

# Ydinvoimalaitosyksikön rakentamista koskeva periaate päätöshakemus – Loviisa 3





Fortum Power and Heat Oy  
PL 100  
00048 Fortum  
[www.fortum.fi](http://www.fortum.fi)

Ulkoasu: peak press & productions oy  
Paino: Art-Print Oy



# Fortum – kokenut ja luotettava suomalainen ydinvoimaosaaja

## Periaatepäätöshakemus

Fortum Oyj ja Fortum Power and Heat Oy pyytävät valtioneuvostolta periaatepäätöstä uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentamiseksi Loviisan kaupunkiin Hästholmenin saarelle.

## Fortumilla on osaaminen ja resurssit

Fortum on tuottanut yli kolmekymmentä vuotta sähköä ydinvoimalla Loviisassa. Ydinvoimalaitos on turvallisuudeltaan ja käytettävyydeltään maailman parhaita. Fortumin kotimaisissa ydinvoimatoiminnoissa työskentelee yli 600 henkilöä.

Fortum on vahva ja kokenut suomalainen ydinvoimaosaaja, jolla on osaaminen ja resurssit toteuttaa vaativa ydinvoimahanke laadukkaasti siten, että se täyttää kaikki suomalaiset ja kansainväliset turvallisuusvaatimukset. Fortumin vahva taloudellinen asema mahdollistaa hankkeen toteuttamisen ilman yhteiskunnan taloudellista tukea.

## Valmiiksi kaavoitettu alue, erinomainen sijainti ja valmis infrastruktuuri

Fortumin kokonaan omistama alue Loviisan Hästholmenin saarella soveltuu uuden ydinvoimalaitosyksikön rakennuspaikaksi. Alue on kaavoitettu tätä tarkoitusta varten ja siitä on kaikilta osin saatettu valmiiksi perusteellinen ympäristövaikutusten arviointi.

Loviisa on erinomainen sijoituspaikka uudelle ydinvoimalaitosyksikölle lähellä pääkaupunkiseudun talousaluetta. Fortumin nykyisten laitosten infrastruktuuria voidaan hyödyntää uuden ydinvoimalaitosyksikön toteutuksessa. Suojavyöhykkeisiin tai maanomistuksiin ei tarvita mainittavia muutoksia.

## Merkittävä vaikutus työllisyyteen

Hankkeella on huomattava myönteinen vaikutus talouteen ja työllisyyteen. Erityisen merkittävä se on Kymenlaakson ja Itä-Uudenmaan alueilla.

## Valmis ratkaisu ydinjätehuoltoon

Fortumilla on valmis ratkaisu sekä taloudelliset edellytykset huolehtia ydinjätteistä. Käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan Olkiluotoon Eurajoella, Teollisuuden Voiman ja Fortumin yhteisesti omistamaan loppusijoitustilaan. Loppusijoitustilaan mahduttavat omistajien nykyisten ja suunniteltujen laitosyksiköiden käytetty ydinpolttoaine. Vähä- ja keskiaktiivinen jäte loppusijoitetaan Hästholmenin saarelle laajentamalla nykyistä vähä- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitustilaa.

## Mahdollisuus kaukolämpöön

Loviisan sijainti pääkaupunkiseudun talousalueen välittömässä läheisyydessä tarjoaa mahdollisuuden kaukolämmön laajamittaiseen hyödyntämiseen ja hiilidioksidipäästöjen merkittävään vähentämiseen Suomessa.

## Hanke on yhteiskunnan kokonaisedun mukainen

Fortumin hanke tukee hallituksen esitystä uudeksi ilmasto- ja energiastrategiaksi. Strategia kannustaa investoimaan hiilidioksidipäästöttömään energiantuotantoon korostaen sähkön tuontiriippuvuuden vähentämistä sekä energian säästön ja tehokkuuden merkitystä.

Fortum myy tuottamansa sähkön markkinoille missä se on kaikkien sähkönkäyttäjien saatavilla.



# Ydinvoimalaitosyksikön rakentamista koskeva periaatepäätöshakemus – Loviisa 3

## Periaatepäätöshakemuksen (PAP) liitteet

1. Kaupparekisteriote, Fortum Power and Heat Oy ..... erillinen liite
2. Yhtiöjärjestys ja osakasrekisteri, Fortum Power and Heat Oy..... erillinen liite
3. Selvitys hakijan käytettävissä olevasta asiantuntemuksesta ..... 12
4. Selvitys ydinlaitoshankkeen yleisestä merkityksestä sekä sen tarpeellisuudesta, erityisesti maan energiahuollon kannalta sekä sen merkityksestä maan muiden ydinlaitosten käytön ja niiden ydinjätehuollon kannalta ..... 20
5. Selvitys hakijan taloudellisista toimintaedellytyksistä ja ydinlaitoshankkeen liiketaloudellisesta kannattavuudesta ..... 36
  - 5.1 Fortum-konsernin vuosikertomus 2007: liiketoimintakatsaus ja tilinpäätös ..... erillinen liite
6. Ydinlaitoshankkeen yleispiirteinen rahoitussuunnitelma ..... 42
7. Pääpiirteinen kuvaus suunnitellun ydinlaitoksen teknisistä toimintaperiaatteista ..... 46
8. Selvitys noudatettavista turvallisuusperiaatteista ..... 68
9. Pääpiirteinen selvitys ydinlaitoksen suunnitellun sijaintipaikan omistus- ja hallintasuhteista ..... 86
10. Selvitys ydinlaitoksen suunnitellun sijaintipaikan ja sen lähiympäristön asutuksesta ja muista toiminnoista sekä kaavoitusjärjestelyistä ..... 90
11. Selvitys suunnitellun sijaintipaikan sopivuudesta tarkoitukseensa ottaen huomioon paikallisten olosuhteiden vaikutus turvallisuuteen, turva- ja valmiusjärjestelyt sekä ydinlaitoksen vaikutukset ympäristöönsä ..... 98
12. Ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain mukaisesti laadittu arviointiselostus sekä selvitys suunnitteluperusteista, joita hakija aikoo noudattaa ympäristövahinkojen välttämiseksi ja ympäristörasituksen rajoittamiseksi ..... 106
  - 12.1. Ympäristövaikutusten arviointiselostus, Loviisan ydinvoimalaitoksen laajentaminen kolmannella voimalaitosyksiköllä, Fortum Power and Heat Oy ..... erillinen liite
13. Pääpiirteinen suunnitelma ydinpolttoainehuollosta ..... 120
14. Pääpiirteinen selvitys hakijan suunnitelmista ja käytettävissä olevista menetelmistä ydinjätehuollon järjestämiseksi ..... 128



Valtioneuvostolle

## Ydinvoimalaitosyksikön rakentamista koskeva periaatepäätöshakemus – Loviisa 3

**Fortum Oyj ja Fortum Power and Heat Oy pyytävät, että valtioneuvosto tekisi ydinenergialain 11 §:ssä tarkoitetun periaatepäätöksen siitä, että Loviisan nykyisten ydinvoimalaitosyksiköiden sijaintipaikalle, Loviisan kaupungissa olevalle Hästholmenin saarelle, suunnitellun uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentaminen on yhteiskunnan kokonaisedun mukaista.**

Periaatepäätöstä haetaan myös muille samalle laitospaikalle rakennettaville, uuteen ydinvoimalaitosyksikköön liittyville ydinlaitoksille. Näitä ovat tuoreen polttoaineen varastointiin, käytetyn polttoaineen välivarastointiin, vähä- ja keskiaktiivisen jätteen sekä purkujätteen käsittelyyn ja loppusijoitukseen tarvittavat laitokset.

Uuden ydinvoimalaitosyksikön käytetyn ydinpoltoaineen loppusijoitus toteutetaan laajentamalla Posiva Oy:n Eurajoelle Olkiluotoon suunnitellun käytetyn polttoaineen loppusijoitustilaa. Periaatepäätöstä uuden ydinvoimalaitosyksikön käytetyn ydinpoltoaineen loppusijoitukselle haetaan valtioneuvostolta erillisellä hakemuksella.

Yksityiskohtaiset perustelut Loviisa 3 -hankkeen toteuttamiseksi ovat tämän periaatepäätöshakemuksen liitteissä.

Tässä hakemuksessa tarkoitetaan hakijalla Fortum Power and Heat Oy:tä, Fortum Oyj:llä Fortum-konsernin emoyhtiötä ja Fortumilla Fortum-konsernia.

### Hakemuksen kohde

Hakemuksen kohteena on lämpötehoaan 2 800–4 600 megawatin (MW) suuruisen kevytvesireaktorilla varustetun ydinvoimalaitosyksikön rakentaminen Fortum Power and Heat Oy:n omistamalle ja tarkoitukseen kaavoitetulle alueelle Hästholmenin saarelle Loviisassa. Uusi ydinvoimalaitosyksikkö voi alustavien suunnitelmien mukaan olla käytössä vuonna 2020 ja sen suunniteltu käyttöikä on vähintään 60 vuotta.

Ydinvoimalaitosyksikkö tuottaa sähköä ja mahdollisesti myös kaukolämpöä. Sähköä tuottavan ydin-

voimalaitosyksikön sähköteho on laitostyyppistä riippuen 1 000–1 800 MW. Sähköä ja kaukolämpöä tuottavan ydinvoimalaitosyksikön kaukolämpöteho on noin 1 000 MW laitostyyppistä riippuen ja sähköteho 800–1 600 MW. Sähköä ja kaukolämpöä tuottavan ydinvoimalaitosyksikön energiahyötysuhde on huomattavasti parempi, kuin pelkästään sähköä tuottavan voimalaitosyksikön.

Hakija on selvittänyt usean ydinvoimalaitosvaihtoehdon soveltuvuutta. Selvitykset osoittavat, että tarjolla on kevytvesireaktorivaihtoehtoja, jotka täyttävät tai voidaan toteuttaa siten, että ne täyttävät Suomen kansainvälisestäikin tarkasteltuna tiukat turvallisuusvaatimukset. Selvityksiä eri laitosvaihtoehtoista, niiden ominaisuuksista ja turvallisuudesta on toimitettu ja toimitetaan Säteilyturvakeskukselle.

Myönteisen periaatepäätöksen jälkeen valtioneuvostolle tehtävässä rakentamislupahakemuksessa esitetään hankkeen yksityiskohtat ydinenergialain ja -asetuksen mukaisesti: toteutettava laitosvaihtoehto, toteutustapa, hankkeen laadunhallintatoimenpiteet, toteutusorganisaatio, yleispiirteinen selvitys ydinvoimalaitosyksikön suunnitellusta käyttöorganisaatiosta sekä muut tarvittavat selvitykset.

### Hakija

Periaatepäätöksen hakijana on Fortum Oyj:n kokonaan omistama tytäryhtiö Fortum Power and Heat Oy, jonka kotipaikka on Espoo. Yhtiön kaupparekisteriote, yhtiöjärjestys ja osakasrekisteri ovat hakemuksen liitteinä 1 ja 2.

Hankkeen toteuttajana ja ydinenergialaissa tarkoitetun rakentamisluvan ja käyttöluvan hakijana olisi ensisijaisesti Fortum Power and Heat Oy. Hankkeen toteuttaminen saattaa kuitenkin luoda mahdollisuuden, että siihen osallistuu Fortum Power and Heat Oy:n lisäksi myös muita sähköä tai lämpöä tarvitsevia yhteisöjä. Tässä tapauksessa hankkeen toteuttajana sekä rakentamisluvan ja käyttöluvan hakijana toimisi erillinen Fortum Power and Heat Oy:n perustama





lähtökohtaisesti omakustannusperiaatteella (Mankala-periaate) toimiva suomalainen osakeyhtiö, jossa olisivat osakkeenomistajina Fortum Power and Heat Oy:n lisäksi edellä tarkoitetut muut yhteisöt. Tällöinkin hankkeen toteuttamisesta vastaa Fortum Power and Heat Oy.

Fortum Oyj ja hakija pyytävät, että valtioneuvoston myönteinen periaatepäätös koskisi Fortum Power and Heat Oy:n lisäksi edellä selostettua mahdollista uutta osakeyhtiötä, josta yksityiskohtaiset tiedot annetaan, kun ne ovat käytettävissä ja viimeistään rakentamislupahakemuksen yhteydessä.

Hakija yhdessä muiden Fortum-konserniin kuuluvien yhtiöiden kanssa huolehtii yhtiösopimuksin ja muilla sopimusjärjestelyillä, että rakentamisluvan ja käyttöluvan haltijalla on riittävät taloudelliset mahdollisuudet hankkeen toteuttamiseen ja toiminnan harjoittamiseen sekä muut ydinenergialainsäädännössä asetetut edellytykset ydinenergian käyttöön.

Fortum Power and Heat Oy omistaa ja käyttää Loviisan Hästholmenin saarella sijaitsevaa ydinvoimalaitosta, joka koostuu vuosina 1977 (Loviisa 1) ja 1981 (Loviisa 2) kaupalliseen käyttöön otetuista ydinvoimalaitosyksiköistä. Yhtiö omistaa myös kokonaan Fortum Nuclear Services Oy:n, joka on yksi maan johtavista ydinvoimatekniikkaan perehtyneistä insinööritoimistoista.

Fortum Power and Heat Oy:n muut suurimmat omistukset ovat Teollisuuden Voima Oyj (26,16 %), Fortum Lämpö Oy, Espoo (100 %), Territorial Generating Company 1 Venäjällä (25,69 %), Posiva Oy (40 %), Fingrid Oyj (25,08 %), Kemijoki Oy (17,5 %) ja Fortum Termost As Virossa (97,74 %). Lisäksi hakija omistaa Inkoon voimalaitoksen ja vesivoimalaitoksia Imatralle ja Oulujoella sekä Meri-Porin kivihiihvoimalaitoksen. Fortum Power and Heat Oy:n liikevaihto vuonna 2007 oli 1 425 miljoonaa euroa, liikevoitto 846 miljoonaa euroa ja taseen loppusumma 2 710 miljoonaa euroa. Fortumilla on olemassa olevaan liike-toimintaan perustuvat taloudelliset edellytykset toteuttaa hanke. Tarkemmat tiedot hakijasta, hakijan ydinvoimaosaamisesta ja taloudellisesta asemasta ilmenevät tämän hakemuksen liitteistä.

Fortum Power and Heat Oy:llä on noin neljänkymmenen vuoden kokemus ydinvoimalaitosten suunnittelusta, rakentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta. Loviisan ydinvoimalaitos on ollut käytössä yli kolmekymmentä vuotta. Voimalaitos on turvallisuudeltaan ja käytettävyydeltään maailman parhaimpien ydinvoimalaitosten joukossa. Fortumin ydinvoimaliiketoimin-

noissa työskentelee yhteensä yli 600 henkilöä, joista Loviisan voimalaitoksella 470 ja Fortum Nuclear Services Oy:ssä 140.

Fortum on merkittävä ja aktiivinen omistaja Teollisuuden Voimassa sekä ruotsalaisissa Oskarshamin ja Forsmarkin ydinvoimalaitoksissa. Fortum osallistuu aktiivisesti omalla osaamisellaan turvallisuuden ja käytettävyyden kehittämiseen yhdessä näiden voimalaitosten pääomistajien ja haltijoiden kanssa.

Fortumin Loviisan nykyisten voimalaitosyksiköiden käyttöluvat ovat voimassa vuoden 2027 (Loviisa 1) ja vuoden 2030 (Loviisa 2) loppuun. Periaatepäätös uudesta ydinvoimalaitosyksiköstä on tehtävä tässä vaiheessa pitkien luvitusprosessien ja toteutusaikeiden takia, jotta taataan markkinoille, yhteiskunnalle ja teollisuudelle vakaat kehitysmahdollisuudet. On myös tärkeää varata laitostoimittajilta tarvittava kapasiteetti riittävän ajoissa, sillä kiinnostus ydinvoiman lisärakentamista kohtaan kasvaa kansainvälisesti.

Loviisan voimalaitos täyttää korkeat turvallisuus- ja laatuvaatimukset. Toiminta on sertifioitu ISO 14 001 -ympäristöstandardin ja OHSAS 18001 -työturvius- ja työturvallisuusstandardin mukaisesti. Fortum Nuclear Services Oy on sertifioitu ISO 9001 -laadunhallintastandardin ja osana Fortumin sähköntuotantosegmenttiä OHSAS 18001-standardin mukaisesti.

## Hanke on yhteiskunnan kokonaisedun mukainen

Nykyisen hallituksen hallitusohjelmassa on energiapoliitiikan tavoitteeksi asetettu kilpailukykyisen energian saannin turvaaminen ja kansainvälisten ympäristösitoumusten asettamien velvoitteiden täyttäminen. Tavoitteena on edistää monipuolista energiantuotantorakennetta, pitää huolta kansantalouden kilpailukykyistä ja nostaa energihuollon omavaraisuutta.

Suomen hallituksen marraskuussa 2008 eduskunnalle jättämän pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian tavoitteena on kannustaa investoimaan hiilidioksidipäästöttömään energiantuotantoon. Lisäksi strategia korostaa sähköenergian tuontiriippuvuuden vähentämistä sekä energian säästön ja tehokkuuden merkitystä.

Loviisa 3 -hanke on hallituksen ilmasto- ja energiastrategian mukainen ja luo mahdollisuuden korvata merkittävän määrän fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaa sähkön ja lämmön tuotantoa.

Fortumin näkemyksen mukaan myönteisen periaatepäätöksen edellytyksenä olevaa yhteiskunnan kokonaisedun vaatimusta on nyt kaksikymmentä vuotta ydinenergialain voimaantumisen jälkeen arvioitava sen jälkeen tapahtuneen kehityksen mukaisesti.

Vuonna 1995 tuli voimaan uusi sähkömarkkinalaki, joka on mahdollistanut tehokkaan kilpailun sähköntuotannossa ja sähkökaupassa. Sääntelyn alaisuuteen jäi sähkönsiirto järjestelmävastuineen. Sähköntuotantokapasiteettia rakennetaan ja käytetään kaupalliselta pohjalta. Sähkön tuonti ja vienti lisäävät markkinan tehokkuutta ja sähköjärjestelmän käyttövarmuutta.

Suomen sähkömarkkina on jo laajentunut pohjoismaiseksi. EU:n tavoitteena, johon Suomikin on sitoutunut, on yhteinen sähkön sisämarkkina. Pohjoismainen sähkömarkkina on jo nyt yhteydessä Keski-Euroopan markkinoihin siirtoyhteyksien ja yhteisten toimintapojen kautta. EU on nostanut keskeiseksi tavoitteekseen Baltian maiden integroimisen muun EU:n sähköverkkoon ja Itämeren ympäröivän yhteisen sähkömarkkinan luomisen. EU:n sähkömarkkinakehitys laajentaakin markkina-aluetta merkittävästi tulevilla vuosikymmenellä.

EU on asettanut tavoitteekseen, että maapallon keskilämpötilan nousu tulisi olla korkeintaan 2 °C verrattuna esiteolliseen aikaan. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään vuoteen 2020 mennessä 20 %:lla verrattuna vuoden 1990 päästöihin. Jos saadaan aikaan maailmanlaajuinen ilmastopöytäkirja, EU:n päästövähennystavoite nousee 30 %:iin. Vuoteen 2050 mennessä EU:n päästövähennysvaatimus on 60–80 % vuoteen 1990 verrattuna.

Fortumin käsityksen mukaan edellä kuvattu kehitys on otettava huomioon yhteiskunnan kokonaisuutena ja myös maan energiahuoltoa arvioitaessa.

### **Ydinenergialain uudistus 2008 huomioitu**

Uuden ydinvoimalaitosyksikön toteutuksessa täytetään ydinenergialain turvallisuutta koskevat vaatimukset. Johtava periaate on, että ydinenergian käytön turvallisuus pidetään mahdollisimman korkealla tasolla. Erityisesti huolehditaan syvyyssuuntaisen turvallisuusperiaatteen (toisiaan täydentävät peräkkäiset ja toisistaan riippumattomat turvallisuustoiminnot) toteutuksesta, varaudutaan käyttöhäiriöihin ja onnettomuuksiin sekä otetaan jo suunnittelussa huomioon uuden ydinvoimalaitosyksikön käyttötapa. Henkilöstön koulutuksesta huolehditaan hyvin ja voimalaitoksen johtamisjärjestelmässä otetaan huomioon etenkin turvallisuus ja järjestelmälliset toimintatavat sekä niiden säännöllinen arvioiminen ja kehittäminen. Hankkeelle luodaan asianmukaiset laa-

dunhallintajärjestelmät.

Turvajärjestelyt, turvavalvonta, varautuminen lain vastaisen toiminnan torjumiseen, valmiusjärjestelyt, rauhanomaisen käytön valvonta ja ydinvastuu toteutetaan uuden ja uudistuvan lainsäädännön mukaisesti.

## **Periaatepäätöshakemuksen perustelut**

Fortumin näkemyksen mukaan tärkeimmät keinot energia- ja ilmastopoliittisten tavoitteiden saavuttamiseksi ovat energian säästö, panostus uusiutuviin energialähteisiin, hiilidioksidin talteenottojärjestelmien kehittäminen fossiilisia polttoaineita käyttäviin voimalaitoksiin sekä ydinvoima. Fortum toteuttaa jo nyt kaikkea tätä yhteisillä pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Ydinvoimalla on ollut, ja tulee olemaan myös tulevaisuudessa, merkittävä rooli Suomen ja Pohjoismaiden energiantuotannossa. Uusiutuvat energialähteet ja ydinvoima ovat toisiaan tukevia vaihtoehtoja - molempia tarvitaan tulevaisuuden energiantuotannossa.

### **Huoltovarmuus paranee**

Energiategollisuus ry ja Elinkeinoelämän keskusliitto arvioivat, että Suomessa tarvitaan kansallisen omavaraisuuden näkökulmasta uutta sähköntuotantokapasiteettia 8 500 MW vuoteen 2030 mennessä. Uuden kapasiteetin tarve johtuu poistuvasta tuotantokapasiteetista, kasvavasta kysynnästä ja tarpeesta korvata fossiilisia polttoaineita käyttäviä voimalaitoksia hiilidioksidipäästöttömällä tuotannolla. Uutta kapasiteettia tarvitaan myös, koska sähköenergian osuus kokonaisenergian käytöstä kasvaa modernissa yhteiskunnassa.

Energian säästötoimenpiteillä ja panostuksilla uusiutuviin energialähteisiin ei yksin pystytä huolehtimaan sähköenergian saannin turvaamisesta edulliseen ja ennustettavaan hintaan tulevaisuudessa. Energiahuollon turvaamiseksi ja kansallisen kilpailukykyyn varmistamiseksi tarvitaan uutta hiilidioksidivapaata perusvoimaa, jota ydinvoiman lisärakentaminen edustaa.

Huoltovarmuusnäkökulmasta uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentaminen on perusteltua, koska se vähentää riippuvuutta ulkomaisesta tuontienergiasta, kuten sähköstä, öljystä, kivihiilestä ja maakaasusta. Ydinpolttoainekustannusten vaihtelu ei merkittävästi vaikuta tuotetun sähköenergian hintaan ja polttoaineen varmuusvarastointi on helppo toteuttaa.

Tehtäessä energiahuoltoon liittyviä päätöksiä on otettava huomioon, että nyt tehtävät ydinvoimaratkaisut vaikuttavat energiahuoltoon noin vuodesta 2020. Uuden ydinvoimalaitoksen suunniteltu käyttöikä on vähintään kaksikymmentä vuotta. Tämä korostaa energiahuollon turvaamiseksi tarvittavaa pitkäjänteisyyttä päätöksenteossa ja investoinneissa.



Edellä mainituin perustein Fortum Power and Heat Oy:n hanke uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentamiseksi on energiahuollon kannalta ja huoltovarmuusnäkökulmasta yhteiskunnan kokonaisedun mukainen.

### **Kilpailu sähkömarkkinoilla lisääntyä**

Vuoden 1995 sähkömarkkinalailla sähkön tuotanto siirrettiin sähkömarkkinoiden hoidettavaksi. Markkinatoimijat ylläpitävät ja rakentavat voimalaitospasiteettia kilpailu ja kysyntäarvioidensa pohjalta.

Suomi on osa Pohjoismaiden yhteisiä sähkömarkkinoita. Sähkön hinta muodostuu markkinoilla kysynnän ja tarjonnan mukaan. Ydinvoima tuo lisää kustannuksiltaan kilpailukykyistä ja vakaata perusvoimaa markkinoille. Rungas hiilidioksidivapaa sähköntuotanto, yhdessä toimivien markkinoiden kanssa, onkin pitänyt sähköenergian hinnan kilpailukykyisenä Pohjoismaissa.

Fortum myy käytännössä kaiken Pohjoismaissa tuottamansa sähkön yhteisille sähkön tukkimarkkinoille pohjoismaisen sähköpörssin Nord Poolin kautta, joten Fortumin tuottama sähkö on yhtäläisesti kaikkien sähkökäyttäjien saatavilla. Fortumin osuus Pohjoismaiden sähkön kokonaistuotannosta on tällä hetkellä noin 13 %.

Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla on runsaasti toimijoita, sähköntuotannossa yli 350 tuottajaa. Pohjoismaiset sähkömarkkinat ovat laajentumassa Euroopan unionin yhteiseksi sähkön sisämarkkinoiksi, mikä edelleen lisää kilpailua ja pienentää yksittäisten toimijoiden suhteellista markkinaosuutta.

Hakemuksen kohteena olevan Loviisa 3 -hankkeen toteutuminen lisää hiilidioksidivapaan sähkön tarjontaa pohjoismaisille ja Itämeren alueen laajentuville sähkömarkkinoille. Yhteisille markkinoille tuleva uusi ydinvoimakapasiteetti lisää kilpailua ja vähentää energiantuotannon hiilidioksidipäästöjä, mikä on yhteiskunnan kokonaisedun mukaista.

### **Sähköä ja kaukolämpöä tuottava ydinvoimalaitosyksikkö**

Loviisan voimalaitoksen sijainti pääkaupunkiseudun läheisyydessä tarjoaa myös mahdollisuuden laajamittaiseen lämpöenergian hyödyntämiseen kaukolämpönä. Voimalaitosyksikön toteuttaminen sähköä ja kaukolämpöä tuottavana on teknisesti mahdollista, kuten myös kaukolämmön siirtäminen pääkaupunkiseudulle. Fortumin omien asiakkaiden kaukolämmön tarve pääkaupunkiseudulla ei ole kuitenkaan riittävä siirtoyhteyden toteuttamiseksi, vaan se edellyttää yhteistyötä.

Pääkaupunkiseudun kaukolämmön kulutus on noin 11 terawattituntia (TWh) ja hiilidioksidipäästöt säh-

kön ja kaukolämmön tuotannosta ovat noin 6 miljoonaa tonnia vuodessa. Mikäli pääkaupunkiseudulla hyödynnetään maksimaalisesti uuden ydinvoimalaitosyksikön tarjoamaa kaukolämpöä, voidaan esimerkiksi 1 000 MW:n kaukolämpöteholla välttää jopa 4 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöt vuodessa. Tämän vaihtoehdon toteutuminen vähentää pääkaupunkiseudun sähkön ja kaukolämmöntuotannon hiilidioksidipäästöjä yli 60 %:lla ja Suomen hiilidioksidipäästöjä noin 6 %:lla. Hiilidioksidipäästöt vähenevät, kun maakaasun ja kivihien käyttöön perustuvaa yhdistettyä sähkön ja lämmön tuotantoa korvataan uuden ydinvoimalaitoksen tuottamalla kaukolämpöllä. Loviisa 3:n ajoitus sopii hyvin pääkaupunkiseudulla 2020-luvulla ikääntyvien ja uusimis päätöksiä edellyttävien sähköä ja kaukolämpöä tuottavien kivihii- ja maakaasuvoimalaitosten korvaamiseen.

Sähköä ja kaukolämpöä tuottava ydinvoimalaitosyksikkö tarjoaa parhaan mahdollisuuden vähentää hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi lämpökuormitus mereen voimalaitospaikalla laskee merkittävästi.

Mahdollisuus toteuttaa voimalaitosyksikkö sähköä ja kaukolämpöä tuottavana on yhteiskunnan kokonaisedun mukaista ja edesauttaa Suomea merkittävästi hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä.

### **Vaikutukset työllisyyteen ja alueen talouteen ovat merkittäviä**

Loviisan seudun keskeisin haaste on vanhempiin ikäryhmiin painottuva väestörakenne, joka rasittaa alueen kuntien taloutta. Väestörakenteen eheyttäminen edellyttää alueelle runsaasti työikäisiä ihmisiä tuovaa voimakasta elinkeinoelämän kasvua.

Kymenlaaksossa perinteinen teollisuus, erityisesti metsäteollisuus, on vähentänyt tuotantoaan, minkä seurauksena seutu on menettänyt tuhansia työpaikkoja. Kehitys lähivuosina on samansuuntainen, ellei alueen elinkeinoelämän edellytyksiä lisätä.

Uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentaminen Loviisaan tuo alueelle usean vuoden ajaksi useita tuhansia rakentamiseen liittyviä työpaikkoja. Pysyvät työpaikat voimalaitoksella ja alihankintayrityksissä tuovat merkittävän pysyvän lisäyksen koulutetun työvoiman määrään. Hankkeella on merkittävä vaikutus kuntaliitoksen seurauksena syntyvän uuden Loviisan kaupungin ja sen palvelurakenteen kehittymisessä.

Loviisa muodostaa itä-uusmaalaisten ja kymenlaaksolaisten näkökulmasta luontevan työssäkäyntialueen. Niin rakennus- kuin käyttövaiheenkin aikana työntekijät voivat asua kotonaan esimerkiksi Kotkan seudulla, Anjalankoskella ja Kouvolassa. Tämä lieventää merkittävästi teollisen rakennemuutoksen vaikutuksia Kymenlaaksossa.

Vaikutukset työllisyyteen ja alueen talouteen Lo-

viisan seudulla ja Kymenlaaksossa ovat merkittävät ja siten Loviisan ydinvoimalaitoksen laajentaminen uudella ydinvoimalaitosyksiköllä on yhteiskunnan kokonaisedun mukaista.

## Fortum toteuttaa hankkeen ilman yhteiskunnan taloudellista tukea

Ydinvoimalaitosyksikön rakentaminen on taloudellisesti kannattava investointi ja ydinvoima on edullisin sähkön ja myös lämmön perustuotantoon käytettävistä tuotantomuodoista. Hankkeen toteutuksessa voidaan hyödyntää Loviisan voimalaitoksen jo olemassa olevaa infrastruktuuria.

Fortumin kannattavuus ja taloudellinen asema mahdollistavat riittävän rahoituksen järjestämisen uudelle ydinvoimalaitosyksikölle. Investointi rahoitetaan lainoilla rahoituslaitoksilta ja pääomamarkkinoilta sekä mahdollisesti laitostoimittajan järjestämällä rahoituksella. Hankkeen toteutukseen ei tarvita yhteiskunnan taloudellista tukea.

Ydinvoimalaitosyksikön alustava kustannusarvio on 4-6 miljardia euroa sähköä tuottavalle yksikölle. Sähköä ja kaukolämpöä tuottava ydinvoimalaitosyksikkö ei ole juurikaan kalliimpi. Pääosa ydinvoimalla tuotetun sähkön kustannuksista muodostuu voimalaitoksen pääomakustannuksista, joihin verrattuna polttoainekustannukset ovat pienet. Polttoainekustannusten vaihtelut eivät merkittävästi vaikuta tuotetun sähkön hintaan, mikä tekee ydinvoimalla tuotetun sähkön hinnasta ennustettavan ja vakaan. Ydinvoimalla tuotetun sähkön hintaa eivät rasita myöskään hiilidioksidin päästökustannukset.

## Loviisa 3 on turvallinen

Uusi ydinvoimalaitosyksikkö suunnitellaan, toteutetaan ja sitä ylläpidetään ja käytetään siten, ettei vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle aiheudu. Hanke toteutetaan niin, että se täyttää suomalaiset lainsäädännölliset vaatimukset ja Säteilyturvakeskuksen sekä muiden viranomaisten määräykset. Lisäksi otetaan huomioon ulkomaiset kokemukset sekä kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n ja Western European Nuclear Regulator's Association WENRA:n ohjeet ja periaatteet.

Suunnittelun lähtökohtana on, että vakavan reaktorionnettomuuden todennäköisyys on pienempi kuin kerran sadassa tuhannessa vuodessa. Vastavasti todennäköisyyden, että tällainen vakava onnettomuus johtaisi suunnittelukriteerit ylittävään merkittävään päästöön, on oltava pienempi kuin

kerran kahdessa miljoonassa vuodessa.

Loviisan ydinvoimalaitoksen nykyisten yksiköiden toiminta on ollut turvallista. Käyttöhäiriöiden ja turvallisuuteen vaikuttavien tapahtumien lukumäärä on ollut vähäinen, eikä niistä ole aiheutunut radioaktiivisten aineiden päästöjä. Voimalaitoksen normaalisti toiminnasta aiheutuneet päästöt ovat olleet merkittävästi alle luparajojen ja henkilökunnan työsäähän saamat säteilyannokset ovat olleet pieniä.

## Loviisan Hästholmenin saari on sopiva sijoituspaikka

Uuden ydinvoimalaitosyksikön suunniteltu sijoituspaikka on Suomen etelärannikolla Loviisan kaupungissa sijaitsevalla Hästholmenin saarella, hakijan kahden nykyisen ydinvoimalaitosyksikön vieressä. Hästholmenin saari on kaavoitettu ydinvoimalaitospaikaksi, se täyttää ydinvoimalaitospaikalle asetetut vaatimukset ja aluetta on käytetty ydinsähkön tuotantoon jo yli 30 vuoden ajan. Uuden ydinvoimalaitosyksikön sijoittaminen alueelle ei aiheuta mainittavia muutoksia maa- ja vesialueiden käytölle.

Suunniteltu sijoituspaikka on riittävän kokoinen, jäähdytys- ja käyttövedettä on saatavilla, ja maa- ja kallioperän ominaisuudet ovat sellaiset, että uusi yksikkö voidaan rakentaa alueelle. Hanke ei vaaranna nykyisten ydinvoimalaitosyksiköiden turvallisuutta rakentamisen tai käytön aikana. Nykyisten yksiköiden toimintoja ja olemassa olevaa infrastruktuuria voidaan hyödyntää hankkeen toteutuksessa.

Suunnitellun ydinvoimalaitosyksikön ympäristövaikutuksia on arvioitu lainsäädännön edellyttämällä tavalla ja yhteysviranomaisen on antanut lausuntonsa ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta ja todennut sen riittäväksi hankkeen tässä vaiheessa. Arviointimenettelyn tulokset ja saadut lausunnot otetaan huomioon hankkeen suunnittelussa ja toteutuksessa. Uuden ydinvoimalaitosyksikön ympäristövaikutukset ovat paikallisia ja hallittavissa, ja rajoittuvat lähinnä lämpimän jäähdytysveden vaikutuksiin vesistöön valitun purkupaikan läheisyydessä.

## Ydinpolttoaine- ja ydinjätehuolto toteutetaan nykyisin järjestelyin

Uuden ydinvoimalaitosyksikön polttoainehankinta toteutetaan hajauttamalla ja kilpailuttamalla erikseen raakauraani, väkevöinti ja polttoaineniippujen valmistus tai ostamalla valmiita polttoaine-elementtejä. Kumpikin vaihtoehto mahdollistaa polttoaineen hankinnassa laajan kansainvälisen kilpailuttamisen ja riittävän toimitusvarmuuden. Polttoainehuollon

varmistamiseksi polttoainetta pyritään pitämään varastossa ainakin yhden vuoden tarpeen verran.

Hakija varmistaa ennen polttoaineen hankintaa, että polttoaineketjun kaikki vaiheet ovat ympäristö-, turvallisuus- ja laatusertifioituja kansainvälisten standardien mukaan. Lisäksi varmistetaan, että polttoaineketjun eri vaiheissa noudatetaan kyseisen maan lainsäädäntöä sekä IAEA:n ja WENRA:n ohjeita ja menettelyitä.

Uuden ydinvoimalaitosyksikön luvanhaltija vastaa uuden ydinlaitoksen ydinjätehuollosta, siihen varautumisesta ja sen kustannuksista voimassa olevan lainsäädännön mukaan. Vastaavat menettelyt ovat käytössä olemassa olevilla ydinvoimalaitosyksiköillä.

Uuden ydinvoimalaitosyksikön vähä- ja keskiaktiivinen jäte, sekä aikanaan voimalaitoksen purkujäte, loppusijoitetaan laajentamalla Hästholmenin saarella olevaa vähä- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitustilaa. Loppusijoitus voidaan toteuttaa turvallisesti nykyisillä menetelmillä ja ratkaisuilla.

Käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan Olkiluotoon Eurajoella. Loppusijoituksen käytännön toteutuksesta huolehtii Posiva Oy, jonka Teollisuuden Voima Oyj ja Fortum Power and Heat Oy ovat perustaneet käytetyn ydinpolttoaineensa loppusijoitusta varten.

Posiva Oy on käynnistänyt ympäristövaikutusten arvioinnin loppusijoituslaitoksen laajentamiseksi Loviisa 3 -hanketta varten 3 000 uraanitonilla yhteensä 12 000 uraanitonniin. Ympäristövaikutusten arvioinnin valmistuttua ja yhteysviranomaisen lausunnon jälkeen Posiva Oy hakee periaatepäätöstä Loviisa 3 -ydinvoimalaitosyksikön käytetyn polttoaineen loppusijoitukselle.

Ydinpolttoainehuollon elinkaari on selostettu lähemmin hakemuksen liitteissä, jotka käsittelevät muun muassa pääpiirteistä suunnitelmaa ydinpolttoainehuollosta sekä selvitystä hakijan suunnitelmista ja käytettävissä olevista menetelmistä ydinjätehuollon järjestämiseksi.

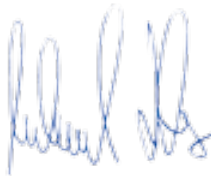
Hakija toimittaa pyydettyä tai oma-aloitteisesti tarvittavat lisäselvitykset tai hakemuksen täydennykset.

Espoo 5. päivänä helmikuuta 2009

FORTUM OYJ



Peter Fagernäs  
Hallituksen puheenjohtaja, Fortum Oyj




Mikael Lilius  
Toimitusjohtaja, Fortum Oyj

FORTUM POWER AND HEAT OY

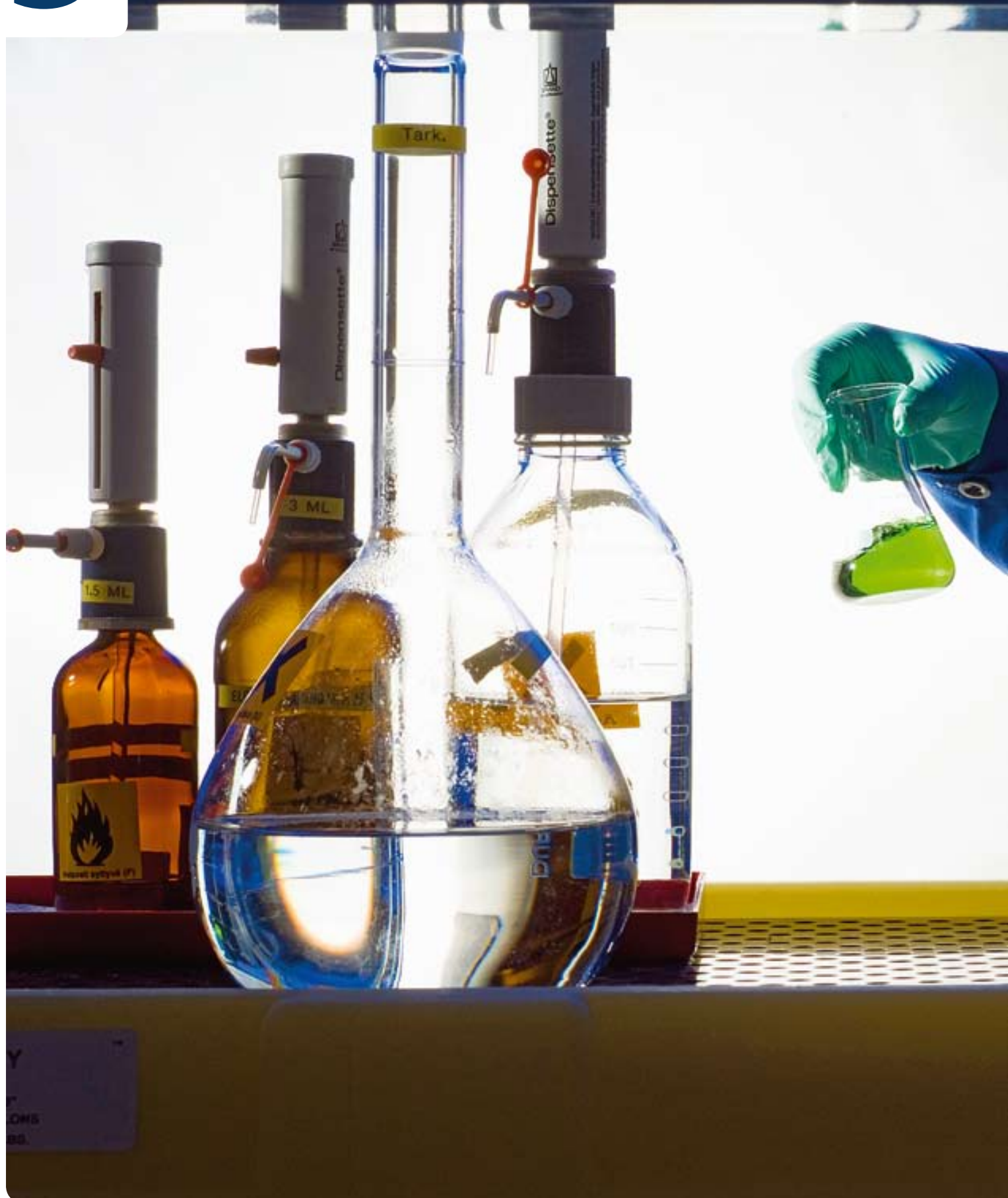


Tapio Kuula  
Toimitusjohtaja, Fortum Power and Heat Oy



Matti Ruotsala  
Yksikönjohtaja, Fortum Power and Heat Oy, Generation

# 3









# LIITE 3

## Selvitys hakijan käytettävissä olevasta asiantuntemuksesta

### SISÄLTÖ

1 YLEISTÄ .....	12
2 FORTUMIN YDINVOIMATEKNIIKAN ASIANTUNTEMUS .....	12
3 ASIANTUNTEMUKSEN YLLÄPITÄMINEN JA OSAAMISEN KEHITTÄMINEN .....	13
3.1 Tukiorganisaation asiantuntemuksen ylläpitämiseen ja osaamisen kehittämiseen tähtäävät toimet .....	13
3.2 Käyttöorganisaation osaamisen hallinta .....	14
3.3 Tutkimus- ja kehitystoiminta ja ulkoiset asiakkaat vahvistamassa asiantuntemusta ..	15
4 ULKOPUOLINEN ASIANTUNTEMUS .....	16
5 LOVIISA 3 -HANKKEEN ORGANISAATIO .....	16

### 1 Yleistä

Fortum on yksi Pohjoismaiden ja Itämeren alueen johtavista energiayhtiöistä, jonka toimialana on sähkön ja lämmön tuotanto ja myynti sekä sähkön siirto. Fortumin tuottamasta sähköstä merkittävä osuus tuotetaan ydinvoimalla. Fortum omistaa ja käyttää kahta ydinvoimalaitosyksikköä (Loviisa 1 ja 2). Lisäksi Fortum omistaa osuuksia ruotsalaisista Oskarshamnin ja Forsmarkin ydinvoimalaitosyksiköistä ja on osakkaana Teollisuuden Voima Oyj:n kahdessa käyvässä ydinvoimalaitosyksikössä (Olkiluoto 1 ja 2) sekä rakenteilla olevassa ydinvoimalaitosyksikössä (Olkiluoto 3).

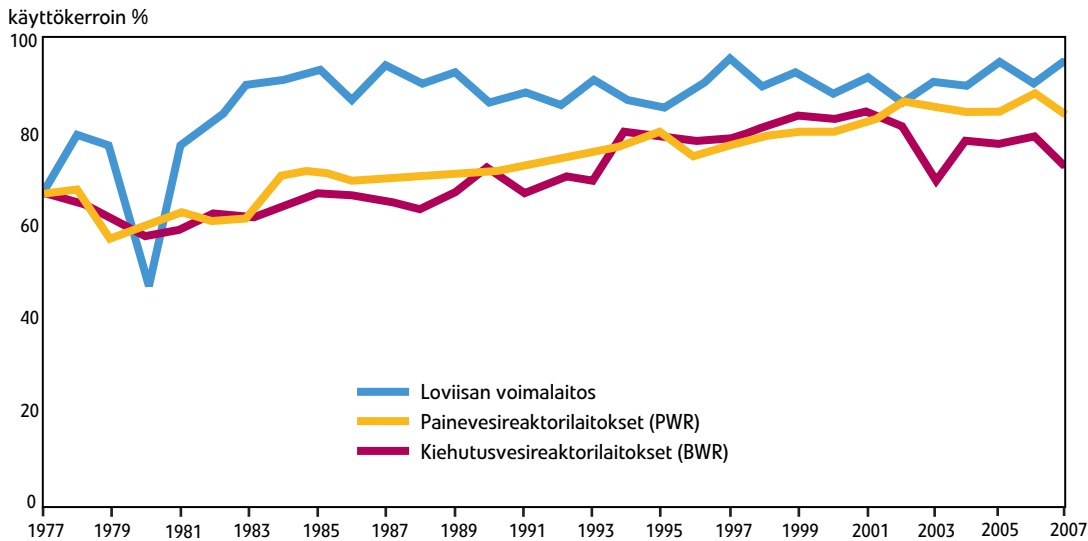
Fortumilla (aiemmin Imatran Voima) on pitkä kokemus ydinvoimatekniikasta. Loviisaan vuosina 1977 ja 1980 valmistuneet voimalaitosyksiköt tilattiin Neuvostoliitosta jaetun toimitusmallin mukaisesti, jolloin yhtiö vastasi rakennuttamisen lisäksi muun muassa automaatio- ja sähköjärjestelmien suunnittelusta ja hankinnasta, tietotekniikasta ja kokonaissuunnittelun yhteensovittamisesta. Sittemmin Fortum on käyttänyt Loviisan voimalaitoksia menestyksellisesti yli 30 vuotta. *Kuvassa 3-1* esitetään Loviisan voimalaitosyksiköiden käyttökertoimet, jotka ovat olleet maailmanlaajuisessa vertailussa huippuluokkaa. Laitosyksiköiden käyttöluopia jatkettiin vuoden 2007 alusta siten, että käyttöluvut ovat voimassa vuosien 2027 (Loviisa 1) ja 2030 (Loviisa 2) loppuun.

Fortumin ydinvoimatoiminta on organisoitu osaksi Fortum Generation -liiketoimintaa. Operatiivinen ydinvoimatoiminta Suomessa on keskitetty kahteen yksikköön, jotka ovat Loviisan voimalaitos ja Nuclear Asset Management and Engineering (NAME), jonka olennainen osa on Fortum Nuclear Services Oy (FNS). Loviisan voimalaitoksen organisaatio vastaa voimalaitosten päivittäisestä käytöstä ja kehittämisestä. NAME vastaa ydinvoimatoiminnan tukemisesta ja kehittämisestä.

### 2 Fortumin ydinvoimatekniikan asiantuntemus

Loviisan voimalaitoksella on töissä noin 470 henkilöä ja NAME:ssa yhteensä noin 140 henkilöä. Loviisan voimalaitoksen ja NAME:n henkilöstön jakauma koulutusasteittain on esitetty *kuvissa 3-2 ja 3-3*.





Kuva 3-1. Loviisan voimalaitoksen käytettävyys on kolmenkymmenen käyttövuoden aikana ollut huippuluokkaa maailmanlaajuisestikin verrattuna. Tänä aikana Loviisan voimalaitoksella ei ole sattunut vakavia häiriöitä tai päästöjä ympäristöön.

Fortumin ydinvoimatoimintojen henkilöstö on erittäin ammattitaitoista ja vaihtuvuus on ollut vähäistä. Yhtiön palveluksessa on edelleen henkilöitä, jotka ovat olleet mukana rakentamassa Loviisan voimalaitosta. Yhtiön sisällä henkilöstöä on siirtynyt sekä teknisestä tukiorganisaatiosta voimalaitoksen käyttöorganisaatioon että toisinpäin. Fortumin palvelukseen on siirtynyt henkilöitä myös muista alalla toimivista organisaatioista.

Fortumin ydinvoimatoiminnan henkilömäärää on viime vuosina kasvattanut suurten ikäluokkien eläköitymisen ennakoitiin ja uusien työntekijöiden palkkaaminen hyvissä ajoin. Tavoitteena on ollut osaamisen säilymisen varmistaminen sukupolvenvaihdon yhteydessä sekä varautuminen ydinvoiman lisärakentamiseen. Loviisan voimalaitoksen ja tukiorganisaation henkilöstön työsuhteiden kesto ja ikäjakauma on esitetty kuvissa 3-4 ja 3-5.

### 3 Asiantuntemuksen ylläpitäminen ja osaamisen kehittäminen

#### 3.1 Tukiorganisaation asiantuntemuksen ylläpitämiseen ja osaamisen kehittämiseen tähtäävät toimet

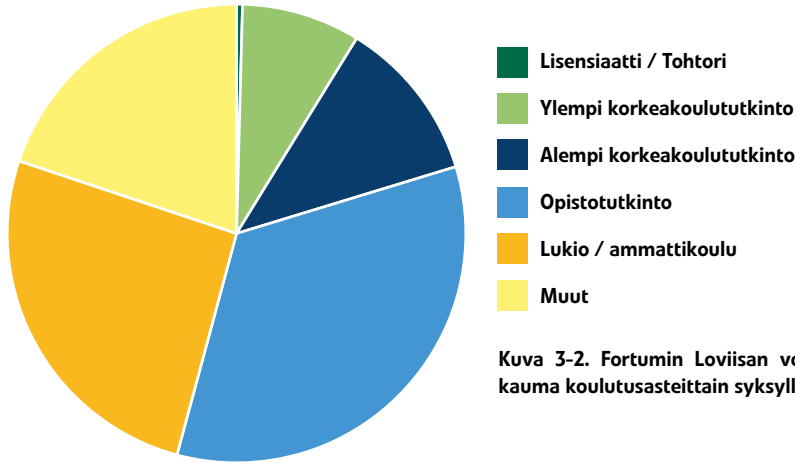
Yhtiön ydintekniikan asiantuntemus on muodostunut vuosien saatossa laitosten rakentamisen ja käytön kautta. Osaaminen on kehittynyt muun muassa Loviisan voimalaitoksen tehonkorotusten sekä käytettävyyttä ja turvallisuutta parantavien modernisointien myötä. Nämä toimenpiteet yhtiö on suunnitellut ja toteuttanut itse. Yhtiö huolehtii myös voimalaitoksen turvallisuuden varmistamiseen ja ke-

hittämiseen tähtäävästä analyysityöstä. Asiantuntemuksen edelleen kehittämiseksi Fortum osallistuu tutkimus- ja kehitystyöhön ja tarjoaa ydinvoimatekniikkaan liittyviä palveluita ja konsultointia myös ulkoisille asiakkaille.

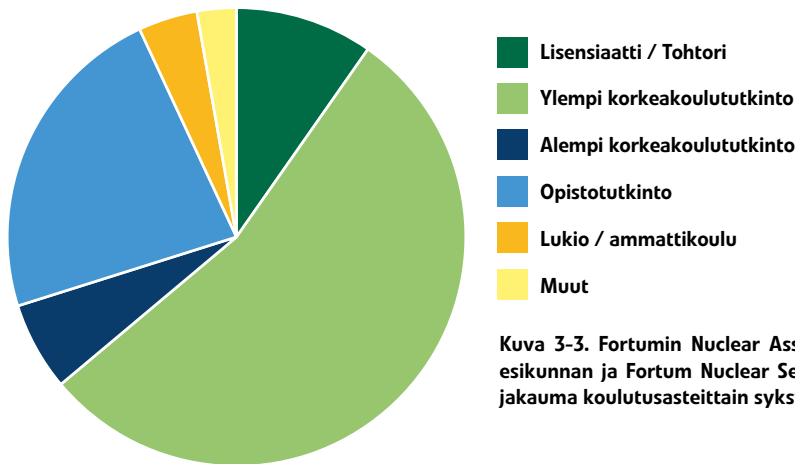
Fortumin ydinvoimatoiminnan tarvitsemaa osaamista ja meneillään olevaa sukupolvenvaihdoista tukee se, että asiantuntijoille ja erityisesti nuorille tarjotaan haasteellisia, asiantuntemusta kehittäviä tehtäviä.

Loviisan voimalaitoksella on toteutettu tietotaidon kannalta useita merkittäviä hankkeita viime vuosien aikana. Näitä ovat muun muassa vakaviin reaktori-onnettomuuksiin varautumisen vaatimat teoreettiset selvitykset ja vakavan onnettomuuden hallintastrategian mukaisten toimenpiteiden toteutus sekä komponenttien eliniän hallintaan liittyvät tutkimukset. Merkittäviä hankkeita oman osaamisen kehittämisen ja ylläpitämisen kannalta ovat olleet myös radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn ja polttoaineen varastointiin liittyvät Fortumin omana työnä toteutetut hankkeet. Tällaisia hankkeita ovat esimerkiksi voimalaitosjätteen loppusijoitustilan rakentaminen, käytetyn polttoaineen varaston laajennus sekä nestemäisten radioaktiivisten jätteiden kiinteytyslaitoksen rakentaminen. Loviisan voimalaitoksen automaation uudistaminen analogisesta digitaaliseksi ja muut Loviisan voimalaitoksella meneillään olevat suuret projektit, tutkimus- ja kehitystyö sekä kansainväliset tehtävät tarjoavat uusia haasteita.

Fortumin ydinvoimatoiminnoissa hyödynnetään pitkän aikavälin rekrytointisuunnitelmaa. Strategiana on ollut jo useita vuosia palkata uutta henkilökuntaa hyvissä ajoin ja kouluttaa heidät työtehtäviin vanhemman henkilön ohjauksessa. Tietotaidon siir-



Kuva 3-2. Fortumin Loviisan voimalaitoksen vakinaisen henkilöstön jakauma koulutusasteittain syksyllä 2008.



Kuva 3-3. Fortumin Nuclear Asset Management & Engineering -yksikön esikunnan ja Fortum Nuclear Services Oy:n (FNS) vakinaisen henkilöstön jakauma koulutusasteittain syksyllä 2008.

rossa seuraavalle sukupolvelle kiinnitetään huomiota myös niin sanotun hiljaisen tiedon siirtämiseen. Toimenpiteillä varmistetaan, että henkilökunta on ammattitaitoista myös tulevaisuudessa.

Jatkuva koulutus takaa osaamisen. Esimerkiksi käyttöorganisaatiolla on oma systemaattinen koulutusohjelmansa. Asiantuntijoiden koulutus keskittyy ammatillista erityisosaamista kehittäväan koulutukseen. Uusia alalle tulleita ihmisiä koulutetaan yhteistyössä ydintekniikan alan muiden toimijoiden kanssa, muun muassa vuosittain järjestettävällä Ydinkurssilla. Kurssi pohjautuu Kansainvälisen atomienergiajärjestö IAEA:n kehittämään ohjelmaan ja on kestoaltaan 20–30 päivää. Fortumilta osallistuu kurssille noin 20 henkilöä vuosittain, lisäksi useat yhtiön vanhemmat asiantuntijat luennoivat kurssilla.

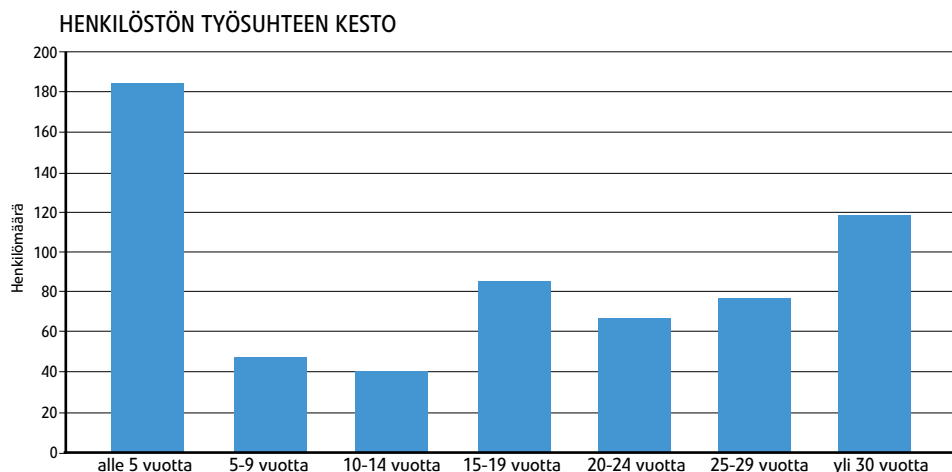
### 3.2 Käyttöorganisaation osaamisen hallinta

Loviisan voimalaitoksen ohjaajina toimivalle vuorohenkilöstölle on asetettu erityisvaatimuksia, jotka koskevat terveyttä, koulutusta ja soveltuvuutta sekä tehtävien edellyttämää työtaitoa ja laitostuntemusta.

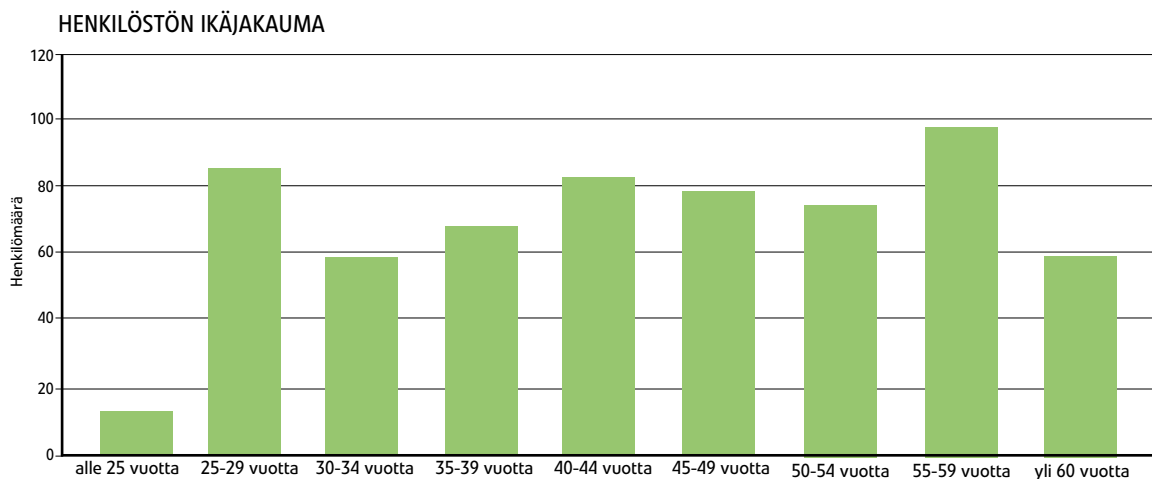
Pätevyys osoitetaan sekä kirjallisessa että suullisessa kokeessa. Säteilyturvakeskuksen myöntämä lupa toimia laitoksen ohjaajana on määräaikainen. Lisäksi Loviisan voimalaitoksen johtosäännössä on määritetty vaatimukset turvallisuuden kannalta tärkeän käyttöhenkilöstön pohjakoulutukselle ja työkokemukselle sekä valtuudet ja turvallisuustehtävät.

Jatkuvaan, systemaattiseen sisäiseen koulutusohjelmaan kuuluvat tulokoulutus, peruskoulutus, kertauskoulutus, koulutuspäivät ja simulaattorikoulutus, joilla Loviisan voimalaitos varmistaa henkilöstön jatkuvan korkeatasoisen osaamisen. Säteilyturvakeskus valvoo ydinvoimalaitoksen henkilökunnan koulutus-toimintaa tarkastamalla vuosittaiset koulutussuunnitelmat ja suunnitelmien toteutumisen, sekä tekemällä seurantakäyntejä koulutustilaisuuksiin ja koulutus-toimintaa koskevia tarkastuksia. Voimalaitos kerää itse käyttökokemuksia ja hyödyntää omia ja muiden voimalaitosten kokemuksia muun käyttötoiminnan lisäksi koulutuksessaan.

Käyttöhenkilökunnalle annettiin koulutusta (simulaattorikoulutus ja koulutuspäivät) yhteensä yli 1 300 päivää vuonna 2007. Voimalaitoksen uusien



Kuva 3-4. Fortumin Loviisan voimalaitoksen ja Fortum Generationin ydinvoimayksikön henkilöstön työsuhteen kesto.



Kuva 3-5. Fortumin Loviisan voimalaitoksen ja Fortum Generation ydinvoimayksikön henkilöstön ikäjakauma.

ohjaajien peruskoulutuksessa simulaattorikoulutuksen osuus on 70 päivää. Ohjaajien kertauskoulutukseen sisältyy vuosittain 8 simulaattorikoulutuspäivää.

### 3.3 Tutkimus- ja kehitystoiminta ja ulkoiset asiakkaat vahvistamassa asiantuntemusta

Ydintekninen tutkimus- ja kehitystyö on keskeisessä asemassa osaamisen ylläpitämisessä ja edelleen kehittämisessä. Ydinvoimaan liittyvä tutkimus- ja kehitystoiminta on tällä hetkellä organisoitu viideksi erilliseksi tutkimusohjelmaksi (materiaalitutkimus, ydinjätetutkimus, käyttö- ja ylläpito tutkimus, polttoaine- ja reaktorifysiikan tutkimus sekä lämpöteknillinen ydinturvallisuus). Tutkimusohjelmien ohella Fortumilla on uusien teknologioiden tutkimukseen liittyvää omaa tutkimus- ja kehitystyötä. Lisäksi Fortum on mukana lukuisissa kansallisissa, pohjoismaisissa ja EU-rahoit-

teisissa tutkimushankkeissa.

Fortum Nuclear Services Oy:n toimintaan kuuluu häiriö- ja onnettomuustilanteiden analysointiin kehitetyn kaupallisen APROS-ohjelmiston (Advanced PROcess Simulator) edelleen kehittäminen yhteistoiminnassa Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) kanssa. Valtaosa Loviisan voimalaitokselle tehtävistä onnettomuusanalyysistä tehdään nykyisin käyttäen APROS-ohjelmistoa. Se otetaan myös Loviisan koulutussimulaattoriohjelmistoksi käynnissä olevan automaatiouudistuksen yhteydessä. Fortum on yhteistyössä VTT:n kanssa toimittanut APROS-ohjelmistoa asiakkaille 22 maahan. Fortum on tehnyt APROS-mallin ja -analyysjä muun muassa Olkiluodon käyville voimalaitosyksiköille sekä laitospölyn rakenteilla olevalla Olkiluoto 3 -voimalaitosyksikölle.

APROS-ohjelmiston lisäksi Fortum on toimittanut radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn liittyviä laitteistoja



Uusia operaattoreita koulutetaan voimalaitoksella noin neljä vuotta. Hyväksytyntenttin jälkeen STUK myöntää heille luvan toimia laitoksen ohjaajana. Osa koulutuksesta tapahtuu koulutussimulaattorilla.

ulkoisille asiakkaille (muun muassa nestemäisten jäteiden käsittelyjärjestelmän ja allasvesien puhdistustekniikkaa).

Ulkoisessa liiketoiminnassa erityisen tärkeänä on pidetty VVER-laitoksiin (Loviisan voimalaitoksen tyyppiset ydinvoimalaitokset) liittyvän erikoisaamisen kehittämistä. Fortum on ollut mukana useissa EU:n rahoittamissa Itä- ja Keski-Eurooppaan suuntautuneissa VVER-laitosten turvallisuuden parantamisprojekteissa.

Fortumilla on laaja kokemus ydinvoimalaitoshankkeista myös ulkoisten asiakkaiden kautta. Fortum (silloinen Imatran Voima) on toiminut venäläisen Atomstroyexportin (ASE) konsulttina vuosina 1991–1998, jolloin se vastasi VVER-91 -tyyppisen ydinvoimalaitoksen laitossuunnittelusta. Saman tyyppin voimalaitos on valmistunut Tianwaniin Kiinaan vuonna 2006. Lisäksi Fortumin asiantuntijoita on toiminut konsulttina TVO:n palveluksessa Olkiluoto 3 -hankkeen alusta alkaen.

#### 4 Ulkopuolinen asiantuntemus

Fortumin oma suunnittelu- ja asiantuntijaorganisaatio on Loviisan voimalaitoksen käyttöorganisaation ensisijainen tuki. Tarvittaessa Fortum hyödyntää ulkopuolista asiantuntemusta.

Fortumilla on hyvät yhteistyösuhteet Suomessa ydinvoima-alalla toimiviin organisaatioihin, muun muassa Teollisuuden Voima Oy:öön, korkeakouluihin ja yliopistoihin, Valtion teknilliseen tutkimuskeskukseen (VTT), konsulttitoimistoihin ja muihin alan toimijoihin. Ulkoisen liiketoiminnan sekä tutkimus- ja kehitystyön kautta on syntynyt paljon kansainvälisiä kontakteja. Fortum on mukana kansainvälisessä turvallisuuden parantamiseen ja käyttökokemusten hyödyntämiseen liittyvässä työssä muun muassa IAEA:n (International Atomic Energy Agency) ja WANO:n (World Association of Nuclear Operators) kautta. Näin hyödynnetään kansainvälisen yhteisön ja muiden laitospaattoreiden osaamista.

#### 5 Loviisa 3 -hankkeen organisaatio

Uusi ydinvoimalaitos voidaan tilata kokonaistoimituksena, jolloin laitostoimittaja vastaa laitoksen toteutuksesta lähes kokonaan. Toinen vaihtoehto on jakaa laitostoimitus kahteen tai useampaan osaan, jolloin Fortumin rooli rakennuttajana kasvaa.

Rakentamislupahakemuksessa esitetään ydinenergialain ja -asetuksen mukaisesti: toteutettava laitostavaihtoehto, toteutustapa, hankkeen laadunhallintatoimenpiteet, toteutusorganisaatio sekä yleispiirteinen selvitys ydinvoimalaitosyksikön

suunnitellusta käyttöorganisaatiosta.

Fortumilla on Loviisa 3 -hanketta varten käytettävissä runsaasti omaa osaamista ja asiantuntemusta. Loviisan voimalaitos rakennettiin aikanaan niin, että yhtiö vastasi eri toimittajien suunnitelmien yhteensovittamisesta ja hoiti myös osan hankinnoista itse. Voimalaitoksen valmistumisen jälkeen useita perusparannushankkeita on toteutettu vastaavasti, muun muassa kiinteytyslaitos Hästholmenin saarelle. Fortumilla on siten laaja kokemus myös muista kuin kokonaistoimituksena toteutetuista ydinvoimateknisistä hankkeista.

Toteutustavan valinta vaikuttaa merkittävästi toteutusorganisaation kokoon. Kokonaistoimituksena kin tilatussa toteutuksessa luvanhaltijan organisaation koko on joitain satoja henkilöitä. Mikäli toimitus jaetaan useampiin osiin ja Fortum ottaa enemmän suunnittelu- ja toiminnallista vastuuta, työvoiman tarve kasvaa.

Lopullinen päätös toteutustavasta tehdään vasta tarkempien selvitysten jälkeen ennen rakentamisluvan hakemista. Fortumilla on osaamista kaikilla ydinvoimalaitossuunnittelun osa-alueilla, joten mahdolliset toteutusvaihtoehdot ovat mahdollisia. ●

## Liitteen 3 tiivistelmä

### Selvitys hakijan käytettävissä olevasta asiantuntemuksesta

- Noin puolet Fortumin pohjoismaisille sähkömarkkinoille toimittamasta sähköstä tuotetaan ydinvoimalla. Yhtiöllä on noin neljäkymmenen vuoden kokemus ydinvoimalaitosten suunnittelusta, rakentamisesta, käytöstä ja ylläpidosta. Ydinvoimatoiminnot työllistävät yli 600 henkilöä.
- Fortumin ydinvoimatoimintojen henkilöstö on erittäin ammattitaitoista. Osaamisesta huolehditaan jatkuvalla koulutuksella ja haasteellisilla, asiantuntemusta kehittäville tehtävillä.
- Fortumin Loviisan voimalaitos on tuottanut ydinsähköä jo yli 30 vuotta. Maailmanlaajuisessa vertailussa se on ollut käytettävyydeltään huippuluokkaa. Voimalaitoksella ei ole ollut vakavia häiriöitä.
- Fortumin ydinvoimaosaaminen on laajasti tunnustettu. Osaamista on hyödynnetty sekä Loviisan voimalaitoksen turvallisuusparannuksissa ja käyttöään hallinnassa että lukuisissa ulkomaisissa kohteissa.
- Fortum on merkittävänä osakkuusomistajana aktiivisesti mukana kehittämässä Teollisuuden Voima Oyj:n sekä ruotsalaisten Oskarshamnin ja Forsmarkin ydinvoimalaitosten turvallisuutta ja käytettävyyttä.
- Fortum osallistuu kansainväliseen ydinvoimayhteistyöhön, muun muassa kansainvälisen atomienergiajärjestön (IAEA) ja World Association of Nuclear Operators (WANO) kautta. Lisäksi yhtiöllä on laajat yhteistyösuhteet alan korkeakouluihin, yliopistoihin ja tutkimuslaitoksiin.



4









## SISÄLTÖ

1 YLEISTÄ .....	20
2 SÄHKÖMARKKINAT .....	21
3 SÄHKÖN KOTIMAINEN TUOTANTO JA KYSYNTÄ .....	23
4 YDINVOIMAN MERKITYS HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISESSÄ .....	25
5 FORTUMILLA HYVÄ KILPAILUKYKY ILMASTOASIOISSA ..	26
6 MAHDOLLISUUS KAUKOLÄMPÖÖN .....	26
7 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN .....	28
8 UUSI YDINVOIMALAITOSYKSIKKÖ ON TÄRKEÄ LOVIISAN SEUDULLE .....	28
9 HANKKEEN MERKITYS MUIDEN YDINVOIMA- LAITOSTEN JA YDINJÄTEHUOLLON KANNALTA .....	30
10 VAIHTOEHTOISET ENERGIAN TUOTANTOMUODOT ..	30

# LIITE 4

## Selvitys ydinlaitoshankkeen yleisestä merkityksestä sekä sen tarpeellisuudesta, erityisesti maan energihuollon kannalta sekä sen merkityksestä maan muiden ydinlaitosten käytön ja niiden ydinjätehuollon kannalta

### 1 Yleistä

#### Energiahuollon omavaraisuus paranee

Nykyisen hallituksen tavoitteena on pitää huolta kansantalouden kilpailukyvästä ja nostaa energiahuollon omavaraisuutta. Suomen sähkönkulutuksesta katettiin vuonna 2007 noin 14 % tuonnilla, etupäässä Venäjältä. Fortumin Loviisa 3 -hankkeella lisätään energiahuollon omavaraisuutta ja vähennetään riippuvuutta ulkomaisesta tuontienergiasta kuten sähköstä, öljystä, kivihielestä ja maakaasusta.

Energiatehokkuuden parantamisella ja panostuksilla uusiutuviin energianlähteisiin ei yksinään pystytä huolehtimaan sähköenergian saannin turvaamisesta Suomessa ja pohjoismaisilla energiamarkkinoilla. Näiden toimenpiteiden lisäksi tarvitaan uutta ydinvoimakapasiteettia tulevana vuosikymmeninä korvaamaan poistuvaa sähköntuotantokapasiteettia ja fossiilisia polttoaineita käyttäviä voimalaitoksia sekä vastaamaan kasvavaan sähköenergian kysyntään.

#### Sähkö on tehokas energiamuoto

Sähkön järkevällä käytöllä voidaan parantaa energiatehokkuutta ja hillitä ilmastonmuutosta. Energiatehokkuuden lisäämisessä korostuu sähköenergian rooli. Vaikka kokonaisenergiankulutus pienentyy, niin sähkön osuus energiankulutuksesta kasvaa. Esimerkiksi ilma- ja maalämpöpumppujen määrä kasvaa ja useat autonvalmistajat tuovat markkinoille ladattavia hybridautoja. Markkinoilla tarvitaan uutta hiilidioksidipäästötöntä sähköntuotantokapasiteettia, jotta voidaan vastata ilmastomuutokseen, kilpailukykyyn ja toimitusvarmuuteen liittyviin haasteisiin sekä turvata talouden kasvu ja hyvinvointiyhteiskunta.

Fortumin käsityksen mukaan energia- ja ilmastopoliittisten tavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan useita keinoja: energian säästämistä, panostamista uusiutuviin energialähteisiin, hiilidioksidin talteenottojärjestelmien kehittämistä fossiilisia polttoaineita käyttäviin voimalai-





Autotehtaat panostavat voimakkaasti ladattavien sähkö- ja hybridautojen kehittämiseen ja valmistukseen. Fortum on kehittämässä näille ympäristöystävällisille autoille latausase- mia Espooseen ja Tukholmaan.

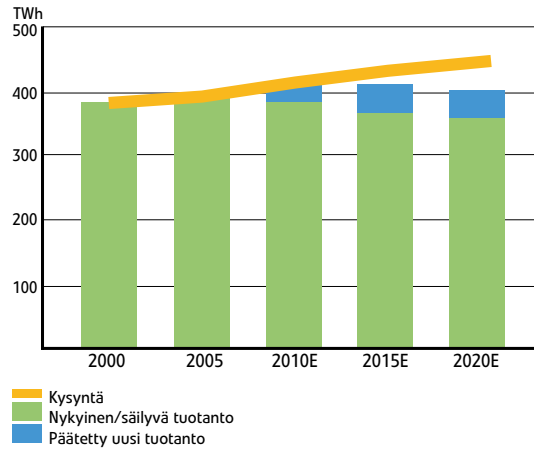
toksiin sekä ydinvoimaa. Fortum tekee jo nyt kaik- kea tätä pohjoismaisilla energiemarkkinoilla. Yhtiö on 2000-luvulla investoinut 7 miljardia euroa ympäristömyötäiseen energiantuotantoon: kaksinker- taistanut hiilidioksidipäästöttömän sähköntuotanto- kapasiteettinsa ja panostanut uusiutuviin energia- lähteisiin.

Fortumin Loviisa 3 -voimalaitosyksikkö korvaa vuoden 2020 jälkeen poistuvaa tuotantokapasiteet- tia: fossiilisia polttoaineita käyttäviä voimalaitoksia ja aikanaan myös Fortumin Loviisan nykyiset voi- malaitosyksiköt. Loviisa 3 -hankkeen lisäksi tarvi- taan merkittäviä panostuksia energiatehokkuuden parantamiseen ja uusiutuviin energialähteisiin.

### Sähkön kulutus kasvaa

Energiateollisuus ry ja Elinkeinoelämän keskuslii- to arvioivat, että Suomessa tarvitaan uutta sähkön-

### TARVE UUELLE TUOTANTOKAPASITEETILLE Pohjoismaissa



Kuva 4-1. Pohjoismaisilta sähkömarkkinoilta poistuu merkit- tävästi tuotantokapasiteettia vuoteen 2020 mennessä. Sa- manaikaisesti sähkön kulutus kasvaa.

tuotantokapasiteettia noin 5 500 MW vuoteen 2020 mennessä ja 8 500 MW vuoteen 2030 mennessä.

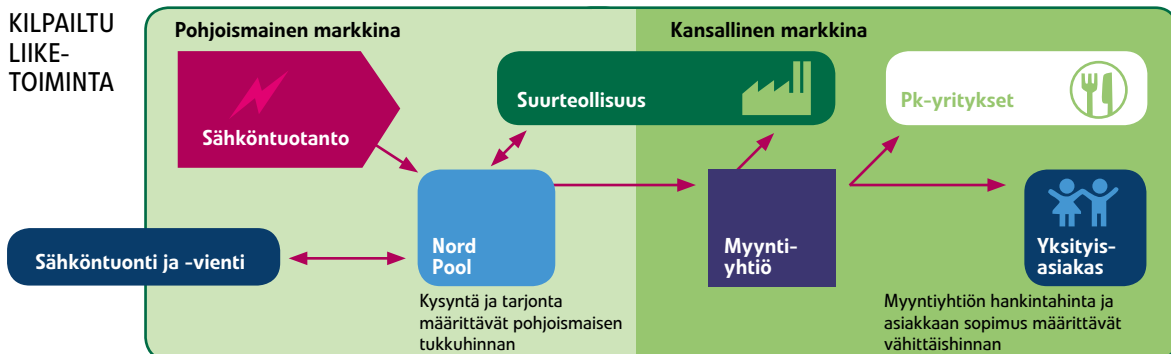
Fortumin käsityksen mukaan uutta kapasiteet- tia tarvitaan korvaamaan poistuvaa tuotantokapa- siteettia ja tuontia sekä vastaamaan kasvavaan ku- lutukseen (kuva 4-1).

## 2 Sähkömarkkinat

### Sähkömarkkinat edistävät tuotantoinvestointeja

Sähkömarkkinoita on kehitetty poliittisten päätös- ten tukemina yhä tehokkaammiksi. Sähkömarkkina- laki takaa markkinoiden toiminnan niin, että sähkön- tuottajat voivat investoida sähköntuotantokapasi- teetin lisäämiseen ja että sähköä riittää kaikille käyt- täjille. Suomi on osa pohjoismaista sähkömarkkinaa, kansallista sähkön tukkumarkkinaa ei enää ole (ku-

### KILPAILTU LIIKE- TOIMINTA



Kuva 4-2. Suomi on siirtynyt kansallisista sähkömarkkinoista pohjoismaisiin sähkömarkkinoihin. Suomalaiset ovat merkittävästi hyötynyt tästä muita markkinoita edullisemmilla kuluttajainnoilla. Toimivat markkinat ja markkinoilla oleva vesi- ja ydinvoima ovat pitäneet tästä huolen.

va 4-2). Pohjoismaiset sähkömarkkinat ovat laajentumassa sekä Baltian maihin että koko Euroopan unionin yhteiseksi sähkön sisämarkkinoiksi. Markkinoilla hinta määräytyy, kuten muillakin markkinoilla, kysynnän ja tarjonnan mukaan siten, että kysyntä tyydytetään aina halvimmilla mahdollisilla kustannuksilla. Pitkällä aikavälillä keskimääräisen sähkön hinnan tulee kattaa kunkin tuotantomuodon muuttuvat ja kiinteät käyttökustannukset sekä pääomakustannukset.

### Kohti EU:n yhteisiä sähkömarkkinoita

Euroopan unioni on asettanut tavoitteeksi yhtenäisten energiasisämarkkinoiden luomisen. Paraikaa on hyväksyttävänä jo kolmas energiasisämarkkinoita koskeva lainsäädäntöpaketti. Kaasun ja sähkön sisämarkkinat turvaavat energian toimitusvarmuutta ja luovat pohjan kilpailukykyiselle ja vakaalle hintatasolle. Toimivat sisämarkkinat mahdollistavat tehokkaiden ohjauskeinojen käytön, jolloin ympäristöä, mukaan lukien ilmastomuutosta ja uusiutuvaa energiaa koskevat tavoitteet voidaan saavuttaa alhaisimmin yhteiskunnallisista kustannuksista.

### Sähkön tuonti Venäjältä vähenee

Venäjän talouskasvu pitkällä aikavälillä ja sitä myötä myös energian ja erityisesti sähkön nopea kulutuksen kasvu vaikuttavat pohjoismaisen sähkömarkkinan tilanteeseen. Pohjoismaiselle sähkömarkkinalle on Suomen kautta tuotu Venäjältä merkittävä määrä sähköä (4,5-11,6 TWh vuosina 2000-2007). Nopea sähkön kysynnän kasvu Luoteis-Venäjällä saattaa vähentää Venäjän mahdollisuuksia sähkön vientiin.

### Fortum toimii jo nyt pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla

Suomi, Ruotsi, Norja ja Tanska muodostavat yhteiset pohjoismaiset sähkömarkkinat, joilla pääosa sähkön tukkukaupasta käydään yhteisen Nord Pool -sähköpörssin välityksellä. Vuonna 2007 Nord Poolin päivittäisen spot-kaupan kautta myytiin 291 TWh sähköä. Nord Poolin kautta kulki noin 70 % kaikesta Pohjoismaissa käytettävästä sähköstä. Sähköä Nord Pooliin tarjoavat sekä pohjoismaiset sähköntuottajat että sähköä Pohjoismaiden ulkopuolelta tuovat yritykset. Vastaavasti myös Pohjoismaiden ulkopuoliset toimijat voivat ostaa sähköä Nord Poolista.

Ydinvoimalla tuotetun sähkön lisääminen pohjoismaisille markkinoille pienentää tarvetta ottaa käyttöön kalliimpia tuotantomuotoja. Fortum toimittaa käytännössä kaiken pohjoismaissa tuottamansa sähkön pohjoismaiseen sähköpörssiin, Nord Pooliin.

Fortumin tuottama sähkö on siten kaikkien sähköntuottajien saatavilla. Loviisa 3 -hankkeen toteuttaminen lisää siten sekä kilpailua että tuotantokustannuksiltaan kilpailukykyisen ja hiilidioksidipäästöttömän sähkön tarjontaa markkinoille.

### Pohjoismaisilla markkinoilla monta sähköntuottajaa

Fortumin osuus Pohjoismaiden sähkön kokonaistuotannosta on noin 13 %, eikä Fortumilla siten ole määrävää markkina-asemaa (kuva 4-3). Markkinaosuus tulee edelleen pienentymään siirryttäessä kohti Euroopan unionin yhteisiä sähkömarkkinoita. Lisääntynyt kilpailu sekä sähköntuotantokapasiteetin ja luonnonvarojen tehostunut käyttö on hyödyttänyt kaikkia Pohjoismaita ja erityisesti Suomea, joka on päässyt osalliseksi Norjan ja Ruotsin edullisesta sähköntuotantokapasiteetista. Hinnaltaan ennustettava ja vakaa sekä hiilidioksidipäästötön lisäydinvoima tehostaa kilpailua sähkömarkkinoilla.

### Pohjoismaisilla markkinoilla tarvitaan uutta tuotantokapasiteettia

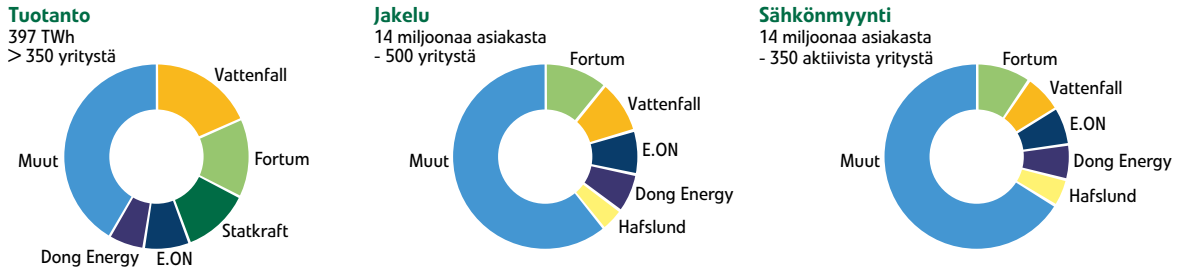
Pohjoismaissa tuotettiin vuonna 2007 sähköä yhteensä 397,3 TWh. Sähkön käyttö oli 400,6 TWh, joten nettotuonti alueen ulkopuolelta oli runsaat 3 TWh. EURELECTRICin arvion mukaan Pohjoismaiden sähkön käyttö vuonna 2020 nousee 444 TWh:iin, mikä vastaa 0,8 %:n vuosikasvu. Kysynnän kasvu merkitsee noin 5 000 MW:n lisäystä keskimääräiseen tuotantotehoon, minkä lisäksi on varauduttava vanhentuvien voimalaitosten sekä sähkön tuonin korvaamiseen.

Pohjoismaiden voimalaitoskapasiteetti oli vuoden 2007 lopussa yhteensä 94 300 MW, josta vesivoimaa oli 48 300 MW, ydinvoimaa 11 700 MW, tuulivoimaa 4 400 MW ja lämpövoimaa 29 900 MW. Vuoden 2007 sähköntuotannosta vesivoimaa oli 215 TWh, ydinvoimaa 87 TWh, tuulivoimaa 10 TWh, yhdistettyä sähkön ja lämmön tuotantoa 56 TWh ja lauhdutusvoimaa 29 TWh. Vesivoiman tuotanto oli vuonna 2007 hyvästä vesitilanteesta johtuen suurempaa kuin keskimääräisen vuoden noin 200 TWh:n tuotanto, mikä vähensi lämpövoiman käyttöä ja lisäsi sähkön vientiä Keski-Eurooppaan.

Lämpövoimalaitokset ovat enimmäkseen 1960–1980 -luvuilla rakennettuja voimalaitoksia, joiden käyttöikä on sekä teknistaloudellisesti että ympäristöpäästöjen takia vähitellen päättymässä. Niiden käyttöä tulevat rajoittamaan vuoden 2016 alussa ja mahdollisesti myöhemmin edelleen tiukkenevat rikki-, typpi- ja hiukkaspäästörajat sekä hiilidioksidipäästöistä päästökauppajärjestelmän kautta aiheutuvat lisäkustannukset.

Vanhentuvia lämpövoimalaitoksia korvataan

## Pohjoismaiset sähkömarkkinat ovat edelleen erittäin hajanaiset



Kuva 4-3. Pohjoismaiset sähkömarkkinat ovat erittäin hajanaiset. Yli 350 yritystä tuottaa sähköä yhteisille pohjoismaisille sähkömarkkinoille, joihin Suomi kuuluu. Fortumin osuus tuotannosta on noin 13 %, eikä sillä ole määräävää markkina-asemaa. Fortumin suhteellinen osuus pienenee edelleen siirryttäessä Euroopan unionin yhteisiin sähkömarkkinoihin.

yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa pääosin bio- ja maakaasulaitoksilla. Ydinvoiman tuotannon lisäämisellä on mahdollista korvata fossiilisia polttoaineita käyttävää lauhdutusvoimaa. Ydinvoimaa voidaan käyttää myös yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon, jolloin sillä voidaan vähentää myös lämmöntuotannosta aiheutuvia ympäristöpäästöjä.

### 3 Sähkön kotimainen tuotanto ja kysyntä

Energiatehokkuuden parantumisesta huolimatta Elinkeinoelämän keskusliitto EK ja Energiateollisuus ry odottavat sähkönkulutuksen kasvavan Suomessa. Kulutuksen arvioidaan olevan noin 115 TWh vuonna 2030. Sähkönkulutuksen kasvu on riippuvainen Suomen teollisesta kehittämisestä, palveluntuotannon kasvusta ja kansantalouden kehittämisestä. Sähköenergian saanti ennustettavaan hintaan toimintavarmasti kaikissa olosuhteissa on yksi kehittymisen perusedellytyksistä.

Sähkön tuonti Venäjältä Suomeen on viime vuosikymmeninä kasvanut jatkuvasti. Vuosina 2000–2007 tuonti on ollut keskimäärin 10 TWh vuosittain. Sähkön tuontia ja riippuvuutta fossiilisiin polttoaineisiin perustuvasta sähköntuotannosta voidaan vähentää rakentamalla lisää ydinvoimaa. Suomessa tuotettiin vuonna 2007 hiilivoimalaitoksilla 12,7 TWh sähköä, mikä vastaa noin 15 % Suomen sähkön kokonaiskulutuksesta.

#### Sähkönkulutus kasvaa tulevaisuudessa

Energiateollisuuden selvityksen mukaan Suomen sähköomavaraisuuden nosto ja kasvihuonekaasupäästöjen merkittävä aleneminen voidaan saavuttaa kustannustehokkaasti, mikäli hyödynnetään uusiutuvia energialähteitä, sähkön ja lämmön yhteistuotantoa ja ydinvoimaa.

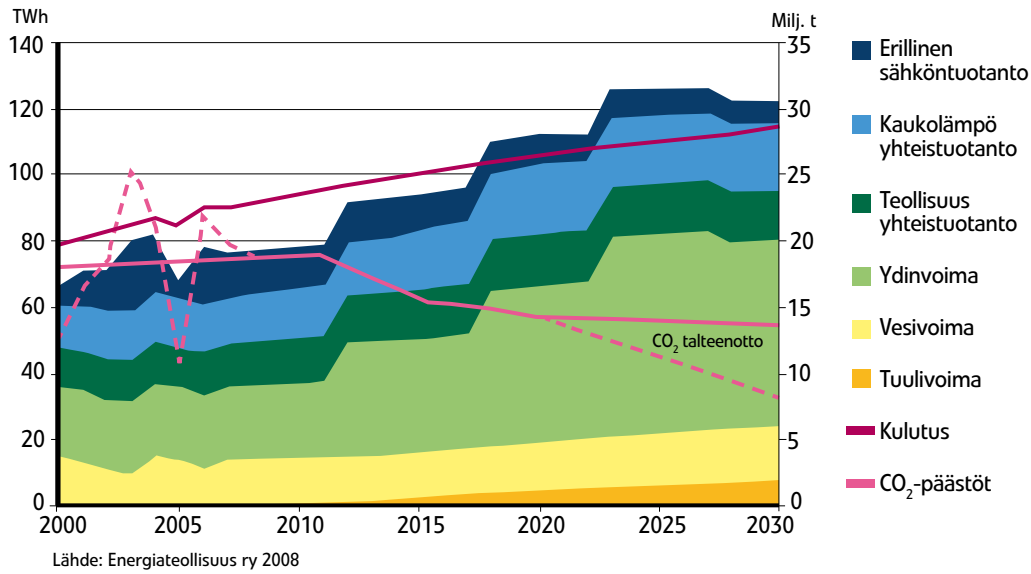
Energian kokonaiskulutus on Suomessa henki-

löä kohden laskettuna suhteellisen suuri johtuen maamme pohjoisista kylmistä ilmasto-olosuhteista, harvasta asutuksesta ja pitkistä välimatkoista sekä perusteellisuuden rakenteesta.

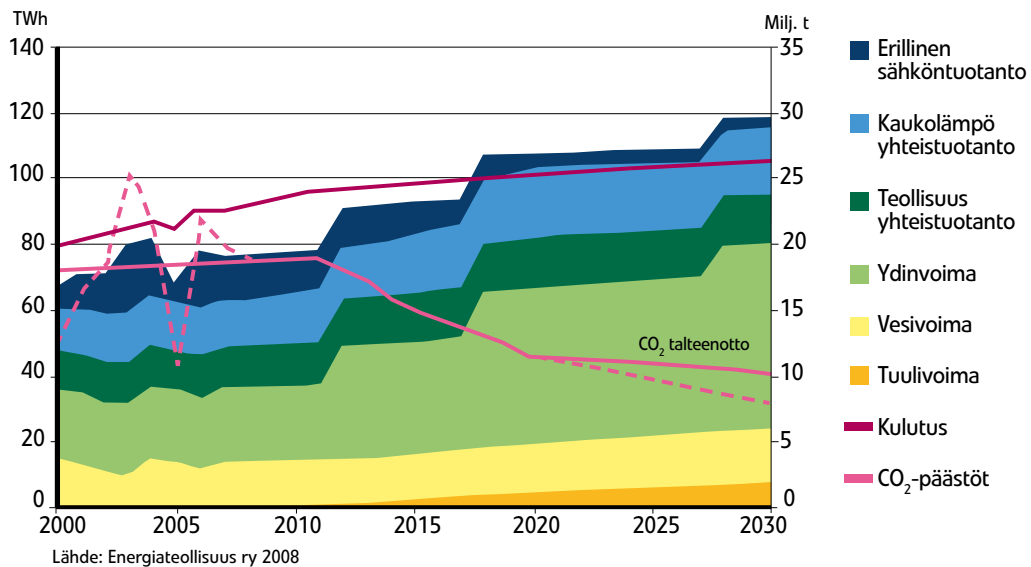
Energiateollisuus ry on laatinut skenaarioita (kuvat 4-4 ja 4-5), joissa on huomioitu energiatehokkuuden parantamistavoitteet, ilmastonmuutos, teollinen kehitys Suomessa ja väestöennuste vuoteen 2030. Skenaarioissa on huomioitu muun muassa, että

- sähkönkulutus kasvaa nopeimmin metallin perusteellisuudessa ja palvelusektorilla,
- energiatehokkuus paranee edelleen merkittävästi, mutta talouden kasvu sekä tuotteiden ja palveluiden lisääntyvä kysyntä vaikuttavat kulutusta lisäävästi,
- väkiluku Suomessa kasvaa 8 %:lla nykyisestä 5,3 miljoonasta 5,7 miljoonaan vuoteen 2030 mennessä,
- kansantuotteen oletetaan kasvavan keskimäärin 2,2 % vuodessa,
- ilmastonmuutoksen myötä Suomen keskilämpötilan oletetaan nousevan 2,3 °C vuoteen 2030 mennessä vuosien 1971–2000 keskiarvoon verrattuna,
- nykyisistä sähkölämmitteisistä asunnoista arviolta 60 % ottaa käyttöön lämpöpumpun vuoteen 2030 mennessä,
- sähkölämmitteisten talojen peruskorjausten oletetaan pienentävän sähkönkulutusta 15 %:lla vuoteen 2030 mennessä,
- parantunut energiatehokkuus ja ilmastonmuutos pienentävät sähkölämmitteisten tilojen pinta-alaa kohti laskettua energiankulutusta noin 30 % vuoteen 2030 mennessä ja että
- matalaenergiatalojen osuuden uusista asuinrakennuksista oletetaan kasvavan yli 50 %:iin vuoteen 2030 mennessä.

Mikäli ydinvoimaa voidaan jatkossa käyttää myös yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon, korvaa



Kuva 4-4. Energiateollisuuden perusskenaario sähkön tuotannosta, kulutuksesta ja tuotannon CO<sub>2</sub>-päästöistä Suomessa vuoteen 2030. Ydinvoiman lisärakentamisella on merkittävä osuus energiatuotannon hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Ydinvoiman lisärakentamisella parannetaan myös sähköenergian omavaraisuutta, korvataan poistuvaa kapasiteettia ja vastataan kasvavaan kysyntään.



Kuva 4-5. Energiateollisuuden skenaario alhaisemalla sähkönkulutuksella. Alhaisemmalla kulutusennusteella ydinvoiman lisärakentamisella on merkittävä rooli hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Lisäydinvoiman rakentamisella sähköntuotannon hiilidioksidipäästöt saadaan hyvin pieniksi.

se fossiilisten polttoaineiden käyttöä myös kaukolämmön tuotannossa. Vuonna 2006 kaukolämmön tuotanto oli Suomessa yhteensä 32,3 TWh, josta pääkaupunkiseudulla tuotettiin 11,1 TWh eli 34 %.

### Loviisa 3 –hanke on hallituksen ilmasto- ja energiastrategian mukainen

Suomen hallituksen marraskuussa 2008 eduskunnalle jättämän pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian lähtökohtana on taata energiantensiivisen teollisuuden tulevaisuus Suomessa. Strategian tavoitteena on kannustaa investoimaan hiilidioksidipäästöjä vähentävään energiantuotantoon, uusiutuviin energialä-

hteisiin ja ydinvoimaan. Lisäksi strategia korostaa sähköenergian tuontiriippuvuuden vähentämistä sekä energian säästön ja tehokkuuden merkitystä.

Hallitus arvioi, että sähkönkulutus nousee nykyisestä 90 TWh:sta 103 TWh:iin vuoteen 2020 mennessä. Poliittisin keinoin pyritään siihen, että sähkönkulutus olisi korkeintaan 98 TWh vuonna 2020. Sähkön saavuus ei valtioneuvoston mukaan kuitenkaan saa olla esteenä uusien tuotannollisten investointien tekemiseen Suomessa. Sähkön tuotannon omavaraisuus on turvattava myös talven huippukulutuksen aikana.

Strategiassa todetaan, että tämän hallituskauden aikana on tehtävä periaatepäätös ydinvoiman lisärakentamisesta.



Loviisa 3 -hanke on hallituksen ilmasto- ja energiastrategian mukainen. Hanke tukee voimakkaasti hallituksen tavoitteita hiilidioksidipäästöttömän sekä hinnaltaan vakaan ja ennustettavan sähköntuotantokapasiteetin rakentamisesta Suomeen. Lisäksi Loviisa 3 -hanke tarjoaa mahdollisuuden korvata merkittävän määrän fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaa sähkön ja lämmön tuotantoa.

Strategiassa todetaan Suomen olevan osa pohjoismaista sähkömarkkinaa sekä sähkön tukku- ja vähittäismarkkinoiden yhdyntävän Euroopassa muutamassa vuodessa. Strategian toimenpiteet ja kulutuksen arvot rajautuvat kuitenkin vain Suomeen.

## 4 Ydinvoiman merkitys hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä

### Uusi ydinvoimalaitosyksikkö alentaa hiilidioksidipäästöjä

Uusi ydinvoimalaitosyksikkö alentaa Suomen ja EU:n sähköntuotannon keskimääräisiä hiilidioksidipäästöjä. Se edesauttaa näin päästökaupan piiriin kuuluvan sähköntuotannon kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä ja alentaa päästöjen vähentämisen kustannuksia. Mikäli uudella ydinvoimalaitosyksiköllä korvattaisiin kokonaisuudessaan hiililauhdetuotantoa, vältettäisiin sillä 6-10 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöt vuodessa.

EU:n komission tammikuussa 2008 esittämät toimenpiteet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi edellyttävät hiilidioksidipäästöjen pienentämistä EU:n alueella 20 %:lla vuoden 1990 tasolta vuoteen 2020 mennessä. Pitkän aikavälin tavoitteena on hiilidioksidipäästöjen pienentäminen 60–80 %:lla kehittyneissä maissa vuoteen 2050 mennessä. Lisäksi tavoitteena on uusiutuvien energialähteiden käytön lisääminen.

Päästökaupan piirissä oleville toimialoille (muun muassa sähkön ja lämmön tuotanto yli 20 MW:n voimalaitoksissa) ehdotetaan vuodesta 2013 eteenpäin EU-tasoisista päästökattoa ja päästöoikeuksien jakoa. Tämän sektorin päästövähennystavoite on 21 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Sähköntuotannon päästöoikeudet ehdotetaan huutokaupattaviksi vuodesta 2013 lukien. Lämmöntuotannon päästöoikeudet tulevat komission ehdotuksen mukaan asteittain täysin maksullisiksi vuoteen 2020 mennessä.

### Suomen on vähennettävä hiilidioksidipäästöjä merkittävästi

Suomen on kansallisin keinoin vähennettävä päästökaupan ulkopuolisten toimialojen päästöjä 16 %

vuoden 2005 päästöjen määrästä vuoteen 2020. Näitä toimialoja ovat muun muassa rakentaminen, rakennusten lämmitys, asuminen, liikenne, maatalous ja jätehuolto. Jäsenmaat päättävät pääosin vähennyskeinoista ja siitä, miten ne kohdennetaan eri osa-alueille.

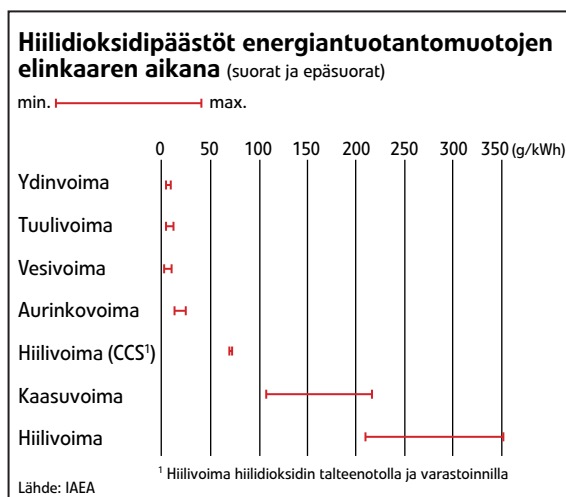
Suomen on EU:n komission ehdotuksen mukaan lisättävä uusiutuvien energialähteiden käyttöä nykyisestä 28,5 %:sta 38 %:iin ja parannettava energiatehokkuuttaan 20 %:lla vuoteen 2020 mennessä.

Energian tuotannon merkittävin kasvihuonekaasupäästö on hiilidioksidi, jonka päästöjä lisäävät erityisesti fossiilisten polttoaineiden, kuten hiilen, maakaasun ja turpeen käyttö. Vesi-, ydin-, tuuli- ja aurinkoenergia eivät aiheuta hiilidioksidipäästöjä energian tuotantovaiheessa. Nämäkin energiantuotantomuodot aiheuttavat kuitenkin jonkin verran kasvihuonekaasupäästöjä elinkaarensa muissa vaiheissa (kuva 4-6). Elinkaari-tarkastelussa ydinvoiman hiilidioksidipäästöt ovat samaa suuruusluokkaa kuin uusiutuvilla energialähteillä (tuulivoima, vesivoima ja aurinkovoima).

### Sähkö energialähteenä lisääntyy lämmityksessä ja liikenteessä

Fortumin uuden Loviisa 3 - ydinvoimalaitosyksikön energiantuotannolla on merkittävä rooli myös päästökaupan ulkopuolisten toimialojen päästöjen vähentämisessä eli siinä, miten Suomi saavuttaa oman 16 %:n vähennystavoitteensa.

Sähköä puolestaan voidaan käyttää muun muassa rakennusten sähkölämmityksen energialähteenä ja liikenteessä. Sähkölämmitys on pienten pääomakulujen ja helpon säädettävyytensä takia sopivin lämmitysmuoto matalaenergialoissa, joissa lämmitysenergian



Kuva 4-6. Elinkaari-tarkastelussa ydinvoiman hiilidioksidipäästöt ovat samaa suuruusluokkaa kuin tuuli-, vesi- ja aurinkovoimalla (päästöt ilmoitettu grammoina tuotettua kilowattituntia kohti).

kulutus on pientä. Matalaenergiatalot ovat tulevaisuudessa keskeinen rakennusmuoto. Voimalaitoksen tuottamaa lämpöä voidaan myös hyödyntää päästökaupan ulkopuolisessa erillislämmöntuotannossa.

Useat autonvalmistajat ovat ilmoittaneet tuovansa lähivuosina markkinoille ladattavia hybridi- ja sähköautoja. Tämä johtaa siihen, että energiatehokkuus lisääntyy, bensiinin ja dieselpolttoaineen kulutus vähenee ja sähkönkulutus kasvaa. Päästöjen vähentämisessä on tärkeää, että hiilidioksidipäästöntä sähköntuotantoa on riittävästi saatavilla.

## 5 Fortumilla hyvä kilpailukyky ilmastoasioissa

### Fortumin sähköntuotannon hiilidioksidipäästöt ovat Euroopan pienimpiä

Fortumin tavoitteena on vähentää energiantuotannon haitallisia vaikutuksia ympäristöön energiaa säästämällä, panostamalla uusiutuviin energialähteisiin ja rakentamalla hiilidioksidipäästöntä tuotantoa, kuten ydinvoimaa.

Vuonna 2007 Fortum tuotti 89 % sähköstään ilman hiilidioksidipäästöjä ja 40 % uusiutuvilla energialähteillä. Yhtiön koko sähköntuotannon hiilidioksidipäästöt olivat 64 grammaa kilowattituntia kohti, mikä on alhaisimpia arvoja (toiseksi alhaisin vuonna 2007) Euroopan suurten sähköyhtiöiden joukossa.

Fortum pyrkii tekemään kestävästä kehityksestä liiketoimintansa menestystekijän. Pitkän aikavälin tavoitteena on olla CO<sub>2</sub>-päästötön sähkö- ja lämpöyhtiö. Fortumin tavoitteena on pitää päästöt parhaiden energiyhtiöiden tasolla Euroopan unionissa. EU:n ulkopuolella Fortum on sitoutunut parantamaan voimalaitostensa energiatehokkuutta ja alentamaan siten päästöjä.

### Fortum investoi merkittävästi hiilidioksidivapaaseen sähköntuotantoon

Fortum investoi vuoteen 2012 mennessä merkittävästi tuotantokapasiteetin lisäämiseen Pohjoismaissa. Investointiohjelman myötä Fortumin sähköntuotanto lisääntyy Pohjoismaissa yli 1000 MW:lla. Sähköntuotannonlisäyksestä yli 80 % on hiilidioksidipäästöntä.

Investointiohjelmassa ovat muun muassa osallistuminen Olkiluoto 3 -ydinvoimalaitosprojektiin sekä ydinvoimalaitosten tehonkorotuksiin Ruotsissa. Vesivoimantuotannossa korotetaan perusparannusten yhteydessä voimalaitosten hyötysuhteita ja tehoja. Lisäksi meneillään on joitakin pienvesivoimahankkeita Ruotsissa. Yhdistetyn sähkön ja lämmöntuotannon osalta Fortum aikoo rakentaa uutta biopolt-

toaineisiin perustuvaa kapasiteettia Järvenpään Suomessa sekä jätteitä polttoaineena käyttävän voimalaitoksen Bristaan Ruotsissa. Myös muissa yhdistetyn sähkön ja lämmöntuotannon hankkeissa voidaan biopolttoaineita hyödyntää osittain.

### Fortum on mukana tutkimassa ja kehittämässä uusia teknologioita

Fortum selvittää tutkimus- ja kehitysohjelmassaan muun muassa uusien energiantuotantoteknologioiden ja uusiutuvien energianlähteiden soveltamismahdollisuuksia sähkön ja lämmön tuotannossa. Tällaisia ovat esimerkiksi fuusiovoima, biopolttoaineet, tuuli- ja aaltovoima, polttokennot, jätteen energiakäyttö ja puhtaat hiiliteknologiat kuten hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS).

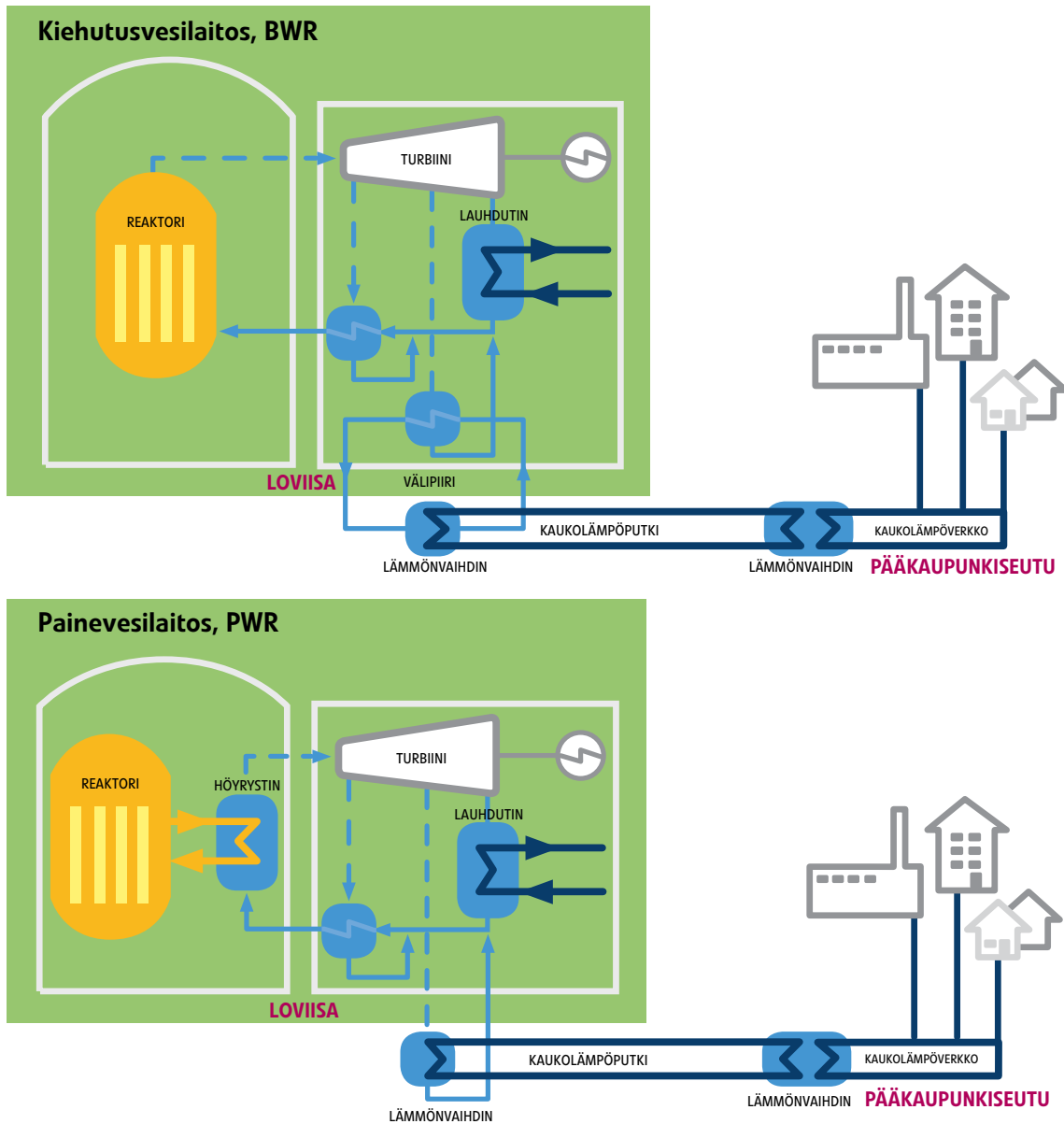
Fortum on aloittanut lokakuussa 2007 tutkimukset hiilidioksidin talteenottojärjestelmän kehittämiseksi Meri-Porin voimalaitokselle. Fortumin tavoitteena on, että Meri-Poriin suunniteltu kokeilu hyväksytään Euroopan unionin vuonna 2015 käynnistyvään laajaan hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin demonstraatio-ohjelmaan. Tukholmassa, Värtanin voimalaitoksella on jo testattu hiilidioksidin talteenottoa. Norjassa Fortum tekee yhteistyötä talteenottotekniikoiden kehittämiseksi.

Lisäksi Fortum sijoittaa kansainvälisiin puhtaiden energiateknologioiden pääomarahastoihin (cleantech-rahastot) edistääkseen ympäristömyötäisten energiateknologioiden tutkimusta. Rahastot sijoittavat yrityksiin, jotka kehittävät energiatehokkuutta, suorituskykyä ja tuottavuutta edistäviä teknologioita. Keskeinen tavoite on, että teknologiat samalla supistavat kustannuksia, energiakulutusta, jätteen määrää sekä päästöjä.

## 6 Mahdollisuus kaukolämpöön

Fortumin Loviisan voimalaitoksen uuden ydinvoimalaitosyksikön ajoitus sopii hyvin pääkaupunkiseudulta 2020-luvulla ikääntyvien ja uusimispäätöksiä edellyttävien hiili- ja maakaasuvoimalaitosten korvaamiseen. Sijainti pääkaupunkiseudun läheisyydessä tarjoaa mahdollisuuden uuden ydinvoimalaitosyksikön lämpöenergian laajamittaiseen hyödyntämiseen kaukolämpönä. Voimalaitosyksikön toteuttaminen sähköä ja kaukolämpöä tuottavaksi on teknisesti mahdollista, kuten myös kaukolämmön siirtäminen pääkaupunkiseudulle (kuva 4-7).

Uudella ydinvoimalaitosyksiköllä voidaan tuottaa lähes pääkaupunkiseudun nykyistä kaukolämpötarvetta vastaava kaukolämpöenergia. Fortumin omien asiakkaiden kaukolämmön tarve pääkaupunkiseu-



Kuva 4-7. Kaikki kaukolämpöön liittyvät laitteistot ovat erillään ydinvoimalaitoksen radioaktiivisista järjestelmistä. Kaukolämpöputken vesikierto on erillään voimalaitoksen vesikierrosta, kuten jäähdytysvesikin. Kaukolämpöputken vesikierto on lisäksi erillään varsinaisen kaukolämmön jakeluverkon vesikierrosta.

dulla ei ole riittävä tämän vaihtoehdon toteutumiseksi. Siksi tämän vaihtoehdon toteutuminen edellyttää yhteistyökumppaneita, jotka ovat valmiita osallistumaan hankkeeseen.

#### Yhdistetty sähkön ja kaukolämmön tuotanto vähentää merkittävästi energiantuotannon hiilidioksidipäästöjä

Pääkaupunkiseudun nykyinen kaukolämmön kulutus on noin 11 TWh. Sähkön ja kaukolämmön tuotannon hiilidioksidipäästöt ovat vastaavasti noin 6 miljoonaa tonnia vuodessa. Mikäli uuden ydin-

voimalaitusyksikön tarjoamaa kaukolämpöä hyödynnetään maksimaalisesti, voidaan 1 000 MW:n kaukolämpötehoilla välttää vuosittain noin 4 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöt. Tämän vaihtoehdon toteutuminen vähentäisi pääkaupunkiseudun sähkön ja kaukolämmöntuotannon hiilidioksidipäästöjä yli 60 %:lla ja Suomen hiilidioksidipäästöjä noin 6 %:lla.

Sähköä ja kaukolämpöä tuottava ydinvoimalaitusyksikkö tarjoaa parhaan mahdollisuuden vähentää energiantuotannon hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi paikallinen lämpökuormitus mereen voimalaitospaikan läheisyydessä laskee merkittävästi.

### Pienempi ympäristövaikutus ja parempi hyötysuhde

Sähköä tuottavan ydinvoimalaitoksen hyötysuhde on noin 35-40 %. Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto parantaa voimalaitoksen kokonaishyötysuhdetta, mutta pienentää samalla voimalaitoksen sähkötehoa. Vaikutus kokonaishyötysuhteeseen riippuu reaktorin lämpötehosta ja lämmöntuotannon suuruudesta. Kaukolämpötehon ollessa 1 000 MW voimalaitoksen sähkötehosta menetetään 160–180 MW. Käytännössä kokonaishyötysuhde vaihtelee lisäksi niin, että kesällä, jolloin kaukolämmön tarve on pienimmillään, myös kokonaishyötysuhde on pienimmillään. Suurimmillaan hyötysuhde on talvikaudella, noin 60 %.

### Yhdistetty sähkön ja kaukolämmön tuotanto ja siirto on teknisesti toteutettavissa

Ydinvoimalaitosyksikkö voidaan toteuttaa myös sähköä ja lämpöä tuottavana yksikkönä. Lämpö on teknisesti siirrettävissä pääkaupunkiseudulle. Turbiinilaitokseen ja turbiiniin tarvittavat muutokset rajoittuvat kaukolämmönvaihtimien sijoittamiseen turbiinilaitoksen esilämmitysasteiden rinnalle ja turbiinin virtausosan mitoittamiseen.

Kaukolämpö johdettaisiin pääkaupunkiseudulle kallioon louhittavaan tunneliin sijoitettavia kaukolämpöputkia pitkin.

## 7 Energiatehokkuuden parantaminen

### Suomen on parannettava energiategokkuuttaan

Euroopan unionin tavoitteiden mukaisesti Suomessa pyritään energiankäytön tehostamiseen ja energiantuotannosta aiheutuvien ympäristövaikutusten vähentämiseen. Sähkökäyttöisillä ratkaisuilla on energiankäytössä usein selvästi parempi hyötysuhde kuin polttoaineita suoraan käytettäessä. Sähköä käyttämällä voidaan vähentää energian kokonaiskulutusta, vaikka sähkön käyttö samalla kasvaa. Esimerkiksi matalaenergiataloissa sähkölämmitys ja ilmalämpöpumppu yhdessä on tehokas lämmitysmuoto.

Toukokuussa 2006 voimaan tulleen energiapalveludirektiivin (ESD) mukainen Suomen ensimmäinen kansallinen energiategokkuuden toimintasuunnitelma (NEEAP-1) toimitettiin Euroopan unionin komissiolle kesäkuussa 2007. Fortumin tavoitteena on tehostaa energiankäyttöä energiapalveludirektiivin 9 %:n säästötavoitteiden saavuttamiseksi vuosina 2008–2016.

### Fortum on parantanut energiategokkuuttaan

Fortumin mahdollisuudet energiategokkuuden parantamiseksi ja energian säästämiseksi keskittyvät

- omien voimalaitosten ja toimintojen energiategokkuuden edelleen kehittämiseen
- asiakkaiden avustamiseen energiankäytön tehostamisessa ja energian säästämässä
- yleiseen tiedottamiseen ja valistamiseen energiansäästön tärkeydestä.

Sähköntuotannossa energiategokkuus on tärkeä osa kustannustehokkuutta ja siten normaalia toimintaa. Kunnossapidon avulla seurataan ja ylläpidetään laitteen kuntoa ja energia-analysien avulla etsitään kohteita, joilla voimalaitosten hyötysuhdetta voidaan nostaa tai voimalaitosten energiankulutusta pienentää.

Fortum liittyi valtakunnalliseen voimalaitosalan energiansäästösopimukseen vuonna 1997, ja sitä on jatkettu energiategokkuussopimuksella vuosille 2008–2016. Järjestelmä sisältää suunnitelman energiategokkuuden parantamiseksi, tavoitteet sekä energiankulutuksen seurannan ja vuosittaisen raportoinnin. Fortumin toteuttamilla hankkeilla välitetään vuosittain 3–4 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöt. Merkittävimmät kohteet ovat olleet ydin- ja vesivoimalaitosten tehonkorotukset, yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon lisääminen sekä polttoainemuutokset. Kauppa- ja teollisuusministeriö palkitsi Fortum Power and Heat Oy:n vuoden 2002 energia-alan energiansäästösopimusyrityksenä.

Fortum on kestävä kehityksen strategiansa mukaisesti perustanut 1.1.2008 Service-liiketoimintayksikköön uuden energiategokkuuspalveluyksikön. Yksikön tavoitteena on tarjota energiategokkuuteen liittyvää asiantuntija- ja konsultointipalvelua energiantuottajille, siirtäjille ja loppukäyttäjille. Fortum on myös käynnistänyt ”Energiahälpen” -hankkeen Ruotsissa, ja toiminta on tarkoitus laajentaa Suomeen. Hankkeessa tarjotaan maksutonta energiansäästöön liittyvää neuvontaa pienyrityksille, kotitalouksille ja yksittäisille henkilöille. Tämän lisäksi Fortumin internetsivuilla ja julkaisuissa on runsaasti tietoa energiategokkuudesta ja energian säästämistä.

## 8 Uusi ydinvoimalaitosyksikkö on tärkeä Loviisan seudulle

### Loviisa on erinomainen sijoituspaikka uudelle ydinvoimalaitosyksikölle

Monipuolinen energiategokkuus muodostaa Loviisan seudun ehdottomasti tärkeimmän vahvuustekijän.

Aluetta halutaan kehittää energiaklusterina, joka tuottaa energiapalveluja paikallisesti ja kansallisesti. Loviisan seudun keskeinen haaste on vanhempiin ikäryhmiin painottuva väestörakenne, joka rasittaa alueen kuntien taloutta. Ikärakenteen nuorentaminen edellyttää voimakasta elinkeinoelämän kasvua, mikä toisi alueelle runsaasti työikäisiä ihmisiä.

Loviisa 3 -hankkeella parannetaan selvästi työllisyyttä niin Itä-Uudellamaalla kuin Kymenlaaksosakin. Perinteinen teollisuus, erityisesti metsäteollisuus, on vähentänyt tuotantoaan Kymenlaaksossa, minkä seurauksena seutu on menettänyt tuhansia työpaikkoja. Kehitys on arvioiden mukaan lähivuosina samansuuntainen. Uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentaminen Loviisaan tuo Itä-Uudellemaalle ja Kaakonkulmalle usean vuoden ajaksi useita tuhansia työpaikkoja. Pysyvät työpaikat voimalaitoksella ja alihankintayrityksissä toisivat merkittävän pysyvän lisäyksen seudun työpaikkojen määrään.

Loviisan seudun elinkeinoelämän rakenne energiaklusterin ulkopuolisissa yrityksissä perustuu tuotantoon, johon maailmantalouden vaikutukset ja suhdannevaihtelut heijastuvat voimakkaasti. Voimalaitoshankkeella olisi merkittävä vaikutus uuden, vuoden 2010 alusta toimintansa aloittavan Loviisan kaupungin ja sen palvelurakenteen kehittymisessä.

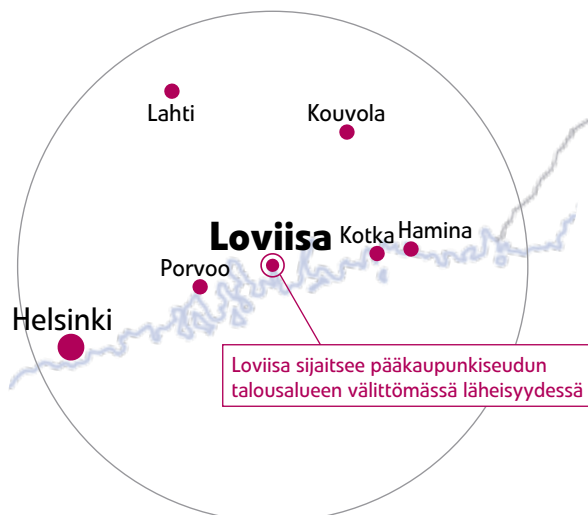
Loviisa muodostaa Kymenlaakson näkökulmasta luontevan työssäkäyntialueen. Niin rakennus- kuin käyttövaiheenkin aikana työntekijät voivat asua kotonaan esimerkiksi Kotkan seudulla, Anjalankoskella ja Kouvolassa. Tämä lieventää merkittävästi teollisen rakennemuutoksen vaikutuksia Kymenlaaksossa.

Fortumin Loviisa 3 -investointien kautta syntyy työtä suoraan noin 13 400 henkilötyövuoden verran. Välillinen työllisyysvaikutus on noin 7 500 henkilötyövuotta. Kokonaisuudessaan investoinnin vaikutus Suomessa on noin 21 000 henkilötyövuotta.

Suorista työllisyysvaikutuksista noin 70 % syntyy työmaan tarvitsemista palveluista, noin 20 % kone- ja laitevalmistuksesta ja noin 10 % rakentamisesta. Työmaan tarvitsemat palvelut synnyttävät suurimmat välilliset vaikutukset, mutta koneiden ja laitteiden valmistuksen sekä rakentamisen painoarvo on välillisten vaikutusten syntymisessä hieman suoraa vaikutuksia korkeampi.

Kuudelle vuodelle tasaisesti jaettuna vuotuiset suorat työllisyysvaikutukset ovat noin 2 200 henkilötyövuotta ja välilliset työllisyysvaikutukset noin 1 250 henkilötyövuotta.

Valmistelu- ja maarakennustöiden aikana työmaalla työskentelee muutama sata henkilöä. Kolmannelta vuodelta eteenpäin työmaalla työskentelee kahdenkolmen vuoden ajan 2 000–3 000 rakentajaa, asentajaa sekä työnjohtohenkilöstöä. Rakennusvaiheen jälkeen työmaalla on muutama sata käyttöönottohenki-



Loviisa on monessa suhteessa erinomainen sijoituspaikka uudelle ydinvoimalaitokselle. Työvoiman ja palveluiden saatavuus ei muodostu ongelmaksi. Lisäksi Loviisa sijaitsee kasvualueella ja kulutuksen lähellä.

löö yhdessä tulevan käyttökäyttökunnan kanssa.

Uuden voimalaitosyksikön investoinneista koneiden ja laitteiden kotimainen hankinta kohdistuu laajasti eri puolille Suomea, koska valmistusta ei ole Loviisan seudulla. Sen sijaan huomattava osa rakennusurakoiden ja työmaan tarvitsemien palvelujen työllisyysvaikutuksista kohdentuu Loviisan seudulle ja sen lähialueille.

Aiemmin tehdyissä vastaavissa selvityksissä on arvioitu, että ison työmaan työvoiman tarpeesta voidaan tyydyttää paikallisesti noin 20 %. Rakennustyöt ja työmaan palvelut voisivat siten työllistää Loviisan seudulla 300–350 henkilöä.

### Väestömäärä kasvaa

Uuden voimalaitosyksikön rakentaminen lisää Loviisan seudun ja lähiseutujen väestömäärää tilapäisesti, sillä osa työmaalla työskentelevästä työvoimasta on kotoisin muualta Suomesta tai ulkomailta. Rakennusvaiheen aikana tilapäinen väestönlisäys on muutamista sadoista enimmillään jopa yli 2 000 henkilöön.

Tilapäisen väestön lisäys vaihtelee eri kunnissa sen mukaan, miten työntekijöiden majoitus ja pitempiaikainen asuminen jakautuu Loviisan ja lähiseutujen kesken. Rakennustyömaan intensiivisimmässä vaiheissa seudun väestön määrä kasvaa tilapäisesti lähes 10 %:lla.

### Verotulot kasvavat

#### Kunnallisvero

Uuden voimalaitosyksikön rakennustyömaa ja sen tukipalvelut työllistävät Loviisan seudulla arviolta 300–350 henkilöä. Lisäksi majoitusalan ja vähit-



täiskaupan myynnin lisäys sekä työmaan tarvitsemat viranomais- ja terveydenhuoltopalvelut voivat työllistää seudulla noin 50 henkeä. Loviisan seudun veropohja laajenee siten rakentamisen aikana noin 400 henkilötyövuodella. Mikäli työntekijän vuosipalkaksi oletetaan keskimäärin noin 35 000 euroa, on seudulle kohdentuva palkkasumma yhteensä 14 miljoonaa euroa vuodessa. Siitä työntekijöiden kotikuntien kantaman kunnallisveron osuus on yli kaksi miljoonaa euroa. Lisäksi seudun veropohjaa kasvattaa yritysten liikevaihdon kasvu.

### **Kiinteistövero**

Rakenteilla oleva voimalaitosyksikkö tuottaa kiinteistöverotuloja Loviisan kaupungille jo ennen kaupallista käyttöä rakennusten valmistumisasteen mukaan. Rakenteilla olevan voimalaitosyksikön rakentamisen aikaiset kiinteistöverot ovat keskimäärin useita miljoonia euroja vuodessa, mikä kasvattaa Loviisan kaupungin kiinteistöverotuloja voimakkaasti.

## **9 Hankkeen merkitys muiden ydinvoimalaitosten ja ydinjätehuollon kannalta**

Uusi ydinvoimalaitosyksikkö sijoitetaan Loviisan Hästholmenin saarelle, nykyisten toiminnassa olevien ydinvoimalaitosyksiköiden eteläpuolelle. Hästholmenin saarella on olemassa oleva infrastruktuuri, jota voidaan hyödyntää uuden ydinvoimalaitosyksikön rakennus- ja käyttövaiheen aikana.

### **Loviisan Hästholmenin saari on kaavoitettu ydinvoimalaitoskäyttöön**

Fortumin omistamalla maa- ja vesialueella Hästholmenin saarella on voimassa olevat kaavat, jotka mahdollistavat uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentamisen.

Hästholmenin saarella sijaitseva nykyisten ydinvoimalaitosyksiköiden vähä- ja keskiaktiivisten jätteen varastoa voidaan laajentaa siten, että uuden ydinvoimalaitosyksikön vähä- ja keskiaktiiviset jätteet sekä purkujätteet voidaan sijoittaa sinne.

### **Käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan Euroalle Olkiluotoon**

Ydinenergialain mukaisena luvanhaltijana Fortum Power and Heat Oy vastaa käytetyn polttoaineen loppusijoituksesta. Teollisuuden Voima Oyj ja Fortum Power and Heat Oy ovat perustaneet Posiva Oy:n toteuttamaan yhtiöiden voimalaitosyksiköiden käytetyn polttoaineen loppusijoituksen. Uuden ydinvoimalaitosyksikön käytetyn polttoaineen loppusijoituksen

ympäristövaikutusten arviointi (YVA) on käynnissä. Posiva Oy hakee uuden ydinvoimalaitosyksikön käytetyn polttoaineen loppusijoitukselle valtioneuvostolta periaatepäätöstä sen jälkeen, kun arvioinnista on saatu yhteysviranomaisen lausunto.

## **10 Vaihtoehtoiset energian tuotantomuodot**

Energian tuotanto tulee vielä pitkään tulevaisuudessa pääosin perustumaan nykyisiin tuotantomuotoihin. Suomessa näistä tärkeimmät ovat kivihiili, vesivoima, biomassa, maakaasu ja ydinvoima. Uusiutuvien energialähteiden käyttö lisääntyy.

### **Kivihiili**

Kivihiili on fossiilinen polttoaine, joka soveltuu sekä lauhdevoiman että yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon polttoaineeksi. Suomessa kivihiilen käyttö pääpolttoaineena on keskittynyt rannikoilla sijaitseviin isoihin lauhde- ja kaukolämpövoimalaitoksiin. Lauhdevoimalaitoksilla on suuri merkitys sähkötarpeen kausivaihtelun ja vesivoiman vuosivaihtelun kattamisessa. Kivihiilen osuus Suomen primäärienergian kulutuksesta on viime vuosina ollut yli 10 % ja sähkönkulutuksesta 11–21 %. Suomessa ei ole kivihiilivarantoja. Vuonna 2007 Suomen sähkön kokonaistarpeesta tuotettiin 15 % kivihiiltä polttoaineena käyttävillä voimalaitoksilla.

Kivihiiltä poltettaessa syntyy hiilidioksidi-, rikki-dioksidi-, typen oksidi- ja hiukkaspäästöjä. Nykyään voimassa olevat rikkidioksidi-, typen oksidi- ja hiukkaspäästöjen raja-arvot saavutetaan kivihiilivoimalaitoksilla polttoteknisillä ratkaisuilla ja savukaasun puhdistuksella. Kivihiilen käytöstä syntyviä hiilidioksidipäästöjä ei kuitenkaan voida kustannustehokkaasti poistaa nykyisillä menetelmillä. Hiilidioksidin talteenotto- ja varastointiteknologian (Carbon Capture and Storage, CCS) oletetaan kehittyvän kaupalliselle tasolle 2020-luvulle mennessä, mikä avanee maailmanlaajuisesti uusia mahdollisuuksia ilmastonmuutoksen hillintään. Fortum tutkii hiilidioksidin talteenoton mahdollisuuksia Meri-Porin hiililauhdevoimalaitoksella.

Kivihiilen poltosta ja savukaasujen puhdistamisesta syntyvillä sivutuotteilla, erityisesti tuhkalla ja kipsillä, on käyttöä maanrakennuksessa ja kipsilevytuotannossa. Sivutuotteista 60 % menee uusiokäyttöön.

Euroopan unionin tavoitteiden mukainen uusiutuvien energialähteiden osuuden kasvattaminen vähentänee tulevaisuudessa kivihiilen käyttöä ja heikentää uusien kivihiililaitosten toteutusmahdollisuuksia Suomessa. Euroopassa on tällä hetkellä kui-



tenkin rakenteilla ja suunnitteilla useita kivihiihtä käyttäviä suuria voimalaitoksia.

## Vesi

Vesivoima on uusiutuva energiamuoto. Suomessa on rakennettua vesivoimaa yhteensä noin 3 000 MW yli 200 vesivoimalaitoksessa. Vesivoiman osuus Suomen sähkönkulutuksesta on viime vuosina ollut 10–20 % vesitilanteesta riippuen.

Parhaimmat vesivoimakohteet Suomessa on jo rakennettu tai suojeltu. Suomessa on rakentamatonta vesivoimaa noin 1 700 MW. Tästä määrästä on sähkön- tuotannon nopeaan säätöön soveltuvaa vesivoimaa 930 MW ja muuta rakentamiskelpoista vesivoimaa, lähinnä pienvesivoimaa, 270 MW. Loput ovat esimerkiksi rajajoissa tai teoreettista vesivoimaa, jonka rakentaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa. Suojelemattomissa vesistöissä nopeaan säätöön soveltuvaa vesivoimaa on 370 MW, josta noin 260 MW on nykyisten vesivoimalaitosten tehonnostopotentiaalia, joka voidaan toteuttaa esimerkiksi peruskorjausten yhteydessä. Taloudellisesti toteutettavissa olevaa, mutta suojelluissa vesistöissä sijaitsevaa vesivoimapotentiaalia on noin 570 MW. Sen rakentaminen edellyttäisi kuitenkin suojelupäätösten purkua.

## Puu

Puuperäiset polttoaineet ovat uusiutuvia energi- anlähteitä, joita käytetään erityisesti metsäteollisuuden yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa. Näissä voidaan hyödyntää puunkorjuussa ja ja- lostusprosessissa syntyviä polttoainejakeita, kuten mustalipeää, puun kuorta, hakkuujätettä, haketta ja sahanpurua. Puuperäisen energian osuus Suomen primäärienergian kulutuksesta on viime vuosina ollut noin 20 % ja sähkönkulutuksesta noin 10 %. Puu on kotimainen polttoaine, mutta metsäteollisuuden raaka-aineeksi ja energiateollisuuden tarpeisiin puuta tuodaan myös ulkomailta.

Puuperäisiä polttoaineita poltettaessa syntyy hiilidioksidi-, typen oksidi- ja hiukkaspäästöjä. Päästöt ovat vähäisempiä kuin kivihiihen ja turpeen poltossa. Syntyvät hiilidioksidipäästöt eivät lisää ilmahan hiilidioksidipitoisuutta, sillä kasvaessaan metsä sitoo yhtä paljon hiilidioksidia, kun poltossa vapautuu. Muita päästöjä hallitaan poltto- ja puhdistustekniikoilla.

Suomessa puuperäisten polttoaineiden käyttöä energiantuotannossa lisätään merkittävästi Euroopan unionin Suomelle asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi. Lisääntyvä puuperäisten polttoaineiden käyttö vähentää fossiilisten polttoaineiden osuutta energiantuotannossa.

Puuperäisten polttoaineiden rajallinen saatavuus

ja kuljetusmatkat rajoittavat niiden käyttöä poltto- aineena.

## Maakaasu

Maakaasu on fossiilinen polttoaine, joka soveltuu erityisesti yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotan- toon. Maakaasuvoimalaitoksissa voidaan tuottaa samaa lämpö määrää kohden selvästi enemmän sähköä kuin kiinteitä polttoaineita käyttävissä voimalai- toksissa. Maakaasun osuus Suomen primääriener- gian kulutuksesta on ollut viime vuosina noin 10 % ja sähkönkulutuksesta noin 11 %. Suomessa ei ole maakaasuvarantoja.

Maakaasun poltosta syntyy hiilidioksidi- ja typen oksidipäästöjä. Päästöt tuotettua energiayksikköä kohden ovat pienemmät kuin kivihiihen tai turpeen poltossa.

Suomessa maakaasun käytön kannattavuut- ta erillisessä lauhdetuotannossa rajoittaa ensisi- jaisesti maakaasun hinta eikä kannattavia toteu- tussuunnitelmia arvioida tällä hetkellä olevan. Maakaasun käytön kasvumahdollisuuksia yhdiste- tyssä sähkön ja lämmön tuotannossa rajoittavat maakaasun hinnan ohella lämmön käyttökohteiden rajallisuus sekä maakaasun toimitusmahdolli- suus vain Etelä-Suomeen.

## Turve

Turve on hitaasti uusiutuva biopolttoaine, jonka uu- siutumisaika on 2 000–3 000 vuotta. Sitä ei kuiten- kaan lueta Euroopan unionin tavoitteiden mukaisek- si uusiutuvaksi energialähteeksi. Turve soveltuu ensi- sijaisesti Suomen sisä- ja pohjoisosissa yhdeksi polt- toaineeksi monipolttoainevoimalaitoksille, joita käy- tetään yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon. Turpeen osuus Suomen primäärienergian- ja sähkön- kulutuksesta on viime vuosina ollut 5–8 %. Turve on kotimainen polttoaine. Suomessa turvetuotantoon soveltuvia soita on arvioilta 1,4 miljoonaa hehtaaria. Turpeen poltosta syntyy hiilidioksidi-, rikkidioksidi-, typen oksidi- ja hiukkaspäästöjä. Päästöjä hallitaan poltto- ja puhdistustekniikoilla.

Suomessa turpeen käytön ei arvioida tällä hetkellä lisääntyvän nykyisestä hiilidioksidipäästöjen ja uu- siutuvien energialähteiden käytön tavoitteiden joh- dosta. Turpeen käytöllä on aluepolitiikkaan ja työl- lisyyteen liittyviä vaikutuksia. Kuljetuskustannukset rajoittavat turpeen käyttöä Etelä-Suomessa.

## Öljy

Öljy on fossiilinen polttoaine, jota käytetään Suomes- sa lähinnä liikenteessä, teollisuudessa ja kotitalouk-

sien öljylämmityksessä sekä voimalaitoksissa käynnistys-, vara- ja tukipolttoaineena. Öljyn osuus Suomen primäärienergian kulutuksesta on viime vuosina ollut yli 20 % ja sähkönkulutuksesta noin 2 %. Suomessa ei ole öljyvarantoja. Öljyä poltettaessa syntyy lähinnä hiilidioksidi-, rikkidioksidi-, typen oksidi- ja hiukkaspäästöjä. Suomessa ei arvioida öljyn käytön lisääntyvän sähköntuotannossa.

### Jäte

Jätteiden osuus Suomen sähkönkulutuksesta on viime vuosina ollut noin 1 %. Suomessa jätteiden käyttö polttoaineena on lisääntymässä. Jätteiden määrä rajoittaa niiden käytön kuitenkin pieneköihin voimalaitoksiin, jotka toimivat sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Jätteitä käytetään jonkin verran myös rinnakkaispolttoaineena muissa voimalaitoksissa. Euroopassa jätteiden hyödyntäminen energiantuotannossa on huomattavasti yleisempää kuin Suomessa.

### Tuuli

Tuulivoima on uusiutuva energiamuoto, josta ei synny päästöjä ilmaan, veteen eikä maahan. Näistä syistä tuulivoiman käyttöä on pyritty edistämään. Tuulivoiman suurimpia ongelmia ovat korkeat investointikustannukset sekä sähkötehon riippuvuus tuulen voimakkuudesta. Suomessa oli vuoden 2007 lopussa rakennettua tuulivoimaa yhteensä 110 MW. Tuulivoiman osuus Suomen sähkönhankinnasta oli vuonna 2007 noin 0,2 %.

Suomessa on selvitetty viime vuonna tuulivoiman tuotantomahdollisuuksia ja -kustannuksia (KTM 2007, Energiategollisuus ry 2007a). Kauppa- ja teollisuusministeriön selvityksen mukaan nykyisen tukipolitiikan jatkuessa tuulivoiman tuotanto kasvaisi vuoteen 2020 mennessä nykyisestä noin viisinkertaiseksi. Voimakkain tukitoimenpitein tuulivoiman tuotanto voisi kasvaa jopa kaksikymmenkertaiseksi nykyisestä. Mittavien tuulivoimainvestointien kannattavuus edellyttää selvästi nykyistä korkeampaa tukitasoa. Tuulivoiman mahdollinen voimakaskaan lisääminen ei riitä kattamaan sähkön tarpeen kasvua Suomessa.

### Aurinko

Aurinkoenergia on uusiutuva energiamuoto, josta ei synny päästöjä ilmaan, veteen eikä maaperään.

Maapalloon kohdistuvan auringon säteilyn teho on 170 000 TW. Huomattavasta energiamäärästä huolimatta auringon säteilystä voidaan hyödyntää vain pieni osa, mutta sekin riittäisi selvästi ihmiskunnan energiatarpeiden tyydyttämiseen.

Aurinkoenergian kustannukset ovat edelleen moninkertaiset nykyisiin sähköntuotantomuotoihin verrattuna. Suomessa aurinkoenergian käyttöä rajoittaa lisäksi auringon säteilyn vuodenaikavaihtelu. Suomessa aurinkoenergia soveltuu lähinnä sähköverkon ulkopuolisten käyttökohteiden sähköistykseen. Sähköntuotannossa aurinkoenergian ei arvioida muodostuvan Suomessa kannattavaksi.

### Muut energialähteet

Kehitteillä on useita uusia energiatuotantomuotoja, kuten fuusio- ja aaltovoima. Niiden ei kuitenkaan oleteta soveltuvan uuden tuotantokapasiteetin merkittävään rakentamiseen lähivuosikymmeninä. Fortum tukee fuusiovoiman tutkimusta ja kehitystä sekä on investoinut aaltovoiman tutkimushankkeisiin.

### Sähkön tuonti

Sähkön tuonti muodostaa vaihtoehdon kotimaiselle sähköntuotannolle. Suomeen voidaan tuoda sähköä pohjoismaisilta sähkömarkkinoilta, Venäjältä ja Estlink-yhteyden kautta Baltian sähkömarkkinoilta. Sähkön tuonti Suomeen on viime vuosina kattanut 12–20 % sähkönkulutuksesta.

Sähkön tuontihinnan arvioidaan tulevaisuudessa nousevan, sillä sähkön kysyntä kasvaa eri maissa, päästöoikeudet kallistuvat ja sähköntuotannossa käytettävän maakaasun hinta Venäjällä nousee markkinaperusteiselle tasolle.

Pohjoismaisia siirtoyhteyksiä Ruotsin ja Suomen välillä vahvistetaan vuonna 2011 käyttöön otettavalla Fenno-Skan 2 -kaapeliyhteydellä ja suunnitteilulla olevalla kolmannella 400 kilovoltin avojohtoyhteydellä Pohjois-Ruotsin ja Pohjois-Suomen välillä. Viron ja Suomen välille on kaavailtu uutta Estlink 2 -kaapeliyhteyttä.

Fortumin käsityksen mukaan sähkön toimittaminen markkinoille parantaa Suomen kansallista sähkönhankinnan omavaraisuutta ja toimivuutta. ●

## Liitteen 4 tiivistelmä

### Selvitys ydinlaitoshankkeen yleisestä merkityksestä sekä sen tarpeellisuudesta, erityisesti maan energihuollon kannalta sekä sen merkityksestä maan muiden ydinlaitosten käytön ja niiden ydinjätehuollon kannalta

- Sähköenergian osuus kokonaisenergiankulutuksesta tulee kasvamaan. Vaikka kokonaisenergiankulutus pienenee, sähkönkulutus kasvaa.
- Uutta tuotantokapasiteettia tarvitaan korvaamaan markkinoilta poistuvaa tuotantokapasiteettia ja fossiilisia polttoaineita käytäviä voimalaitoksia.
- Energiatohokkuuden parantamisella ja panostuksilla uusiutuviin energianlähteisiin ei yksin pystytä huolehtimaan sähköenergian saannin turvaamisesta Suomessa ja pohjoismaisilla energiemarkkinoilla. Uutta ydinvoimakapasiteettia tarvitaan tulevina vuosikymmeninä.
- Suomi on siirtynyt kotimaisista sähkömarkkinoista yhteisiin pohjoismaisiin sähkömarkkinoihin. Kehitys kulkee kohti yhteisiä Itämeren alueen sekä EU:n sähkömarkkinoita.
- Fortum myy käytännössä kaiken tuottamansa sähkön markkinoille. Fortumin tuottama sähkö on siten kaikkien sähkönkäyttäjien saatavilla ja edistää kilpailua.
- Fortumilla ei ole määräävää markkina-asemaa pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Sen osuus tuotannosta on 13 %, ja osuus pienenee jatkossa siirryttäessä kohti eurooppalaisia markkinoita.
- Yhdistetty sähkön ja kaukolämmön tuottaminen ja siirtäminen Loviisan uudesta ydinvoimalaitosyksiköstä pääkaupunkiseudulle on teknisesti toteutettavissa. Tämä vaihtoehto vähentäisi Suomen hiilidioksidipäästöjä 6 %:lla.
- Hankkeella on huomattava vaikutus yleiseen talouteen, kuntatalouteen ja työllisyyteen erityisesti Itä-Uudellamaalla ja Kymenlaaksossa. Paperiteollisuuden rakennemuutoksen seurauksena Kaakonkulmalle tarvitaan merkittäviä teollisia investointeja. Loviisan voimalaitos on luonteva työssäkäyntipaikka myös kotkalaisille, anjalankoskelaisille, haminalaisille ja kuusankoskelaisille.











## SISÄLTÖ

1 HAKIJAN TALOUDELLISET TOIMINTAEDELLYTYKSET ..	36
1.1 Hakijan liiketoiminta ja osakkaat .....	36
1.2 Hakijan taloudellinen tila .....	36
1.3 Varat ydinjätehuollon hoitamiseen .....	37
1.4 Vakuutukset .....	37
2 HANKKEEN LIIKETALOUDELLINEN KANNATTAVUUS ...	37

## LIITTEET

Liite 5.1 Fortum-konsernin vuosikertomus 2007:  
liiketoimintakatsaus ja tilinpäätös

# LIITE 5

## Selvitys hakijan taloudellisista toimintaedellytyksistä ja ydinlaitoshankkeen liiketaloudellisesta kannattavuudesta

### 1 Hakijan taloudelliset toimintaedellytykset

#### 1.1 Hakijan liiketoiminta ja osakkaat

Hakija Fortum Power and Heat Oy on Fortum-konsernin emoyhtiön Fortum Oyj:n kokonaan omistama tytäryhtiö. Fortum on Pohjoismaiden ja Itämeren alueen johtavia energiayhtiöitä, jonka toimintaan kuuluvat sähkön ja lämmön tuotanto, myynti ja jakelu sekä voimalaitosten käyttö ja kunnossapito. Fortum Power and Heat Oy on Loviisan nykyisen voimalaitoksen omistaja ja käyttäjä.

Fortum Oyj:n osake on listattu NASDAQ OMX Helsinkiin. Yhtiöllä on yli 50 000 osakkeenomistajaa, joista Suomen valtio on suurin noin 50,8 % osuudella (lokakuu 2008). *Taulukossa 5-1* on Fortum Oyj:n omistajien jakautuminen omistajaryhmittäin.

**Taulukko 5-1. Fortum Oyj:n omistajien jakautuminen omistajaryhmittäin, lokakuu 2008.**

Omistaja/omistajaryhmä	Osuus
Suomen valtio	50,8 %
Ulkomaiset sijoittajat	35,6 %
Kotitaloudet	4,9 %
Rahoitus- ja vakuutusyhtiöt	1,5 %
Muut suomalaiset sijoittajat	7,2 %
<b>Yhteensä</b>	<b>100 %</b>

#### 1.2 Hakijan taloudellinen tila

Vuonna 2007 Fortum Power and Heat Oy:n liikevaihto oli 1 425 miljoonaa euroa ja liikevoitto 846 miljoonaa euroa. Taseen loppusumma oli 2 710 miljoonaa euroa ja oma pääoma 1 311 miljoonaa euroa, josta jakokelpoinen oma pääoma oli 845 miljoonaa euroa. Yhtiön taloudellinen tila on vahva ja sillä on taloudelliset edellytykset uuden ydinvoimalaitoksen rakentamiseksi.

Fortum Power and Heat Oy omistaa pääsääntöisesti kaiken Fortum-konsernin Suomessa olevan sähkön ja lämmön tuotantokapasiteetin sekä keskeiset tuotanto-osakkuudet. Fortum-konsernin vuosikerto-

muksessa näihin liittyvä liiketoiminta raportoidaan sähkötuotanto- ja lämpösegmenteissä.

Fortum-konsernin taloudellista tilaa koskevat tiedot ilmenevät periaatepäätöshakemuksen oheen liitetystä vuoden 2007 vuosikertomuksesta (liite 5.1). Fortumilla on hyvä taloudellinen tilanne sekä vakaa rahoituksellinen asema. Nykyinen tase ja rahoitusrakenne mahdollistavat merkittävän lisälainoituksen ottamisen. Fortumin taseen loppusumma oli 20 546 miljoonaa euroa 30.9.2008. Omaa pääomaa (ilman vähemmistöosakkaiden osuutta) oli 7 579 miljoonaa euroa ja nettovelkaa 6 520 miljoonaa euroa. *Taulukossa 5-2* on Fortumin keskeisimpiä taloudellisia tunnuslukuja jaksolta 1.1.2006–30.9.2008.

**Taulukko 5-2. Fortum-konsernin keskeisimpiä taloudellisia tunnuslukuja 1.1.2006–30.9.2008.**

Miljoonaa euroa	2006	2007	viimeiset 12 kk 30.9.2008
Liikevaihto	4 491	4 479	5 354
Liikevoitto	1 455	1 847	1 872
Liiketoiminnan kassavirta	1 151	1 670	1 785
Korollinen nettovelka	4 345	4 466	6 520
Taseen loppusumma	16 839	17 674	20 546
Nettovelka / EBITDA*	2,3	2,2	2,8
Sijoitetun pääoman tuotto*	13,4 %	14,0 %	14,1 %
Oman pääoman tuotto*	14,4 %	15,8 %	16,7 %

\* Vuoden 2007 kertaluonteiset erät Lenenergosta ja REC:stä oikaistu

### 1.3 Varat ydinjätehuollon hoitamiseen

Fortum Power and Heat Oy:n ydinjätehuollon vastuumäärä oli vuoden 2007 lopussa 816 miljoonaa euroa. Valtion ydinjätehuoltorahastoon oli vuoden 2007 lopussa kerättyä 673 miljoonaa euroa. Vuoden 2007 aikana ydinenergiain mukainen vastuumäärä kasvoi noin 130 miljoonalla eurolla.

Hakijalle on myönnetty rahastoon suoritettavien maksujen jaksotus kuuden vuoden ajalle. Erotus on katettu ydinenergiain mukaisesti vakuuksilla. Valtioneuvosto päätti asiasta joulukuussa 2007. Tarkeempi erittely hakijan ydinjätehuoltovastuusta on esitetty Fortumin tilinpäätöksen liitetiedoissa.

Ydinjätehuoltorahastoon kerätyillä varoilla hakija kattaa lainmukaisesti nykyisten voimalaitosyksiköiden sulkemisen jälkeiset purkukustannukset sekä ydinjätteen loppusijoittamisesta aiheutuvat kustannukset.

Loviisa 3 -ydinvoimalaitosyksikkö liittyy käytön alkaessa ydinenergiain mukaiseen ydinjätehuollon varautumisjärjestelmään vastaavasti kuin nykyiset

Loviisan voimalaitosyksiköt, ja hakija maksaa tarvittavat varat Valtion ydinjätehuoltorahastoon. Yhtiöllä on täydet taloudelliset valmiudet huolehtia ydinjätehuollosta ja ydinvastuulain velvoitteista.

### 1.4 Vakuutukset

Fortum-konsernin vakuutuspolitiikan tavoitteena on kustannustehokkaasti hallinnoida vakuutettavissa olevia operatiivisia riskejä. Vakuutushallinnan tavoitteena on optimoida vahingontorjuntatoimenpiteet, omavastuut ja vakuutussuoja kustannustehokkaasti pitkällä aikavälillä. Fortum on tehnyt koko konsernia koskevia omaisuusvahinkoihin, liiketoiminnan keskeytymiseen ja vastuisiin liittyviä vakuutussopimuksia.

Suomessa ydinvoimalaitoksen haltija vastaa ydinonnettomuuksiin liittyvistä vastuuvollisuuksista kolmansia osapuolia kohtaan. Vastuu on katettava ydinvastuuvakuutuksella. Loviisan ydinvoimalaitoksen haltijalla, Fortum Power and Heat Oy:llä, on noin 175 miljoonan SDR:n (erityisen nosto-oikeuden) eli noin 230 miljoonan euron lakisääteinen ydinvastuuvakuutus ydinonnettomuuden aiheuttamien vahinkojen kattamiseksi. Vastaavanlaisia vakuutuksia on käytössä myös niissä ydinvoimayhtiöissä, joissa Fortum on vähemmistöosakkaana.

Ydinvastuulain muutokset vuodelta 2005 astuvat voimaan samanaikaisesti Pariisin ja Brysselin ydinvastuusopimusten muutosten kansainvälisen voimaantulon kanssa. Ydinlaitoksen haltijaa koskevat erityisesti Pariisin sopimuksen muuttuneet määräykset. Hakijan käsityksen mukaan kansainväliseltä ydinvakuutusyhteisöltä on tulevaisuudessa saatavissa korotettu 700 miljoonan euron ydinvastuuvakuutus, joka kattaa myös terroristivahingot. Hakemuksen tekohetkellä keskustelujen alaisina olevat 30 vuoden pidennetty kanne aika henkilövahingoille sekä kate mahdollisille ympäristö- ja ennallistamisvahingoille järjestetään vakuutusturvan mahdollisesti puuttuessa muilla turvaavilla vakuuksilla.

Hakijalla on lisäksi vapaaehtoinen ydinlaitoksen esinevakuutus. Vakuutuksen nojalla korvataan itse ydinlaitokselle aiheutunut palo-, sähkö- ja ydinvahinko Pohjoismaisen Ydinvakuutuspoolin esinevakuutusehtojen mukaisesti.

Uusi ydinvoimalaitosyksikkö liittyy osaksi Fortumin vakuutuspolitiikkaa, ja sille hankitaan lakisääteiset ja tarpeelliset vapaaehtoiset vakuutukset.

## 2 Hankkeen liiketaloudellinen kannattavuus

Sähköntuotantoon on olemassa vaihtoehtoisia tuotantotapoja (ydinvoima, muu lauhdevoima, yhdis-

tetty sähkön ja lämmön tuotanto, vesivoima ja tuulivoima) ja polttoaineita (uraani, hiili, kaasu, turve ja puu) tuotantoteknologiasta riippuen. Tehokas sähköntuotantojärjestelmä koostuu toisiaan täydentävistä vaihtoehtoista, jotka ovat oikeassa suhteessa. Tehokkaassa tuotannossa on riittävä määrä perusvoimaa, joka tuotetaan ydinvoimalla, muulla lauhdevoimalla sekä yhdistetyllä sähkön ja lämmön tuotannolla. Yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa sähköntuotannon määrä määräytyy paikallisen lämmönkysynnän perusteella.

Sähköntuotantovaihtoehtoista on tehty useita kansainvälisiä ja kansallisia vertailuja. Fortum on vertaillut muiden tekemiä arvioita sekä tehnyt omia laskelmia. Tuotantovaihtoehtojen kustannusrakenteet poikkeavat merkittävästi toisistaan joltuen polttoaineiden hinnoista, syntyneistä hiilidioksidipäästöistä, voimalaitoksen käytön kustannuksista sekä voimalaitokseen sitoutuneesta pääomasta. Polttoaineiden ja päästökustannuksen hinta vaihtelee markkinahintojen mukaan.

Polttoaine- ja hiilidioksidipäästöjen kustannukset muodostavat suurimman osan hiili- ja kaasuvoiman kustannuksista. Viime vuosina näiden kustannustekijöiden hinta on noussut merkittävästi polttoaineiden kansainvälisen korkean kysynnän sekä Euroopan unionin asettamien Euroopan laajuisten päästöjen vähennystavoitteiden takia. Vuoden 2008 loppupuolella kansainvälisen talouskriisin seurauksena hinnat ovat puolestaan laskeneet pidemmän ajan odotusten alapuolelle. Vesi- ja tuulivoiman kustannukset vaihtelevat merkittävästi uuden voimalaitoksen sijaintipaikan ja olosuhteiden mukaan, mutta sähkön tuottaminen niillä on pääsääntöisesti kalliimpaa kuin hiili-, kaasu- ja ydinvoimalla. Samoin kalliimpaa on myös sähkön tuottaminen hiilivoimal-

la, jossa hiilidioksidipäästöt puhdistettaisiin ja hiilidioksidi otettaisiin talteen ja varastoitaisiin.

Puuta ja turvetta käytetään ensi sijassa yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa paikallisesti. Niiden saatavuus ja hinta ovat riippuvaisia paikallisista olosuhteista (turvetuotantoalueiden sijainti). Puun ja turpeen saatavuus ei kuitenkaan riitä sähkön perusvoiman tuotantoon.

Ydinvoimalaitoksessa polttoainekustannusten osuus on pieni verrattuna kokonaiskustannuksiin. Laitos ei aiheuta hiilidioksidipäästöjä, joten niistä ei myöskään synny kustannuksia. Ydinvoimalaitoksen kiinteiden kustannusten suuri osuus tekee tuotetusta sähköstä kustannukseltaan vakaan.

Rakentamalla ydinvoimalaitosyksikkö sähköä ja kaukolämpöä tuottavaksi on mahdollista saavuttaa jopa 60 %:n kokonaishyötysuhde. Yhdistetty sähkön ja kaukolämmön tuotanto on alustavien arvioiden mukaan toteutettavissa oleva vaihtoehto.

Tehtyjen tarkastelujen perusteella voidaan todeta, että ydinvoima on vaihtoehtoista tuotantomuodoista edullisin. Muiden vaihtoehtoisten tuotantomuotojen rajoitteena on rakentamispotentiaali (esimerkiksi vesivoima ja yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto), polttoaineen saatavuus (esimerkiksi puu) sekä polttoaineen hinta ja tuotannosta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt. Fortumin näkemyksen mukaan ydinvoimalaitosyksikön rakentaminen on taloudellisesti kannattava investointi.

Yhteiskunnan kokonaisedun kannalta on tärkeää, että sähköä tuotetaan mahdollisimman edullisesti ottaen huomioon myös hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat kustannukset. Ydinvoiman rakentamisen etuina ovat myös hiilidioksidipäästötön tuotanto sekä vakaat tuotantokustannukset. ●

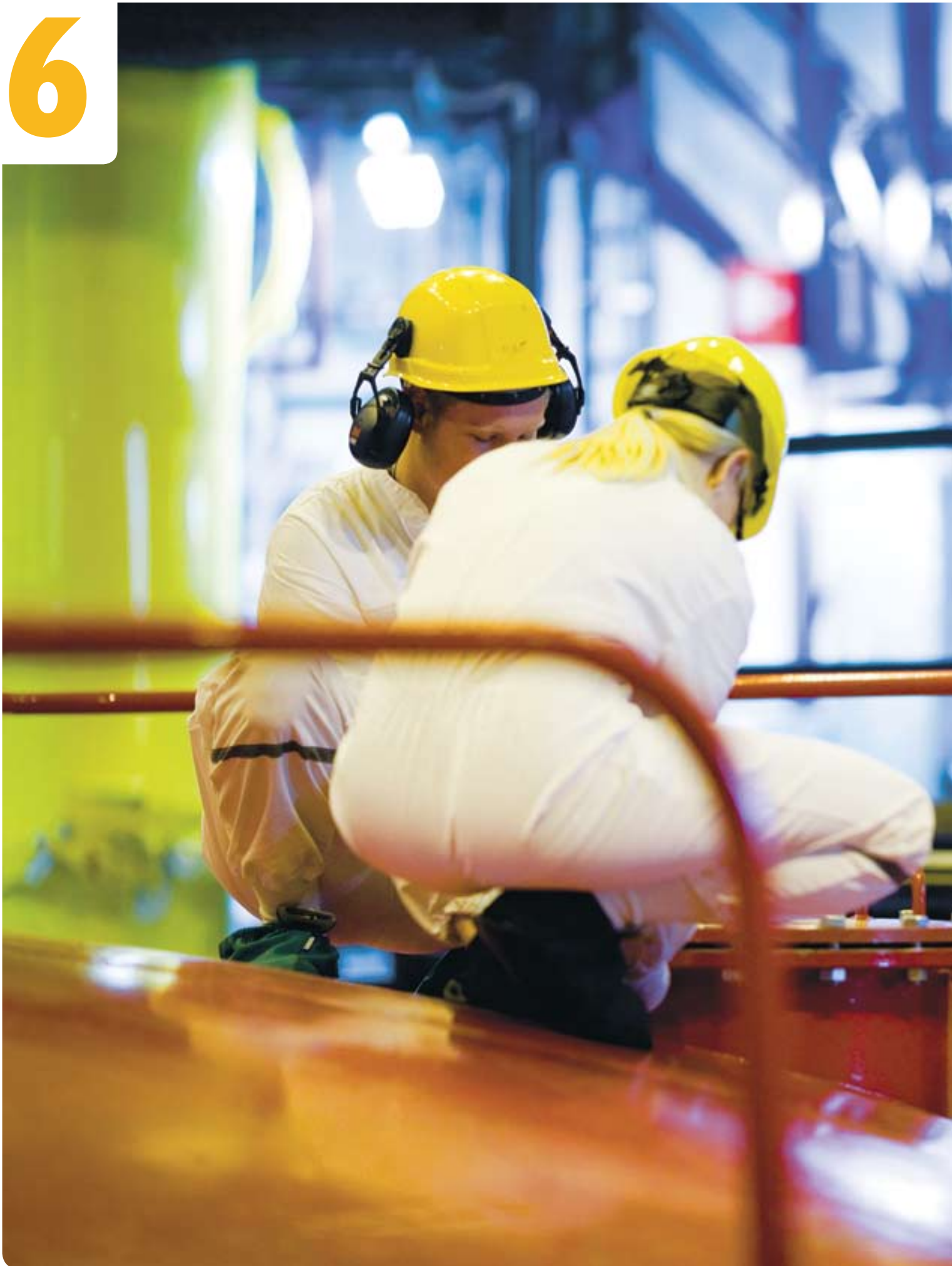
## Liitteen 5 tiivistelmä

### Selvitys hakijan taloudellisista toimintaedellytyksistä ja ydinlaitoshankkeen liiketaloudellisesta kannattavuudesta

- Hakijayhtiö Fortum Power and Heat Oy on Fortum Oyj:n kokonaan omistama tytäryhtiö. Yhtiön taloudellinen tila on vahva ja sillä on taloudelliset edellytykset uuden ydinvoimalaitoksen rakentamiseksi.
- Yhtiöllä on täydet taloudelliset valmiudet huolehtia ydinjätehuollosta ja ydinvastuulain velvoitteista. Hankkeen toteutuminen ei edellytä yhteiskunnan taloudellista tukea.
- Ydinvoiman lisärakentaminen on ympäristömyönteistä ja tarjolla olevista sähkön perustuotantovaihtoehtoista kokonaistaloudellisesti edullisinta.
- Ydinvoiman polttoainekustannukset ovat pienet verrattuna muihin tuotantomuotoihin. Se tekee tuotetun sähköenergian hinnan vakaaksi ja ennustettavaksi pitkälle tulevaisuuteen.
- Yhdistetty sähkön ja kaukolämmön tuotanto on alustavien arvioiden mukaan toteutettavissa oleva vaihtoehto.



6









## SISÄLTÖ

1 INVESTOINNIN SUURUUS .....	42
2 INVESTOINNIN RAHOITUKSEN AIKATAULU .....	42
3 INVESTOINNIN RAHOITUS .....	42

# LIITE 6

## Ydinlaitoshankkeen yleispiirteinen rahoitussuunnitelma

### 1 Investoinnin suuruus

Fortum on arvioinut uuden ydinvoimalaitosyksikön investointikustannuksia aikaisemman kokemuksensa sekä ydinvoiman tuottajana saamansa tietämyksen perusteella. Ydinvoimalaitosyksikön alustava kustannusarvio on 4-6 miljardia euroa sähköä tuottavalle yksikölle riippuen hankkeen toteutustavasta, laitoskoosta ja -ratkaisusta ja sisältäen kustannukset liittymisestä infrastruktuuriin ja ydinjätehuoltoon sekä rakennusaikaiset korot. Investoinnin kokonaismäärä tarkentuu sitovien tarjousten yhteydessä.

### 2 Investoinnin rahoituksen aikataulu

Voimalaitoksen rakennustöiden on arvioitu kestävän viidestä kuuteen vuotta. Vastaavasti hankkeen rahoituksen tarpeen on arvioitu jakaantuvan kuudesta seitsemään vuodelle.

### 3 Investoinnin rahoitus

Investointi rahoitetaan lainoilla rahoituslaitoksilta, pääomamarkkinoilta ja mahdollisesti laitostoimittajan järjestämällä rahoituksella sekä Fortumin olemassa olevilla kassavaroilla ja kassavirroilla voimalaitoshankkeen rakennusaikana. Fortumin ei ole tarkoitus hankkia uutta omaa pääomaa omistajiltaan tätä hanketta varten.

Fortum hankkii Loviisa 3 -voimalaitosyksikön rahoituksen osana Fortum-konsernin rahoitusta. Mahdollinen lisärahoitustarve järjestetään hankkeen etenemisen mukaisesti. Fortumin lainojen määrä nousee maksimissaan investointikustannusten mukaisella määrällä.

Fortum kykenee hankkimaan tarvittavan lainapääoman uutta voimalaitosyksikköä varten markkinoilta nykyisen vahvan rahoitusrakenteensa ja liiketoiminnan tuoton ansiosta. Vuoden 2008 lopussa Fortumin luottoluokitus oli Moody's A2 (stable) ja Standards & Poor A- (stable). Luokitukset indikoivat Fortumin vahvaa rahoituksellista asemaa. Li-

säksi ydinsähkön tuotantokustannusten ennakoitavuus ja vakaus mahdollistavat lainarahoituksen.

Loviisa 3 -ydinvoimalaitosyksikön rahoituksen takaisinmaksun aikataulu suunnitellaan osana koko Fortum-konsernin lainakantaa käyttäen eri pituisia rahoitusinstrumentteja. Kokonaisuudessaan voima-

laitokseen sitoutunut laina on arvioitu maksettavan takaisin noin 30 vuodessa. Laitosyksikön suunniteltu käyttöikä on vähintään 60 vuotta.

Investointiin ja käyttökustannuksiin ei tarvita valtion taloudellista tukea. ●

## Liitteen 6 tiivistelmä

### Ydinlaitoshankkeen yleispiirteinen rahoitussuunnitelma

- Fortumin kannattavuus ja taloudellinen asema mahdollistavat hankkeen toteuttamisen. Ydinvoimalaitosyksikön kokonaiskustannukset ovat toteutustavasta ja laitosyksikön koosta riippuen 4-6 miljardia euroa.
- Hanke rahoitetaan lainoilla, pääomamarkkinoilta ja mahdollisesti toimittajilta saadulla rahoituksella sekä Fortumin kassavaroilla ja kassavirroilla.
- Hanketta varten ei tarvita uutta pääomaa omistajilta.



7







## SISÄLTÖ

1 YLEISTÄ .....	46
2 KEVYTVESIREAKTORIT .....	46
2.1 Kehitys .....	47
2.2 Toimintaperiaate .....	47
2.2.1 Kiehutusvesilaitos .....	47
2.2.2 Painevesilaitos .....	48
3 TEKNISET TIEDOT .....	49
3.1 Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto ...	49
4 SOVELTUVUUSSELVITYKSET .....	49
5 LAITOSVAIHTOEHDOT .....	51
5.1 ABWR .....	51
5.1.1 Yleistiedot .....	51
5.1.2 Reaktiivisuuden hallinta .....	52
5.1.3 Reaktorisydämen jäähditys .....	52
5.1.4 Radioaktiivisten aineiden eristäminen	53
5.2 AES2006 .....	54
5.2.1 Yleistiedot .....	54
5.2.2 Reaktiivisuuden hallinta .....	54
5.2.3 Reaktorisydämen jäähditys .....	55
5.2.4 Radioaktiivisten aineiden eristäminen	56
5.3 APR1400 .....	57
5.3.1 Yleistiedot .....	57
5.3.2 Reaktiivisuuden hallinta .....	57
5.3.3 Reaktorisydämen jäähditys .....	58
5.3.4 Radioaktiivisten aineiden eristäminen	59
5.4 EPR .....	60
5.4.1 Yleistiedot .....	60
5.4.2 Reaktiivisuuden hallinta .....	60
5.4.3 Reaktorisydämen jäähditys .....	61
5.4.4 Radioaktiivisten aineiden eristäminen	61
5.5 ESBWR .....	62
5.5.1 Yleistiedot .....	62
5.5.2 Reaktiivisuuden hallinta .....	62
5.5.3 Reaktorisydämen jäähditys .....	63
5.5.4 Radioaktiivisten aineiden eristäminen	64

# LIITE 7

## Pääpiirteinen kuvaus suunnitellun ydinlaitoksen teknisistä toimintaperiaatteista

### 1 Yleistä

Loviisa 3 -voimalaitosyksikkö on tarkoitus hankkia niiden markkinoilla olevien kevytvesireaktorilaitosten joukosta, jotka on mahdollista toteuttaa täyttämään Suomen turvallisuusvaatimukset. Suunniteltu voimalaitosyksikkö voi olla joko pelkästään sähköä tuottava lauhdevoimalaitos tai sekä sähköä että lämpöä tuottava yhteistuotantolaitos.

Seuraavassa on esitetty kevytvesireaktorilaitoksia yleisesti, kuvattu yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon tekninen toteutus kevytvesireaktorilaitoksissa ja esitelty tarkemmin eräitä tällä hetkellä markkinoilla olevia kevytvesireaktorilaitoksia, joiden soveltuvuutta Suomeen Fortum Power and Heat Oy on yhdessä laitostoimittajien kanssa arvioinut.

### 2 Kevytvesireaktorit

Valtaosa maailman ydinvoimalaitosten reaktoreista on tyypiltään kevytvesireaktoreita, joissa tavallista vettä käytetään sekä neutroneita hidastavana aineena (hidaste) että polttoainetta jäähdyttävänä aineena (jäähdye). Hidasteen tehtävänä on muuntaa ydinreaktioissa vapautuvat neutronit sellaisiksi, että niiden energia on otollinen lämpöenergian kehityksessä tarvittavien fissioiden tuottamiseen. Kevytvesireaktoreita on kahta perustyyppiä: kiehutusvesireaktori ja painevesireaktori. Maailmassa sähköntuotantokäytössä olevista ydinreaktoreista noin 66 % on painevesireaktoreita ja noin 23 % kiehutusvesireaktoreita.

Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitoksen nykyisten voimalaitosyksikköiden (Loviisa 1 ja Loviisa 2) reaktorit ovat painevesireaktoreita. Teollisuuden Voima Oyj:n Olkiluodon voimalaitoksen käytössä olevien voimalaitosyksikköiden (Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2) reaktorit ovat kiehutusvesireaktoreita ja rakenteilla olevan voimalaitosyksikön (Olkiluoto 3) reaktori on painevesireaktori.

Kevytvesireaktorit ovat perusominaisuuksiltaan yksinkertaisia ja luonnostaan vakaita. Niiden luontaiset turvallisuusominaisuudet, jotka perustuvat tehon kasvua hillitseviin fysikaalisiin takaisinkytkentöihin, yhdessä reaktorien perussuunnittelun kanssa tekevät reaktorien tehon hallitsemattoman kasvun mahdottomaksi. Kevytvesireaktorit soveltu-



vat erityisen hyvin energiantuotantoon, ja ne ovat osoittautuneet varmoiksi ja luotettaviksi, mikä selittää niiden suosion. Näistä syistä uusien ydinvoimalaitosten jatkokehitys ja rakentaminen on keskittynyt pääasiassa kevytvesireaktoriteknikkaan.

## 2.1 Kehitys

Kevytvesireaktoreiden rakenne ja tekniikka on periaatteiltaan pysynyt samanlaisena 1960-luvulta asti. Uusimmat kevytvesireaktorit on kehitetty jo käytössä olevista reaktoreista uusimpien turvallisuusvaatimusten mukaisesti viimeisimpiä suunnittelu- ja valmistusmenetelmiä hyödyntäen. Kehitystyön myötä reaktorien tehot ovat kasvaneet, mutta ennen kaikkea ydinvoimalaitosten turvallisuus ja käytövarmuus on parantunut.

Lähtökohtana turvallisuuden parantamisessa on ensisijaisesti ollut reaktorisydämen vaurioitumisen riskin pienentäminen. Turvallisuutta on parannettu muun muassa lisäämällä turvallisuusjärjestelmien samaa toimintoa toteuttavien rinnakkaisten laitteiden lukumäärää (redundanttisuus) ja toteuttamalla järjestelmien turvallisuustoiminnot eri toimintaperiaatteilla (diversiteetti). Osajärjestelmien fyysinen erottelu on myös parantunut huomattavasti. Uusimpien kevytvesireaktorilaitosten suunnittelussa on lisäksi jo suunnittelun alkuvaiheessa otettu huomioon erittäin epätodennäköiset, sydänvaurioon johtavat onnettomuudet eli niin sanotut vakavat reaktorionnettomuudet ja niiden hallinta. Uudet ydinvoimalaitokset varustetaan järjestelmillä, joilla vakavan reaktorionnettomuuden seurauksia voidaan rajoittaa nykyistä paremmin.

Lähtökohtaisesti Suomeen rakennettavan reaktorilaitoksen tulee olla turvallinen, koeteltua tekniikkaa ja linjassa reaktoriteknikan yleisen kehityksen kanssa. Tästä syystä suunniteltu uusi ydinvoimalaitosyksikkö perustuu edistyneeseen kevytvesireaktoriteknikkaan.

Edistyneet kevytvesireaktorilaitokset voidaan jakaa karkeasti evoluutiolaitoksiin, joiden turvallisuussuunnittelu perustuu pääosin aktiivisiin turvallisuusjärjestelmiin, sekä innovatiivisiin laitoksiin, joiden turvallisuussuunnittelu perustuu pääosin passiivisiin turvallisuusjärjestelmiin. Passiivisille turvallisuusjärjestelmille on ominaista järjestelmien osittainen tai täydellinen riippumattomuus ulkoisesta käyttövoimasta. Näitä esimerkkeinä ovat painovoimalla toimivat järjestelmät, kuten korkealle sijoitettu vesisäiliö, josta vesi voidaan johtaa käyttökohteeseensa ilman pumppuja.

## 2.2 Toimintaperiaate

Ydinvoimalaitoksen erottaa tavanomaisesta höyryvoimalaitoksesta ensisijaisesti lämmöntuotantota-

pa. Tavanomaisen poltettavan polttoaineen (esimerkiksi hiili, maakaasu ja turve) sijaan kevytvesireaktorissa käytetään energialähteenä väkevöidystä uraanista (U) valmistettua uraanidioksidia ( $UO_2$ ).

Uraanin käyttäminen energialähteenä perustuu sen isotoopin  $^{235}U$  atomiydinten halkeamisreaktioon eli fissioon. Fissioreaktiossa raskas atomiydin hajoaa kahdeksi tai useammaksi kevyemmäksi atomiytimeksi vapaan neutronin osuessa siihen. Reaktiossa vapautuu lisäksi 2–3 neutronia sekä suuri määrä energiaa, joka kuumentaa ydinpolttoainetta. Reaktiossa vapautuneet neutronit voivat aiheuttaa uusia fissioita, minkä takia ketjureaktio on mahdollinen. Sähköntuotanto ydinvoimalaitoksessa perustuu hallitun ketjureaktion synnyttämän lämpöenergian hyödyntämiseen.

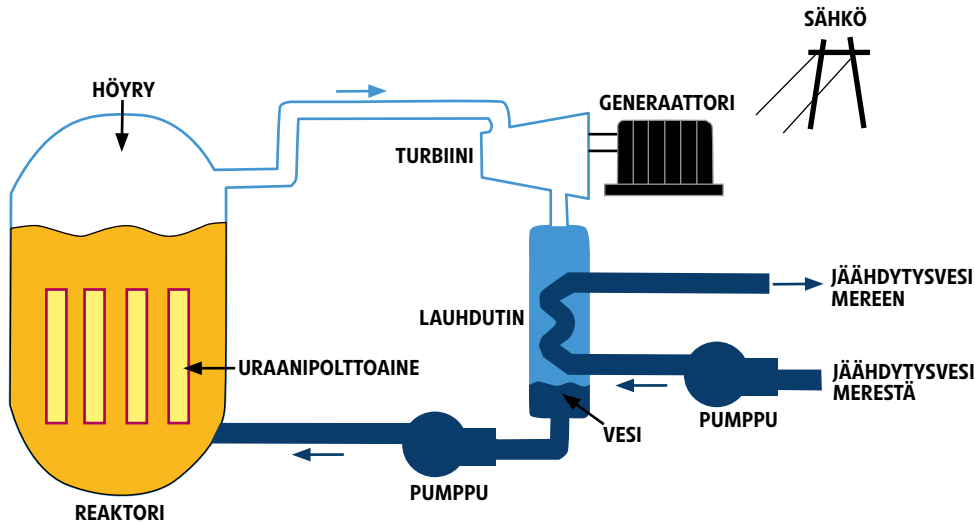
Uraani on raskas, lievästi radioaktiivinen metallinen alkuaine, joka esiintyy luonnossa lähinnä isotooppeina  $^{238}U$  (99,28 %) ja  $^{235}U$  (0,71 %). Uraani on suhteellisen yleinen alkuaine, jota on kaikkialla kallioperän graniitissa. Maaperässä uraania on keskimäärin noin neljä grammaa tonnissa ja merivedessä noin kolme milligrammaa tonnissa. Kevytvesireaktorissa ketjureaktion ylläpitämiseen vaadittavat reaktorifysikaaliset ominaisuudet edellyttävät uraanin väkevöintiä isotoopin  $^{235}U$  suhteen. Kevytvesireaktoreissa väkevöintiaste on normaalisti 3–5 %.

Kevytvesireaktorissa uraanipolttoaine on keraamisessa muodossa pieninä pelletteinä pakattuna kaasutiivisiin metalliputkiin polttoainesauvoiksi, jotka on koottu polttoainenipuiksi. Reaktorisydämessä on laitostyypistä riippuen 100–900 polttoainennippua, joissa uraania on yhteensä 50–150 tonnia. Käytön aikana alun perin vain lievästi radioaktiivinen polttoaine muuttuu reaktorissa voimakkaasti säteileväksi uraanin hajoamistuotteiden, niin sanottujen fissiotuotteiden, ja muidenkin ydinreaktioissa syntyvien aineiden radioaktiivisuuden johdosta. Käytön aikana polttoaineeseen muodostuneet radioaktiiviset aineet muodostavat hajotessaan lämpöä vaikka itse fissioiden ketjureaktio olisikin pysäytetty. Tämän niin sanotun jälkilämmön poistamiseksi polttoainetta on jäädytettävä myös reaktorin sammutuksen jälkeen.

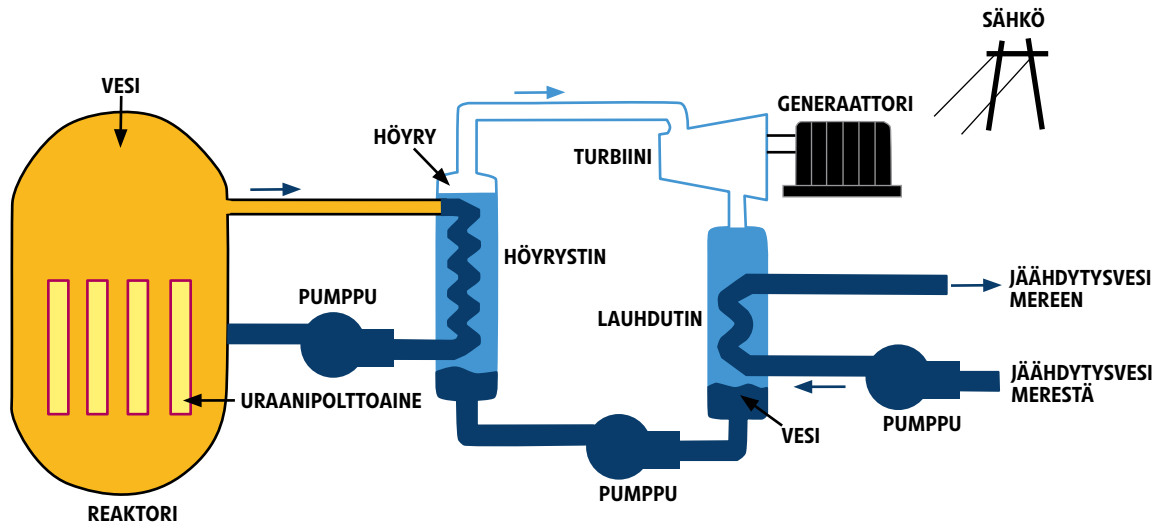
### 2.2.1 Kiehutusvesilaitos

Kiehutusvesireaktorissa (BWR, Boiling Water Reactor) fissioreaktiossa vapautuva energia kuumentaa polttoainetta, joka puolestaan kuumentaa sydämen läpi virtaavaa jäädytettä niin, että vesi kiehuu reaktorissa tuottaen noin 300 °C:n lämpötilassa ja 70 barin (noin 70-kertaisesti normaali ilmanpaine) paineessa olevaa höyryä. Korkeapaineinen kylläinen höyry johdetaan reaktoripainesäiliössä olevien höyrynerottimien ja höyrynkuvaimen kautta turbiinil-





Kuva 7-1. Kiehausvesilaitoksen periaatteellinen toimintakaavio.



Kuva 7-2. Painevesilaitoksen periaatteellinen toimintakaavio.

le, jota laajeneva höyry pyörittää. Turbiinin kanssa samalla akselilla on sähkögeneraattori, joka tuottaa sähköä.

Turbiinin jälkeen höyry johdetaan lauhduttimiin, joissa se tiivistyy takaisin vedeksi kylmän meriveden jäähdyttämänä. Kiehausvesilaitoksessa vesi pumpataan takaisin reaktoripainesäiliöön. Jäähdytyksessä käytetty merivesi johdetaan lämmentyneenä takaisin mereen. Kiehausvesilaitoksen periaatteellinen toimintakaavio on esitetty kuvassa 7-1.

### 2.2.2 Painevesilaitos

Kiehausvesireaktoriin verrattuna painevesireaktorissa (PWR, Pressurised Water Reactor) paine on huomattavasti korkeampi, tyypillisesti 120–160 bar. Korkea paine estää reaktorisydämen läpi virtaavan fissioreaktiossa vapautuvan energian kuumenta-

man veden kiehumisen reaktoripainesäiliössä. Painevesilaitoksessa on kaksi erillistä kiertopiiriä, primääripiiri, jossa kiertää reaktorisydämen läpi pumpattava vesi, ja sekundääripiiri, jossa turbiinille johdettava höyry tuotetaan.

Energia siirtyy reaktorista primääripiirin paineistetun 300–330 °C:seen lämmentyneen veden mukana erillisiin höyrystimiin, joissa energia siirtyy sekundääripiirin veteen, joka höyrystyy. Kehittynyt höyry (260–295 °C ja 45–78 bar) johdetaan turbiinille. Höyrystimissä jäähtynyt primääripiirin vesi pumpataan puolestaan takaisin reaktoripainesäiliöön.

Turbiinin jälkeen höyry johdetaan lauhduttimiin, joissa se tiivistyy takaisin vedeksi kylmän meriveden jäähdyttämänä. Painevesilaitoksessa vesi pumpataan lauhduttimista takaisin höyrystimiin. Jäähdytyksessä käytetty merivesi johdetaan lämmentyneenä

takaisin mereen. Painevesilaitoksen periaatteellinen toimintakaavio on esitetty *kuvassa 7-2*.

### 3 Tekniset tiedot

Suunniteltu voimalaitosyksikkö perustuu edistyneeseen kevytvesireaktoriteknikkaan. Reaktorin lämpöteho on 2 800–4 600 MW, millä voidaan tuottaa sähköä 1 000–1 800 MW:n teholla. Voimalaitosyksikkö on peruskuormalaitos, joka pidetään käynnissä jatkuvasti 12–24 kuukauden välein toistuvaa huoltoseisokkia lukuun ottamatta. Voimalaitosyksikön suunniteltu tekninen käyttöikä on vähintään 60 vuotta. Suunnitellun voimalaitosyksikön alustavat tekniset tiedot on esitetty *taulukossa 7-1*.

**Taulukko 7-1. Suunnitellun voimalaitosyksikön alustavat tekniset tiedot.**

Selite	Lukuarvo ja yksikkö
Reaktorin lämpöteho	2 800–4 600 MW
Sähköteho	1 000–1 800 MW
Kokonaishyötysuhde	35–40 %
Polttoaine	Uraanidioksidi (UO <sub>2</sub> )
Uraanipolttoaineen kulutus	20–40 t/a
Polttoaineen keskimääräinen väkevöintiaste	3–5 % ( <sup>235</sup> U)
Uraanin määrä reaktorissa	100–150 t
Vuotuinen sähköntuotanto	8–14 TWh
Jäähdytysveden tarve	40–70 m <sup>3</sup> /s

Suunniteltu voimalaitosyksikkö voi olla pelkästään sähköä tuottava lauhdevoimalaitos tai vaihtoehtoisesti sähköä ja lämpöä tuottava yhteistuotantolaitos. Mahdollisessa yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa voimalaitosyksikön kokonaishyötysuhde paranee.

#### 3.1 Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto

Tällä hetkellä ydinvoimalaitoksissa tuotetaan sähkön ohella lämpöä pienessä mittakaavassa muun muassa Venäjällä, Bulgariassa, Unkarissa, Slovakiassa, Ukrainassa ja Sveitsissä. Nykyisin käytössä olevan laitoksen lämpötehon suuruus on 20–240 MW.

Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto parantaa voimalaitosyksikön kokonaishyötysuhdetta, mutta pienentää samalla voimalaitosyksikön sähkötehoa. Vaikutus kokonaishyötysuhteeseen riippuu reaktorin lämpötehosta ja lämmön tuotannon suuruudesta. Kaukolämpötehon ollessa 1 000 MW voimalaitosyksikön sähkötehosta menetetään 160–180 MW. Käytännössä kokonaishyötysuhde vaihtelee lisäksi niin, että kesällä, jolloin kaukolämmön tarve on pienimmillään, myös kokonaishyötysuhde on pienimmillään.

Kuluttajia 1 000 MW:n kaukolämpöteholle löytyy käytännössä ainoastaan pääkaupunkiseudulta. Pääkaupunkiseudun kaukolämpötarve on noin 11 TWh vuodessa, mikä vastaa 1 260 MW:n keskimääräistä kaukolämpötehoa.

#### Tekninen toteutus

Kaukolämmön tuotannon kytkeminen kevytvesireaktorilaitokseen on teknisesti toteutettavissa, eikä aiheuta laitosprosessiin suuria muutoksia. Sekä painevesi- että kiehumusvesilaitoksessa mahdollinen aktiivisuuden leviäminen kaukolämpövedeen on estetty. Painevesilaitoksessa esteinä toimivat puhdas sekundääripiiri ja kaukolämmönvaihtimet, kiehumusvesilaitoksessa puhdas välipiiri ja kaukolämmönvaihtimet.

Sekundääripiirin ansiosta painevesilaitoksessa turbiinilaitosprosessi ei normaalin käytön aikana ole aktiivinen. Kaukolämmönvaihtimet on näin ollen mahdollista kytkeä suoraan turbiinilaitosprosessiin. Sekundääripiiriin mahdollisesti päässeen aktiivisuuden leviäminen edelleen kaukolämpövedeen estetään lisäksi mitoittamalla kaukolämpöverkon toimintapaine suuremmaksi kuin turbiinin välioton höyrynpaine. Kaukolämmön tuotannon periaatteellinen toteutus painevesilaitoksessa on esitetty *kuvassa 7-3*.

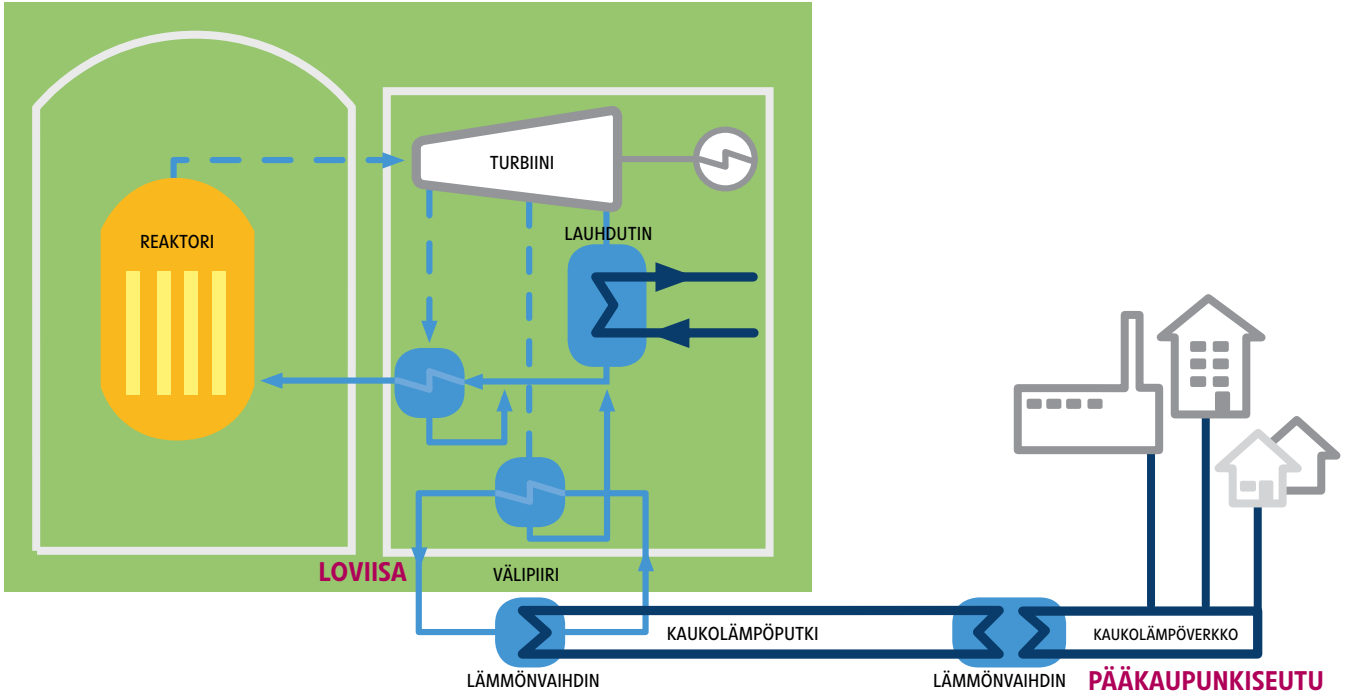
Kiehumusvesilaitoksen turbiinilaitosprosessin normaalin käytön aikaisesta aktiivisuudesta johtuen kaukolämmönvaihtimen ja turbiinilaitosprosessin väliin lisätään välipiiri. Välipiirin toimintapaine mitoitetaan suuremmaksi kuin turbiinin välioton höyrynpaine. Mahdollisessa vuototilanteessa tällä estetään radioaktiivisuuden leviäminen välipiiriin. Kaukolämmön tuotannon periaatteellinen toteutus kiehumusvesilaitoksessa on esitetty *kuvassa 7-4*.

Kaukolämmönvaihtimet painevesilaitoksessa ja välipiirin lämmönvaihtimet kiehumusvesilaitoksessa kytketään turbiinilaitoksen esilämmitysjärjestelmän rinnalle, ja lämmityshöyry otetaan turbiinin virtausosasta kokonaishyötysuhteen kannalta edullisesta vaiheesta.

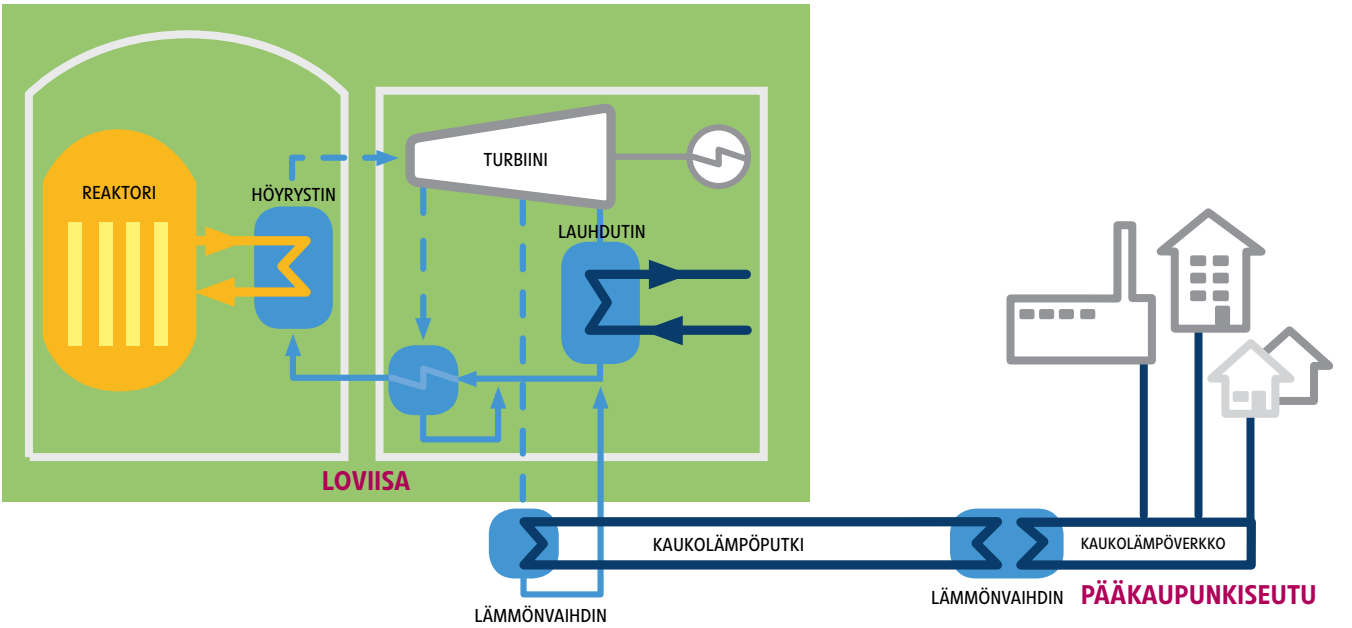
Kaukolämpöveden aktiivisuutta valvotaan lisäksi jatkuvasti, ja tarvittaessa kaukolämpöverkon vesikierto suljetaan. Kaukolämmön tehoa säädetään muuttamalla syötettävän kaukolämpöveden lämpötilaa ja virtausta. Pääperiaatteena on reaktoritehon pitäminen vakiona ja sähkötehon muuttaminen kaukolämmön tarpeen mukaan. Häiriöt kaukolämmön tuotannossa eivät aiheuta uhkaa reaktorilaitoksen turvallisuudelle käytölle.

### 4 Soveltuvuus selvitykset

Euroopassa ydinvoimalaitokset lisensioidaan pääsääntöisesti kansallisten säädösten pohjalta, ja lissensioinnista vastaavat kansalliset viranomaiset.



Kuva 7-4. Kaukolämmön tuotannon periaatteellinen toteutus kiehausvesilaitoksessa.



Kuva 7-3. Kaukolämmön tuotannon periaatteellinen toteutus painevesilaitoksessa.

Suomeen rakennettavan ydinvoimalaitoksen tulee täyttää ydinenergialaissa ja -asetuksessa, valtioneuvoston asetuksissa sekä viranomaisohjeissa esitetyt turvallisuusvaatimukset. Kansainvälisesti verrattuna suomalaiset turvallisuusvaatimukset ovat edistyneimpiä ja tiukkoja.

Soveltuvuusselvitysten eräänä keskeisenä tarkoituksena on selvittää mahdollisten laitosvaihtoehtojen toteuttamista suomalaiset turvallisuusvaatimukset täyttäväksi. Fortum Power and Heat Oy on yh-

dessä laitostoimittajien kanssa arvioinut taulukossa 7-2 esitettyjen laitostyyppien soveltuvuutta Suomeen. Tarkastellut laitostyyppit ovat kehittyneitä kevytvesireaktorilaitoksia.

Osana periaatepäätöshakemuksen käsittelyä Säteilyturvakeskus laatii kustakin arvioidusta laitosvaihtoehdosta alustavan turvallisuusarvion. Arviointia varten Säteilyturvakeskukselle on toimitettu laitosvaihtoehdoista muun muassa yksityiskohtaiset tekniset tiedot. Säteilyturvakeskukselle on lisäk-

Taulukko 7-2. Arvioidut laitostyyppit.

Laitostyyppi	Reaktorityyppi	Laitostoimittaja	Alkuperämaa	Sähköteho, noin [MW]	Reaktorin lämpöteho, noin [MW]
ABWR	Kiehuvesi-reaktori	Toshiba-Westinghouse	Japani, Ruotsi	1 600	4 300
AES2006	Painevesi-reaktori	Atomstroyexport	Venäjä	1 200	3 200
APR1400	Painevesi-reaktori	Korea Hydro & Nuclear Power Company	Korea	1 450	4 000
EPR	Painevesi-reaktori	AREVA NP	Ranska, Saksa	1 700	4 600
ESBWR	Kiehuvesi-reaktori	General Electric Hitachi	Yhdysvallat	1 650	4 500

si toimitettu Fortum Power and Heat Oy:n oma arvio mahdollisuuksista toteuttaa laitosvaihtoehdot suomalaisten määräysten mukaiseksi. Soveltuvuusselvitykset ovat osoittaneet, että markkinoilla on useita laitosvaihtoehtoja, jotka voidaan toteuttaa täyttämään suomalaiset turvallisuusvaatimukset.

Laitosvaihtoehdot eivät rajoitu tässä vaiheessa soveltuvuusselvityksissä tarkasteltuihin laitostyyppiin. Lopullinen valinta tehdään aikanaan niiden markkinoilla olevien kevytvesireaktorilaitosten joukosta, jotka soveltuvat Loviisan laitospaikalle ja jotka voidaan toteuttaa täyttämään suomalaiset turvallisuusvaatimukset.

## 5 Laitosvaihtoehdot

Seuraavassa on esitetty tässä vaiheessa soveltuvuusselvityksissä tarkastelluista laitostyypeistä yleistiedot ja kuvattu lyhyesti tärkeimpien turvallisuustoimintojen toteuttamisessa käytettäviä järjestelmiä. Suomalaisen turvallisuusvaatimuksien johdosta esitetyt tiedot saattavat poiketa joiltain osin laitostyyppien alkuperäisistä konsepteista. Jotkut esitetyistä piirteistä saattavat vaatia lisätarkasteluja ja lopulliset suunnitteluratkaisut suomalaisten turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi valitaan suunnittelun myöhemmässä vaiheessa. Yksityiskohtaisemmat tiedot on toimitettu Säteilyturvakeskukselle.

Turvallisuustoimintojen tarkoituksena on varmistaa radioaktiivisten aineiden leviämisehden eheys kaikissa tilanteissa ehkäisemällä häiriö- ja onnettomuustilanteiden syntyminen, estämällä niiden eteneminen ja lieventämällä onnettomuustilanteiden seurauksia. Ydinvoimalaitoksen tärkeimmät turvallisuustoiminnot ovat

- reaktiivisuuden hallinta, jonka tarkoituksena on uraanipolttoaineessa tapahtuvan ketjureaktion ja sen tuottaman tehon hallinta sekä tarvittaessa ketjureaktion pysäyttäminen

- reaktorisydämen jäähdytys, joka tähtää polttoaineen ja reaktorin jäähdytyspiirin eheyden varmistaminen sekä polttoaineen jäähdyttämiseen, myös ketjureaktion sammumisen jälkeen
- radioaktiivisten aineiden eristäminen, mikä tähtää polttoaineen ja reaktorin jäähdytyspiiriin lisäksi myös suojarakennuksen eheyden varmistamiseen sekä normaalikäytön, että häiriö- ja onnettomuustilanteiden radioaktiivisten päästöjen hallitsemiseen.

Turvallisuustoimintoja varten käytettävissä olevista järjestelmistä on mahdollisuuksien mukaan esitetty rinnakkaisten osajärjestelmien lukumäärä ja niiden kapasiteetit. Mikäli esimerkiksi järjestelmä koostuu kolmesta rinnakkaisesta 100 %:n kapasiteetin osajärjestelmästä, riittää yhden osajärjestelmän toiminta turvallisuustoiminnon toteuttamiseksi. Vastaavasti neljästä rinnakkaisesta 33 %:n kapasiteetin osajärjestelmästä on kolmen toimittava.

### 5.1 ABWR

*Kuvassa 7-5 on havainnollistettu ABWR-voimalaitoksen sijoittamista Hästholmenin saarelle.*

#### 5.1.1 Yleistiedot

Toshiban ABWR on Japaniin rakennettujen ABWR-laitosten ja erityisesti lämpötehoaltaan 3 900 MW:n Hamaoka 5 -yksikön pohjalta edelleen kehitetty lämpötehoaltaan 4 300 MW:n kiehuvesireaktori. Laitoksen nettosähköteho on noin 1 600 MW. Toshiban ABWR on evoluutiolaitos, joka perustuu pitkälti samanlaiseen tekniikkaan kuin General Electric Hitachin ABWR. Toshiban ABWR:ssä on Toshiban tytäryhtiön Westinghousen (aiemmin ABB Atomin) kehittämän BWR 90+ -laitoskonseptin teknisiä piirteitä. Toshiban ABWR on evoluutiolaitos, jonka turvallisuussuunnittelu perustuu aktiivisiin turvallisuusjärjestelmiin, mutta jota on täydennetty erällä passiiv-



Kuva 7-5. Havainnekuva ABWR-voimalaitosyksiköstä Håstholmenin saarelle sijoitettuna.

visilla turvallisuusjärjestelmillä.

Kolme ABWR-yksikköä, joiden rakentamisessa Toshiba on ollut mukana, on kaupallisessa käytössä Japanissa: kaksi Kashiwazaki–Kariwan voimalaitoksella ja yksi Hamaokan voimalaitoksella.

### 5.1.2 Reaktiivisuuden hallinta

Reaktiivisuuden hallinnassa olennaisinta on reaktorin tehon hallitsemattoman kasvun estäminen luotettavasti, mikä on varmistettu reaktorifysikaalisella perussuunnittelulla. Lisäksi reaktorin tehon hallitsemiseksi ja tarvittaessa alikriittisyyden varmistamiseksi normaalikäytössä ja eri häiriötilanteissa on käytettävissä kaksi toisistaan riippumatonta, eri periaatteella toimivaa reaktiivisuuden hallintajärjestelmää: reaktorin säätösauvajärjestelmä ja hätäboorausjärjestelmä. Näistä kumpikin voi erikseen pysäyttää reaktorin tehoa ylläpitävän ketjureaktion.

Kiehutusvesireaktoreille tyypillisesti säätösauvakooneistot sijaitsevat reaktoripainesäiliön alapuolella ja säätösauvat työnnetään reaktorisydämeen alakautta. Säätösauvoja käytetään sekä häiriötilanteissa nopeiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan että normaalin tehokäytön aikana muun muassa polttoaineen palamasta johtuvien hitaiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan. Normaalisissa tehonsäädöissä säätösauvoja ohjataan sähkömoottorien avulla. Ohjaamalla kaikki säätösauvat reaktorisydämeen ketjureaktio pysähtyy. Normaalin tehokäytön aikana reaktorin tehoa säädetään pääasiassa muuttamalla jäähdytteen virtausta reaktorissa kymmenen reaktoripainesäiliön sisäisen pääkiertopumpun avulla. Tätä säätötoimintoa käytetään niin ikään sekä nopeiden että hitaiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan.

Häiriötilanteessa reaktorin pysäytys tapahtuu

normaalisti pikasululla, joka voi olla joko automaattinen tai manuaalinen. Pikasulkua varten on erillinen järjestelmä, jolla säätösauvat työnnetään hydraulisesti reaktorisydämeen paineistetun tyyppikaasun ja veden avulla. Säätösauvojen sisäänajo reaktorisydämeen pikasulussa varmennetaan lisäksi niiden sähkömoottoreilla. Pääkiertopumppujen nopeaa alaspäin, jota käytetään ensisijaisesti nopeiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan, käytetään myös tukemaan häiriötilanteissa pikasulkua.

Sellaisessa poikkeuksellisessa tilanteessa, jossa säätösauvoja ei saataisi tarvittaessa työnnettyksi reaktorisydämeen ja siten reaktoria pysäytetyksi, voidaan ketjureaktio pysäyttää myös syöttämällä reaktoriin riittävästi väkevää booriliuosta. Tätä toimintoa varten on riippumaton hätäboorausjärjestelmä, jolla booriliuos pumpataan reaktorisydämeen. Hätäboorausjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on kaksi rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kummankin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 %.

Reaktiivisuuden hallintajärjestelmät on suunniteltu niin, että reaktori pystytään sammuttamaan niillä turvallisesti ja varmistamaan reaktorin alikriittisyys pitkällä aikavälillä kaikissa odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä.

### 5.1.3 Reaktorisydämen jäähdytys

#### Normaali käyttö

Normaalin tehokäytön sekä reaktorin ylös- ja alaspäin aikana reaktorin kehittämä lämpö siirretään polttoaineesta reaktorisydämen läpi virtaavaan jäähdytteeseen. Sydämessä näin kehittyvä höyry johdetaan turbiiniin ja lauhduttimiin, joissa se lauhdetaan ja tiivistyy vedeksi. Vesi syötetään takaisin reak-



toriin pääsyöttövesijärjestelmällä. Lauhduttimista ylimääräinen energia johdetaan jäähdytysveden mukana mereen. Sekä reaktorin ylös- että alasajon aikana reaktorin kehittämä lämpö poistetaan ajoittain myös suoraan lauhduttimien kautta johtamalla höyry turbiiniin ohi lauhduttimiin.

### **Jälkilämmön poisto**

Kylmissä seisokkitiloissa (matala paine ja lämpötila) sammutetun reaktorin kehittämä jälkilämpö poistetaan suoraan reaktorista jälkilämmönpoistojärjestelmällä mereen. Jälkilämmönpoistojärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, joka muodostaa myös reaktorin matalapaineisen hätäjäähdytysjärjestelmän. Järjestelmässä on kolme rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 %. Järjestelmää käytetään myös tietyissä vaiheissa sekä reaktorin ylös- että alasajon aikana.

Sammutetun ja turbiinilaitoksesta eristetyn reaktorin kehittämä jälkilämpö poistetaan korkeassa paineessa ensisijaisesti eristyslauhdutinjärjestelmän avulla höyrynä ilmakehään. Järjestelmä koostuu suojarakennuksen ulkopuolella sijaitsevasta kahdesta vesisäiliöstä ja niihin upotetuista lämmönvaihtimista. Reaktorin jälkilämpötehon kehittämä höyry johdetaan lämmönvaihtimiin, joissa se lauhtuu ja tiivistyy vedeksi. Vesi virtaa painovoiman avulla takaisin reaktoriin muodostaen suljetun ja täysin passiivisen kierron. Eristyslauhdutinjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on neljä rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 33 %. Eristyslauhdutinjärjestelmää käytetään reaktorin normaalin ylös- ja alasajon aikana sekä häiriötilanteissa.

Korkeassa paineessa sammutetun ja turbiinilaitoksesta eristetyn reaktorin kehittämä jälkilämpö on mahdollista poistaa myös suojarakennuksen sisällä sijaitsevan lauhdutusaltaan kautta. Reaktorin jälkilämpötehon kehittämä höyry johdetaan lauhdutusaltaseen, josta lämpö poistetaan mereen jälkilämmönpoistojärjestelmällä. Tarvittava lisävesi syötetään reaktoriin korkeapaineisella lisävesijärjestelmällä. Korkeapaineinen lisävesijärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, joka koostuu kolmesta rinnakkaisesta ja riippumattomasta osajärjestelmästä. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 %.

### **Hätäjäähdytys**

Reaktorin jäähdytyspiirin vaurioitilanteissa reaktorisydämen jäähdytystä varten on hätäjäähdytysjärjestelmä, joka on jaettu kolmeen rinnakkaiseen osajärjestelmään. Jokaiseen osajärjestelmään kuuluu korkeapaineinen lisävesijärjestelmä ja matalapaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä. Hätäjäähdytysjärjestelmän osajärjestelmien kapasiteetit ovat 100 %

reaktorin jäähdytyspiirin suuren putken katkeamisonnettomuudessa tarvittavasta kapasiteetista.

Mikäli jäähdytyspiirin vuoto itsessään ei laskisi jäähdytyspiirin painetta hätäjäähdytyksen toiminnan kannalta riittävän matalaksi, käynnistetään reaktorin paineenalennus. Tätä varten on automaattinen paineenalennusjärjestelmä, joka koostuu kahdeksasta pakko-ohjattavasta varoventtiilistä. Venttiilien kautta höyry johdetaan suojarakennuksen alaosaan sijaitsevaan lauhdutusaltaseen. Automaattinen paineenalennusjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä.

## **5.1.4 Radioaktiivisten aineiden eristäminen**

### **Polttoaineen eheyden varmistaminen**

Polttoaineen eheyden varmistaminen perustuu sekä reaktiivisuuden hallintaan että reaktorisydämen jäähdytykseen käytettävissä oleviin järjestelmiin ja näiden turvallisuustoimintojen toteutumiseen kaikissa tilanteissa.

### **Reaktorin jäähdytyspiirin eheyden varmistaminen**

Reaktorin jäähdytyspiirin eheyden varmistaminen perustuu sen ylipaineistumisen estämiseen kaikissa tilanteissa.

### **Suojarakennuksen eheyden varmistaminen**

Suojarakennuksella on tärkeä osuus radioaktiivisten aineiden eristämässä ympäristöstä. Suojarakennuksen eheyden varmistaminen on tärkeää erityisesti häiriö- ja onnettomuustilanteiden radioaktiivisten päästöjen hallitsemiseksi.

Toshiban ABWR:ssä on teräsbetoninen suojarakennus, jossa on teräsvuoraus. Teräsvuorauksella on tarkoitus saada suojarakennus kaasutiiviiksi ja siten estää radioaktiivisten aineiden pääsy häiriö- ja onnettomuustilanteissa ympäristöön. Suojarakennus sijaitsee teräsbetonisessa reaktorirakennuksessa, joka toimii suojana ulkoisia uhkia vastaan. Voimalaitosyksikön suunnittelussa otetaan huomioon suuren matkustajalentokoneen törmäys.

ABWR:n suunnittelussa on otettu huomioon myös sellaiset erittäin epätodennäköiset onnettomuudet, jossa reaktorisydän vaurioituu eli niin sanotut vakavat reaktorionnettomuudet.

Vakavissa reaktorionnettomuuksissa reaktorin onnistunut paineenalennus on välttämätöntä, jotta sydämensulamaisesta johtuva reaktoripainesäiliön korkeapaineinen rikkoutuminen ja siitä mahdollisesti aiheutuva suojarakennuksen vaurioituminen voidaan välttää. Reaktorin paineenalennusta varten vakavissa reaktorionnettomuuksissa on normaalin paineenalennusjärjestelmän lisäksi erillinen ja eri periaatteella toimiva vakavia reaktorionnettomuuksia varten suunniteltu paineenalennusjärjestelmä.

Järjestelmään kuuluvien moottoriventtiilien kautta höyry johdetaan suojarakennuksen alaosassa sijaitsevaan lauhdutusaltaaseen.

Suoraan reaktoripainesäiliön alla suojarakennuksen alemmassa kuivatilassa on sydänsieppari, jolla sydämen jäänteiden jäähdyttäminen voidaan viimekädessä varmistaa ja joka osaltaan estää sydänsulan pääsy kosketuksiin suojarakennuksen painetta kantavien osien kanssa. Sydänsieppari on periaatteessa teräsastia, johon sydänsula valuu reaktoripainesäiliön pohjan puhkeamisen jälkeen. Sydänsiepparin sisäseinä on vuorattu kuumuutta kestäväällä oksidisella materiaalilla ja sitä voidaan jäähdyttää ulkopuolelta tulvittamalla suojarakennuksen alempi kuivatila lauhdutusaltaasta saatavalla vedellä.

Lämmön poistamiseksi suojarakennuksesta vakavissa reaktorionnettomuuksissa on käytettävissä passiivinen suojarakennuksen lämmönpoistojärjestelmä, joka siirtää reaktorista tai sen jäänteistä vapautuvaa energiaa suojarakennuksen ulkopuolelle. Järjestelmässä on neljä rinnakkaista osajärjestelmää. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 33 %. Jokainen osajärjestelmä koostuu suojarakennuksen ylempään kuivatilaan yhteydessä olevasta lämmönvaihtimesta. Suojarakennuksen osana olevat lämmönvaihtimet sijaitsevat eristyslauhduuttimien kanssa samoissa vesisäiliöissä. Suojarakennuksessa oleva höyry virtaa normaalisti avoimella venttiileillä varustettujen yhteyksien kautta lämmönvaihtimiin, joissa se lauhtuu ja tiivistyy vedeksi. Vesi virtaa painovoiman avulla takaisin suojarakennuksen alemmassa kuivatilassa olevaan sydänsieppariin. Täysin passiivisella järjestelmällä on mahdollista poistaa lämpöä suojarakennuksesta vähintään 24 tunnin ajan, minkä jälkeen suojarakennuksen ulkopuolisiin vesisäiliöihin on lisättävä vettä.

Lämmönpoisto suojarakennuksesta on mahdollista myös jälkilämmönpoistojärjestelmään kuuluvan suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmän avulla. Oletettuja onnettomuuksia varten suunnitellun järjestelmän tehtävänä on lauhduttaa suojarakennukseen vapautunutta höyryä, sitoa suojarakennuksen kaasutilaan vapautuneita radioaktiivisia aineita ja siirtää reaktorista tai sen jäänteistä vapautuvaa energiaa suojarakennuksen ulkopuolelle lauhdutusaltaan kautta. Järjestelmällä voidaan ruiskuttaa vettä suojarakennuksen märkätilaan ja ylempään kuivatilaan.

Vakavan reaktorionnettomuuden yhteydessä kehittyvä vetyä muun muassa polttoainesauvojen suoja-kuorten zirkoniumin oksidoituessa. Suojarakennuksen mitoituksessa on otettu huomioon vedyn tuotto olettaen, että 100 % zirkoniumista oksidoituu. Suojarakennuksen eheyttä uhkaavien laajojen vetypalojen ja -räjähdysten estämiseksi suojarakennuksen happipitoisuus pidetään normaalien käytön aikana matala-

na typpikaasulla. Suojarakennuksessa on lisäksi passiivisia katalyyttisiä rekombinaattoreita, joilla suojarakennuksen ilmatilasta poistetaan vetyä.

## 5.2 AES2006

*Kuvassa 7-6 on havainnollistettu AES2006-voimalaitosyksikön sijoittamista Hästholmenin saarelle.*

### 5.2.1 Yleistiedot

AES2006 on Venäjällä suunniteltu lämpötehoon 3 200 MW:n painevesireaktori, joka on kehitetty edelleen VVER-91/99 ja AES-92 -konsepteista. AES2006:sta on olemassa sekä VVER-91/99 että AES-92 -teknologiaan perustuva versio. Laitoksen nettosähköteho on noin 1 200 MW. AES2006:ssa on neljä pääkiertopiiriä ja vaakasuorat höyrystimet. AES2006 on evoluutiolaitos, jonka turvallisuussuunnittelu perustuu sekä aktiivisiin että passiivisiin turvallisuusjärjestelmiin.

VVER-91/99 ja AES-92 ovat Venäjällä suunniteltuja lämpötehoon 3 000 MW:n painevesireaktoreita, jotka perustuvat VVER-1000-laitoksen perusteknologiaan. VVER-91/99 on evoluutiolaitos, joka on kehitetty edelleen VVER-91 -konseptista, ja jonka turvallisuussuunnittelu perustuu aktiivisiin turvallisuusjärjestelmiin. AES-92 on VVER-91/99:lle rinnakkainen versio, jossa puolestaan käytetään sekä aktiivisia että passiivisia turvallisuusjärjestelmiä.

Fortum Power and Heat Oy:n soveltuvuusselvityksissä tarkasteltu AES2006 perustuu VVER-91/99 -konseptiin.

Kaksi VVER-91-yksikköä on kaupallisessa käytössä Kiinassa Tianwanin voimalaitoksella. Pietarin lähelle Sosnovyi Borin voimalaitokselle on rakenteilla kaksi AES2006-yksikköä, jotka perustuvat VVER-91/99 -konseptiin.

### 5.2.2 Reaktiivisuuden hallinta

Reaktiivisuuden hallinnassa olennaisinta on reaktorin tehon hallitsemattoman kasvun estäminen luotettavasti, mikä on varmistettu reaktorifysikaalisella perussuunnittelulla. Lisäksi reaktorin tehon hallitsemiseksi ja tarvittaessa alikriittisyyden varmistamiseksi normaalikäytössä ja eri häiriötilanteissa on käytettävissä kaksi toisistaan riippumatonta, eri periaatteella toimivaa reaktiivisuuden hallintajärjestelmää: reaktorin säätösauvajärjestelmä ja hätäboorausjärjestelmä. Kumpikin järjestelmä voi erikseen pysäyttää reaktorin tehoa ylläpitävän ketjureaktion.

Säätösauvoja käytetään sekä häiriötilanteissa nopeiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan että normaalin tehokäytön aikana tehonsäätöön. Normaalissa tehonsäädössä säätösauvoja ohjataan sähkömagneettisella ohjausjärjestelmällä. Ohjaamalla



Kuva 7-6. Havainnekuva AES2006-voimalaitosyksiköstä Hästholmenin saarelle sijoitettuna.

kaikki säätösauvat reaktorisydämeen ketjureaktio pysähtyy. Normaalin tehokäytön aikana reaktorin tehoa säädetään myös muuttamalla jäähdytyspiirin booripitoisuutta. Tätä varten on normaalikäytön boorijärjestelmä, jota käytetään pääasiassa muun muassa polttoaineen palamasta johtuvien hitaiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan.

Häiriötilanteessa reaktorin pysäytys tapahtuu normaalisti pikasululla, jolloin säätösauvojen ohjausjärjestelmän virransyöttö katkeaa ja säätösauvat putoavat painovoiman avulla reaktorisydämeen. Pikasulku voi olla joko automaattinen tai manuaalinen.

Sellaisessa poikkeuksellisessa tilanteessa, jossa säätösauvoja ei saataisi tarvittaessa pudotetuksi reaktorisydämeen ja siten reaktoria pysäytetyksi, voidaan ketjureaktio pysäyttää myös syöttämällä jäähdytyspiiriin riittävästi väkevää booriliuosta. Tätä toimintoa varten on riippumaton hätäboorausjärjestelmä. Hätäboorausjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on neljä rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 50 %.

Reaktiivisuuden hallintajärjestelmät on suunniteltu niin, että reaktori pystytään sammuttamaan niillä turvallisesti ja varmistamaan reaktorin alikriittisyys pitkällä aikavälillä kaikissa odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä.

### 5.2.3 Reaktorisydämen jäähdytys

#### **Normaali käyttö**

Normaalin tehokäytön sekä reaktorin ylös- ja alasajon aikana reaktorin kehittämä lämpö siirretään polttoaineesta reaktorisydämen läpi virtaavan jäähdytteen mukana höyrystimiin, joissa se siirtyy lämmönvaihtoputkien läpi sekundääripiiriin veteen. Höyrystimien sekundääripuolella kehittyvä höyry johdetaan turbiiniin ja lauhduttimiin, joissa se lauhtuu ja tiivistyy vedeksi. Vesi syötetään takaisin höyrystimiin tehokäytön aikana pääsyöttövesijärjestelmällä ja reaktorin ylös- ja alasajon aikana apusyöttövesijärjestelmällä. Lauhduttimista ylimääräinen energia johdetaan jäähdytysveden mukana mereen. Sekä reaktorin ylös- että alasajon aikana reaktorin kehittämä lämpö poistetaan ajoittain myös suoraan lauhduttimien kautta johtamalla höyry turbiinin ohi lauhduttimiin.

**Jälkilämmön poisto**  
Kylmissä seisokkitiloissa (matala paine ja lämpötila) sammutetun reaktorin kehittämä jälkilämpö poistetaan suoraan primääripiiristä jälkilämmönpoistojärjestelmällä yhdessä matalapaineisen hätäjäähdytysjärjestelmän kanssa mereen. Jälkilämmönpoistojärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on neljä rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 %. Järjestelmää käytetään myös tietyissä vaiheissa sekä reaktorin ylös- että alasajon aikana.

#### **Jälkilämmön poisto**

Sammutetun reaktorin kehittämä jälkilämpö poistetaan korkeassa paineessa ensisijaisesti höyrystimien ja lauhduttimien kautta mereen syöttämällä apusyöttövesijärjestelmällä vettä höyrystimiin. Mikäli sekä pää- että apusyöttövesijärjestelmä eivät ole käytettävissä, vesi syötetään höyrystimiin hätäsyöttövesijärjestelmän avulla. Hätäsyöttövesijärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on neljä rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 %.

Reaktorin jälkilämpö voidaan korkeassa paineessa poistaa sekundääripiiriin kautta vaihtoehtoisesti myös höyrynä ilmakehään. Tämä tapahtuu turvallisuusjärjestelmiin kuuluvilla sekundääripiirin paineenalennusjärjestelmän ulospuhallusventtiileillä tai höyrystimien

passiivisella jälkilämmönpoistojärjestelmällä.

Höyrystimien passiivisella jälkilämmönpoistojärjestelmällä reaktorin jälkilämpö voidaan poistaa höyrystimien kautta suojarakennuksen ulkopuolella sijaitsevien vesisäiliöiden kautta ilmakehään. Vesisäiliöissä on lämmönvaihtimet, joissa höyrystimistä tuleva höyry lauhtuu ja tiivistyy vedeksi. Vesi virtaa painovoiman avulla takaisin höyrystimiin muodostaen suljetun ja täysin passiivisen kierron. Järjestelmän käyttöönottoon vaaditaan kuitenkin aktiivisia toimenpiteitä. Höyrystimien passiivinen jälkilämmönpoistojärjestelmä koostuu neljästä rinnakkaisesta osajärjestelmästä. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 33 %. Järjestelmällä on mahdollista poistaa reaktorin jälkilämpö vähintään 24 tunnin ajan, minkä jälkeen suojarakennuksen ulkopuolisiin vesisäiliöihin on lisättävä vettä.

### **Hätäjäähdytys**

Primääripiirin vauriotilanteissa reaktorisydämen jäähdytystä varten on hätäjäähdytysjärjestelmä, joka on jaettu neljään rinnakkaiseen osajärjestelmään. Jokaiseen osajärjestelmään kuuluu välipaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä, paineakku ja matalapaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 % primääripiirin suuren putken katkeamisonnettomuudessa tarvittavasta kapasiteetista. Kaikki järjestelmät ovat turvallisuusjärjestelmiä.

Mikäli primääripiirin vuoto itsessään ei laskisi primääripiirin painetta hätäjäähdytyksen toiminnan kannalta riittävän matalaksi, käynnistetään primääripiirin paineenalennus. Paineenalennus toteutetaan ensisijaisesti jäähdyttämällä primääripiiriä sekundääripiirin kautta. Mikäli lämmönsiirto sekundääripuolelle ei ole mahdollista, toimintoa varten on reaktorin paineenalennusjärjestelmä. Reaktorin paineenalennusjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, joka koostuu paineistimesta lähtevästä ulospuhalluslinjasta ja siinä olevista kolmesta rinnakkaisesta pakko-ohjattavasta varoventtiilistä. Kunkin paineistimen varoventtiilin kapasiteetti on 100 %.

## **5.2.4 Radioaktiivisten aineiden eristäminen**

### **Polttoaineen eheyden varmistaminen**

Polttoaineen eheyden varmistaminen perustuu sekä reaktiivisuuden hallintaan että reaktorisydämen jäähdytykseen käytettävissä oleviin järjestelmiin ja näiden turvallisuustoimintojen toteutumiseen kaikissa tilanteissa.

### **Reaktorin jäähdytyspiirin eheyden varmistaminen**

Reaktorin jäähdytyspiirin eheyden varmistaminen perustuu sen ylipaineistumisen estämiseen kaikissa tilanteissa.

### **Suojarakennuksen eheyden varmistaminen**

Suojarakennuksella on tärkeä osuus radioaktiivisten aineiden eristämässä ympäristöstä. Suojarakennuksen eheyden varmistaminen on tärkeää erityisesti häiriö- ja onnettomuustilanteiden radioaktiivisten päästöjen hallitsemiseksi.

AES2006:ssa on kaksoissuojarakennus, joka koostuu teräsbetonisesta ulommasta suojarakennuksesta ja esijännitteisestä betonisesta, teräsvuoratusta sisemmästä suojarakennuksesta. Teräsvuorauksella on tarkoitus saada sisempi suojarakennus kaasutiiviiksi, ja siten estää häiriö- ja onnettomuustilanteissa radioaktiivisten aineiden pääsy ympäristöön. Ulomman suojarakennuksen tehtävänä on toimia suojana ulkoisia uhkia vastaan. Voimalaitosyksikön suunnittelussa otetaan huomioon suuren matkustajalentokoneen törmäys.

AES2006:n suunnittelussa on otettu huomioon myös sellaiset erittäin epätodennäköiset onnettomuudet, jossa reaktorisydän vaurioituu eli niin sanotut vakavat reaktorionnettomuudet.

Vakavissa reaktorionnettomuuksissa reaktorin onnistunut paineenalennus on välttämätöntä, jotta sydämensulamisesta johtuva reaktoripainesäiliön korkeapaineinen rikkoutuminen ja siitä mahdollisesti aiheutuva suojarakennuksen vaurioituminen voidaan välttää. Primääripiirin paineenalennusta varten vakavissa reaktorionnettomuuksissa paineistimen varoventtiilit ovat pakko-ohjattavia.

Reaktoripainesäiliön alla on sydänsieppari, johon reaktoripainesäiliöstä mahdollisesti purkautuva sydänsula pidätetään. Sydänsiepparin tehtävänä on osaltaan estää sydänsulan pääsy kosketuksiin suojarakennuksen painetta kantavien osien kanssa. Sydänsiepparissa käytetään uhrimateriaalina rauta- ja alumiinioksidia, joilla sydänsulan kemiallisia ominaisuuksia muutetaan edullisimmiksi jäähdytettävyyden kannalta. Sydänsieppari muodostuu teräksisestä altaasta, jota jäähdytetään ulkopuolelta vedellä. Jäähdytykseen tarvittava vesi saadaan suojarakennuksen sisällä sijaitsevasta boorivesisäiliöstä. Sydänsulan suoraan jäähdytykseen käytetään reaktorin sisäosien tarkastuskulun vettä. Höyryräjähdysriskin välttämiseksi vettä johdetaan sydänsiepparin sisään vasta, kun sydänsula on sydänsiepparissa.

Lämmön poistamiseksi suojarakennuksesta on käytettävissä sekä aktiivinen että passiivinen suojarakennuksen lämmönpoistojärjestelmä. Aktiivisen suojarakennuksen lämmönpoistojärjestelmän, eli suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmän tehtävänä on lauhduttaa suojarakennukseen vapautunutta höyryä, sitoa suojarakennuksen kaasutilaan vapautuneita radioaktiivisia aineita ja siirtää reaktorista tai sen jäänteistä vapautuvaa energiaa suojarakennuksen ulkopuolelle. Aktiivinen suojarakennuksen läm-





Kuva 7-7. Havainnekuva APR1400-voimalaitosyksiköstä Håstholmenin saarelle sijoitettuna.

mönpoistojärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, joka on suunniteltu oletettuja onnettomuuksia varten. Järjestelmällä voidaan ruiskuttaa vettä suojarakennuksen ylätilaan ja jäähdyttää suojarakennukseen kertyvää reaktorin hätäjäähdytykseen käytettävää vettä. Aktiivinen suojarakennuksen lämmönpoistojärjestelmä koostuu neljästä rinnakkaisesta osajärjestelmästä. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 50 %.

Aktiivisesta järjestelmästä täysin riippumattomalla oletettujen onnettomuuksien laajennuksia ja vakavia reaktorionnettomuuksia varten suunnitellulla passiivisella suojarakennuksen lämmönpoistojärjestelmällä suojarakennuksesta voidaan poistaa lämpöä suojarakennuksen ulkopuolella sijaitsevien vesisäiliöiden kautta ilmakehään. Vesisäiliöt ovat yhteisiä höyrystimien passiivisen jälkilämmönpoistojärjestelmän kanssa. Itse järjestelmä koostuu vesisäiliöihin yhteydessä olevista suojarakennuksen ylätilassa sijaitsevista lämmönvaihtimista. Vesi virtaa painovoiman avulla vesisäiliöistä suojarakennuksen ylätilassa sijaitseviin lämmönvaihtimiin, joissa lämpö siirtyy suojarakennuksesta lämmönvaihtimissa olevaan veteen, joka lämpenee ja ennen pitkää höyrysty. Lämmennyt vesi ja höyry virtaavat takaisin suojarakennuksen ulkopuolella oleviin vesisäiliöihin muodostaen täysin passiivisen kierron. Vesisäiliöissä höyry lauhtuu ja tiivistyy vedeksi ja vesi jäähtyy. Passiivinen suojarakennuksen lämmönpoistojärjestelmä koostuu neljästä rinnakkaisesta osajärjestelmästä. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 33 %. Järjestelmällä on mahdollista poistaa lämpöä suojarakennuksesta vähintään 24 tunnin ajan, minkä jälkeen suojarakennuksen ulkopuolisiin vesisäiliöihin on lisättävä vettä. Vaikka järjestelmä on suunniteltu oletettuja onnettomuuksia vakavampiin tilanteisiin, se on passiivisuuden takia toiminnassa kaikissa tilanteissa.

Vakavan reaktorionnettomuuden yhteydessä kehittyvä vetyä muun muassa polttoainesauvojen suoja-ortien zirkoniumin oksidoituessa. Suojarakennuksen eheyttä uhkaavat laajat vetypalot ja -räjähdykset estetään poistamalla vetyä suojarakennuksen ilmatilasta passiivisilla katalyyttisillä rekombinaattoreilla.

### 5.3 APR1400

*Kuvassa 7-7 on havainnollistettu APR1400-voimalaitosyksikön sijoittamista Håstholmenin saarelle.*

#### 5.3.1 Yleistiedot

APR1400 on Korea Hydro & Nuclear Power Company (KHNP) lämpötehoaan 4 000 MW:n painevesireaktori, joka on kehitetty edelleen etelä-korealaisesta OPR1000 -konseptista perustuen amerikkalaisen Combustion Engineeringin System 80+ -konseptiin. Laitoksen nettosähköteho on noin 1 450 MW. APR1400:ssa on kaksi pääkiertopiiriä ja pystysuorat höyrystimet. Pääkiertopiirit sisältävät kaksi rinnakkaista kylmää haaraa ja yhden kuuman haaran. APR1400 on evoluutiolaitos, jonka turvallisuussuunnittelu perustuu aktiivisiin turvallisuusjärjestelmiin. Laitoskonsepti on kehitetty Etelä-Korean kansallisena tutkimushankkeena, johon on osallistunut suurin osa maan ydinvoimateollisuuteen liittyvistä organisaatioista, muun muassa Korea Power Engineering Company (KOPEC) ja Doosan. Projektia on johtanut KHNP.

Neljä APR1400-yksikköä on rakenteilla Etelä-Koreassa, kaksi Shin-Korin voimalaitoksella ja kaksi Shin-Ulchinin voimalaitoksella.

#### 5.3.2 Reaktiivisuuden hallinta

Reaktiivisuuden hallinnassa olennaisinta on reaktorin

tehon hallitsemattoman kasvun estäminen luotettavasti, mikä on varmistettu reaktorifysikaalisella perussuunnittelulla. Lisäksi reaktorin tehon hallitsemiseksi ja tarvittaessa alikriittisyyden varmistamiseksi normaalikäytössä ja eri häiriötilanteissa on käytettävissä kaksi toisistaan riippumatonta, eri periaatteella toimivaa reaktiivisuuden hallintajärjestelmää: reaktorin säätösauvajärjestelmä ja hätäboorausjärjestelmä. Kumpikin järjestelmä voi erikseen pysäyttää reaktorin tehoa ylläpitävän ketjureaktion.

Säätösauvoja käytetään sekä häiriötilanteissa nopeiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan että normaalin tehokäytön aikana tehonsäätöön. Normaalissa tehonsäädössä säätösauvoja ohjataan sähkömagneettisella ohjauksijärjestelmällä. Ohjaamalla kaikki säätösauvat reaktorisydämeen ketjureaktio pysähtyy. Normaalin tehokäytön aikana reaktorin tehoa säädetään myös muuttamalla jäähdytyspiirin booripitoisuutta. Tätä varten on kemikaalien ja tilavuuden säätöjärjestelmä, jota käytetään pääasiassa muun muassa polttoaineen palamasta johtuvien hitaiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan.

Häiriötilanteessa reaktorin pysäytys tapahtuu normaalisti pikasululla, jolloin säätösauvojen ohjauksijärjestelmän virransyöttö katkeaa ja säätösauvat putoavat painovoiman avulla reaktorisydämeen. Pikasulku voi olla joko automaattinen tai manuaalinen.

Sellaisessa poikkeuksellisessa tilanteessa, jossa säätösauvoja ei saataisi tarvittaessa pudotetuksi reaktorisydämeen ja siten reaktoria pysäytetyksi, voidaan ketjureaktio pysäyttää myös syöttämällä jäähdytyspiiriin riittävästi väkevää booriliuosta. Tätä toimintoa varten on riippumaton hätäboorausjärjestelmä. Hätäboorausjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on kaksi rinnakkaisista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 %.

Reaktiivisuuden hallintajärjestelmät on suunniteltu niin, että reaktori pystytään sammuttamaan niillä turvallisesti ja varmistamaan reaktorin alikriittisyys pitkällä aikavälillä kaikissa odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä.

### 5.3.3 Reaktorisydämen jäähdytys

#### **Normaali käyttö**

Normaalin tehokäytön sekä reaktorin ylös- ja alasajon aikana reaktorin kehittämä lämpö siirretään polttoaineesta reaktorisydämen läpi virtaavan jäähdytteen mukana höyrystimiin, joissa se siirtyy lämmönvaihtoputkien läpi sekundääripiiriin veteen. Höyrystimien sekundääripuolella kehittyvä höyry johdetaan turbiiniin ja lauhduttimiin, joissa se lauhdetaan ja tiivistyy vedeksi. Vesi syötetään takaisin höyrystimiin pääsyöttövesijärjestelmällä. Lauhduttimista ylimääräinen energia johdetaan jäähdytysveden

mukana mereen. Sekä reaktorin ylös- että alasajon aikana reaktorin kehittämä lämpö poistetaan ajoittain myös suoraan lauhduttimien kautta johtamalla höyry turbiinin ohi lauhduttimiin.

#### **Jälkilämmön poisto**

Kylmissä seisokkitiloissa (matala paine ja lämpötila) sammutetun reaktorin kehittämä jälkilämpö poistetaan suoraan primääripiiristä jälkilämmönpoisto- ja suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmällä mereen. Jälkilämmönpoisto- ja suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on neljä rinnakkaisista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 50 %. Järjestelmää käytetään myös tietyissä vaiheissa sekä reaktorin ylös- että alasajon aikana.

Sammutetun reaktorin kehittämä jälkilämpö poistetaan primääripiiriin paineen ollessa korkea ensisijaisesti höyrystimien ja lauhduttimien kautta mereen syöttämällä pääsyöttövesijärjestelmällä vettä höyrystimiin. Mikäli pääsyöttövesijärjestelmä ei ole käytettävissä, vesi syötetään höyrystimiin hätäsyöttövesijärjestelmän avulla. Hätäsyöttövesijärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on neljä rinnakkaisista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 %. Molempien höyrystimien toisen osajärjestelmän pumppu on sähkökäyttöinen ja toisen höyryturbiinikäyttöinen.

Reaktorin jälkilämpö voidaan korkeassa paineessa poistaa sekundääripiiriin kautta vaihtoehtoisesti myös höyrynä ilmakehään. Tämä tapahtuu turvallisuusjärjestelmiin kuuluvilla sekundääripiiriin paineenalennusjärjestelmän ulospuhallusventtiileillä.

#### **Hätäjäähdytys**

Primääripiiriin vauriotilanteissa reaktorisydämen jäähdytystä varten on hätäjäähdytysjärjestelmä, joka on jaettu neljään rinnakkaiseen osajärjestelmään. Jokaiseen osajärjestelmään kuuluu korkeapaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä ja paineakku. Osajärjestelmien kautta vesi syötetään primääripiiriin kylmän tai kuumen haaran sijasta suoraan reaktoripainesäiliöön neljän erillisen yhteen kautta. Paineakut on varustettu passiivisilla virtauksensäätimillä, joiden ansiosta vesi purkautuu paineakuista hallitusti, kestäten pidempään. Erillistä aktiivista matalapaineista hätäjäähdytysjärjestelmää ei tästä syystä tarvita. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 % primääripiiriin suuren putken katkeamisonnettomuudessa tarvittavasta kapasiteetista. Molemmat järjestelmät ovat turvallisuusjärjestelmiä.

Mikäli primääripiiriin vuoto itsessään ei laskisi primääripiiriin painetta hätäjäähdytyksen toiminnan kannalta riittävän matalaksi, käynnistetään primääripiiriin paineenalennus. Paineenalennus toteutetaan en-

sisijaisesti jäähdyttämällä primääripiiriä sekundääripiirin kautta. Mikäli lämmönsiirto sekundääripuolelle ei ole mahdollista, toimintoa varten on reaktorin paineenalennusjärjestelmä. Reaktorin paineenalennusjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, johon kuuluu neljä rinnakkaista paineistimesta lähtevää pakko-ohjattavalla varoventtiilillä varustettua ulospuhalluslinjaa. Järjestelmällä pystytään laskemaan primääripiirin paine hätäjäähdytyksen onnistumisen kannalta riittävän alhaiseksi. Ulospuhalluslinjojen kautta höyry johdetaan suojarakennuksen sisällä sijaitsevaan boorivesisäiliöön, missä höyry lauhtuu ja tiivistyy vedeksi.

### **5.3.4 Radioaktiivisten aineiden eristäminen**

#### **Polttoaineen eheyden varmistaminen**

Polttoaineen eheyden varmistaminen perustuu sekä reaktiivisuuden hallintaan että reaktorisydämen jäähdytykseen käytettävissä oleviin järjestelmiin ja näiden turvallisuustoimintojen toteutumiseen kaikissa tilanteissa.

#### **Reaktorin jäähdytyspiirin eheyden varmistaminen**

Reaktorin jäähdytyspiirin eheyden varmistaminen perustuu sen ylipaineistumisen estämiseen kaikissa tilanteissa.

#### **Suojarakennuksen eheyden varmistaminen**

Suojarakennuksella on tärkeä osuus radioaktiivisten aineiden eristämässä ympäristöstä. Suojarakennuksen eheyden varmistaminen on tärkeää erityisesti häiriö- ja onnettomuustilanteiden radioaktiivisten päästöjen hallitsemiseksi.

APR1400:aan toteutetaan kaksoissuojarakennus, joka koostuu teräsbetonisesta ulommasta suojarakennuksesta ja esijännitteisestä betonisesta, teräsvuoratusta sisemmästä suojarakennuksesta. Teräsvuorauksella on tarkoitus saada sisempi suojarakennus kaasutiiviiksi, ja siten estää häiriö- ja onnettomuustilanteissa radioaktiivisten aineiden pääsy ympäristöön. Ulomman suojarakennuksen tehtävänä on toimia suojana ulkoisia uhkia vastaan. Voimallisuuden suunnittelussa otetaan huomioon suuren matkustajalentokoneen törmäys.

APR1400:n suunnittelussa on otettu huomioon myös sellaiset erittäin epätodennäköiset onnettomuudet, jossa reaktorisydän vaurioituu eli niin sanotut vakavat reaktorionnettomuudet.

Vakavissa reaktorionnettomuuksissa reaktorin onnistunut paineenalennus on välttämätöntä, jotta sydämensulamisesta johtuva reaktoripainesäiliön korkeapaineinen rikkoutuminen ja siitä mahdollisesti aiheutuva suojarakennuksen vaurioituminen voidaan välttää. Primääripiirin paineenalennusta varten vakavissa reaktorionnettomuuksissa paineis-

timessa on erityinen paineenalennuslinja, joka jakautuu kahdeksi haaraksi. Kummassakin haarassa on kaksi peräkkäistä venttiiliä, ja kummankin haaran kapasiteetti on yksin riittävä paineenalennuksen takaamiseksi. Paineenalennuksen varmistamiseksi vakavien reaktorionnettomuuksien yhteydessä paineenalennuslinjan venttiilit ovat erilaisia kuin ulospuhalluslinjojen venttiilit.

Vakavissa reaktorionnettomuuksissa lähtökohtana on sydänsulan pidättäminen reaktoripainesäiliössä ulkopuolisen jäähdytyksen avulla. Jäähdytystä varten reaktoripainesäiliön alaosa upotetaan veteen tulvittamalla reaktoripainesäiliön alapuolella oleva reaktorikuoppa vedellä. Tulvitukseen on käytettävissä reaktoripainesäiliön ulkoinen jäähdytysjärjestelmä, jolla reaktorikuoppaan pumpataan vettä suojarakennuksen sisällä sijaitsevasta boorivesisäiliöstä. Järjestelmä on aktiivisten osien osalta kahdennettu.

Lämmön poistamiseksi suojarakennuksesta on käytettävissä jälkilämmönpoisto- ja suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmä sekä vakavien reaktorionnettomuuksien suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmä. Järjestelmien tehtävänä on lauhduttaa suojarakennukseen vapautunutta höyryä, sitoa suojarakennuksen kaasutilaan vapautuneita radioaktiivisia aineita ja siirtää reaktorista tai sen jäänteistä vapautuvaa energiaa suojarakennuksen ulkopuolelle. Jälkilämmönpoisto- ja suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmä on suunniteltu oletettuja onnettomuuksia varten. Järjestelmällä voidaan ruiskuttaa vettä suojarakennuksen ylätilaan ja jäähdyttää hätäjäähdytykseen käytettävää boorivesisäiliön vettä.

Jälkilämmönpoisto- ja suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmästä riippumaton vakavien reaktorionnettomuuksien ruiskutusjärjestelmä on suunniteltu vakavia reaktorionnettomuuksia varten. Järjestelmällä voidaan ruiskuttaa vettä suojarakennuksen ylätilaan ja poistaa lämpöä suojarakennuksesta. Järjestelmään kuuluu vakavia reaktorionnettomuuksia varten tarkoitettu suojarakennuksen ulkopuolella sijaitseva erityinen vesisäiliö. Järjestelmä voi ottaa ruiskutukseen käytettävän veden myös boorivesisäiliöstä. Vakavien reaktorionnettomuuksien suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmä on aktiivisten komponenttien osalta kahdennettu. Pumpujen kapasiteetti on 100 %.

Vakavan reaktorionnettomuuden yhteydessä kehittyvä vetyä muun muassa polttoainesauvojen suojaortien zirkoniumin oksidoituessa. Suojarakennuksen mitoituksessa on otettu huomioon vedyn tuotto olettaen, että 100 % zirkoniumista oksidoiduu. Suojarakennuksen eheyttä uhkaavat laajat vetypalot ja -räjähdykset estetään poistamalla vetyä suojarakennuksen ilmatilasta passiivisilla katalyyttisillä rekombinaattoreilla.



Kuva 7-8. Havainnekuva EPR-voimalaitosyksiköstä Hättholmenin saarelle sijoitettuna.

## 5.4 EPR

Kuvassa 7-8 on havainnollistettu EPR-voimalaitosyksikön sijoittamista Hättholmenin saarelle.

### 5.4.1 Yleistiedot

EPR on AREVA NP:n lämpöteholtaan 4 590 MW:n painevesireaktori, joka perustuu saksalaisen lämpöteholtaan 3 850 MW:n Konvoi-sarjan ja ranskalaisen lämpöteholtaan 4 250 MW:n N4-sarjan laitosten perusteknologiaan. Laitoksen nettosähköteho on noin 1 700 MW. EPR:ssä on neljä pääkiertopiiriä ja pystysuorat höyrystimet. EPR on evoluutiolaitos jonka turvallisuussuunnittelu perustuu aktiivisiin turvallisuusjärjestelmiin. Laitoskonsepti on alun perin kehitetty ranskalais-saksalaisena yhteistyönä, johon osallistuivat laitostoiittajista ranskalainen Framatome ja saksalainen Siemens/KWU, ranskalaiset ja saksalaiset ydinvoimayhtiöt sekä ydinturvallisuusviranomaiset. Alkuperäiset EPR:n kehitysorganisaatiot Siemensiltä ja Framatomelta ovat osa AREVA-konsernia.

Yksi EPR-yksikkö on rakenteilla Suomessa Olkiluodon voimalaitoksella ja yksi Ranskassa Flamanvillen voimalaitoksella. Kaksi yksikköä on tilattu Kiinaan Taishanin voimalaitokselle. Yhdysvalloissa EPR:n tyyppilisenointiprosessi (DC, Design Certificate) on käynnissä ja yhdistettyä rakentamis- ja käyttö lupaa (COL, Combined Construction and Operating License) on haettu usealle yksikölle. Myös Iso-Britanniassa on meneillään lisenointiprosessi (GDA, Generic Design Assessment) EPR-konseptille.

### 5.4.2 Reaktiivisuuden hallinta

Reaktiivisuuden hallinnassa olennaisinta on reaktorin tehon hallitsemattoman kasvun estäminen luotetta-

vasti, mikä on varmistettu reaktorifysikaalisella perussuunnittelulla. Lisäksi reaktorin tehon hallitsemiseksi ja tarvittaessa alikriittisyyden varmistamiseksi normaalikäytössä ja eri häiriötilanteissa on käytettävissä kaksi toisistaan riippumatonta, eri periaatteella toimivaa reaktiivisuuden hallintajärjestelmää: reaktorin säätösauvajärjestelmä ja hätäboorausjärjestelmä. Kumpikin järjestelmä voi erikseen pysäyttää reaktorin tehoa ylläpitävän ketjureaktion.

Säätösauvoja käytetään sekä häiriötilanteissa nopeiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan että normaalin tehokäytön aikana tehonsäätöön. Normaalissa tehonsäädössä säätösauvoja ohjataan sähkömagneettisella ohjausjärjestelmällä. Ohjaamalla kaikki säätösauvat reaktorisydämeen ketjureaktio pysähtyy. Normaalin tehokäytön aikana reaktorin tehoa säädetään myös muuttamalla jäähdytyspiirin booripitoisuutta. Tätä varten on kemikaalien ja tilavuuden säätöjärjestelmä, jota käytetään pääasiassa muun muassa polttoaineen palamasta johtuvien hihtaiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan.

Häiriötilanteessa reaktorin pysäytys tapahtuu normaalisti pikasululla, jolloin säätösauvojen ohjausjärjestelmän virransyöttö katkeaa ja säätösauvat puttavat painovoiman avulla reaktorisydämeen. Pikasulku voi olla joko automaattinen tai manuaalinen.

Sellaisessa poikkeuksellisessa tilanteessa, jossa säätösauvoja ei saataisi tarvittaessa pudotetuksi reaktorisydämeen ja siten reaktoria pysäytetyksi, voidaan ketjureaktio pysäyttää myös syöttämällä jäähdytyspiiriin riittävästi väkevää booriliuosta. Tätä toimintoa varten on riippumaton hätäboorausjärjestelmä. Hätäboorausjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on kaksi rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kummankin osajärjestelmän kapasiteetti on



100 %. Järjestelmässä on lisäksi kolmas redundanttinen pumppu, jonka kapasiteetti on 100 %.

Reaktiivisuuden hallintajärjestelmät ovat suunniteltu niin, että reaktori pystytään sammuttamaan niillä turvallisesti ja varmistamaan reaktorin alikriittisyys pitkällä aikavälillä kaikissa odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä.

### 5.4.3 Reaktorisydämen jäähdytys

#### **Normaali käyttö**

Normaalin tehokäytön sekä reaktorin ylös- ja alasajon aikana reaktorin kehittämä lämpö siirretään polttoaineesta reaktorisydämen läpi virtaavan jäähdytteen mukana höyrystimiin, joissa se siirtyy lämmönvaihtoputkien läpi sekundääripiirin veteen. Höyrystimien sekundääripuolella kehittyvä höyry johdetaan turbiiniin ja lauhduttimiin, joissa se lauhtuu ja tiivistyy vedeksi. Vesi syötetään takaisin höyrystimiin tehokäytön aikana pääsyöttövesijärjestelmällä ja reaktorin ylös- ja alasajon aikana ylös- ja alasajojärjestelmällä. Lauhduttimista ylimääräinen energia johdetaan jäähdytysveden mukana mereen. Tietystä vaiheesta sekä reaktorin ylös- että alasajon aikana reaktorin kehittämä lämpö poistetaan suoraan lauhduttimien kautta johtamalla höyry turbiinin ohi lauhduttimiin.

#### **Jälkilämmön poisto**

Kylmissä seisokkitiloissa (matala paine ja lämpötila) sammutetun reaktorin kehittämä jälkilämpö poistetaan suoraan primääripiiristä mereen matalapaineiseen hätäjäähdytysjärjestelmään liittyvällä jälkilämmönpoistojärjestelmällä. Jälkilämmönpoistojärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on neljä rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 %. Järjestelmää käytetään myös tietyissä vaiheissa sekä reaktorin ylös- että alasajon aikana.

Sammutetun reaktorin kehittämä jälkilämpö poistetaan korkeassa paineessa ensisijaisesti höyrystimien ja lauhduttimien kautta mereen syöttämällä vettä höyrystimiin ylös- ja alasajojärjestelmällä. Mikäli sekä pääsyöttövesijärjestelmä että ylös- ja alasajojärjestelmä eivät ole käytettävissä, vesi syötetään höyrystimiin hätäsyöttövesijärjestelmän avulla. Hätäsyöttövesijärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on neljä rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 %.

Reaktorin jälkilämpö voidaan korkeassa paineessa poistaa sekundääripiirin kautta vaihtoehtoisesti myös höyrynä ilmakehään. Tämä tapahtuu turvallisuusjärjestelmiin kuuluvilla sekundääripiirin paineenalennusjärjestelmän ulospuhallusventtiileillä.

#### **Hätäjäähdytys**

Primääripiirin vauriotilanteissa reaktorisydämen jäähdytystä varten on hätäjäähdytysjärjestelmä, joka on jaettu neljään rinnakkaiseen osajärjestelmään. Jokaiseen osajärjestelmään kuuluu välipaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä, paineakku ja matalapaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 % primääripiirin suuren putken katkeamisonnettomuudessa tarvittavasta kapasiteetista. Kaikki järjestelmät ovat turvallisuusjärjestelmiä.

Mikäli primääripiirin vuoto itsessään ei laskisi primääripiirin painetta hätäjäähdytyksen toiminnan kannalta riittävän alhaiseksi, käynnistetään primääripiirin paineenalennus. Paineenalennus toteutetaan ensisijaisesti jäähdyttämällä primääripiiriä sekundääripiirin kautta. Mikäli lämmönsiirto sekundääripuolelle ei ole mahdollista, toimintoa varten on reaktorin paineenalennusjärjestelmä. Reaktorin paineenalennusjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, johon kuuluu kolme rinnakkaista paineistimesta lähtevää pakko-ohjattavalla varoventtiilillä varustettua ulospuhalluslinjaa. Järjestelmällä pystytään laskemaan primääripiirin paine hätäjäähdytyksen onnistumisen kannalta riittävän alhaiseksi.

### 5.4.4 Radioaktiivisten aineiden eristäminen

#### **Polttoaineen eheyden varmistaminen**

Polttoaineen eheyden varmistaminen perustuu sekä reaktiivisuuden hallintaan että reaktorisydämen jäähdytykseen käytettävissä oleviin järjestelmiin ja näiden turvallisuustoimintojen toteutumiseen kaikissa tilanteissa.

#### **Reaktorin jäähdytyspiirin eheyden varmistaminen**

Reaktorin jäähdytyspiirin eheyden varmistaminen perustuu sen ylipaineistumisen estämiseen kaikissa tilanteissa.

#### **Suojarakennuksen eheyden varmistaminen**

Suojarakennuksella on tärkeä osuus radioaktiivisten aineiden eristämässä ympäristöstä. Suojarakennuksen eheyden varmistaminen on tärkeää erityisesti häiriö- ja onnettomuustilanteiden radioaktiivisten päästöjen hallitsemiseksi.

EPR:ssä on kaksoissuojarakennus, joka koostuu teräsbetonisesta ulommasta suojarakennuksesta ja esijännitteisestä betonisesta sisemmästä suojarakennuksesta, jossa on teräsvuoraus. Teräsvuorauksella on tarkoitus saada sisempi suojarakennus kaasutiiviiksi ja siten estää häiriö- ja onnettomuustilanteissa radioaktiivisten aineiden pääsy ympäristöön. Ulomman suojarakennuksen tehtävänä on toimia suojana ulkoisia uhkia vastaan. Voimalaitosyksi-

kön suunnittelussa otetaan huomioon suuren matkustajalentokoneen törmäys.

EPR:n suunnittelussa on otettu huomioon myös sellaiset erittäin epätodennäköiset onnettomuudet, jossa reaktorisydän vaurioituu eli niin sanotut vakavat reaktorionnettomuudet.

Vakavissa reaktorionnettomuuksissa reaktorin onnistunut paineenalennus on välttämätöntä, jotta sydämensulamistesta johtuva reaktoripainesäiliön korkeapaineinen rikkoutuminen ja siitä mahdollisesti aiheutuva suojarakennuksen vaurioituminen voidaan välttää. Primääripiirin paineenalennusta varten vakavissa reaktorionnettomuuksissa paineistimessa on erityinen paineenalennuslinja, joka jakautuu kahdeksi haaraksi. Kummassakin haarassa on kaksi peräkkäistä moottoriventtiiliä, ja kummankin haaran kapasiteetti on yksin riittävä paineenalennuksen takaamiseksi. Paineenalennuksen varmistamiseksi vakavien reaktorionnettomuuksien yhteydessä paineenalennuslinjan venttiilit ovat erilaisia kuin ulospuhalluslinjojen venttiilit.

Reaktoripainesäiliön alla olevan reaktorikuopan vieressä, hieman sitä alempana on sydänsieppari, joka tarjoaa suuren pinta-alan reaktoripainesäiliöstä mahdollisesti purkautuvan sydänsulan leviämiseksi. Suurella leviämialueella pyritään varmistamaan mahdollisimman hyvin sydänsulan jäähdytettävyyttä. Ennen valumista leviämialueelle, sydänsula viivästetään passiivisesti reaktorikuopassa yhtäaikaisen ja tasaisen leviämisen varmistamiseksi. Sydänsulan pidättämistä varten reaktorikuoppa ja sydänsieppariin johtava kanava on erotettu uhrattavalla betonisella tulpalla. Leviämialueen pohjalla on myös uhrattava betonikerros, jonka tehtävänä on osaltaan estää sydänsulan pääsy kosketuksiin suojarakennuksen painetta kantavien osien kanssa. Sydänsulan ja sydänsiepparin rakenteiden passiivinen jäähdytys tulvittamalla leviämialue vedellä käynnistyy vasta kun sydänsula on levinnyt leviämialueelle. Näin vältetään höyryräjähdysriski. Jäähdytys käynnistyy sydänsulan sulatettua leviämialueella olevan tulvitusventtiilin avaavan vaijerin. Venttiilin avauduttua vesi virtaa painovoiman avulla suojarakennuksen sisällä sijaitsevasta boorivesisäiliöstä sydänsiepparin rakenteiden jäähdytyskanavien läpi sydänsulan päälle jäähdyttäen sydänsiepparin rakenteita ja sydänsulaa.

Lämmön poistamiseksi suojarakennuksesta vakavissa reaktorionnettomuuksissa on käytettävissä suojarakennuksen lämmönpoistojärjestelmä, joka lauhduttaa suojarakennukseen vapautunutta höyryä, sitoo suojarakennuksen kaasutilaan vapautuneita radioaktiivisia aineita ja siirtää reaktorista tai sen jäänteistä vapautuvaa energiaa suojarakennuksen ulkopuolelle. Suojarakennuksen lämmönpoistojärjestel-

mällä voidaan ruiskuttaa vettä suojarakennuksen ylätilaan ja jäähdyttää suojarakennukseen kertyvää reaktorin hätäjäähdytykseen käytettävää vettä. Järjestelmällä on lisäksi mahdollista hoitaa sydänsulan ja sydänsiepparin rakenteiden jäähdytys aktiivisesti, kun suojarakennuksen paine on saatu alhaiseksi. Suojarakennuksen lämmönpoistojärjestelmä koostuu kahdesta rinnakkaisesta osajärjestelmästä. Kummankin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 %.

Vakavan reaktorionnettomuuden yhteydessä kehittyvä vetyä muun muassa polttoainesauvojen suoja-kuorten zirkoniumin oksidoituessa. Suojarakennuksen mitoituksessa on otettu huomioon vedyn tuotto olettaen, että 100 % zirkoniumista oksidoiduu. Suojarakennuksen eheyttä uhkaavat laajat vetypalot ja -räjähdys estetään poistamalla vetyä suojarakennuksen ilmatilasta passiivisilla katalyyttisillä rekombinaattoreilla.

## 5.5 ESBWR

*Kuvassa 7-9 on havainnollistettu ESBWR-voimalaitos-yksikön sijoittamista Hästholmenin saarelle.*

### 5.5.1 Yleistiedot

ESBWR on General Electric Hitachin innovatiivinen lämpöteholtaan 4 500 MW:n kiehumisvesireaktori, joka on kehitetty ABWR-laitostyyppistä alun perin Euroopan markkinoille. Laitoksen nettosähköteho on noin 1 650 MW. Turvallisuussuunnittelu perustuu passiivisiin turvallisuusjärjestelmiin. Lisäksi jäähdytteen kierto reaktorisydämen läpi on toteutettu passiivisesti luonnonkiertoon perustuen. Laitoskonseptin kehittämiseen on General Electricin lisäksi osallistunut eurooppalaisia voimayhtiöitä.

Yhdysvalloissa ESBWR:n tyyppilisensiointiprosessi on käynnissä ja yhdistettyä rakentamis- ja käyttöilupaa on haettu usealle yksikölle. Myös Iso-Britanniassa on käynnistetty ESBWR-konseptin lisensointiprosessi.

### 5.5.2 Reaktiivisuuden hallinta

Reaktiivisuuden hallinnassa olennaisinta on reaktorin tehon hallitsemattoman kasvun estäminen luotettavasti, mikä on varmistettu reaktorin reaktorifysikaalisella perussuunnittelulla. Lisäksi reaktorin tehon hallitsemiseksi ja tarvittaessa alikriittisyyden varmistamiseksi normaalikäytössä ja eri häiriötilanteissa on käytettävissä kaksi toisistaan riippumatonta, eri periaatteella toimivaa reaktiivisuuden hallintajärjestelmää: reaktorin säätösauvajärjestelmä ja hätäboorausjärjestelmä. Kumpikin järjestelmä voi erikseen pysäyttää reaktorin tehoa ylläpitävän ketjureaktion.

Kiehumisvesireaktoreille tyyppillisesti säätösauvaneistot sijaitsevat reaktoripainesäiliön alapuolel-



Kuva 7-9. Havainnekuva ESBWR-voimalaitosyksiköstä Hästholmenin saarelle sijoitettuna.

la ja säätösauvat työnnetään reaktorisydämeen alakautta. Säätösauvoja käytetään sekä häiriötilanteissa nopeiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan että normaalin tehokäytön aikana muun muassa polttoaineen palamasta johtuvien hitaiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan. Normaalisti tehonsäädössä säätösauvoja ohjataan sähkömoottorien avulla. Ohjaamalla kaikki säätösauvat reaktorisydämeen ketjureaktio pysähtyy. Normaalin tehokäytön aikana reaktorin tehoa säädetään pääasiassa muuttamalla syöttöveden lämpötilaa. Tätä säätötoimintoa käytetään hitaiden reaktiivisuusmuutosten hallintaan.

Häiriötilanteessa reaktorin pysäytys tapahtuu normaalisti pikasululla, joka voi olla joko automaattinen tai manuaalinen. Pikasulkua varten on erillinen järjestelmä, jolla säätösauvat työnnetään hydraulisesti reaktorisydämeen paineistetun typpikaasun ja veden avulla. Säätösauvojen sisäänajo reaktorisydämeen pikasulussa varmennetaan lisäksi niiden sähkömoottoreilla.

Sellaisessa poikkeuksellisessa tilanteessa, jossa säätösauvoja ei saataisi tarvittaessa työnnettyksi reaktorisydämeen ja siten reaktoria pysäytetyksi, voidaan ketjureaktio pysäyttää myös syöttämällä reaktoriin riittävästi väkevää booriliuosta. Tätä toimintoa varten on riippumaton passiivinen hätäboorausjärjestelmä, jolla booriliuos syötetään reaktorisydämeen korkeapaineisen typpikaasun avulla. Hätäboorausjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on kaksi rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kummankin osajärjestelmän kapasiteetti on 50 %.

Reaktiivisuuden hallintajärjestelmät ovat suunniteltu niin, että reaktori pystytään sammuttamaan niillä turvallisesti ja varmistamaan reaktorin alikriit-

tisyys pitkällä aikavälillä kaikissa odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä.

### 5.5.3 Reaktorisydämen jäähdytys

#### **Normaali käyttö**

Normaalin tehokäytön sekä reaktorin ylös- ja alasajon aikana reaktorin kehittämä lämpö siirretään polttoaineesta luonnonkierrolla reaktorisydämen läpi virtaavaan jäähdytteeneseen. Sydämessä näin kehitetty höyry johdetaan turbiiniin ja lauhduttimiin, joissa se lauhtuu ja tiivistyy vedeksi. Vesi syötetään takaisin reaktoriin pääsyöttövesijärjestelmällä. Lauhduttimista ylimääräinen energia johdetaan jäähdytysveden mukana mereen. Sekä reaktorin ylös- että alasajon aikana reaktorin kehittämä lämpö poistetaan ajoittain myös suoraan lauhduttimien kautta johtamalla höyry turbiinin ohi lauhduttimiin.

#### **Jälkilämmön poisto**

Kylmissä seisokkitiloissa (matala paine ja lämpötila) sammutetun reaktorin kehittämä jälkilämpö poistetaan suoraan reaktorista jäähdytteen puhdistus- ja reaktorin jäähdytysjärjestelmällä mereen. Jäähdytteen puhdistus- ja reaktorin jäähdytysjärjestelmä on käyttöjärjestelmä, jossa on kaksi rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kummankin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 %. Järjestelmää käytetään myös tietyissä vaiheissa sekä reaktorin ylös- että alasajon aikana. Korkea toimintapaine mahdollistaa järjestelmän käytön jälkilämmön poistoon myös korkeassa paineessa. Järjestelmän kapasiteetti on yksin riittävä sammutetun reaktorin kehittämän jälkilämmön poistoon puoli

tuntia reaktorin sammutuksen jälkeen.

Sammutetun ja turbiinilaitoksesta eristetyn reaktorin kehittämä jälkilämpö poistetaan korkeassa paineessa ensisijaisesti eristyslauhduutinjärjestelmän avulla höyrynä ilmakehään. Eristyslauhduutinjärjestelmä koostuu suojarakennuksen ulkopuolella sijaitsevasta vesialtaasta ja siihen upotetuista lämmönvaihtimista. Reaktorin jälkilämpötehon kehittämä höyry johdetaan lämmönvaihtimiin, joissa se lauhtuu ja tiivistyy vedeksi. Vesi virtaa painovoiman avulla takaisin reaktoriin muodostaen suljetun ja täysin passiivisen kierron. Eristyslauhduutinjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, jossa on neljä rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kunkin osajärjestelmän kapasiteetti on 33 %. Eristyslauhduutinjärjestelmää käytetään reaktorin normaalin ylös- ja alasajon aikana sekä häiriötilanteissa.

Korkeassa paineessa sammutetun ja turbiinilaitoksesta eristetyn reaktorin kehittämä jälkilämpö on mahdollista poistaa myös suojarakennuksen sisällä sijaitsevan lauhdutusaltaan kautta. Reaktorin jälkilämpötehon kehittämä höyry johdetaan lauhdutusaltaaseen, josta lämpö poistetaan mereen polttoaine- ja apualtaiden jäähdytysjärjestelmällä. Tarvittava lisävesi syötetään reaktoriin säätösauvojen puhdistusjärjestelmällä syöttöveden varastosäiliöstä. Molemmat järjestelmät ovat käyttöjärjestelmiä.

### **Hätäjäähdytys**

Reaktorin jäähdytyspiirin vauriotilanteissa reaktorisydämen jäähdytystä varten on painovoimalla toimiva matalapaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä. Järjestelmä koostuu suojarakennuksen sisällä olevasta kolmesta vesialtaasta, joista vesi virtaa painovoiman avulla reaktoriin. Olennainen osa järjestelmästä on hätäjäähdytyslinjoissa olevat venttiilit, joiden avaaminen käynnistää hätäjäähdytyksen. Venttiilit ovat murtolevyllisiä sulkuventtiileitä, jotka avataan pysyvästi pyroteknisillä panoksilla. Jokaisessa venttiilissä on kaksi pyroteknistä panosta, joista toisen toiminta riittää venttiilin avaamisen. Painovoimalla toimiva matalapaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, joka on jaettu neljään rinnakkaiseen osajärjestelmään. Kahdella osajärjestelmällä on yhteinen isompi vesiallas. Järjestelmän suunnitteluperusteena on tilanne, jossa yksi pienemmän vesialtaan osajärjestelmä menetetään jäähdytyspiirin vauriotilanteen yhteydessä.

Mikäli jäähdytyspiirin vuoto itsessään ei laske jäähdytyspiirin painetta hätäjäähdytyksen toiminnan kannalta riittävän matalaksi, käynnistetään reaktorin paineenalennus. Tätä varten on automaattinen paineenalennusjärjestelmä, joka koostuu kymmenestä pakko-ohjattavasta varoventtiilistä. Automaattinen paineenalennusjärjestelmä on turvalli-

suusjärjestelmä. Nopeaa paineenalennusta varten on lisäksi kahdeksan pyroteknisellä panoksella varustettua paineenalennusventtiiliä. Pakko-ohjattavien varoventtiilien kautta höyry johdetaan suojarakennuksen alaosaan sijaitsevaan lauhdutusaltaaseen ja paineenalennusventtiilien kautta suojarakennuksen ylempään kuivatilaan.

Reaktorisydämen hätäjäähdytykseen on matalissa paineissa mahdollista käyttää myös polttoaine- ja apualtaiden jäähdytysjärjestelmää. Polttoaine- ja apualtaiden jäähdytysjärjestelmällä voidaan syöttää vettä reaktoriin lauhdutusaltaasta. Järjestelmä on käyttöjärjestelmä, jossa on kaksi rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Kummankin osajärjestelmän kapasiteetti on 100 %.

### **5.5.4 Radioaktiivisten aineiden eristäminen**

#### **Polttoaineen eheyden varmistaminen**

Polttoaineen eheyden varmistaminen perustuu sekä reaktiivisuuden hallintaan että reaktorisydämen jäähdytykseen käytettävissä oleviin järjestelmiin ja näiden turvallisuustoimintojen toteutumiseen kaikissa tilanteissa.

#### **Reaktorin jäähdytyspiirin eheyden varmistaminen**

Reaktorin jäähdytyspiirin eheyden varmistaminen perustuu sen ylipaineistumisen estämiseen kaikissa tilanteissa.

#### **Suojarakennuksen eheyden varmistaminen**

Suojarakennuksella on tärkeä osuus radioaktiivisten aineiden eristämässä ympäristöstä. Suojarakennuksen eheyden varmistaminen on tärkeää erityisesti häiriö- ja onnettomuustilanteiden radioaktiivisten päästöjen hallitsemiseksi.

ESBWR:ssä on teräsbetoninen suojarakennus, jossa on teräsvuoraus. Teräsvuorauksella on tarkoitus saada suojarakennus kaasutiiviiksi ja siten estää radioaktiivisten aineiden pääsy häiriö- ja onnettomuustilanteissa ympäristöön. Suojarakennus sijaitsee teräsbetonisessa reaktorirakennuksessa, joka toimii suojana ulkoisia uhkia vastaan. Voimalaitosyksikön suunnittelussa otetaan huomioon suuren matkustajalentokoneen törmäys.

ESBWR:n suunnittelussa on otettu huomioon myös sellaiset erittäin epätodennäköiset onnettomuudet, jossa reaktorisydän vaurioituu eli niin sanotut vakavat reaktorionnettomuudet.

Vakavissa reaktorionnettomuuksissa reaktorin onnistunut paineenalennus on välttämätöntä, jotta sydämensulamaisesta johtuva reaktoripainesäiliön korkeapaineinen rikkoutuminen ja siitä mahdollisesti aiheutuva suojarakennuksen vaurioituminen voidaan välttää. Reaktorin paineenalennusta varten



vakavissa reaktorionnettomuuksissa automaattisen paineenalennusjärjestelmän varoventtiilit ovat pakko-ohjattavia ja paineenalennusventtiilit pyroteknisellä panoksella pysyvästi avattavia venttiileitä.

Suoraan reaktoripainesäiliön alla on sydänsieppari, johon reaktoripainesäiliöstä mahdollisesti purkautuva sydänsula pidätetään ja jossa se voidaan hallitusti jäähdyttää. Sydänsiepparin tehtävänä on osaltaan estää sydänsulan pääsy kosketuksiin suojarakennuksen painetta kantavien osien kanssa. Sydänsieppari koostuu suojarakennuksen alemman kuivatilan pohjabetoniin sijoitetuista toisiinsa kiinnihitsatuista kaltevista jäähdytysputkista. Sydänsulan ja sydänsiepparin rakenteiden jäähdytystä varten painovoimalla toimivassa matalapaineisessa hätäjähdytysjärjestelmässä on jokaisessa osajärjestelmässä erillinen sydänsiepparin tulvituslinja. Tulvituslinjat jakautuvat kolmeksi haaraksi, joissa jokaisessa on pyroteknisillä panoksilla avattava venttiili. Vesi virtaa painovoiman avulla suojarakennuksen sisäpuolella olevista vesialtaista sydänsiepparin rakenteiden jäähdytyskanavien läpi sydänsulan päälle jäähdyttäen sydänsiepparin rakenteita ja sydänsulaa.

Lämmön poistamiseksi suojarakennuksesta on käytettävissä passiivinen suojarakennuksen lämmönpoistojärjestelmä, joka siirtää reaktorista tai sen jäänteistä vapautuvaa energiaa suojarakennuksen ulkopuolelle. Järjestelmä on turvallisuusjärjestelmä, joka koostuu kuudesta rinnakkaisesta osajärjestelmästä. Jokainen osajärjestelmä koostuu suojarakennuksen ylempään kuivatilaan yhteydessä olevasta lämmönvaihtimesta. Suojarakennuksen osana

olevat lämmönvaihtimet sijaitsevat eristyslauhduuttimien kanssa samassa vesialtaassa. Suojarakennuksessa oleva höyry virtaa avoimien yhteyksien kautta lämmönvaihtimiin, joissa se lauhtuu ja tiivistyy vedeksi. Vesi virtaa painovoiman avulla painovoimalla toimivan matalapaineisen hätäjähdytysjärjestelmän vesialtasiin ja sieltä edelleen reaktorisydämeen tai sydänsieppariin. Järjestelmä on täysin passiivinen ja sillä on mahdollista poistaa lämpöä suojarakennuksesta vähintään 72 tunnin ajan, mikä jälkeen suojarakennuksen ulkopuolisiin vesialtasiin on lisättävä vettä.

Lämmönpoisto suojarakennuksesta on mahdollista myös polttoaine- ja apualtaiden jäähdytysjärjestelmään kuuluvan suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmän avulla. Järjestelmän tehtävänä on lauhtua suojarakennukseen vapautunutta höyryä, sitoa suojarakennuksen kaasutilaan vapautuneita radioaktiivisia aineita ja siirtää reaktorista tai sen jäänteistä vapautuvaa energiaa suojarakennuksen ulkopuolelle lauhdutusaltaan kautta. Järjestelmällä voidaan ruiskuttaa vettä suojarakennuksen ylempään kuivatilaan. Polttoaine- ja apualtaiden jäähdytysjärjestelmä on käyttöjärjestelmä jolla on onnettomuusten jälkitilanteita varten suunniteltuja toimintoja.

Vakavan reaktorionnettomuuden yhteydessä kehittyvä vetyä muun muassa polttoainesauvojen suoja-kuorten zirkoniumin oksidoituessa. Suojarakennuksen eheyttä uhkaavien laajojen vetypalojen ja -räjähdysten estämiseksi suojarakennuksen happipitoisuus pidetään normaalin käytön aikana alle kolmessa prosentissa typpikaasulla. ●

## Litteen 7 tiivistelmä

### Pääpiirteinen kuvaus suunnitellun ydinlaitoksen teknisistä toimintaperiaatteista

- Ydinvoimalaitosyksikkö on maailman yleisintä reaktorityyppiä, eli kevytvesireaktori. Ydinvoimalaitosyksikkö toteutetaan joko painevesireaktorina tai kiehutusvesireaktorina.
- Ydinvoimalaitosyksikön sähköteho on 1 000–1 800 MW. Suunniteltu käyttöikä on vähintään 60 vuotta.
- Pelkästään sähköä tuottavan ydinvoimalaitosyksikön hyötysuhde on 35–40 %. Konventionaalisissa sähköä tuottavissa lauhdevoimalaitoksissa hyötysuhde on samansuuruinen.
- Yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa kokonaishyötysuhde on huomattavasti korkeampi. Kaukolämmöntuotanto vähentää merkittävästi jäähdytysvesien ympäristövaikutuksia.
- Markkinoilla on useita laitostoimittajia, joiden ydinvoimalaitokset voidaan toteuttaa täyttämään vaativat suomalaiset turvallisuusvaatimukset.
- Ydinvoimalaitosyksikkö tulee kaikilta osin täyttämään kaikki asetetut kansalliset turvallisuusvaatimukset.









## SISÄLTÖ

1 YLEISTÄ .....	68
2 LOVIISAN VOIMALAITOKSEN UUDELLA VOIMALAITOSYKSIKÖLLÄ NOUDATETTAVAT TURVALLISUUSPERIAATTEET .....	69
2.1 Yleinen turvallisuusperiaate .....	69
2.2 Tekninen turvallisuusperiaate .....	69
2.3 Syvyysuuntainen turvallisuusperiaate .....	70
2.4 Säteilyturvallisuuteen liittyvät periaatteet ..	70
3 SELVITYS TURVALLISUUTTA KOSKEVIEN YLEISTEN MÄÄRÄYSTEN NOUDATTAMISESTA LOVIISAN VOIMALAITOKSEN UUDELLA VOIMALAITOSYKSIKÖLLÄ .....	72

# LIITE 8

## Selvitys noudatettavista turvallisuusperiaatteista

### 1 Yleistä

Suomen ydinenergiainsäädäntö on muuttunut vuoden 2008 aikana. Ydinenergialakia 990/1987 muutettiin kesäkuun alussa (342/2008). Ydinenergia-asetuksen 161/1988 muutos (732/2008) tuli voimaan joulukuun alussa ja samanaikaisesti korvattiin valtioneuvoston päätökset 395-398/1991 ja 478/1999 uusilla valtioneuvoston asetuksilla (VNA) 733-736/2008.

Ydinenergiain 990/1987 6 §:n mukaan ydinenergian käytön on oltava turvallista eikä siitä saa aiheutua vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle. Tämän turvallisuusvaatimuksen täyttyminen on välttämätön edellytys ydinenergian käytölle.

Ydinenergian käytön poikkeavana piirteenä muuhun energiantuotantoon on radioaktiivisten aineiden syntyminen ja käyttö energiantuotantoprosessissa. Radioaktiivisten aineiden säteilyllä on haitallisia vaikutuksia eläviin organismeihin, minkä vuoksi ihmisten ja ympäristön altistuminen säteilylle on estettävä tehokkaasti. Ydinenergian käytön turvallisuudessa onkin kyse ennen muuta radioaktiivisten aineiden hallitsemisesta siten, että niiden vapautuminen ympäristöön estetään kaikissa olosuhteissa.

Ydinenergian käyttöä koskevat normit annetaan Suomessa pääosin ydinenergialaissa ja -asetuksessa, valtioneuvoston asetuksissa 733-736/2008 ja Säteilyturvakeskuksen antamissa YVL-ohjeissa. Ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskeva yleinen periaate annetaan ydinenergialaissa (6 §). Lisäksi ydinenergiain 7a § – 7r §:ssä annetaan yleisiä turvallisuutta koskevia vaatimuksia. Tätä periaatetta tarkennetaan valtioneuvoston asetuksessa 733/2008, jossa annetaan yleiset määräykset ydinvoimalaitosten turvallisuudesta. Lisäksi valtioneuvoston asetuksissa 734/2008, 735/2008 ja 736/2008 annetaan määräyksiä ydinvoimalaitosten turvajärjestelyistä, valmiusjärjestelyistä ja ydinjätteen loppusijoituksesta.

Valtioneuvoston asetus 733/2008 sisältää ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevat yleiset periaatteet, säteilyaltistusta ja radioaktiivisten aineiden päästöjä koskevat määräykset, ydinturvallisuutta koskevat suunnitteluvaatimukset, ydinvoimalaitosten käyttöä koskevat määräykset sekä erinäisiä muita määräyksiä. Valtioneuvoston asetuksen



733/2008 määräyksiä tarkennetaan YVL-ohjeissa yksityiskohtaisin suunnitteluvaatimuksin.

Tässä liitteessä esitetään Loviisan voimalaitoksen uuden voimalaitosyksikön suunnittelussa ja käytössä noudatettavat turvallisuusperiaatteet, joita noudattamalla ydinenergialain turvallisuutta koskevan yleisen periaatteen katsotaan täyttyvän. Pääpiirteinen selvitys teknisistä toimintaperiaateista ja ratkaisuista sekä muista järjestelyistä, joilla uuden voimalaitosyksikön turvallisuus varmistetaan, esitetään hakemuksen *liitteessä 7*, kullekin tässä vaiheessa tarkasteluissa mukana olevalle laitosvaihtoehdolle erikseen.

## 2 Loviisan voimalaitoksen uudella voimalaitosyksiköllä noudatettavat turvallisuusperiaatteet

### 2.1 Yleinen turvallisuusperiaate

Turvallisuuden yleistavoite ydinvoimalaitoksille on kirjattu ydinenergialain 990/1987 6 §:ssä, jonka mukaan ydinenergian käytön on oltava turvallista eikä siitä saa aiheutua vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle. Turvallisuuskulttuuriin liittyviä säännöksiä syvennetään ydinenergialain uudessa 2 a -luvussa (342/2008).

Loviisan voimalaitoksen uuden voimalaitosyksikön suunnittelussa ja käyttämisessä noudatetaan yleistä turvallisuusperiaatetta. Kaikkeen toimintaan liittyy aina epävarmuustekijöitä, joten toiminnan tarkastelussa käytetään riskin käsitettä (tietyn epäsuotuisan tapahtuman seurauksien ja todennäköisyyden tulo). Sen avulla voidaan tehdä vertailuja eri vaihtoehtojen välillä.

Uuden voimalaitosyksikön suunnittelussa ja käyttämisessä lähdetään siitä, että toiminnan aiheuttaman vaaran on oltava hyväksyttävällä tasolla, toiminnasta saatavan hyödyn on oltava oleellisesti suurempi kuin sen aiheuttamat haitat ja voimalaitosyksikön turvallisuuden on oltava vähintään viranomaismääräysten edellyttämällä tasolla.

Käytännössä voimalaitosyksikkö suunnitellaan ja sitä käytetään niin, että sen normaalikäytöstä aiheutuvat haitat ihmisille, ympäristölle ja omaisuudelle ovat vähäiset toiminnan merkitykseen verrattuna. Mahdollisten häiriö- ja onnettomuustilanteiden todennäköisyys on pieni ja niiden seuraukset vähäiset. Tilanteet hallitaan siten, että niistä kokonaisuutena aiheutuva vaara ihmisille, ympäristölle ja omaisuudelle on mitätön toiminnan merkitykseen verrattuna.

Voimalaitosyksikön suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä huolehditaan siitä, että se täyttää ydinenergialain 7a § - 7r §:issä esitetyt turvallisuus-

vaatimukset, valtioneuvoston asetuksissa vaatimukset ja voimassa olevat viranomaisvaatimukset.

### 2.2 Tekninen turvallisuusperiaate

Ydinenergialain 7a §:n mukaan ydinenergian käytön turvallisuus on pidettävä niin korkealla tasolla kuin käytännön toimenpitein on mahdollista. Ydinenergialain 7d §:n mukaan onnettomuuden todennäköisyyden on oltava sitä pienempi, mitä vakavampi onnettomuuden seuraus saattaisi olla ihmisille, ympäristölle ja omaisuudelle.

Loviisan voimalaitoksen turvallisuustaso määräytyy sen teknisistä toimintaperiaateista ja ratkaisuista sekä voimalaitosta käyttävän organisaation asiantuntemuksesta ja turvallisuutta korostavasta asenteesta. Uuden voimalaitosyksikön turvallisuustaso pidetään niin korkeana kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista, eli noudatetaan ydinturvallisuuteen yleisesti liitettyä SAHARA-periaatetta (Safety As High As Reasonably Achievable).

Uuden voimalaitosyksikön suunnittelussa ja käytössä noudatetaan ydinenergialain 7j §:n ja VNA 733/2008 28 §:n edellyttämää korkeaa turvallisuuskulttuuria, joka perustuu Fortum Power and Heat Oy:n ja Loviisan voimalaitoksen ylimmän johdon turvallisuutta korostavaan asenteeseen ja henkilöstön motivointiin vastuuntuntoiseen työskentelyyn.

Uuden voimalaitosyksikön turvallisuustason saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi käytetään VNA 733/2008 12 §:n mukaisesti koeteltua tai muutoin huolella tutkittua korkealaatuista tekniikkaa. Voimalaitosyksikön turvallisuustasoa nostetaan sellaisin käytännössä toteuttamiskelpoisin toimenpitein, jotka nousevat esiin esimerkiksi käyttökokemusten ja turvallisuustutkimuksen seurannan myötä.

Uudella voimalaitosyksiköllä radioaktiivisten aineiden leviäminen polttoaineesta ympäristöön estetään peräkkäisillä teknisillä esteillä, joita ovat polttoaine ja sen suojakuori, ydinreaktorin painetta kantava jäähdytyspiiri eli primääripiiri sekä kaasutiivis suojarakenus. Nämä toimivat syvyyssuuntaisen turvallisuusperiaatteen mukaisina sisäkkäisinä esteinä. Vasta kaikkien esteiden rikkoutuminen voi aiheuttaa radioaktiivisten aineiden hallitsemattoman vapautumisen.

Voimalaitosyksikön suunnittelussa ja käytössä tähdätään siihen, että uhat radioaktiivisten aineiden teknisten leviämisesteiden eheydelle poistetaan tai minimoidaan vaatimusten mukaisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa muun muassa seuraavien suunnitteluperiaatteiden noudattamista.

- Polttoaineen jäähdytysjärjestelmät ja muut toimenpiteet turvaavat polttoaineen ja polttoaineen suojakuorien eheyden riittävällä

- varmuudella.
- Primääripiiri on materiaaleiltaan ja rakenteeltaan sellainen, että siihen kohdistuvat rasitukset alittavat riittävällä varmuudella rakennemateriaaleille määritetyt nopeasti kasvavan murtuman estämiseksi tarkoitetut arvot.
- Suojarakennus kestää luotettavasti onnettomuustilanteiden aiheuttamat paine- ja lämpötilakuormitukset, suihkuvoimat ja lentävien esineiden vaikutukset.
- Suunnittelussa huolehditaan siitä, että leviämissesteet ovat toisistaan mahdollisimman riippumattomia, toisin sanoen yhden leviämissesteen rikkoutuminen ei saa johtaa automaattisesti useamman leviämissesteen rikkoutumiseen. Leviämissesteiden eheyden varmistamiseksi kaikissa oloissa voimalaitosyksikölle on suunniteltu turvallisuustoiminnot, joiden tarkoituksena on ehkäistä häiriö- ja onnettomuustilanteiden syntyminen, estää niiden kehittyminen vakavammiksi tai lieventää onnettomuustilanteiden seurauksia.
- Leviämissesteiden suunnittelussa käytetään riittäviä turvallisuusmarginaaleja, jotka takaavat niiden riittävän luotettavuuden normaalikäytössä, käyttöhäiriöissä ja onnettomuustilanteissa. Turvallisuusmarginaalien määrittämisessä eri olosuhteissa käytetään hyväksi deterministisiä menetelmiä ja luotettavuuden todentamisessa todennäköisyyspohjaisia menetelmiä.

### 2.3 Syvyysuuntainen turvallisuusperiaate

Ydinturvallisuuden ylläpitämiseksi Loviisan voimalaitoksella sovelletaan syvyysuuntaista turvallisuusperiaatetta. Syvyysuuntaisen turvallisuusperiaatteen noudattamista vaaditaan ydinenergialain 7b §:ssä. Kaikki voimalaitoksen organisatoriset, ihmisten käyttäytymiseen perustuvat sekä tekniset, laitoksen järjestelmiin nojautuvat turvallisuustoiminnot ovat päällekkäisiä. Päällekkäisyyden ansiosta yhden toiminnon virheellinen toiminta korvautuu tai korjautuu ilman, että virheestä seuraa uhkaa ihmisille tai ympäristölle.

Syvyysuuntaisen turvallisuusperiaatteen mukaan voimalaitoksen turvallisuus on jaettu useaan peräkkäiseen suojaamisen tasoon. Toiminnot eri tasoilla tähtäävät siihen, että reaktorin reaktiivisuuden säätö, jälkilämmön poisto ja radioaktiivisten aineiden eristäminen ympäristöstä on hallittua.

Loviisan voimalaitoksella sovelletaan IAEA:n suosituksiin pohjautuvia syvyysuuntaisen turvallisuusperiaatteen suojaamisen tasoja:

1. Käyttöhäiriöiden ja vikojen ehkäiseminen. Syvyysuuntaisen turvallisuusperiaatteen ensimmäinen

taso on ennalta ehkäisemisen taso. Ensimmäisellä tasolla pyritään estämään poikkeavuudet voimalaitoksen normaalista käytöstä ja estämään järjestelmiin syntyviä vikoja.

2. Käyttöhäiriöiden hallinta ja vikojen havaitseminen. Syvyysuuntaisen turvallisuusperiaatteen toinen taso edellyttää, että voimalaitoksella on järjestelmät, joilla voidaan nopeasti ja luotettavasti havaita ja pysäyttää poikkeamat normaaleista käyttöparametreista, palauttaa tilanne normaaliksi ja estää käyttöhäiriöiden kehittyminen onnettomuuksiksi.
3. Suunnittelun perustana olevien onnettomuuksien hallinta. Syvyysuuntaisen turvallisuusperiaatteen kolmas taso edellyttää, että onnettomuuksien seurauksien lieventämiseen on varauduttava tehokkain teknisin ja hallinnollisin järjestelyin. Vastatoimenpiteet onnettomuuden saamiseksi hallintaan ja säteilyhaittojen ehkäisemiseksi on suunniteltava ennalta.
4. Vakavien reaktorionnettomuuksien hallinta. Syvyysuuntaisen turvallisuusperiaatteen neljäs taso edellyttää, että voimalaitoksella on varauduttava tilanteisiin, joissa tason 3 järjestelyistä huolimatta reaktorisydämen oletetaan vaurioituvan merkittävästi. Tällaista onnettomuustilannetta kutsutaan vakavaksi reaktorionnettomuudeksi. Vakaviin reaktorionnettomuuksiin on varauduttava, vaikka ne eivät kuulu voimalaitoksen varsinaisiin suunnitteluperusteisiin ja niiden todennäköisyys on erittäin pieni. Neljännellä tasolla korostuu onnettomuuden seurausten hallinta siten, että onnettomuuden seuraukset ja siitä seuraavat mahdolliset päästöt pidetään niin pieninä kuin mahdollista.
5. Merkittävien päästöjen säteilyvaikutusten lieventäminen. Syvyysuuntaisen turvallisuusperiaatteen viides ja viimeinen taso edellyttää, että radioaktiivisten aineiden päästön säteilyvaikutusten lieventämiseksi suunnitellaan riittävät valmius- ja pelastuspalvelujärjestelyt.

VNA 733/2008 12 – 13 §:ssä esitetään toiminnallisen ja rakenteellisen syvyysuuntaisen turvallisuusperiaatteen mukaisesti suojaamisen tasot, joita käytetään ydinturvallisuutta koskevin suunnitteluvaihtimuksina. Suojaamisen tasoilla pyritään käyttöhäiriöiden ja onnettomuustilanteiden ennalta ehkäisemiseen, hallintaan ja seurausten lieventämiseen.

### 2.4 Säteilyturvallisuuteen liittyvät periaatteet

Säteilysuojelun yleistavoite ydinvoimalaitoksille on kirjattu VNA 733/2008 7 §:ssä seuraavasti: *Ydinvoimalaitoksen työntekijöiden työssään saama sätei-*

lyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista.

Loviisan voimalaitoksen toiminnassa noudatetaan säteilylaissa (592/1991) määriteltyjä säteilysuojelun peruseriaatteita, eli

- *oikeutusperiaatetta*, jonka mukaan toiminnalla saavutettava hyöty on oltava suurempi kuin toiminnasta aiheutuva haitta
- *optimointiperiaatetta*, jonka mukaan toiminta on järjestettävä niin, että siitä aiheutuva terveydelle haitallinen säteilyaltistus pidetään niin alhaisena kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista
- *yksilönsuojaperiaatetta*, jonka mukaan yksilön säteilyaltistus ei saa ylittää asetettuja enimmäisarvoja.

Loviisan voimalaitoksen toiminta on järjestetty siten, että toiminnasta aiheutuva kollektiivinen säteilyaltistus pidetään käytännöllisin toimenpitein niin alhaisena kuin mahdollista kaikissa olosuhteissa, jotta altistuksella ei ole haitallisia vaikutuksia. Tätä ydinturvallisuuteen yleisesti liitettyä periaatetta kutsutaan ALARA-periaatteeksi (As Low As Reasonably Achievable).

Valtaosa Loviisan voimalaitoksen toiminnan synnyttämästä radioaktiivisuudesta on ydinpoltoaineessa. Radioaktiivisten aineiden vapautuminen polttoaineesta ympäristöön minimoidaan peräkkäisillä teknisillä vapautumisesteillä, jotka on esitetty edellä teknisen turvallisuusperiaatteen käsitelyn yhteydessä. Voimalaitosta käytetään sen turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa esitettyjen teknisten ja hallinnollisten vaatimusten ja rajoitusten puitteissa. Turvallisuustekniset käyttöehdot laaditaan määräysten mukaisesti, ja niille haetaan etukäteen Säteilyturvakeskuksen hyväksyntä käyttölu-pahakemusvaiheessa.

Radioaktiivisten aineiden teknisten leviämisehden eheys varmistetaan häiriö- ja onnettomuustilanteissa turvallisuusjärjestelmin.

Voimalaitoksen normaalista toiminnasta aiheutuu vähäisiä radioaktiivisten aineiden päästöjä. Turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa on esitetty viranomaisten hyväksymät radioaktiivisten aineiden päästörajat voimalaitoksen normaalille käytölle. Yksinomaan raja-arvojen noudattaminen ei kuitenkaan ole riittävää, vaan työntekijöiden annokset ja radioaktiivisten aineiden päästöt ympäristöön pyritään pitämään niin pieninä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista.

Loviisan voimalaitoksella on käytössä seurantaohjelma, jolla radioaktiivisten aineiden päästöjä ja pitoisuuksia ympäristössä valvotaan. Työntekijöiden



Asianmukaiset suojarusteet ovat ydinvoimalaitoksen säteilyvalvonta-alueella erittäin tärkeitä suojauduttaessa radioaktiivisilta aineilta. Suojarusteiden käytöllä estetään myös radioaktiivisten aineiden kulkeutuminen valvonta-alueen ulkopuolelle.

ja ympäristön säteilyvalvontaohjelmilla varmistetaan, että työntekijöiden ja väestön säteilyaltistukselle asetettuja raja-arvoja ei ylitetä. Uuden voimalaitosyksikön aiheuttamia päästöjä voidaan seurata saman ohjelman puitteissa.

Uuden voimalaitosyksikön odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuustilanteiden aikaiset radioaktiivisten aineiden päästöt voidaan arvioida laskennallisesti. Laskelmissa käytetään määräysten mukaisesti kelpuutettuja laskentamenetelmiä. Laskennassa sovelletaan oletuksia, joiden seurauksena tulokset ovat konservatiivisia, toisin sanoen seuraukset ovat todellisuudessa suurella todennäköisyydellä lievempiä kuin laskelmien osoittamat tulokset.

Loviisan voimalaitoksen uuden yksikön alustava turvallisuusseloste toimitetaan Säteilyturvakeskukselle rakentamislupaa haettaessa ja lopullinen turvallisuusseloste käyttöilupaa haettaessa. Turvallisuusselosteissa arvioidaan laitoksen odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuuksien aiheuttamia säteilyannoksia. Käyttöhäiriöiden aiheuttamat laitoksen fysikaalisten suureiden muutokset kompensoidaan suojausten ja turvallisuusjärjestelmien toiminnalla, ennen kuin mahdollisuus radioaktiivisten aineiden teknisten leviämisehden eheyden menettämiseen syntyy. Tämän vuoksi käyttöhäiriöiden aiheuttamat säteilyannok-

set eivät olennaisesti poikkea normaalin käytön aiheuttamista säteilyannoksista.

Turvallisuusjärjestelmien toiminnan ansiosta voimalaitosyksikkö selviää oletetuista onnettomuuksista ilman vakavia polttoainevaurioita ja niin suuria radioaktiivisten aineiden päästöjä, että ympäristössä jouduttaisiin turvautumaan laajoihin toimenpiteisiin väestön säteilyaltistuksen rajoittamiseksi.

Ympäristön kannalta on merkittävää, että Loviisan ydinvoimalaitos sijaitsee Hästholmenin saarella, joka on kokonaan Fortum Power and Heat Oy:n hallinnassa. Saari ja sitä ympäröivä merialue muodostavat luonnollisen suoja-alueen voimalaitoksen ympärille.

Vakavien reaktorionnettomuuksien hallintastrategian avulla erittäin epätodennäköisten, reaktorisydämen vaurioitumiseen johtavien onnettomuustapausten aiheuttamat radioaktiivisten aineiden päästöt hallitaan siten, että päästöistä ei aiheudu voimalaitoksen ympäristön väestölle välittömiä terveyshaittoja eikä pitkäaikaisia rajoituksia laajojen maa- ja vesialueiden käytölle. Todennäköisyysperustaisen riskiarvion mukaan mahdollisuus sille, että onnettomuuden seuraukset olisivat edellä esitettyä vakavammat, on erittäin pieni.

### 3 Selvitys turvallisuutta koskevien yleisten määräysten noudattamisesta Loviisan voimalaitoksen uudella voimalaitosyksiköllä

Valtioneuvoston asetus ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta, VNA 733/2008, sisältää turvallisuutta koskevia määräyksiä kuuteen osa-alueeseen jaettuna:

- yleiset turvallisuutta koskevat määräykset
- säteilyaltistusta ja radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittamista koskevat määräykset
- ydinturvallisuutta koskevat määräykset
- ydinvoimalaitoksen rakentamista ja käyttöönottoa koskevat määräykset
- ydinvoimalaitoksen käyttöä koskevat määräykset
- organisaatiota ja henkilöstöä koskevat määräykset.

Seuraavassa esitetään alustava selvitys siitä, miten Loviisan voimalaitoksen uusi voimalaitosyksikkö noudattaa VNA:n määräyksiä. VNA sisältää yksityiskohtaisemmassa muodossa ydinenergialain luvussa 2 a (342/2008) olevat turvallisuutta koskevat vaatimukset, lukuun ottamatta turva- ja valmiusjärjestelyjä sekä ydinjätteiden loppusijoitusta koskevia vaatimuksia. Selvitykset ydinvoimalaitosten turva- ja valmiusjärjestelyjä koskevien määräysten noudat-

tamisesta annetaan Säteilyturvakeskukselle uuden voimalaitosyksikön käyttö lupaa haettaessa (ydinenergia-asetus 161/1988 36 §). Selvitys ydinjätehuollon järjestämisestä liitetään uuden voimalaitosyksikön käyttö lupahakemukseen (ydinenergia-asetus 161/1988 34 §). Tällä tavoin kaikkien ydinenergialain luvun 2 a ydinturvallisuuteen liittyvien vaatimusten (7a § – 7r §) noudattaminen osoitetaan uuden voimalaitosyksikön lupaprosessin eri vaiheissa.

#### Yleinen turvallisuus (VNA luku 2)

##### 3 § Turvallisuuden arviointi ja todentaminen

*Ydinvoimalaitoksen turvallisuutta on arvioitava rakentamislupaa ja käyttö lupaa haettaessa, laitosmuutosten yhteydessä sekä määräajoin laitoksen käytön aikana.*

*Jollei turvallisuusvaatimusten täytyminen ole suoraan todettavissa ydinvoimalaitoksen suunnitteluratkaisusta, niiden täytyminen on osoitettava. Ydinvoimalaitoksen turvallisuutta ja sen turvallisuusjärjestelmien teknisiä ratkaisuja on perusteltava käyttämällä kokeellisia ja laskennallisia menetelmiä. Näitä ovat häiriö- ja onnettomuusanalyysit, lujuusanalyysit, vika- ja vaikutusanalyysit sekä todennäköisyysperusteiset riskianalyysit. Analyysijä on ylläpidettävä ja tarvittaessa täsmennettävä ottaen huomioon käyttökokemukset, kokeelliset tutkimustulokset, laitosmuutokset ja laskentamenetelmissä tapahtuva kehitys.*

*Turvallisuusvaatimusten täyttymisen osoittamiseen käytettävien laskentamenetelmien on oltava luotettavia ja kelpoistettuja käyttötarkoitukseensa. Niitä on sovellettava siten, että järjestelmien mitoituksen perustana käytettävät laskennalliset lopputulokset täyttävät hyväksymiskriteerit suurella varmuudella. Tulosten epävarmuus on arvioitava ja otettava huomioon turvallisuusmarginaaleja määriteltäessä.*

Uuden voimalaitosyksikön turvallisuuden arviointi ja todentaminen tehdään määräysten mukaisella tavalla. Tässä vaiheessa turvallisuutta on arvioitu tässä hakemuksen liitteessä. Laajempi turvallisuuden arviointi suoritetaan määräysten mukaisesti hakemusprosessin myöhemmissä vaiheissa eli uuden voimalaitosyksikön rakentamislupaa ja käyttö lupaa haettaessa.

Mikäli uusi yksikkö toteutetaan siten, että se tuottaa sähkön lisäksi myös kaukolämpöä, otetaan tämän teknisen ratkaisun vaikutukset huomioon kaikissa laitoksen turvallisuuden todentamiseen käytettävissä analyyseissä.

##### 4 § Turvallisuusluokitus

*Ydinvoimalaitoksen turvallisuustoiminnot on määriteltävä ja niihin liittyvät järjestelmät, rakenteet ja*



*laitteet on luokiteltava niiden turvallisuusmerkityksen perusteella.*

*Turvallisuuden kannalta tärkeät järjestelmät, rakenteet ja laitteet on suunniteltava, valmistettava ja asennettava sekä niitä on käytettävä siten, että niiden laatu- ja laatutason todentamiseksi tarvittavat arvioinnit, tarkastukset ja testaukset, mukaan lukien ympäristökelpoisuus, ovat riittävät kohteen turvallisuusmerkitys huomioon ottaen.*

Turvallisuusluokitusta käytetään järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden suunnittelussa, valmistuksessa, asennuksessa, tarkastuksessa ja testauksessa tarvittavan laatu- ja laatutason todentamiseksi.

Turvallisuustoimintoihin liittyvät järjestelmät, rakenteet ja laitteet luokitellaan niiden turvallisuusmerkityksen perusteella. Turvallisuusluokittelu toimitetaan Säteilyturvakeskuksen hyväksyttäväksi ydinvoimalaitosyksikön rakentamislupaa haettaessa (ydinenergia-asetus 161/1988 35 §).

## **5 § Ikääntymisen hallinta**

*Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa ja rakentamisessa on varauduttava turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden ikääntymiseen. Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden kuntoa seuraamalla on varmistettava, että ne säilyvät käyttökuntoisina ja täyttävät suunnittelun perustana olevat vaatimukset. Niiden korvaaminen uudella tai samanlaisella tekniikalla sekä muutokset ja korjaukset on tehtävä suunnitelmallisesti.*

Uusi voimalaitosyksikkö suunnitellaan alusta lähtien vähintään 60 vuoden käyttöikä varten. Osa järjestelmästä, rakenteista ja laitteista suunnitellaan kestäväksi koko voimalaitosyksikön käyttöikä ja osa vaihdetaan uusiin aina tarpeen vaatiessa. Kaikkien turvallisuuteen vaikuttavien järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden kuntoa ja ikääntymistä seurataan systemaattisesti ennalta määriteltyjen ohjelmien mukaisesti. Ikääntyvien komponenttien korjaustyöt ja korvaaminen uusilla suunnitellaan ja suoritetaan suunnitelmallisesti.

## **6 § Inhimillisten tekijöiden hallinta**

*Inhimillisten virheiden välttämiseen, havaitsemiseen ja korjaamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota suunnittelun, rakentamisen, käytön ja kunnossapidon aikana. Virheiden mahdollisuus on otettava huomioon ydinvoimalaitoksen ja sen käyttö- ja kunnossapitotoiminnan suunnittelussa siten, että inhimilliset virheet ja niiden aiheuttamat poikkeamat laitoksen normaalista toiminnasta eivät vaaranna laitoksen turvallisuutta. Inhimillisten virheiden vaikutuksia on rajoitettava käyttäen turvalli-*

*suussuunnittelun eri keinoja, joita ovat syvyysuun-  
taisuus, moninkertaisuus, erilaisuus ja erottelu.*

Uuden voimalaitosyksikön suunnittelussa, rakentamisessa, käytössä ja kunnossapidossa pyritään siihen, että inhimillisiä virheitä ei pääsisi syntymään ja että inhimilliset virheet eivät aiheuttaisi turvallisuuteen vaikuttavia seurauksia. Rakentamisen aikana inhimillisiä virheitä pyritään välttämään töiden tarkan ennakkosuunnittelun, ohjeistuksen, valvonnan ja dokumentoinnin avulla. Rakennusprojektiin osallistuu eri maista olevia henkilöitä, joten kulttuurieroihin ja eri kielten puhumisesta aiheutuviin haasteisiin pyritään valmistautumaan mahdollisimman hyvin.

Voimalaitoksen käytön aikana suuri merkitys inhimillisten virheiden välttämiseksi on käyttöohjeilla sekä häiriö- ja hätätilanteiden selvitysohjeilla, joilla pyritään varmistamaan oikeat toimintatavat kaikissa tilanteissa. Käyttöhenkilökuntaa koulutetaan säännöllisesti häiriötilanteiden selvittämiseen ja osaamista testataan säännöllisesti kokeilla. Kunnossapitotyöt suunnitellaan ja toteutetaan suunnitelmallisesti tarkkoja ohjemenettelyjä noudattaen.

Voimalaitoksen vuosihulloissa käytetään vuosittain muutamien viikkojen ajan runsaasti ulkopuolista työvoimaa. Kaikilta tilapäisestikin työskenteleviltä henkilöiltä edellytetään voimassa olevaa työturvallisuuskorttia sekä osallistumista tulokoulutukseen, jossa opetetaan muun muassa säteilysuojeluun ja työohjemenettelyihin liittyviä asioita.

## **Säteilyaltistuksen ja radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittaminen (VNA luku 3)**

### **7 § Ydinvoimalaitoksen työntekijöiden säteilyturvallisuus**

*Ydinvoimalaitoksen työntekijöiden työssään saama säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Ydinvoimalaitosten suunnittelu ja käyttö on toteutettava siten, että työntekijöiden säteilyaltistusta voidaan rajoittaa siten kuin säteilylaissa (592/1991) ja säteilyasetuksessa (1512/1991) säädetään.*

Uuden voimalaitosyksikön suunnittelussa otetaan huomioon tämän liitteen kohdassa 2.4 kuvattu yleinen periaate, jonka mukaan työntekijöiden säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista.

Voimalaitosyksikön käytön aikana säteilynsuojelutoiminnan tavoitteena on tarpeettoman säteilyaltistuksen välttäminen. Säteilynsuojaus suunnitellaan siten, että säteilyannoksia saavien henkilöiden lukumäärä on mahdollisimman pieni ja että saadut yksilöannokset jäävät selvästi alle annosrajojen kaikissa tilanteissa.



Vuosittaisessa polttoaineenvaihtoseisokissa tehtävillä huolto- ja korjaustöillä varmistetaan voimalaitoksen turvallisuus tulevalle käyttöjaksolle.

Loviisan voimalaitoksen nykyisillään yksiköillä käytössä oleva työntekijöiden vuotuinen säteilyannosraja on alempi kuin säteilyasetuksessa (1512/1991) määrätty raja.

#### 8 § Normaalikäytön raja-arvo

*Ydinvoimalaitoksen normaalista käytöstä väestön yksilön saaman vuosiannoksen raja-arvo on 0,1 millisieverttiä (mSv). Raja-arvon perusteella Säteilyturvakeskus vahvistaa radioaktiivisten aineiden päästörajat ydinvoimalaitoksen normaalille käytölle.*

Raja-arvon perusteella määritellään radioaktiivisten aineiden päästörajat kaasumaisten aineiden päästölle, nestemäisten aineiden päästölle ja kiinteiden aineiden kulkeutumiselle. Päästörajat kirjataan voimalaitosyksikön turvallisuustekniisiin käyttöehtoihin.

Loviisan voimalaitoksen nykyisten yksiköiden ja uuden yksikön vuoden mittaisesta normaalista käytöstä väestön yksilölle aiheutuva annositouma jää selvästi alle 0,1 mSv:n.

#### 9 § Odotettavissa olevan käyttöhäiriön raja-arvo

*Odotettavissa olevan käyttöhäiriön seurauksena väestön yksilön saaman vuosiannoksen raja-arvo on 0,1 mSv.*

Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt eivät aiheuta normaalitoiminnasta poikkeavia radioaktiivisten aineiden päästöjä.

#### 10 § Onnettomuuden raja-arvot

*Oletetun onnettomuuden ja oletetun onnettomuuden laajennuksen seurauksena ei saa olla niin suuria radioaktiivisten aineiden päästöjä, että laitoksen ympäristössä jouduttaisiin turvautumaan laajoihin toimenpiteisiin väestön säteilyaltistuksen rajoittamiseksi.*

*Onnettomuuden seurauksena väestön yksilön saaman vuosiannoksen raja-arvo on:*

- *luokan 1 oletetuille onnettomuuksille 1 mSv*
- *luokan 2 oletetuille onnettomuuksille 5 mSv*
- *oletetun onnettomuuden laajennukselle 20 mSv.*

*Vakavasta reaktorionnettomuudesta aiheutuvan radioaktiivisten aineiden päästön raja-arvo on päästö, josta ei aiheudu ydinvoimalaitoksen ympäristön väestölle välittömiä terveyshaittoja eikä pitkäaikaisia rajoituksia laajojen maa- ja vesialueiden käytölle.*

*Pitkäaikaisvaikutuksia koskeva vaatimus täyt-*

*tyy, jos mahdollisuus, että vakavan reaktorionnettomuuden yhteydessä ulkoilmaan vapautuva cesium-137-päästö ylittää arvon 100 terabecquereliä (TBq), on erittäin pieni.*

Samaan aikaan tämän hakemuksen kanssa toimitetaan Säteilyturvakeskukselle yhteenveto kunkin hakemuksessa esitetyn laitostaihtoehdon turvallisuusanalyysistä, jotka laitostaihtoehdokkaat ovat tehneet. Turvallisuusanalyysit osoittavat, että kaikki laitostaihtoehdot pystyvät täyttämään määräyksissä esitetyt onnettomuustilanteita koskevat vaatimukset.

Turvallisuusanalyysit ovat mukana kaikissa ydinlaitoksen lupavaiheissa. Rakentamislupaa haettaessa toimitetaan Säteilyturvakeskukselle alustava turvallisuusseloste ja käyttö lupaa haettaessa lopullinen turvallisuusseloste. Sekä alustavassa että lopullisessa turvallisuusselosteessa on esitetty ydinlaitosta koskevien turvallisuusanalyysien tulokset. Lopullista turvallisuusselostetta pidetään ajan tasalla koko ydinlaitoksen käyttöänsä ajan.

## **Ydinturvallisuus (VNA luku 4)**

### **11 § Ydinvoimalaitoksen sijoituspaikka**

*Ydinvoimalaitoksen sijoituspaikan valinnassa on otettava huomioon paikallisten olosuhteiden vaikutus turvallisuuteen sekä turva- ja valmiusjärjestelyt. Sijoituspaikan on oltava sellainen, että laitoksen ympäristölleen aiheuttamat haitat ja uhat ovat hyvin pienet ja laitoksen lämmönpoisto ympäristöön voidaan toteuttaa luotettavasti.*

Uusi voimalaitosyksikkö sijoitetaan Loviisan voimalaitoksen alueelle kahden nykyisen voimalaitosyksikön lähelle. Uusi voimalaitosyksikkö otetaan Loviisan voimalaitoksen turva- ja valmiusjärjestelyiden piiriin.

Hakemuksen liitteessä 11 on tarkempi selvitys sijaintipaikan sopivuudesta tarkoitukseensa.

### **12 § Onnettomuuksien ennalta ehkäiseminen ja seurausten lieventäminen**

*Käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien ehkäisemiseksi ja niiden seurausten lieventämiseksi on noudatettava toiminnallista syvyysuuntaista turvallisuusperiaatetta siten kuin tässä pykälässä säädetään.*

*Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa, rakentamisessa ja käyttötoiminnassa on käytettävä koeteltua tai muutoin huolella tutkittua, korkealaatuista tekniikkaa. Luvanhaltijan organisaation toimintaa järjestettäessä on pyrittävä varmistamaan, että häiriöt ja onnettomuudet ehkäistään luotettavasti (ennalta ehkäiseminen).*

*Ydinvoimalaitoksessa on oltava järjestelmät, joi-*

*den avulla voidaan nopeasti ja luotettavasti havaita käyttöhäiriöt ja onnettomuustilanteet ja estää tilanteen kehittyminen vakavammaksi. Suuriin radioaktiivisten aineiden päästöihin johtavien onnettomuuksien on oltava erittäin epätodennäköisiä (käyttöhäiriöiden ja onnettomuustilanteiden hallinta).*

*Onnettomuuden seurauksien lieventämiseen on varauduttava tehokkain teknisin ja hallinnollisin järjestelyin. Vastatoimenpiteet onnettomuuden saamiseksi hallintaan ja säteilyhaittojen ehkäisemiseksi on suunniteltava ennalta (seurausten lieventäminen).*

Syvyysuuntaisen turvallisuusperiaatteen toteuttaminen on hyvin keskeisessä asemassa uuden voimalaitosyksikön suunnittelussa. Syvyysuuntaisen turvallisuusperiaate on selostettu aiemmin tässä hakemuksen liitteessä. Suunnittelussa otetaan huomioon sekä toiminnallinen että rakenteellinen syvyysuuntaisen turvallisuusperiaate.

### **13 § Radioaktiivisten aineiden leviämisen tekniset esteet**

*Radioaktiivisten aineiden leviämisen estämiseksi on noudatettava rakenteellista syvyysuuntaista turvallisuusperiaatetta siten kuin tässä pykälässä säädetään.*

*Radioaktiivisten aineiden leviäminen ydinreaktorin polttoaineesta ympäristöön on estettävä peräkkäisillä esteillä, joita ovat polttoaine ja sen suoja kuori, ydinreaktorin jäähdytyspiiri (primääripiiri) ja suojarakennus.*

*Polttoaine, reaktori, reaktorin primääripiiri ja painevesireaktorin sekundääripiiri, niiden vesikemia, suojarakennus sekä turvallisuustoiminnot on suunniteltava siten, että seuraavat turvallisuustavoitteet toteutuvat:*

- 1. Polttoaineen eheyden varmistamiseksi*
  - polttoaineaurion todennäköisyyden on oltava pieni normaaleissa käyttötilanteissa ja odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä*
  - oletetuissa onnettomuuksissa polttoaineaurioiden määrän on pysyttävä pienenä eikä polttoaineen jäähdytettävyyden saa vaarantua*
  - kriittisyysonnettomuuden mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.*
- 2. Primääri- ja sekundääripiirin eheyden varmistamiseksi*
  - ydinvoimalaitoksen primääripiiri on suunniteltava ja valmistettava korkeita laatuvaatimuksia noudattaen siten, että rakenteissa esiintyvien haitallisten vikojen ja niiden eheyttä uhkaavien mekanismien todennäköi-*



*syys on erittäin pieni ja mahdollisesti esiintyvät viat pystytään havaitsemaan luotettavasti tarkastusten avulla*

- *ydinvoimalaitoksen primääripiirin on kestävä normaaleissa käyttötilanteissa, odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä, oletetuissa onnettomuuksissa ja oletettujen onnettomuuksien laajenuksissa syntyvät rasitukset riittäväillä marginaaleilla*
- *ydinvoimalaitoksen 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*
- *vuotojen havaitsemiseksi laitos on varustettava riittäväillä valvontajärjestelmillä.*

### 3. Suojarakennuksen eheyden varmistamiseksi

- *suojarakennus on suunniteltava siten, että se säilyttää tiiviytensä odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä sekä suurella varmuudella kaikissa onnettomuustilanteissa*
- *suojarakennuksen suunnittelussa on otettava huomioon onnettomuuden seurauksena syntyvät paine-, säteily- ja lämpökuormat, palavat kaasut, heitteet sekä lyhytkestoiset korkean energian ilmiö*
- *reaktoripainesäiliön rikkoutumisen mahdollisuus vakavassa reaktorionnettomuudessa siten, että suojarakennuksen tiiviys vaarantuisi, on oltava erittäin pieni.*

*Ydinvoimalaitos on varustettava järjestelmillä, jotka varmistavat vakavassa reaktorionnettomuudessa muodostuvan sydänsulan vakauttamisen ja jäähdyttämisen. Sydänsulan suora vuorovaikutus suojarakennuksen kantavan rakenteen kanssa on luotettavasti estettävä.*

Ydinreaktorin polttoaineena käytettävä uraani on keraamisessa olomuodossa uranidioksidista valmistettuina pelletteinä. Ne ovat kaasutiiviissä metallisissa polttoainesauvoissa, jotka on koottu polttoainenipuksi. Reaktorin sydän sisältää satoja polttoainenippuja. Polttoaineen eheyden varmistamiseksi käytetään useita keinoja. Polttoaine itsessään on kohtuullisen kestävässä ja heikosti veteen liukevassa olomuodossa. Polttoainenippujen valmistaminen suoritetaan erittäin huolellisesti ja tiukkoja laadunvalvontanormeja noudattaen. Polttoaineen tehotasolle ja palamalle käytetään Säteilyturvakeskuksen määrittämiä rajoja. Voimalaitosyksikön suunnittelussa on huomioitu se, että oletetuissa onnettomuustilanteissakaan polttoaineen lämpötila ei pääse

nousemaan sallittuja rajoja korkeammaksi. Polttoaineen jälkilämmön poistaminen on yksi keskeisistä ydinvoimalaitosten turvafunktioista, ja uusi voimalaitosyksikkö varustetaan turvallisuusjärjestelmillä, joilla jälkilämpö saadaan poistettua reaktorista varmasti ja turvallisesti.

Uusi voimalaitosyksikkö on fysikaalisilta perusominaisuuksiltaan sellainen, että reaktorin teho alenee, jos jäähdytevirtaus vähenee tai jäähdytteen ja polttoaineen lämpötilat nousevat. Reaktorin hätäpysäytys tehdään tarvittaessa säätösauvoilla. Uusi yksikkö varustetaan myös hätäboorausjärjestelmällä, jolla reaktori voidaan pysäyttää, vaikka säätösauvat eivät toimisi. Kriittisysonnettomuuden mahdollisuus on hyvin pieni.

Reaktorin jäähdytyspiiri eli primääripiiri ja painevesilaitosvaihtoehdoissa oleva sekundääripiiri ovat käytön aikana korkeassa paineessa ja lämpötilassa. Niihin kuuluvat rakenteet suunnitellaan hyvin kestäviksi. Niiden valmistaminen suoritetaan hyvin tiukan laadunvalvonnan alaisena ja niiden kuntoa seurataan systemaattisesti koko niiden käyttöajan. Primääri- ja sekundääripiirien suunnittelussa on otettu huomioon oletetut käyttöhäiriöt ja onnettomuudet, joihin voi liittyä paineen ja lämpötilan muutoksia. Primääri- ja sekundääripiirit on varustettu varoventtiileillä, jotka avautuvat automaattisesti painetason noustessa riittävän korkeaksi, mikä estää piirien rikkoutumisen korkean paineen vuoksi. Uusi voimalaitosyksikkö varustetaan riittäväillä vuotojen havaitsemisjärjestelmillä. Painevesilaitosvaihtoehtojen tapauksessa myös primääri- ja sekundääripiirien välisten vuotojen havaitsemiseksi on olemassa riittävät järjestelmät.

Uudessa voimalaitosyksikössä on tiivis ja ylipainetta kestävä suojarakennus, joka pitää onnettomuustilanteissa mahdollisesti vapautuvat radioaktiiviset aineet sisällään. Suojarakennus on mitoitettu kestämään tietyissä oletetuissa onnettomuustilanteissa tapahtuva nopea paineen nousu, ja lisäksi suojarakennuksessa on järjestelmiä, joilla suojarakennuksen sisäpuolista painetta ja lämpötilaa pystytään alentamaan. Suojarakennuksen sisäpuolella olevat, onnettomuustilanteessa tarvittavat laitteet, järjestelmät ja kaapelit mitoitetaan ja/tai suojataan siten, että ne toimivat luotettavasti myös onnettomuustilanteissa, joihin voi liittyä korkeita lämpötiloja ja säteilytasoja sekä kosteutta. Vakavissa reaktorionnettomuuksissa suojarakennuksen tehtävänä on estää radioaktiivisten aineiden vapautuminen ympäristöön. Vakavissa onnettomuustilanteissa reaktorin kuumentuvien metallirakenteiden oksidoituessa vapautuu vetyä. Vedyn palaminen ja räjähtäminen estetään kiehutusvesilaitosvaihtoehdoissa inertoimalla suojarakennus normaalikäytön aikana typpikaasulla, jolloin



vedyn palamiseen tarvittavaa happea ei ole. Painevesilaitosvaihtoehdoissa vakavien onnettomuuksien vedynhallinta perustuu vedyn hallittuun poistamiseen katalyyttisesti tai mahdollisesti hallittuun polttamiseen jo ennen kuin vetytuloisuus nousee tasolle, jossa voimakkaat vetyräjähdykset voisivat olla mahdollisia. Suojarakennuksen suunnittelussa huomioidaan myös muut tapahtumat ja ilmiöt, jotka voivat uhata suojarakennuksen eheyttä.

Uusi voimalaitosyksikkö varustetaan järjestelmillä, joilla primääripiirin paine saadaan luotettavasti alennettua sellaisissa vakavissa onnettomuustilanteissa, joissa reaktorisydämen sulaminen näyttää väistämättömältä. Paineen alentamisella suojataan suojarakennuksen eheyttä välttämällä tilanne, jossa sulanut reaktorin sydän sulattaisi paineastian puhki ja purkautuisi suurella paineella suojarakennukseen. Reaktorisydämen sulamiseen johtavaa vakavaa onnettomuustilannetta varten uudessa laitossyksikössä on järjestelmiä, joilla estetään sulaneiden reaktorimateriaalien pääsy suojarakennuksen lattia-rakenteisiin saakka ja joilla hoidetaan niiden hallittu jäähdyttäminen (niin sanottu sydänsieppari).

Uusi voimalaitosyksikkö voidaan rakentaa sellaiseksi, että se tuottaa sähköä lisäksi myös kaukolämpöä. Kaukolämmön siirrossa käytettävä vesi on täysin erillään voimalaitosyksikön vesipiireistä, ja lämpö siirtyy kaukolämpöputken veteen lämmönvaihtimissa. Vaikka lämmönvaihtimeen tulisi vuoto, virtaisi vesi kaukolämpöputken suunnasta voimalaitosyksikön suuntaan, koska paine on kaukolämpöputken puolella korkeampi. Näin ollen radioaktiivisten aineiden pääsy kaukolämmön siirtoputkeen on äärimmäisen epätodennäköistä.

Eri laitosvaihtoehdot uudeksi voimalaitosyksiköksi ja niiden rakenteellisen turvallisuuden piirteitä on esitelty hakemuksen liitteessä 7.

## 14 § Turvallisuustoiminnot ja niiden varmistaminen

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

*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.*

*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 periaatteita, joilla varmistetaan turvallisuustoiminnon toteutuminen myös vikaantumistilanteissa. Näitä periaatteita ovat moninkertaisuus-, erottelu- ja erilaisuusperiaate. Tärkeimpien hallittuun tilaan siirtymiseksi ja siinä pysymiseksi tarvittavien järjestelmien on pystyttävä toteuttamaan tehtävänsä, vaikka mikä tahansa järjestelmän yksittäinen laite olisi käyttökunnon ja vaikka mikä tahansa toinen saman järjestelmän tai sen toiminnan kannalta välttämättömän tuki- tai apujärjestelmän laite olisi samanaikaisesti poissa käytöstä tarvitsemansa korjauksen tai huollon vuoksi.*

*Turvallisuusjärjestelmien yhteisvikojen vaikutusten laitoksen turvallisuuteen on oltava vähäisiä.*

*Ydinvoimalaitoksella on oltava ulkoinen ja sisäinen sähkötehon syöttöjärjestelmä. Turvallisuustoiminnot on voitava toteuttaa kumpaa tahansa sähkötehon syöttöjärjestelmää käyttämällä.*

*Vakavien reaktorionnettomuuksien hallitsemiseksi ja seuraamiseksi on suunniteltava järjestelmät, rakenteet ja laitteet, jotka ovat riippumattomia laitoksen käyttötilanteita ja oletettuja onnettomuuksia varten suunnitelluista järjestelmistä. Järjestelmien, joita tarvitaan suojarakennuksen tiiveyden varmistamiseksi vakavan reaktorionnettomuuden yhteydessä, on kyettävä suorittamaan turvallisuustoimintonsa myös yksittäisvikaantumisen sattuessa.*

*Laitos on suunniteltava siten, että se voidaan saattaa turvalliseen tilaan vakavan reaktorionnettomuuden jälkeen.*

Loviisan voimalaitoksen uusi voimalaitosyksikkö on tyyppiltään kevytvesireaktori, jossa reaktorin jäähdytys ja neutronien hidastaminen tapahtuvat veden avulla. Tällaisessa reaktorityypissä fysikaaliset takaisinkytkennät ovat negatiivisia eli reaktorin tehon noususta aiheutuva polttoaineen ja jäähdytteen lämpötilojen nousu johtavat reaktorin tehon pienenemiseen.

Uusi voimalaitosyksikkö varustetaan järjestelmillä, joilla reaktori pystytään pysäyttämään ja pitämään alikriittisenä sekä poistamaan sen tuottama jälkilämpö. Järjestelmillä varmistetaan se, että mahdollisessa onnettomuustilanteessa reaktorista ja sen jäähdytyspiiristä vapautuneet radioaktiiviset aineet saadaan pidettyä sen suojarakennuksen sisäpuolella. Voimalaitosyksikössä on ulkoinen ja sisäinen sähkötehon syöttöjärjestelmä, joista kummalla tahansa voidaan syöttää tehoa turvallisuusjärjestelmiin. Passiiviset turvallisuusjärjestelmät, joita laitosvaihtoehdoissa on aktiivisten järjestelmien lisäksi, eivät tarvitse sähkötehoa toimiakseen.

Turvallisuusjärjestelmät toteutetaan rinnakkais-

erilaisuus- ja erotteluperiaatteita noudattaen. Rinnakkaisperiaatteella tarkoitetaan sitä, että turvallisuusjärjestelmässä on riittävän monta rinnakkais-osa järjestelmää, jolla varmistutaan siitä, että kyseinen turvallisuusjärjestelmä suorittaisi tehtävänsä, vaikka jotkut sen osajärjestelmistä eivät toimisikaan. Esimerkiksi jos reaktorin hätäjähdytysveden syöttö pystytään takaamaan kahdella pumpulla, yksikössä voidaan käyttää rinnakkain neljää pumpua, jolloin hätäjähdytys onnistuu vaikka yksi pumpuista on huollettavana ja yksi on vikaantunut. Erilaisuusperiaatteella tarkoitetaan sitä, että tietyn turvallisuusstoiminnon suorittamiseksi voimalaitosyksikkö on varustettu eri periaatteilla toimivilla järjestelmillä. Esimerkiksi reaktorin pysäyttäminen voidaan suorittaa joko säätösauvoilla, jotka työnnetään reaktorin sisään, tai syöttämällä hyvin booripitoista vettä reaktoriin. Kumpi tahansa näistä keinoista riittää yksinään pysäyttämään reaktorin. Erotteluperiaate tarkoittaa sitä, että eri turvallisuusjärjestelmät (ja järjestelmien erilliset osajärjestelmät) erotetaan toisistaan siten, että niiden vioittuminen samasta syystä (esimerkiksi jonkin tilan tulipalon johdosta) voidaan estää.

Tarkasteltavissa laitosvaihtoehdoissa on myös passiivisia turvallisuusjärjestelmiä, jotka käynnistyvät ja toimivat itsestään ilman operaattorien tai automaatiojärjestelmien ohjausta. Passiivisissa järjestelmissä ei ole pumppuja tai muita aktiivisesti toimivia osia, eivätkä ne siten vaadi sähköä toimiakseen. Passiivisten ja aktiivisten turvallisuusjärjestelmien käyttäminen rinnakkain saman toiminnon varmistamiseen on hyvä esimerkki erilaisuusperiaatteen noudattamisesta.

Voimalaitosyksikköön rakennetaan muista järjestelmistä riippumattomat vakavien reaktorionnettomuuksien hallinta- ja seurantajärjestelmät, joita ei käytetä tai tarvita muissa käyttötilanteissa. Ne tehdään rinnakkaisperiaatetta noudattaen siten, että vaikka yksi osa järjestelmästä vikaantuisi, käytettävissä olevilla osilla voidaan taata kyseessä oleva turvallisuusstoiminto.

### 15 § Polttoaineen käsittely ja varastointi

*Polttoaineen käsittelyssä ja varastoinnissa on turvattava sen riittävä jäähdytys ja säteilysuojaus. Suojakuoren vaurioituminen käsittelyn ja varastoinnin aikana on estettävä suurella varmuudella. Kriittisysonnettomuuden mahdollisuuden on oltava erittäin pieni. Polttoaineen varastointiolosuhteet on pidettävä sellaisina, ettei polttoainepun tiivisy tai mekaaninen kestävyys olennaisesti heikkene suunniteltuna varastointiaikana.*

Uuden voimalaitosyksikön polttoaineen käsittely

ja varastointi suoritetaan määräysten mukaisella tavalla. Tuore polttoaine ei vaadi säteilysuojasta eikä jäähdytystä, joten sen käsittelyssä oleelliset asiat ovat kriittisyyden estäminen ja polttoainepunujen pitäminen fyysisesti ehjinä. Reaktorista käytön jälkeen poistettavat polttoainepunat säteilevät voimakkaasti ja tuottavat jälkilämpöä, joten niitä säilytetään syvissä vesialtaissa tai ilmajäähdytteisessä varastossa olevissa telineissä jopa kymmeniä vuosia ennen loppusijoitusta. Polttoainepunujen säilytystelineiden rakennemateriaali sisältää neutroneja absorboivaa ainetta, mikä estää polttoaineen kriittisyyden.

Uuden voimalaitosyksikön ydinpolttoainehuoltoa on kuvattu tuoreen polttoaineen osalta hakemuksen liitteessä 13.

### 16 § Radioaktiivisten jätteiden käsittely ja varastointi

*Ydinvoimalaitoksen käytössä syntyvät jätteet, joiden aktiivisuuspitoisuudet ylittävät Säteilysuojakeskuksen asettamat raja-arvot, on käsiteltävä radioaktiivisena jätteenä. Jätteet on lajiteltava, luokiteltava ja käsiteltävä varastoinnin ja loppusijoituksen kannalta tarkoituksenmukaisella tavalla sekä varastoitava turvallisesti.*

Uuden voimalaitosyksikön radioaktiiviset jätteet lajitellaan, luokitellaan, käsitellään, varastoidaan ja loppusijoitetaan turvallisesti ja tarkoituksenmukaisesti. Nykyisten voimalaitosyksiköiden vähä- ja keskiaktiiviset jätteet loppusijoitetaan laitosalueen alapuolelle noin 100 metrin syvyyteen kallioon louhituihin tiloihin. Fortum Power and Heat Oy:n yhdessä Teollisuuden Voima Oyj:n kanssa omistama Posiva Oy huolehtii Loviisan voimalaitoksen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamisesta Olkiluotoon rakennettavaan loppusijoitustilaan.

Uuden voimalaitosyksikön ydinjätehuolto on kuvattu tarkemmin hakemuksen liitteessä 14.

### 17 § Suojautuminen ulkoisilta tapahtumilta

*Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa on otettava huomioon ulkoiset tapahtumat, jotka voivat uhata turvallisuusstoimintoja. Järjestelmät, rakenteet ja laitteet on suunniteltava, sijoitettava ja suojattava siten, että ulkoisten tapahtumien vaikutukset laitoksen turvallisuuteen ovat vähäisiä. Ulkoisina tapahtumina on otettava huomioon ainakin poikkeukselliset sääolosuhteet, seismiset ilmiöt ja muut ympäristöstä tai ihmisen toiminnasta johtuvat tekijät. Suunnittelussa on otettava huomioon myös lainvas- taiset toimet laitoksen vahingoittamiseksi sekä suuren liikennelentokoneen törmäys.*

Uuden voimalaitosyksikön suunnittelussa otetaan

huomioon ulkoiset luonnonilmiöt ja muut tapahtumat siten, että ne eivät estä yksikön turvallisuustoimintojen toteuttamista. Tällaisia luonnonilmiöitä ja muita tapahtumia ovat muun muassa maanjäristykset, merenpinnan nousu, jäätyminen, salamet ja voimakkaat tuulet sekä Suomenlahdella tapahtuva öljyonnettomuus. Suuren liikennelentokoneen törmäys otetaan huomioon suunnittelussa siten, että se ei estä voimalaitosyksikön hallittuun alasajoon tarvittavien turvallisuustoimintojen toteuttamista. Lentokonetörmäyksiä analysoidaan sekä laskennallisesti että kokeellisesti. Suomessa lentokonetörmäyksiä simuloivia kokeita tekee Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) kansallisen ydinturvallisuuden tutkimusohjelman SAFIR2010:n puitteissa.

### 18 § Suojautuminen sisäisiltä tapahtumilta

*Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa on otettava huomioon sisäiset tapahtumat, jotka voivat uhata turvallisuustoimintoja. Järjestelmät, rakenteet ja laitteet on suunniteltava, sijoitettava ja suojattava siten, että sisäisten tapahtumien todennäköisyydet ovat pieniä ja vaikutukset laitoksen turvallisuuteen vähäisiä. Sisäisinä tapahtumina on otettava huomioon ainakin tulipalot, tulvat, räjähdykset, putkikatkot, säiliöiden rikkoutumiset, raskaiden esineiden putoamiset sekä räjähdykset ja laitteiden rikkoutumiset.*

Uuden voimalaitosyksikön suunnittelussa otetaan huomioon yksikön sisäiset tapahtumat, jotka voivat uhata turvallisuustoimintojen toteutumista. Yksi tärkeimmistä tähän liittyvistä suunnitteluperiaatteista on eri järjestelmien ja osajärjestelmien fyysinen erottelu, millä huolehditaan siitä, että yksittäinen tapahtuma ei voi tehdä käyttökelvottomaksi kaikkia tiettyyn turvallisuustoimintoon liittyviä laitteita tai järjestelmiä.

### 19 § Ydinvoimalaitoksen valvonta ja ohjaus

*Ydinvoimalaitoksen valvomossa on oltava laitteet, jotka antavat tiedon ydinreaktorin tilasta ja ilmaisevat, jos se poikkeaa normaalista. Ydinvoimalaitoksessa on oltava automaattiset järjestelmät, jotka käynnistävät turvallisuustoiminnot tarvittaessa sekä ohjaavat ja valvovat niiden toimintaa käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien aikana.*

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

*Ydinvoimalaitoksessa on oltava valvomosta riippumaton varavalvomo ja tarvittavat paikalliset ohjausjärjestelmät ydinreaktorin pysäyttämiseen ja*



Säteilysuojaus suunnitellaan siten että henkilöstön säteilyannokset jäävät pieniksi. Säteilyannoksia seurataan henkilökohtaisilla dosimetreillä.

*jähdyttämiseen sekä reaktorin ja laitoksella varastoituna olevan käytetyn polttoaineen jälkilämmön poistamiseen.*

Uuden voimalaitosyksikön valvomo varustetaan laitteilla, joista käyttöhenkilöstö näkee yksikön tilan niin normaaleissa kuin häiriötilanteissakin. Voimalaitosyksikössä on automaattiset järjestelmät, jotka käynnistävät ja ohjaavat turvallisuusjärjestelmiä häiriö- ja onnettomuustilanteissa. Automaattiset järjestelmät pystyvät onnettomuustilanteissa pitämään voimalaitosyksikön hallitussa tilassa niin pitkään, että käyttöhenkilöstö ehtii ohjeiden mukaisesti tunnistamaan tilanteen ja aloittamaan tarvittavat toimenpiteet. Osassa laitosvaihtoehdoista on myös täysin passiivisia turvallisuusjärjestelmiä, jotka alkavat toimia täysin itsenäisesti ilman mitään toimenpiteitä tai automatiikkaa. Voimalaitosyksikössä on erillinen varavalvomo, joka on fyysisesti erillään normaalisti käytettävästä valvomosta. Lisäksi voimalaitosyksikössä on paikallishoivausjärjestelmät, joiden avulla reaktori voidaan pysäyttää ja jähdyttää.

### 20 § Käytöstä poistaminen

*Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa on otettava huomioon laitoksen käytöstä poistaminen siten, että voidaan rajoittaa laitosta purettaessa kerty-*

*vän loppusijoitettavan jätteen määrää ja laitoksen purkamisesta aiheutuvaa työntekijöiden säteilyaltistusta sekä estää radioaktiivisten aineiden pääsy ympäristöön.*

Uuden voimalaitosyksikön suunnittelussa otetaan huomioon yksikön käytöstä poistaminen vaaditulla tavalla.

Uuden voimalaitosyksikön ydinjätehuoltoa kuvaavassa hakemuksen liitteessä 14 on selvitetty myös käytöstä poistamista. Ydinlaitoksen purkamissuunnitelman sisältävä selvitys liitetään ydinlaitoksen rakentamislupahakemukseen (ydinenergia-asetus 161/1988 32 §).

## **Ydinvoimalaitoksen rakentaminen ja käyttöönotto (VNA luku 5)**

### **21 § Rakentaminen**

*Ydinvoimalaitoksen rakentamisluvan haltijan on rakentamisen aikana huolehdittava siitä, että laitos rakennetaan ja toteutetaan hyväksytyjen suunnitelmien ja menettelyjen mukaisesti.*

*Luvanhaltijan on huolehdittava myös siitä, että laitostoimittaja ja turvallisuuden kannalta tärkeitä palveluja ja tuotteita tuottavat alihankkijat toimivat asianmukaisesti.*

Uusi voimalaitosyksikkö rakennetaan siten, että se täyttää lainsäädännön vaatimukset ja voimassa olevien viranomaisvaatimukset. Rakentamislupahakemuksessa esitetään toteutettava laitosvaihtoehto, toteutustapa, hankkeen laadunhallintatoimenpiteet sekä toteutusorganisaatio. Rakentamisprojektin toteuttamista valvotaan jatkuvasti sen aikana.

Rakentamisprojektissa noudatetaan tarkkaa ennakosuunnittelua, ohjeistusta, valvontaa ja dokumentointia. Rakentamisprojektiin osallistuvat urakoitsijat ja toimittajat valitaan huolellisesti, ja niiltä edellytetään korkeatasoista, laatusertifikaattien mukaista laadunvalvontaa. Hankkeen toteuttajana Fortum Power and Heat Oy laatii erillisen suunnitelman koko rakennusprojektin hallitsemiseksi ja organisoinniseksi. Rakennusprojektin valvontavaltuudet sekä vastuut hankkeelle asetettujen turvallisuus- ja muiden vaatimusten täyttymisestä määritellään Fortum Power and Heat Oy:n ja laitostoimittajan välisessä pääsopimuksessa. Hankkeen toteuttajalla eli Fortum Power and Heat Oy:llä on päävastuu koko hankkeen turvallisuusvaatimusten täyttämistä.

### **22 § Käyttöönotto**

*Ydinvoimalaitoksen käyttöönoton yhteydessä luvanhaltijan on varmistettava, että järjestelmät, rakenteet ja laitteet sekä laitos kokonaisuudessaan toimivat suunnitellulla tavalla.*

*Käyttöönottoaiheessa luvanhaltijan on huolehdittava siitä, että ydinvoimalaitoksen tulevaa käyttöä varten on olemassa tarkoituksenmukainen organisaatio, riittävästi ammattitaitoista henkilökuntaa ja käyttötarkoitukseensa soveltuva ohjeisto.*

Loviisan voimalaitoksen uuden voimalaitosyksikön käyttöönotto suoritetaan määräysten mukaisella tavalla. Käyttöönottoon liittyvät asiat käsitellään ydinlaitoksen käyttöluvan hakemisen yhteydessä.

## **Ydinvoimalaitoksen käyttö (VNA luku 6)**

### **23 § Käyttötoiminta**

*Ydinvoimalaitoksen valvomossa on oltava jatkuvasti riittävä määrä ohjaajia, jotka ovat tietoisia laitoksen, järjestelmien ja laitteiden tilasta. Ydinvoimalaitoksen ohjauksessa ja valvonnassa on käytettävä kirjallisia ohjeita, jotka vastaavat laitoksen kulloistakin rakennetta ja tilaa. Laitteiden huoltoa ja korjauksia varten on annettava kirjalliset määräykset ja niihin liitetyt ohjeet.*

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

*Ydinvoimalaitoksen käyttötoimenpiteet ja turvallisuuteen vaikuttavat tapahtumat on dokumentoitava siten, että ne ovat jälkikäteen analysoitavissa.*

Uuden yksikön valvomossa on riittävä määrä ohjaajia, jotka toimivat kattavan kirjallisen ohjeiston mukaan. Ohjeet kattavat sekä normaalit käyttötilanteet että häiriö- ja onnettomuustilanteiden tunnistamisen ja hallinnan. Ohjaajia koulutetaan jatkuvasti erillisen koulutussuunnitelman mukaisesti. Koulutus sisältää myös simulaattorikoulutusta. Kaikilla ohjaajilla on Säteilyturvakeskuksen myöntämä määräaikainen lupa toimia ohjaajina. Luvan myöntämiseen ja uusimiseen liittyy kirjallinen ja suullinen koe.

Voimalaitosyksikön laitteiden huolto- ja korjaustyöt suoritetaan aina noudattaen kirjallisia työ määräyksiä ja -ohjeita. Käyttötoimenpiteet ja tapahtumat tallennetaan mahdollista myöhempää analysointia varten.

### **24 § Käyttökokemukset ja turvallisuustutkimus**

*Ydinvoimalaitosten käyttökokemuksia on kerättävä ja turvallisuustutkimuksen tuloksia on seurattava ja niitä molempia on arvioitava tavoitteena parantaa turvallisuutta. Turvallisuuden kannalta merkittävät käyttötapahtumat on tutkittava perussyiden selvittämiseksi ja korjaavien toimenpiteiden määrittelemiseksi ja toteuttamiseksi. Turvallisuustutkimuksen esiin tuomat tekniset turvallisuusparannukset on otettava huomioon siinä määrin kuin se on ydinenergialain 7 a §:ssä säädettyjen periaatteiden mukaan perusteltua.*



Loviisan voimalaitoksen uuden voimalaitosyksikön turvallisuutta parannetaan sen käytön aikana muista ydinvoimalaitoksista saatujen käyttökokemusten ja turvallisuustutkimuksista saatujen tulosten perusteella. Omat käyttötapaukset raportoidaan ja muiden voimalaitosten käyttötapauksien raportointia seurataan. Vastaavaa menettelyä käytetään jatkuvasti Loviisan voimalaitoksen nykyisillä voimalaitosyksiköillä.

Fortumilla on käynnissä useita ydinvoimaan liittyviä tutkimus- ja kehitysohjelmia, jotka keskittyvät muun muassa lämpötekniseen ydinturvallisuuteen, materiaalitutkimukseen, ydinjätetutkimukseen, polttoaine- ja reaktorifysiikan tutkimukseen sekä voimalaitosten käyttöön ja ylläpitoon. Lisäksi Fortum osallistuu ulkopuolisiin tutkimusohjelmiin ja verkostoihin, joista esimerkkinä voidaan mainita kansallinen ydinturvallisuuden tutkimusohjelma SAFIR2010.

## 25 § Turvallisuustekniset käyttöehdot

*Ydinvoimalaitoksen turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa on esitettävä tekniset ja hallinnolliset vaatimukset, joilla varmistetaan laitoksen suunnitelluperusteiden ja turvallisuusanalyysien mukainen käyttö. Lisäksi turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa on esitettävä vaatimukset, joilla varmistetaan turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toimintakyky, sekä esitettävä rajoitukset, joita on noudatettava laitteiden vioittuessa. Laitosta on käytettävä näiden vaatimusten ja rajoitusten mukaisesti, ja niiden noudattamista on valvottava ja poikkeamista raportoitava.*

Uudelle voimalaitosyksikölle tehdään vaatimusten mukaiset turvallisuustekniset käyttöehdot. Alustava versio turvallisuusteknisistä käyttöehdoista toimitetaan Säteilyturvakeskukselle alustavan turvallisuusselosteen mukana rakentamislupaa haettaessa (ydinenergia-asetus 161/1988 35 §).

Turvallisuustekniset käyttöehdot toimitetaan Säteilyturvakeskukselle käyttö lupaa haettaessa (ydinenergia-asetus 161/1988 36 §).

## 26 § Kunnonvalvonta ja kunnossapito

*Ydinvoimalaitoksella on oltava kunnonvalvonta- ja kunnossapito-ohjelma järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden eheyden ja luotettavan toiminnan varmistamiseksi. Ohjelmassa on määriteltävä tarkastukset, koestukset, huollot ja vaihdot sekä muut menettelyt, joilla käyttö kuntoa ja käyttöympäristön vaikutuksia valvotaan.*

Uudelle voimalaitosyksikölle laaditaan määräysten mukaiset kunnonvalvonta- ja kunnossapito-ohjelmat. Määräaikaistarkastusten yhteenveto-ohjel-

ma toimitetaan Säteilyturvakeskukselle käyttö lupaa haettaessa (ydinenergia-asetus 161/1988 36 §).

## 27 § Säteilymittaukset ja radioaktiivisten aineiden päästöjen valvonta

*Ydinvoimalaitoksen huoneilojen säteilytasoja sekä huoneilman ja järjestelmissä olevien kaasujen ja nesteiden aktiivisuuspitoisuuksia on mitattava sekä radioaktiivisten aineiden päästöjä laitokselta valvottava ja pitoisuuksia ympäristössä tarkkailtava.*

Loviisan voimalaitoksen uuteen voimalaitosyksiköön rakennetaan vaatimusten mukaiset säteilytasojen, aktiivisuuspitoisuuksien ja päästöjen seurantaan käytettävät järjestelmät. Voimalaitoksen ympäristössä on olemassa kattava radioaktiivisten päästöjen havaitsemiseen käytettävä mittausverkosto.

## Organisaatio ja henkilöstö (VNA luku 7)

### 28 § Turvallisuuskulttuuri

*Ydinvoimalaitosta suunniteltaessa, rakennettaessa, käytettäessä ja käytöstä poistettaessa on ylläpidettävä hyvää turvallisuuskulttuuria. Kaikkien edellä mainittuun toimintaan osallistuvien organisaatioiden johdon on osoitettava päätöksillään ja toiminnallaan sitoutumisensa turvallisuutta edistäviin toimintatapoihin ja ratkaisuihin. Henkilöstöä on motivoitava vastuuntuntoiseen työskentelyyn ja työyhteisössä on edistettävä avointa ilmapiiriä, joka kannustaa turvallisuutta vaarantavien tekijöiden tunnistamiseen, raportointiin ja poistamiseen. Henkilöstöllä on oltava mahdollisuus osallistua turvallisuuden jatkuvaan kehittämiseen.*

Uuden voimalaitosyksikön suunnitteluun, rakentamiseen, käyttöön ja käytöstä poistamiseen osallistuvissa organisaatioissa noudatetaan hyvää turvallisuuskulttuuria. Erityistä huomiota kiinnitetään siihen, että tämä vaatimus täyttyy myös pitkissä alihankintaketjuissa.

### 29 § Turvallisuuden ja laadun hallinta

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

Turvallisuuden ja laadun hallinnan on katettava kaikki ydinvoimalaitoksen turvallisuuteen vaikuttavat toiminnot. Kunkin toiminnon osalta on tunnis-

tettava turvallisuuden kannalta merkittävät vaatimukset ja kuvattava suunnitellut toimenpiteet sen varmistamiseksi, että vaatimukset täytetään. Prosessien ja toimintatapojen on oltava järjestelmällisiä ja ohjeistettuja.

Turvallisuuden kannalta merkittävien poikkeamien tunnistamiseksi ja korjaamiseksi on oltava järjestelmälliset menettelytavat. Luvanhaltijan on sitoutettava ja veloitettava palveluksessaan oleva henkilöstö sekä toimittajat, alihankkijat ja muut turvallisuuteen vaikuttaviin toimintoihin osallistuvat yhteistyökumppanit turvallisuuden ja laadun järjestelmälliseen hallintaan.

Uuden voimalaitosyksikön suunnitteluun, rakentamiseen, käyttöön ja käytöstäpoistoon osallistuvat organisaatiot täyttävät turvallisuuden ja laadun hallintaan liittyvät määräykset. Erytystä huomiota kiinnitetään siihen, että nämä vaatimukset täyttyvät myös pitkissä alihankintaketjuissa.

Rakentamisen laadun hallintaa koskeva selvitys toimitetaan Säteilyturvakeskukselle rakentamislupaa haettaessa (ydinenergia-asetus 161/1988 36 §).

### **30 § Johtosuhteet, vastuut ja asiantuntemus**

*Ydinvoimalaitoksen organisaation johtosuhteet sekä henkilöiden tehtävät ja niihin liittyvät vastuut on*

*määriteltävä ja dokumentoitava. Organisaation toimintaa on jatkuvasti seurattava ja kehitettävä.*

*Turvallisuuden kannalta merkittävät tehtävät on nimettävä. Näissä tehtävissä toimivien henkilöiden ammattitaidon kehittämiseksi ja ylläpitämiseksi on laadittava koulutusohjelmat, ja tehtävissä tarvittavien tietojen riittävä hallinta on todennettava.*

*Organisaation käytettävissä on oltava laitoksen turvalliseen käyttöön, turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden kunnossapitoon ja onnettomuus-tilanteiden hallintaan tarvittava ammatillinen osaaminen ja tekninen tieto. Luvanhaltijalla on oltava vastuullisen johtajan tukena toimiva, muusta organisaatiosta riippumaton asiantuntijaryhmä, joka kokoontuu säännöllisesti käsittelemään turvallisuutta koskevia kysymyksiä ja antaa tarvittaessa niistä suosituksia.*

Uusi voimalaitosyksikkö tulee osaksi nykyistä Loviisan voimalaitosta, jossa on toimiva ja määräysten mukainen organisaatio. Pääpiirteinen selvitys uuden voimalaitosyksikön suunnitellusta käyttöorganisaatiosta esitetään rakentamislupahakemuksen liitteenä (ydinenergia-asetus 161/1988 32 §). Henkilökunnan tehtävät, toimivalta ja vastuut määritellään johtosäännössä, joka toimitetaan Säteilyturvakeskukselle käyttö lupaa haettaessa (ydinenergia-asetus 161/1988 36 §). ●

## Liitteen 8 tiivistelmä

### Selvitys noudatettavista turvallisuusperiaatteista

- Uusi ydinvoimalaitosyksikkö suunnitellaan ja rakennetaan niin, että ydinvoiman käyttö on turvallista, eikä siitä aiheudu vaaraa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle.
- Turvallisuus perustuu ensisijaisesti rakenteellisiin ratkaisuihin, joilla huolehditaan siitä, että radioaktiiviset päästöt pysyvät pieninä vakavankin onnettomuuden sattuessa.
- Vakavan reaktorionnettomuuden mahdollisuus on pienempi kuin kerran 100 000 vuodessa. Todennäköisyys sille, että tällainen tapahtuma johtaa päästörajat ylittävään päästöön on pienempi kuin kerran 2 000 000 vuodessa.
- Päästörajat on asetettu niin, että ne eivät vaaranna ihmisten terveyttä tai ympäristöä.
- Toisiaan täydentävät ja korvaavat turvajärjestelmät ovat erillään toisistaan, ja tärkeimmät varajärjestelmät sijaitsevat erillisissä rakennuksissa. Yksittäiset turvajärjestelmiin kuuluvat laitteet on lisäksi kahdennettu.
- Loviisan voimalaitos, kolmas voimalaitosyksikkö mukaan luettuna, saa aiheuttaa enintään 0,1 millisievertin (mSv) säteilyannoksen vuodessa eniten altistuvalla lähiympäristön asukkaalle, ja se koskee myös häiriötilanteita. Suomalaisten saama säteilyannos on keskimäärin 3,7 mSv vuodessa.
- Viranomaiset valvovat voimalaitoksen turvallisuutta jatkuvasti. Lisäksi tehdään riippumattomia kansainvälisiä turvallisuusarviointoja. Jos turvallisuusvaatimukset eivät täyty, viranomainen voi milloin tahansa pysäyttää ydinvoimalaitoksen.













## SISÄLTÖ

1 YLEISTÄ .....	86
2 SIJAITIPAIKAN OMISTUS- JA HALLINTASUHTEET .....	86

# LIITE 9

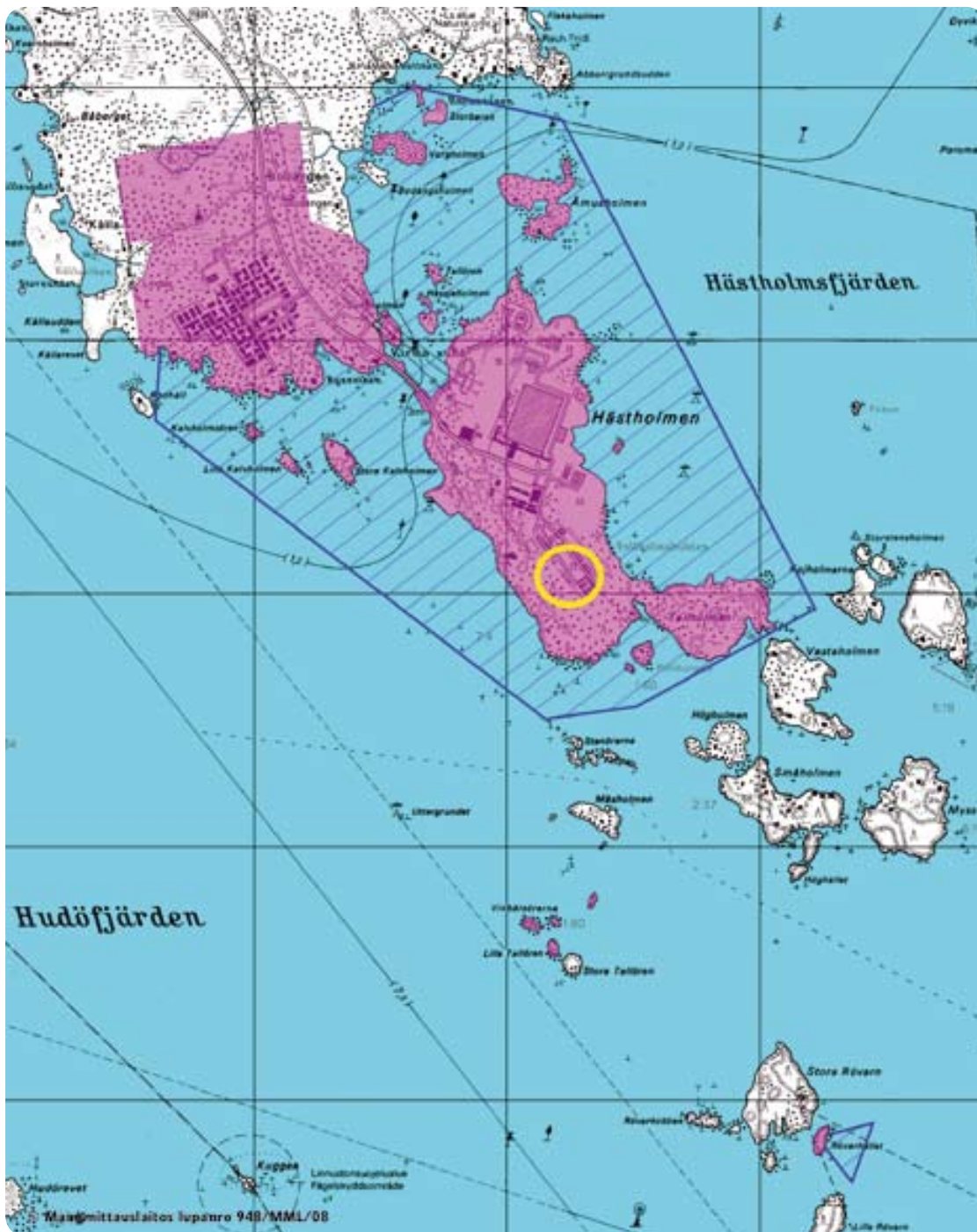
## Pääpiirteinen selvitys ydinlaitoksen suunnitellun sijaintipaikan omistus- ja hallintasuhteista

### 1 Yleistä

Uuden ydinvoimalaitosyksikön sijoituspaikka on Hästholmenin saarella, joka sijaitsee Itä-Uudellamaalla Loviisan kaupungin alueella noin 12 km Loviisan keskustasta ja noin 7 km Valkon taajamasta. Saarella sijaitsee hakijan omistama kahdesta voimalaitosyksiköstä koostuva Loviisan ydinvoimalaitos.

### 2 Sijaintipaikan omistus- ja hallintasuhteet

Fortum Power and Heat Oy omistaa Hästholmenin saaren ja mantereella saaren pohjoispuolella sijaitsevan niemen eteläkärjen. Yhteensä hakijan omistuksessa on noin 170 hehtaaria maata sekä lisäksi noin 240 hehtaaria vesialueita voimalaitoksen ympäristöstä. Hakijan omistamat alueet rajoittuvat Suomen valtion, Loviisan kaupungin ja yksityisten omistamiin maa- ja vesialueisiin. Arvioidut jäähdytysveden kauko-otto- ja kaukopurkupaikat sijaitsevat pääosin Loviisan kaupungin omistamilla vesialueilla. *Kuva 9-1* esittää hakijan omistamat maa- ja vesialueet Hästholmenilla ja sen läheisyydessä. ●



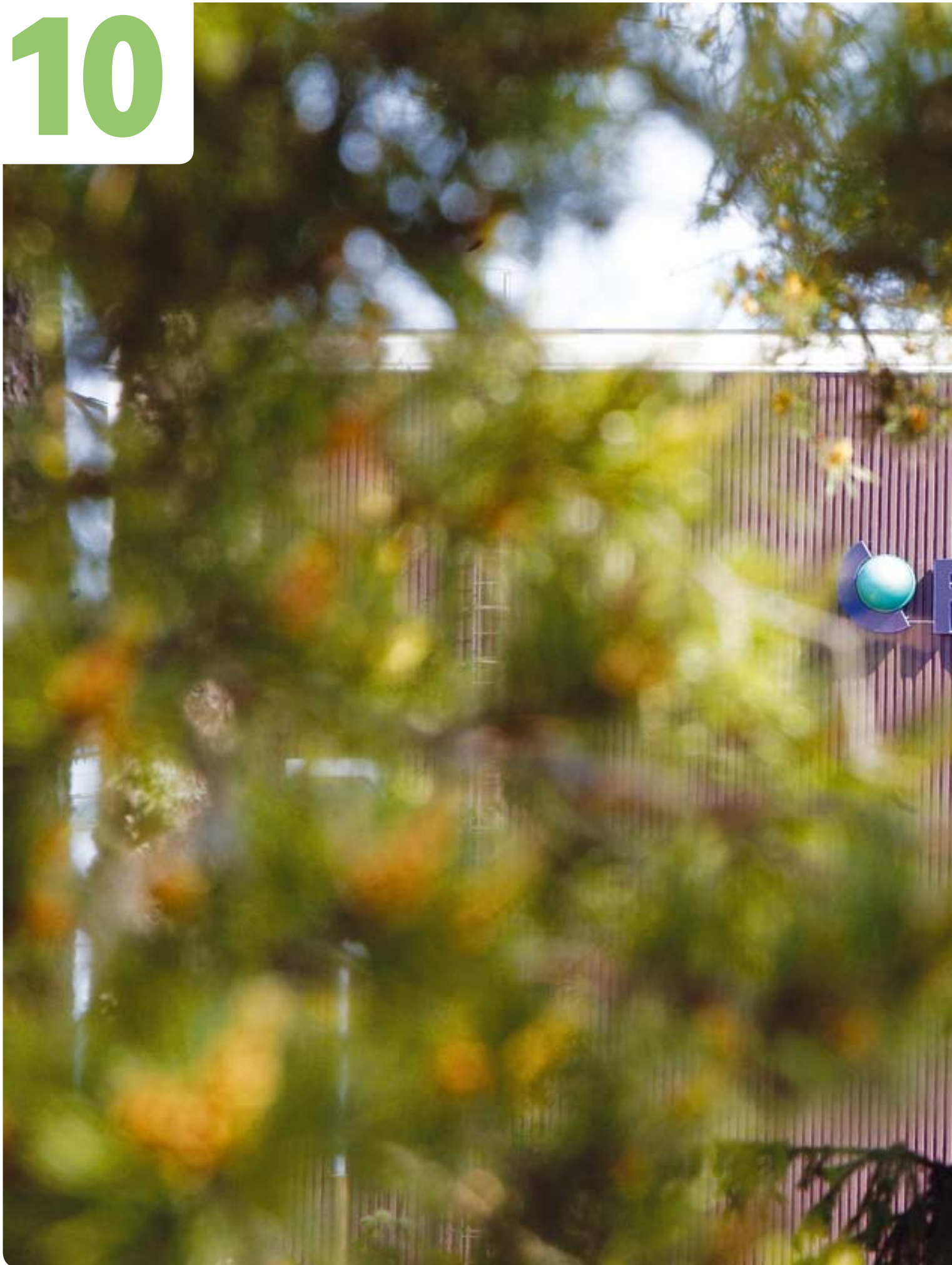
Kuva 9-1. Fortum Power and Heat Oy:n omistamat maa- ja vesialueet Hästholmenilla ja sen läheisyydessä. Uuden voimalaitosyksikön suunniteltu sijainti on kuvattu keltaisella ympyrällä.

## Liitteen 9 tiivistelmä

### Pääpiirteinen selvitys ydinlaitoksen suunnittelun sijaintipaikan omistus- ja hallintasuhteista

- Fortum Power and Heat Oy omistaa Loviisassa Loviisa 3 -hankkeen tarvitsemat maa- ja vesialueet.
- Hankkeen toteuttaminen ei muuta alueen maa- tai vesialueiden omistussuhteita, eikä edellytä mitään pakkolunastus- tai muita vastaavia toimenpiteitä.

10





The image shows a building facade with a vertical slat pattern. The word "Fortum" is written in a blue, 3D-style font on the left side of the facade. The foreground is filled with dense green foliage, including branches and leaves, which are slightly out of focus, creating a bokeh effect. The lighting is bright, suggesting a sunny day.

Fortum



## SISÄLTÖ

1 YLEISTÄ .....	90
2 ASUTUS JA MUUT TOIMINNOT .....	90
3 KAAVOITUS- JA MUUT JÄRJESTELYT .....	92
3.1 Maakunta- ja seutukaava .....	92
3.2 Rantaosayleiskaava .....	92
3.3 Asemakaava .....	94

# LIITE 10

## Selvitys ydinlaitoksen suunnitellun sijaintipaikan ja sen lähiympäristön asutuksesta ja muista toiminnoista sekä kaavoitusjärjestelyistä

### 1 Yleistä

Hästholmenin saaren kaavoituksessa on varauduttu uuden ydinvoimalaitoksen rakentamiseen. Osaa nykyisten voimalaitosyksiköiden tiloista, rakennelmista ja toiminnoista voidaan hyödyntää myös uuden voimalaitoksen tarpeisiin. Voimalaitokselle suunniteltu sijaintipaikka täyttää viranomaisten asettamat vaatimukset.

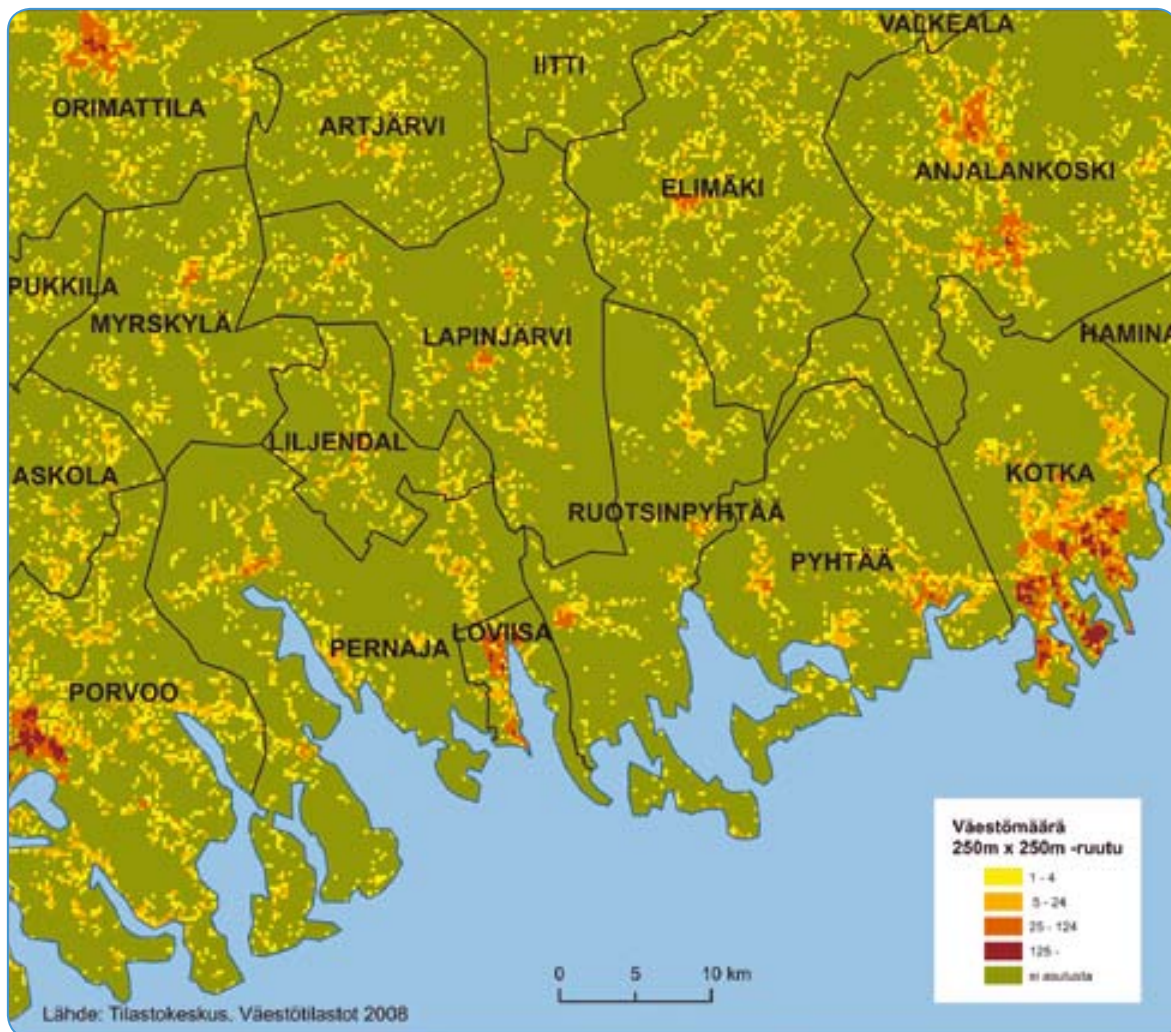
### 2 Asutus ja muut toiminnot

Uuden voimalaitosyksikön suunniteltu sijoituspaikka on Suomen etelärannikolla Loviisan kaupungissa sijaitsevalla Hästholmenin saarella hakijan kahden nykyisen voimalaitosyksikön eteläpuolella. Saarella sijaitsevat nykyiset voimalaitosyksiköt otettiin kaupalliseen käyttöön vuonna 1977 (Loviisa 1) ja vuonna 1981 (Loviisa 2). *Kuva 10-1* esittää väestömäärän Loviisan seudulla 250 m x 250 m ruuduissa.

Alle kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta ei ole vakituista asutusta. Noin kilometri voimalaitosalueesta luoteeseen sijaitsee Fortumin omistama majoitusalue, jossa on yhteensä 452 vuodepaikkaa ja 80 asuntovaunupaikkaa. Tätä aluetta käytetään pääasiassa voimalaitoksen vuosihuoltojen aikana tilapäisen työvoiman majoitukseen.

Alle viiden kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta asuu noin 40 henkilöä ympärivuotisesti. Lähin vakituinen asunto sijaitsee Bodängenissä hieman yli kilometrin etäisyydellä nykyisistä voimalaitosyksiköistä. Alueella sijaitsee vakituisen asutuksen lisäksi noin 400 loma-asuntoa ja asuu tilapäisesti hieman yli 1000 loma-asukasta. Lähimmät loma-asunnot sijaitsevat saarilla (Vastaholmen, Småholmen, Måsholmen, Högholmen, Myssholmen, Björkholmen ja Kojholmarna) Hästholmenin etelä- ja kaakkoispuolella. Nykyisistä voimalaitosyksiköistä lähimmät loma-asunnot sijaitsevat 1,3-2,2 km etäisyydellä. Uuteen voimalaitosyksiköön etäisyys tulee olemaan 0,7-1,6 km. Yhteensä vapaa-ajan asuntoja on näillä saarilla 34. Vuonna 2005 alueella harjoitti ammattimaista





Kuva 10-1. Väestömäärä 250 m x 250 m ruuduissa Loviisan seudulla.

kalastusta kaksi taloutta. Lisäksi noin 1 300 taloutta harrasti kotitarve- ja virkistyskalastusta.

Alle 20 km etäisyydellä asuu noin 12 600 henkilöä. Noin 12 km etäisyydellä laitosalueesta sijaitsee Loviisan kaupungin keskusta. Vuoden 2006 lopussa Loviisassa oli noin 7 400 asukasta. Muita taajamia ovat vajaan tuhannen asukkaan Tesjoki, Ruotsinpyhtään Ruukki ja Pyhtään kirkonkylä. Huomattavin loma-asutusvyöhyke alkaa Loviisanlahdesta ja jatkuu Vahterpäähän, Munapirttiin ja Koukkusaareen. Lisäksi Pernajan saaristossa on loma-asutusta.

Alle 100 km etäisyydellä voimalaitoksesta asuu noin 1,6 miljoonaa ihmistä, valtaosa pääkaupunkiseudulla. Muita suuria asutuskeskuksia ovat Lahti (noin 80 km), Kouvola (noin 60 km), Kotka (noin 35 km), Porvoo (noin 40 km), Hamina (noin 45 km) ja Kuusankoski (noin 60 km). Lisäksi alle 100 km etäisyydellä voimalaitoksesta on alueita Virossa ja Venäjältä.

Tällä hetkellä vahvoja ja vahvistuvia talouden toimialoja Loviisan seudulla ovat energia-ala, logistiikka ja kuljetus, veneenrakennus, mekaaninen puuteollisuus, elintarviketeollisuus sekä metalli- ja konepajateollisuus. Muita kehittyviä aloja ovat muun muassa satamaan liittyvät toiminnot, matkailu, hoiva- ja hyvinvointipalvelut sekä luovat toimialat.

Loviisan yritysraakenteen painopiste on pienessä ja keskisuudessa teollisuudessa, joka on keskittynyt valtatie 7 (E18) liittymään (Länsiportti) sekä Valkon sataman tuntumaan. Näillä alueilla on runsaasti vapaata kaavoitettua tonttimaata teollisuuden ja yritystoiminnan tarpeisiin. Lisäksi vahvistettavana oleva Loviisa-Tesjoki (LOTES) osayleiskaava luo runsaasti uutta teollisuusaluetta Atomitien jatkeen itäisen risteyskohdan läheisyyteen. Muissa alueen kunnissa yritysten keskimääräinen koko on Loviisan yrityksiä pienempi, mutta yritystoimipaikkoja on runsaasti ja

toimialajakauma monipuolinen.

Loviisan voimalaitosta lähinnä oleva maatila sijaitsee noin 5 km itään voimalaitokselta. Loviisan, Pernajan, Ruotsinpyhtään ja Pyhtään alueilla on vajaat 400 pelto- ja puutarhatilaa, joiden yhteenlaskettu peltopinta-ala on yli 15 000 hehtaaria. Tiloilla viljellään eniten viljakasveja, mutta myös vihanneksia ja juureksia kasvatetaan kaupallisesti. Alueella on myös kotieläintuotantoa. Alueen maataloustuotteista otetaan säännöllisesti näytteitä. Maaperässä, laidunruohossa, maidossa, puutarhatuotteissa, viljassa, lihassa tai talousvedessä ei ole havaittu Loviisan voimalaitokselta peräisin olevia radioaktiivisia aineita.

Uuden voimalaitosyksikön tarvitseman voimalinjan, raakavesiputken ja mahdollisen kaukolämpöputkitunnelin rakentamisen vaikutukset kohdistuvat lähinnä metsäalueille. Myös yksittäisiin peltoalueisiin kohdistuvat rakentamisesta johtuvat vaikutukset ovat mahdollisia. Uuden voimalaitosyksikön käyttö ei rajoita maa- tai metsätalouselinkeinojen harjoittamista.

Fortumin omistamalla alueella Hästholmenissa kasvatetaan altaissa kalanpoikasia hyödyntäen lämmintä jäähdytysvettä. Myös Fortumin alueiden välittömässä läheisyydessä Hästholmenin etelä- ja kaakkoispuolella sijaitsee kalankasvatusaltaita, jotka kylmänä vuodenaikana hyötyvät Loviisan voimalaitoksen lämpimästä jäähdytysvedestä. Seuraavaksi lähimmät kalanviljelylaitokset ovat vajaan 10 km etäisyydellä voimalaitoksen lounaispuolella.

Uuden voimalaitosyksikön rakentamisen vedenalaisten töiden aiheuttamalla veden väliaikaisella samentumisella voi olla tilapäinen vaikutus kalanviljelyyn. Uuden voimalaitosyksikön jäähdytysvesien lähipurkuvaihtoehto ja pohjoisimmat kaukopurkupaikkavaihtoehdot nostavat lämpötiloja tietyissä sääolosuhteissa Hästholmenin eteläpuolella. Kohonneet lämpötilat voivat heikentää kalanviljelylaitosten kesäajan toimintaedellytyksiä. Toisaalta kylmän ajan toimintaedellytykset voivat parantua. Lämpimien jäähdytysvesien vaikutus kalanviljelylaitosten toimintaan vähenee purkupaikan ja kalanviljelylaitoksen välisen etäisyyden kasvaessa.

### 3 Kaavoitus- ja muut järjestelyt

#### 3.1 Maakunta- ja seutukaava

Itä-Uudenmaan maakunta- ja seutukaavayhdistelmässä Hästholmenin saari sekä mantereen puoleinen tukialue on merkitty yhdyskuntateknisen huollon alueeksi. Kaava on hyväksytty 5.4.2002. Tämä yhdistelmäkaava korvautuu kuitenkin uudella maakuntakaavalla, kun se on vahvistettu ympäristömi-

nisteriössä. Itä-Uudenmaan liiton liittovaltuusto hyväksyi maakuntakaavan 12.11.2007. *Kuvassa 10-2* on esitetty ote maakuntakaavasta.

Uudessa maakuntakaavassa Hästholmenin saaren voimalaitosalue on osoitettu energiahuollon alueeksi, jolle voi rakentaa ydinvoimalaitoksen. Laitosalue ympäröi viiden kilometrin suuruinen maankäyttöä rajoittava suojavyöhyke, jolla on voimassa joitakin maankäytön rajoituksia. Suojavyöhykkeelle ei sijoiteta tiheää asutusta, kouluja, sairaaloita tai laitoksia, joissa käy tai oleskelee huomattavia ihmismääriä ja joista ihmisiä on vaikea nopeasti siirtää pois tai joiden toiminnan keskeytymisestä olisi yhteiskunnalle huomattavaa haittaa. Säteilyturvakeskuksen antamien ohjeiden mukaan suojavyöhykkeellä saa asua pysyvästi enintään noin 200 henkilöä.

Hästholmenin luoteispuolen alueet on osoitettu energiahuollon alueiksi. Hästholmenin itäpuolelle on kaavaan merkitty energiahuollon alue ja kaakkoispuolelle energiahuollon kohde. Nämä mahdollistavat jäähdytysveden otto- ja purkurakenteiden toteuttamisen.

Kaava mahdollistaa myös uuden tai merkittävästi parannellun voimajohdon rakentamisen voimalaitoksesta pohjoiseen. Laitosalueesta lounaaseen on kaavoitettu uusi laivaväylä sekä laiturialue. Voimalaitokselta pois johtavan Atomitien ja suunnitellun uuden moottoritien väliin on merkitty tieliikenteen yhteystarve. Atomitien varteen on myös merkitty tuulivoiman tuotantoon sopiva alue.

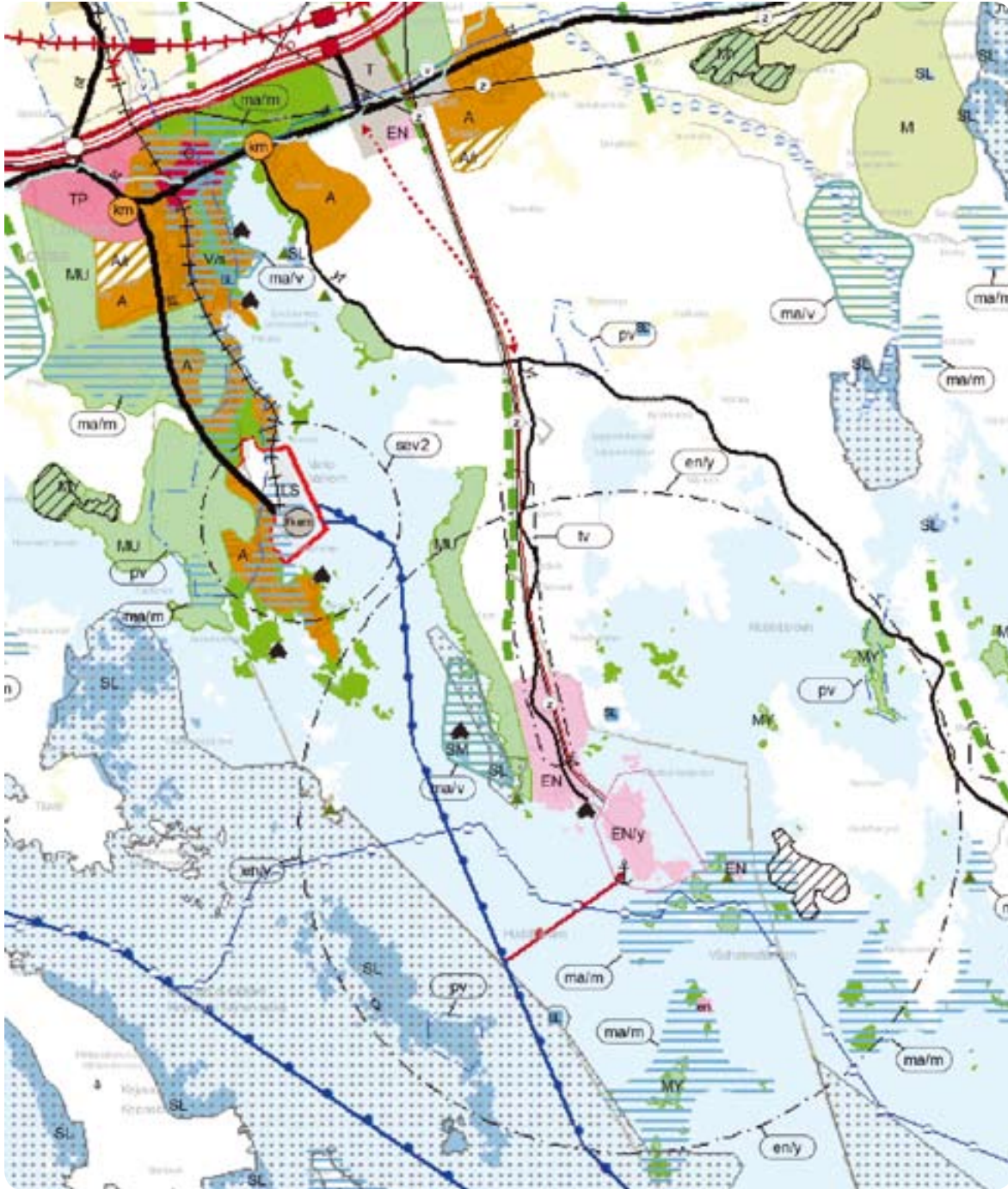
Luonnonsuojelualueeksi on merkitty Hästholmenista luoteeseen oleva saaristoalue sekä Hästholmenista lounaaseen sijaitseva Hudö ja Lilla Hudö pienine lähisaarineen. Lounaispuolella on myös laaja Natura 2000 -alue. Luoteispuolella on valtakunnallisesti merkittävä kulttuuriympäristön ja -maiseman vaalimisen kannalta tärkeä Svartholman linnoitus-saari pikkusaarineen.

#### 3.2 Rantaosayleiskaava

Hästholmenin alueella on voimassa Loviisan kaupunginvaltuuston hyväksymä rantaosayleiskaava vuodelta 1985 ja koko kaupungin käsittävä yleiskaava vuodelta 1987. Näillä kaavoilla ei ole nykyisen lainsäädännön mukaisia oikeusvaikutuksia. Yleiskaavassa Hästholmen on merkitty ydinvoimalaitoksen alueeksi ja Hästholmenin viereinen niemenkärki ydinvoimalaitoksen tukialueeksi.

Loviisan kaupunginvaltuusto on 10.12.2008 hyväksynyt uuden rantaosayleiskaavan, joka käsittää Loviisan lahden itärannan ja kaupungin alueeseen kuuluvan lahden eteläpuolisen saariston Hästholmen mukaan lukien. Tässä rantaosayleiskaavassa Hästholmen on merkitty energiahuollon alueeksi, jolle voidaan rakentaa uusi laivaväylä, ja jonka sisälle rajatulle alu-



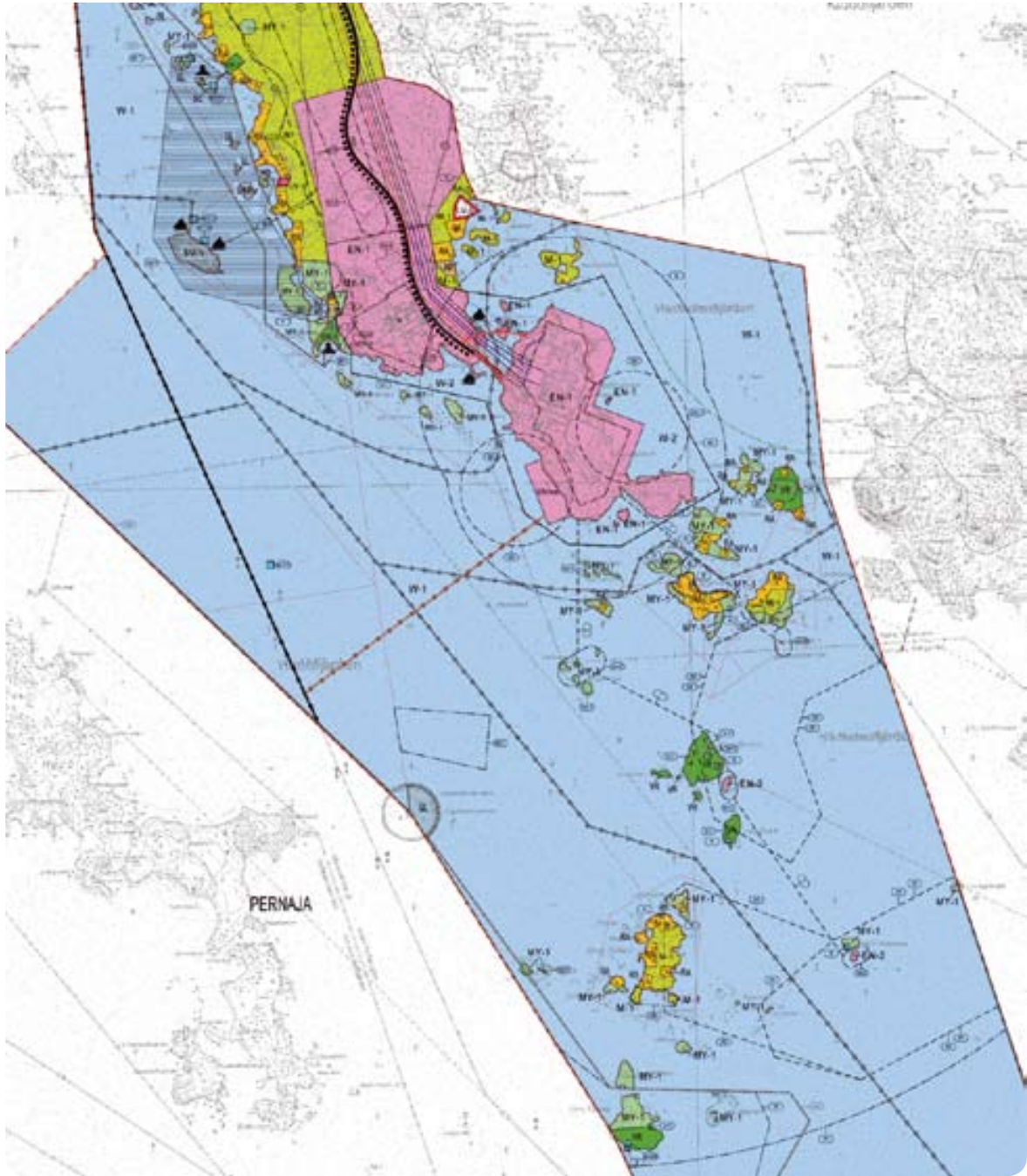


Kuva 10-2. Ote Itä-Uudenmaan liiton maakuntavaltuuston 12.11.2007 hyväksymästä maakuntakaavasta. Uuden voimalaitosyksikön sijoituspaikka on osoitettu kaavassa energiahuollon alueeksi, jolle voi rakentaa ydinvoimalaitoksen (EN/y).

eelle voi rakentaa ydinvoimalaitoksia. Lisäksi alueille voi rakentaa sähkön siirtoon tarkoitettuja laitoksia, maanalaisia tiloja, tutkimuslaitoksia, varasto-, huolto- ja toimistorakennuksia, kokoontumistiloja sekä näitä ja ydinvoimalaitoksia palvelevia muita laitoksia ja laitteita ja niihin liittyviä rakennuksia, rakennelmia ja rakenteita. Kuvassa 10-3 on esitetty ote Loviisan rantaosayleiskaavasta.

Voimalaitoksen lähialueella Ruotsinpyhtäällä on

voimassa Vahterpään-Gäddbergsön oikeusvaikutteinen rantaosayleiskaava, joka on vahvistettu vuonna 1999 Uudenmaan ympäristökeskuksessa. Kullan-Lappomin alueen osayleiskaava on saanut lainvoimansa vuonna 2005. Pyhtään rannikolla ja saaristossa on voimassa vuonna 2000 vahvistettu osayleiskaava. Osayleiskaava, joka kattaa koko Pernajan saariston Päsälötä lukuun ottamatta, on saanut lainvoimansa vuonna 2004. Rantaosayleiskaavan pohjoispuolis-



Kuva 10-3. Ote Loviisan rantaosayleiskaavasta, jossa on varauduttu ydinvoimalaitosyksiköiden sijoittumiseen Hästholmenille.

le alueelle on hyväksytty kuntien yhteinen Loviisan pohjoisosan ja Ruotsinpyhtään Tesjoen osayleiskaava (LOTES), joka on parhaillaan ympäristöministeriössä vahvistettavana.

### 3.3 Asemakaava

Hästholmenin saarella ja mantereen tukialueella ovat voimassa vuosina 1972, 1974, 1989 ja 1993

vahvistetut asemakaavat, jotka mahdollistavat pääpiirteissään uuden ydinvoimalaitoksen rakentamisen. Tienyhteyksien kehittäminen, uudet voimalinjat, rantaan suunniteltu purku- ja lastauspaikka sekä majoitusalueen kehittäminen vaativat kuitenkin asemakaavan tarkistamista.

Asemakaavan muutos käynnistettiin syksyllä 2007 ja Loviisan kaupunginvaltuusto hyväksyi sen 21.1.2009. ●





Kuva 10-4. Hästholmenin asemakaava.

## Liitteen 10 tiivistelmä

### Selvitys ydinlaitoksen suunnitellun sijaintipaikan ja sen lähiympäristön asutuksesta ja muista toiminnoista sekä kaavoitusjärjestelyistä

- Alle kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta ei ole vakituista asutusta. Alle viiden kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta asuu noin 40 henkilöä ympärivuotisesti.
- Voimassa olevat kaavat mahdollistavat ydinvoiman lisärakentamisen Hästholmenin saarelle. Fortum Power and Heat Oy:n omistamat maa- ja vesialueet on kaavoitettu ydinvoimalaitoksen rakentamista ja siihen liittyviä tukitoimintoja varten.
- Voimassa oleva seutukaava mahdollistaa ydinvoimalaitoksen rakentamisen. Vahvistettavana olevassa maakuntakaavassa alue on merkitty energianhuollon alueeksi, johon voidaan sijoittaa uusi ydinvoimalaitosyksikkö.
- Myös voimassa oleva rantaosayleiskaava ja asemakaava mahdollistavat ydinvoiman lisärakentamisen. Loviisan kaupunginvaltuuston joulukuussa 2008 hyväksymässä rantaosayleiskaavassa Hästholmen on merkitty energianhuollon alueeksi, jonne voi rakentaa ydinvoimalaitoksia.
- Alueen asemakaava, joka mahdollistaa ydinvoiman lisärakentamisen, on ajantasaisesti. Loviisan kaupunginvaltuusto hyväksyi sen 21.1.2009.









## SISÄLTÖ

1 YLEISTÄ .....	98
2 SIJAITIPAIKAN KUVAUS .....	98
2.1 Sijaintipaikan infrastruktuuri .....	99
2.2 Toimintoihin liittyvä ulkoinen infrastruktuuri .....	100
3 TURVA- JA VALMIUSJÄRJESTELYT .....	101
4 MAANKÄYTÖN RAJOITUKSET JA VIRANOMAISTEN PELASTUSSUUNNITELMA .....	102
5 PAIKALLISTEN OLOSUHTEIDEN VAIKUTUS TURVALLISUUTEEN .....	102

# LIITE 11

## Selvitys suunnitellun sijaintipaikan sopivuudesta tarkoitukseensa ottaen huomioon paikallisten olosuhteiden vaikutus turvallisuuteen, turva- ja valmiusjärjestelyt sekä ydinlaitoksen vaikutukset ympäristöönsä

### 1 Yleistä

Fortum Power and Heat Oy:n omistama Loviisan voimalaitos sijaitsee noin 12 km päässä Loviisan kaupungin keskustasta Lappomin kylässä Hästholmenin saarella, jonne myös uusi Loviisa 3 -voimalaitosyksikkö sijoittuu. Hästholmenin täyttää ydinvoimalaitospaikalle asetetut vaatimukset, ja aluetta on käytetty ydinsähkön tuotantoon jo yli 30 vuoden ajan. Suunniteltu sijoituspaikka on riittävän kokoinen ja paikalle on saatavilla riittävästi jäähdytys- ja käyttövetä suuritehoisen voimalaitosyksikön tarpeisiin. Maa- ja kallioperän ominaisuudet ovat sellaiset, että voimalaitosrakentaminen on mahdollista. Paikalliset olosuhteet ja niiden muuttuminen voimalaitoksen käyttöänsä aikana huomioidaan uuden ydinvoimalaitosyksikön suunnittelussa ja rakentamisessa. Paikalliset olosuhteet ovat sellaiset, että uusi ydinvoimalaitosyksikkö voidaan rakentaa suunnitellulle paikalle ja sitä voidaan turvallisesti käyttää koko käyttöikänsä ajan.

Olemassa olevaa infrastruktuuria ja käyvien voimalaitosyksiköiden toimintoja, kuten turva- ja valmiusjärjestelyjä voidaan hyödyntää. Ydinlaitoksen sijoittamisesta aiheutuvat maan käytön rajoitukset eivät mainitavasti muutu, sillä alueella sijaitsee kaksi käytössä olevaa ydinvoimalaitosyksikköä. Alueelle on olemassa viranomaisten pelastussuunnitelma ydinvoimalaitosonnettomuuden varalta. Hankkeen toteutuessa pelastussuunnitelma päivitetään huomioimaan uusi ydinvoimalaitosyksikkö.

Suunnitellun ydinvoimalaitosyksikön ympäristövaikutusten arviointilostus on periaatepäätöshakemuksen *liitteenä 12.1*. Uuden voimalaitosyksikön aiheuttamat ympäristövaikutukset ovat vähäisiä ja rajoittuvat lähinnä lämpimän jäähdytysveden vaikutuksiin purkupaikan läheisyydessä.

### 2 Sijaintipaikan kuvaus

Uuden voimalaitosyksikön suunniteltu sijaintipaikka on Hästholmenin saarella nykyisten voimalaitosyksiköiden välittömässä läheisyydessä voi-



malaitosrakentamiseen soveltuvalla ja tarkoitukseen kaavoitetulla alueella. Uuden voimalaitosyksikön vaatiman alueen koko on noin 10 hehtaaria. Työmaatoimintoihin on Hästholmenilla käytettävissä noin 30 hehtaarin alue, kun kaavoituksen sallima merialueen täyttö saaren itäpuolella toteutetaan kokonaisuudessaan. Mantereen puolella on materiaalien vastaanottoa ja valmistelevia töitä varten käytettävissä 18 hehtaarin alue.

Hakija omistaa Hästholmenin saaren ja sen pohjoispuolella olevan niemen kärjen, yhteensä noin 170 hehtaaria maata ja lisäksi noin 240 hehtaaria vesialueita voimalaitoksen lähialueilla. Loviisa 3 -voimalaitosyksikön rakennusaikaiset ja käyttöön liittyvät toiminnot voidaan toteuttaa hakijan omistamalla maa- ja vesialueilla. Mahdolliset jäähdytysveden kauko-otto- ja kaukopurkupaidat sijaitsevat pääosin Loviisan kaupungin omistamilla vesialueilla.

Voimalaitoksen lähiympäristö on harvaan asuttua. Alle viiden kilometrin etäisyydellä asuu ympärivuotisesti noin 40 ihmistä. Alle 20 kilometrin etäisyydellä asuu noin 12 600 ihmistä. Voimalaitoksen lisäksi

lähialueella ei ole muuta teollisuutta. Maataloutta ja ammattimaista kalastusta lähialueella harjoitetaan vain vähän, virkistyskalastusta enemmän. Alueella toimii kalanviljely- tai -kasvatuslaitoksia.

## 2.1 Sijaintipaikan infrastruktuuri

Hästholmenin saarelle johtaa noin 200 metriä pitkä pengertie Kirmosundin salmen ylitse. Saaren ranta-alueilla on jäähdytysveden ottoon ja purkuun sekä voimansiirtoon liittyviä rakenteita. Uuden voimalaitosyksikön rakentamista varten saaren länsirannalle rakennetaan purku- ja lastauspaikka. Mantereen puolella on vastaanottoon, vartiointiin ja vuosihuollon aikaiseen työvoiman tilapäiseen majoitukseen liittyviä rakennuksia ja rakenteita.

Kuvassa 11-1 on esitetty Hästholmenin saarella ja mantereen puolella nykyisin sijaitsevat voimalaitoksen rakennukset ja toiminnot. Olemassa olevaa infrastruktuuria ja käyvien voimalaitosyksiköiden toimintoja hyödynnetään uuden voimalaitosyksikön rakentamisen ja käytön aikana. Vartiointiin



Kuva 11-1. Loviisan voimalaitoksen nykyiset rakennukset ja toiminnot Hästholmenin saarella sekä mantereella.





Hästholmenissa sijaitsevaa vähä- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen loppusijoitustilaa laajennetaan myös uuden voimalaitosyksikön tarpeisiin.

ja kulunvalvontaan liittyvät toiminnot sekä paloasema voidaan ottaa suoraan myös uuden laitosisyksikön käyttöön. Vuosihuoltohenkilökunnan majoitusalue peruskorjataan ja samalla majoituskapasiteettia lisätään.

Käyvien voimalaitosyksiköiden jätteenkäsittelyyn rakennettua infrastruktuuria voidaan hyödyntää. Nestemäisten radioaktiivisten jätteiden kiinteytyslaitosta voidaan käyttää myös uuden voimalaitosyksikön jätteiden kiinteyttämiseen tai tarvittaessa rakentaa uusi kiinteytyslaitos. Uuden laitosisyksikön vähä- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen loppusijoittamista varten laajennetaan alueella jo sijaitsevaa voimalaitosjätteen loppusijoitustilaa.

Nykyisten voimalaitosyksiköiden jätevesien puhdistamiseksi Hästholmenin luoteisosassa sijaitsee bioroottorilaitos, jossa puhdistetaan myös majoituskyllän ja läheisen kulttuurihistoriallisesti arvokkaan Svartholman linnoituksen jätevedet. Uutta voimalaitosyksikköä varten jätevesien puhdistuskapasiteettia lisätään. Vaihtoehtoja on tarkasteltu ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä. Jätevesien käsittelystä laaditaan tarkempi suunnitelma, joka hyväksytetään Länsi-Suomen ympäristölupavirastossa.

Uuden voimalaitosyksikön jäähdytysvesien eri vaihtoehtoja on tutkittu. Jäähdytysvesi voidaan ottaa saaren lähivesistä tai kauempaa. Myös jäähdy-



Loviisan voimalaitoksen alueella toimiva Oy Loviisan Smoltti Ab hyödyntää lämmintä jäähdytysvettä kalankasvatuksessa.

tysveden kauko- ja lähipurkuvaihtoehtoja on selvitetty. Mahdollisia kauko-otto- ja kaukopurkuvaihtoehtoja varten tulee louhia jäähdytysvesitunneli. Muita uuden laitoksen rakentamisen yhteydessä toteutettavia vedenpinnan alaisia rakennus- tai louhintatöitä ovat täyttötöyt saaren itäpuolella ja purku- ja lastauspaikan sekä laivaväylän rakennustyöt saaren länsipuolella.

Voimalaitoksen lisäksi Hästholmenin saarella toimii kalankasvatustilasto, joka tuottaa vesistöihin istutettavia kalanpoikasia. Kalanpoikaset kasvatetaan maalle rakennetuissa altaissa Loviisan voimalaitoksen lämpimiä jäähdytysvesiä käyttäen. Säteilyturvakeskus valvoo kalojen radioaktiivisuutta säännöllisin näytteenotoin.

## 2.2 Toimintoihin liittyvä ulkoinen infrastruktuuri

Loviisa 3 -voimalaitosyksikön tarvitsema laitosalueen ulkopuolinen infrastruktuuri muodostuu liikenneyhteyksistä, raakaveden hankintaan tarvittavista rakenteista, mahdollisesta jäähdytysveden kauko-otto- ja kaukopurkutunneleista sekä sähkön kantaverkkoon siirtämiseksi tarvittavista yhteyksistä. Näiden vahvistaminen on osa uutta laitoshanketta.

Loviisan kaupungista voimalaitokselle johtavaa Saaristo- ja Atomitietä aiotaan parantaa ja leven-



Liikenneyhteyksiä parannetaan uuden voimalaitosyksikön tarpeita vastaavaksi.



Nykyisiä voimajohtoalueita levennetään verkkoyhteyksien vahvistamiseksi.

tää ennen rakennustöiden aloittamista. Valtatie 7:n (E18) parantamiseksi on olemassa yleissuunnitelma, jonka mukaan valtatie muutetaan moottoritieksi Loviisan ja Kotkan välillä. Tieosuudella Koskenkylä – Loviisa – Kotka hanke on esitetty toteutettavaksi vuosina 2008 - 2013. Atomitieltä on suunniteltu uusi tieyhteys valtatie 7:lle.

Uuden voimalaitoksen kytkemiseksi kantaverkkoon tarvitaan uusi 400 kV:n voimajohtoliittymä. Uudelta kytkinasemalta eteenpäin voimayhteyden vahvistamisesta vastaa kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj. Myös 110 kV:n yhteyttä vahvistetaan. Verkkoyhteyksien vahvistamiseksi nykyisiä voimajohtoalueita levennetään.

Nykyisten voimalaitosyksiköiden raakavesi valmistetaan Hästholmenilla sijaitsevassa vedenpuhdistuslaitoksessa. Raakavesi pumpataan Lappomträsketistä. Uuden voimalaitosyksikön tarpeita ajatellen järjestely on riittämätön. Raakavesi uuden laitoksen käyttöön hankitaan Kymijoen Ahvenkoskesta tai Loviisan kaupungin ja sen ympäristökuntien yhteisestä vedenjakeluverkostosta. Molemmat vaihtoehdot ovat olleet mukana ympäristövaikutusten arvioinnissa. Raakaveden hankintatapa valitaan laitoksen suunnittelun jatkovaiheissa.

Mahdollista jäädytysveden kauko-ottoa tai -purkua varten louhitaan merivesitunneli. Pisimmillään

tunneli voisi olla lähes 5 kilometrin mittainen.

Loviisan voimalaitoksen käyvien yksiköiden ja Loviisa 3 -voimalaitosyksikön käytetty polttoaine loppusijoitetaan Eurajoen Olkiluotoon rakennettavaan loppusijoitustilaan. Loppusijoitustilan rakentamisesta ja käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta vastaa Posiva Oy, josta hakija omistaa 40 % osuuden ja Teollisuuden Voima Oyj (TVO) 60 % osuuden. Omistajayhtiöt vastaavat ydinjätehuollon kustannuksista. Posiva Oy:llä on parhaillaan Olkiluodossa rakenteilla loppusijoitustoiminnan tutkimusluola ONKALO.

Loviisan voimalaitokselta käytetty polttoaine kuljetetaan loppusijoitettavaksi Olkiluotoon joko maanteitse, meritse tai rautateitse. Kuljetustapaa ja -reittiä ei ole vielä päätetty, koska käyvien yksiköiden polttoaineen loppusijoitus alkaa aikaisintaan vuonna 2020.

### 3 Turva- ja valmiusjärjestelyt

Uuden ydinvoimalaitosyksikön turva- ja valmiusjärjestelyt järjestetään niitä koskevien määräysten mukaisesti.

Loviisan nykyisten voimalaitosyksiköiden turva- ja valmiusjärjestelyt tulevat koskemaan myös uutta voimalaitosyksikköä. Uusi ydinvoimalaitosyksik-

kö otetaan olemassa olevien turvajärjestelyjen piiriin, joita vahvistetaan tarvittavilta osin. Uuden voimalaitosyksikön rakennusaikana kiinnitetään erityistä huomiota turvajärjestelyihin. Uuden laitosisyksikön rakentaminen huomioidaan olemassa olevien laitosten valmiustoiminnassa, jottei uuden yksikön rakentaminen vaikuttaisi millään tavalla olemassa olevien laitosisyksiköiden turvallisuuteen.

Uudelle laitosisyksikölle laaditaan erillinen valmiusjärjestelyjä kuvaava valmiussuunnitelma tai olemassa olevien laitosisyksiköiden valmiussuunnitelmaa laajennetaan. Valmiustoiminta ja valmiusjärjestelyt otetaan huomioon uuden voimalaitosisyksikön suunnittelussa.

#### 4 Maankäytön rajoitukset ja viranomaisten pelastussuunnitelma

Säteilyturvakeskuksen ohjeen YVL 1.10 mukaan noin kilometrin etäisyydelle ulottuvalla laitosalueella saa olla pääsääntöisesti vain voimalaitokseen liittyviä toimintoja, ja alueen tulee olla luvanhaltijan määräyksessä.

Uusi ydinvoimalaitosisyksikkö rakennetaan olemassa olevalle laitosalueelle, jota ei tarvitse laajentaa. Hakija valvoo toimintaa laitosalueella, jolla on voimassa ulkopuolisia koskeva mairinnousu-, liikkumis- ja oleskelukielto. Voimalaitokselle tulevaa liikennettä valvotaan. Yleisessä käytössä hakijan omistamista alueista ovat voimalaitosalueen portin läheisyydessä olevaan paikoitusalueeseen päättävä paikallistie ja Kirmosundin kautta kulkeva veneväylä. Ilmailu Loviisan voimalaitoksen ympäristössä 4 kilometrin säteellä ja 2 kilometrin alapuolella on kielletty.

Ydinvoimalaitoksen normaali toiminta tai mahdolliset käyttöhäiriöt eivät aiheuta rajoituksia maankäytölle lähiympäristössä. Vakavan ydinvoimalaitosonnettomuuden varalta laitosaluetta ympäröi suojavaoikyhe, joka ulottuu noin 5 km etäisyydelle.

Suojavaoikyheellä on voimassa YVL 1.10 -ohjeen mukaisia maankäyttöön liittyviä rajoituksia koskien esimerkiksi taajama-asutusta, suurten ihmismäärien oleskelua ja tuotannollisia toimintoja, joihin ydinvoimalaitosonnettomuus voisi vaikuttaa. Pysyvien asukkaiden määrän tulisi olla alle 200. Suojavaoikyhetä ympäröi varautumisalue, joka ulottuu 20 kilometrin etäisyydelle laitoksesta.

Viranomaisten on laadittava varautumisalueelle pelastussuunnitelma säteilyonnettomuuden varalta ja kiinnitettävä huomiota siihen, että pelastustoimenpiteet voidaan suorittaa tehokkaasti. Varautumisalueeseen kuuluvat Pernaja, Loviisa, Ruotsinpyhtää ja Pyhtää. Kuntaliitoksen myötä nykyinen Liljendal ja myöhemmin mahdollisesti Lapinjärvin sisällytetään

tähän varautumisalueeseen. Viranomaisten pelastusorganisaation johtokeskus sijaitsee Itä-Uudenmaan pelastuslaitoksen johtokeskuksessa Porvoossa. Etelä-Suomen lääninhallituksen johdolla viranomaisten pelastustoimintaa testataan ja koulutetaan joka kolmas vuosi järjestettävissä pelastustoimintaharjoituksissa.

Säteilyturvakeskuksen ohjeen YVL 1.10 mukaiset vaatimukset maankäytön rajoituksista toteutuvat Loviisan voimalaitospaikalla. Uuden voimalaitosisyksikön rakentaminen ei vaikuta maankäytön rajoitukseen, sillä alueella on käytössä jo kaksi voimalaitosisyksikköä ja rajoitukset on otettu huomioon ympäristön maankäytön suunnittelussa ja kaavoituksessa.

Uuden voimalaitoksen käyttöä varten mahdollisesti rakennettavat jäädytysveden kauko-otto- tai -purkuratkaisut aiheuttavat tiettyjä rajoituksia veneilylle, kalastukselle ja muulle merialueen käytölle. Valittava otto- ja purkupaikka merkitään ja ympäröivällä alueella liikkumista rajoitetaan. Luonnontilassa olevien kalliosaarten ja luotojen käyttöä voidaan myös joutua rajoittamaan, mikäli niille sijoitetaan jäädytysveden hankintaan liittyviä järjestelmiä. Myös Hästholmenille rakennettava laivaväylä aiheuttaa joitakin rajoituksia kalastukselle. Muutos nykytilanteeseen ei kuitenkaan ole merkittävä, koska kalastaminen kiinteillä pyydyksillä on nykyisinkin kielletty hakijan omistamilla vesialueilla.

#### 5 Paikallisten olosuhteiden vaikutus turvallisuuteen

Uuden ydinvoimalaitoksen suunnittelussa ja rakentamisessa huomioidaan paikalliset olosuhteet ja niiden vaikutus turvallisuuteen. Suunnitteluperusteina ja järjestelmien mitoituksessa käytettävät ympäristöolosuhteita kuvaavat arvot, kuten esimerkiksi ilman ja meriveden lämpötilat valitaan laajan historiatiedon ja tulevaisuuden ennusteiden pohjalta. Suunnitteluarvoja valittaessa otetaan huomioon mahdolliset muutokset tulevaisuudessa, kuten esimerkiksi ilmaston lämpeneminen. Seismistä turvallisuutta ja sääriskejä selvitetään huolellisesti ja otetaan huomioon suunnitteluperusteissa.

Merenpinnan on arvioitu nousevan Itämerellä ja Suomenlahdella seuraavien sadan vuoden aikana. Tämä vaikuttaa merenpinnan korkeuden vaihteluun liittyviin ääri-ilmiöihin. Merenpinnan korkeuden vaihtelu sekä merenpinnan keskikorkeuden nousu pitkäällä aikavälillä otetaan huomioon uuden ydinvoimalaitoksen suunnittelussa ja sijoittamisessa Hästholmenin saarelle.

Ulkoisen toiminnan aiheuttamista ympäristöolosuhteista erityistä huomiota kiinnitetään Suomenlahden lisääntyneisiin öljykuljetuksiin. Suomenlah-



den öljykuljetusten määrä vuonna 2007 oli 145 miljoonaa tonnia ja niiden arvioidaan nousevan 250 miljoonaan tonniin vuoteen 2015 mennessä. Kuljetusmäärien voimakas kasvu lisää öljyonnettomuuden todennäköisyyttä, mutta toisaalta kuljetusten turvallisuus on parantunut seurantajärjestelmien ja kuljetuskaluston uusimisen ansiosta. Suuri öljyonnettomuus voisi vaarantaa voimalaitosyksikön jääh-

dytysveden saannin, mikäli öljy pääsisi jäähdytysveden ottorakenteisiin. Öljyonnettomuudet otetaan huomioon uuden voimalaitosyksikön suunnittelussa. Suurten öljykuljetusalusten reitit kulkevat yli 30 kilometrin päässä suunnitellusta laitospaikasta.

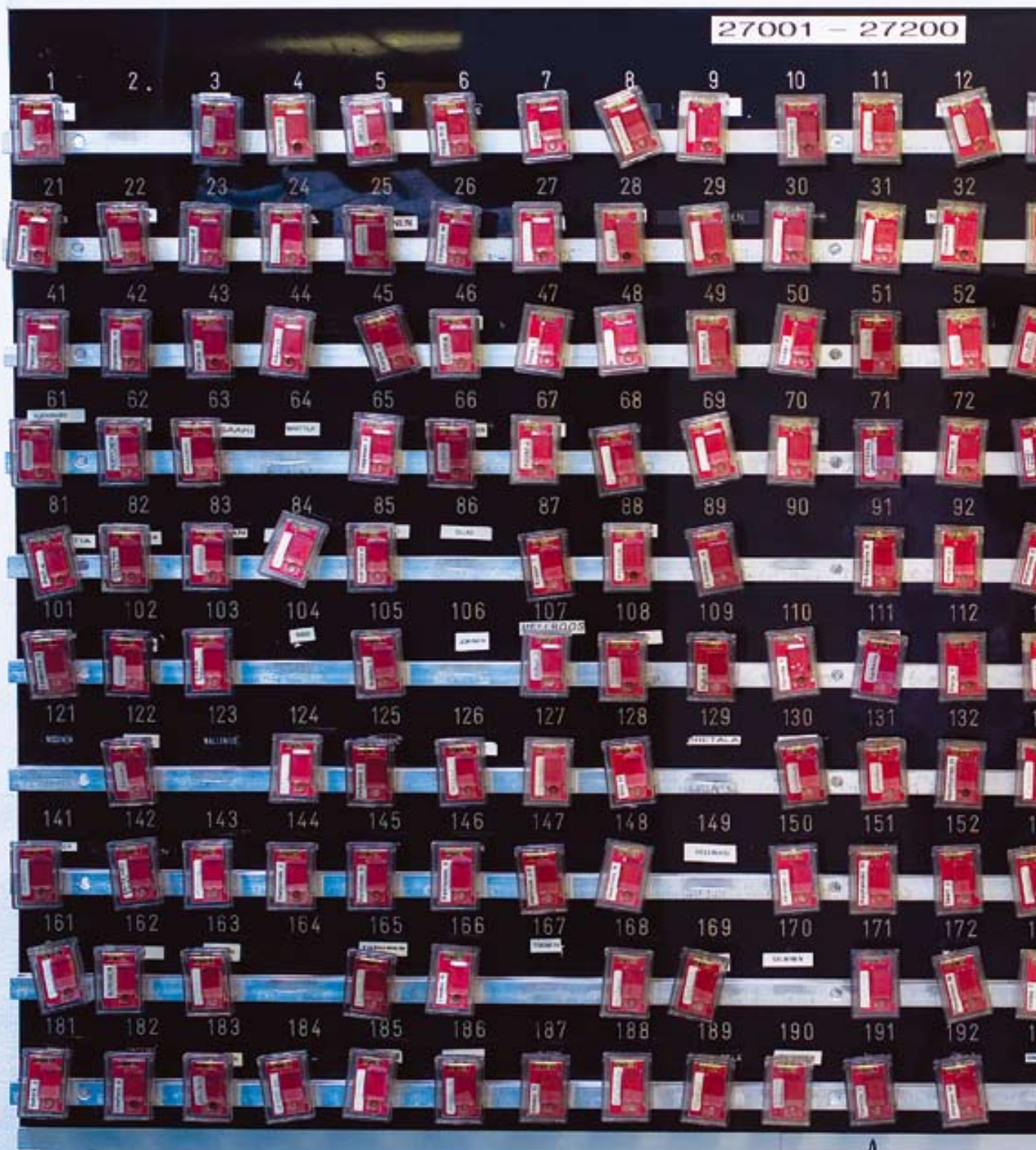
Suomenlahden öljykuljetusten lisäksi lähistöllä ei ole sellaisia toimintoja, jotka voisivat vaarantaa ydinvoimalaitoksen turvallisuuden. ●

## Liitteen 11 tiivistelmä

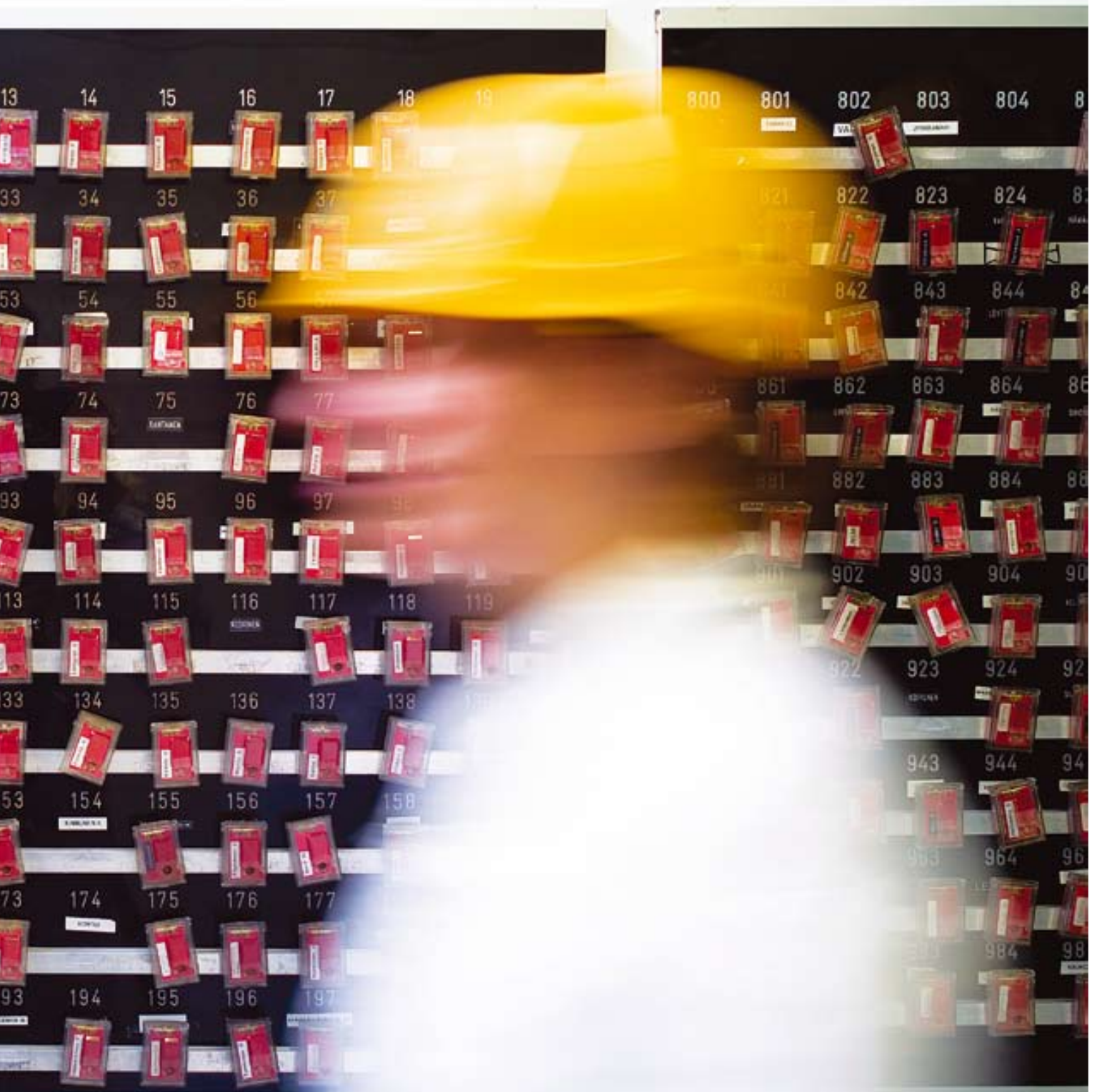
### Selvitys suunnitellun sijaintipaikan sopivuudesta tarkoitukseensa ottaen huomioon paikallisten olosuhteiden vaikutus turvallisuuteen, turva- ja valmiusjärjestelyt sekä ydinlaitoksen vaikutukset ympäristöönsä

- Loviisan Hästholmenin saari soveltuu hyvin ydinvoiman rakentamista varten ja alue on kaavoitettu sitä varten.
- Fortum Power and Heat Oy:n omistamat maa- ja vesialueet ovat riittävät hankkeen toteuttamista varten.
- Uuden ydinvoimalaitoksen rakentaminen ei aiheuta mainittavia muutoksia nykyisiin yhden ja viiden kilometrin suojavajöhykkeisiin tai alueen maankäyttöön.
- Voimalinjojen vahvistaminen toteutetaan leventämällä nykyistä voimajohtoaluetta. Levennys ei vaikuta asutukseen eikä edellytä pakkolunastustoimenpiteitä.

# 12











# LIITE 12

## Ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain mukaisesti laadittu arviointiselostus sekä selvitys suunnittelu- perusteista, joita hakija aikoo noudattaa ympäristövahinkojen välttämiseksi ja ympäristörasituksen rajoittamiseksi

### SISÄLTÖ

1 YLEISTÄ .....	106
2 YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI .....	106
3 RADIOAKTIIVISTEN AINEIDEN PÄÄSTÖJEN ESTÄMINEN JA RAJOITTAMINEN .....	108
3.1 Eristysperiaate .....	108
3.2 Normaalkäytön ja käyttöhäiriöiden päästöt .....	108
3.3 Onnettomuustilanteiden päästöt .....	110
3.4 Ympäristövaikutusten analysointi- menetelmät .....	111
3.5 Toimenpiteet ympäristövaikutusten vähentämiseksi .....	112
3.6 Tarkkailuohjelma .....	112
4 JÄÄHDYTYKSEN JA JÄTEVESIEN AIHEUTTAMA KUORMITUS .....	113
4.1 Kuormitus .....	113
4.2 Kuormituksen ympäristövaikutukset .....	114
4.3 Ympäristövaikutusten analysointi- menetelmät .....	114
4.4 Toimenpiteet ympäristövaikutusten vähentämiseksi .....	115
4.5 Tarkkailuohjelma .....	115
5 MUUT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET .....	115
6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	116

### LIITTEET

Liite 12.1 Loviisan ydinvoimalaitoksen laajentaminen kolmannella voimalaitosyksiköllä, Ympäristövaikutusten arviointiselostus.

### 1 Yleistä

Ydinvoimalaitoksen ympäristövaikutuksia on Loviisan alueella seurattu kattavasti jo yli 30 vuoden ajan. Alueella on toteutettu ympäristömittauksia jo ennen nykyisten voimalaitosyksiköiden rakentamista. Kertynyttä tietoa ja olemassa olevien voimalaitosyksiköiden käytöstä saatua kokemusta voidaan suoraan soveltaa uuden ydinvoimalaitosyksikön ympäristövaikutusten arvioinnissa ja ympäristövaikutusten haittojen torjunnassa ja rajoittamisessa. Tässä liitteessä kuvataan lyhyesti uuden ydinvoimalaitosyksikön radioaktiivisten päästöjen rajoittamista ja merkittävimmiksi havaittuja ympäristövaikutuksia sekä suunnitteluperusteita, joita Fortum aikoo noudattaa ympäristövahinkojen välttämiseksi ja ympäristörasituksen rajoittamiseksi. Tarkemmin ympäristövaikutusten arviointia ja sen tuloksia esitetään *liitteen 12.1* ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa. Ympäristövaikutuksia käsitellään yksityiskohtaisesti siinä vaiheessa, kun uudelle ydinvoimalaitosyksikölle haetaan ympäristölupaa Länsi-Suomen ympäristölupavirastolta.

Loviisan voimalaitoksen ympäristötyötä ohjataan sertifioidulla ISO 14001 -standardin mukaisella ympäristöjärjestelmällä. Järjestelmään kuuluvat kaikki Loviisan voimalaitoksen toiminnot. ISO 14001 -standardia käyttämällä on ympäristötyöstä tullut osa jokapäiväistä toimintaa. Uuden voimalaitosyksikön rakentaminen ja käyttö toteutetaan ympäristöjärjestelmän mukaisesti. YVA-menettely asukasnäkökulmineen on tuonut osaltaan esille hankkeen ympäristönäkökohtia, jotka otetaan huomioon suunnittelussa.

### 2 Ympäristövaikutusten arviointi

Suunnitteilla olevalle uudelle ydinvoimalaitosyksikölle on toteutettu ympäristövaikutusten arviointia (YVA) koskevan YVA-lain (468/1994)

ja -asetuksen (713/2006) mukainen ympäristövaikutusten arviointimenettely. Ympäristövaikutuksia arvioitaessa on selvitetty ympäristön nykytila sekä arvioitu hankkeen aiheuttamia muutoksia ja niiden merkittävyyttä. Ympäristövaikutusten arviointi kattaa uuden ydinvoimalaitosyksikön koko elinkaaren. YVA-menettelyn tavoitteena on edistää ympäristövaikutusten arviointia ja huomioon ottamista suunnittelussa ja päätöksenteossa. Menettelyn tavoitteena on myös lisätä kansalaisten tiedonsaantia ja mahdollisuuksia osallistua hankkeen suunnitteluun sekä ilmaista mielipiteensä hankkeesta.

YVA-menettelyyn sisältyy ohjelma- ja selostusvaihe. YVA-ohjelma on suunnitelma ympäristövaikutusten arviointimenettelyn järjestämisestä ja siinä tarvittavista selvityksistä. Fortum jätti Loviisa 3 -hanketta koskevan ympäristövaikutusten arviointiohjelman kesäkuussa 2007 yhteysviranomaisena toimineelle kauppa- ja teollisuusministeriölle (1.1.2008 alkaen työ- ja elinkeinoministeriö, myöhemmin tekstissä TEM). Kesällä 2007 ohjelma oli yleisön nähtävillä ja lokakuussa 2007 yhteysviranomaisen, kerättyään yhteen kaikki ohjelmasta annetut lausunnot ja mielipiteet, antoi oman lausuntonsa ohjelmasta. YVA-ohjelman ja siitä annettujen lausuntojen perusteella toteutettiin ympäristövaikutusten arviointi, jonka tulokset esitettiin huhtikuussa 2008 yhteysviranomaiselle jätetyssä ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa. Ympäristövai-

kutusten arviointiselostus on *liitteenä 12.1*. Selostuksessa on esitetty tiedot hankkeesta ja arviointimenettelyn tuloksena muodostettu yhtenäinen arvio hankkeen ympäristövaikutuksista. Yhteysviranomaisen antoi lausunnon selostuksesta 15.8.2008. Lausunnon mukaan selostus kattaa YVA-lainsäädännön sisältövaatimukset ja selostus on käsitelty YVA-lainsäädännön edellyttämällä tavalla. Yhteysviranomaisen pitää selostusta riittävänä hankkeen nykyisessä suunnitteluvaiheessa, mutta edellyttää periaatepäätöshakemuksen käsittelyä varten lisäselvityksiä. Yhteysviranomaisen lausunnossa on listattu lisäselvityksiä edellyttävät asiakokonaisuudet:

- Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotantolaitos mukaan lukien ympäristövaikutukset ja ydinturvallisuus
- Usean reaktorin jäähdytysvesien yhteisvaikutukset mukaan lukien jäähdytysvesimallintamiseen liittyvä kritiikki
- Laitostyyppivaihtoehtojen ympäristövaikutusten kannalta tärkeimmät tekniset tiedot
- Natura 2000 –arvion tarkistaminen
- Ydinjätehuollon ympäristövaikutukset
- Hankkeen jatkosuunnittelussa huomioon otettavat seikat
- Maataloustuotanto, kalanviljely
- Sähkön tuotannon kustannusrakenne.



Ydinvoima perustuu uraanin hallittuun ketjureaktioon. Radioaktiivisten aineiden leviäminen ympäristöön estetään useilla vapautumisesteillä, mukaan luettuna reaktoripainesäiliö.

Lisäselvityksiä edellyttäviin kohtiin on periaatepää-töshakemuksen liitteissä vastattu yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotantolaitoksen (*liitteet 4 ja 7*), ydinjätehuollon ympäristövaikutusten (*liite 14*), maatalous-tuotannon ja kalanviljelyn (*liite 10*) ja sähkön tuotan-non kustannusrakenteen (*liite 5*) osalta.

### 3 Radioaktiivisten aineiden päästöjen estäminen ja rajoittaminen

#### 3.1 Eristysperiaate

Sähköntuotanto ydinvoimalassa perustuu ydinpolto-aineena käytettävän uraanin hallittuun ketjureak-tioon ja sen synnyttämän lämpöenergian hyödyntä-miseen. Syntyvä lämpöenergia siirretään reaktorin lävitse kulkevalla jäähdytysvedellä joko suoraan turbiinille (kiehutusvesireaktori) tai höyrystimiin, joissa korkeapaineisen veden sisältämä energia höyrystää turbiinipiirissä kiertävää vettä (painevesireak-tori). Käytön aikana polttoaine muuttuu reaktori-sa voimakkaasti säteileväksi uraanin hajoamis-tuotteiden johdosta. Neutronisäteilyn vuoksi myös reaktorisydämen rakenteet, reaktorisydämen läpi virtaava vesi, korroosiotuotteet ja muut epäpuhtau-det muuttuvat radioaktiivisiksi. Polttoainesauvoista voi lisäksi vuotaa veteen pieniä määriä radioaktiivisia jalokaasuja, jodia ja kesiumia.

Radioaktiivisten aineiden eristämiseksi ympäris-töstä käytetään usean vapautumisesteen periaatet-ta. Tämä tarkoittaa sitä, että radioaktiivisten ainei-den ja ympäristön välillä on sarja vahvoja ja tiiviitä fyysisiä esteitä, jotka estävät radioaktiivisten ainei-den pääsyn ympäristöön kaikissa olosuhteissa. Uraanipolttoaine ja polttoainesauvojen kaasutiivis suojakuori muodostavat ensimmäiset rakenteelliset esteet. Polttoainesauvat ovat teräksisen reaktoripai-nesäiliön sisällä. Uloimman esteen muodostaa kak-soissuojarakennus. Yhdenkin vapautumisesteen tiiveys riittää varmistamaan, että radioaktiivisia ainei-ta ei pääse ympäristöön.

Reaktorin lävitse kulkeva vesi ei missään vaihees-

sa ole yhteydessä ympäristöön, kuten esimerkik-si turbiinilauhduttimen jäähdyttämiseen käytettä-vään meriveteen tai mahdolliseen kaukolämpöve-teen. Edellä kuvatulla eristysperiaatteella ydinvoi-malaitoksen radioaktiivisuus pidetään reaktorijär-jestelmässä, jonka laitteet sijoitetaan rajoitetulle alueelle voimalaitoksen sisälle. Reaktorin läpi kier-tävän veden aktiivisuutta poistetaan hallitusti puh-distus- ja viivästysjärjestelmillä. Kaasumaiset radio-aktiiviset aineet johdetaan viivästyksen jälkeen il-mastointipiipun kautta ilmakehään. Puhdistuksessa syntyvät radioaktiiviset jätteet käsitellään ydinjäte-huollon menetelmin.

Eristysperiaatetta sovelletaan myös ydinvoimalai-toksen jätehuollossa. Radioaktiiviset aineet varastoi-daan tiiviisiin jätepakkauskeihin, jotka lopputuotetaan kallioperään siten, että radioaktiivisten aineiden va-pautumista rajoitetaan tehokkaasti. Jätepakkausten ja niitä ympäröivien teknisten suojakerrosten avulla varmistetaan radioaktiivisuuden pitkäaikainen eris-täminen elollisesta ympäristöstä. Teknisten suoja-kerrosten menettäessä pitkän ajan kuluttua ehey-tensä on jätteiden sisältämä aktiivisuus alentunut murto-osaan alkuperäisestä ja niistä ympäristöön vapautuvat aktiivisuusmäärät ovat vähäisiä ympä-ristön säteilyrasituksen kannalta. Uuden ydinvoima-laitosyksikön jätehuoltoa on käsitelty tämän hake-muksen *liitteessä 14*.

#### 3.2 Normaalkäytön ja käyttöhäiriöiden päästöt

Ydinvoimalaitoksen käytön aikana pääsee pieniä määriä radioaktiivisia aineita ilmaan ja veteen. Pääs-töjä syntyy käsiteltäessä esimerkiksi reaktorin jääh-dytysjärjestelmästä poistettavaa vettä tai kaasuja puhdistusjärjestelmissä. Kaasumaisia päästöjä vä-hennetään päästöjä viivästämällä, jolloin lyhytikäi-set radionuklidit ehtivät menettää suurimman osan aktiivisuudestaan ennen ympäristöön päästöä. Vesipäästöjen aktiivisuuden rajoittamiseksi ympäris-töön päästettävät vedet puhdistetaan suodattamal-la tai haihduttamalla, jolloin valtaosa radioaktiivisis-ta aineista saadaan erotettua ympäristöön päästet-







Säteilyvalvotulla alueella henkilökunta pukeutuu valvotun alueen vaatteisiin. Valvonta-alueelta poistetaan ulkoista ja sisäistä radioaktiivisuutta mittaavien henkilömonitorien kautta.

tävästä vedestä. Suodatus- ja haihdutusjätteet käsitellään ydinjätehuollon menetelmin.

Radioaktiivisuutta sisältävät järjestelmät sijoitetaan säteilyvalvottuihin laitostiloihin. Valvonta-alueen kaikki vuoto- ja viemäriverdet johdetaan keruusäiliöihin, joissa niiden aktiivisuus mitataan ja ne johdetaan

tarvittaessa puhdistusjärjestelmiin. Valvottu alue pidetään ilmastointijärjestelmillä alipaineisena ulkoilmaan verrattuna. Ilmastoinnin poistovirtaus suodattetaan tarvittaessa ennen johtamista ilmastointipiipuun, jossa poistoilman aktiivisuustasoa valvotaan. Säteilyvalvotulla alueella henkilökunta pukeutuu





Henkilökunnan säteilyturvallisuus varmistetaan monitoroimalla huoneilojen säteilytasoja kiinteästi asennetulla säteilymittausjärjestelmällä sekä henkilökohtaisilla mittalaitteilla.

valvotun alueen vaatteisiin. Kulku valvonta-alueella ja sieltä pois tapahtuu ulkoista ja sisäistä radioaktiivisuutta mittaavien henkilömonitorien kautta.

Ydinvoimalaitoksen turvallisuutta koskevassa valtioneuvoston asetuksessa (VNA 733/2008) määritellään raja-arvo normaalikäytön ja odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden päästöille. Ydinvoimalaitoksen normaali käyttö ja odotettavissa olevat käyttöhäiriöt saavat aiheuttaa lähiseudun väestön eniten altistuvalla yksilöllä korkeintaan 0,1 millisievertin (mSv) suuruisen vuotuisen säteilyannoksen. Raja-arvo on laitospaikkakohtainen, eli samalla laitospaikalla sijaitsevien ydinvoimalaitosyksiköiden päästöt saavat yhteensä aiheuttaa korkeintaan tämän raja-arvon suuruisen päästön. Suunniteltavan ydinvoimalaitos-

yksikön radioaktiivisten aineiden käsittely- ja puhdistusjärjestelmät toteutetaan siten, että normaalin käytön ja odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden päästöt jäävät murto-osaan valtioneuvoston asetuksessa esitetyn raja-arvon sallimista päästöistä.

Uuden voimalaitosyksikön päästöistä aiheutuvan säteilyannoksen lähiympäristön eniten altistuvalla asukkaalle arvioidaan olevan alle 0,001 mSv vuodessa eli samaa suuruusluokkaa kuin nykyisten voimalaitosten aiheuttama vuotuinen säteilyannos. Annos on alle 1 % vuotuisesta 0,1 mSv säteilyannosrajasta ja alle 0,03 % suomalaisten vuosittain keskimäärin saamasta säteilyannoksesta, joka on 3,7 mSv. Pääosa tästä keskimääräisestä säteilyannoksesta tulee luonnosta, esimerkiksi maaperän ja rakennusmateriaalien ulkoisesta säteilystä ja sisäilman radonista. Luonnon taustasäteilyn ja sisäilman radonin aiheuttaman säteilyannoksen suuruus vaihtelee alueittain. Joillakin alueilla Suomessa maaperästä sisäilmaan tulevan radonin aiheuttama säteilyannos saattaa olla jopa yli 10 mSv, keskimäärin sisäilman radonista aiheutuu noin 2 mSv:n vuotuinen säteilyannos. Pieni osa suomalaisten vuotuisesta säteilyannoksesta tulee säteilyn lääketieteellisestä käytöstä (esim. röntgenkokeet ja isotooppitutkimukset), avaruuden kosmisesta säteilystä ja pieni osuus (keskimäärin 0,02 mSv) Tsernobyli-laskeumasta ja ydinasekokeista.

Uuden ydinvoimalaitosyksikön radioaktiivisten aineiden päästöt ovat niin pieniä, ettei niillä ole merkitystä ihmisten terveyden tai ympäristön eliöstön hyvinvoinnin kannalta.

### 3.3 Onnettomuustilanteiden päästöt

Onnettomuuksien ehkäisemiseksi ja niiden seurausten rajoittamiseksi toteutetaan voimalaitoksen suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä turvallisuusperiaatteita ja määräyksiä, joita on selvitetty liitteessä 8.

Voimalaitoksen suunnittelua ja turvallisuuden arviointia varten onnettomuustilanteet luokitellaan. Kullekin luokalle on ydinvoimalaitosten yleisiä turval-



lisuusvaatimuksia koskevassa valtioneuvoston päätöksessä (VNP 395/91) määrätty omat annosrajan-  
sa. Annosrajat ovat sitä tiukemmat, mitä todennäköi-  
sempänä onnettomuustilannetta pidetään. Näin var-  
mistetaan, ettei voimalaitoksen onnettomuustilan-  
teista aiheudu vaaraa lähiseudun asukkaille ja ympä-  
ristölle.

Oletetut onnettomuudet ovat tapahtumia, joita käytetään turvajärjestelmien suunnittelussa ja mi-  
toituksessa. Näissä tapahtumissa turvallisuusjärjes-  
telmien ja suojarakennuksen on rajoitettava ympä-  
ristöön pääsevän radioaktiivisuuden määrä sellai-  
seksi, ettei ympäristössä tarvitse rajoittaa oleske-  
lua tai elintarvikkeiden käyttöä. Tapahtumat luoki-  
tellaan kolmeen ryhmään.

Luokan 1 onnettomuuden oletetaan esiintyvän  
harvemmin kuin kerran sataa reaktorin käyttövuota  
kohden. Onnettomuuden aiheuttama säteilyannos  
väestössä suurimman altistuksen saavalle hen-  
kilölle vuoden aikana onnettomuuden jälkeen saa  
olla korkeintaan 1 mSv. Luokan 2 onnettomuuden  
oletetaan esiintyvän harvemmin kuin kerran tuhat-  
ta reaktorin käyttövuotta kohden. Annosraja luokalle  
2 on 5 mSv. (Mainitut arvot vastaavat uutta, luon-  
nosvaiheessa olevaa lainsäädäntöä.)

Oletettujen onnettomuuksien luokkien 1 ja 2 tar-  
kastelua laajennetaan arvioimalla kolmantena ryh-  
mänä niitä tilanteita, joissa käyttöhäiriön tai onnetto-  
muuden alkutapahtumaan liittyy turvallisuusjärjestel-  
missä esiintyvä yhteisvika tai monimutkainen vikayh-  
distelmä. Voimalaitoksen edellytetään selviävän tällai-  
sestakin tilanteesta ilman vakavia polttoainevaurioita.  
Tällaisessa onnettomuustilanteessa väestön eniten al-  
tistuvalla yksilöllä saa aiheutua korkeintaan 20 mSv  
säteilyannos vuoden aikana onnettomuuden jälkeen.  
Lähes samansuuruisen säteilyannoksen voi tietyillä  
alueilla Suomessa saada luonnon taustasäteilystä.

Uusi ydinvoimalaitosyksikkö suunnitellaan siten,  
että vakavan onnettomuuden mahdollisuus on ää-  
rimmäisen pieni. Vakava reaktorionnettomuus voi  
tapahtua vain jos voimalaitoksen moninkertaiset  
turvallisuusjärjestelmät pettävät. Tällöin seuraukse-  
na voi olla reaktorisydämen vakava vaurioituminen,

jolloin suuri osa polttoaineen sisältämistä radioak-  
tiivisista aineista vapautuu suojarakennukseen.  
Suunnitteluvaatimusten mukaan suojarakennuksen  
on rajoitettava ympäristöön pääsevä radioaktiivi-  
suus pienemmäksi kuin valtioneuvoston asetukses-  
sa (VNA 733/2008) esitetty raja-arvo. Valtioneu-  
voston asetuksen raja-arvo on valittu siten, ettei tällai-  
sessakaan tapahtumassa aiheutuisi välittömiä ter-  
veyshaittoja ympäristön väestölle eikä laajojen maa-  
tai vesialueiden käytön pitkäaikaisia rajoituksia. Uu-  
den ydinvoimalaitoksen suunnittelussa varmisteta-  
aan, että tämän rajan ylittymisen mahdollisuus on  
erittäin pieni. Mahdollisuus vakavan onnettomuu-  
den tapahtumiselle tulee olla pienempi kuin kerran  
100 000 reaktorin käyttövuotta kohden. Valtioneu-  
voston asetuksen raja-arvon ylittävä päästön mah-  
dollisuus tulee olla pienempi kuin kerran 2 000 000  
reaktorin käyttövuotta kohden.

Rakentamis- ja käyttöluvahakemuksen yhteydessä  
tehdään yksityiskohtaiset turvallisuusanalyysit, joil-  
la osoitetaan edellä esitettyjen vaatimusten täytty-  
minen.

### 3.4 Ympäristövaikutusten analysointimenetelmät

Radioaktiivisten aineiden kulkeutumisen arvioimi-  
seen vesiympäristössä, ilmakehässä ja ravintoket-  
juissa on käytettävissä vakiintuneita laskentamalle-  
ja. Niiden avulla voidaan ympäristön säteilyannok-  
set laskea mitattujen ja ennakoitujen päästömäärien  
avulla. Mallit ottavat huomioon kaikki tärkeät altis-  
tusreitit, joiden kautta päästöjen radioaktiiviset ai-  
neet voivat vaikuttaa ihmiseen. Malleissa tarvittavat  
ympäristöä ja asukkaiden elintapoja koskevat tiedot  
on selvitetty ydinvoimalaitoksen ympäristön paikal-  
lisilla tutkimuksilla. Tarvittava meteorologinen data  
saadaan laitospaikan säämaston mittauksista.

Viime vuosikymmenien aikana on kansainvälisesti  
tutkittu myös säteilyn vaikutuksia luontoon. Vaiku-  
tusten arviointia varten on kansainvälisesti kehitetty  
menettelyjä, joilla voidaan arvioida säteilyannoksia  
eliöille ja vaikutuksia eri eliölajeille. Menettelyjä on  
sovellettu Loviisan suunnitellun uuden ydinvoima-





laitosyksikön ympäristövaikutusten arvioinnissa.

Laskentamalleilla pyritään kuvaamaan todellisuutta yksinkertaisilla ja ymmärrettävillä tavoilla, sillä teoreettisilla malleilla todellisuuden täydellinen kuvaaminen ei ole mahdollista. Tämän vuoksi laskennassa valitaan numeroarvot konservatiivisesti, eli epävarmoissa tilanteissa valitaan päästöistä aiheutuvaa annosta suuremmaksi arvioiva lukuarvo. Näin varmistetaan, että annoslaskumalleihin ja ympäristön ilmiöihin liittyvien epävarmuuksien vaikutus ei johda säteilyannoksien aliarviointiin.

### 3.5 Toimenpiteet ympäristövaikutusten vähentämiseksi

Normaalin käytön ja käyttöhäiriöiden aiheuttamat radioaktiivisten aineiden päästöt rajoitetaan puhdistusjärjestelmillä mahdollisimman pieniksi.

Korkeaa turvallisuuskulttuuria noudattavalla suunnittelulla ja käytöllä sekä moninkertaisilla turvallisuusjärjestelmillä pyritään estämään onnettomuustilanteet ja toisaalta mahdollisessa onnettomuustilanteessa rajoittamaan radioaktiivisten aineiden pääsy ympäristöön. Lisäksi varaudutaan toimintaan tilanteessa, jossa ympäristöön on päässyt merkittäviä määriä radioaktiivisia aineita. Fortumilla on häiriö- ja hätätilanteita varten ennalta nimetty valmiusorganisaatio, joka muodostuu tehtäviinsä koulutetuista voimalaitoksella työskentelevistä henkilöistä. Onnettomuustilanteessa valmiusorganisaatio tekee tarvittavat ilmoitukset ja hälytykset ja ryhtyy toimiin tilanteen hallitsemiseksi. Valmiusorganisaatio vastaa mahdollisten päästöjen arvioinnista, toimenpiteistä päästöjen rajoittamiseksi, korjaustoiminnasta, tiedotuksesta ja muista tilanteessa voimalaitoksella tarvittavista toimenpiteistä. Valmiusorganisaatio harjoittelee toimintaansa ja yhteydenpitoa muihin toimijoihin vuosittain. Kolmen vuoden välein järjestetään suurempi säteilyonnettomuusharjoitus, jonka päätarkoituksena on harjoitella yhteistoimintaa niiden pelastusviranomaisten kanssa, jotka mahdollisessa ydinvoimalaitoksen onnettomuus-

tilanteessa huolehtivat tarpeellisten väestönsuojelutoimenpiteiden toteuttamisesta.

### 3.6 Tarkkailuohjelma

Ydinvoimalaitoksen päästöjä valvotaan voimalaitosyksikkö- ja päästöreitikohtaisesti jatkuvatoimisin mittauslaittein sekä näytteenotoilla. Päästöjä ilmaan tapahtuu ilmastointipiipusta ja mahdollisesti vähäisessä määrin turbiinirakennuksen ilmastoinnin kautta. Mereen aktiivisuutta päästetään tarkastussäiliöistä. Mikäli vesi ei ole riittävän puhdasta, se johdetaan uudelleen käsiteltäväksi. Myös oheislaitokset, kuten vähä- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen loppusijoitustila, käytetyn polttoaineen varasto ja nestemäisten jätteiden kiinteytyslaitos ovat voimalaitoksen päästötarkkailun piirissä.

Loviisan voimalaitokselle on laadittu Säteilyturvakeskukseen hyväksymä ympäristön säteilyvalvontaohjelma, jonka tulokset raportoidaan Säteilyturvakeskukseen neljännesvuosittain ja vuosittain. Säteilyvalvontaohjelma sisältää muun muassa ulkoisen säteilymittauksen sekä hengitysilmän ja ihmiseen johtavien ravintoketjujen eri vaiheita edustavien näytteiden aktiivisuuden määrittämiä. Säteilyvalvontaohjelman lisäksi tehdään ihmisen kehonsisäisen aktiivisuuden määrittämiä. Ohjelman sisältö tarkastetaan tarvittaessa, kuitenkin vähintään viiden vuoden välein.

Nykyinen säteilyvalvontaohjelma käsittää vuosittain yli 300 analyysiä näytteistä, joita otetaan useista eri paikoista ja eri vuodenaikoina. Näytteitä otetaan indikaattoriorganismeista, ilmasta, vedestä ja ihmisen ravintoketjun eri osista. Näytteet analysoi Säteilyturvakeskus. Mikäli näytteissä esiintyy poikkeuksellisia aktiivisuuspitoisuuksia, ohjelman sisältöä tai näytteenottotiheyttä laajennetaan. Lähiympäristön asukkaiden kehonsisäisen aktiivisuuden mittauksilla varmistetaan, ettei ympäristön asukkaille ole olemassa merkittäviä tunnistamattomia altistusreittejä.

Ympäristön säteilyvalvonnassa käytetyillä menetelmillä havaitaan luonnon radioaktiiviset aineet ja maassamme tai maamme ulkopuolella tapahtuneet





Kuva 12-1. Ympäristövaikutusten arvioinnissa tarkasteltuja ottoalueita (O1, O2, O3) ja purkualueita (P1, P2, P3) sekä jäähdytysveden otto- ja purkupaikkavaihtoehtoja.

pienetkin päästöt, mikä osoittaa järjestelmän hyvää havaitsemisherkkyyttä.

Uuden voimalaitosyksikön rakentaminen ei muuta päästöjen ja ympäristön säteilyvalvontaa oleellisella tavalla.

## 4 Jäähdytys- ja jätevesien aiheuttama kuormitus

### 4.1 Kuormitus

Uusi pelkästään sähköntuotantoon käytettävä voimalaitosyksikkö tarvitsee tehosta riippuen 40–70 m<sup>3</sup>/s merivettä turbiinilauhduttimien sekä erilaisten laitteiden, öljyjen ja kemikaalien jäähdytykseen. Lauhduttimista jäähdytysvesi johdetaan 8–12 °C lämmentyneenä takaisin mereen aaltoilutilan kautta jo-

ko poistokanavaa tai jäähdytysveden purkutunnelia pitkin. Mikäli uudessa voimalaitosyksikössä tuotetaan sähkön ohella lämpöä, vaihtelee mereen johdettava lämpökuorma lämmön tuotannon mukaan. Talvella lämmitystarpeen ollessa suurimmillaan lämpökuormitus mereen on pienimmillään. Kesäaikaan lämmitystarvetta ei juuri ole, jolloin suurempi osuus lämmöstä johdetaan mereen. Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto kasvattaa merkittävästi uuden voimalaitosyksikön kokonaishyötysuhdetta.

Vuosihuollon aikana uusi voimalaitosyksikkö tarvitsee jäähdytysvettä neljästä kuuteen kuutiometriä sekunnissa polttoaineen jälkilämmön poistamista varten.

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä selvitettiin useita erilaisia jäähdytysveden otto- ja purkuvaihtoehtoja. Uuden voimalaitosyksikön jäähdytysveden vaihtoehtoisiksi ottoalueiksi on rajattu kolme





Loviisan nykyiset voimalaitosyksiköt eivät ole haitanneet lähi-alueen asukkaiden alueen vapaa-ajankäyttöä.

aluetta, lähiotto Hudöfjärdenistä (O1) ja kaksi kauko-ottoa Vådholmsfjärdenistä (O2, O3). Myös purkualueiksi on rajattu kolme aluetta, lähipurku Hästholmsfjärdeniin (P1) ja kaksi kauko-purkua Vådholmsfjärdeniin (P2, P3). Vaihtoehdot ja niiden valintaperusteet on kuvattu ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa. Jäähdytysveden otto- ja purkualueet sekä mahdollisia otto- ja purkupaikkoja on esitetty *kuvassa 12-1*.

Ympäristövaikutusten arvioinnissa on selvitetty jäähdytysvesien lämpökuorman vaikutuksia rehevöitymiseen, kalastukseen, muuhun virkistyskäyttöön ja esimerkiksi jääolosuhteisiin. Eri otto- ja purkupaikkoja on arvioitu erikseen. Voimalaitoksen lähellä sijaitsevat Natura-alueet on otettu huomioon ympäristövaikutusten arvioinnissa.

Jätevesillä tarkoitetaan jäähdytysveden käsitellyssä ja prosessiveden (täyssuolanpoistetun veden) valmistuksessa syntyviä jätevesiä, pesulan jätevesiä, talousjätevesiä sekä sade- ja perusvesiä. Jätevedet käsitellään asianmukaisesti mekaanisin, biologisin tai kemiallisin keinoin. Jäähdytysveden ottorakenteiden pesussa käytettävästä vedestä poistetaan kiintoainees (kalat, levät ym.) kompostoitavaksi ennen vesien mereen johtamista. Prosessivedet neutraloidaan, öljyä tai kemikaaleja sisältävät vedet puhdistetaan ja mahdollisesti radioaktiivisuutta si-

sältävien vesien aktiivisuuspitoisuutta valvotaan, ja tarvittaessa vedet käsitellään asianmukaisesti. Uuden voimalaitosyksikön käytön aikaiset talousjätevedet käsitellään joko voimalaitossaarelle rakennettavassa uudessa jätevedenpuhdistamossa, voimalaitoksen nykyisessä jätevedenpuhdistamossa, jota laajennetaan, tai Loviisan kaupungin jätevedenpuhdistamossa. Uuden voimalaitosyksikön käytön aikana talousjätevesiä syntyy arviolta 10 000–15 000 m<sup>3</sup> vuodessa. Uuden voimalaitosyksikön rakentamisen aikana jätevesiä kertyy enemmän. Ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä on arvioitu lisääntyvän jätevesikuormituksen vaikutukset merialueen veden laatuun ja rehevöitymiseen.

## 4.2 Kuormituksen ympäristövaikutukset

Jäähdytysveden kauko-ottovaihtoehdoissa uuden voimalaitosyksikön jäähdytysvesi otetaan syvemältä kuin lähiottovaihtoehdoissa. Kesällä kauko-ottovaihtoehdoissa otettavan jäähdytysveden lämpötila on alhaisempi kuin lähiottovaihtoehdoissa. Tästä syystä takaisin mereen purettavan jäähdytysveden lämpötila on kesällä kauko-ottovaihtoehdoissa alhaisempi, jopa alle Hästholmenia ympäröivän merialueen pintalämpötilan. Talvikaudella lämpötilan vaihtelut syvyysuunnassa ovat pienempiä, joten lähi- ja kauko-ottovaihtoehdot ovat lämpötiloiltaan lähellä toisiaan. Lähiotto–kaukopurkuvaihtoehdoissa sulan tai heikon jään alue on laajempi kuin kauko-otto–lähipurkuvaihtoehdoissa.

Lähipurkuvaihtoehdoissa vaikutukset kohdistuvat pienemmälle alueelle, ainoastaan Hästholmsfjärdenille, ja kaukopurkuvaihtoehdoissa laajemmalle alueelle Vådholmsfjärdenille. Ympäristövaikutusten arvioinnissa vaihtoehtojen vaikutukset veden laatuun, pohjajeläimistöön, vesikasvillisuuteen, kalastoon ja kalatalouteen on arvioitu ja todettu, että muutokset eivät ole merkittäviä nykytilaan verrattuna.

Lisääntyvän jätevesikuormituksen vaikutukset merialueen veden laatuun ja rehevöitymiseen jäävät vähäisiksi, eikä niitä voida erottaa muun alueelle tulevan kuormituksen vaikutuksista.

## 4.3 Ympäristövaikutusten analysointimenetelmät

Lämpimän jäähdytysveden vaikutuksia Hästholmenia ympäröivän merialueen lämpötilaan ja jäätilan teeseen on tarkasteltu kolmiulotteisella virtausmallilla. Jäähdytysvesimalli kattaa Hästholmenia ympäröivän merialueen noin 10 km etäisyydeltä. Lämpimien jäähdytysvesien leviäminen on mallinnettu vakiona pysyvissä sääolosuhteissa ja eri vaihtoehtoja on tarkasteltu tasapainotilanteissa. Laskentamallilla on tarkasteltu jäähdytysveden vaikutuksia kesä- ja



talvikaudella eri otto- ja purkupaikkavaihtoehdoissa. Kullekin tilanteelle on laskettu nykytilannetta kuvaava tapaus sekä tapaus, jossa uuden ydinvoimalaitoksen vaikutus on otettu huomioon. Mallin perusteella voidaan arvioida lämpimän veden vaikutusalueen laajuutta, jäähdytysveden oton ja purun vaikutusta virtauksiin ja esimerkiksi jäättömän tai heikon jään alueen kokoa talviaikaan. Virtauslaskentamallilla saatujen tulosten perusteella on arvioitu jäähdytysveden vaikutuksia veden laatuun, ekologiaan, kalastoon ja kalatalouteen sekä vesistön käyttöön.

Syntyvien jätevesien määrät on arvioitu uuden voimalaitosyksikön alustavien suunnitelmien sekä käytössä olevien voimalaitosyksiköiden kokemusten perusteella.

#### 4.4 Toimenpiteet ympäristövaikutusten vähentämiseksi

Uuden ydinvoimalaitosyksikön jäähdytysveden aiheuttamia paikallisia haitallisia vaikutuksia voidaan joko ohjata tai lieventää teknisillä ratkaisuilla.

Jäähdytysveden ottopaikan rakenteet suunnitellaan niin, että veden virtausnopeus rakenteiden ulkopuolella on mahdollisimman pieni. Alhainen virtausnopeus vähentää voimalaitokselle tulevan kalan ja vesikasvillisuuden määrää. Jäähdytysveden ottorakenteiden suunnittelussa ja rakentamisessa varaudutaan jäähdytysveden ottoa vaikeuttaviin ilmiöihin, kuten levien tai muun materiaalin ja alijäähtyneen veden aiheuttamaan tukkeutumiseen.

Jäähdytysvettä voidaan ottaa eri syvyyksiltä vuodenajasta riippuen, veden vaihtuvuutta lähialueilla voidaan pyrkiä tehostamaan teknisin ratkaisuin, jäähdytysvesien haittavaikutukset voidaan keskittää pienelle alueelle tai jäähdytysvettä voidaan osittain purkaa syvänteisiin ja siten ehkäistä happikadon syntymistä syvänteissä. Vaihtoehtoja on useita. Niistä päätetään uuden voimalaitosyksikön suunnitteluvaiheessa.

Tehokas ja uuden voimalaitosyksikön kokonaisyötyysuhdetta parantava keino lieventää lämpimän jäähdytysveden ympäristövaikutuksia on yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto. Vesistöön johdettu lämpökuorma ja voimalaitosyksikön kokonaisyötyysuhde riippuvat sähkön ja lämmön tuotanto-osuudesta. Teknisesti kaukolämpöratkaisun toteuttaminen on mahdollista.

Merkittävän ympäristöhyödyn saavuttaminen vaatii lämmön hyötykäyttöä suuressa mittakaavassa, esimerkiksi pääkaupunkiseudulla kaukolämpönä. Muu hyötykäyttö esimerkiksi kasvihuoneissa, kalanviljelyssä tai kylpylöissä ei kuluta niin paljon lämpöä, että sillä olisi käytännön merkitystä mereen johdetun lämpökuorman kannalta. Yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon suurin hyöty saavutetaan

talvikaudella, kun kaukolämmöntarve on suuri. Mereen johdettu lämpömäärä vähenee suhteessa tuotettuun lämpöön. Kesäkaudella kaukolämpöä käytetään pääasiassa käyttöveden lämmittämiseen, jolloin vaikutus mereen johdettavaan lämpömäärään on selvästi talvikautta pienempi.

Syntyvien jätevesien määrä minimoidaan veden käytön suunnittelulla ja kierrätyksellä. Syntyvät jätevedet käsitellään mekaanisin, biologisin tai kemiallisin keinoin tai näiden yhdistelmillä riippuen jätevesien laadusta. Uuden voimalaitosyksikön jätevesien käsittelystä laaditaan suunnitelma, joka lähetetään Länsi-Suomen ympäristölupavirastoon hyväksyttäväksi.

#### 4.5 Tarkkailuohjelma

Voimalaitokselta mereen johdettavien jäähdytys- ja jätevesien määrää, laatua ja vesistövaikutuksia tarkkaillaan Uudenmaan ympäristökeskuksen hyväksymällä tavalla.

Jäähdytysveden määrää seurataan merivesipumpujen käyttöaikojen ja tuoton perusteella. Merestä otettavan ja sinne johdettavan jäähdytysveden lämpötilaa mitataan jatkuvasti. Mittausten perusteella lasketaan jäähdytysveden lämpötilan nousu lauhduttimissa, jäähdytysveden virtaama sekä vesistöön johdettu lämpömäärä.

Jäteveden määrän seuranta perustuu jäteveden puhdistuslaitoksen mittauksiin. Jätevesitarkkailussa seurataan muun muassa vesistöön johdettavien ravinne- ja kiintoaineiden sekä biologisesti happea kuluttavien aineiden määriä.

### 5 Muut ympäristövaikutukset

Suunniteltu uusi ydinvoimalaitosyksikkö sijoittuu alueelle, jolla sijaitsee jo kaksi käytössä olevaa ydinvoimalaitosyksikköä. Alueen maisemakuva muuttuu, kun saarelle sijoittuu uusi ydinvoimalaitosyksikkö. Rakentamisen aikana näkyvimpiä maisemavaikutuksia aiheuttavat työmaan nostokurjet.

Uuden voimalaitosyksikön rakentamisessa ja käytössä hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan olemassa olevaa infrastruktuuria. Joiltakin osin olemassa olevia toimintoja ja rakenteita, kuten voimalaitoksen liitintä valtateidenverkko ja tieyhteyksiä, vahvistetaan uuden voimalaitosyksikön rakentamisen yhteydessä.

Liikennemäärät Häsholmeniin vievällä tiellä lisääntyvät. Liikenne on vilkkaimmillaan rakentamisen neljäntenä vuotena. Tästä aiheutuu paikallista melu- ja pölyhaittaa voimalaitokselle vievien liikenneväylien lähistöllä. Myös liikenteen päästöt lisääntyvät. Meluvaikutusten rajoittamiseksi raskaan liikenteen lii-

kennöinti ajoitetaan mahdollisuuksien mukaan arkipäiville klo 7–21. Erikoiskuljetukset pyritään ajoittamaan arki liikenteen huippujen ulkopuolelle.

Uuden voimalaitosyksikön rakentaminen aiheuttaa paikallista meluhaittaa ympäröivässä saaristossa noin 700 metrin etäisyydellä. Lisäksi rakentamisen yhteydessä esiintyy paikallista pölyhaittaa.

Hästholmenille vievän laivaväylän, purku- ja lastauspaikan sekä jäähdytysvesirakenteiden ja -tunnelien rakentaminen aiheuttaa paikallista veden samentumista ja karkottaa tilapäisesti kaloja alueilta, joihin vaikutukset ulottuvat. Purku- ja lastauspaikan rakentaminen vaikuttaa myös maisemakuvaan.

Uuden voimalaitosyksikön rakentaminen tukee Loviisan seudun elinkeinoelämän ja palvelurakenteen kehittymistä. Uusi ydinvoimalaitosyksikkö työllistää noin 250 henkilöä ja vaikuttaa positiivisesti Loviisan kaupungin yhteisö- ja kiinteistöverotuloihin sekä ympäröivän seudun tuloverokertymään. Voimalaitosyksikön rakentamisen aikana vaikutukset työllisyyteen ovat merkittäviä ja palvelujen kysyntä lisääntyy. Samoin asuntojen kysyntä kasvaa ja sosiaalinen elämä vilkastuu. Järjestyhäiriöiden mahdolliseen lisääntymiseen rakennusaikana ja muihin haitallisiin sosiaalisiin vaikutuksiin ja niiden lieventämiseen pyritään varautumaan etukäteen. Tilapäisen työvoiman aiheuttamiin sosiaalisiin ongelmiin ja monikulttuurisuuden varautumalla voidaan minimoida kielteisiä vaikutuksia. Alkoholin suhteen ydinvoimalaitoksen työmaalla sovelletaan nollatoleranssia.

Uuden ydinvoimalaitoksen käytetty polttoaine sijoitetaan Olkiluotoon suunnitella olevaan käytetty ydinpoltoaineen loppusijoitustilaan. Uuden voimalaitosyksikön vähä- ja keskiaktiiviset jätteet sijoitetaan Hästholmenin saarella sijaitsevaan voimalaitosjätteen loppusijoitustilaan, jota laajennetaan vastamaan uuden laitosisyksikön tarvetta.

Asianmukaisesti toteutettu tavanomaisen jätteen ja kemikaalien käsittely ei vaikuta ympäristöön. Jätehuollon haittoja lievennetään kierrättämällä suuri osa jätteestä ja toimittamalla tavanomaiset ja ongelmajätteet jätehuoltoyhtiöille, joilla on toimintaansa asianmukaiset luvat. Kemikaalien- ja öljyjen kuljetuksessa, käsittelyssä ja varastoinnissa on häiriö- ja vahinkotilanteisiin varauduttu viemäroinnin, suoja-alden, hälytysautomaatiikan sekä toimintasuunni-

telmien ja -ohjeiden avulla. Uuden voimalaitosyksikön käytön ja rakentamisen aikana henkilökunta koulutetaan minimoimaan kemikaalien aiheuttamat työturvallisuus- ja ympäristöriskit.

## 6 Johtopäätökset

Loviisan ydinvoimalaitoksen laajentamisesta kolmannella voimalaitosyksiköllä on tehty kattava ympäristövaikutusten arviointi lainsäädännön vaatimusten mukaisesti. Ympäristövaikutusten arvioinnissa on arvioitu hankkeen koko elinkaaren ympäristövaikutukset. Ympäristövaikutusten arvioinnissa on myös annettu suunnitellun sijaintipaikan lähiseudun asukkaille tietoa suunnitellusta hankkeesta ja mahdollisuus lausua mielipiteensä hankkeesta. Ympäristön asukkaat ja muut lausunnon antajat ovat tuoneet esille ympäristönäkökohtia, jotka ovat tarkentaneet ympäristövaikutusten arvioinnin sisältöä ja jotka osaltaan ohjaavat jatkosuunnitelmien tekemistä. Yhteysviranomaisena toiminut työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) on koonnut hankkeesta annetut mielipiteet ja lausunnot ja ottanut ne huomioon omassa lausunnossaan.

Ympäristövaikutusten arvioinnissa ydinvoimalaitosyksikön rakentamisesta tai käytöstä ei todettu aiheutuvan mitään niin merkittäviä kielteisiä ympäristövaikutuksia, että niitä ei voisi hyväksyä tai lieventää hyväksyttävälle tasolle. Radioaktiivisten päästöjen rajoittamisessa sovelletaan eristysperiaatetta ja kaikissa tilanteissa päästöt rajoitetaan lainsäädännön asettamien vaatimusten mukaisesti. Paikallisella tasolla voimalaitosyksiköllä on joitakin haitallisia vaikutuksia, kuten jäähdytysveden lämpökuormitus. Vaikutus on kuitenkin paikallinen, eikä sen katsota aiheuttavan kohtuutonta haittaa. Selvityksiä haitan vähentämiseksi jatketaan hankkeen jatkovalmistelun yhteydessä. Tehokas mereen kohdistuvan lämpökuorman vähentämiskeino olisi toteuttaa ydinvoimalaitosyksikkö yhdistettynä sähkön ja lämmön tuotantolaitoksena. Teknisesti vaihtoehto on toteutettavissa. Edellytyksenä on lämmön riittävän laajamittainen hyödyntäminen esimerkiksi pääkaupunkiseudun kaukolämpönä.

Muut rakentamisen ja käytön aikaiset ympäristövaikutukset ovat vähäisiä tai tehokkaasti lievennettävissä. ●

## Liitteen 12 tiivistelmä

### Ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain mukaisesti laadittu arviointiselostus sekä selvitys suunnitteluperusteista, joita hakija aikoo noudattaa ympäristövahinkojen välttämiseksi ja ympäristörasituksen rajoittamiseksi

- Ympäristövaikutusten arviointi on kokonaisuudessaan tehty ja siitä on saatu yhteysviranomaisen lausunto. Lausunnossa todetaan, että arviointi on riittävän kattava ja lain mukainen.
- Arvioinnissa tarkasteltujen ympäristönäkökulmien perusteella hanke voidaan toteuttaa.
- Yhteysviranomaisen edellyttämät lisäselvitykset on tehty. Lisäselvitykset liittyivät pääosin jäähdytysvesien aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin sekä yhdistetyn sähkön ja kaukolämmön tuotannon aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin.
- Jäähdytysvedet aiheuttavat paikallisen ympäristövaikutuksen, mutta Suomenlahden tilaan niillä ei ole vaikutusta. Kaikki muut päästöt ovat käytännössä merkityksettömiä.
- Voimalaitosyksikön valmistumisen jälkeen jäähdytysvesien ympäristövaikutuksia seurataan Uudenmaan ympäristökeskuksen edellyttämällä tavalla.



# 13









# LIITE 13

## Pääpiirteinen suunnitelma ydinpolttoainehuollosta

### SISÄLTÖ

1 YLEISTÄ .....	120
2 UUDEN VOIMALAITOSYKSIKÖN YDINPOLTTOAINE- TARVE JA KÄYTTÖSTRATEGIA .....	120
3 YDINPOLTTOAINEEN HANKINTA .....	121
3.1 Hankintamenettelyt .....	121
3.2 Uraanivarat ja saatavuus .....	121
3.3 Ydinpolttoaineen valmistus .....	122
3.4 Kuljetukset ja tuoreen polttoaineen varastointi .....	123
4 YDINPOLTTOAINEEN HANKINNAN KUSTANNUKSET ...	124
5 POLTTOAINE REAKTORISSA .....	124

### 1 Yleistä

Tässä liitteessä kuvataan uuden ydinvoimalaitosyksikön tuoreen, eli käyttämättömän polttoaineen huoltoa koskevat menettelyt. Käytetyn ydinpolttoaineen huolto kuvataan *liitteessä 14*. Ydinpolttoaineen elinkaari eli ydinpolttoainekierto on esitetty *kuvassa 13-1*.

Uusi ydinvoimalaitosyksikkö käyttää polttoaineenaan tyypillistä kevytvesireaktoriin tarkoitettua ydinpolttoainetta. Eri kevytvesireaktorityyppien (PWR, BWR) polttoaine on oleellisilta osin samankaltaista. Ydinpolttoaine valmistetaan polttoainepiikiksi, jotka ovat pienimpiä voimalaitoksella käsiteltäviä polttoaineyksiköitä. Polttoainepiikki sisältää tyypistä riippuen noin 100–300 polttoainesauvaa. Polttoainesauva on hermeettisesti suljettu zirkoniumseoksesta valmistettu putki, jonka sisällä on uraanioksidipellettejä. Käytettävä uraani on 3–5 % väkevöityä uraani-isotoopin <sup>235</sup>U suhteen.

Plutoniumia sisältävien niin sanottujen sekaoksidipolttainoiden (MOX) käyttö ydinvoimalaitosten polttoaineena on teknisesti mahdollista. Suomessa ei ole kuitenkaan saatavilla omaa jälleenkäsittelykapasiteettia, eikä lainsäädäntömme myöskään salli ydinpolttoaineen maastavienttiä jälleenkäsittelyä varten, joten MOX-polttoaineen käyttö ei ole nykyisellään käytännössä mahdollista.

Ydinpolttoaineen valmistus on monivaiheinen prosessi, joka voidaan jakaa seuraaviin päävaiheisiin:

- raakauraanin tuotanto (louhinta ja rikastus)
- konversio ja isotooppiväkevöinti
- polttoainepiikkejä valmistus.

### 2 Uuden voimalaitosyksikön ydinpolttoainetarve ja käyttöstrategia

Loviisan kahden nykyisen voimalaitosyksikön vuotuinen polttoainetarve on noin 25 tonnia väkevöityä uraania. Uuden voimalaitosyksikön osalta polttoainetarpeen on arvioitu olevan vuosittain 20–40 uraani-





Kuva 13-1. Ydinpolttoaineen elinkaari eli ydinpolttoainekierto.

tonnia, jonka tuottamiseen tarvitaan 170–250 tonnia raakauraa.

Taloudellisuusnäkökohtien takia hankittu uraani pyritään käyttämään mahdollisimman tehokkaasti. Tyyppillisesti vuoden välein tapahtuva polttoaineen vaihto ja uudelleensijoittelu reaktoriin toteutetaan siten, että ydinreaktioita ylläpitävä neutronitalous on paras mahdollinen. Lisäksi uusien, entistä kookkaampien ydinvoimalaitostyyppien reaktorisydämet ovat verraten suuria, minkä vuoksi niiden neutronitalous on jo luontaisesti parempi kuin pienempien laitostyyppien.

Uusien ydinpolttoainetyyppien kehityksen ja laajojen ydinpolttoainetutkimusten myötä polttoaineesta saatavaa energiamäärää, ns. poistopalamaa, on mahdollista kasvattaa tulevaisuudessa nykyisestään. Tällöin vaihtoseisokissa lisättävien uusien polttoainenuppujen määrä vähenee.

### 3 Ydinpolttoaineen hankinta

#### 3.1 Hankintamenettelyt

Ydinvoimalaitoksen käyttämä polttoaine voidaan hankkia joko valmiina polttoainenuppuina tai ostamalla raakauraa ja kukin polttoaineen valmistusketjun vaihe erikseen. Nykyisten voimalaitosyksiköiden polttoaineen Fortum hankkii venäläiseltä TVEL:ltä kokonaistoimituksena, eli polttoaine ostetaan valmiina polttoainenuppuina.

Uuden voimalaitosyksikön polttoainehankinnat valmistaudutaan toteuttamaan hajautetusti eli kilpailuttamalla raakauraa, konversiota, väkevöintiä ja polttoainenuppujen valmistusta koskevat hankinnat. Näin saadaan aikaan laajaa kilpailua ja toimituksia jakamalla riittävä toimitusvarmuus. Menettelyn perusteella on mahdollista valita myös erilaajuisia kokonaistoimituksia. Hankintavarmuuden kan-

nalta on tarkoituksenmukaista varmistua siitä, että markkinoilla on saatavilla riittävästi vaihtoehtoisia valmistuskapasiteettia. Polttoainetta pyritään myös pitämään varmuusvarastossa yhden vuoden tarpeen verran ja tarvittaessa enemmänkin.

Loviisa 3 -ydinvoimalaitosyksikön polttoaine hankitaan toimittajilta, joiden koko hankintaketju on laatu-, ympäristö- ja turvallisuussertifioitu. Lisäksi edellytetään, että polttoaineen hankintaketjun kaikki vaiheet täyttävät kansalliset viranomaisvaatimukset ja kansainväliset suositukset. Fortum Power and Heat Oy varmistaa omilla laadunvarmistusmenetel-lyillä, että vaatimukset täyttyvät.

#### 3.2 Uraanivarat ja saatavuus

Uraanin yleisyydestä johtuen uraanivarat riittävät pitkälle tulevaisuuteen. Uraanivarojen riittävyys riippuu taloudellisesti kannattavan uraanituotannon kustannustasosta. Mitä kalliimpia vaihtoehtoiset energiamuodot ovat, sitä kalliimmalla uraanipolttoainetta kannattaa tuottaa ja sitä suuremmat käytettävissä olevat uraanivarat ovat. Tunnetut uraanivarat ovat 5 500 000 tonnia. Lisäksi perinteisin menetelmin louhittavia, löytämättömiä varoja arvioidaan olevan 10 500 000 tonnia. Näiden lisäksi fosfaattiesiintymien yhteydessä on suhteellisen edullisesti hyödynnettävissä olevia uraanivaroja näitäkin enemmän, 22 000 000 tonnia. Uraanin vuotuinen tuotantomäärä on asettunut tällä hetkellä noin 40 000 tonniin.

Maailman ydinvoimalaitosten tämänhetkinen vuotuinen raakauranitarve on noin 65 000 tonnia, josta luonnonuraanin uustuotanto kattaa noin kaksi kolmasosaa. Loput markkinoiden uraanin tarpeesta tyydytetään tyhjentämällä varastoja, jälleenkäsittelemällä käytettyä ydinpolttoainetta ja laimentamalla aseuraania. Aseuraania on laimennettu Venäjän ja Yhdysvaltojen välisellä sopimuksella ydinreaktorien



**Nykyisellä kulutuksella maailman uraanivarat riittävät useaksi sadaksi vuodeksi.**



**Huoltovarmuus paranee, sillä ydinpolttoaineen varastointi on vähän tilaa vievää.**

polttoaineeksi jo toistakymmentä vuotta.

Tulevaisuudessa ydinvoimatuotantoon tarvittavan uraanimäärän on arvioitu kasvavan 81 000 tonniin vuoteen 2020 mennessä ja noin 110 000 tonniin vuoteen 2030 mennessä. Näillä kulutustasoilla uraanivarat riittävät useaksi sadaksi vuodeksi.

Kahdeksan suurinta uraanin tuottajamaata tuottavat yli 90 % maailman kaikesta uraanista. Ylivoimaisesti merkittävimmät uraanin tuottajamaat vuonna 2007 olivat Kanada, Australia ja Kazakstan, jotka tuottivat 60 % maailmalla tuotetusta uraanista. Suurimpia tunnettuja uraanivaroja on näiden lisäksi Venäjällä, Etelä-Afrikassa, Yhdysvalloissa, Brasiliassa, Namiabiassa, Nigerissä ja Ukrainassa.

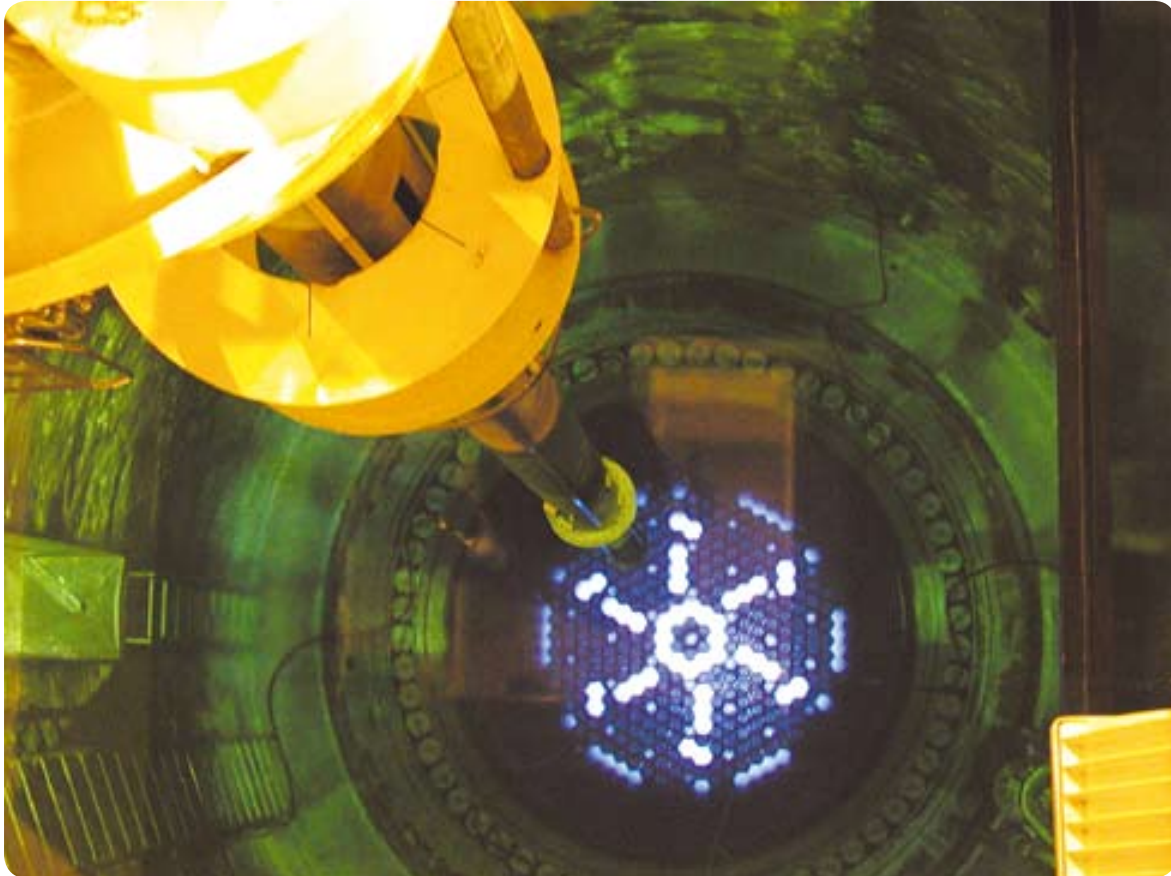
### 3.3 Ydinpolttoaineen valmistus

Ydinpolttoaineen valmistus käsittää monia kemiallisia ja mekaanisia vaiheita. Ensimmäinen vaihe on raakauraanin tuottaminen. Noin 41 % uraanista saadaan maanalaisista kaivoksista, 26 % maanalaisen nesteuuton avulla, 24 % avolouhoksista ja 9 % muiden kaivostuotteiden, kuten kullan, kuparin tai fosfaatin louhinnan sivutuotteena. Kaivosalueen rikastamossa raa-

kauraani saatetaan oksidimuotoon ( $U_3O_8$ ) ja kuljetetaan jatkojalostusta varten konversiolaitokselle. Siellä raakauraanin sisältämät epäpuhtaudet poistetaan samalla kun siitä muodostetaan uraaniheksafluoridia.

Tämän jälkeen uraani väkevöidään hyödyntämällä uraani-isotooppien välisiin massaeroihin perustuvaa prosessia, jonka lopputuloksena saadaan reaktorikäyttöön sopivaa fissiokelpoista uraanimateriaalia. Väkevöinti voidaan toteuttaa joko kaasudiffuusio- tai sentrifugimenetelmällä. Sentrifugimenetelmä on syrjäyttämässä kaasudiffuusion perustuvan väkevöinnin, sillä sen energiakulutus on huomattavasti pienempi. Väkevöintipalveluja on saatavilla muun muassa Ranskasta (AREVA NC), Venäjältä (Rosatom/TENEX), kolmessa EU-maassa toimivalta Urencolta sekä USECilta Yhdysvalloista.

Väkevöinnin jälkeen polttoainetta jatkojalostetaan siten, että isotoopin  $^{235}U$  suhteen väkevöity uraaniheksafluoridi muutetaan uraanidioksidijauheeksi. Tästä valmistetaan pellettejä, jotka asennetaan zirkoniumseoksesta valmistettujen suojakuoriputkien sisään. Seuraavaksi näin saadut polttoainesauvat kootaan satoja sauvoja käsittäviksi polttoainepiikiksi. Loviisan nykyisille voimalaitosyksiköille toi-



Ydinpolttoaineen osuus ydinsähkön hinnasta on noin 15 %, johon sisältyy myös käytetyn polttoaineen loppusijoitus.

mitettua polttoainetta tai sen osakomponentteja on valmistettu muun muassa Tšekissä, USA:ssa, Iso-Britanniassa, Espanjassa ja Venäjällä.

Polttoainerippujen valmistusta myyvät sekä reaktoritoimittajat (aloituspolttoaine) että erilliset polttoainetoimittajat (täydennyspolttoaine). Viime aikoina ydinpolttoaineen valmistus on enenevässä määrin keskittynyt muutamalle suurelle, useassa eri maassa toimivalle polttoainetoimittajalle. Näihin kuuluvat muun muassa ranskalais-saksalainen AREVA NP, venäläinen TVEL, amerikkalainen GNF sekä japanilais-amerikkalaisessa omistuksessa oleva Westinghouse, jolla on valmistuskapasiteettia myös Ruotsissa. Lisäksi eurooppalaisista toimijoista espanjalainen ENUSA on viime vuosina kehittänyt ja laajentanut toimintaansa voimakkaasti.

Fortum suorittaa ydinpolttoainetoimintoja koskevan laatu- ja turvallisuuspolitiikkansa mukaisesti säännöllisesti polttoainetoimittajiensa laadunhallintajärjestelmien auditointeja. Näiden arviointien yhteydessä kiinnitetään huomiota muun muassa toimittajien ympäristö- ja laadunhallintajärjestelmiin ja niiden toimivuuteen. Lisäksi Fortum valvoo säännöllisesti polttoainerippujen valmistusta polttoainetehtailla, joihin

asiantuntijaryhmä tekee vuosittain kahdesta neljään laadunvalvontakäyntiä.

### 3.4 Kuljetukset ja tuoreen polttoaineen varastointi

Polttoainekierron eri vaiheiden väliset kuljetukset tapahtuvat valvottuina meri-, rautatie- ja maantiekuljetuksina erikoissäiliöitä ja normaalia kuljetuskalustoa käyttäen. Suurin kuljetuskapasiteetti vaaditaan polttoainekierron alkupäässä, sillä polttoaineen jalostusasteen kasvaessa siirrettävä materiaalmäärä pienenee.

Radioaktiivisten aineiden kuljetuspakkauksia ja kuljetuksia säätelevät Kansainvälisen Atomienenergiajärjestön (IAEA) ohjeet sekä niiden pohjalta laaditut kansalliset määräykset. Uraanikuljetukset edellyttävät viranomaislupaa, ja niille pitää järjestää vartiointi ja valvonta asiattoman haltuunoton estämiseksi. Vastaavat määräykset koskevat myös käytetyn polttoaineen kuljetuksia. Kaikki kuljetukset kuuluvat ydinvastuuvakuutusten piiriin.

Väkevöidyn uraanin ja tuoreen polttoaineen kuljetuksissa on poissuljettava jatkuvan ketjureaktion syntymisen mahdollisuus. Tämä toteutetaan sekä suojausten avulla että mitoittamalla kuljetuspakka-



usten koko ja muoto sellaisiksi, että edes onnettomuustapauksissa ketjureaktio ei käynnisty. Kuljetuspakkausten on kestettävä muun muassa kovat törmäykset ja tulipalot.

Nykyään on tyypillistä, että kuljetukset sisältyvät toimituskokonaisuuksiin. Raakauraani ostetaan toimitettuna konversiolaitokselle ja konvertoitu uraani toimitettuna väkevöintilaitokselle. Väkevöity uraani ostetaan joko toimitettuna polttoaineniippuja valmistavalle tehtaalle, tai sitten väkevöidyn uraenin kuljetus sisältyy polttoaineen valmistussopimukseen kuten myös valmiiden polttoaineniippujen kuljetus voimalaitokselle.

Ydinpolttoaine voidaan toimittaa Suomeen rautateitse tai laivakuljetuksin. Nykyisten menettelyjen mukaisesti viimeinen osa kuljetusmatkasta voimalaitokselle tapahtuu maanteitse.

Polttoainekuljetukset uudelle voimalaitosyksikölle toteutetaan nykyisten käytäntöjen mukaisesti. Tarvitavien kuljetusten määrä on samaa luokkaa kuin Loviisan nykyisten voimalaitosyksiköiden vuotuinen polttoainetarve, joka on muutaman autokuorman verran. Voimalaitokselle toimitettu polttoaine varastoidaan voimalaitoksen yhteyteen rakennetussa tuoreen polttoaineen kuivavarastossa. Ydinpolttoaineen hallussapitolupa edellyttää vartiointia, jolla estetään sivullisten pääseminen käsiksi ydinmateriaaliin. Vartiointi toteutetaan normaalein ydinvoimalaitoksen käyttötoimintaa koskevin menettelyin.

#### 4 Ydinpolttoaineen hankinnan kustannukset

Ydinpolttoaineen valmistus on pitkä ja monivaiheinen prosessi, ja polttoainehuolto jatkuu käytön jälkeen edelleen. Siitä huolimatta ydinvoiman polttoainekierto on edullinen muihin sähköntuotannon vaihtoehtoihin verrattuna polttoaineen energiainteensiivisyyden ansiosta.

Ydinpolttoaineen (mukaan lukien käytetty polttoaine) osuus ydinsähkön hinnassa on 15 %:n luokkaa, kun se muita polttoaineita käyttävillä voimalaitoksilla on yli 50 %. Raakauraanin ja konversion osuus ydinpolttoaineen hinnasta on nykyisin noin 50 %.

Nämä ydinpolttoaineen hintakomponenttien osuudet ovat muuttuneet viime vuosien aikana. Vielä 1990-luvulla uraenin osuus ydinpolttoaineen hinnasta oli vain 20–30 %, mikä johtui silloisesta uraenin ylitarjonnasta markkinoilla. Tuolloin myyntiin tuli kerralla suuria määriä varastouraania ja laimennettua aseuraania, jolloin uraenin markkinahinta putoasi merkittävästi. Tämän takia kalleinta uraanituotantoa

lopetettiin. Uraanin hinta lähti jälleen nousuun, ja vuonna 2007 hinta spot-markkinoilla kipusi uuteen ennätykseen. Tämän jälkeen hinta on tasaantunut. Tulevina vuosina hinnan on ennustettu laskevan tuotannon lisääntymisen ja uutta uraanituotantoa koskevien investointisuunnitelmien ansiosta.

#### 5 Polttoaine reaktorissa

Uraanin käyttäminen polttoaineena perustuu sen <sup>235</sup>U atomiydinten halkeamisreaktioon eli fissioon. Fissioreaktiossa raskas atomi hajoaa vapaan neutronin osuessa siihen kahdeksi tai useammaksi kevyemmäksi atomiytimeksi, joita kutsutaan fissiotuotteiksi. Reaktiossa vapautuu lisäksi muutamia neutroneita sekä suuri määrä energiaa. Reaktiossa vapautuneet neutronit voivat aiheuttaa uusia fissioita, mikä mahdollistaa ketjureaktion syntymisen. Fission lisäksi reaktorissa tapahtuu muita ydinreaktioita, joiden myötä syntyy plutoniumia ja muita uraania raskaampia alkuaineita eli transuraaneja. Myös nämä tuottavat osan reaktorissa syntyvästä energiamäärästä.

Ketjureaktion hallintaan käytetään neutroneja kaappaavia alkuaineita, jotka kuluttavat ylimääräiset neutronit. Kevytvesireaktoreissa ketjureaktiota hallitaan muun muassa lisäämällä booriliuosta jäähdyteteeseen tai sijoittamalla booripitoisia säätösauvaelementtejä reaktorisydämeen.

Polttoaineen vaihtoseisokin yhteydessä reaktorista poistetaan suunnitellun käyttöikänsä saavuttaneet polttoaineniiput, tyypillisesti noin neljännes polttoaineesta, ja korvataan ne tuoreilla polttoaineniipuilla. Lisäksi reaktoriin jäävien polttoaineniippujen paikkoja vaihdetaan optimaalisen tehotiheyden saavuttamiseksi. Tyypillisesti vaihtoseisokki on noin 12 kuukauden välein, mutta myös 18 tai 24 kuukauden välit ovat mahdollisia. Mitä pidempi väli on, sitä suurempi osa polttoaineniipuista vaihdetaan vaihtoseisokin aikana.

Käytön aikana ydinpolttoaineeseen syntyvistä hajoamistuotteista ja transuraaneista johtuen käytetyn polttoaineen radioaktiivisuus on niin korkea, että sen käsittely ja säilyttäminen vaativat erityistoimenpiteitä. Reaktorista poiston jälkeen käytettyjä polttoaineniippuja jäähdytetään muutama vuosi yleensä reaktorin välittömässä läheisyydessä sijaitsevassa vaihtolatausaltaassa, jolloin suurin osa fissiotuotteista hajoaa ja lämmöntuotto vähenee. Tämän jälkeen polttoaineniiput siirretään voimalaitosalueella sijaitsevaan välivarastoon ennen loppusijoitusta. ●

## Liitteen 13 tiivistelmä

### Pääpiirteinen suunnitelma ydinpolttoainehuollosta

- Käytettävä ydinpolttoaine hankitaan toimittajilta, joiden koko hankintaketju on laatu-, ympäristö- ja turvallisuussertifioitu. Lisäksi jokaisen ketjun osan on täytettävä paikallisen kansallisen lainsäädännön vaatimukset ja kansainväliset suositukset.
- Vaikka maailmassa raakauraanin vuotuisen kysynnän ennustetaan kasvavan nykyisestä 65 000 tonnista noin 110 000 tonniin vuoteen 2030 mennessä, tunnetut uraanivarat riittävät useaksi sadaksi vuodeksi.
- Ydinpolttoaineen osuus ydinsähkön hinnasta on noin 15 % sisältäen myös käytetyn polttoaineen loppusijoituksen. Raakauraanin hinnanvaihtelut eivät juuri vaikuta tuotetun sähkön hintaan. Tämä tekee ydinvoimalla tuotetun sähkön hinnasta ennustettavan ja vakaan.









# LIITE 14

## Pääpiirteinen selvitys hakijan suunnitelmista ja käytettävissä olevista menetelmistä ydinjätehuollon järjestämiseksi

### SISÄLTÖ

1 YLEISTÄ .....	128
2 YDINJÄTEHUOLTOON LIITTYVÄT MÄÄRÄYKSET JA VALVONTA .....	128
3 YDINJÄTEHUOLTO: YDINJÄTETYYPIT JA HUOLTO-TOIMENPITEET .....	129
3.1 Käytetty ydinpolttoaine .....	129
3.1.1 Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen aikataulu .....	129
3.1.2 Käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointi .....	129
3.1.3 Käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi ja loppusijoituskonsepti ..	131
3.1.4 Loppusijoituksen turvallisuuskonsepti ..	131
3.1.5 Paikkatutkimukset .....	132
3.1.6 Loppusijoituslaitos .....	132
3.1.7 Turvallisuustodisteet .....	132
3.1.8 Tutkimus-, kehitys- ja suunnitteluohjelma .....	133
3.1.9 Loviisa 3- ydinvoimalaitoksen vaikutukset käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen .....	134
3.2 Vähä- ja keskiaktiivinen voimalaitosjäte ..	134
3.2.1 Kuivat voimalaitosjätteet .....	135
3.2.2 Nestemäiset voimalaitosjätteet .....	135
3.3 Ydinvoimalaitoksen käytöstäpoisto ja käytöstäpoistojäte .....	136
4 YDINJÄTEHUOLLON KUSTANNUKSET JA ENNALLTA VARAUTUMINEN .....	136
5 UUDEN YDINVOIMALAITOSYKSIKÖN VAIKUTUS MUIDEN YDINVOIMALAITOSYKSIKÖIDEN YDINJÄTEHUOLTOON .....	136
6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	137

### 1 Yleistä

Ydinvoimalaitosyksikön käytöstä syntyy ydinjätteitä, jotka voidaan jakaa kolmeen luokkaan: käytön aikaisiin voimalaitosjätteisiin, käytöstäpoistojätteisiin ja käytettyyn ydinpolttoaineeseen. Eri jätetyyppien käsittely vaatii erilaista tekniikkaa ja tapahtuu eri aikoihin. Osa ydinjätehuollon toimista hoidetaan laitoksen käytön aikana, mutta osa on mahdollista toteuttaa vasta laitoksen käyttövaiheen jälkeen.

Ydinenergialain mukaan ydinvoimalaitoksen omistaja vastaa laitoksen ydinjätehuollosta ja sen kustannuksista loppusijoitukseen ja loppusijoituslaitoksen sulkemiseen asti. Suomessa ei ole kansallista ydinjätehuoltojärjestelmää, eikä valtio vastaa kustannuksista päinvastoin kuin useassa muussa maassa. Ydinjätteen loppusijoituslaitosten toimintaperiaatteena on eristää jätteet elollisesta luonnosta. Loppusijoituslaitos suunnitellaan ja toteutetaan niin, että loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus ei edellytä jatkuvaa valvontaa.

### 2 Ydinjätehuoltoon liittyvät määräykset ja valvonta

Ydinjätehuollon keskeiset periaatteet Suomessa on esitetty ydinenergialaissa ja ydinenergia-asetuksessa sekä lisäksi muun muassa valtioneuvoston periaatepäätöksessä ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyön tavoitteista 10.11.1983, kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksissä 19.3.1991 (7/815/91 KTM), 26.9.1995 (11/815/95 KTM) ja 23.10.2003 (9/815/2003 KTM).

Ydinenergialaki edellyttää, että ydinjätteet, jotka ovat syntyneet Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitettulla tavalla Suomeen. Lisäksi edellytetään että ydinjätteitä, jotka ovat syntyneet muualla kuin Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, ei saa käsitellä, varastoida tai sijoittaa pysyväksi tar-



koitetulla tavalla Suomessa. Luvanhaltijan, jonka toiminnan seurauksena syntyy tai on syntynyt ydinjätettä, on huolehdittava kaikista näiden jätteiden ydinjätehuoltoon kuuluvista toimenpiteistä ja niiden asianmukaisesta valmistelemisestä sekä vastattava niiden kustannuksista.

Ydinenergiain mukaan ydinjätehuollon ylin valvova viranomaisena on kauppa- ja teollisuusministeriö, jonka tehtäviä on hoitanut vuodesta 2008 alkaen työ- ja elinkeinoministeriö (TEM). Ydinjätehuollon turvallisuusvalvonnan suorittaa Säteilyturvakeskus, joka tarkistaa etukäteen kaikki ydinjätehuollon suunnitelmat ja valvoo suunnitelmien toteutumista.

### 3 Ydinjätehuolto: ydinjätetyypit ja huoltotoimenpiteet

Ydinvoimalaitokselta syntyvät jätteet jaetaan kolmeen ryhmään:

- käytetty ydinpolttoaine
- vähä- ja keskiaktiivinen voimalaitosjäte
- käytöstäpoistojäte.

#### 3.1 Käytetty ydinpolttoaine

Käytetyn ydinpolttoaineen huolto voidaan järjestää kahdella tavalla: joko loppusijoittaa sellaisenaan tai jälleenkäsitellä se, jolloin loppusijoitettavan jätteen määrä on pienempi. Ydinenergiain edellyttää, että kaikki Suomessa syntyneet ydinjätteet on käsiteltävä ja varastoitava Suomessa. Koska Suomessa ei ole käytössä eikä suunnitteilla jälleenkäsittelylaitosta, tässä hakemuksessa ei käsitellä jälleenkäsittelyvaihtoehtoa.

Ydinvoimalaitoksen tuottaman käytetyn polttoaineen määrä riippuu voimalaitosyksikön tehosta, käyttökertoimesta, käytettävän polttoaineen tyypistä, tuotetusta tehosta (poistopalama) ja käyttöiästä. Suuren nykyaikaisen ydinvoimalaitoksen 60 vuoden käyttöiän aikana tuottaman käytetyn polttoaineen määräksi arvioidaan 2 000-2 500 tonnia.

Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitosten käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen tutkimista ja toteuttamista varten Teollisuuden Voima Oy (TVO) ja silloinen Imatran Voima Oy (IVO), nykyinen Fortum Power and Heat Oy, perustivat Posiva Oy:n vuonna 1995. Posiva huolehtii käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksista Loviisan ja Olkiluodon voimalaitoksilta loppusijoitukseen, varsinaisesta loppusijoituksesta sekä siihen liittyvistä tutkimuksista ja muista toimialaansa kuuluvista asiantuntijatehtävistä. Posivan omistavat TVO (60 %) ja Fortum Power

and Heat Oy (40 %), jotka ovat edelleen huolehtimisvelvollisia tuottamansa käytetyn polttoaineen osalta ja varautumisvelvollisina vastaavat omalta osaltaan ydinjätehuollon kustannuksista. Posivan kustannusten jakautuminen Fortum Power and Heat Oy:n ja TVO:n välillä perustuu yhtiöiden keskinäiseen sopimukseen, ja siihen vaikuttaa muun muassa kummankin yhtiön käytetyn polttoaineen määrä.

Posiva huolehtii omistajiensa TVO:n ja Fortum Power and Heat Oy:n käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustutkimuksista, loppusijoituslaitoksen rakentamisesta ja käytöstä sekä laitoksen sulkemisesta käytön jälkeen. Posivan päätehtävänä on Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitosten käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus. Eurajoen Olkiluodossa toimivan Posivan henkilöstömäärä v. 2007 oli noin 80 ja liikevaihto noin 46,6 milj. euroa. Posivan toiminnan tarkoituksena on varmistaa, että käytetyn polttoaineen loppusijoitus voidaan aloittaa valtioneuvoston antaman aikataulun puitteissa. Valtioneuvoston päätöksen 9/815/2003 mukaan TVO:n ja Fortum Power and Heat Oy:n tulee joko yhdessä, erikseen tai Posivan välityksellä varautua esittämään vuoden 2012 loppuun mennessä loppusijoituslaitosta koskevaa rakentamislupaa varten tarvittavat selvitykset ja suunnitelmat, joiden perusteella loppusijoituslaitos voidaan rakentaa siten, että loppusijoitus on mahdollista aloittaa noin vuonna 2020.

#### 3.1.1 Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen aikataulu

Kaikki Fortum Power and Heat Oy:n ja TVO:n ydinvoimalaitoksilla käytetty ydinpolttoaine on tarkoitus loppusijoittaa Posivan loppusijoituslaitokselle, jonka sijoituspaikaksi on valittu vuonna 2000 laajojen paikkatutkimusten perusteella Olkiluoto. Posiva sai valtioneuvostolta myönteisen ja eduskunnan hyväksymän periaatepäätöksen loppusijoituslaitoksen rakentamiselle Olkiluotoon 21.12.2000, ja loppusijoituslaitokselle laajennettuna Olkiluoto 3:n käytetylle polttoaineelle 17.1.2002. Loppusijoituksen pääpiirteinen aikataulu on kuvassa 14-1.

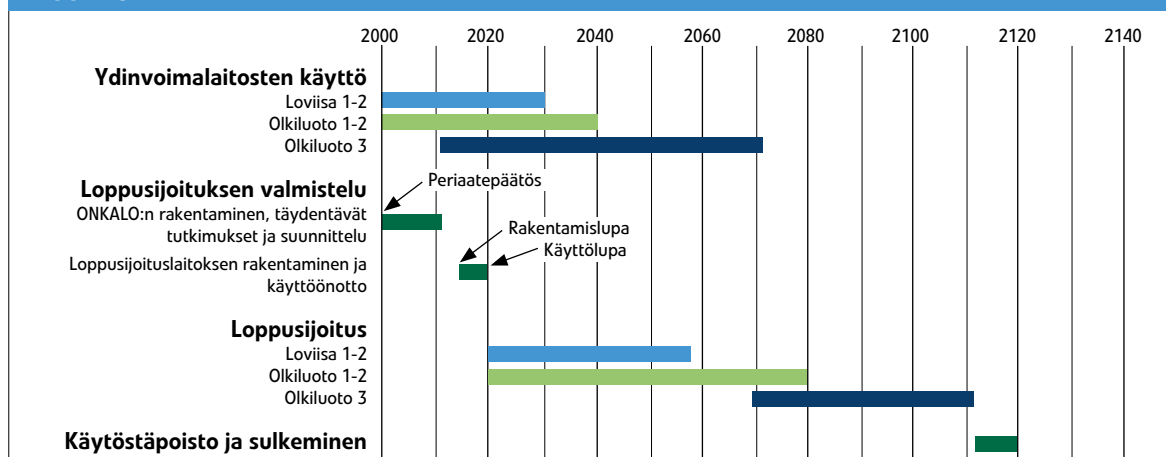
Maanalaisen tutkimustilan ONKALO:n rakentaminen, täydentävät tutkimukset ja suunnittelu ovat jo käynnissä Olkiluodossa. Posiva on aloittanut keväällä 2008 Loviisa 3:n vaatiman käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen laajennuksen ympäristövaikutusten arvioinnin. Posiva tulee jättämään periaatepäätöshakemuksen loppusijoituslaitoksen laajentamisesta Loviisa 3:n käytetylle polttoaineelle ympäristövaikutusten arviointiprosessin päätyttyä.

#### 3.1.2 Käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointi

Reaktorista poiston jälkeen käytettyjä polttoainepiippuja on säilytettävä vesialtaissa, joiden jäähdytys



## Loppusijoituksen kokonaisaikataulu



Kuva 14-1. Tämänhetkisten laitosyksiköiden käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen valmistelun ja toteuttamisen pääpiirteinen aikataulu.

on riittävä. Suurin osa fissiotuotteista hajoaa muutamassa vuodessa ja lämmöntuotto vähenee merkittävästi. Säilytystä välivarastossa jatketaan, kunnes polttoaine on jäähtynyt tarpeeksi, jotta se voidaan kuljettaa loppusijoitettavaksi.

Uusi voimalaitosyksikkö tarvitsee käytetyn polttoaineen välivaraston, joka sijaitsee voimalaitosalueella. Välivarasto mitoitetaan siten, että se on riittävä uuden voimalaitosyksikön käytetylle polttoaineelle loppusijoituksen aikataulun puitteissa. Välivarasto suunnitellaan niin, että käytetyn polttoaineen jäähtyminen on riittävä eikä kriittisyys ole mahdollista. Polttoaine välivarastoidaan joko vesialtaissa tai ilmajäähdyhteisessä kuivasäilytyksessä.

Loviisa 3:n käytetyn polttoaineen välivarasto rakennetaan laitoksen osaksi ja luvitetaan ydinvoimalaitoksen osana. Välivaraston jätehuoltoratkaisut liittyvät voimalaitoksen muihin jätehuoltojärjestelmiin, ja välivaraston ympäristövaikutukset, mahdolliset aktiivisuuspäästöt mukaan lukien, sisältyvät voimalaitoksen ympäristövaikutuksiin, joita käsiteltiin Loviisa 3:n ympäristövaikutusten arvioinnissa.

Käytetyn polttoaineen välivaraston suurimmat käytön aikaiset ympäristövaikutukset aiheutuvat käytetyn polttoaineen tuottamasta lämmöstä. Vesivarastoinnin tapauksessa lämpö johdetaan mereen voimalaitoksen jäähdytysjärjestelmän kautta, ilmajäähdyhteisen kuivasäilytyksen tapauksessa lämpö poistuu ilmaan. Käytetyn polttoaineen välivaraston lämmöntuotto on vähäistä verrattuna käyvän voimalaitoksen lämmöntuottoon, ja siksi sillä ei ole merkittävää vaikutusta ydinvoimalaitoksen ympäristöön kohdistamaan lämpökuormaan.

Käytetyn polttoaineen välivarastoinnista ei aiheudu merkittäviä radioaktiivisia päästöjä. Vuotavien

polttoaine-elementtien käsittelyssä saattaa vapautua pieniä määriä radioaktiivisia kaasuja, jotka kulkeutuvat laitoksen poistoilmajärjestelmään. Vesivarastoinnissa polttoaine-elementtien pinnalla olevaa kontaminaatiota liukenee veteen. Pieniä määriä fissiotuotteita saattaa myös liueta veteen, jos jossakin polttoaine-elementissä on vuoto. Välivaraston vesi puhdistetaan jatkuvatoimisilla vesien käsittelyjärjestelmillä. Poistoilma johdetaan poistoilmajärjestelmään. Poistoilman aktiivisuutta seurataan.

Ilmajäähdyhteisessä kuivasäilytyksessä polttoaine-elementit suljetaan tiiviisiin säiliöihin, jotka sijaitaan tehokkaasti tuuletettuun tilaan tai suuriin betonisiin tai teräksisiin tynnyreihin. Kuivasäilytyksessä suurimmat aktiivisuuspäästöt aiheutuvat vuotavien polttoaine-elementtien käsittelystä ja pakkaamisesta, jolloin kaasumaisia fissiotuotteita vapautuu. Päästöt johdetaan laitoksen poistoilmajärjestelmään. Kuivasäilytyksessä käytetyt säiliöt ovat kaasutiiviitä, eikä niistä normaalikäytön aikana vapaudu merkittävästi radioaktiivisuutta.

Käytetyn polttoaineen jäädyttämistä jatketaan välivarastossa, kunnes sen aktiivisuus ja lämmöntuotto ovat riittävän alhaiset, jotta se voidaan siirtää käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitokselle. Välivarastoinnin kesto voi olla noin 60 vuotta, jos poistopalama on korkea. Välivarastoinnin aikana käytetyn polttoaineen kuntoa seurataan säännöllisesti. Tarkoituksena on varmistaa, että käytetyn polttoaineen kunto säilyy pitkäaikaisvarastoinnissa riittävänä myös loppusijoituksen edellyttämän polttoaineen käsittelyn kannalta.

Kun käytetty polttoaine on jäähtynyt tarpeeksi, se pakataan tarkoitukseen soveltuvaan kuljetussäiliöön ja Posiva hoitaa sen kuljetuksen Olkiluotoon

joko maanteitse, meritse tai rautateitse myöhemmin valittavia reittejä pitkin.

Käytetyn polttoaineen välivarasto poistetaan käytöstä, kun Loviisa 3:n käytetty polttoaine on kuljetettu Olkiluotoon loppusijoituslaitokselle.

### 3.1.3 Käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi ja loppusijoituskonsepti

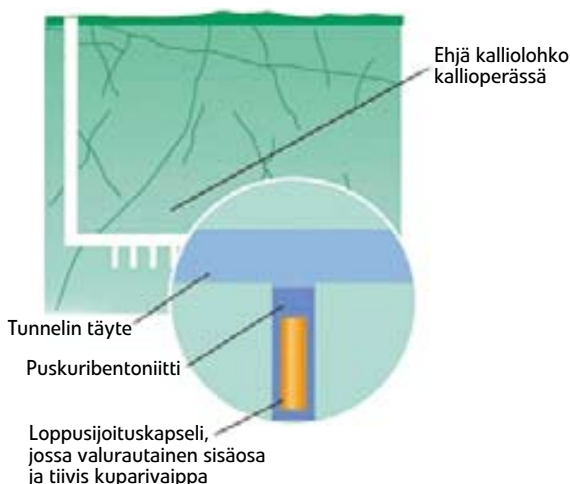
Posivan suunnitelma noudattelee loppusijoituksessa omaksuttuja kansainvälisiä linjoja. Loppusijoitus on suunniteltu toteutettavaksi vastaavalla periaatteella, jota on tutkittu muun muassa Ruotsissa, Sveitsissä ja Kanadassa, joissa on samantyyppistä kiteistä kallioperää kuin Suomessa. Selvitystyö on käsitänyt Fortum Power and Heat Oy:n ja TVO:n polttoaineille soveltuvan kapselointilaitoksen ja loppusijoitustilojen suunnittelun.

Suomalaiselle käytetylle ydinpolttoaineelle suunniteltu loppusijoitusratkaisu perustuu ruotsalaisen ydinjäteyhtiön SKB:n kehittämään KBS-3-ratkaisuun. Käytetyt polttoaineniput sijoitetaan kupari-valurautakapseliin pakattuina useiden satojen metrien syvyyteen peruskallioon. Loppusijoitusreikiin kallion ja kapselin väliin tulee puristettuja bentoniittiloikoja.

Loppusijoituksen päätyttyä kaikki louhitut tilat ja kulkureitit loppusijoitustilaan täytetään ja suljetaan. Niukkaliukoinen polttoaine, kuparikapseli, bentoniitti ja kallio muodostavat moninkertaisen esteen radioaktiivisten aineiden vapautumiselle. Kapselin kuparinen ulkokuori kestää erinomaisesti pohjaveden aiheuttamaa korroosiota ja valurautainen sisäosa takaa mekaanisen kestävyuden. Jos kapselin sisään pääsee vettä, haitalliset aineet vapautuvat hyvin hitaasti niukkaliukoisesta polttoaineesta. Bentoniitti hidastaa pohjaveden pääsyä kapselin pinnalle ja suojaa kapselia kallion pieniltä liikkeiltä. Syväällä kallioperässä kapselia ympäröivät olosuhteet säilyvät vakaina pitkiä ajanjaksoja. Kallio suojaa loppusijoitettua polttoainetta myös ulkopuolisilta häiriöiltä ja hidastaa haitallisten aineiden kulkeutumista. *Kuvassa 14-2* on esitetty käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen moniesteperiaate.

Peruskonseptissa loppusijoituskapselit sijoitetaan pystyasentoon (KBS-3V). Sen lisäksi Posiva ja SKB ovat tehneet monivuotista yhteistyötä loppusijoituskapselin vaakasijoituksen kehittämiseksi (KBS-3H). KBS-3H-vaihtoehdon turvallisuusperustelu valmistui loppuvuodesta 2007.

KBS-3-konseptit tähtäävät siihen, että ydinjätteet loppusijoitetaan pysyväksi tarkoitetulla tavalla niin, että niitä ei tarvitse valvoa. Sen jälkeen kun loppusijoitustilat on suljettu ja viranomainen on hyväksynyt sulkemisen, omistusoikeus ydinjätteisiin siirtyy ydinenergialain mukaisesti valtiolle, joka sen jälkeen vastaa ydinjätteistä. Kallioon loppusijoitetun ydin-



Kuva 14-2. Loppusijoituksen moniesteperiaate.

polttoaineen palauttaminen maan pinnalle on kuitenkin mahdollista loppusijoituksen kaikissa vaiheissa, mikäli käytettävissä on riittävät tekniset ja taloudelliset resurssit. Loppusijoituskapseli on suunniteltu niin vahvaksi, että se kestää noston ja siirron pitkien aikojen jälkeen. Palautettavuus tarjoaa tuleville sukupolville mahdollisuuden arvioida ratkaisua oman aikansa tietämyksen valossa.

### 3.1.4 Loppusijoituksen turvallisuuskonsepti

KBS-3-konseptissa turvallisuus perustuu ensi sijassa radionuklidien pitkäaikaiseen eristämiseen suljettuun kupari-valurautakapseliin, joka täyttää niin materiaalin, suunnittelun kuin valmistuksenkin osalta asianmukaiset laatuvaatimukset. Lisäksi suotuisat ja ennakoitavat kallioperä- ja pohjavesiolosuhteet loppusijoitustilassa ja sen lähialueella varmistavat kapselien pitkäaikaiskäilyvyyttä. Niin kutsutun moniesteperiaatteen mukaan nämä olosuhteet viivästävät, pidättävät, hidastavat ja laimentavat radioaktiivisten aineiden vapautumista, vaikka yksittäisissä kapseleissa olisikin alkuvika tai varhaisessa vaiheessa syntynyt vaurio. Viivästyminen ja pidättymiseen vaikuttavat muun muassa käytetyn polttoaineen alhainen liukoisuus, radioaktiivisten aineiden kiinnittyminen ja pidättäminen puskuribentoniittiin, tunnelien täytteeseen ja ympäröivään kallioon sekä hyvin hidastava pohjaveden virtaus loppusijoitustilassa ja sen lähiympäristössä.

Posiva on laatinut kuvauksen prosesseista, joita pidetään tärkeinä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuuden kannalta. Prosesseja tarkastellaan loppusijoitusjärjestelmän sisäkkäisissä osasysteemeissä (polttoaine, loppusijoituskapseli, puskuriai-

ne, tunnelien täyteaine sekä kallioperä). Säteilyyn ja lämmöntuottoon liittyvät sekä hydrauliset, mekaaniset ja kemialliset prosessit käydään erikseen läpi. Lisäksi tarkastellaan radionuklidien kulkeutumiseen liittyvien tekijöiden vaikutuksia sekä biologisia ja kaasun muodostumiseen liittyviä prosesseja. Loppusijoituksen turvallisuuskonseptin tavoitteena on varmistaa loppusijoitetun ydinpolttoaineen pitkäaikaisturvallisuusvaatimusten täyttyminen.

Valtioneuvoston asetus ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta (VNA 736/2008) esittää muun muassa seuraavat vaatimukset:

*Tarkasteluajanjaksolla, jona ihmisille aiheutuva säteilyaltistus voidaan riittävän luotettavasti arvioida ja jonka on oltava vähintään usean tuhanen vuoden mittainen, tulee*

- *eniten altistuvien ihmisten saaman vuosiansioksen jäädä alle arvon 0,1 mSv ja*
- *muiden ihmisten saamien keskimääräisten vuosiansiosten jäädä merkityksettömän pieniksi.*

*Edellä tarkoitetun ajanjakson jälkeisinä tarkasteluajanjaksoina tulee loppusijoitetuista ydinjätteistä peräisin olevien elinympäristöön vapautuvien radioaktiivisten aineiden määrien pitkän ajan keskiarvojen alittaa enimmäisarvot, jotka Säteilyturvakeskus asettaa kunkin radionuklidin osalta erikseen.*

*Raja-arvot tulee asettaa siten, että*

- *loppusijoituksesta aiheutuvat säteilyvaikutukset voivat olla enimmillään vastaavan suuruisia kuin maankamarassa olevista luonnon radioaktiivisista aineista aiheutuvat säteilyvaikutukset ja*
- *laaja-alaiset säteilyvaikutukset jäävät merkityksettömän pieniksi.*

### 3.1.5 Paikkatutkimukset

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituspaikaksi on valittu Eurajoen Olkiluoto. Vuonna 1983 alkaneen prosessin aluksi käytiin läpi paikan valintaan vaikuttavat geologiset ja ympäristötekijät koko maan osalta. Vuonna 1987 alustaviin paikkatutkimuksiin valittiin viisi aluetta (Eurajoen Olkiluoto, Hyrynsalmen Veitsivaara, Kuhmon Romuvaara, Sievin Syyry ja Äänekosken Kivetty), joista yksityiskohtaisiin paikkatutkimuksiin päätyi kolme (Kivetty, Olkiluoto ja Romuvaara). Näiden lisäksi on selvitetty Loviisan Hästholmenin soveltuvuutta loppusijoitukseen. Lopullinen valinta tehtiin Eurajoen Olkiluodon ja Loviisan Hästholmenin välillä. Posivan vuonna 1999 jättämässä periaatepäätöshakemuksessa ensisijaisena

sijoituspaikkana oli Olkiluoto. Periaatepäätöksen jälkeen tutkimukset ovat keskittyneet Olkiluotoon.

Olkiluodon loppusijoituslaitosta koskeva eri tutkimusalojen tieto on yhdistetty Olkiluodon loppusijoituspaikan kuvausraporttiin (Olkiluoto Site Description). Viimeisin tällainen yhteenvetoraportti koottiin vuonna 2006, ja se perustuu tutkimustietoon, joka on ollut käytettävissä ennen maanalaisen tutkimustilan ONKALO:n rakentamisen aloittamista sekä tietoon, jota on saatu ONKALO:n rakentamisen ensimmäisinä vuosina. Eri tutkimusalojen tiedot yhdistäviä paikkaraportteja tuotetaan säännöllisesti tiedon lisääntyessä. Ne muodostavat turvallisuustodisteiden geotieteellisen perustan tulevissa loppusijoituslaitoksen luvitusprosesseissa. Paikkaraportin on tuottanut Olkiluodon mallinnustyöryhmä, OMTF (Olkiluoto Modelling Task Force), joka kattaa geologian, kalliomekaniikan, hydrologian ja hydrogeokemian tutkimusalat. Näiden tutkimusalojen lisäksi raportissa esitetään myös yhteenvedo ilmastosta, ekosysteemeistä ja maapeitteiden ominaisuuksista. Näiden lisäksi arvioidaan rakentamisen vaikutuksia.

### 3.1.6 Loppusijoituslaitos

Suunniteltu loppusijoituslaitos koostuu maanpäällisestä kapselointilaitoksesta apu- ja oheistiloihin sekä 400–700 metrin syvyyteen kallioperään louhittavista loppusijoitustiloista. Loppusijoituslaitoksen rakennustyöt alkavat rakentamisluvan myöntämisen jälkeen. Laitoksen käyttötoiminta on tarkoitus aloittaa noin vuonna 2020 käyttöluvan myöntämisen jälkeen. Ennen varsinaisen loppusijoitustilan rakentamista, vuosina 2004–2014, rakennetaan osana ONKALO:a ensimmäiset maanpintayhteydet (ajotunneli ja kuilut) sekä maanalaisia aputiloja.

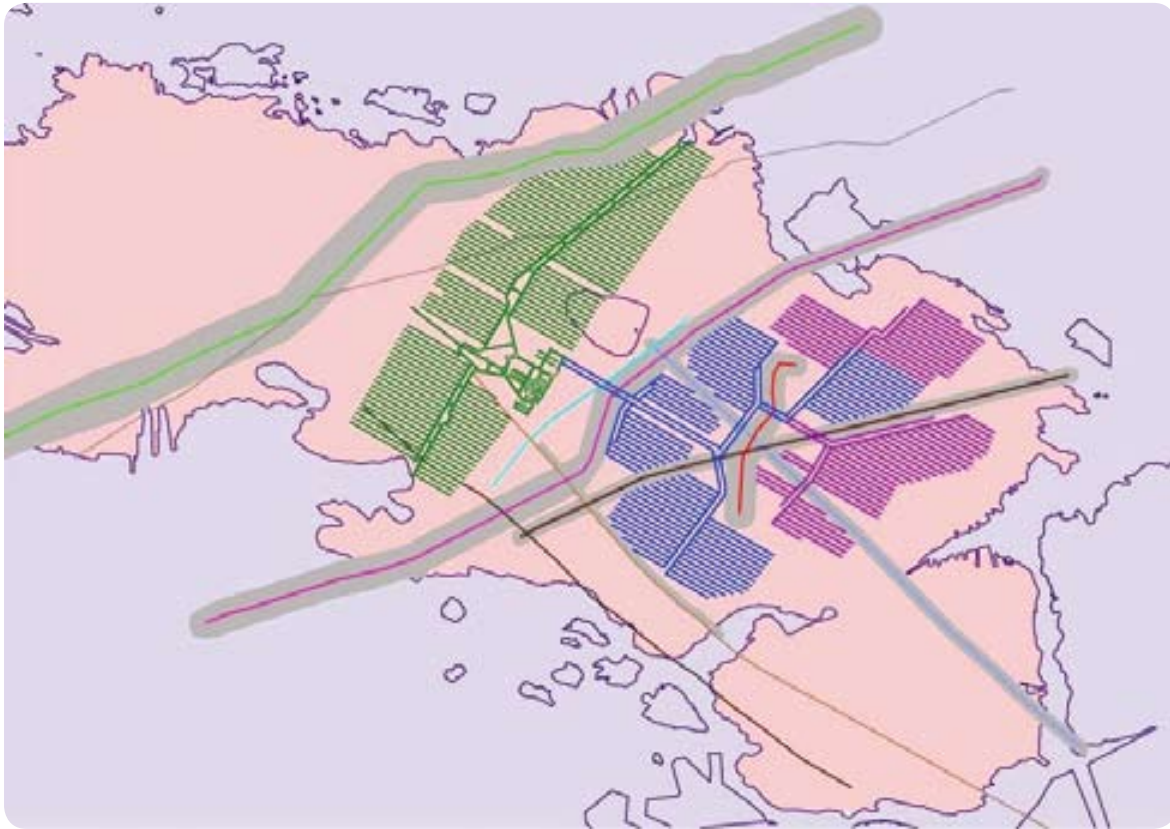
Loppusijoituslaitos käsittää maan päällä olevan kapselointilaitoksen käyttö- ja tukirakennuksineen sekä loppusijoitusluolaston, joka tulee tämänhetkisten suunnitelmien mukaan noin 420 metrin syvyyteen. Kapselointilaitoksessa vastaanotetaan ja kapseloidaan voimalaitoksilta tuleva käytetty polttoaine kuparikapseleihin ja siirretään kuljetettavaksi loppusijoitusluolaan. Maanalaisten loppusijoitustilojen sijainti esitetty kuvassa 14-3.

Kapselointilaitos poistetaan käytöstä noudattaen samoja periaatteita kuin ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistossa. Kertyvä radioaktiivinen purkujäte sijoitetaan käytetyn polttoaineen loppusijoitustilojen yhteyteen.

### 3.1.7 Turvallisuuksitodisteet

Kallioperään sijoittamisen pitkäaikaisturvallisuutta on analysoitu rinnan muun loppusijoitukseen liittyvän tutkimuksen ja kehityksen kanssa. Analyyseja varten on hankittu lähtötietoja kenttätutkimuksin,





Kuva 14-3. Käytetyn ydinpolttoaineen maanalaisten loppusijoitustilojen sijainti Olkiluodossa noin 400 metrin syvyydessä.

laboratoriokokein ja teoreettisin tutkimuksin. Selvitysten kohteina ovat olleet myös erilaiset häiriötilanteet, joita on analysoitu hyvin pessimistisiä oletuksia, malleja ja lähtötietoja käyttäen. Vuonna 1999 julkaistu TILA-99 sisältää kattavan kokonaisuuden pitkäaikaisturvallisuudesta. Sen mukaan loppusijoitus suunnitellulla tavalla on turvallista.

Myös käytetyn polttoaineen kuljetus ja kapselointilaitoksen käyttö on tehtyjen selvitysten perusteella turvallista. Vaihtoehtoisen KBS-3H-konseptin suppea turvallisuusperustelu valmistui vuonna 2007. Sen tarkoituksena oli selvittää, onko KBS-3H käyttökelpoinen vaihtoehtoinen konsepti, ja analyysien mukaan KBS-3H-konseptilla on edellytykset turvalliseen loppusijoitukseen sekä samojen pitkäaikaisturvallisuuden vaatimusten täyttymiseen kuin KBS-3V:ssä.

Posiva varautuu esittämään käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksen vuonna 2012. Rakentamislupahakemuksen liittyvät turvallisuustodisteet (englanniksi Safety Case), muodostavat yhteenvedon niistä analyyseistä ja muista todisteista, jotka osoittavat loppusijoitusratkaisun turvalliseksi. Olkiluotoon rakennettavan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustilan turvallisuustodisteiden laatimisesta on julkaistu suunnitelma vuonna 2005. Suunnitelma on päivitet-

ty vuonna 2008. Suunnitelman mukaan turvallisuustodisteet koostuvat noin kymmenestä aika ajoin päivitetävästä yhteenvetoraportista.

### 3.1.8 Tutkimus-, kehitys- ja suunnitteluohjelma

Posivan laatima pitkän aikavälin tutkimus- kehitys- ja suunnitteluohjelma (TKS-ohjelma) esittää suunnittelutyön tavoitteet ja pääasiallisen sisällön loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemukseen mennessä. Teknisen kehitys- ja suunnittelutyön pää tavoitteena on saavuttaa tekninen valmius loppusijoituslaitosta koskevien luvitusaineistojen ja urakkatarjousten määrittelyyn sekä riittävä luottamus siihen, että kapselointi- ja loppusijoitustoiminnot voidaan suorittaa suunnitelmien mukaisesti.

Paikkatutkimuksissa keskeistä on varmistaa nykyinen käsitys Olkiluodon soveltuvuudesta loppusijoitustarkoitukseen, määritellä ja tunnistaa loppusijoitukseen sopivat kalliolohkot Olkiluodon alueella sekä määrittää nykyistä tarkemmin loppusijoituskallion ominaisuudet teknistä suunnittelua, rakentamistöitä ja turvallisuuden arviointia varten. Tekninen suunnittelutyö ja paikkatutkimustulokset luovat pohjan rakentamisluvan perusteeksi tarvittaville turvallisuustodisteille.

TKS-2006-ohjelmassa kuvataan yhteenvedon-



Ydinjätteet eristetään elollisesta luonnosta sijoittamalla ne syvälle kalliion louhittuihin loppusijoitustiloihin.

omaisesti kuluneiden vuosien TKS-työ, joka on tarkemmin dokumentoitu POSIVA-raportteina ja Posivan työraportteina. Niissä esitetään myös tavoitteet vuosien 2007–2009 TKS-työlle.

Käytetyn polttoaineen osalta ohjelma jakautuu loppusijoituskonseptin kehitykseen, turvallisuustodisteiden laatimiseen, loppusijoituslaitoksen suunnitteluun, vaihtoehtoisen loppusijoituskonseptin KBS-3H:n (vaakasijoituksen) kehittämiseen, loppusijoituspaikan olosuhteiden seurantaan sekä ydinmateriaalivalvontaan.

Loppusijoituskonseptin kehitykseen sekä turvallisuustodisteiden kokoamiseen kuuluvat erillisinä osa-alueina polttoaineen ominaisuudet, loppusijoituskapseli, puskuri- ja täyteaineet, loppusijoitustilan sulkeminen, loppusijoitustilaa ympäröivän kalliion geologisten, hydrogeologisten, pohjavesikemian ja kalliomekaniikan ominaisuudet (so. paikkatutkimukset), loppusijoituksen toteuttaminen sekä tulevaisuuden biosfääriolosuhteet.

Paikkatutkimusohjelmasta suuri osa liittyy ONKALO:n toteutukseen, ja erityisesti tässä yhteydessä on korostettu tutkimuksiin liittyvää mallinnusta ja tulkintaa. TKS-työn tavoitteena on edetä tasaisesti ja oikea-aikaisesti kohti pitkän ajan TKS-ohjelman tavoitetta eli valmiutta jättää lupahakemus käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamista varten vuoden 2012 loppuun mennessä – edellyttäen, että

työn alla olevat tutkimukset varmistavat Olkiluodon soveltuvuuden loppusijoituspaikaksi.

### **3.1.9 Loviisa 3- ydinvoimalaitoksen vaikutukset käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen**

Loviisa 3 tuottaa käyttöikänsä aikana 2 000–2 500 tonnia käytettyä ydinpolttoainetta, jonka loppusijoittaminen vaatii loppusijoitusluolaston laajentamista. Posivan edellinen ympäristövaikutusten arviointi on tehty kuuden ydinvoimalaitoksen käytetylle polttoaineelle (9 000 tonnia käytettyä polttoainetta). Posiva on aloittanut loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutusten arvioinnin laajentamisen yhteensä 12 000 tonnille käytettyä polttoainetta, mikä riittää molempien Posivan omistajayhtiöiden uusien laitoshankkeiden käytetylle polttoaineelle.

Loviisa 3 siirtää loppusijoituslaitoksen sulkemista joillakin vuosilla, mikäli loppusijoituksen mitoitus perustetaan nyt käytössä olevaan jälkilämmön hallintaan. Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset Loviisasta Olkiluotoon jatkunevat samankaltaisina kuin loppusijoitettaessa Loviisan nykyisten voimalaitosyksikköjen polttoaine Olkiluotoon.

### **3.2 Vähä- ja keskiaktiivinen voimalaitosjäte**

Uuden voimalaitosyksikön huolto- ja korjaustöiden aikana syntyy kuivia vähä- ja keskiaktiivisia voima-

laitosjätteitä, joita ovat muun muassa käytetyt suojavarusteet, puretut komponentit ja muu huoltojäte. Lisäksi käytön aikana syntyy nestemäisiä jätteitä.

Voimalaitosjätteiden loppusijoituksen periaatteena on, että kaikki jäte käsitellään, varastoidaan ja loppusijoitetaan Suomessa. Loviisa 3:n voimalaitosjätteen käsittelyssä ja loppusijoituksessa pyritään käyttämään jo käytössä olevia tapoja ja menetelmiä.

Voimalaitosjätteen loppusijoituslaitos on ydinenergialain tarkoittama ydinlaitos, joka tarvitsee omat lupansa. Luvitusprosessi on sama voimalaitosjätteen loppusijoituslaitokselle, käytöstäpoistojätteen loppusijoituslaitokselle sekä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitokselle. Loppusijoituslaitoksen luvitusprosessi alkaa ympäristövaikutusten arvioinnilla, jonka jälkeen laitokselle pitää hakea valtioneuvoston periaatepäätös. Myös sijoituspaikkakunnan suostumus tarvitaan, jotta myönteinen periaatepäätös olisi mahdollinen. Myönteisen periaatepäätöksen jälkeen loppusijoituslaitokselle pitää hakea rakentamislupa, rakennuslupa sekä muut normaalin rakentamisen ja käytön vaatimat luvat. Laitoksen valmistuttua sille haetaan käyttöluupa. Loppusijoituslaitoksen suljetaan, kun Säteilyturvakeskus on todennut ydinjätteet loppusijoitetuiksi hyväksymällä tavalla (ydinenergialaki 33 §).

Loviisan loppusijoituslaitoksella on voimassa oleva käyttöluupa vuoden 2055 loppuun asti. Loviisa 3:n tarvitsema loppusijoituslaitoksen laajennus luvitaan nykyisen loppusijoituslaitoksen laajenuksena lain ja asetusten määräämällä tavalla.

Loppusijoituslaitoksen laajentamisen aikana suurimmat ympäristövaikutukset aiheutuvat louhinnan kivaineksen kuljetuksista. Kuljetuksista aiheutuu jonkin verran melu- ja pölyhaittaa, jos kiviaines kuljetetaan pois Hästholmenilta. Louhintatöiden takia pohjaveden pinta Hästholmenilla voi laskea hieman, mutta vaikutus verrattuna nykytilaan ei ole suuri eikä ulotu saaren ulkopuolelle. Loppusijoituslaitokselle vietävät jätteet pakataan teräs- tai betoniastioihin, jotka eristävät jätteet kallioperästä. Syvällä kallion sisästä olevasta loppusijoituslaitoksesta ei aiheudu merkittäviä ympäristövaikutuksia. Loppusijoituslaitoksen käytön aikana aiheutuvat aktiivisuuspäästöt ovat hyvin vähäinen osa ydinvoimalaitoksen päästöistä eikä niillä ole terveysvaikutuksia. Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta arvioidaan määräväläin tehtävillä turvallisuusperusteluilla, jotka STUK tarkastaa. Loviisan nykyisten voimalaitosyksiköiden voimalaitosjätteen loppusijoitukselle tehtyjen turvallisuusperustelujen analyysien perusteella Loviisan loppusijoituslaitoksen kaukana tulevaisuudessa aiheutuvat päästöt pysyvät viranomaisten määräämien arvojen alapuolella eikä merkittäviä terveysvaikutuksia tule olemaan. Loviisa 3:n jätehuolto pystytään hoitamaan vi-

ranomaisvaatimukset täyttäen ilman merkittäviä terveysvaikutuksia.

### 3.2.1 Kuivat voimalaitosjätteet

Kuivat voimalaitosjätteet luokitellaan aktiivisuuden tai puhtauden, puristuvuuden tai puristumattomuuden ja palavuuden tai palamattomuuden mukaan. Ne pakataan tiiviisti jäteastioihin, esimerkiksi 200 litran terästynnyreihin tai vastaaviin pakkauksiin. Puristuva jäte tiivistetään puristimella, jolloin tynnyriin mahtuu jätettä selvästi enemmän kuin ilman puristamista.

Pakkaamisen jälkeen jäteastiassa olevan jätteen radioaktiivisuus mitataan. Mikäli viranomaisen asettama aktiivisuusraja alittuu, voidaan jäte vapauttaa valvonnasta ja käsitellä tavanomaisena jätteenä. Jos aktiivisuusraja ylittyy, jäte välivarastoidaan myöhemmä valvonnasta vapauttamista varten tai tarvittaessa loppusijoitetaan. Loppusijoitettavat tynnyrit luokitellaan edelleen ulkoisen annosnopeuden mukaan ja välivarastoidaan niin, etteivät ne aiheuta säteilyvaaraa ympäristölleen. Analyysitulokset tallennetaan sekä paperille tulostettuna että tietokoneen muistiin raportointia ja pitkäaikaista säilytystä varten.

Metallijätteet pyritään ensisijaisesti puhdistamaan niin, että ne voidaan vapauttaa valvonnasta ja mahdollisuuksien mukaan kierrättää. Mikäli metallijätteet eivät ole puhdistettavissa, ne varastoidaan laitoksella ja loppusijoitetaan muun radioaktiivisen voimalaitosjätteen mukana.

Erikoistapauksissa, kun jäteaineksen annosnopeus on suuri, jäte sijoitetaan erikoisvarastoihin. Tällaisen jätteen määrä on Loviisan nykyisiltä laitoksilta kertyneiden kokemusten mukaan massaltaan ja tilavuudeltaan pientä, ja sen loppusijoitus hoidetaan viimeistään voimalaitoksen käytöstäpoiston yhteydessä.

### 3.2.2 Nestemäiset voimalaitosjätteet

Uuden voimalaitosyksikön käytön aikana syntyviä nestemäisiä jätteitä ovat muun muassa prosessivesien puhdistuksessa käytetyt ioninvaihtohartsit sekä haihdutusjätteet. Nestemäiset jätteet kerätään ja välivarastoidaan säiliöihin odottamaan käsittelyä ja loppusijoitusta. Nestemäisten jätteiden määrää voidaan vähentää esimerkiksi haihduttamalla ja ioninvaihtoon perustuvilla menetelmillä.

Nestemäisten jätteiden todennäköisin käsittelymenetelmä on kiinteytys ennen loppusijoitusta, jotta niiden käsittely ja loppusijoitus olisi turvallisempaa. Muita käytössä olevia keinoja ovat muun muassa kuivaus kestävässä astiaan tai imeytys sopivaan väliaineeseen.

Nykyisten Loviisan voimalaitosyksiköiden käyttöön on vuonna 2007 valmistunut nestemäisten jätteiden kiinteytyslaitos, joka on vuonna 2008 koekäytössä. Kiinteytyslaitoksella nestemäiset jätteet kiinteytetään sementin ja lisäaineiden kanssa



teräsbetonisiin jäteastioihin. Astia suljetaan valamalla siihen betonikansi. Kiinteetytetyt jätteet kuljetetaan loppusijoitustilaan, johon on rakennettu niitä varten betonikaukalo.

Kiinteytyslaitos jää toimintaan ainakin nykyisten voimalaitosyksiköiden käytöstäpoiston loppuun asti. Uuden voimalaitosyksikön voimalaitosjätteiden kiinteytykseen käytetään joko nykyistä kiinteytyslaitosta tai rakennetaan tarvittaessa uusi. Vaihtoehtoisia kiinteytysmenetelmiä ovat muun muassa kiinteytys polymeerimatriisiin tai bitumiin.

Loviisan voimalaitoksella on jo olemassa loppusijoitustila voimalaitosjätteille. Tila otettiin käyttöön 1990-luvun lopulla. Uusi voimalaitosyksikkö tulee lisäämään loppusijoitustilan tarvetta, mikä edellyttää loppusijoituslaitoksen laajentamista. Hästholmenin kallio-perästä löytyy tarvittaessa lisää tilaa myös uuden voimalaitosyksikön jätteiden loppusijoittamista varten.

### 3.3 Ydinvoimalaitoksen käytöstäpoisto ja käytöstäpoistojäte

Ydinvoimalaitoksen käytön aikana sen rakenteita, laitteita ja järjestelmiä muuttuu radioaktiiviseksi joko kontaminoitumisen tai aktivoitumisen takia. Radioaktiiviset osat pyritään mahdollisuuksien mukaan dekontaminoimaan ja vapauttamaan valvonnasta laitoksen käytön päätyttyä, mutta tietyt osat, kuten esimerkiksi reaktorin painesäiliö ja primääripiirin komponentit, jäävät radioaktiivisiksi. Ne pitää loppusijoittaa.

Ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelma tulee toimittaa viranomaiselle määrävälein. Käytöstäpoitosuunnitelmassa kuvataan muun muassa laitoksen käytöstäpoistamisen vaiheet ja menetelmät ja työhön tarvittava organisaatio sekä käytöstäpoistojätteen käsittely ja loppusijoitus ja loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus.

Käytöstäpoisto voidaan tehdä joko välittömästi tai viivästetysti muutaman kymmenen vuoden kuluttua ydinvoimalaitoksen toiminnan päättymisestä. Fortum on Loviisan nykyisten yksiköiden käytöstäpoitosuunnitelmissaan tähdännyt välittömään purkuun, ja myös uusi voimalaitosyksikkö suunnitellaan purettavaksi niin pian kuin se teknisesti ja työntekijöiden säteilysuojelun kannalta on tarkoituksenmukaista.

Käytöstäpoistojätettä varten Hästholmenilla olevaan luolaan rakennetaan omat tilat. Tilojen suunnittelu voidaan aloittaa, kun laitostyyppi on valittu, mutta tilojen rakentaminen suoritetaan vasta myöhemmässä vaiheessa. Suunnittelussa otetaan huomioon Loviisan nykyisten laitosten käytöstäpoiston vaatimat tilat. Käytöstäpoistojätteen loppusijoitukselle tullaan aikanaan tekemään oma ympäristövaikutusten arviointinsa, jota seuraa vastaava luvitusmenettely kuin voimalaitosjätteen loppu-

sijoituslaitoksen tapauksessa.

Käytöstäpoistojätteen loppusijoituksen turvallisuusperusteluissa on nykyisten laitosten osalta pyydytty hyvin viranomaismääräysten rajojen alapuolella. Uuden laitosten vaikutukset loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuteen ja mahdollisesti aiheutuviin säteilyannoksiin voidaan pitää hyväksyttävällä tasolla loppusijoitustilan ja -ratkaisun suunnittelulla.

## 4 Ydinjätehuollon kustannukset ja ennalta varautuminen

Ydinjätehuollon kustannukset maksaa ydinlaitoksen haltija. Ydinlaitoksen käytön aikana syntyneiden jätteiden huollon kaikkiin kustannuksiin aina jätteen loppusijoitukseen, ydinlaitoksen käytöstä poistamiseen sekä käytöstäpoistojätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen asti on ydinenergialain mukaan varauduttava ennalta. Jätehuoltovelvollinen täyttää varautumisvelvollisuutensa maksamalla TEM:n määräämät maksut valtion ydinjätehuoltorahastoon. Vastuumäärä kattaa ydinjätehuollon tulevat kustannukset, joihin sisältyvät sekä käytön aikaiset jätteet, käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus että voimalaitoksen ja loppusijoituslaitoksen käytöstä poistaminen.

Kunkin vuoden vastuumäärä perustuu kuluvan vuoden jätekertymään ja tulevien toimien kustannuksiin, joita arvioidaan muun muassa jätehuoltosuunnitelmaa ja käytöstäpoitosuunnitelmaa tehtäessä. Vastuumäärä perustuu aina vahvistamisvuotensa hinta- ja kustannustasolle. Ennen jätteitä tuottavan toiminnan aloittamista ja sen jälkeen vuosittain ydinjätehuoltovelvollisen on toimitettava valtiolle ydinenergialain vaatimat vakuudet siltä osin, kuin vastuumäärä ylittää jätehuoltovelvollisen vuosittaisen rahastotavoitteen.

Ydinjätehuoltomaksujen lisäksi Fortum Power and Heat Oy maksaa valtion ydinjätehuoltorahastolle vuosittain ydinenergialaissa säädetyn maksun valtion ydinjätehuoltorahastoon tutkimustoiminnan rahoittamiseksi. Ydinjätehuoltorahasto jakaa tämän rahan tutkimushankkeisiin, joilla varmistetaan, että viranomaisten saatavilla on riittävästi ja kattavasti ydinalan asiantuntemusta, jota voidaan käyttää, jos on tarpeen arvioida uusia ydinlaitoksen turvallisuuteen liittyviä kysymyksiä.

## 5 Uuden ydinvoimalaitosyksikön vaikutus muiden ydinvoimalaitosyksiköiden ydinjätehuoltoon

Loviisa 3 -voimalaitosyksikön vaikutukset muiden ydinvoimalaitosyksiköiden ydinjätehuoltoon jäävät

vähäisiksi. Merkittävimmät vaikutukset ovat Loviisan voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteelle varattujen tilojen uudelleensuunnittelu sekä Loviisan loppusijoituslaitoksen että Olkiluodon käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen sulkemisen siirtyminen myöhäisempään ajankohtaan.

## 6 Johtopäätökset

Fortumilla on käytettävissään tarvittavat paikat ydinjätteen loppusijoitustiloille, turvalliset menette-

lytavat, riittävä osaaminen sekä taloudelliset resurssit uuden ydinvoimalaitoksen ydinjätehuollon järjestämiseksi. Uuden ydinvoimalaitoksen jätehuolto toteutetaan nykyisillä Teollisuuden Voima Oy:n ja Fortum Power and Heat Oy:n voimalaitoksilla sovellettuja periaatteita ja menetelmiä käyttäen. Ydinjätehuolto on toteutettavissa turvallisesti nykypäivän teknologialla. ●

### Liitteen 14 tiivistelmä

#### Pääpiirteinen selvitys hakijan suunnitelmista ja käytettävissä olevista menetelmistä ydinjätehuollon järjestämiseksi

- Käytetty ydinpolttoaine ja muut jätteet loppusijoitetaan ydinenergialain mukaisesti pysyvästi peruskallioon, minkä jälkeen loppusijoitustilat suljetaan.
- Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta on tutkittu ja selvitetty Suomessa useita vuosikymmeniä. Teollisuuden Voima Oyj:n ja Fortum Power and Heat Oy:n käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan Eurajoen Olkiluotoon.
- Loppusijoituksen käytännön toteutuksesta huolehtii Teollisuuden Voima Oyj:n ja Fortum Power and Heat Oy:n yhdessä perustama ja omistama Posiva Oy.
- Vähä- ja keskiaktiivinen voimalaitosjäte sekä aikanaan ydinvoimalaitoksen purkujäte loppusijoitetaan Hästholmenin saarelle laajentamalla nykyistä vähä- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitustilaa.
- Ydinjätehuollon kustannuksiin varaudutaan maksamalla työ- ja elinkeinoministeriön määräämät maksut valtion ydinjätehuoltorahastoon sekä antamalla tarvittavat vakuudet. Vastuumäärä kattaa kokonaan ydinjätehuollon ja ydinvoimalaitoksen purkamisen kustannukset.



LOVIISA  
LOVISA 3