

# Ydinturvallisuus

Neljännesvuosiraportti 2/2008

Erja Kainulainen (toim.)

# Ydinturvallisuus

Neljännesvuosisraportti 2/2008

Erja Kainulainen (toim.)

ISBN 978-952-478-404-7 (nid.) Edita Prima Oy, Helsinki 2008  
ISBN 978-952-478-405-4 (pdf)  
ISBN 978-952-478-406-1 (html)  
ISSN 0781-1713

*KAINULAINEN Erja (toim.). Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 2/2008. STUK-B 97. Helsinki 2008. 15 s. + liitteet 2 s.*

**Avainsanat:** painevesireaktori, kiehutusvesireaktori, ydinvoimalaitosten käyttökokemukset

## Tiivistelmä

Raportissa kerrotaan Suomen ydinvoimalaitosten käytöstä, turvallisuuteen vaikuttaneista tapahtumista voimalaitoksilla ja Olkiluoto 3 -ydinvoimalaitoshankkeeseen sekä ydinjätehuoltoon kohdistuneista STUKin valvontatoimista vuoden 2008 toisella neljänneksellä.

Loviisan molemmat laitosyksiköt olivat tuotantokäytössä koko vuosineljänneksen. Olkiluoto 1:llä ja Olkiluoto 2:lla oli vuosihuoltoseisokit. Olkiluoto 1:llä oli lähes neljän vuorokauden tuotantokatkos, kun reaktoripikasulun aiheuttaneen generaattorin jännitesäätäjän virhetoiminnan syytä selvitettiin. Lisäksi kesäkuun alussa molempien laitosyksiköiden tehoa rajoitettiin, koska pääkiertopumppujen hallittuun alasajoon tarvittavat huimamassageneraattorit todettiin käyttökunnottomiksi. Vuosineljänneksen aikana sattuneilla tapahtumilla ei ollut merkitystä ydin- eikä säteilyturvallisuuden kannalta.

Olkiluoto 3:n rakennustyömaalla turvallisuuden kannalta merkittävimpiä töitä olivat suojarakennuksen sekä turvallisuus- ja polttoainerakennusten seinien valut. Pääkomponenttien valmistus eteni Japanissa, Ranskassa ja Tsekin tasavallassa ilman merkittäviä ongelmia.

Olkiluodon maanalaisen tutkimustilan, Onkalon, rakentaminen jatkui ja ajotunneli eteni yli 3000 metriin noin 300 metrin syvyydelle. STUK valvoi tutkimustilan rakentamista sekä ydinpolttoaineen loppusijoitushankkeen valvontaa tarkastuksin sekä tekemällä turvallisuusarvioiteja kansainvälisten asiantuntijoiden tukemana. Loviisassa STUK valvoi voimalaitoksen nestemäisten jätteiden kiinteytyslaitoksen koekäyttöä.

# Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	5
2 SUOMEN YDINVOIMALAITOKSET	6
2.1 Loviisa 1 ja 2	6
2.1.1 Käyttö ja käyttötapaukset	6
2.2 Olkiluoto 1 ja 2	8
2.2.1 Käyttö ja käyttötapaukset	8
Vuosihoitot	8
2.3 Olkiluoto 3	12
3 YDINJÄTEHUOLTO	13
LIITE 1 YLEISTIEDOT SUOMEN YDINVOIMALAITOKSISTA	16
LIITE 2 INES-ASTEIKKO	17

# 1 Johdanto

STUK raportoi neljännesvuosittain Suomen ydinvoimalaitosten käytöstä, tapahtumista voimalaitoksilla sekä valvontatoimenpiteistä, joita STUK on kohdistanut Olkiluotoon rakenteilla olevaan ydinvoimalaitokseen, käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen tutkimiseen tarkoitetun maanalaisen tutkimustilan rakentamiseen ja ydinjätehuoltoon. Raportissa kerrotaan turvallisuuden kannalta merkittävistä tapahtumista ja ydinvoimalaitoksiin tehdyistä turvallisuutta parantavista

muutoksista. Tarpeen mukaan raportoidaan muiden maiden ydinvoimalaitosten merkittävistä tapahtumista.

Raportti perustuu STUKin valvontatoiminnassa saamiin tietoihin ja tekemiin havaintoihin. Tapahtumien turvallisuusmerkityksen kuvaamisessa käytetään ydinlaitostapahtumien kansainvälistä INES-asteikkoa (International Nuclear Event Scale).

## 2 Suomen ydinvoimalaitokset

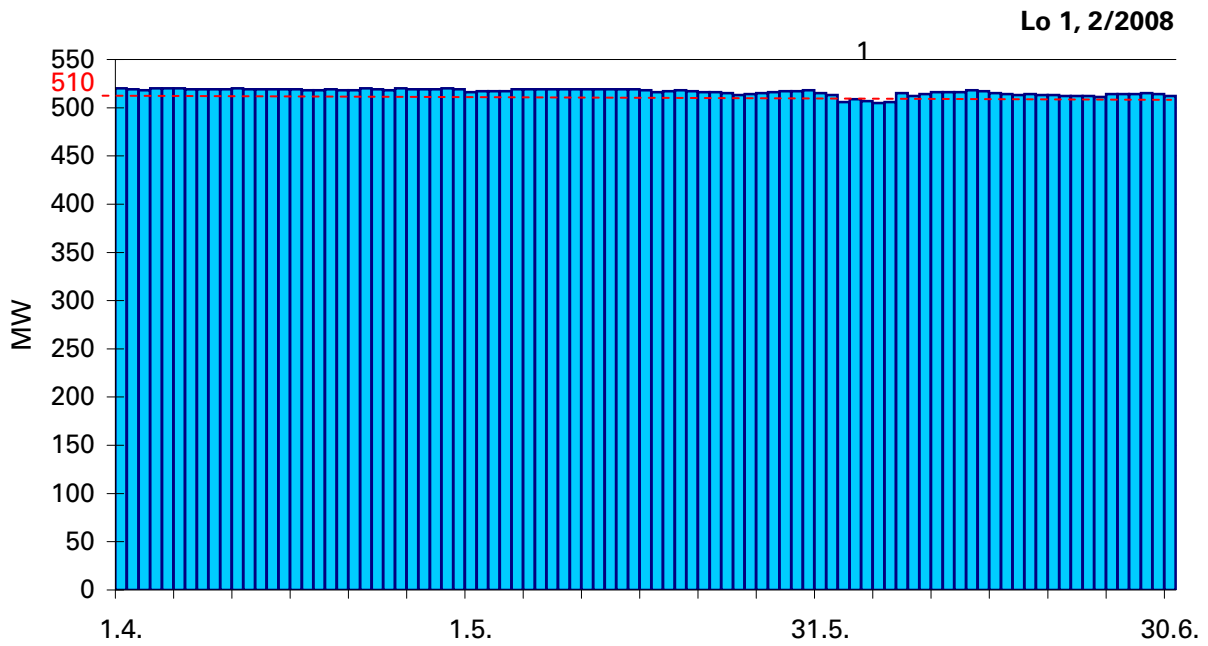
*Erja Kainulainen, Jarmo Konsi, Riku Mattila, Suvi Ristonmaa,  
Petteri Tiippa, Antti Tynkkynen, Kim Wahlström*

### 2.1 Loviisa 1 ja 2

#### 2.1.1 Käyttö ja käyttötahtumat

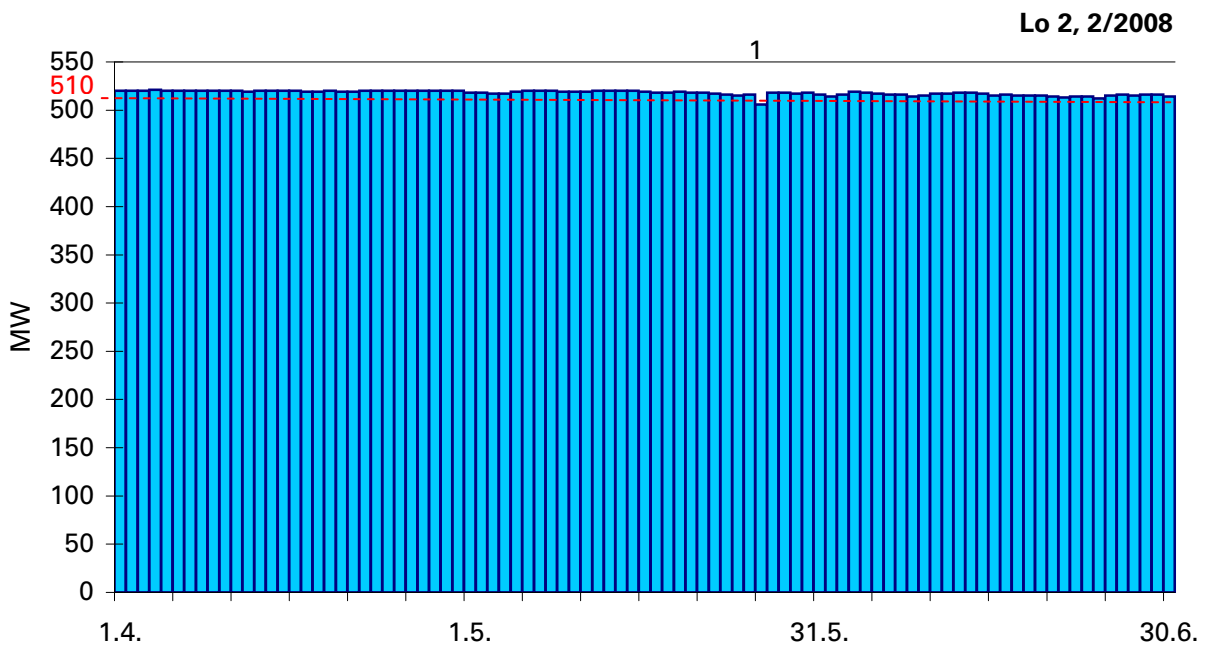
Loviisan molemmat laitosyksiköt olivat tuotantokäytössä koko vuosineljänneksen. Loviisa 1:n energiakäyttökerroin vuosineljänneksellä oli 101,2 % ja Loviisa 2:n 101,4 %. Energiakäyttökerroin kuvaa tuotetun sähköenergian suhdetta energiaan, joka olisi voitu tuottaa, jos laitosyksikkö olisi toiminut koko tarkasteluajan nimellisteholla. Tuotetun säh-

köenergian määrä riippuu myös turbiinille johdetun höyryn lauhduttamiseen käytetyn meriveden lämpötilasta. Mitä kylmempää merivesi on, sitä suurempi teho turbiinista saadaan. Tällöin energiakäyttökerroin voi ylittää arvon 100 %. Laitosyksiköiden reaktoreiden suurin sallittu lämpöteho on määritelty laitosyksiköiden käyttöluvis- sa. Sähköntuotantoa kuvaavat diagrammit ja tehonalennusten syyt esitetään kuvissa 1 ja 2.



1. Korkeapaineturbiinin väliottohöyryä käyttävät syöttöveden esilämmittimet erotettuina vesityslinjojen korjauksen vuoksi.

**Kuva 1.** Loviisa 1:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho huhti–kesäkuussa 2008.



1. Säätosauvan putoaminen pientaajuusmuuttajan vian vuoksi.

**Kuva 2.** Loviisa 2:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho huhti–kesäkuussa 2008.



## 2.2 Olkiluoto 1 ja 2

### 2.2.1 Käyttö ja käyttötapahtumat

Olkiluodon laitosyksiköillä 1 ja 2 oli vuosihuolto-  
seisokit, joista on erilliset kuvaukset jäljempänä  
tässä luvussa. Olkiluoto 1:llä oli lähes neljän vuoro-  
kauden tuotantokatkos, kun reaktoripikasulun  
aiheuttaneen generaattorin jännitesäätäjän virhe-  
toiminnan syytä selvitettiin. Molempien laitosyk-  
siköiden tehoa rajoitettiin, koska pääkiertopump-  
pujen hallittuun alasarjaan tarvittavat huimamas-  
sageneraattorit todettiin käyttökunnottomiksi.  
Lisäksi Olkiluoto 1:llä oli lyhyt tuotantokatkos  
7.6.2008, kun korkeapaineturbiinin säätöventtiiliä  
korjattiin. Olkiluoto 1:n energiakäyttökerroin vuosi-  
neljänneksellä oli 74,6 % ja Olkiluoto 2:n 88,8 %.  
Energiakäyttökerroin kuvaa tuotetun sähköenergi-  
an suhdetta energiaan, joka olisi voitu tuottaa, jos  
laitosyksikkö olisi toiminut koko tarkasteluajan  
nimellisteholla. Laitosyksiköiden reaktoreiden  
suurin sallittu lämpöteho on määritelty laitosyksi-  
köiden käyttöluvuissa. Laitosyksiköiden sähköntuo-  
tanta vuosineljänneksellä kuvaavat diagrammit  
ja tehonalennusten syyt esitetään kuvissa 3 ja 4.

### Vuosihuollot

Olkiluoto 2:n polttoaineenvaihtoseisokki oli 4.–  
12.5.2008 ja Olkiluoto 1:n huoltoseisokki 13.5.–  
3.6.2008. Vuosihuollolla varmistetaan edellytykset  
käyttää voimalaitosta tehokkaasti ja turvallisesti  
tulevina käyttöjaksoina. STUKin tehtävänä on  
valvoa, että ydinvoimalaitos on turvallinen vuosi-  
huollon ja tulevien käyttöjaksojen aikana eikä  
vuosihuollosta aiheudu säteilyvaaraa työnteki-  
jölle, väestölle tai ympäristölle. STUK valvoi tätä  
tarkastamalla säännöstössä edellyttämiään asia-  
kirjoja kuten seisokkisuunnitelmia ja muutostyö-  
aineistoja sekä tekemällä tarkastuksia vuosihuol-  
lon aikana laitospaikalla.

STUK voi valvontansa perusteella todeta, että  
TVO pystyy suunnittelemaan ja toteuttamaan vuosi-  
huollon turvallisesti. Olkiluoto 1:n vuosihuollos-  
sa oli useita merkittäviä tapahtumia kuten turvali-  
suusteknisten käyttöehtojen (TTKE) vastainen  
säätösauvan ajo, dieselgeneraattoreiden käynnis-  
tysilmamootoreiden tiivisteviat ja reaktoripika-  
sulku. Merkittävimpänä muutoksena on käyttöta-  
pahtumien määrän lisääntyminen. Olkiluoto 2:lla

tapahtui kolme reaktoripikasulku käyttäjaksolla  
2007–2008. TVO käynnistää selvitykset tapahtu-  
mien läpikäymiseksi ja arvioimiseksi. Vuosihuollon  
aikaisia tapahtumia kuvataan tarkemmin jäljem-  
pänä tässä raportissa.

### Olkiluoto 2:n vuosihuolto

Olkiluoto 2:n polttoaineenvaihto- ja huoltoseisokki  
oli 4.–12.5.2008. Laitosyksikkö oli pois sähköntuo-  
tannosta noin kahdeksan vuorokautta. Seisokin  
aikana neljäsosa polttoaineesta vaihdettiin tuoree-  
seen. Isoja huolto- ja muutostöitä ei tehty.

Vuosihuollossa tehtiin korjauksia, jotka liittyi-  
vät edeltävällä käyttöjaksolla tapahtuneisiin käyt-  
töhäiriöihin. Tällaisia olivat mm. pikasulkuventtiili-  
lien vaihdot huollettuihin, ulospuhallusjärjestel-  
män tyhjänmurtaajaventtiilien ruuvien kiinnitykset  
sekä pääkiertopumpun huolto ja takaisinpyörinnä-  
nestolaitteen tarkastus.

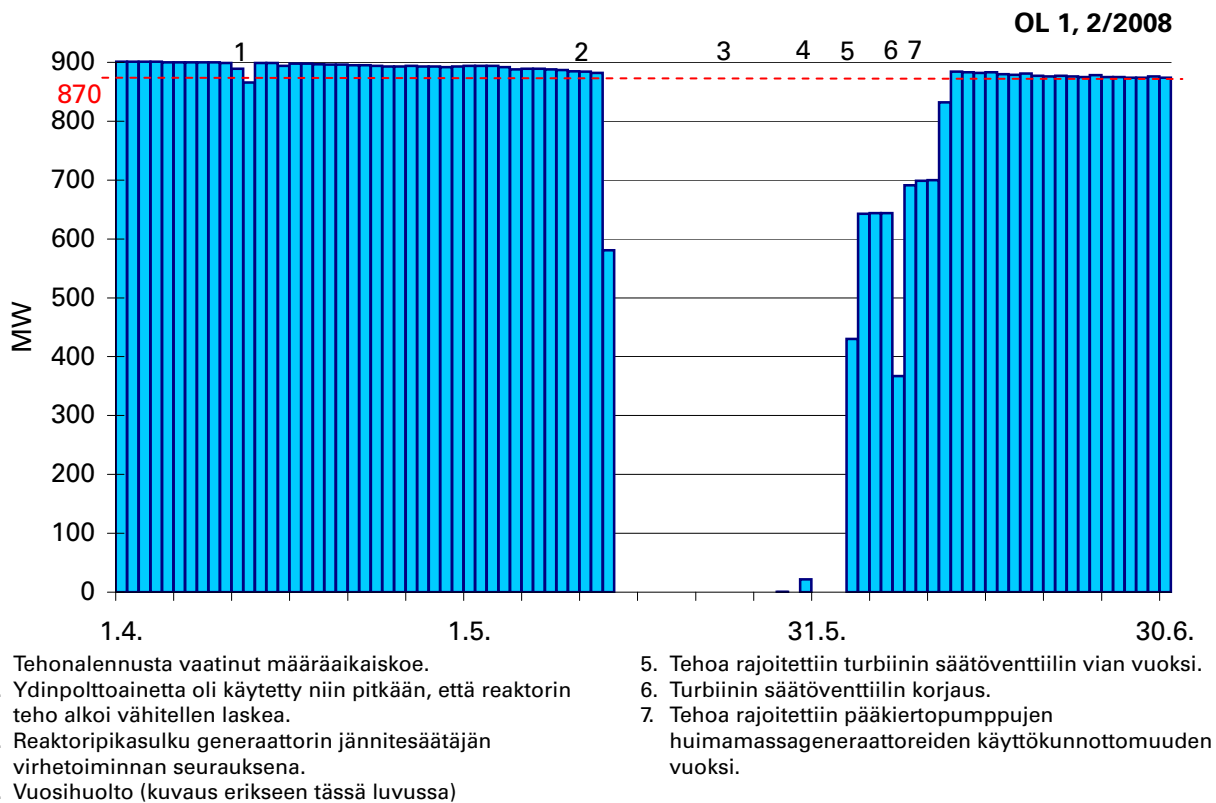
Olkiluoto 2:n reaktoriveden pinnankorkeu-  
den mittauksessa esiintyvä häiriö on aiheuttanut  
ongelmia ajettaessa reaktoria sammutustilaan.  
Esimerkiksi vuosihuollon alasarjassa 21.5.2007  
laukesi reaktoripikasulku. TVO on arvioinut, että  
häiriön aiheuttaa pinnankorkeuden mittauksen  
impulssiputkessa tapahtuva veden kiehuminen.  
Vuosihuollossa 2008 testattiin, voidaanko häiriö  
estää jäähdyttämällä impulssiputkia. Kokeen ai-  
kana yhden mittauskanavan impulssiputkea jääh-  
dytettiin tilapäisjärjestelyin paineilmajärjestel-  
män avulla. Tulokset olivat lupaavia ja TVO pohtii  
jatkotoimia niiden perusteella.

Olkiluodon uudelta kaasuturbiinilaitokselta kyt-  
kettiin laitosyksikölle yhteys, ja sille tehtiin käyt-  
töönottokokeita vuosihuollon päätteeksi. Yhteys on  
tärkeä, koska sen avulla varmistetaan voimalai-  
toksen sähkönsyöttöä. Kaasuturbiinilaitosta tar-  
vitaan häiriötilanteessa, jossa menetetään yhteys  
valtakunnan sähköverkkoon, eikä sitä kautta enää  
saada sähköä voimalaitoksen järjestelmille.

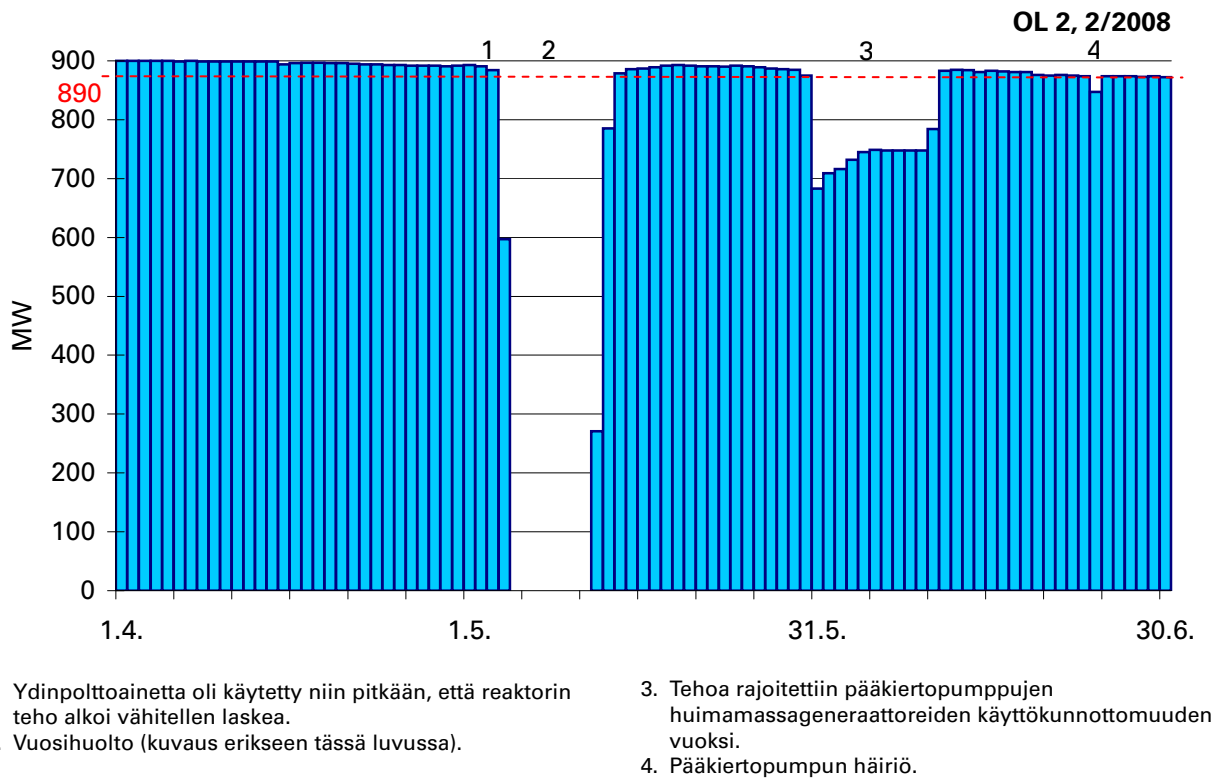
Vuosihuollon aikana tehdyissä tarkastuksis-  
sa havaittiin reaktorin höyrynkuivaimessa säröjä.  
Säröjen takia TVO arvioi kuivaimen kuntoa ja  
käytön turvallisuutta. STUK hyväksyi höyryn-  
kuivaimen asentamisen takaisin reaktoriin, kuten  
TVO esitti arviointinsa perusteella. Kyseinen kui-  
vain asennettiin reaktoriin uutena vuosihuollossa  
2005, mutta jo seuraavassa vuosihuollossa havait-

tiin virtauksen ohjauslevyjen irronneen osittain. Reaktoriin asennettiin vanha höyrykuivain käyttöjakson 2006–2007 ajaksi ja uudesta kuivaimesta

poistettiin ohjauslevyt. Uusi kuivain asennettiin takaisin reaktoriin vuoden 2007 vuosihuollossa.



**Kuva 3.** Olkiluoto 1:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho huhti–kesäkuussa 2008.



**Kuva 4.** Olkiluoto 2:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho huhti–kesäkuussa 2008.

### Olkiluoto 1:n vuosihuolto

Olkiluoto 1:n huoltoseisokki kesti noin 18,5 vuorokautta. Seisokki oli noin viisi vuorokautta suunniteltua pidempi. Viivettä aiheuttivat reaktorisydämeen siirretyn tuoreen polttoainepun juuttuminen positioonsa 23.5.2008 sekä 30.5.2008 tapahtunut reaktoripikasulku ja sen jälkeen tehdyt korjaustyöt.

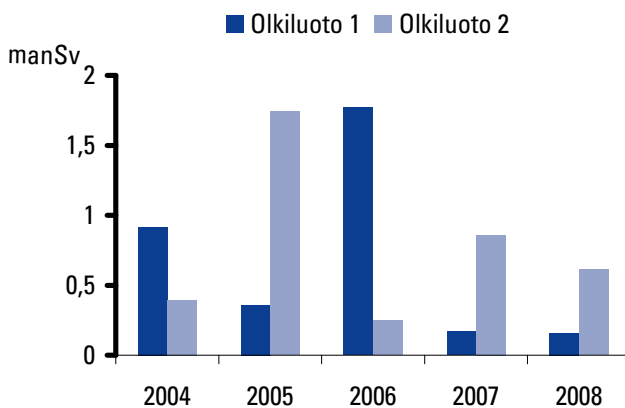
Laitoksen vuosihuollossa ei tehty suuria modernisointeja. Sammutetun reaktorin jäähdytysjärjestelmän yksi venttiili vaihdettiin uudentyypiseen, poistokaasujärjestelmän säteilymittausjärjestelmän laitteet uusittiin, turbiinilaitoksen väliottohöyryjärjestelmän putkistoja uusittiin, kaksi matalapaineturpiinia avattiin ja tarkastettiin, generaattorin magnetointikone modernisoitiin ja jännitesäätäjä vaihdettiin.

TVO havaitsi Olkiluoto 1:n ylösajossa tehdyissä kokeissa yhden korkeapaineturpiinin säätöventtiilin toiminnassa poikkeavuutta. Venttiilin toimilaitte vaihdettiin 7.6.2008. Laitosyksikkö kytkettiin irti valtakunnan sähköverkosta noin yhdeksän tuntia kestäneen työn ajaksi.

### Vuosihuoltojen säteilyannokset

Suurin osa ydinvoimalaitostyöntekijöiden säteilyannoksista kertyy voimalaitoksen vuosihuollon aikana. Seisokin aikana työskennellään tiloissa, joiden säteilytasot voivat olla muuta valvontaluuetta korkeampia. Lisäksi avataan järjestelmiä, joihin on kertynyt radioaktiivisia aineita voimalaitoksen käytön aikana.

Säteilyannokset olivat pieniä, eivätkä ne ylittäneet säännöstössä asetettuja rajoja. Olkiluoto 2:n seisokin työntekijöiden yhteenlaskettu (kollektiivinen) säteilyannos oli 0,16 manSv ja Olkiluoto 1:lla



**Kuva 5.** Olkiluodon laitosyksiköiden vuosihuolloissa kertyneet työntekijöiden kollektiiviset säteilyannokset.

työskennelleiden 0,61 manSv. Suurin henkilökohtainen säteilyannos Olkiluoto 2:lla oli 2,4 mSv ja Olkiluoto 1:llä 8,1 mSv.

Höyrynkuiivainten uusiminen molemmilla laitosyksiköillä vuosina 2005–2007 pienentää turbiinilaitoksella kertyviä säteilyannoksia. Höyryputkissa kulkevan höyryn kosteus ja kosteuden mukana kulkeutuvien radioaktiivisten aineiden pitoisuus on pienentynyt. Turbiinilaitosten säteilytasot ovat siten laskeneet.

### Viikoittaisen jalokaasunäytteen ottamatta jääminen Olkiluoto 1:llä

Olkiluoto 1:llä jäi ottamatta jalokaasunäyte vuosihuoltoviikolla 19.–25.5.2008. Kyseessä on kaasunäyte, joka kerätään poistokaasupiipusta ja analysoidaan laboratoriossa. Näytteen avulla saadaan tietoa mahdollisen päästön koostumuksesta (mitä nuklideja ja kuinka paljon). Voimalaitoksen raportoimat jalokaasupäästöt ilmakehään perustuvat näihin mittauksiin. Turvallisuustekniset käyttöehdot (TTKE) edellyttävät, että näyte otetaan laitoksen kaikissa käyttötiloissa kerran viikossa.

Mahdollinen päästö ilmakehään olisi havaittu tapahtumasta huolimatta. Poistokaasupiipun kautta virtaavan ilman jalokaasupitoisuutta valvotaan myös jatkuvatoimisilla mittauskanavilla. Jos nämä mittaukset olisivat ilmoittaneet päästöstä, myös tihennetty näytteenotto olisi käynnistynyt.

Syynä tapahtumaan oli inhimillinen virhe. Tapahtuma luokiteltiin kansainvälisellä ydinlaitostapahtumien vakavuusasteikolla (INES) luokkaan 0.

### Säätösauvan ajo turvallisuusteknisten käyttöehtojen vastaisesti Olkiluoto 1:llä

Vuosihuoltoseisokin aikana 29.5.2008 Olkiluoto 1:n yhtä säätösauvaa ajettiin ulos reaktorista turvallisuusteknisten käyttöehtojen (TTKE) vastaisesti ilman kirjallista ohjetta.

Reaktorisydämessä on mittausantureita eli sondeja, joilla mitataan neutronivuota. Sondit on asennettu polttoainepiippujen väliin suojaputkien sisään. Kun reaktori on pienellä teholla tai sammutettuna, mittaukseen käytetään ns. SIRM-järjestelmää, johon kuuluu kahdeksan sondia. SIRM-järjestelmän viiteen suojaputkeen oli edeltävissä vuosihuolloissa asennettu jatkoholkit, joilla varmistetaan yläpään tuentaa. Neljä näistä suojaputkista vaihdettiin uusiin vuosihuollossa 2008,

ja yksi poistettiin käytöstä. Samalla poistettiin jatkoholkit. Holkin irrotusta varten jouduttiin poistamaan sondin ympärillä olevat polttoaineputket. Lisäksi suoja-putken vieressä olevaa säätösauvaa piti ajaa ulos reaktorisydäimestä 15–20 %. TTKE:n mukaan säätösauvoja saadaan vetää ainoastaan määrätyn sekvenssin, käyttömääräimen tai reaktori-insinöörin laatiman kirjallisen ohjeen mukaisesti. Ensimmäisen suoja-putken poistoon liittyvä säätösauvan ajo tehtiin kuitenkin TTKE:n vastaisesti ilman kirjallista ohjetta. Säätösauvan vieressä ei ollut polttoainepipuja, joten tapahtuma ei vaarantanut reaktorin kriittisyysturvallisuutta.

TVO on laatinut tapahtumasta ohjeen YVL 1.5 mukaisen erikoisraportin. Lisäksi TVO tekee perussyysanalyysin. Tapahtuman INES-luokka on 1.

### **Dieselgeneraattoreiden käynnistysilmamootoreiden tiivisteviat**

Molemmilla laitossyksiköillä on neljä dieselgeneraattoria, jotka käynnistyvät tarvetilanteessa syöttämään sähköä voimalaitoksen järjestelmille. Tällaisia tilanteita ovat mm. häiriöt, joissa menetetään yhteys valtakunnalliseen sähköverkkoon. Turvallisuusteknisten käyttöehtojen mukaan reaktoria saa käyttää rajoituksetta kolmen vuorokauden ajan silloin kun kaksi neljästä dieselistä on epäkunnossa, mutta kyseessä ei ole systemaattinen vika.

Olkiluoto 1:n yksi dieselgeneraattori ei käynnistynyt vuosihuollon ylösajossa tehtyjen reaktorin suojausjärjestelmän kokeiden yhteydessä 28.5.2008. Syyksi todettiin molempien käynnistysilmamootoreiden tiivistevien vaurioituminen. Käynnistysilmamootoreiden huolto-ohjelmaan ei kuulu tiivistevien vaihto, joten ikääntyminen ja ilman joukossa oleva voiteluöljy ovat aiheuttaneet tiivistevien haurastumisen.

Havainnon vuoksi TVO tarkasti kaikkien dieselgeneraattoreiden tiivistevet molemmilla laitossyksiköillä. Olkiluoto 1:llä viisi kahdeksasta tiivistevistä oli vaurioitunut ja Olkiluoto 2:lla yksi kahdeksasta. Tiivistevet vaihdettiin ja dieselien käynnistyminen testattiin 29.5.2008. Diesel käynnistyy kun toinen käynnistysilmamootori toimii. Olkiluoto 2:n kaikki neljä dieseliä olisivat siten todennäköisesti käynnistyneet tarvetilanteessa. Olkiluoto 1:llä oli riskinä, että kaksi dieseliä neljästä ei olisi käynnistynyt. Kaikki dieselit olivat käynnistyneet edeltävissä määräaikaikokeissa.

TVO laati tapahtumasta erikoisraportin. Tapahtuman INES-luokka on 1.

### **Reaktoripikasulku Olkiluoto 1:llä generaattorin jännitesäätäjän häiriön seurauksena 30.5.2008**

Olkiluoto 1:llä alkoi generaattorin jännite kasvaa vuosihuollossa asennetun uuden jännitesäätäjän virhetoiminnan seurauksena, kun laitosta oltiin käynnistämässä vuosihuollon jälkeen 30.5.2008. Reaktoriteho oli 60 %. Sähköverkon suojalaitteet katkaisivat generaattorin ja voimalaitoksen pääyhteyden valtakunnan 400 kV sähköverkkoon. Varasähköyhteys 110 kV:n verkosta kytkeytyi kahden sekunnin katkon jälkeen automaattisesti syöttämään laitoksen järjestelmiä. Laitoskatkaisijan avautumisesta aiheutunut ylijännitepiikki pysäytti kaikki kuusi pääkiertopumppua, jotka kierrättävät jäähdytysvettä reaktoripaineastian sisällä. Myös pumppujen alarullausta hidastamaan tarkoitettujen huimamassat pysähtyivät ja osa pääkiertopumppujen ja huimamassojen ohjauselektronikasta vaurioitui. Häiriön seurauksena Olkiluoto 1:llä tapahtui turbiinipikasulku ja osittainen reaktoripikasulku, mitä seurasi välittömästi reaktoripikasulku, koska turbiiniventtiilien toimiöljypumput pysähtyivät ja höyryn ohjaaminen suoraan turbiinilauhduttimeen (ns. dumpsaus) estyi.

Apusyöttövesijärjestelmän neljä pumppua käynnistyivät suunnitellusti, ja kaksi niistä pumppassi vettä reaktoriin yhteensä yli kymmenen minuutin ajan. Reaktoriin pumpattu vesi oli kylmempää kuin reaktorissa ollut vesi, joten se painui reaktoripaineastian pohjalle. Pääkiertopumput eivät olleet käynnissä, joten vesi ei sekoittunut ja reaktoripaineastian ala- ja yläosan välille muodostui lämpötilaero. Valvomo käynnisti vastoin käyttöohjeita pääkiertopumput liian aikaisin, ja kylmempi vesi pääsi virtaamaan reaktorisydämen läpi. Lämpötilaero oli kuitenkin niin pieni, että pumppujen liian aikainen käynnistäminen ei tehtyjen arvioiden perusteella vaarantanut polttoaineen tai reaktorin sisäosien eheyttä tai säätösauvojen liikkuvuutta.

STUK edellytti, että TVO toimittaa hyväksyttäväksi selvityksen tapahtumasta ennen Olkiluoto 1:n käynnistämistä. Jos tapahtuma olisi sattunut reaktorin ollessa täydellä teholla, huomattavasti sallittua (0,1 %) suurempi osa polttoaineesta olisi joutunut lämmönsiirtokriisiin. Seurauksena olisi

saattanut olla polttoainevaurioita. STUK edellytti, että Olkiluoto 1:n ja Olkiluoto 2:n käyttö suunnitellaan ja toteutetaan niin, että polttoaineelle sovellettavissa käyttörajoissa ei käyttöhäiriöiden yhteydessä oteta huomioon huimamassageneraattorien vaikutusta pumppujen alarullaukseen ennen kuin ylijännitesuojaukseen liittyvät korjaavat toimenpiteet on tehty ja hyväksytty STUKissa. Käytännössä tämä tarkoitti, että Olkiluoto 1:ä ei käynnistetty ja Olkiluoto 2:lla TVO aloitti tehon alennuksen noin 80 %:iin. Olkiluoto 1 käynnistettiin osateholle 2.6.2008.

TVO toimitti STUKille 7.6.2008 muutosehdotuksen pääkiertopumppujen taajuusmuuttajien ylijännitesuojauksen parantamisesta. TVO esitti, että ylijännitteiden aiheuttamat pääkiertopumppujen hallitsemattomat pysähtymiset estetään tilapäisesti muuttamalla omakäyttöverkon suojarelettoimintoja. Lisäksi voimayhtiö tekee muutoksia laitoksen käyttöohjeisiin. STUK hyväksyi muutosehdotuksen ja ilmoitti tarkastavansa tehdyt muutostyöt laitospaikalla. Lisäksi edellytettiin, että TVO laatii 1.9.2008 mennessä suunnitelman pidemmän ajan muutostarpeista pääkiertopumppujen sähkökäyttöjen ylijännitekestoisuuden parantamiseksi.

Jännitesuojauksen muutokset valmistuivat molemmilla laitosyksiköillä 10.6.2008. Tarkastusten jälkeen aloitettiin tehonnosto 100 %:iin. Olkiluoto 2:n teho saavutti 100 % samana iltana ja Olkiluoto 1:n seuraavana iltana.

TVO laati tapahtumasta erikoisraportin. Tapahtuman INES-luokka on 1.

## 2.3 Olkiluoto 3

Vuoden 2008 toisella neljänneksellä STUK jatkoi Olkiluoto 3:n järjestelmien, laitteiden ja rakenteiden yksityiskohtaisten suunnitelmien tarkastamista sekä pääkomponenttien valmistuksen ja laitoksen rakennustöiden valvontaa.

Olkiluoto 3:n rakentamisessa turvallisuuden kannalta merkittävimmät työt olivat suojarakennuksen sekä turvallisuus- ja polttoainerakennusten seinien valut. Ulomman ja sisemmän suojarakennuksen seinän valuja jatkettiin. Valut ovat onnistuneet hyvin. Pohjalaatan pystypintojen kosteussuojan asentaminen aloitettiin. Seuraavien sisemmän suojarakennuksen pintaan tulevien teräsverhouksen osien yhteenhitsaus tehtiin ja osa asennettiin suojarakennuksen sisälle. Osan hitsaaminen pai-

kalleen onnistui hyvin. Polttoainerakennuksessa asennettiin ensimmäiset putkistot. Apu-, sivumerivesipumppaamo-, diesel- ja jäterakennusten rakennustöitä jatkettiin. Turbiinirakennus on rakennettu pääosiltaan valmiiksi ja rakennuksessa jatkettiin viimeistelytöitä ja laiteasennuksia. Turbiinin ulkoposien asennukset aloitettiin.

Pääkomponenttien valmistus jatkui Japanissa, Ranskassa ja Tsekin tasavallassa ja eteni ilman merkittäviä ongelmia. Reaktoripainesäiliön pinnoitteen lopputarkastukset on tehty ja säiliön painekoe on suunniteltu tehtäväksi syksyllä. Pääkiertopiirin putkien uudelleenvalmistusta jatkettiin. Tietyissä putkiston osissa materiaalin raekoko ylittää edelleen vaatimukset, mutta tästä huolimatta materiaali on STUKille esitettyjen tulosten perusteella voitu tarkastaa ultraääniteknikalla. Tarkastettavuuden paranemiseen on materiaalin raekoon pienenemisen lisäksi vaikuttanut raekoon tasalaatuisuus. Raekoon poikkeamien merkityksen käsittelyä jatketaan.

Laitoksen yksityiskohtaisen suunnittelun tarkastusta jatkettiin prosessi-, sähkö- ja automaatiojärjestelmien sekä laitteiden ja rakenteiden rakennesuunnitelmien osalta. STUK esitti vaatimuksia laitoksen automaation suunnittelusta ja toteutuksesta. Vaatimukset koskivat mm. automaation kokonaisarkkitehtuuria, automaatiojärjestelmien vikasietoisuutta, automaatiojärjestelmien välisten erotteluperiaatteiden toteutumista, tietoturvallisuuden huomiointia automaation suunnittelussa ja käytössä sekä automaation testaamista ennen sen asentamista laitokselle.

Vuosineljänneksen aikana STUK tarkasti Teollisuuden Voima Oyj:n projektin johtamista ja turvallisuusasioiden käsittelyä sekä laitoksen käyttösuunnitelmien ja -ohjeiden tarkastus- ja arviointitoimintaa rakentamisen aikaisen tarkastusohjelmansa mukaisesti. STUK edellytti tarkastusten tuloksena TVO:n projektin johtamiselta mm., että

- laitoksen toteutumisen vaatimustenmukaisuuden arviointia laajennetaan ja ohjeistetaan
- laatu-poikkeamien arvioinnin tuloksia hyödynnetään laajemmin TVO:n valvonnan ohjaamisessa,
- laitostoitimittajan projektijohtaminen auditoidaan
- rakentamisen aikaiset kokemukset kerätään systemaattisesti, raportoidaan ja hyödynnetään mahdollisia uusia projekteja silmälläpitäen.

### 3 Ydinjätehuolto

Ydinjätehuollon valvonnassa tärkeimmät kohteet ovat käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen valmistelu sekä ydinvoimalaitoksilla syntyvien matala- ja keskiaktiivisten jätteiden huolto.

#### Loppusijoituslaitoksen rakentamiseen valmistautuminen

STUK teki kansainvälisen asiantuntijaryhmän tukemana turvallisuusarvion käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen ns. Evoluutioaineistosta (POSIVA 2006-05), jossa kuvataan loppusijoitus-tilan kehittyminen ensimmäisen kapselin sijoittamisesta alkaen kolmessa ajanjaksossa ulottuen 450 000 vuoden päähän. Aineistossa tarkastellaan normaalikäytön lisäksi viallisten kapselien kehittymistä kahden eri ilmastoskenaarion avulla.

Arvioinnin perusteella STUK piti raporttia asetteittain tarkentuvan loppusijoitushankkeen tässä vaiheessa riittävänä ja metodologialtaan oikeasuuntaisena. Arviointi tehtiin verraten vuonna 2012 jätettävältä rakentamislupa-aineistolta vaadittavaan tasoon, jolloin STUKin mielestä aineistossa

- johtopäätösten perustelut eivät ole kaikilta osin riittäviä
- raportin tueksi tarvitaan tarkempia kvalitatiivisia analyysejä
- turvallisuustoimintojen yhteisvaikutusta tulee arvioida
- Olkiluodon paikalliset olosuhteet tulee huomioida paremmin
- tulee osoittaa, että loppusijoituskapselia ympäröivän bentoniittisaven toimintakyvyn heikkenemiseen johtavat ilmiöt eivät uhkaa turvallisuutta
- ilmaston kehityskulkua tulee perustella paremmin
- ikiroidan ulottuminen loppusijoitusyvyydelle ei ole poissuljettu.

STUK käynnisti vuoden toisella neljänneksellä Posivan ns. prosessiaineiston (POSIVA 2007-12) turvallisuusarvioinnin tukena kymmenjäseninen kansainvälinen arviointiryhmä. Aineistossa tarkastellaan loppusijoitustilojen ominaispiirteitä, tapahtumia ja prosesseja (ns. FEPs), prosessien ja ilmiöiden tärkeyttä turvallisuuden kannalta, niiden vaikutuksia loppusijoitusjärjestelmän toimintakykyyn, sekä prosesseihin liittyviä epävarmuuksia.

STUK päivitti kansainvälisen asiantuntijaryhmän tukemana tarkastelujakson lopulla paikka- tutkimusten ja loppusijoitustekniikan avoimet turvallisuuskysymykset. Merkittäviä Posivan kanssa käsiteltäviä turvallisuuskysymyksiä paikka- tutkimusten osalta olivat mm.

- kallion jännitustilojen mittaaminen syvällä kalliooperässä
- louhinnan aiheuttaman kallion vaurioitumisvyöhykkeen tutkimukset
- kalliooperän muuntuminen (alteration)
- pintavesien hydrologia
- pohjavesityyppien avaruudellinen 3D-jakauma Olkiluodossa
- hydrologian mallin määrittely
- pohjaveden suolaisuuden mallintaminen
- geologisten tutkimusten käyttäminen radionuklidien kulkeutumisen mallintamisessa
- loppusijoitustilan kalliooperän kemiallinen stabiilisuus.

Vastaavia turvallisuuskysymysten aiheita loppusijoitustekniikan osalta olivat mm.

- teknisten vapautumisesteiden (EBS) suunnitteluperusteet
- EBS:n komponenttien (loppusijoituskapseli, puskuri- ja täyteainemateriaalit) suunnitteluperusteet, valmistus, NDT, evoluutio ja ominaisuudet

- loppusijoituslaitoksen käyttövaiheeseen liittyvät kysymykset (esim. EBS:n komponenttien asentaminen ja QA/QC)
- EBS:n käyttäytyminen loppusijoituslaitoksen sulkemisen jälkeen leudon ilmaston, oletetun tulevan jääkauden ja sen jälkeisen ilmaston aikana.

STUK ja Posiva päivittävät avointen turvallisuus-kysymysten listoja kaksi kertaa vuodessa.

Loppusijoitustekniikkaan liittyviä turvallisuus-kysymyksiä ja Posivan suunnittelu- ja kehitystyötä käsiteltiin myös yksityiskohtaisesti STUK:n, STUK:n kansainvälisen asiantuntijaryhmän ja Posivan välisessä puolivuosisuorituskokouksessa.

### Maanalaisen tutkimustilan rakentaminen

Posiva Oy jatkoi Olkiluodossa vuonna 2004 aloitettua maanalaisen tutkimustilan (Onkalo) rakentamista. Posivan suunnitelmien mukaan Onkalo tulee toimimaan osana myöhemmin rakennettavaa loppusijoituslaitosta, joten tutkimustila tulee rakentaa ydinlaitosta koskevien vaatimusten mukaisesti.

Onkalon rakentaminen on jaettu viiteen louhintavaiheeseen, joista tarkastelujaksolla saatiin päätökseen kolmas. Rakentaminen koostuu poraus-räjäytystekniikalla tehtävästä ajotunnelin louhinnasta, pystykuilujen nousuporauksesta, louhittavan kallion etukäteistutkimuksista, kallion tiivistämisestä sementti-injektoinnilla sekä kallion lujittamisesta. Tarkastelujaksolla tunnelin louhinta alkoi pituussuunnassa 2894 m:n kohdalla ja eteni 3116 m:iin asti. Poistoilma- ja henkilökuilu ulottuivat tasolle 180 m syvyyteen. Tuloilmakuilun kuiluperät louhittiin syvyyksille 90 m ja 180 m. Tunnelin louhinta eteni Posivan aikataulun mukaisesti.

STUK valvoo yksityiskohtaisesti sekä Onkalon suunnittelua että rakentamista. Vuoden toisella neljänneksellä STUK hyväksyi Posivan toimintajärjestelmän. Toimintajärjestelmän tarkastuksessa STUK kiinnitti erityisesti huomiota Posivan toimintapolitiikkaan, organisaation vastuunjakoon ja järjestelmän kehittämiseen.

STUK hyväksyi Posivan laatiman suunnitelman siitä, mitä Onkalon lukuisista suunnitteluasiakirjoista pitää toimittaa STUK:lle ja milloin, sekä suunnitelman siitä, kuinka Onkalo rakentamisen edistymisestä ilmoitetaan STUK:lle. Nämä

suunnitelmat luovat rungon STUKin Onkalon suunnittelun ja rakentamisen valvonnalle.

STUK tarkasti hyväksyttäväksi toimitetut ”Tunnelivaihe 4” (tunnelin pituussuunnassa kohdasta 3117 m kohtaan 4340 m asti) kalliorakentamisen suunnitelmat, joita olivat louhintatyöselostus, kalliorakenteiden laadunvalvontaohje sekä louhinnan, injektoinnin ja lujituksen tyyppisuunnitelmat. STUK pyysi Posivalta suunnitelmista lisäselvityksiä mm. ennustettujen kalliorakenteiden sijainnin ja vaikutusten osalta. Suunnitelmien hyväksyntä oli edellytys Onkalon rakentamisen jatkamiselle.

STUK teki työmaalle säännöllisiä valvontakäyntejä noin kaksi kertaa kuukaudessa rakentamisen tilanteen mukaan. STUKin ja Posivan välillä pidettiin noin kerran kuukaudessa seurantakokouksia, joissa keskusteltiin Onkalon rakentamiseen ja valvontaan liittyvistä kysymyksistä. Vuoden toisella neljänneksellä STUK suoritti kolme tunnelin ruiskubetonointia edeltävää tarkastusta, joilla varmistettiin kalliopintojen kartoitustietojen riittävyys tunnelissa välillä 2600- 2900 metriä. Lisäksi STUK teki työmaakatselmuksen, joka oli ensimmäinen laatuaan. Katselmuksessa tarkastettiin rakennusdokumentaatio paaluvälillä 2800–2900 metriä.

STUK teki tarkastelujaksolla kaksi maanalaisen tutkimustilan rakentamisen tarkastusohjelman mukaista tarkastusta, joissa STUK tarkastaa Posivan rakennusorganisaatiota ja toimintatapoja. STUKin tarkastukset koskivat Onkalon rakentamisen projektin johtamista ja projektihallintaa sekä louhintamenettelyjä. Tarkastusten huomiot koskivat mm. organisaation itsearviointia ja kehittämistä sekä Onkalon toteuma-aineiston arkistointikäytäntöjä.

### Loviisan voimalaitoksen kiinteytyslaitos

STUK antoi luvan nestemäisten jätteiden kiinteytyslaitoksen koekäyttöön aktiivisella haihdutusjätteellä vuonna 2007. Koekäyttö päättyi vuoden 2008 ensimmäisellä neljänneksellä ja viimeiset tulosraportit toimitettiin STUKille kyseisen vuosineljänneksen loppuun mennessä. STUK hyväksyi tulosraportit huhtikuun alussa 2008.

Fortum pyysi 11.4.2008 lupaa jatkaa kiinteytyslaitoksen koekäyttöä aktiivisella haihdutusjätteellä tarkoituksena kouluttaa henkilökuntaa. STUK myönsi luvan, ja rajasi kiinteytettävien

jäteastioiden lukumäärän enintään kymmeneen. Jatkettu koekäyttö päättyi 22.5.2008, ja Fortum toimitti yhteenvedoraportin koekäytöstä STUKille 6.6.2008. Kiinteytetyt jäteastiat varastoitiin kiinteytyslaitoksen välivarastoon.

Fortumin suunnitelmien mukaan lupaa koekäytölle aktiivisella hartsijätteellä haetaan marraskuussa 2008 ja tuotannollisen toiminnan lupaa puuttuvien asiakirjojen valmistuttua.

### **Loviisan voimalaitoksen kiinteytetyn voimalaitosjätteen loppusijoituslaitos**

Loviisan voimalaitoksen keski- ja matala-aktiivisten jätteiden loppusijoituslaitokseen on rakennettu loppusijoitustila kiinteytetyille nestemäiselle jätteelle. Tätä loppusijoitustilan osaa ei ole vielä otettu käyttöön. Fortumin on haettava lupaa kiinteytetyn jätteen loppusijoitustilan käyttöönottoon ennen kuin sinne voidaan sijoittaa kiinteytetyjä jätteitä.

### **Voimalaitosjätteiden käsittelyn kehittäminen Loviisan voimalaitoksella**

Loviisan voimalaitoksella kehitetään voimalaitosjätteiden huoltoa ottamalla käyttöön keskitetyt tilat jätteiden käsittelyä, aktiivisuusmäärittystä ja tilapäisvarastointia varten. Näihin tarkoitukseen muunnetaan nykyisiä valvomattoman alueen kone- ja sähkökorjaamotiloja, jotka puolestaan siirtyvät uuteen rakennukseen.

Vuoden 2008 toisen neljänneksen aikana uudisrakennuksen työt olivat meneillään. Uusien jätehuoltotilojen suunnitelmia esiteltiin alustavasti STUKin tarkastajille voimalaitosjätehuollon määräaikaistarkastuksen yhteydessä kesäkuussa 2008. Fortumin tarkoitus on hakea STUKin hyväksyntä suunnitteludokumenteille liittyen jätehuollon käyttöön muunnettavien tilojen yhdistämiselle valvonta-alueeseen vuoden 2008 lopulla.



## LIITE 1

## YLEISTIEDOT SUOMEN YDINVOIMALAITOKSISTA



Kuva: Fortum Power and Heat Oy

Laitos-yksikkö	Käynnistys	Kaupallinen käyttö	Nimellissähköteho, (brutto/netto, MW)	Tyyppi, toimittaja
Loviisa 1	8.2.1977	9.5.1977	510/488	Painevesireaktori (PWR), Atomenergoexport
Loviisa 2	4.11.1980	5.1.1981	510/488	Painevesireaktori (PWR), Atomenergoexport



Kuva: Teollisuuden Voima Oy

Laitos-yksikkö	Käynnistys	Kaupallinen käyttö	Nimellissähköteho, (brutto/netto, MW)	Tyyppi, toimittaja
Olkiluoto 1	2.9.1978	10.10.1979	890/860	Kiehausvesireaktori (BWR), Asea Atom
Olkiluoto 2	18.2.1980	1.7.1982	890/860	Kiehausvesireaktori (BWR), Asea Atom
Olkiluoto 3	Rakentamislupa myönnetty 17.2.2005		n. 1600 (netto)	Painevesireaktori (PWR), Areva NP

Fortum Power and Heat Oy omistaa Loviisassa sijaitsevat Loviisa 1 ja 2 -laitosyksiköt ja Teollisuuden Voima Oy Eurajoen Olkiluodossa sijaitsevat Olkiluoto 1 ja 2 -laitosyksiköt sekä rakenteilla olevan Olkiluoto 3 -laitosyksikön.

## Ydinlaitostapahtumien kansainvälinen vakavuusasteikko (INES)

[www-news.iaea.org/news](http://www-news.iaea.org/news)

