluvaihe. Fortum on tarkastellut Loviisan voimalaitoksen jätehuoltoa ja käytöstäpoistoa koskevassa yhteenvedossa (LO1-K0843-00062, v.3, 27.4.2020) myös vaihtoehtoa, jossa ydinvoimalaitoksen käyttö jatkuisi vuoteen 2050. Käyttöluvan pidentäminen ei vaikuttaisi käytöstäpoistosuunnitelmassa esitettyjen käytöstäpoiston vaiheiden sisältöihin, mutta muuttaisi niiden ajoitusta. Käyttöluvan pidentäminen voi hieman nostaa käytöstäpoistojätteiden kokonaistilavuusarviota nykyisestä 22 600 m<sup>3</sup>:sta, mutta ydinjätehuollon kokonaisuuden kannalta tällä ei juuri ole merkitystä.

Voimalaitosyksiköistä puretaan radioaktiivisia aineita sisältävät järjestelmät ja rakenteet siten, että purkamatta jäävä osuus voidaan vapauttaa ydinenergialain mukaisesta valvonnasta. Radioaktiiviset purkujätteet loppusijoitetaan betoni- tai puulaatikoihin pakattuina laitospaikalla sijaitsevaan matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoituslaitokseen rakennettaviin tiloihin. Suunnitelman mukaan suuret komponentit, kuten reaktorin paineastia ja höyrystimet, loppusijoitetaan kokonaisina.

STUKin näkemyksen mukaan Fortum on edennyt Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoiston suunnittelussa asianmukaisesti ja suunnitelmat Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistoa koskien täyttävät määräyksen STUK Y/1/2018 17 §:n vaatimuksen. Käytöstäpoistoa koskevat suunnitelmat täsmentyvät edelleen käytöstäpoiston lähestyessä, ja STUK arvioi suunnittelun edistymistä säännöllisesti kuuden vuoden välein Fortumin päivittämien suunnitelmien pohjalta.

#### **9.4 Johtopäätös (STUK Y/1/2018 13 §)**

Loviisan ydinvoimalaitoksen ydinjätehuolto on järjestetty määräyksen STUK Y/1/2018 12 § ja 13 §:n mukaan. STUK on arvioinut Loviisan matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitoksen (VLJ-luola) turvallisuutta erillisessä turvallisuusarviossa (asianumero STUK 5/A42215/2021).

#### **10 Ydinmateriaalivalvonta (YEA 118 ja 118 b §)**

*YEA 118 §:n mukaisesti Säteilyturvakeskus ylläpitää ydinmateriaalien valvontajärjestelmää, jonka tarkoituksena on huolehtia ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellisesta ydinenergian käytön valvonnasta sekä sellaisiin ydinenergia-alan kansainvälisiin sopimuksiin, joissa Suomi on sopimuspuolena, liittyvästä valvonnasta. Säteilyturvakeskus valvoo, että luvanhaltijalla on tarpeellinen asiantuntemus ja valmiudet valvonnan järjestämiseksi ja että luvanhaltija omalta osaltaan toteuttaa edellä tarkoitettua valvontaa annettujen määräysten mukaisesti.*

*YEA 118 §:n 1 momentissa tarkoitettua valvontajärjestelmää ylläpitäessään Säteilyturvakeskuksen tulee ottaa huomioon Euratomin ydinmateriaalivalvonnan täytäntöönpanosta*

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

*annetun komission asetuksen (Euratom) N:o 302/2005 mukaiset velvoitteet. Asetuksessa tarkoitettuna laitosalueen edustajana kaikille laitosalueille toimii Säteilyturvakeskus.*

*YEA 118 b §:n mukaisesti ydinenergian käyttö on suunniteltava ja toteutettava siten, että ydinenergiailaissa ja sen nojalla säädetyt sekä Euroopan atomienergiayhteisön (Euratom) perustamissopimuksessa ja sen nojalla määrätyt ydinmateriaalivalvontaa koskevat velvoitteet täytetään. Ydinlaitoksessa tai muussa ydinenergian käyttöpaikassa ei saa olla ilmoitettuihin tietoihin sisällyttämättömiä ydinmateriaalivalvonnan kannalta merkityksellisiä tiloja, materiaaleja eikä toimintoja. Luvanhaltijalla tai muulla ydinenergian käyttäjällä on oltava ydinaineen ja muun ydinmateriaalin kirjanpito- ja raportointijärjestelmä, jolla varmistetaan tietojen oikeellisuus, kattavuus ja jatkuvuus ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellisen valvonnan toteuttamiseksi.*

Määräaikainen turvallisuusarviointi ydinmateriaalivalvonnan kannalta perustuu pääosin selvitykseen ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellisen valvonnan järjestämiseksi (LO1-K8043-00004), jota käsitellään tarkemmin liitteen 2 (YEA 36 §:n mukaisia asiakirjoja koskeva arvio) luvussa 10.

Fortum kuvaa ydinmateriaalien kirjanpito- ja valvontajärjestelmänsä ydinmateriaalivalvonnan käsikirjassa. Fortum on pitänyt ydinmateriaalivalvonnan käsikirjan ajan tasalla. Viimeisin STUKin hyväksymä (STUK 3/A47102/2020, 5.3.2021) ydinmateriaalivalvonnan käsikirja on versio 15.1 ja se täyttää ohjeessa YVL D.1 asetetut vaatimukset. Fortumin toimenpiteet oman valvontansa järjestämiseksi, ydinalan vientivalvonnan vaatimusten täyttämiseksi ja viranomaisvalvonnan ja kansainvälisten organisaatioiden valvonnan mahdollistamiseksi ovat olleet asianmukaiset.

STUKin arvion perusteella Loviisan ydinvoimalaitoksen ydinaseiden leviämisen estämiseksi koskevat järjestelyt ovat ajan tasalla ja riittävät. Voimalaitoksen käyttöluvan jatkaminen ei vaikutta merkittävästi ydinmateriaalivalvonnan järjestelyihin. Sen sijaan, käyttöluvan päättyessä, ydinmateriaalivalvonnan järjestelyt muuttuvat käytöstäpoiston eri vaiheissa.

## **11 Muita vaatimuksia**

STUKin määräyksiin kirjattujen turvallisuusvaatimusten lisäksi ydinenergialaki (YEL) asettaa joitakin ydinlaitoksen turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia. Tässä luvussa käsitellään hakijan taloudellisia ja muita edellytyksiä harjoittaa toimintaa turvallisesti ja Suomen kansainvälisten sopimusvelvoitteiden mukaisesti (YEL 20 §:n 1 momentin kohta 4) siltä osin kuin aihe kuuluu STUKin toimialaan. Lisäksi tarkastellaan Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden nykyiseen käyttöluvaan liitettyjen ehtojen toteutumista.

### **11.1 Luvanhaltijan taloudelliset edellytykset harjoittaa toimintaa**

Ydinvoimalaitoksen käyttöluvan myöntäminen edellyttää, että hakijalla harkitaan olevan taloudelliset ja muut tarpeelliset edellytykset harjoittaa toimintaa turvallisesti (YEL 20 §:n 1 momentin kohta 4). Taloudellisten edellytysten arvioinnin suorittavat ensi sijassa muut viranomaiset kuin STUK (lähinnä TEM). Luvanhaltijalla on taloudellisia velvoitteita mm. ydinjätehuollon kustannuksiin varautumiseksi (aiheeseen liittyvät tekniset näkökohdat ks. luku 9) ja ydinvastuun (luku 11.2) kattamiseksi. Luvanhaltijan taloudella ja taloudellisella toimintaympäristöllä saattaa olla vaikutusta myös laitosten



turvallisuuteen, minkä takia STUK seuraa mm. suomalaisilla ydinvoimalaitoksilla turvallisuuden parantamiseksi tehtävien investointien trendejä, organisaatiomuutoksia sekä henkilöstön määrää ja pätevyyttä.

Sähkömarkkinat Suomessa on avattu vuonna 1995, joten ydinvoimayhtiöiden toimimisesta avoimilla markkinoilla on Suomessa pitkä käytännön kokemus. Fortum on noudattanut politiikkaa, jonka mukaan toiminnan taloudellisuus varmistetaan pitämällä laitoksen käyttöaste korkeana. Sähkön markkinahinnan ollessa hyvin alhainen, on laitoksen tehoa kuitenkin mahdollista säätää. Pieniäkin häiriöitä halutaan välttää, mikä taas vaatii laitosyksiköiden pitämistä hyvässä kunnossa. Tämä edellyttää investointeja, jotka osaltaan myötävaikuttavat turvallisuutta edistävasti: häiriöiden ennaltaehkäisy on turvallisuus suunnittelussakin aina ensimmäinen tavoite.

Vuositasolla STUK seuraa ydinvoimalaitoksen ylläpitoon käytettävien investointien määrää ja vaihtelua nykyrahassa. Investoinnit ovat palautuneet vuosina 2019–2020 normaalille keskimääräiselle tasolle vuosien 2014–2018 lähes kaksinkertaisista huippuarvoista, jolloin tehtiin mm. automaation uusinta molemmille ydinvoimalaitosyksiköille.

Määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä STUKille toimitetuissa selvityksissä Fortum toteaa kannattavuutensa ja taloudellisen asemansa olevan hyvällä tasolla, mikä mahdollistaa Loviisan ydinvoimalaitoksen osalta riittävän rahoituksen järjestämisen ja hoidon käytön ja käytöstäpoiston aikana.

YEL 20 §:n 1 momentin kohdan 4 osalta STUK toteaa, että sillä ei ole toimivaltaa ja osamista arvioida luvanhaltijan taloudellisia edellytyksiä toiminnan harjoittamiseksi. STUK arvioi lausunnossaan ja sen liitteissä vain luvanhaltijan edellytyksiä harjoittaa toimintaa turvallisesti ja niiltä osin Suomen kansainvälisten sopimusvelvoitteiden mukaisesti.

## **11.2 Kansainväliset sopimukset**

STUKin toimialaan kuuluvat kansainväliset sopimukset, joissa käsitellään ydinmateriaalivalvontaa sekä ydinvastuu-, ydinturvallisuus- ja ydinjäteasioita. Lisäksi Suomea koskevat Euroopan atomienergiayhteisön (Euratom) perustamissopimus ja sen nojalla annettujen asetusten ja direktiivien velvoitteet. Nämä sopimukset on viety kansalliseen lainsäädäntöön.

Ydinvastuusta, eli ydinvahingosta aiheutuvista vastuista ja velvoitteista, säädetään ydinvastuulaissa (484/1972). Ydinvastuulaissa on otettu huomioon Suomea koskevat kansainväliset sopimukset, jotka pääasiassa asettavat minimirajat korvausvastuille ydinvahingoissa. Kansallisesti voidaan säätää korkeammista vastuista. Ydinvastuulain viimeisin muutos tuli voimaan 1.1.2022 samalla, kun tehtiin tähän liittyvien kansainvälisten sopimusten (Pariisin yleissopimus ja Brysselin lisäyleissopimus) muutospöytäkirjojen ratifiointi kaikissa sopimusvaltioissa.

Ydinvastuulaissa asetetaan luvanhaltijalle rajoittamaton vastuu korvata ydinvahinkoja Suomessa tapahtuvan onnettomuuden seurauksena. Ydinvastuulain 18 §:n mukaisen vastuun enimmäismäärä samasta ydintapahtumasta johtuneista, muualla kuin Suomessa syntyneistä ydinvahingoista on energiantuotannossa käytettävän ydinlaitoksen haltijalle 1,2 miljardia euroa. Vastuun enimmäismäärä ydinpolttoaineen ja muun ydinaineen kuljetuksen aikana muualla kuin Suomessa syntyneistä ydinvahingoista on 80 miljoonaa euroa.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Fortumin vastuuvakuutukset kattavat laitospaikalla olevat erilliset ydinlaitokset eli Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköt sekä voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitoksen. Vakuutusmäärät täyttävät tällä hetkellä voimassa olevan ydinvastuulain 18 §:n vaatimukset. Finanssivalvontavirasto on arvioinut Fortum vastuuvakuutukset vuodelle 2022 ja lausuntonaan FIVA 62/02.03.13/2021, 27.12.2021 (STUK 1/A41801/2021) todennut, että ne ovat hyväksyttävät. YEL 20 § 2 momentin mukaan ydinlaitoksen käytön edellytys on, että ydinlaitoksen haltijan vahingonkorvausvastuu ydinvahingon varalta on järjestetty siitä säädetyllä tavalla. Kuljetuksiin liittyvät vastuuvakuutukset STUK arvioi kunkin kuljetuksen yhteydessä. Vakuutukset on hoidettu asianmukaisesti.

Vuonna 1994 on tehty kansainvälinen Ydinturvallisuutta koskeva yleissopimus, SopS 74/1996 (INFCIRC/449), joka on sopimukseen liittyneitä valtioita juridisesti sitova kokoelma ylimmän tason ydinturvallisuusperiaatteita. Suomi on liittynyt sopimukseen alusta alkaen ja sopimus on ollut voimassa vuodesta 1996.

Vastaavasti vuonna 1997 on tehty kansainvälinen Polttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huollon turvallisuutta koskeva yleissopimus, SopS 36/2001 (INFCIRC/546), joka on sopimukseen liittyneitä valtioita juridisesti sitova kokoelma ydinjätteen käsittelyä koskevia periaatteita. Suomi on liittynyt sopimukseen alusta alkaen ja sopimus on ollut voimassa vuodesta 2001.

Kansainvälisessä ydinturvallisuussopimuksessa ja kansainvälisessä ydinjättesopimuksessa säädellyt asiat on katettu Suomen lainsäädännössä, valtioneuvoston päätöksissä ja määräyksissä. Sopimusten toteutumista arvioidaan kolmen vuoden välein Kansainvälisen atomienergiajärjestön (IAEA) järjestämissä arviointikokouksissa, joita varten kukin jäsenmaa laatii toimistaan raportin.

Ydinmateriaalivalvontaan liittyviä kansainvälisiä sopimuksia on arvioitu luvun 10 yhteydessä. Turvajärjestelyihin liittyviä kansainvälisiin sopimuksien täyttymistä on arvioitu luvun 7 yhteydessä.

STUKin näkemyksen mukaan Fortum on täyttänyt kuluneella käyttöluvajaksolla STUKin toimialaan kuuluvien kansainvälisten sopimuksien velvoitteet YEL 20 §:n mukaisesti.

### **11.3 Laitoksen nykyiseen käyttölupaan liitettyjen ehtojen toteutuminen**

Valtioneuvosto on päätöksellään 6/330/2006 (26.7.2007) myöntänyt Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitokselle ydinenergialain (990/1987) 20 §:ssä tarkoitetun luvan käyttää ydinvoimalaitosyksikköä Loviisa 1 päivään 31.12.2027 asti ja ydinvoimalaitosyksikköä Loviisa 2 päivään 31.12.2030 asti ja niihin kuuluvia ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon kannalta tarpeellisia rakennuksia ja varastoja päivään 31.12.2030 saakka.

Käyttöluvassa on esitetty seuraavat lupaehdot.

- 1. Luvanhaltijan on laadittava Säteilyturvakeskukselle vuosien 2015 ja 2023 loppuun mennessä kattavat turvallisuusarvioinnit, joihin sisältyvät myös väliarviot voimalaitoksen turva- ja valmiussuunnitelmasta. Tarkemmat arviointien sisältöä koskevat määräykset sisältyvät Säteilyturvakeskuksen turvallisuusohjeeseen YVL 1.1 Ydinlaitosten turvallisuuden valvonta.*

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

2. Tällä päätöksellä myönnetyn luvan nojalla luvanhaltija saa pitää hallussaan, tuottaa, käsitellä, käyttää ja varastoida ydinjätteitä ja ydinaineita sekä muita ydinmateriaaleja laitospaikalla seuraavasti:
- Loviisan voimalaitoksen toiminnasta syntyvää käytettyä ydinpolttoainetta laitosyksiköissä Loviisa 1 ja Loviisa 2 sekä käytetyn polttoaineen varastoissa yhteensä 1100 tonnia uraania.
  - Loviisan voimalaitoksen toiminnasta syntyviä kiinteitä voimalaitosjätteitä varastoissa ja laitosalueella 3000 kuutiometriä sekä nestemäisiä voimalaitosjätteitä nestemäisten jätteiden varastossa ja kiinteytyslaitoksessa 2400 kuutiometriä.
  - Loviisan voimalaitoksen käytössä tarvittavaa tuoretta ydinpolttoainetta, laitosalueella jo olevia muita ydinmateriaaleja ja niitä aineita, laitteita ja laitteistoja ja ydinenergia-alan tietoaineistoja, joiden maahantuontia varten on myönnetty ydinenergialain mukainen lupa.

Luvanhaltija on toimittanut vuoden 2015 määräaikaiseen turvallisuusarviointiin liittyvät YVL A.1 vaatimusten mukaiset aineistot määräpäivään 31.12.2015 mennessä ja vuoden 2023 määräaikaiseen turvallisuusarviointiin liittyvät aineistot jo vuosien 2020 ja 2021 aikana. Selvitysten kattavuutta on arvioitu STUKin tarkastuksen yhteydessä ja sen katsotaan täyttävän lupaehdossa 1 määritelty laajuus.

Loviisan ydinvoimalaitoksen laitosyksiköiden käytön lopussa käytettyä ydinpolttoainetta tulee suunnitelmien mukaan olemaan laitosyksiköillä noin 950 uraanitonnia vastaava määrä, jolloin käyttöluvassa mainittu polttoainemäärä alittuu. Varastointitilaa on KPA-varastoilla riittävästi siinäkin tapauksessa, että käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus-hanke jostain syystä viivästyisi.

Nestemäisten jätteiden käsittelyssä merkittävin uudistus on kiinteytyslaitos, jonka tuotannollisen käyttötoiminnan aloittaminen hyväksyttiin 15.2.2016. Loviisan voimalaitoksella syntyneet radioaktiiviset nestemäiset ja märät voimalaitosjätteet betonoidaan teräsbetoniin jäteastioihin. Tämän lisäksi on kehitetty myös muiden pienempien nestemäisten jäte-erien käsittelyä, imeytyskiinteytystä, jota myöhemmin on sovellettu myös matala-aktiivisille hartseille, aktiivihieille ja lietteille. Kiinteytetyt jätteet loppusijoitetaan matala- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen loppusijoituslaitokseen. Nestemäisen voimalaitosjätteen määrä on ollut koko kuluneen käyttöluajakson ajan alle 2400 m<sup>3</sup>. Varastoitujen nestemäisten jätteiden määrä Loviisan voimalaitoksella on vaihdellut tarkastelujakson aikana 1100–1400 m<sup>3</sup> välillä. Haihdutusjätteen säiliöstä tyhjennetään radioaktiivisuusmittausten jälkeen nestemäistä jätettä mereen noin neljän vuoden välein.

Kiinteän voimalaitosjätteen määrä varastoissa ja laitosalueella on ollut alle 3000 m<sup>3</sup> koko kuluneen käyttöluajakson ajan. Laitoksella ja laitosalueella varastoitujen kiinteiden jätteiden määrä on vaihdellut käyttöluajakson aikana 300–600 m<sup>3</sup> välillä.

Loviisan ydinvoimalaitoksella pidetään hallussa, käsitellään ja varastoidaan vain laitoksen omassa toiminnassa tarvittavaa tuoretta polttoainetta. Kaikkien laitospaikalla olevien ydinaineiden, laitteiden ja laitteistojen maahantuonnissa on noudatettu ydinenergialain ja -asetuksen säännöksiä.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitos on täyttänyt nykyisessä käyttöluvassa määritellyt lupaehdot.

## 12 Yhteenveto (YEL 20 § Ydinlaitoksen käyttäminen)

Ydinenergian käytön turvallisuudesta on säädetty ydinenergialain (990/1987) 5–7 §:ssä seuraavaa:

*5 §, Ydinenergian käytön tulee olla, sen eri vaikutukset huomioon ottaen, yhteiskunnan kokonaisedun mukaista,*

*6 §, Ydinenergian käytön on oltava turvallista eikä siitä saa aiheutua vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle,*

*6a §, Ydinjätteet, jotka ovat syntyneet Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen [...], ja*

*7 §, Ydinenergian käytön edellytyksenä on, että turvajärjestelyt ja valmiusjärjestelyt sekä muut järjestelyt ydinvahinkojen rajoittamiseksi ja ydinenergian käytön turvaamiseksi lainvastaiselta toiminnalta ovat riittävät.*

Ydinenergian käyttäminen edellyttää lupaa (YEL 8 §). YEL 20 §:n mukaan käyttöluvan myöntäminen edellyttää seuraavien ehtojen täyttämistä:

- 1) ydinlaitos ja sen käyttäminen täyttävät tämän lain mukaiset turvallisuutta koskevat vaatimukset ja työntekijöiden ja väestön turvallisuus sekä ympäristönsuojelu on otettu asianmukaisesti huomioon; (23.5.2008/342)*
- 2) hakijan käytettävissä olevat menetelmät ydinjätehuollon järjestämiseksi, ydinjätteiden loppusijoitus ja ydinlaitoksen käytöstä poistaminen siihen mukaan luettuna, ovat riittävät ja asianmukaiset;*
- 3) hakijalla on käytettävänä tarpeellinen asiantuntemus ja erityisesti ydinlaitoksen käyttöhenkilökunnan kelpoisuus sekä ydinlaitoksen käyttöorganisaatio ovat asianmukaiset;*
- 4) hakijalla harkitaan olevan taloudelliset ja muut tarpeelliset edellytykset harjoittaa toimintaa turvallisesti ja Suomen kansainvälisten sopimusvelvoitteiden mukaisesti; ja ydinlaitos ja sen käyttäminen muutoinkin täyttävät 5–7 §:ssä säädetyt periaatteet.*

*Ydinlaitoksen käyttämiseen ei saa ryhtyä siihen myönnetyn luvan perusteella ennen kuin:*

- 1) säteilyturvakeskus on todennut, että ydinlaitos täyttää asetetut turvallisuusvaatimukset ja että turvajärjestelyt sekä valmiusjärjestelyt ovat riittävät, että ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellinen valvonta on asianmukaisesti järjestetty ja että ydinlaitoksen haltijan vahingonkorvausvastuu ydinvahingon varalta on järjestetty siitä säädetyllä tavalla; ja*
- 2) kauppa- ja teollisuusministeriö (nykyisin työ- ja elinkeinoministeriö) on todennut, että varautuminen ydinjätehuollon kustannuksiin on järjestetty 7 luvun säännösten mukaisesti.*

STUK on tässä turvallisuusarviossa arvioinut toimialaansa kuuluvien kohtien toteutumisen osana Loviisan voimalaitoksen määräaikaista turvallisuusarviointia.

YEL 20 §:n 1 momentin kohtien 1–3 osalta Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden ja niihin kuuluvien ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon kannalta tarpeellisten rakennusten ja varastojen järjestelyt ovat turvallisuuden kannalta riittävät ja asianmukaiset.

YEL 20 §:n 1 momentin kohdan 4 osalta STUK toteaa, että sillä ei ole toimivaltaa ja osamista arvioida luvanhaltijan taloudellisia edellytyksiä toiminnan harjoittamiseksi. STUK on tässä lausunnossa ja sen liitteissä arvioinut erityisesti luvanhaltijan edellytyksiä harjoittaa toimintaa turvallisesti ja STUKin valvonnassa olevien asioiden osalta Suomen kansainvälisten sopimusvelvoitteiden mukaisesti.

Säteilyturvakeskuksen valvontatyössä ei ole tullut ilmi seikkoja, joiden nojalla luvanhaltija ja Loviisan ydinvoimalaitos ei täyttäisi YEL 5–7 §:ssä säädettyjä periaatteita.

YEL 20 §:n 2 momentin kohdan 1 osalta STUK toteaa, että Fortum and Power Heat Oy:n Loviisan ydinvoimalaitos täyttää käyville ydinvoimalaitoksille asetetut turvallisuusvaatimukset, turvajärjestelyt sekä valmiusjärjestelyt ovat riittävät ja ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellinen valvonta on asianmukaisesti järjestetty ottaen huomioon alla esitetyt turvallisuuteen liittyvät huomiot. STUK toteaa myös, että ydinlaitoksen haltijan vahingonkorvausvastuu ydinvahingon varalta on järjestetty siitä säädetyllä tavalla.

## 12.1 Laitoksen turvallisuuteen liittyvät kehityskohteet

STUK on arvioinut Loviisan ydinvoimalaitoksen turvallisuuden vasten Säteilyturvakeskuksen määräystä ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta (STUK Y/1/2018). Määräyksessä on otettu huomioon, että käynnissä olevien laitosten ei tarvitse täyttää kaikkia uusille laitoille asetettuja vaatimuksia (STUK Y/1/2018 Siirtymäsäädös 27 §).

STUKin määräyksen STUK Y/1/2018 pykäliin 11 ja 14 sovelletaan 27 §:n siirtymäsäännöstä. Laitoksen alkuperäiset 1970-luvulta peräisin olevat suunnitteluvaatimukset eivät ole kaikilta osin nykyvaatimusten mukaisia. Ottaen huomioon Loviisan ydinvoimalaitosyksiköiden 1 ja 2 tekniset toteutukset ja YEL 7 a §:ssä säädetty periaate, on seuraavat poikkeamat katsottu hyväksyttäviksi:

- Turvallisuustoimintoja ja niiden varmistamista koskeva 11 §: Merkittävimmät poikkeamat vaatimustenmukaisuudesta koskevat moninkertaisuus-, erottelu- ja erilaisuusperiaatteen soveltamista turvallisuusjärjestelmien suunnittelussa. Tähän poikkeamaan liittyy myös erotteluperiaatteen soveltaminen suojaumisessa sisäisiltä turvallisuuteen vaikuttavilta tapahtumilta, joka taas liittyy 15 §:n arviointiin.
- Suojauminen ulkoisilta turvallisuuteen vaikuttavilta tapahtumilta 14 §: Merkittävät poikkeamat vaatimustenmukaisuudesta koskevat seismisten ilmiöiden ja suuren liikennelentokoneen törmäyksen huomioon ottamista laitoksen alkuperäisessä suunnittelussa.

YEL 7 a §:n periaatteiden mukaisesti *Ydinenergian käytön turvallisuus on pidettävä niin korkealla tasolla kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Turvallisuuden edelleen kehittämiseksi on toteutettava toimenpiteet, joita käyttökokemukset ja turvallisuustutkimukset sekä tieteen ja tekniikan kehittyminen huomioon ottaen voidaan pitää perusteltuina.*

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön aikaisena tavoitteena on ollut laitosturvallisuuden jatkuva parantaminen. Fortum on uusinnut Loviisan ydinvoimalaitosta huomattavassa määrin ja toteuttanut laitoksen laitteille, järjestelmille ja rakenteille mittavia muutostöitä turvallisuuden parantamiseksi laitoksen käyttöhistorian aikana.

#### Häiriö- ja onnettomuustilanteiden analyysit

Edellisen määräaikaisen turvallisuusarvioinnin (2013–2014) jälkeen laitoksella toteutettiin automaatiouudistus ja muita laitosmuutoksia, joiden myötä deterministisiä häiriö- ja onnettomuusanalyysijä on päivitetty. Sekä käynti- että seisokkitiloista alkavat vakavien reaktorionnettomuuksien analyysit on uusittu edellisen määräaikaisen turvallisuusarvioinnin jälkeen. Ohjeen YVL B.3 täytäntöönpanopäätöksessä (26/0002/2020, 5.7.2020) on hyväksytty Fortumin toimenpide-esitykset tiettyjen analyysitapausten uudelleen arvioimiseksi nykyisten vaatimusten mukaisilla tavoilla. Päivitettävät analyysit liittyvät odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä käytettäviin vikaletuksiin ja ulkoisen sähköverkon menetyksen oletuksiin oletetuissa onnettomuuksissa ja DEC A -tapauksissa. Fortumin STUKille kesäkuussa 2021 toimittaman suunnitelman mukaan analyysit uusitaan vuosien 2022 ja 2023 aikana, tai tietyissä rajatuissa tapauksissa seuraavan kerran, kun analyysiä päivitetäisiin muutoin.

#### PRA

Kuluvalla käyttöluopajaksolla on todennäköisyysperusteisen riskianalyysin (PRA) avulla järjestelmällisesti tunnistettu ja poistettu riskitekijöitä. PRA kattaa kaikki laitoksen käyttötilat ja oleelliset turvallisuutta uhkaavat tapahtumat. Riskien arvioinnissa on otettu huomioon sekä laitoksen omia että ulkomaisia käyttökokemuksia.

Merkittävimmät PRA:n laajennukset edellisen turvallisuusarvioinnin jälkeen ovat olleet Loviisa 2 -yksikön palotapahtumien PRA:n kehitys, latausaltaassa olevan ydinpolttoaineen riskiarvion integrointi muun PRA-mallin yhteyteen, aikaisten alle viidessä tunnissa tapahtuvien radioaktiivisten aineiden päästöjen laskenta sekä selvitys käytetyn polttoaineen varastoaltaiden riskeistä.

Merkittävien laitosmuutosten suunnittelussa maanjäristykset on otettu huomioon vuodesta 2001 lähtien. Viimeisin seisminen riskianalyysi on vuodelta 2010. Loviisan laitospaikan maanjäristysselvitysten ja voimalaitoksen seismisen PRA:n päivitys on meneillään. Seismisen PRA:n päivittäminen jatkuu vielä ainakin 2023. STUK seuraa laitospaikan maanjäristysselvitysten ja seismisen PRA:n kehitystä ja tarkastaa ne niiden valmistuttua.

Sydänvauriotaajuuden ja suuren päästön taajuuden ennusteet ovat pienentyneet edellisessä määräaikaisessa turvallisuusarvioinnissa esitetystä. Fortumin on edelleen jatkettava laitosyksiköiden riskien pienentämiseen tähtäviä toimenpiteitä ja PRA:n päivitystä. Sydänvauriotaajuuden pienentämiseksi on tehty mm. seuraavia toimenpiteitä: polttoainealtaiden jälkilämmönpoiston varmentaminen, Primääripiirin seisontajähdytysjärjestelmän (vara-RR) pumppaamon tulvasuojaus, ilmajähdytystornit lämpönielun menetys-tilanteeseen ja hätäsisävesisäiliön diverssit pintamittaukset. Fortum toteaa tehtävänä toimenpiteenä Loviisa 2 -yksikön paloriskimallin kehittämisen yhteydessä havaittujen laitosmuutostarpeiden toteuttamisen palo-ovien osalta. Näiden lisäksi erityisesti tason 2 PRA:han liittyvien analyysien päivitys on meneillään. STUK seuraa parannusten



Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

toteuttamista ja PRA:n päivittämistä ja kiinnittää erityisesti huomiota turvallisuusparannusten oikea-aikaiseen toteutumiseen ja parannussuunnitelmien muutosten perusteluihin.

### Maanjäristysturvallisuus

Suomessa ei 1970-luvulla ollut ydinvoimalaitosten seismistä suunnittelua koskevia vaatimuksia eivätkä maanjäristykset olleet suunnitteluperusteena Loviisan voimalaitoksen alkuperäisessä suunnittelussa. Myöhemmin säännöstöön on lisätty seismistä suunnittelua koskevia vaatimuksia ja Loviisan voimalaitoksen maanjäristysturvallisuutta on arvioitu seismisen riskianalyysin (PRA:n) yhteydessä.

Suomessa ei ole historiallisella ajalla esiintynyt tuhoisia maanjäristyksiä eikä yleisissä rakentamismääräyksissä vaadita maanjäristyssuunnittelua. Erityisesti Etelä-Suomi on seismisesti hiljaista aluetta, tosin hyvin heikkoja maanjäristyksiä esiintyy melko usein. Ydinvoimalaitosten turvallisuuden kannalta merkittäviä maanjäristyksiä ei kuitenkaan voida sulkea pois sillä todennäköisyydellä, jolla ydinturvallisuutta yleisesti arvioidaan. Kansainvälisessä IAEA:n ohjeistossa edellytetään maanjäristysten huomioimista suunnittelussa myös seismisesti rauhallisilla alueilla.

Maanjäristysturvallisuuden arvioinnin ja seismisen PRA:n lähtötietona tarvitaan arvio laitospaikan seismisistä olosuhteista ja erityisesti mahdollisiksi arvioitujen maanjäristysten voimakkuudesta ja esiintymistäajuudesta. Loviisan seismisiä olosuhteita on arvioitu PRA:ta varten ja erityisesti Suomen viidettä ydinvoimalaitosyksikköä koskevan hankkeen yhteydessä 1990-luvun lopussa. Suomessa ja lähialueilla on sen jälkeen kertynyt uusia mittaustietoja maanjäristyksistä, ja geologisesti vastaavien alueiden seismisyyttä on tutkittu muun muassa Pohjois-Amerikassa. Loviisan kannalta yksi keskeinen kysymys on, kuinka voimakkaita maanjäristyksiä pidetään mahdollisina mannerlaattojen seismisesti rauhallisilla keskialueilla. Nykyisten kansainvälisten näkemysten mukaan mahdollisina pidetään jonkin verran voimakkaampia maanjäristyksiä kuin aikaisemmin.

Maanjäristysten merkitys Loviisan voimalaitoksen turvallisuuden kannalta on meneillään olevan käyttöluopajakson aikana korostunut toisaalta sen takia, että laitospaikan seisminen aktiivisuus saattaa nykyisten tietojen perusteella olla hieman suurempaa kuin aikaisemmin on arvioitu ja toisaalta sen takia, että laitosparannusten takia muut riskit ovat pienentyneet ja seismisten riskien suhteellinen merkitys on kasvanut.

STUK on edellyttänyt Fortumilta Loviisan seismisten olosuhteiden uutta arviointia, turvallisuuden kannalta tärkeiden rakenteiden ja laitteiden kestävyysarvioiden päivitystä ja seismisen PRA:n päivitystä. Fortum on toteuttanut Loviisan seismisiä olosuhteita koskevan selvityksen alustava päivityksen, mutta selvityksessä on todettu edelleen merkittäviä epävarmuuksia ja selvitysten päivitys jatkuu Fortumin ja alan kansainvälisten konsulttien yhteistyönä. Laitospaikan seismisten olosuhteiden selvitys valmistui vuoden 2021 lopussa. Fortumin esittämien aikataulujen mukaan rakenteiden ja laitteiden kestävyysarviot valmistuvat 2022, minkä jälkeen jatkuu seismisen PRA:n päivitys ainakin 2023. Kyseisten selvitysten valmistuttua Fortum tekee johtopäätökset nykyisen tilanteen hyväksyttävyydestä tai parannusten tarpeellisuudesta ja esittää ne STUKille hyväksyttäväksi.

### Ikääntymisen hallinta

Fortumin nykyisessä käyttöluvassa alkuperäisen suunnittelun perustana ollut 30 vuoden käyttöikä ylittyy 20 vuodella. Tätä pidemmän käyttöiän arviointi tulee ajankohtaiseksi käyttö lupaa jatkettaessa. Käyttöiän hallintaohjelmaa ja siihen liittyvää tietotaitoa on kehitetty Loviisan ydinvoimalaitoksella oma-aloitteisesti ja suunnitelmallisesti 1990-luvun alusta lähtien.

Viime vuosina on tullut esiin joitakin laitostapahtumia, joiden syynä on ollut laitoksen rakenteellisen tai toiminnallisen ominaisuuden heikkeneminen fyysisen ikääntymisen vaikutuksesta. Laitosten teknologista ikääntymistä on myös havaittu varaosien toimitusvaikeuksina ja jopa varaosapuutteina.

Ohje YVL A.8 ydinlaitosten ikääntymisen hallinnasta tuli Loviisan voimalaitoksella voimaan lokakuun 2015 alusta alkaen. Ohjeen täytäntöönpanopäätöksen mukaisesti Fortum toimitti päivitetyn ikääntymisen hallintaohjelmansa vuoden 2016 lopussa ja siitä lähtien ohjeessa määritelty vuotuinen ikääntymisen seurantaraportti eri tekniikan alueilta on toimitettu vuoden ensimmäisellä kolmanneksella.

Reaktoripainesäiliön ikääntymisen hallinnan kannalta tärkeimmäksi vanhenemisilmiöksi on tunnistettu neutronisäteilyn aiheuttama haurastuminen eli teräksen transitio-olämpötilan nousu. Fortumin esittämän arvion perusteella molempien laitosyksiköiden reaktoripainesäiliöiden haurastuminen voidaan hallita nykyisin käytettävissä olevilla keinoilla 50 vuoden käyttöiän loppuun saakka. Arviossa Fortum korostaa, että haurastumisnopeuden arviointia jatketaan edelleen, jotta mahdolliset aiemmin tunnistamattomat haurastumisnopeuteen vaikuttavat ilmiöt pystytään tunnistamaan.

Suunnitellun käyttöiän aikainen reaktoripainesäiliöiden ikääntymisen hallinta nojaa selvästi säteilyhaurastumisen ja hätäjähdytyksen ilmiöiden hallintaan. Reaktoripainesäiliön 50 vuoden käyttöikää vastaavat haurasmurtuma-analyysit on päivitetty huomioiden Loviisan automaatiouudistuksen (ELSA) ja sekundääripiirin turvallisuustoimintojen (SETU) muutokset. Fortum on päivittänyt reaktoripainesäiliöiden todennäköisyysperusteiset murtuma-analyysit (PTS-analyysit) vuoden 2019 alussa. Deterministiset haurasmurtuma-analyysipäivitykset on toimitettu osana tätä määräaikaista turvallisuusarviointia. Erot tuloksissa haurasmurtuma-analyysien aiempiin päivityksiin verrattuna ovat pieniä, vaikka lähes koko analyysiketju kuormituksista murtumismekaanisiin analyyseihin on uusittu.

Edelliseen turvallisuusarviointiin verrattuna Loviisa 1 -ydinvoimalaitosyksikön reaktoripainesäiliön marginaali haurasmurtumisen suhteen on hieman pienentynyt ja Loviisa 2 -ydinvoimalaitosyksikön vastaavasti kasvanut, marginaalin ollessa kummassakin tapauksessa vähintään 10 °C. Haurasmurtumariskin pienentämiseksi on tärkeitä huolehtia reaktoripainesäiliön tahattomasta ulkopuolisen jäähdytysriskin minimoimisesta. Fortum on mm. toteuttanut suojarakennuksen sisäpuolisen sprinklerjärjestelmän muutoksen kummallakin laitoksella, missä muuttuneen käynnistyslogiikan ansiosta reaktoripainesäiliön terminen rasitus vähenee. Haurasmurtumariskiä vähentää myös vuosihuolloissa 2021 suunnitellut palovesijärjestelmän muutos ja kylmänä paineistumisen välttämiseksi suunniteltu paineistimen päävaroventtiilien ohjausventtiilien ohjausjärjestelmän uudistus. STUK seuraa Fortumin toimenpiteiden toteutusta osana jatkuvaa valvontaa ja arvioi kokonaisuutta haurasmurtuma-analyysien tarkastusten yhteydessä.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

STUK on edellyttänyt Fortumilta lisäselvitystä (7/A42215/2020) liittyen reaktoripainesäiliön tukikorin ja kriittisen sydänalueen hitsin säteilyhaurastumiseen, väsymisen kannalta kriittisten kohteiden hyväksyttävyyden osoittamiseen sekä paineistimen alayhteen korroosiosuojaholkin tarkastus- ja korjaushistoriaan. Korroosiosuojaholkkiin liittyvän lisäselvityksen (15/A42215/2021) perusteella nykyiset kunnonvalvontatoimenpiteet ovat kohteessa riittävät. Muut selvitykset STUK tarkastaa osana ikääntymisen hallinnan jatkuvaa valvontaa.

Sähkö- ja automaatiojärjestelmissä on Loviisan voimalaitoksella viime vuosina toteutettu useita erilaisia modernisointihankkeita, merkittävimpana vuosina 2016–2018 tehty Loviisan automaatiouudistusprojekti ELSA. Modernisointia on tarkoitus jatkaa myös tulevina vuosina. Modernisointihankkeiden syinä ovat olleet esim. alkuperäisen suunnitellun käyttöiän päättymisen, teknologian vanheneminen, teknisen tuen päättymisen ja varaosapuutteet.

Voimalaitosrakennusten ikääntymismekanismit Fortum on tunnistanut kattavasti ja tutkimuksia mekanismien ymmärtämiseksi on jatkettu. Rakennukset tai rakenneosat tarvitsevat mahdollisesti peruskorjausta seuraavien 10 vuoden aikana.

### Kelpoistus

Käyttöluvan uusinnan yhteydessä vuonna 2007 STUK edellytti Fortumilta toimenpiteitä kelpoistuksen ylläpitämisen kehittämiseksi. Asiaa tarkasteltiin myös vuoden 2015 määräaikaisessa turvallisuusarviossa, jossa todettiin Fortumin kelpoistusohjelman kehitystyön olevan vielä kesken - erityisesti sen integrointi Loviisan ydinvoimalaitoksen olemassa oleviin käytäntöihin. Nyt tämä pitkään jatkunut kehitystyö on saatettu loppuun vuoden 2021 aikana voimalaitoksen ohjeistoon ja tietojärjestelmiin tehtävien viimeisten muutosten myötä. Näitä ovat olleet esimerkiksi sähkö- ja automaatiolaitteiden kelpoistuksen ylläpidon uusi menettelyohje sekä kelpoistuksen kohteena olevan laitelaajuuden uudelleen määrittäminen perustuen nykyisiin (2016-2018 automaatiouudistuksen mukaisiin) tehtäväkategorioihin ja niiden sisältämiin turvallisuustoimintoihin. Lisäksi Fortum on kullekin tarkastelujaksolla laajentanut laitoksen kunnossapitotietojärjestelmää ikääntymisen hallinnan ja kelpoistuksen osalta siten, että järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden kelpoistuksen ylläpitoon tarvittava tieto on hallittavissa ja saatavissa siellä laitososakohteisesti.

Loviisan määräaikaisen turvallisuusarviointin yhteydessä Fortum tunnisti uusia toimilaitteita, joilta edellytetään toimintakuntoisuutta erityisissä ympäristöolosuhteissa onnettomuustilanteissa. Asia liittyy vuosina 2008–2018 tehtyihin parannuksiin, joilla on varauduttu syöttövesitasolla tapahtuviin putkikatkoksiin (SETU/SETU2). Yhtenä osana parannuksia kelpuutettiin onnettomuustilanteessa tarvittavia venttiilejä ja kaapeleita onnettomuusolosuhteisiin. Osa suojarakennuksen ulkopuolella sijaitsevista alkuperäisistä toimilaitteista jäi tarkastelun ulkopuolelle, koska ne eivät kuuluneet projektin alkuperäiseen laajuuteen. Venttiilitoimilaitteet sijaitsevat hätäsyöttövesi- (RL) ja päähöyrylinjoissa (RA) sekä primääripiirin seisontajähdytyksen linjoissa (RR). STUK edellytti asiasta selvitystä määräaikaisen turvallisuusarvion yhteydessä (selvityspyyntö STUK 7/A42215/2020). Selvityksen mukaan kaikkien toimilaitteiden kelpoistusvaatimus ei suoraan täyty vanhojen laitteiden osalta ja jatkotoimenpiteenä Fortum selvittää

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

todenmukaisemmat toimilaitteen tarkempaan sijaintiin perustuvat onnettomuusolosuhteet. Näiden analyysien tulokset syöttövesisäiliötason onnettomuusolosuhteista raportoidaan STUKille 31.12.2022 mennessä.

### Johtaminen, organisaatio ja turvallisuuskulttuuri

Fortumin toimittaman turvallisuuskulttuuriselvityksen mukaan turvallisuuskulttuurin kussakin osa-alueessa on vahvuuksia, joskin myös kehitettävää. Edellisessä turvallisuusarvioinnissa turvallisuuskulttuurin kehityskohteiksi nähdystä teemoista edistystä on tapahtunut Fortumin oman arvioinnin mukaan turvallisuusjohtamisessa ja viestinnässä, osaamisen hallinnan kehittämisessä, ohjeiston löydettävyydessä ja työympäristön siisteydessä. Toisaalta Fortum tunnistaa edelleen kehittämistarvetta osittain samoissa aiheissa, kuten johdon puuttumisessa käyttäytymiseen, ohjeiston käytettävyydessä ja osaamisen hallinnan kehittämisessä.

Valvonnan perusteella turvallisuuskulttuurin kehittämistarpeesta kertovat esimerkiksi poikkeamien toistuvuus sekä joidenkin kehitysprojektien ja -toimenpiteiden hidastuminen. STUK on kiinnittänyt valvonnassaan huomiota myös johtamiseen, siihen, miten tinkimättömästi voimalaitoksen johto edellyttää menettelyiden noudattamista tai puuttuu poikkeamiin, tukee ja edellyttää kehitystoimien valmistumista ja vaikuttavuutta, sekä toimii itse esimerkkinä turvallisuusasioissa. STUKin toimeksiannosta tekemässään riippumattomassa selvityksessä turvallisuuskulttuurista ja johtamisesta VTT antoi suosituksia johtamisen kehittämiseksi.

Loviisan laitoksen toiminta täyttää ydinalan hyvälle turvallisuuskulttuurille määräyksen STUK Y/1/2018 25 §:ssä asetetut vaatimukset. STUK valvoo käytön tarkastusohjelman ja muun valvonnan keinoin sitä, että luvanhaltijan (Fortum Power and Heat Oy) ja Loviisan laitoksen johto ovat tietoisia organisaationsa turvallisuuskulttuurin tilasta ja kohdistavat vaikuttavia kehitystoimia tunnistettujen kehitysalueiden parantamiseksi.

### Inhimillisten tekijöiden hallinta

Edellisen turvallisuusarvioinnin jälkeen Fortum on edistänyt HuP-menettelyiden käyttöä mm. kouluttamalla koko henkilöstönsä. Tilanne on kehittynyt positiiviseen suuntaan.

Fortum käyttää inhimillisten tekijöiden hallinnan menettelyitä suunnittelussa (HFE) lähinnä valvomosuunnittelussa turvallisuusluokiteltujen järjestelmien käyttöliittymien osalta, mutta uudistetun säännösten vaatimustaso ei täyty muiden laitosmuutosten osalta. STUK on edellyttänyt Forumilta toimia ohjeen YVL B.1 täytäntöönpanossa (28/0002/2020) ja Fortum on päivittänyt ylätason laitosmuutosohjetta HFE:n käytön osalta. STUKille ei vielä ole muodostunut käsitystä ohjemuutoksen vaikuttavuudesta. Lisäksi voimalaitosorganisaation osaamistaso suunnittelussa käytettävistä inhimillisten tekijöiden hallinnan menettelyistä (HFE) ei ole riittävä varmistamaan, että menettelyitä käytetään systemaattisesti ja turvallisuusmerkityksen mukaisesti erilaisissa laitosmuutoshankkeissa. Fortum on laatinut osaamisen kehittämisen suunnitelman, jonka perusteella systemaattinen osaamisen kehittäminen on aloitettu syksyllä 2021. STUK seuraa

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

sekä ohjemuutoksen että osaamisen kehittämisen toimenpiteiden toteutumista ja vaikuttavuutta osana jatkuvaa voimalaitoksen käytön valvontaa.

Fortumin inhimillisten tekijöiden hallinnan osa-alueiden voidaan katsoa täyttävät STUKin määräyksen Y/1/2018 § 6:n ottaen huomioon Fortumin aloittamat kehitystoimenpiteet, joista osa on STUKin edellyttämiä ja osa Fortumin itse tunnistamia.

#### Käyttökokemustoiminta

Loviisan voimalaitoksen sisäisen käyttökokemustoiminnan voi katsoa järjestetyn STUK Y/1/2018 21 §:n tarkoittamalla tavalla. Ongelmana on kuitenkin se, että Loviisan voimalaitoksen sisäisen käyttökokemustoiminnan prosessi ei täysin tuota haluttua tulosta, mistä ilmeisenä osoituksena ovat olleet samantyyppisten tapahtumien toistuminen. STUK on järjestelmällisesti edellyttänyt parantamista viimeisimmän neljän vuoden aikana. Fortum ei kuitenkaan ole pystynyt osoittamaan korjanneensa prosessia – ts. selvittäneensä ja korjanneensa tapahtumien toistumisen syyt. Täten STUKilla ei ole varmuutta käyttökokemustoiminnan vaikuttavuuden paranemisesta. STUK ei siis ole saanut näyttöä siitä, että tilanne olisi kehittynyt riittävästi parempaan suuntaan, joten STUK huomioi tämän osa-alueen kokemuksen arvioidessaan johtamista kokonaisuutena (STUK Y/1/2018 25 §).

#### Käytetyn ydinpolttoaineen varastointi ja loppusijoitus

STUKin arvion mukaan Loviisan ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten jätteiden huoltoa toteutetaan turvallisesti asianmukaisin ja riittävin menettelyin, joita kehitetään jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti.

Vuosien 2007–2019 aikana Fortum on lisännyt käytetyn ydinpolttoaineen varastointikapasiteettia KPA-varastoissa korvaamalla avoimia polttoainetelineitä tiheillä telineillä. Jatkamalla polttoainetelineiden vaihtoja suunnitellusti Loviisan KPA-varastoissa riittää varastointitilaa laitoksen nykyisen käyttöluvajakson loppuun asti. Käytetyn ydinpolttoaineen varastointikapasiteetti ei todennäköisesti riitä, mikäli Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden käyttöluvaa jatketaan nykyisestä ja Posiva aloittaa käytetyn polttoaineen loppusijoittamisen Olkiluodon käytetyllä polttoaineella. Tällöin Fortumin on esitettävä menettelyt, kuinka käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointi Loviisan ydinvoimalaitoksella on tarkoitus toteuttaa. Laitosyksiköiden käytöstäpoisto edellyttää KPA-varastojen itsenäistämistä. Tässä yhteydessä KPA-varastolle on tehtävä laajoja muutostöitä, jotta se voi toimia itsenäisesti ilman Loviisa 2:n järjestelmiä. Lisäksi käytetyn ydinpolttoaineen pakkaaminen kuljetussäiliöön Olkiluotoon kuljetusta varten edellyttää muutoksia Loviisan ydinvoimalaitoksen käytetyn ydinpolttoaineen välivarastossa.

Fortumilla on KPA-kehitysohjelma, jonka tarkoituksena on kerätä yhteen käytetyn polttoaineen käsittelyyn, varastointiin, kuljetukseen ja loppusijoitukseen liittyvät Loviisan voimalaitosta koskevat järjestelmämuutokset ja kehitystyöt. STUK arvioi laitosmuutosten hyväksyttävyyttä Fortumin erikseen toimittamien asiakirjojen perusteella.

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelman lähtökohtana on kummankin ydinvoimalaitosyksikön sulkeminen nykyisten käyttöluvien päättyessä vuosina 2027 ja 2030. Käyttöluvan pidentäminen ei vaikuta käytöstäpoistosuunnitelmassa esitettyjen käytöstäpoiston vaiheiden sisältöihin, mutta muuttaa niiden ajoitusta. Käyttöluvan pidentäminen voi hieman nostaa käytöstäpoistojätteiden kokonaistilavuusarviota

nykyisestä, mutta ydinjätehuollon kokonaisuuden kannalta tällä ei juuri ole merkitystä. Käytöstäpoistoa koskevat suunnitelmat täsmentyvät edelleen käytöstäpoiston lähestyessä, ja STUK arvioi suunnittelun edistymistä säännöllisesti kuuden vuoden välein Fortumin päivittämien suunnitelmien pohjalta.

STUK on arvioinut Loviisan matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitoksen (VLJ-luola) turvallisuutta erillisessä turvallisuusarviossa ja antanut tästä päätöksen (asi-anumero STUK 5/A42215/2021).

## 12.2 Fortumin toimenpidesuunnitelma laitoksen turvallisuuden kehittämiseksi

YVL-ohjeiden läpikäynnin yhteydessä määriteltyjen parannustoimenpiteiden lisäksi on Fortumin määräaikaisen turvallisuusarvioinnin selvitysten perusteella meneillään myös paljon toimenpiteitä, jotka tehdään jatkuvan parantamisen periaatteen lähtökohdista ja Fortum tunnisti joitakin tällaisia uusia tarpeita. Suuri osa YVL ohjeiden toimeenpanopäätösten yhteydessä määritetyistä toimenpiteistä on jo tehty.

Sydänvauriotaajuus on kehittynyt suotuisaan suuntaan koko käyttöiän ajan tehdyn PRA kehitystyön ja laitoksella suoritettujen muutosten myötä. Nykyisin taajuus täyttää ohjeessa YVL A.7 asetetun raja-arvon, joskin seismiseen PRA:han liittyy vielä epävarmuuksia. Työ on jatkuvaa ja Fortum sitoutunut turvallisuuden ja PRA analyysien parantamiseen myös tulevaisuudessa. Laskeva trendi on näkynyt myös suuren päästön taajuudessa.

Fortum toteaa yhteenvedossaan, ettei esteitä voimalaitoksen nykyisenkaltaisen käytön jatkamiseksi käyttöluvan loppuun asti eikä käyttöluvan jatkamiseksi ole; tehtyjen selvitysten perusteella laitoksen turvallisuuden tila on hyvällä tasolla eikä määräaikaisessa turvallisuusarvioinnissa havaittu merkittäviä puutteita laitoksen turvallisuudessa. Fortum on tunnistanut kehittämiskohteita, joiden toteuttamisen myötä laitoksen turvallisuus paranee edelleen.

Näistä merkittävimmät jatkotoimenpiteet laitoksen turvallisuuden parantamiseksi ovat:

- Ikääntyminen
  - ikääntymisselvityksissä on tunnistettu lukuisia järjestelmiä, joihin tulee kohdistaa muutoksia, esimerkiksi laitevaihtoja tai modernisointeja. Sähkö- ja automaatiojärjestelmien osalta on tunnistettu lukuisia kohteita, joiden käyttöiän turvaamiseen tulee varautua esimerkiksi varaosin tai modernisoinnein. Muutokset jakautuvat nykyisen käyttöluvan mukaiselle käyttöiälle ja uudelle käyttöluvalle.
  - Reaktoripainesäiliön osalta meneillään on suojaelementtien lisääminen sydämen reuna-alueille. Muitakin toimenpiteitä haurasmurtumariskin riittävän marginaalin suhteen tulee tehdä käyttö lupaa jatkettaessa. Tähän on erilaisia teknisiä vaihtoehtoja, joista Fortum päättää myöhemmin.
  - Rakennusten peruskorjaus tulee ajankohtaiseksi käyttö lupaa jatkettaessa.
  - Hätädieselgeneraattoreiden EY01-04 osalta Loviisa 1:llä automaation uudistus on meneillään ja vastaava muutos tulee käyttö lupaa jatkettaessa todennäköisesti tarpeelliseksi myös Loviisa 2:lla. Sitä ennen Loviisa 1:n vanha automaatio pystytään käyttämään Loviisan 2:lla varaosina turvaamaan dieselautomaation riittävä käyttökuntoisuus. Dieselmoottoreiden ja apulaitteiden osalta nykyinen käyttö lupajakso ja varsinkin laitoksen käytön jatkaminen sen jälkeen aiheuttavat tarvetta varaosien hankinnalle, mikä on jo aloitettu.



- Latauskoneiden modernisointi on käynnissä ja tavoitteena on muutoksen valmistuminen vuosina 2026 ja 2027
- Deterministiset parannukset
  - YVL B.1 (vaatimukseen 5229 ja 5330) mukaan suojausjärjestelmään liittyvät mittaukset on toteutettava joko mittaamalla kahta eri parametria tai soveltamalla mittauksiin diversiteettiä. STUKin täytäntöönpanopäätöksen 19/A43420/2021 mukaan poikkeukset nykyisessä suojausjärjestelmässä ovat voimassa vain nykyisen käyttöluvan loppuun ja vaativat uudelleen arviointia (mahdollisuudet poikkeaman poistamiseksi) jatkettaessa laitoksen käyttö lupaa.
  - Selvitykset laitteiden ja rakenteiden kestävydestä maanjäristyksessä ovat vielä kesken ja vuoden 2022 aikana arvioidaan saatavan tulokset S1-luokitelluista laitteista. Myös seisminen PRA päivitetään tämänhetkisen arvion mukaan vuonna 2022. Selvitykset tulevat tämän hetken käsityksen mukaan johtamaan lukuisiin muutoksiin laitoksella. Pääasiassa näiden muutosten arvioidaan kohdistuvan laitteiden tuentaan ja muutosten laajuudessa voi olla eroa riippuen tavoiteltavasta käyttöiästä.
  - Ohjeeseen YVL B.7 liittyvän täytäntöönpanopäätöksen mukaisesti laitoksella tulee toteuttaa seisminen monitorointi, mikäli käyttö lupaa jatketaan nykyisestä. Monitoroinnin yhteydessä tulee huomioida YVL E.4 vaatimukset ja ohjeistus laitoksen alasajoon.
  - Ohjeen YVL B.6 täytäntöönpanopäätöksen jatkoselvitysten tuloksista riippuen voi olla tarve tehdä muutoksia suojarakennuksen eristykseen laite- tai järjestelmätasolla tai suunnitelmaan laitoksen saattamisesta vakavan reaktorionnettomuuden jälkeiseen turvalliseen tilaan. Fortum on toimittanut suojarakennuksen eristystä koskeva selvityksen STUKille. Vakavan reaktorionnettomuuden jälkeiseen turvalliseen tilaan liittyvät selvitykset toimitetaan STUKille vuosien 2022 ja 2023 aikana.
  - Häätäsyöttövesitoiminnon vikasietoisuutta tulee parantaa ja tähän liittyen Fortum on jo toimittanut STUKille selvityksen eri toteutustavoista.
- PRA
  - PRA-analyysien täydennykset ja muutokset ovat osa normaalia toimintaa. Fortum jatkaa analyysien tarkentamista ja mahdollisten ylikonservatiivisuuksien poistamista. Ohjeistuksen parantaminen voi joissain tapauksissa olla paras tapa turvallisuusparannusten tekemiseksi. Fortum käy läpi vakavan reaktorionnettomuuden ohjeistuksen roolia ja formaattia vuonna 2022. Työ jatkuu vuonna 2023. Mahdollisista muutoksista Fortum päättää normaalien menettelyiden mukaisesti ottaen huomioon arvioitu hyöty mallin tarkennusten jälkeen.
  - Fortum on erityisesti arvioinut tapoja pienentää sydänvauriotaajuutta ja suuren päästön taajuutta sekä parantaa näiden suhdetta. Esimerkkinä on vaihtolatausaltaaseen liittyvien riskien pienentäminen, johon liittyviä arviota Fortumin on tarkoitus tarkentaa vuosien 2021 ja 2022 aikana.

### 12.3 Johtopäätös turvallisuusarviosta

Fortum Power and Heat Oy:n (Fortum) nykyinen käyttö lupa Loviisan ydinvoimalaitoksen yksiköille 1 ja 2 on voimassa vuosien 2027 ja 2030 loppuun saakka.

Ydinvoimalaitosten valvonta

STUK 3/A42215/2021

28.4.2022

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistoon ja matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitokseen liittyviä yksityiskohtia tarkastellaan erikseen siitä tehtävässä määräaikaisessa turvallisuusarviossa (asianumero STUK 5/A42215/2021).

STUK on omassa turvallisuusarviossaan ensisijaisesti arvioinut nykyistä käyttöluopajaksoa Fortumin toimittaman aineiston pohjalta. Fortumin aineistossa on huomioitu nykyisen käyttöluopajakson lisäksi myös turvallisuuden kannalta olennaisia, mahdolliseen jatkettuun laitoksen käyttöön (esim. pitkän aikavälin ikääntymisen hallinta) vaikuttavia asioita. STUKin turvallisuusarviossa on arvioitu tulevaa toimintaa vain niiltä osin kuin se toimitettun aineiston pohjalta on ollut mahdollista. Uuden käyttöluopahakemuksen arvioinnin yhteydessä STUKin turvallisuusarvio on päivitettävä.

Johtopäätöksenä STUK esittää arvionaan, että sen toimialan osalta ydinenergialain (990/1987) 5–7 §:n ja 20 §:n 1 momentin edellytykset Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden ja niihin kuuluvien ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon kannalta tarpeellisten rakennusten ja varastojen käyttöluvan myöntämiselle täyttyvät. STUK on todennut tämän turvallisuusarvion valmistelun yhteydessä, että ydinenergialain 20 §:n 2 momentin kohdan 1 tarkoittamat asiat ja järjestelyt ovat kunnossa edellä esitetyin täsmennyksin.

Yhteenvedona määräaikaiseen turvallisuusarviointiin liittyvien asioiden ja asiakirjojen tarkastuksista sekä jatkuvan valvonnan tuloksista STUK toteaa, että Fortum on huolehtinut Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden turvallisuudesta voimassa olevien säädösten mukaisesti. Luvanhaltija on esittänyt toimenpiteitä Loviisan ydinvoimalaitoksen turvallisuuden parantamiseksi myös kuluvan käyttöluopajakson aikana. Näistä toimenpiteistä Fortum on suurimman osan jo saattanut loppuun sekä määritellyt myös uusia, joilla se pyrkii varmistamaan laitoksen turvallisen käytön myös tilanteessa, jossa käyttöluopaa jatketaan. STUKin arvion mukaan luvanhaltijalla on olemassa tarvittavat edellytykset, menettelyt, osaaminen ja resurssit turvallisen käytön jatkamiseksi nykyisen käyttöluovan loppuun. Uuden lupahakemuksen osalta STUK arvioi edellytykset erikseen. STUK valvoo Fortumin turvallisuutta parantavien toimenpiteiden oikea-aikaista ja vaatimustenmukaista toteuttamista.

Fortum on laatinut oman määräaikaisen turvallisuusarviointinsa Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden sekä käytetyn polttoaineen, keskiaktiivisen jätteen ja matala-aktiivisen jätteen välivarastojen turvallisuuden tilasta, mahdollisista kehityskohteista ja turvallisuuden säilymisestä ohjeen YVL A.1 mukaisesti.

Tämän määräaikaisen turvallisuusarvion aikana STUK on samanaikaisesti tehnyt vuosina 2018–2020 päivitettyjen YVL-ohjeiden täytäntöönpanoa Loviisan ydinvoimalaitokselle. STUK on luvanhaltijan selvityksiin ja esityksiin perustuen määritellyt täytäntöönpanon tuloksena hyväksytyt poikkeamat YVL-ohjeista sekä tarvittavat luvanhaltijan toimenpiteet, joilla YVL-ohjeiden vaatimukset täytetään. Nämä toimenpiteet on otettu huomioon STUKin turvallisuusarviossa. STUK seuraa toimenpiteiden toteutumista osana STUKin tekemää jatkuvaa valvontaa.