

Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuolto



Yhteenveto vuoden 2002
toiminnasta



TIIVISTELMÄ

Tämä raportti on ydinenergialain ja -asetuksen tarkoittama selvitys Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimaloiden ydinjätehuollosta. Se sisältää selvityksen voimayhtiöiden ydinjätehuollon tilanteesta ja toimenpiteistä vuonna 2002, katsauksen ydinjätealan viestinnästä ja selvityksen varautumisesta ydinjätehuollon tuleviin kustannuksiin.

Käytetyn polttoaineen loppusijoitustutkimuksissa on edetty kauppa- ja teollisuusministeriön vahvistaman aikataulun mukaisesti. Vuonna 2001 alkaneen toimintajakson päättävänä tavoitteena on tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyön vieminen rakentamislupahakemuksen edellyttämälle tasolle ja edelleen rakentamisluvan saaminen valtioneuvostolta. Eduskunnan 18.5.2001 vahvistaman periaatepäätöksen mukaan loppusijoituspaikkana on Eurajoen Olkiluoto.

Sijoituspaikkatutkimuksissa kohteina olivat ensisijaisesti perustilan selvitys ja maanalaisten tutkimustilojen, ONKALOn, mahdolliset sisäänmenopaikat. Tutkimuksilla on varmennettu aikaisempia tietoja ja hankittu aiempaa yksityiskohtaisempia, maanalaisten tutkimustilojen suunnittelun tarvitsemia tietoja.

Turvallisuustutkimuksissa teknisten päästöesteiden toimintakykyä on selvitetty monipuolisesti useiden kansainvälisten yhteistyöhankkeiden puitteissa. Kallioperän osalta on selvitetty kulkeutumis- ja pidättymisilmiöitä ja niiden mallinnusta. Biosfääritutkimusten pääpaino on ollut mallintamisen kehittämisessä. Turvallisuusanalyysiin liittyvä työ on keskittynyt ONKALOn aiheuttamien häiriöiden selvittämiseen.

Loppusijoituskapselin suunnittelussa pääpaino on ollut kuparivaipan seinämän ohentamismahdollisuuden selvittämisessä. Kapselin sulkemisessa toteutettiin uusi elektronisuihkuhitsauksen koeohjelma. Kapselin valmistustekniikan kehitystyössä valmistettiin pisto ja veto-menettelmällä integroitu kuparivaippalieriö ja pohjapäätty sekä kuumapuristamalla lieriöaihiö. Suunnitelmat Olkiluotoon sijoitetusta itsestä ja KPA-varaston yhteydestä olevasta kapselointilaitoksesta valmistuivat.

Loppusijoitustilojen suunnittelussa painopisteet olivat pohjaveden hallinnan, vaakasijoitusratkaisun ja täyttöratkaisujen kehittämisessä sekä loppusijoitustilojen ja ONKALOn suunnittelun koordinoinnissa.

Maanalaisten tutkimustilojen suunnittelutyössä päädyttiin kuilu- ja ajotunnelivaihtoehtojen vertailun jälkeen ajotunnelivaihtoehtoon valintaan ja sen jatkosuunnitteluun.

Kansainvälisessä yhteistyössä merkittävimmät hankkeet on toteutettu yhtäältä SKB:n kanssa vuonna 2001 solmittujen kattavien sopimusten puitteissa ja toisaalta EU:n viidennen puiteohjelman piirissä. EU:n kuudennen puiteohjelman tutkimushankkeiden valmistelutyöt etenevät. Ranskan jätehuolto-organisaation, ANDRAn, kanssa solmittiin yhteistyösopimus.

Voimalaitosjätteiden osalta jatkettiin vakiintuneita seuranta- ja pitkäaikaistutkimuksia ja käytännön toimenpiteitä.

Voimalaitosjätteitä oli Olkiluodon voimalaitoksella kertynyt vuoden 2002 loppuun mennessä 4212 m³ ja Loviisassa 2512 m³. Olkiluodon jätteistä 3834 m³ on loppusijoitettu VLJ-luolaan. Loviisan jätteistä 1089 m³ on sijoitettu Hästholmenin VLJ-luolaan.

Olkiluodon ja Loviisan voimaloiden ydinjätehuollon tutkimusohjelman kokonaiskustannukset olivat 10,8 miljoonaa euroa. Tutkimusohjelma toteutui pääosin suunnitelmien mukaisesti.

SISÄLTÖ

| | sivu |
|---|-----------|
| TIIVISTELMÄ | 1 |
| JOHDANTO | 5 |
| KÄYTETYN POLTTOAINEEN HUOLTO | 6 |
| • <i>TOIMINTAPERIAATE JA AIKATAULU</i> | 6 |
| • <i>NYKYTILANNE VARASTOINNISSA</i> | 6 |
| • <i>SIJOITUSPAIKKATUTKIMUKSET</i> | 6 |
| • <i>PITKÄAIKAISTURVALLISUUDEN ARVIOINTI</i> | 9 |
| • <i>LOPPUSIJOITUSTEKNIikka</i> | 13 |
| • <i>MAANALAISTEN TUTKIMUSTILOJEN SUUNNITTELU</i> | 17 |
| • <i>KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ</i> | 18 |
| VOIMALAITOSJÄTTEIDEN HUOLTO | 20 |
| • <i>OLKILUODON VOIMALAITOS</i> | 20 |
| • <i>LOVIISAN VOIMALAITOS</i> | 22 |
| • <i>YHTEISET SELVITYKSET</i> | 24 |
| KÄYTÖSTÄPOISTOSELVITYKSET | 25 |
| • <i>OLKILUODON VOIMALAITOS</i> | 25 |
| • <i>LOVIISAN VOIMALAITOS</i> | 25 |
| • <i>YHTEISET SELVITYKSET</i> | 26 |
| RAPORTOINTI, VIESTINTÄ, YHTEYDENPITO | 27 |
| YHTEISTYÖKUMPPANIT | 28 |
| LAADUN JA YMPÄRISTÖN HALLINTA | 29 |
| KUSTANNUKSET | 30 |
| RAPORTTILUETTELO 2002 | 31 |

JOHDANTO

Suomessa on kaksi ydinenergiaa sähköntuotantoon käyttävää yhtiötä, Teollisuuden Voima Oy (TVO) ja Fortum Power and Heat Oy (jäljempänä Fortum). TVO:n ja Fortumin on ydinenergialain mukaisesti huolehdittava kaikista tuottamiensa ydinjätteiden huoltoon kuuluvista toimenpiteistä ja niiden asianmukaisesta valmistelemisesta sekä vastattava niiden kustannuksista.

Ydinenergialain mukaan kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM) päättää niistä periaatteista, joita ydinjätehuollossa on noudatettava. Nämä periaatteet KTM on esittänyt päätöksissään 19.3.1991 ja 26.9.1995,

ja nämä päätökset ovat lähtökohtana sekä ydinjätehuollon käytännön toteutuksessa että tulevia toimenpiteitä koskevassa tutkimus- ja kehitystyössä.

Kumpikin yhtiö vastaa erikseen kaikista vähä- ja keskiaktiivisten voimalaitosjätteiden käsittelyyn ja loppusijoitukseen sekä voimaloiden käytöstäpoistoon liittyvistä toimenpiteistä. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen tähtäävästä tutkimus- ja kehitystyöstä samoin kuin myöhemmin itse loppusijoituslaitoksen rakentamisesta ja käytöstä huolehtii yhtiöiden yhdessä omistama Posiva Oy.

Posiva huolehtii myös vuosittain tehtävien Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimaloiden ydinjätehuollon toimintasuunnitelmien ja -kertomusten laatimisesta. Käsillä on vuoden 2002 toimintakertomus, joka sisältää ydinenergialain ja -asetuksen mukaisen selvityksen voimayhtiöiden ydinjätehuollon tilanteesta ja toimenpiteistä vuonna 2002, katsauksen ydinjätealan viestinnästä ja selvityksen varautumisesta ydinjätehuollon tuleviin kustannuksiin.

Teollisuuden Voima Oy:llä on Eurajoen Olkiluodossa kaksi kiehutusvesireaktoria, joiden kummankin nimellisteho on 840 MWe (netto). Olkiluoto 1 (OL1) kytkettiin valtakunnan verkkoon ensimmäisen kerran syyskuussa 1978 ja Olkiluoto 2 (OL2) helmikuussa 1980. Vuonna 2002 OL1:n käyttökerroin oli 95,3% ja OL2:n 96,6%. Laitosyksiköiden OL1 ja OL2 sekä vähäaktiivisen jätteen välivaraston (MAJ-varasto), keskiaktiivisen jätteen välivaraston (KAJ-varasto) ja käytetyn polttoaineen välivaraston (KPA-varasto) käyttöluvut ovat voimassa vuoden 2018 loppuun. Olkiluodon voimalaitosjätteiden loppusijoitustilan (VLJ-luola) käyttö lupa on voimassa vuoden 2051 loppuun asti.

Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitoksella on kaksi painevesireaktoria, kumpikin nimellisteholtaan 488 MWe (netto). Loviisa 1:n (Lo1) kaupallinen käyttö alkoi toukokuussa 1977 ja Loviisa 2:n (Lo2) tammikuussa 1981. Vuonna 2002 Lo1:n käyttökerroin oli 89,3% ja Lo2:n 82,2%. Laitosyksiköiden Lo1 ja Lo2 sekä niiden ydinpolttoaine- ja ydinjätehuoltoon liittyvien laitosten käyttöluvut ovat voimassa vuoden 2007 loppuun asti. Voimalaitosjätteiden loppusijoitustilan (VLJ-luola) osalta käyttö lupa on voimassa vuoden 2055 loppuun asti.

KÄYTETYN POLTTOAINEEN HUOLTO

TOIMINTAPERIAATE JA AIKATAULU

Ydinenergialain ja KTM:n päätösten mukaisesti kaikki Olkiluodon laitoksen käytetty polttoaine sekä Loviisan laitoksella nykyisin oleva ja tämän jälkeen kertyvä käytetty polttoaine valmistaudutaan loppusijoittamaan Suomen kallioperään. Valmisteluissa noudatetaan aikataulua, jonka mukaan käytetyn polttoaineen loppusijoitus on voitava aloittaa vuonna 2020. Tätä ennen käytettyä polttoainetta varastoidaan väliaikaisesti voimalaitosalueilla.

Joulukuussa 2000 valtioneuvosto teki periaatepäätöksen käytetyn polttoaineen loppusijoituksesta Eurajoen Olkiluotoon. Eduskunta vahvisti päätöksen lähes yksimielisesti toukokuussa 2001. Loppusijoituslaitos, joka koostuu kapselointilaitoksesta ja loppusijoitustiloista, rakennetaan 2010-luvulla. Periaatepäätöksen mukaan loppusijoituslaitoksen rakentamislupaa on haettava viimeistään vuonna 2016.

Suomeen rakennettavasta uudesta ydinvoimalaitosyksiköstä tehtiin periaatepäätös vuonna 2002. Samassa yhteydessä tehtiin periaatepäätös käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamisesta laajennettuna siten, että myös uuden laitosyksikön käytetty polttoaine voidaan sijoittaa sinne. Uuden laitosyksikön jätehuoltovelvoite alkaa vasta laitoksen käynnistyttyä vuosikymmenen loppupuolella.

NYKYTILANNE VARASTOINNISSA

Olkiluodon käytettyä polttoainetta varastoidaan väliaikaisesti voimalaitosyksiköillä ja voimalaitosalueella olevassa käytetyn polttoaineen välivarastossa (KPA-varasto).

Kertomusvuonna Olkiluoto 1:ssä vaihdettiin polttoainetta 23. kerran ja Olkiluoto 2:ssa 21. kerran. Vuoden lopussa käytettyä polttoainetta oli varastoituna yhteensä 5530 nippua vastaten 923 tonnia tuoretta uraania. KPA-varastossa oli 4264 nippua, Olkiluoto 1:n vesialtaissa 617 nippua ja Olkiluoto 2:lla vastaavasti 649 nippua. KPA-varastoon mahtuu laitosyksiköiden noin 30 vuoden toiminnasta kertyvä polttoainemäärä. KPA-varaston kolmesta varastoalasta kahteen on toistaiseksi asennettu polttoainetelineet. Varastoa voidaan tarvittaessa laajentaa.

Loviisan polttoaineen paluukuljetukset Venäjälle päättyivät vuoden 1996 lopussa ydinenergialakiin tehdyn muutoksen johdosta. Loviisan varastointikapasiteettia on sen jälkeen lisätty niin, että kapasiteetti riittää nykyisillä telineillä vuoteen 2008. Kapasiteettia on tulevaisuudessa mahdollista lisätä merkittävästi käyttämällä tiheitä telineitä.

Vuoden 2002 lopussa Loviisan voimalaitoksella oli yhteensä 2545 käytettyä polttoainennippua, mikä vastaa noin 305 tonnia tuoretta uraania (arvioitu käytön jälkeisestä uranimäärästä noin 290 tonnia).

Polttoainenipuista oli Lo1:illä 222 kpl ja Lo2:lla 209 kpl. Käytetyn polttoaineen varastoissa 1 ja 2 oli 450 ja 1664 nippua vastaavasti.

SIJOITUSPAIKKA- TUTKIMUKSET

Vuoden 2002 paikkatutkimusten kohteina ovat olleet ensisijaisesti perustilan selvitys sekä ONKALOn mahdolliset sisäänmenopaikat. Tutkimuksilla on varmennettu aikaisempia tietoja ja hankittu aiempaa yksityiskohtaisempia, maanalaisten tutkimustilojen suunnittelun tarvitsemia tietoja.

Kalliomallista on laadittu alustavia yksityiskohtaisia malleja vaihtoehtoisille sisäänmenopaikoille kokoamalla ja tulkitsemalla vanhoja tuloksia uudelleen ja liittämällä niihin uudet tiedot.

Olkiluodon geologisen kehityksen tarkastelut ovat syntyneet plastisten deformaatiovaiheiden tarkastelusta hauraaseen deformaatioon keskittyvällä tutkimuksella. Tulosten perusteella parannetaan geologisten



piirteiden ja rakoilun keskinäisen riippuvuuden ymmärtämistä.

Uusia reikiä on kairattu viisi ja kahta olemassa olevaa reikää on syvennetty. Uudet kairaukset on tehty nk. kolmoisteräputkimenetelmällä, mikä mahdollistaa hyvän näytteen saannin myös kallion rikkonaisista osista. Reikien lähistölle on kairattu lisäreiät, joissa on n. 40 m pituudelta suojaputkittu osuus. Näin on saatu oleellista tietoa pintakallion ominaisuuksista. Kairanreikä tutkimuksia on tehty sekä vanhoissa että uusissa rei'issä.

Olkiluodon tutkimukset

Ajotunnelin paikan valinta

Ajotunnelin mahdollisten sijoitusalueiden vertailemiseksi kairattiin loppuvuodesta 2002 viisi uutta, syvää tutkimusreikää ja syvennettiin yhtä vanhaa reikää. Uusista rei'istä kolme sijaitsee tutkimusalueen luoteis- ja kaksi kaakkoisosassa, jossa on myös syvennetty reikä KR8. Rei'issä on tehty geofysikaaliset standardimittaukset ja vedenjohdavuusmittaukset rakahakumenetelmällä. Luoteisen alueen tietoja täydennettiin lisäksi seismisellä refraktioluotauksella, ja reiän KR5 seismisten VSP-tulosten uudelleentulkinnalla. Lisäksi alueelle tehtiin n. 600 m pitkä tutkimuskaivanto, josta suoritettiin geologinen kartoitus ja maatulvaluotaus. Reiän KR19 VSP-luotaus ja reikä-TV-kuvaus täydensivät myös käsitystä alueen kallio-perästä. Lisätietoa kaakkoisen alueen kallio-perän pintaosasta saatiin täydentämällä v. 2001 tehtyjä refraktio-seismisiä luotauksia.

Tiedon hankinta kallio-perän rakenteesta sekä perustilasta

Tutkimusreikää KR15 on syvennetty ”loppusijoitusyvyyteen” ja jatkettulla osuudella on tehty geofysikaaliset ja hydrogeologiset mittaukset. Em. kallioilavuuden ominaisuuksia on tutkittu reikiä KR14

ja KR15 välillä tehdyin seismisin tomografialuotauksin ja reikiä KR15-KR18 välillä virtauseromittauslaitteistolla suoritetuin vuorovaikutuskokein. Geologista tietämystä on täydennetty vanhoissa rei'issä tehdyin VSP-luotauksin ja reikä-TV-kuvauksin.

Olkiluodon perustilan määrittämistä on jatkettu olemassa olevien tietojen kokoamisella ja niitä täydentävillä tutkimuksilla. Olkiluodon saarella sijaitsevat porakaivot on selvitetty. Osasta kaivoja tullaan ottamaan vesinäytteitä v. 2003 aikana. Syväkallion vedenjohtavuus-aineistoa on täydennetty virtausero- ja HTU-mittauksin. Kallion pintaosan vedenjohtavuutta on määritetty matalissa kallio-rei'issä ja maaperän vedenjohtavuutta v. 2001 asennetuissa siiviläputkissa. Syviin kairanreikiin on asennettu monitulppalaitteistoja ONKALOn rakentamisen aikaista monitorointia silmällä pitäen. Pitkäaikaista pumpauskoetta reiässä KR6 on edelleen jatkettu syvän suolaisen pohjaveden, meriveden ja pinnalta suotautuvan veden keskinäisten suhteiden selvittämiseksi.

Mikroseisminen mittausverkosto on otettu käyttöön laitteiden asennus- ja säätövaiheen jälkeen. Havaintoja ovat vaikeuttaneet alun tietoliikenneongelmat, alueella tehdyt seismiset tutkimukset ja syyskuussa saaren päällä riehunut ukkonen. Se rikkoi mittalaitteiden komponentteja. Mittausjärjestelmä on havaittu erittäin herkäksi.

Geofysikaalisen mittausaineiston tulkintoja ja tunnettuja geologisia piirteitä on verrattu keskenään tulkintojen luotettavuuden arvioimiseksi ja tulkintamenetelmien kehittämiseksi. Kairansydänaineistoa on tarkasteltu keskeisten rakenteiden osalta rakennetulkintojen varmistamiseksi. Rakennemallin laatimisen menetelmiin on kiinnitetty erityistä huomiota mallinnuksen ja tulkintojen parantamiseksi.

Pohjaveden virtausmallinnuksen kehittämistä on jatkettu. Uusi mallinnustapa, jolla voidaan simuloida

esimerkiksi pumppauksen tai vesivuodon paikallisiakin vaikutuksia, on todettu toimivaksi. Pohjaveden virtausten yksityiskohtainen kuvaaminen on edellytyksenä myös aineiden kulkeutumisen mallintamiselle.

Pohjavesikemian tutkimukset

Vuoden 2002 vesinäytteenotoilla on täsmennetty suolaisuuden alueellista jakaumaa ja tutkimusalueen pohjavesikemian perustilaa. Paleohydrogeologisten kehityskulkujen ja syvien pohjavesien kemian selvittämiseksi tarvittavaa tietoa-aineistoa on täydennetty. Vesinäytteitä syvästä rei'istä on otettu yhteensä 11 kappaletta ja kaasunäytteitä kuusi kappaletta. Tulokset raportoidaan vuonna 2003.

Kallioon kairatuista matalista rei'istä ja maaperään asennetuista siiviläputkista otettiin vesinäytteitä alkukesällä ja syksyllä 2002. Alkukesän vesinäytteenotot suoritettiin Posivan laajan näytteenotto- ja analyysiohjelman mukaisesti. Syksyllä keskityttiin ainoastaan sellaisten kohteiden vesinäytteenottoihin, joissa aiempien näytteenottojen aikana oli havaittu ongelmia. Näytteenottoja suoritettiin yhteensä seitsemästä kallio-reiästä ja kymmenestä pohjavesiputkesta. Vuosina 2001–2002 suoritettujen vesinäytteenottojen perusteella laaditaan matalien kairanreikiä ja pohjavesiputkien vesinäytteenotoille seurantaohjelma. Vesinäytteenotot täydentävät perustilan kuvausta sekä antavat tietoa mahdollisista vuodenaikaisvaihteluista. Kesän vesinäytteenotoista on valmistunut raportti. Syksyn vesinäytteenotot raportoidaan alkuvuodesta 2003.

Loppukesästä Olkiluodon edustalta otettiin neljä merivesinäytettä. Näytteenottojen tavoitteena oli tuottaa lisätietoja kairanreikiä pitkäaikaispumppauksien aikana suoritettujen vesinäytteenottojen tulosten tulkintaan sekä perustilan kuvaukseen. Merivesinäytteenotoista valmistuu raportti alkuvuodesta 2003.



Ympäristötutkimukset

Kasvillisuuden seuranta varten Olkiluodosta otettiin toukokuussa 2002 vääräväri-ilmakuva, josta työstettiin oikaistut digitaalikuvat jatkokäsittelyn helpottamiseksi. Kesän aikana saaren keskeinen alue jaettiin kasvillisuuden muodostamiin kuvioihin. Näiden kasvillisuus luokiteltiin systemaattisesti kenttäkäyntien perusteella. Työtä jatketaan tulevina vuosina puuston ja maaperän yksityiskohtaisemmillä tutkimuksilla.

Teollisuuden Voima Oy:n keräämät meriekosysteemien sekä ympäristön radioaktiivisuuden seuranta-tiedot sekä viimeisten kymmenen vuoden säämittausten tulokset hankittiin Posivaan ja niiden tarkastelu loppusijoitushankkeen näkökulmasta aloitettiin. Tiedot ulottuvat parhaimmillaan jopa 1970-luvulle. Säätie-doista laskettiin kuukausittaiset ja vuosittaiset keskiarvot ja tunnusluvut, jotka julkaistiin yhdessä vastaavalla ajanjaksolla Olkiluodossa tehtyjen lumi- ja routahavaintojen kanssa.

Eläinten, erityisesti riistaeläinten ja suurehkojen nisäkkäiden, esiinty-

mistä selvitettiin kirjallisuustutkimuksen ja alueen metsästäjien haastattelujen perusteella. Samassa yhteydessä 1997 tehty linnustotutkimus referoitiin englanniksi kansainvälisiä lukijoita varten.

Maapeitteessä olevan pohjaveden hydrologisten ja kemiallisten ominaisuuksien ja kallion yläosan kemiallisten ominaisuuksien selvittämiseen tähtäviä sekä kausittaista vaihtelua kartoittavia vesinäytteenottoja jatkettiin pohjavesiputkista ja matalista kalliorei'istä.

Loviisan tutkimukset

Hästholmenin kenttätutkimusten päätyttyä vuonna 2000 tutkimusreikään KR1 asennettiin monitulppalaitteisto, joka mahdollistaa vesinäytteenotot kairanreiästä. Ensimmäinen näytteenotto suoritettiin alkuvuodesta 2002 ja tulokset raportoidaan alkuvuodesta 2003. Vesinäytteenottojen tarkoituksena on saada referenssimateriaalia Olkiluodon pohjavesitutkimuksiin sekä tutkia, miten pitkäaikainen kairanreiän tulppaus vaikuttaa kairanreiässä havaitun pohjaveden laatuun.

Laite- ja menetelmäkehitys

Vedenjohtavuuden mittausslaitteiston reikäanturiin on asennettu uudet elektroniikkakortit ja lämpöpulssianturi. Uusittu laite on otettu mittauskäyttöön.

GTK:n kanssa käynnistettiin v. 2000 yhteistyöprojekti, joka tähtää mittalaitteen valmistamiseen kallion lämpöominaisuuksien in situ -mittauksiin syvässä kairanrei'issä. Rakennettava laite perustuu lämmönjohtumiseen sylinterin muotoisesta lämpölähteestä. Kehitystyötä jatkettiin toimikertomusvuonna mm. selvittämällä tarkoitukseen soveltuvia lämmityskalvoja ja lämpötila-antureita. Selvitysten perusteella käynnistettiin varsinaisen prototyypimittalaitteiston rakentaminen halkaisijaltaan 56 mm kairanreikään. Mittausten tulkintaohjelmiston laatiminen aloitetaan v. 2003. Laitteen suunnittelussa otetaan huomioon myös maanalaiset mittaukset.

Vuonna 2001 käynnistetty uuden virtauseromittauslaitteiston rakentaminen saatiin päätökseen ja laite otettiin vastaanottotestien jälkeen tuotantokäyttöön. Uuden mittausohjelman sisältävät elektroniikkakortit asennettiin myös vanhoihin reikäantureihin, joten virtauseromittaukset voidaan suorittaa samalla tavalla kaikilla käytössä olevilla mittalaitteilla. Sijoituspaikkatutkimuksia varten uuteen mittausslaitteistoon asennettiin yksinkertainen caliperanturi, jolla voidaan havaita kairanreikään tehtyjä mittamerkkejä ja näin ollen laskea saaduille vedenjohtavuustuloksille syvyyskorjauksia. Vuonna 2002 käynnistettiin myös in situ -painemittausmahdollisuuden lisääminen uuteen laitteistoon. Alhaalla reiässä tehtävällä painemittauksella voidaan korvata suolaisia pohjavesiä mitattaessa makeavesiletkun avulla tehtävä aikaa-vievä painemittaus. Paineanturin käytön tarvitsemat ohjelmistomuutokset ja laitetestit tehdään vuoden 2003 puolella.

Matalien kallioreikien ja pohjavesiputkien vedenjohtavuusmittauksiin suunniteltiin ja rakennettiin

yksinkertainen mittauslaitteisto, joka perustuu ns. ”slug-testiin”. Mitattava testiväli erotetaan kahdella pullistettavalla tulpalla ja mittaus/kannatinputkessa oleva paineanturi toimii mäntänä. Laitteisto on suhteellisen helposti liikuteltavissa maastossa. Laitteella mitattiin loppukesän aikana mittauksiin parhaiten soveltuvat porakairausreiät ja siiviläputket.

Vuonna 2001 SKB:n kanssa yhteistyönä aloitettua irtokairaukseen perustuvaa jännitystilamittauksen kehitystyötä jatkettiin. Työn aikana havaitut mittauslaitteisto-ongelmat on toimitettu mittausurakoitsijan tietoon ja laiteparannuksia on luvassa. Kehitystyötä jatketaan Olkiluodon kallion anisotropiatarkastelulla. Kehitettyä laadunvarmistusmenetelmää pyritään samalla laajentamaan.

PAVE- ja Pove-venttiilit on korvattu kolmella sarjaan kytketyllä palloventtiilillä. Venttiilimuutokset ovat parantaneet PAVE-laitteiston toimintavarmuutta oleellisesti. Näytesäiliöiden kiinnityksessä käytetyt kierrellitokset korvattiin pikaliitännöillä. Pienemmät näytesäiliöt, jotka helpottavat kaasunäytteiden jatkokäsittelyä ja kaasujen analysointia, otettiin käyttöön. Pyöristämällä näytesäiliöiden sisäosien päädyt pyrittiin estämään kaasufaasin muodostumista näytesäiliöiden yläosiin laitteiston noston aikana. PAVE-laitteistoon suunniteltiin myös suurempia noin 500 ml näytesäiliöitä, jotka mahdollistavat suurempien näytemäärien saamisen ilmakontaminaatiolle herkkien parametrien määrittämistä varten.

Uusi pohjavesikemian kenttämittauslaitteisto, jolla seurataan vesinäytteen esipumppausta, valmistui alkuvuodesta 2002. Sen avulla pidetään yllä pohjavesipumppauksia ja suoritetaan pH:n, sähkönjohtavuuden, redox-potentiaalilin, liuennepäpän ja lämpötilan jatkuvatoimiset mittaukset. Mittaustulosten perusteella arvioidaan vesinäytteen edustavuutta. Uusi valmistunut laitteisto mahdollistaa entistä useampien vesinäytteenottojen suorittamisen sekä



Matalien kallioreikien ja maaperään asennettujen siiviläputkien vedenjohtavuusmittauksia tehtiin tarkoitukseen rakennetulla uudella laitteistolla.

olemassa olevien PAVE-laitteistojen tehokkaamman käytön.

Laitetestausta on edelleen jatkettu maan päälle pumpatusta pohjaveteä suoritettavia kaasunäytteenottoja varten. Ensimmäinen prototyyppi valmistui, mutta sen kehitystyötä on jatkettava edelleen.

Menetelmäkehitystyö käynnistettiin massaspektrofotometri (MS) määrittämisessä hyödyntäen pohjaveteen liuennepäpän kaasujen määrittämisessä. Työn tavoitteena on ottaa käyttöön menetelmä, jolla voidaan analysoida kaasuja sekä kaasua että liuosfaasista. Liuosfaasin analysoinnissa on tarkoitus hyödyntää membraanitekniikkaa.

Uuden lyhytkapillaarielektroforeesilaitteiston prototyyppi on valmistunut. Laite parantaa pohjavesinäytteen kationien ja anionien analytiikkaa.

Pohjavesinäytteen kenttätyön ohjeistuksen, näytteenotto- ja analyysimenetelmät sisältävä Posivan vesinäytteenoton kenttätyöohje päivitettiin. Analyysitulosten luotettavuutta seurattiin vuoden aikana mm. isotooppimäärittysten suhteen teettämällä rinnakkaismäärittäksiä eri laboratorioissa.

PITKÄAIKAIS- TURVALLISUUDEN ARVIOINTI

Teknisten päästöesteiden toimintakykytutkimukset

Toimintakykyanalyyseiden tavoitteena on tutkia teknisten päästöesteiden toimintaa ja sovittaa loppusijoitusratkaisun yksityiskohdat Olkiluodon oloihin. Samalla tuotetaan tausta-aineistoa ja lähtötietoja tuleviin turvallisuusarviointeihin sekä loppusijoitusjärjestelmän suunnitteluun. Käytetyn polttoaineen, kapselin ja bentoniitin ohella on tarkasteltu vaatimuksia, joita tarvitaan suunniteltaessa loppusijoitustiloja ja tunneleita, kuiluja ja täyteaineita ja sulkurakenteita. Tutkimuksia tehdään paljolti kansainvälisenä yhteistyönä.

EU:n hankkeessa ”Rates and mechanisms of radioactive release and retention inside a waste disposal canister (IN CAN PROCESSES)” tutkitaan kapselin sisäisiä ilmiöitä radionuklidien mahdollisessa vapautumisessa käytetystä polttoaineesta.

Tutkimus kohdistuu polttoainematriisiin rapautumisnopeuden selvittämiseen sekä hapettavissa olosuhteissa että raudan puskuroimissa pelkistävässä olosuhteissa. Suomessa tehdyissä kokeissa on havaittu raudan pelkistävän uraania.

Radionuklidien liukoisuusarvojen tarkentamiseksi realistisempaan suuntaan on tutkittu thoriumin liukoisuutta Olkiluodon eri suolaisuutta omaavissa pohjavesissä.

SKB-Posiva yhteishankkeena on käynnistetty kokeellisia tutkimuksia ja teoreettisia selvityksiä kuparin korroosiosta suolaisessa pohjavesiympäristössä. Korroosiotutkimukset tehdään mahdollisimman tarkoin loppusijoitustilan oloja vastaavissa olosuhteissa. Kuparin korroosioikäytymisen kannalta on oleellista tietää hapellisen jakson pituus sekä bentoniitin happea kuluttavat mekanismit sekä niiden ajallinen käyttäytyminen. SKB-Posiva yhteishankkeena on käynnistetty tutkimus bentoniitissa vallitsevista redox-olosuhteista ja bentoniitin redox-olosuhteisiin vaikuttavista komponenteista.

Nykyisen tiedon perusteella sementistä saattaisi olla haittaa bentoniitin toimintakyvylle ja siksi tavallisen sementin käyttöä sijoitusreikien ja bentoniittipohjaisten sulkurakenteiden lähiympäristössä tulisi rajoittaa. Mahdolliset haitat voitaisiin todennäköisesti välttää käyttämällä alhaisemäksisiä sementtejä (pH < 11), jollaisia on parhaillaan kehitteillä. Posiva tutkii alhaisemäksisiä sementtejä ja niiden soveltuvuutta eri kohteisiin (sulkurakenteet, injektointi, ruiskubetonointi) loppusijoitustilassa yhteistyössä SKB:n ja NUMO:n kanssa. Tähän mennessä on kehitetty materiaalit ja reseptit sekä tehty perustestaukset materiaalien injektointivuudesta.

Prototype repository

EU:n "Prototype Repository"-projektissa testataan ja demonstroidaan KBS-3-loppusijoitusratkaisua rakentamalla täyden mittakaavan pit-

käaikaiskoe suljetulle loppusijoitus-tunnelille. Posiva ja VTT osallistuvat päästöesteiden konseptuaalisen ja matemaattisen mallinnuksen kehittämiseen. Vuonna 2002 on mallinnettu ennakoivasti bentoniitin ja tunnelitäytteen (30% bentoniitti/70% murske), bentoniitin ja kallion rajapinnan sekä tunnelitäytteen ja kallion rajapinnan geokemiallista tasapainoa ja sen kehittymistä.

Paisuntapaine

Bentoniitille on ominaista, että suolaisessa vedessä sen paisuntapaine ja paisuntakapasiteetti pienenevät. Riittävän paisuntapaineen varmentamiseksi on bentoniitti alunperin kompaktoitava kyllin tiheäksi. Vuosien 2000–2002 aikana on Posivan ja SKB:n yhteistyönä tutkittu nykyisten mallien kykyä selittää teoreettisesti kokeissa mitattuja bentoniitin paisuntapaineita. Tutkimuksessa on mitattu paisuntapaineita Na-bentoniitissa tiheyden ja NaCl-liuoksen ionivahvuuden funktiona. Suomen osuudessa on selvitetty bentoniitin huokosvesikemiaa, joka osaltaan vaikuttaa paisuntapaineen muodostumiseen. Kokeiden pohjalta voidaan päätellä, että ionit ulkopuolisesta vedestä tunkeutuvat bentoniittiin pienentäen paisuntapainetta. Tuloksia on tulkittu erilaisten mallinnusvaihtoehtojen pohjalta. Ruotsissa kehitetty malli, jossa oletetaan osan liuenneista ioneista olevan ionipareina, pystyy ennustamaan sekä paisuntapaineen että huokosveden suolapitoisuuden verraten hyvin. Suomessa käytetty lähestymistapa, jossa huokosveden suolapitoisuus lasketaan bentoniitin mikrorakenteen pohjalta, antaa myös kokeiden kanssa yhteensopivia tuloksia. Saatujen tulosten pohjalta arvioidaan tarve tutkimusten jatkamiseen.

FEBEX

EU:n Nuclear Fission Safety ohjelmaan (1994–1998) sisältyi FEBEX-projekti (Full-Scale Engineered

Barriers Experiment), jossa demonstroititiin loppusijoitusratkaisun rakentamista ja tutkittiin bentoniitissa tapahtuvia termo-hydro-mekaanisia ja termo-hydro-geokemiallisia prosesseja. Hankkeeseen sisältyi täyden mittakaavan koe Sveitsissä Grimselin kalliolaboratoriossa (in-situ test), suuren mittakaavan laboratoriokoe Espanjassa (mock-up test) sekä näitä kokeita tukevat laboratoriotutkimukset. Tutkimuksia on jatkettu EU:n puiteohjelmassa vuosina 2000–2003. Jatkohankkeeseen sisältyy in-situ kokeen osittainen lopetus kesällä 2002 ja sen jatkaminen pienennetyssä koossa, mock-up kokeen jatkaminen sekä näitä tukevat laboratoriotutkimukset ja mallinnus. Tutkimuksessa käytetty espanjalainen Ca-Mg-Na-bentoniitti poikkeaa koostumukseltaan Suomessa yleisimmin tutkitusta Na-bentoniitista ja avartaa siten käsitystä vaihtoehtoisten bentoniittilaatujen käytömahdollisuuksista.

Posiva osallistuu uuteen FEBEX II -hankkeeseen tutkimalla in-situ kokeen näytteistä betonin aiheuttamia kemiallisia vaikutuksia bentoniitissa näiden materiaalien rajapinnan läheisyydessä. Viiden koevuoden jälkeen betonin vaikutuksia oli havaittavissa bentoniitissa yli 10 cm:n etäisyydellä rajapinnasta.

CROP

Posiva osallistuu EU:n "Cluster Repository Project – A Basis for Evaluating and Developing Concepts of Final Repositories for High-level Radioactive Waste (CROP)" hankkeeseen, johon EU-maiden lisäksi osallistuvat Japani, Kanada ja Yhdysvallat. Hankkeessa kerätään ja arvioidaan kokemuksia maanalaisten tutkimustilojen rakentamisesta ja niissä tehdyistä tutkimuksista ja kokeista. Vuonna 2002 Posiva laati kuvauksen sekä teknisten vapautumisesteiden toiminnan arvioinnista että katsauksen loppusijoituskonseptien kehittämiseen liittyvistä näkökohdista.

GAMBIT

Kaasun kulkeutumista puristetun bentoniitin lävitse kuvaavan mallin kehitystä jatkettiin "GAMBIT Club" yhteistyöryhmässä. Hankkeen kolmannessa vaiheessa kehitettiin mallia, jossa pyrittiin myös ottamaan huomioon huokoisuus, joka syntyy bentoniitin kokoonpuristumisesta ja veden poistumisesta rakenteista. Yhteistyöryhmässä kuitenkin todettiin, että eri kaasunkulkeutumiskokeissa saatujen tulosten tulkinnaassa käytetyt mallit sisältävät vielä epävarmuuksia, joita olisi syytä selvittää lisäkokeilla. Lisätiedon hankkimiseksi SKB ja Posiva ovatkin aloittaneet täydenmittakaavan kaasun läpäisevyyssuorituksen (LASGIT) suunnittelun. Koe on tarkoitettu toteuttamaan Äspön kalliolaboratoriossa.

BENIPA

"Bentonite barriers in integrated performance assessment (BENIPA)" EU-hankkeessa viimeisteltiin täyteaineissa tapahtuvia ja niihin vaikuttavia ilmiöitä ja tapahtumia käsittelevät FEP-tietokannat sekä laajat kirjallisuuskatsaukset. VTT Prosessit toimi kiteisen kallion puolen vetäjänä näissä osatehtävissä. Radionuklidien kulkeutumisanalyyssejä suoritettiin KBS-3V:lle sekä ENRESAn vaakasijoitusratkaisulle. Posivan turvallisuusanalyysseissä käytetyllä REPCOMilla ja ENRESAn GOLDSIM-mallilla saatiin yhteneväiset tulokset molemmissa tapauksissa. BENIPA-hankkeen yhteydessä on myös hyvin tuloksin testattu kaupallista PC-mallia PORFLOW. Mallin käytöstä radionuklidien kulkeutumisanalyysiin KBS-3V ja KBS-3H loppusijoitusreitissä laaditaan työraportti vuonna 2003.

ECOCLAY

ECOCLAY-hankkeessa kerättiin vuonna 2002 kokemuksia ja näkemyksiä sementin vaikutuksiin liit-

tyvien asioiden käsittelystä turvallisuusanalyysseissä. ECOCLAY-hanke analysoi kyselyn tulokset vuonna 2003. Hankkeessa tutkitaan bentoniitin ja sementin vuorovaikutusilmiöitä savi- ja kiteisen kallion ympäristössä, erityisesti geokemiallisia reaktioita, vaikutuksia radionuklidien sorptioon sekä kytkettyjä geokemiallisia ja kulkeutumisilmiöitä. Posivan osuudessa tarkastellaan bentoniitin, sementin ja kiteisen kallion muodostamaan systeemiin liittyviä reaktioita ja ilmiöitä.

NEAn EBS-hanke

NEAn "Engineering barrier systems" -hanketta pohjustettiin perusteellisella kyselyllä, jossa selvitettiin teknisten vapautumisesteiden toimintavaatimuksia ja niiden käsittelyä turvallisuusanalyysseissä. NEA julkaisee yhteenvedon kyselyn tuloksista vuonna 2003. EBS-hankkeen suunnittelukokouksessa Posivan esitys suunnittelu- ja toimintavaatimusten systemaattisesta hallinnasta herätti runsaasti mielenkiitoa. Suunnittelu- ja toimintavaatimukset valittiin EBS-hankkeen ensimmäisen varsinaisen työkokouksen aihepiiriksi ja Posivaa pyydettiin isännöimään kokousta.

Kallioperän toiminta vapautumisesteenä

Kallioperässä kulkeutumisen ja pidentymisen mallinnustapoja ja konsepteja käsittelevässä EU-projektissa RETROCK on ensimmäisenä työpaketina valmistunut laaja kyselytutkimus. Tulosten yhteenvedosta saadaan eri ydinjätehuollon alueilla toimivien organisaatioiden näkemysten mukainen pohja jatkotutkimustarpeiden arvioimiselle.

Kulkeutumisilmiöiden tutkimukset ovat jatkuneet yhteistyössä muiden jätehuolto-organisaatioiden kanssa Äspön kalliolaboratoriossa. Kokeet ovat keskittyneet usean raon tai pienen rakovyöhykkeen systeemiin. Suomessa on tehty tulosten mal-

littamista ja tulkintaa. Myös mallintamisen yhteishanke Task Force -ryhmässä on jatkunut. Ryhmässä tarkastellaan tehtyjen kokeiden tulosten ekstrapoloimista turvallisuusanalyysia vastaavaan tilanteeseen. Näitä yhteistyöprojekteja kuvataan myöhemmin kohdassa Äspön kalliolaboratorio.

Sorptiokokeita ja sorptioilmiöiden mallintamista on jatkettu sorption mekaanisen ja teoreettisen ymmärtämisen lisäämiseksi. Kokeissa on tutkittu mm. kesiumin eri pitoisuuksien vaikutuksia merkkiainekesiumin pidättymiseen. Kaoliniittitutkimukset europiumin ja ameriikiumin sorptiomekanismien määrittämiseksi on jatkunut. Posiva on jatkanut osallistumistaan NEA:n Sorptioforumin II-vaiheen työhön ja on päättänyt osallistua TDB (Thermodynamic Data Base) työn kolmanteen vaiheeseen. Keskenään yhteensopivien ja johdonmukaisten kokeellisten kulkeutumistutkimusten ja mallinnustapojen kehittämiseksi on suunnitteilla migraatio- ja raatiomallintajien muodostama kulkeutumishanke (KULKE). Hanke kattaa sekä lähi-, että kaukoalueen kokeelliset tutkimukset ja mallinnustavat. KULKE tulee olemaan osa kansallista ydinjätetutkimusohjelmaa (KYT).

GTK:n johdolla v. 2001 käynnistetty ikiroutaa käsittelevä työ on jatkunut. Lupin-Mine kaivoksessa Kanadassa on mm. kairattu kaksi reikää ikiroudan reunan alapuolelle. Kairauksen, näytteenottojen ja analyysien tuloksia tullaan tarkastelemaan vuoden 2003 aikana.

Oikiluodon tutkimusalueen hydrogeokemiallisia olosuhteita ja niiden yhteyttä vallitseviin virtausoloihin on tarkasteltu 3D-mallinnuksen avulla. Työ raportoidaan vuoden 2003 puolella. Hydrogeokemiallista perustilaa on määritetty päivittämällä geokemiallista mallia tarvittavin osin. Työ jatkuu vuoden 2003 puolelle ja raportoidaan perustilan raportoinnin yhteydessä kesällä 2003.



Olkiluodon tyypillistä rantamaisemaa.

Biosfääritutkimukset

Kuivalla maalla mahdollisesti sijaitsevien pohjaveden purkautumisalueiden tai niiltä maavettä saavien alueiden biosfäärin mallintamishankkeen suuntaviivat muodostuivat joulukuussa 2002 pidetyssä asiantuntijaseminaarissa, jota seuranneiden jatkokeskustelujen perusteella on käynnistetty mallinkehityshanke yhteistyössä SKB:n kanssa.

Posivan osittain rahoittama ydinjätehuolto-organisaatioiden ja joidenkin viranomaistahojen kansainvälinen biosfäärimallintamisen avainkysymysten selvittämiseen keskittyvä BIOPROTA-hanke käynnistyi.

Posiva tukee Studsvik Eco & Safety AB:n osallistumista EU:n ”Biosphere Models for Safety Assessment of radioactive waste disposal based on the application of the Reference Biosphere Methodology” -projektiin (BioMoSA). Tämän lisäksi Posiva on seurannut

kansainvälisten biosfäärin mallintamiseen liittyvien projektien etene mistä (esim. FASSET, BIOCLIM).

Turvallisuusanalyysi

VTT Prosessit osallistui Posivan tuella vuosina 2000–2002 EU-hankkeeseen ”Testing of safety and performance indicators (SPIN)”, jossa tutkittiin loppusijoituksen vaihtoehtoisia toimintakyky- ja turvallisuusmittareita. VTT:n osuudessa havainnollistettiin TILA-99 turvallisuusanalyysin väli- ja lopputuloksia (mm. radionuklidien aktiivisuusvirtoja ja säteilymyrkyllisyyttä loppusijoitusjärjestelmän eri osissa). Vuonna 2002 osallistuttiin EUR (European Utility Requirements) -sarjassa julkaistavan loppuraportin ja yleistajuisen esitteen laatimiseen.

ONKALON aiheuttamien häiriöiden arviointityö on jatkunut ja saatetaan loppuun hydrologisten ja

geokemiallisten häiriöiden arvioiden valmistuttua. Häiriöiden arviointi on osa ennen ONKALON rakentamista STUKille esitettävää raportointia.

Posiva ja VTT Prosessit ovat osallistuneet EU-hankkeeseen GASNET (A thematic network on gas issues in safety assessment of deep repositories for nuclear waste), jossa arvioidaan kaasunkehitystä, kaasujen kulkeutumista sekä niiden käsittelyä turvallisuusanalyyseissä. GASNET järjesti marraskuussa 2002 hankkeen tuloksia esittelevän kansainvälisen työkokouksen, josta saadun palautteen perusteella laaditaan GASNETin loppuraportti vuonna 2003.

Yhteistyö ja tiedonvaihto on käsittänyt muun muassa osallistumisen OECD/NEA:n ja kansainvälisen Crystalline-ryhmän työhön. OECD/NEA:ssa Posiva on osallistunut muun muassa ”Integration Group for Safety Case (IGSC)” -ryhmän työhön.

LOPPUSIJOITUS- TEKNIikka

Kapselin suunnittelu

Kapselisuunnitelmaa on tarkasteltu yhteistyössä SKB:n kanssa. Kapselisuunnitelmaraportin päivitystarvetta on arvioitu vuoden 2002 aikana ja on päätetty, että raportti päivitetään vuonna 2003. Suunnitteluperusteisiin liittyvien tutkimusten, kuten korroosiotutkimusten, edistymistä on seurattu ja niiden tulosten merkitystä kapselisuunnitelmaan ja edelleen muihin osalualueisiin on arvioitu. Erityisesti kuparikapselin seinämäpaksuuden ohentamisen merkitystä muihin osalualueisiin on pohdittu yhdessä SKB:n kanssa. Seinämäpaksuuden ohentamista selvimmin rajoittavana tekijänä on noussut esiin vaippamateriaalin ja siinä olevien liitosten eheysvaatimus. Tarkastustekniikoiden erotuskyvyn rajallisuus toistaiseksi rajoittaa asetettavan materiaalin eheysvaatimuksen melko kärkeäksi, mistä johtuu, että kapselin seinämää ei voida mitoittaa pienemmillä varmuuskertoimilla. Realistisena tavoitteena kuitenkin pidetään seinämän ohentamista 50 mm:stä jonnekin 35–40 mm:n vaiheille.

Kapselin sulkemis- ja tarkastustekniikka

Uusi elektronisuihkuhitsauksen (EB) koeohjelma toteutettiin vuonna 2002. Koeohjelmassa hitsattiin kahteen lyhyeen kuparilieriöön täysimitaiset kannet kumpaankin päähän. Lyhyen lieriön sisään oli rakennettu teräslevystä spiraalinmuotoinen ”labyrintti”, joka kuvasi todellisen täysimitaisen kapselin sisällä olevaa suurta rakotilavuutta. Tällä tavoin voitiin simuloida hitsauksessa tarvittavan tyhjiön muodostumista hitsattavan umpinaisen kappaleen sisälle. Tyhjiön laatua seurattiin kapselin

sisällä instrumentoidusti. Näiltä osin kokeet onnistuivat hyvin. Sen sijaan saksalaisen hitsauslaitevalmistajan (Steigerwald) hitsauskammio oli näitä kokeita varten liian ahdas, mistä syystä kokeiden aikana esiintyi laitehäiriöitä, jotka osittain pilasivat kokeiden suorituksen. Vuoden aikana aloitettiin EB-hitsauskokeet pienessä levymittakaavassa myös toisen saksalaisen hitsauslaitevalmistajan (Präzisionstechnik GmbH) laitteistolla. Alustavat tulokset näyttävät, että tälläkin laitteistolla tultaneen saavutamaan kelvollisia EB-hitsejä 50 mm kupariin.

Myös muiden hitsausmenetelmien kehitys- ja selvitystyötä jatkettiin. TKK:lla tekeillä olevat alustavat kapearailo-TIG -hitsauskokeet ovat viivästyneet laiteongelmien ja tehtävän vaativuuden johdosta. Raportointia odotellaan kuitenkin vuonna 2003. Sulkemistekniikoita, kuten muitakin kapselointitekniikan osalualueita, kehitetään yhteistyössä SKB:n kanssa mm. osallistumalla SKB:n kapselilaboratorion toimintaan. SKB:n hitsauslaboratorioon on vastikään asennettu uusi kitkatappi-hitsauslaite (FSW, Friction Stir Welding). Laitteella on suunniteltu liitettävän kapselointivaiheessa kuparikapselin kansi vaippaan. FSW:n etu sulahitsausmenetelmiin verrattuna on se, että syntyvä liitos on muokattava pienirakeista materiaalia, jonka tarkastettavuus ja korroosio-ominaisuudet ovat lähellä kuumamuokatun perusaineen ominaisuuksia. Posiva osallistuu yhteisprojektissa SKB:n kanssa kyseisen laitteen käyttöönottovaiheeseen vuonna 2003.

Hitsauskokeiden rinnalla kehitetään yhdessä SKB:n kanssa kuparivaipan ja hitsien tarkastustekniikoiden soveltuvuutta ja erotuskykyä sekä tarkastuskriteerejä koti- ja ulkomaisia laite- ja osaamisresursseja hyödyntäen. Edellä kuvattujen EB-hitsausten ja kapselivaipan muokauskokeen tuloksia on tarkastettu SKB:n kapselilaboratorion läpivalaisu- ja ultraäänilaitteistoilla.

Kapselin valmistustekniikka

Kapselin valmistustekniikan keskeisimpänä kehityskohteena on kuparivaipan lieriöosan valmistus yhdestä kappaleesta useammalla vaihtoehdoisella muokausmenetelmällä. Kehitystyötä on laajennettu ulottumaan myös kapselimateriaalin aihion valuu asti kapselin laatuvaatimusten täyttämiseksi. Valuaihioden kehitystyötä on tehty Outokummun valuprosessin kehittämiseksi siten, että valun happipitoisuus saadaan spesifikaation mukaiseksi koko valun pituudelta, fosforin mikroseostus saadaan tarkemmin kontrolloiduksi, valun pinnanlaatua on kehitetty paremmaksi ja valujöötin keskelle tulevaa kutistumavauriota on minimoitu. Osa kehitystyön tuloksista on jo toteutettu laitteistomuutoksina, mutta suurempi valusysteemin muutostyö voidaan Porissa toteuttaa vasta myöhemmin. Osittainkin toteutetulla valuprosessin muutoksella on jo suoritetuissa valuissa saatu huomattavaa parannusta lopputuloksen laatuun.

Vuonna 2002 tehtiin Saksassa Vallourec-Mannesmann Tubes -putkitehtaalla ensimmäisen integroidulla pohjapäädyllä varustetun saumatoman kuparivaipan valmistuskoe pisto&veto -menetelmällä. Lopputuloksena oli varsin hyvä. Ensimmäistä kertaa saatiin tällä menetelmällä riittävän pitkä putki, joka riittäisi BWR-tyyppiseen kapseliin. Ja samalla syntyi integroitu pohjapääty. Menetelmä on erittäin lupaava massatuotantoakin silmällä pitäen. Tällä kertaa laatuongelmia jäi vain integroidun pohjapäädyn raekokoon ja muutamiin sisäisiin materiaaliavikoihin. Putkitehdas jatkaa kehitystyötä pohjapäädyn muokausasteen nostamiseksi valmistusprosessissa. Valmistusprosessin rutiinoinniseksi on tarkoitus edelleen tehdä vastaavanlaisia valmistuskokeita vuonna 2003. Tätäkin kehitystyötä tehdään yhdessä SKB:n kanssa, joka



Vallourec & Mannesmann Tubes -tehtaalla valmistettu ensimmäinen integroidulla pohjalla varustettu kapselivaippa esikoneistuksen jälkeen.

myös on aikaisemmin teettänyt samalla valmistajalla useampia kuparivaippoja samalla pisto&veto -menetelmällä.

Kuparivaipan vaihtoehtoisten valmistusmenetelmien teknis-taloudellista soveltuvuutta ja valmistusmenetelmiin käytettävissä olevia laitteistoja kartoitettiin edelleen. Kartoituksen perusteella selvitetään uutta vaihtoehtoista valmistusmenetelmää, taaksepäin pursotusta. Painosorvaamistyyppisten menetelmien keiluista on jouduttu luopumaan, koska sopivaa laitteistoa ei maailmalta ole löytynyt.

Yhteishankkeena SKB:n kanssa on ruotsalaisella terästehtaalla suoritettu kuparivaipan ja kuparikansien valmistusta avotaonnalla tai oikeammin kuumapuristamalla. Soveltuvan taontalaitteiston löydyttyä (Scana AB) suunniteltiin ja tehtiin valmistuskoe, jossa tyssätystä ja lävisitetystä kupariaihioista taottiin kapselivaipan lieriö. Samalla laitteistolla valmistettiin myös kymmeniä kapselivaipan kansia kuumapuristamalla 500 mm lieriöaihio kannen muottiin. Puristimen työkaluja on tarkoitus

kehittää edelleen ja hieman vajaaksi jäänyt lieriöaihio on tarkoitus puristaa edelleen paremmilla työkaluilla vaadittaviin mittoihin.

Kapselin sisäosan kehitystyötä on jatkettu suunnittelemalla uusi valukoe. Valukoe suoritetaan Metso Paper Oy:n Rautpohjan valimossa rinnakkain ja yhteistyössä SKB:n vastaavanlaisten valukokeiden kanssa Ruotsissa. SKB:n ja Posivan valukokeissa on yhtenevät laatuvaatimukset ja tavoitteet. Valukokeen suunnittelu käynnistyi vuonna 2002, mutta itse valu tapahtuu vuoden 2003 alussa. Muutokset aiempaan (v. 1998) Rautpohjan valimossa suoritettuun valukokeeseen verrattuna ovat:

- Reuna-alueella olevat kevenysreiät (4 kpl) jätetään pois
- Pohjapäätty (t 50 mm) valetaan integroituna
- Valun sitkeys- ja lujuusominaisuudet pyritään saamaan paremmiksi (tekemällä valulle laaja rikkova tarkastus- ja koestusohjelma, jonka tuloksia vertaillaan ruotsalaisten valimoiden tuloksiin).

Kapselointilaitoksen suunnittelu

Kapselointilaitoksen suunnittelun päätavoite vuonna 2002 oli laitoksen mukauttaminen Olkiluodon olosuhteisiin. Kapselointilaitoksen sijoittamisvaihtoehtoina on tehty vertailusuunnitelmat ja kustannusarviot laitoksen sijoittamisesta KPA-varaston yhteyteen tai laitoksen sijoittamisesta muualle saareen eli loppusijoitus-tilojen yhteyteen. Sijoituksessa kapselointilaitoksen yhteyteen on tehty vielä kaksi erityyppistä ratkaisuvaihtoehtoa: joko kapselointilaitoksen liittäminen vesiallasyhteydellä KPA-varastoon tai siirtosäiliön käyttöön perustuva kytkeytyminen. Kummankin vaihtoehdon suunnittelussa on hyödynnetty saaren infrastruktuuria mahdollisimman tehokkaasti. Vertailuissa on huomioitu myös kuljetusnäkökohdat ja kustannukset. Vertailuaineisto on raportoitu vuoden 2002 kuluessa, mutta lopullista valintaa ei ole vielä tehty.

Polttoainekuljetukset

Kapselointilaitoksen suunnittelun yhteydessä on selvitetty kuljetussäiliöiden tyyppin valintaa. Niin sanottu märkäkuljetusvaihtoehto vaikuttaa paremmalta, koska siinä vanha käytetty polttoaine ei joudu korotettuun lämpötilaan, täyttö- ja purkuoperaatiot ovat yksinkertaisempia, onnettomuustilanteissa välittömät päästöt ovat alhaisempia, jne.

Loppusijoitustekniikka

Vuoden 2002 painopisteet loppusijoitustekniikan alalla ovat olleet:

- pohjaveden hallinnan tekniikoiden kehittäminen ja suunnittelu
- vaakasijoitusratkaisun kehittäminen yhteistyössä SKB:n kanssa
- täyttöratkaisujen tutkimus- ja kehitystyön suunnittelu
- loppusijoitustilojen esisuunnittelu kohdennettuna niihin tiloihin ja järjestelmiin, joilla on vaikutusta ONKALOn suunnitteluun.

Yhteistyötä SKB:n kanssa on syvennetty ja erityisesti konseptin kehittämiseen ja siihen liittyvään todentamiseen liittyviä asioita on suunniteltu ja toteutettu yhteistyössä. Myös kallionrakennukseen liittyviä loppusijoitustilojen kannalta olennaisia epävarmuuksia on selvitetty yhdessä ruotsalaisten kanssa.

Suunnittelun lähtötiedot ja rakentamisen menetelmät

Suunnittelun lähtötiedot ovat suurelta osin rakentamisvaiheen aikana tarvittavia tietoja, joita hyödynnetään ONKALOn ja loppusijoitustilojen suunnittelutyössä. Lähtötietoja tarvitaan mm. kalliotilojen asemointia sekä louhinta-, lujitus- ja tiivistystöiden suunnittelua ja toteuttamista varten. Tämä tehtäväkokonaisuus jakaantuu kallionrakentamiseen liittyvään kehitystyöhön ja varsinaisten loppusijoitustilojen suunnitteluun liittyvään työhön.

Loppusijoitustilojen tähänastiset kalliomekaaniset tarkastelut on tehty

olettaen kivelle yksinkertaisia materiaalimalleja, jotka perustuvat kiven jatkuvaan, homogeeniseen, isotrooppiseen, lineaariseen ja elastiseen käyttäytymiseen. Kiven käyttäytymisen malleja on tutkittu ja kehitetty huomioiden etenkin Olkiluodon olosuhteet, joita luonnehtii kiven anisotrooppisuus sekä muodonmuutos- ja lujuusominaisuuksien riippuvuus liuskeisuudesta. Ns. hauraassa kitka-koheesio materiaalimallissa, missä materiaali heikkenee vaurion lisääntyessä (epälineaarisuus), käytettiin Olkiluodon kiillegneissille aiemmin tehtyjä vaurio-ohjattuja laboratoriomäärittämiä. Suuntautuneisuuden vaikutusta kiven lujuuteen ja muodonmuutosominaisuuksiin tutkittiin numeerisen mallinnuksen avulla käyttäen partikkelimekaanista ohjelmaa PFC3D. Laboratoriossa tehtäviä yksiaksiaalisia puristuskokeita simuloitiin mallintamalla ja tuloksia verrattiin tonaliitille tehtyihin laboratoriomäärittämiin. Vertailussa tulokset olivat samankaltaiset. Posiva-raportti työstä on valmistunut vuonna 2002, ja työn tuloksia on esitetty kahdessa kansainvälisessä tilaisuudessa. Lisäksi on käynnistetty työ, missä kehitetään kiven anisotrooppisuutta huomioiva materiaalimalli. Työ toteutetaan tekemällä makro FLAC-laskentaohjelmaan. Lisäksi työssä tarkastellaan eri materiaalimalleihin perustuvien mallinnusmenetelmien oletuksia ja rajoituksia. Tavoitteena kiven käyttäytymisen tutkimuksilla on tuottaa lähtötietoja kalliotilojen suunnittelua varten ja entistä luotettavampien arvioiden tekeminen ONKALOn ja loppusijoitustilojen kalliomekaanisesta käyttäytymisestä.

Rakoilun analysointimenetelmätöiden tarkoituksena on selvittää rakoilun vaikutusta kallion käyttäytymiseen ja siinä etenkin tunnelien suuntaukseen ja pulttitarpeeseen. Menetelmää voidaan soveltaa ONKALOn ja loppusijoitustilojen tarpeisiin siten, että epäedullisia louhintasuuntia voidaan välttää jolla layoutin suunnitteluvaiheessa ja ottaa huomioon kalliomekaanisesti parhaimmat tunnelien suunnat ja

näin minimoida lujitustarvetta. Työstä on laadittu työraporttiluonnos vuoden 2002 aikana ja laadittu artikkeli kansainväliseen SARA 2003 -konferenssiin.

TKK:n kalliotekniikan laboratoriossa käynnistyi kirjallisuuskatsaukseen perustuva diplomityö, missä selvitettiin maanalaisissa tutkimuslaboratorioissa tehtyjä kalliomekaanisia tutkimuksia painottuen erityisesti akustisen emission (AE) käyttöön kalliotilojen louhinnan yhteydessä. Lisäksi perehdyttiin kokemuksiin, joita on saatu menetelmän käytöstä seurantamittauksissa Ruotsin HRL:ssa ja Kanadan URL:ssa. Työn tuloksia ja kokemuksia on tarkoitus hyödyntää ONKALOn suunnittelussa. Työstä valmistui vuonna 2002 työraportti.

Kalliotilojen vuotovesien hallintaan tähtäävä suunnittelu- ja kehitystyö käynnistettiin vuonna 2001. Tavoitteena on tuottaa pohjaveden hallinnan osalta lähtötiedot Olkiluodon olosuhteisiin sovitettua loppusijoitustilojen esisuunnitelmaa sekä ONKALOn suunnittelua ja urakka-asiakirjojen laatimista varten. Projektin keskeisiä tehtäväkokonaisuksia ovat vuotovesimäärien ja injektoitavuuden arviointi, vuotovesien aiheuttaman geokemiallisen ja hydrogeologisen häiriön kuvaus, injektointimenetelmien kehittäminen ja testaus sekä pohjaveden hallintaan liittyvien periaatesuunnitelmien laatiminen.

Alustava arvio Olkiluodon sijoitusalueen vuotovesimääristä ja kallion injektoitavuudesta valmistui vuonna 2002.

Dynaamisen injektointipaineen tuottavan laitteiston prototyyppi valmistettiin ja sen toimintaa testattiin vuoden 2002 alussa pilottikokeella kalliotunnelin seinään poratuissa rei'issä. Dynaamiseen pulssiin perustuvan injektointimenetelmän kehitys keskeytettiin toistaiseksi.

Kaupallisesti saatavilla olevia sementtipohjaisia injektointiaineita testattiin VTT:llä. Erityisesti hienorakeisilla injektointiaineseoksilla tapahtuu geelilytymistä, jolloin niiden tunkeutuvuusominaisuuksien testaa-

minen laboratorio-olosuhteissa saattaa heikentyä. Tämän vuoksi vuonna 2003 selvitetään eri menetelmiä, joilla injektointisementtejä analysoidaan ja vertaillaan kentällä saataviin tuloksiin.

Posiva on osallistunut INTE-projektiin, jonka tarkoituksena on tuottaa vuoden 2003 aikana kotimaiset yhtenäiset injektointiohjeet kenttätöihin.

Posivan ja SKB:n välisenä yhteistyönä on kehitetty matalan pH:n tuottavia sementtipohjaisia aineita laboratoriomittakaavassa. Tavoitteena on varmistua siitä, että pohjaveden pH ei sementin käytön vaikutuksesta nouse yli 11:n. Vuoden 2002 aikana on laadittu yhteenveto, jossa on kuvattu matalan pH:n sementin kemialla ja lisäaineiden käyttäytymistä sementissä sekä tarkasteltu valmistettujen matalan pH:n koekappaleiden ja erilaisten pohjavesien vuorovaikutusta. Lisäksi on selvitetty laboratoriokokein kallio-pulttien juotoslaastin, injektointisementin ja sideaineseosten valmistamista ja saavutettavia ominaisuuksia. Työ on tehty pääasiassa CBI:ssä (Cement och Betong Institutet) ja KTH:ssa. Projektin aikana on havaittu että masuuni-kuonan lisäämistä sementtiin kannattaa selvittää.

Observational-menetelmän soveltamisesta ONKALON maanpintayhteyden suunnittelussa ja rakentamisessa laadittiin työraportti. Menetelmän soveltamisalueet ovat kallion lujittaminen, kallion tiivistäminen injektioimalla, kallion louhinta poraus- ja räjäytysmenetelmällä sekä louhitavien tilojen geometriset tekijät (esim. tilojen syvyys). Maanpintayhteydeksi on tässä tarkastelussa valittu kuilu, mutta periaatteet ovat sovellettavissa myös ajotunnelivaihtoehtoon. Raportissa esitetään kuvaukset alustavien tutkimusten perusteella määritetyistä olosuhteista, piirustuksista ja spesifikaatioista, joilla kuvataan menetelmän soveltamista.

Posiva on osallistunut SKB:n APSE-projektin (Äspö Pillar Stability Experiment) suunnitteluun, jossa on tarkoitus tehdä laajamittakaa-

vainen, kahden loppusijoitusreiän välisen pilarin murtokoe.

Työn tavoitteina on:

- 1) testata mahdollisuuksia ennustaa kiteisen, kovan kallion lujuuskäyttäytymistä tunnelimittakavassa ja voimakkaassa jännityskentässä käyttäen numeerisia mallinnusohjelmia FLAC3D ja PFC2D. Lisäksi on täysin uutena tarkoitus soveltaa kytkettyä ohjelmaa FLAC2D/PFC2D.
- 2) saada käytännön kokemuksia kivien vaurioitumisen monitoroimisesta käyttäen akustisen emissio (AE) mittauksia ja verrata mitattuja vasteita mallinnettuihin tuloksiin. AE on hyvin mahdollinen ja kiinnostava menetelmä käytettäväksi myös ONKALON rakentamisen aikana.
- 3) demonstroida ja edelleen kehittää mahdollisuuksia kontrolloida EDZ-vyöhykkeen kasvua. Kokeessa tullaan tutkimaan täytönpaineen vaikutusta rakojen etenemiseen.

Vuoden 2002 aikana osallistuttiin murtokokeen käytännön toteuttamisen suunnitteluun ja mallinnettiin alustavasti koetta tekemällä lämpö-mekaanisia analyysejä FLAC3D-ohjelmalla. Raportti tästä valmistuu vuoden 2003 alussa. Yksityiskohdaisempi mallinnus on tarkoitus tehdä vuonna 2003, ja itse murtokoe on tarkoitus suorittaa loppuvuonna 2003.

Loppusijoituksen periaateratkaisujen kehittäminen sekä kehitetyn tekniikan toteutettavuuden todentaminen

Vuoden 2002 aikana toteutettiin SKB:n kanssa yhteistyössä esiselvitysprojekti kapselin vaakasijoituksesta. Tätä periaateratkaisua kutsutaan nimellä KBS-3H erotukseksi ratkaisusta, missä kapseli sijoitetaan pystyasentoon (KBS-3V). Kyseessä on asennustekniikaltaan ratkaisu, jossa rei'itettiin teräslieriöihin pakatut kapselit ja bentoniittilohkot asennetaan noin 200 metriä pitkiin

vaakasuuntaisiin sijoitusreikiin. Tässä ratkaisussa joudutaan kalliota louhimaan merkittävästi vähemmän kuin pystyreikäratkaisussa. Posivan osuudessa, mistä valmistunut työraportti vuonna 2002, laadittiin muun muassa loppusijoitustilan asementtiratkaisuja Olkiluotoon, arvioitiin kalliotekijöiden vaikutuksia sijoitusreiän suuntaukseen, arvioitiin sijoitusreikiä leikkaavien rakenteiden määriä ja ominaisuuksia sekä vuotovesimääriä rakennus- ja käyttövaiheen aikana. Esiselvityksessä tehtiin myös alustava toimintakyky- ja turvallisuusarvio. Työtä tehdään useammassa vaiheessa. Monivuotisen kehitysohjelman tavoitteena on saattaa KBS-3H ratkaisu teknisesti KBS-3V ratkaisun tasolle ja demonstroida sijoitusreikien poraus sekä kapselien ja bentoniittilohkon asennus pitkiin vaakasuuntaisiin reikiin. Kehitysohjelman käynnistämiseksi päätettiin esiselvityksen pohjalta vuoden 2002 lopussa. Vuoden 2003 aikana tehdään KBS-3H-ratkaisun perussuunnittelu esiselvityksen pohjalta. Keskeisimpiä suunnittelukohteita ovat sijoitustunneleiden poraustekniikka, bentoniitti-/kapselipakkauksen asentaminen tunneliin sekä pakkausten väliin kavaillon bentoniittitulpan toiminta. Perussuunnittelun jälkeen on tarkoituksena käynnistää täyden mittakaavan testit Äspön kalliolaboratoriossa mikäli edelleen arvioidaan tämän ratkaisun olevan kehitystyön arvoinen.

Liittyen puskuribentoniitin ominaisuuksien selvittämiseen on vuonna 2002 lähinnä osallistuttu kansainväliseen yhteistyöhön. Näitä projekteja on kuvattu tarkemmin kappaleissa Äspön kalliolaboratorio ja teknisten päästöesteiden toimintakykytutkimukset.

Loppusijoitustilojen täyttöö ja sulkemista koskevat suunnitelmat on päivitettävä vuoden 2003 aikana esisuunnittelua varten. Nykyiset suunnitelmat eivät välttämättä ole optimoitu Olkiluodon olosuhteisiin ja perusratkaisun mukaisesti asennettuna murskebentoniitti ei toimi suunnitteluarvon ollessa TDS 35 g/l.

Vaihtoehtoisia täyttömateriaaleja on selvitetty yhdessä SKB:n kanssa. Keväällä osallistuttiin Belgiassa järjestettyyn loppusijoitustilojen täyttökongferenssiin, jossa esitettiin vaihtoehtoinen osastointitäyttö, missä murskebentoniitin sijasta eristetään murskeosuudet bentoniittitulpilla vedenjohtavuuden eliminoimiseksi. Loppuvuonna suunniteltiin SKB:n ja Posivan yhteistä loppusijoitustilojen pitkän tähtäimen täyttöohjelmaa, joka käynnistyy vuoden 2003 alussa.

Tunnelintäytössä on suunniteltu voitavan käyttää eurooppalaisia Ca-Mg-bentoniitteja ja Posiva osallistuu mm. tšekkiläisen RAWRA:n kanssa yhteistyöhön, jossa karakterisoidaan montmorilloniittirikkaita savikerrostumia Tšekeissä. Vuonna 2002 on tehty smektiittipitoisuuden määrittämiä eri saville ja vuonna 2003 jatketaan lupaavimpien esiintymien geoteknisten ominaisuuksien selvittämistä.

Suomen Ympäristökeskus koordinoi projektia, jossa selvitetään suolansuojausmateriaalien toimivuutta lähinnä tien- ja ympäristörakentamisen tarpeisiin. Tutkimuksessa on mukana myös Friedland-savi vertailumateriaalina. Posiva on mukana projektissa seuraamassa kansallisella tasolla tapahtuvaa kehitystä materiaalien käyttäytymiseen liittyen. Friedland-saven geoteknisiä ominaisuuksia ja erityisesti kokoonpuristuvuutta selvitettiin laboratoriomittakaavassa Ruotsissa.

Vuonna 2002 keskusteltiin ikiroudan vaikutuksista täyteaineen toimivuuteen ja seurauksena esiintyviin prosesseihin loppusijoitustilojen ympäristössä. VTT laati kirjallisuusselvityksen, jossa läpikäytiin eri savimateriaalien muutoksia jääty- ja sulamissyklin seurauksena tapahtuvasta kuivumisesta ja kutistumisesta.

Loppusijoitustilojen teknisten suunnitelmien laatiminen

Loppusijoitustilojen suunnittelun seuraavana välitavoitteena on Olkiluodon olosuhteisiin sovitettu esi-

suunnitelma, joka valmistuu vuoden 2003 loppuun mennessä. Vuoden 2002 aikana on suunniteltu KBS-3-tyyppisten loppusijoitustilojen valvomattoman alueen tilat tapauksessa, jossa ajotunnelia käytetään maanpintayhteytenä. Suunnittelu mahdollistaa yhteen tai kahteen kerrokseen sijoitettavat loppusijoitustunnelit. Loppusijoitustilojen järjestelmäsuunnittelulla on varmistettu, että ONKALOn tilojen ja järjestelmien suunnittelussa otetaan huomioon

loppusijoitustilojen tulevat tarpeet. Vuoden 2002 aikana laadittiin alustavia layout- ja asemointisuunnitelmia 6500 tU polttoainemäärälle.

Käyttövaiheen tekniikoiden ja järjestelmien suunnittelu

Vuoden 2002 aikana selvitettiin loppusijoituslaitoksen logistisia järjestelmiä.



ONKALOn vertailun pohjana käytetyt luonnossuunnitelmat: vasemmalla kuiluvaihtoehto ja oikealla jatkokehittelyn pohjaksi valittu ajotunnelivaihtoehto.

MAANALAISTEN TUTKIMUSTILOJEN SUUNNITTELU

Ennen kuin loppusijoitustilojen rakentamisesta päätetään tehdään Olkiluodossa täydentäviä kallioperätutkimuksia tilojen toteutussuunnitelua varten. Tutkimusta ja suunnittelua varten rakennetaan maanalainen tutkimustila eli ONKALO. Rakentaminen on suunniteltu aloitettavaksi vuoden 2004 aikana.

ONKALOn tulee mahdollistaa varmentavat tutkimukset kallioperän pitkäaikaisturvallisuuden kannalta tärkeitä ominaisuuksia vaarantamatta. Lisäksi ONKALO tulee myöhemmin voida liittää osaksi loppusijoituslaitoksen maanalaisia tiloja.

ONKALOn ensimmäiset hahmotelmat (ehdotussuunnitelmat) laadittiin vuonna 2001. Niiden perusteella käyttöturvallisuudeltaan toteutuskelpoisiksi vaihtoehdoiksi todet-

tiin vähintään kaksi erillistä maanpintayhteyttä sisältävät vaihtoehdot. Lisäksi jyrkemmät kuin 1:10 kaltevaiset ajotunnelit rajattiin tarkasteluista, koska ajotunnelissa haluttiin säilyttää mahdollisuus raskaiden jätepakkausten kuljetukseen maan pinnalta loppusijoitustiloihin.

Vuonna 2002 ehdotussuunnitelmien pohjalta edelleen kehitettiin kaksi vaihtoehtoista luonnossuunnitelmaa: kuiluvaihtoehto ja ajotunnelivaihtoehto. Vertailun jälkeen ajotunnelivaihtoehto valittiin ONKALOn jatkokehittelyn pohjaksi mm. paremman joustavuuden, tutkimusten toteutettavuuden ja työskentelyolosuhteiden vuoksi.

Vuonna 2002 Olkiluodossa tutkittiin kahta vaihtoehtoista aluetta ONKALOn karkean sijaintipaikan selvittämiseksi. Tutkitut alueet olivat kaakkoinen alue kairanreikä KR8:n ympärillä ja luoteinen alue kairanreiän KR5 ympärillä. Päätöstä sijainnista ei tehty.

KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ

Posiva on seurannut kansainvälisten järjestöjen työtä ja osallistunut siihen vakinaisten ryhmien jäsenyyksien sekä erikseen järjestettyjen kokousten kautta. Tällaisia ovat erityisesti IAEA, OECD/NEA, EU:n komissio sekä EDRAM.

IAEA:n järjestämiin kokouksiin on osallistuttu samoin kuin EU:n komission Club of Agencies kokouksiin. EDRAM on ydinjätehuolto-organisaatioiden muodostama korkean tason yhteistyöfoorumi. Sen kokous pidettiin v. 2002 Suomessa.

Posiva on edustettuna NEA:n ydinjätekomiteassa (RWMC) ja sen alaisessa asiantuntijaryhmässä IGSC (Integration Group for Safety Case) ja FSC (Forum for Stakeholders Confidence). NEA valmistele uutta yhteistyömuotoa teknisiä päästöesteitä ja niiden toimintakykyä koskevan tiedonvaihdon vahvistamiseksi. Tätä valmisteltiin työkokouksessa Oxfordissa v. 2002. Seuraava tähän aiheeseen liittyvä kokous on suunniteltu pidettäväksi Suomessa v. 2003.

Posiva on sopimusosapuolena EU:n viidenteen puiteohjelmaan kuuluvissa kymmenessä projektissa ja rahoittaa lisäksi muutamia projekteja (esim. SPIN ja BENIPA). Vuoden 2002 aikana osallistuttiin kuudennen puiteohjelman valmisteluun. Osan tätä valmistelua Posiva on osallistujana Netexcel -projektissa. Projektiin osallistuvat tahot ovat Euroopan johtavia ydinjätehuollon organisaatioita (Andra, DBE/GRS, Enresa, Nagra, Nirex, Ondraf, Posiva, SKB). Tavoitteena on vetää yhteen ja arvioida menossa olevaa ydinjätehuollon tutkimus- ja kehitystyötä sekä pohjustaa kuudennen puiteohjelman integroitujen projektien suunnittelu.

EU:n komissio pyysi kuudennesta puiteohjelmasta kiinnostuneita toimittamaan komission tietoon "mielenkiinnonilmaukset" (Expression of Interest), jotka liittyivät läheisesti kuudetta puiteohjelmaa

varten suunniteltuihin huippuosamisen verkostoihin (Network of Excellence) ja integroituihin projekteihin. Netexcel -projektin osallistajat laativat yhteisesti kiinnostuksensa osoituksen, jonka olennaisen osan muodostaa GEO-DISNET -niminen huippuosamisen verkosto. Komissio avasi kuudetta puiteohjelman ensimmäisen hakukierroksen joulukuussa ja Posiva ryhtyi Netexcel -ryhmän mukana ehdotusten valmisteluun.

Posivalla on tiedonvaihtosopimukset kanadalaisen OPG:n, sveitsiläisen Nagra, tsekkiläisen Rawran, ranskalaisen Andran sekä japanilaisten RWMC:n ja Numon kanssa. Näiden sopimusten puitteissa on käynnistetty smektiittisavien ominaisuuksia koskeva tutkimushanke yhdessä Rawran kanssa sekä graniittisen kallioperän tutkimusmenetelmiä koskeva kehityshanke yhdessä Andran kanssa. Yhteydenpito japanilaisten tahojen kanssa on ollut vilkasta v. 2002 aikana. SKB:n ja Andran kanssa on aloitettu säännöllinen tiedonvaihto- ja tutkimusyhteistyö, joka liittyy loppusijoituslaitoksen järjestelmiin ja kallioperätutkimuksiin. Vuoden 2002 aikana käsiteltiin pidetyissä kokouksissa erityisesti jätepakkausten/kapseleiden siirtotekniikkaa maanpinnalta loppusijoitustiloihin kuilun tai ajotunnelin kautta.

V. 2001 solmitun sopimuksen myötä SKB:n ja Posivan välinen yhteistyö on laajentunut ja tiivistynyt. Yhteistyö SKB:n kanssa on johtanut useiden kymmenien yhteisten projektien muodostamiseen. Teknisen suunnittelun alueella on pyritty saattamaan kaikki olennaiset loppusijoitusjärjestelmän osa-alueet yhteistyön piiriin. Yhteisten hankkeiden sisältöä on selostettu tarkemmin kapselointi- ja loppusijoitustekniikkaa koskevissa luvuissa. V. 2002 läpiviettiin kapselointitekniikan alueella useita kapselin valmistus- ja sulkemistekniikan kokeita yhteisesti. Kuparin korroosiota tutkivia kokeita päätettiin lisätä Suomessa meneillä olevien kokeiden täydentämiseksi. Loppusijoitustekniikan alueella merkittävin yhteinen projekti oli vaaka-

sijoituskonseptia eli KBS-3H:ta koskenut toteutettavuusselvitys. Sen perusteella käynnistettiin konseptia koskeva seuraava kehitysvaihe, jossa keskitytään asennus- ja porausmekaniikan edelleen kehittämiseen, toimintakyvyn arviointiin sekä täyden mittakaavan kokeiden valmisteluun. Vuoden 2002 aikana suunniteltiin SKB:n kanssa yhdessä myös loppusijoitustilojen täyttökoneen pitkän aikavälin ohjelmaa. Sen ensimmäinen vaihe päätettiin käynnistää. Ohjelma tähtää täyttöratkaisun valintaan vuonna 2007–2008.

Yhteistyö Äspön kalliolaboratoriossa on olennainen osa yhteistyötä SKB:n kanssa.

Äspön kalliolaboratorio

SKB:n ja Posivan yhteistyöpuiteissa on toimittu paljolti edellisvuosien tapaan. Tämän lisäksi on vuoden aikana käynnistynyt tai suunniteltu useita yhteistyöhankkeita, jotka eivät suoranaisesti kuulu ÄSPÖ yhteistyöhön, mutta joissa Äspön kalliolaboratoriota voidaan hyödyntää demonstraatioiden tekemiseen jatkossa. Tällaisia yhteishankkeita on mm. KBS-3H kehitystyö, matalan pH:n sementin kehitystyö ja täyttökoneen yhteistyöprojekti.

Olkiluodossa keskitytään pääasiassa kallioperäolosuhteiden tutkimukseen sekä paikkaspesifisten tai paikasta riippuvien tekijöiden arviointiin, Äspössä tehdään teknisiin päästöesteisiin ja loppusijoitustekniikkaan liittyvä yleinen testaus ja demonstrointi. Äspön kalliolaboratorio-yhteistyöhön kuului kahdenkeskisiä (Posiva-SKB) tutkimuksia, kuten pohjavesikemian stabiilisuus -projekti ja kansainvälisiä EU-hankkeita, kuten prototyyppi loppusijoitus (Prototype Repository) -koe. Lisäksi Posiva osallistui erillisen sopimuksen puitteissa suuren mittakaavan TRUE (Tracer Retention Understanding Experiment in Block Scale) -kokeeseen yhdessä Nirexin, ANDRAn, ENRESAn, JNC:n ja SKB:n kanssa.

Äspön kalliolaboratorion kansainvälisen yhteistyön puitteissa tehtävät tutkimukset on ryhmitelty seuraavasti:

- Kallioperän tutkimusmenetelmät ja niiden soveltaminen loppusijoituspaikan mallintamiseen,
- Kallioperän päästöesteminaisuuksia kuvaavien mallien testaaminen,
- Loppusijoituskonseptin teknologian ja toimivuuden osoittaminen käytännössä.

Äspön kalliolaboratoriossa käynnistettiin vuonna 2000 kolloidien stabiilisuutta ja liikkuvuutta tarkasteleva COLLOID-projekti. Projektin avulla selvitetään bentoniitin roolia kolloidien muodostajana, kolloidien määrää Äspön syvissä pohjavesissä sekä kolloidien muodostumista ja kulkeutumista pohjavesiolosuhteissa. Posiva liittyi projektiin vuoden 2001 aikana. Vuoden 2002 aikana ei tehty varsinaista tutkimustyötä liittyen projektiin, mutta osallistuttiin SKB:n järjestämään kolloidi-workshoppiin keväällä. Lisäksi osallistuttiin kenttäkokeita varten tarvittavien kolloidireaktoreiden suunnitteluun ja testaamiseen. Kenttäkokeet käynnistetään sekä Äspön tutkimustunnelissa että Olkiluodon VLJ-luolassa vuonna 2003.

Posiva osallistui pohjaveden virtausta ja kulkeutumista selvittävän Task Force -ryhmän tehtäviin. Vuoden 2002 aikana suoritetun Task 6 -tehtävän tarkoituksena oli yhdistää paikanarviointi- ja mallinutusprosessit liittyen nesteiden liikkumiseen rakoilleessa kalliolla mittakaavassa 50 metristä 100 metriin. Posivan kannalta on erittäin hyödyllistä selvittää paikkatutkimusten tulosten ja mallinnettujen kulkeutumisreittien yhteensopivuutta. Projektissa hyödynnetään aikaisempien työpakettien testituloksia mallintamalla kulkeutumista tietyissä rakolusysteemeissä. Käytännön mallinustyötä tehtiin VTT:llä.

Suuren mittakaavan (10–100 m) TRUE Block Scale -kokeessa päämääränä oli oppia ymmärtämään paremmin pohjaveden virtauksia ja merkkiaineen kulkeutumista rako-

verkostossa. Posiva osallistui kokeeseen laatimalla kulkeutumisennusteita tietyille kokeen osille. VTT:n tutkimusryhmä osallistui myös TRUE Block Scalen loppuraportin kirjoittamiseen Posivan toimeksiantosta.

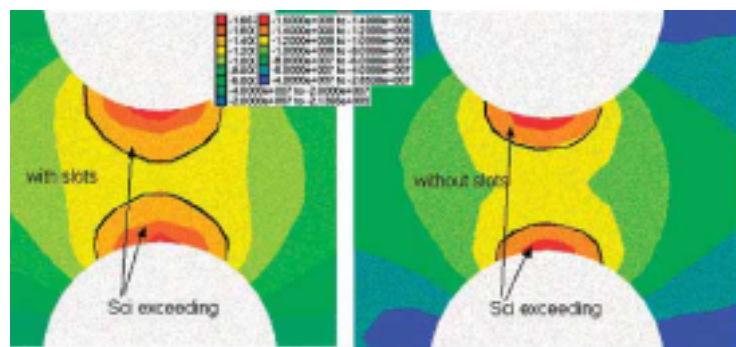
Posiva osallistuu SKB:n Äspön kalliolaboratoriossa toteutettavaan "Prototype Repository" -projektiin, joka on hyväksytty EU:n tutkimuspuiteohjelmaan vuosina 2000–2003. Projektissa testataan ja demonstroidaan KBS-3-loppusijoitusratkaisua rakentamalla täyden mittakaavan pitkäaikaiskoe suljetulle loppusijoitustunnelille. Vuoden 2001 aikana neljään täyden mittakaavan loppusijoitusreikään sijoitettiin lämmitimillä varustetut kapselimallit, jotka ympäröitiin kompaktoidulla bentoniitilla. Lisäksi tilat instrumentoitiin ja niihin rakennettiin myös näytteenottojärjestelmät. Lopuksi tunneli täytettiin murskeen ja bentoniitin seoksella sekä suljettiin jyrkällä betonirakenteella. Vuoden 2002 aikana piti asentaa toisen vaiheen tunnelinosaan kapselit kahteen tyhjänä olevaan reikään ja täyttää tunnelit instrumentoinnin jälkeen sekä varustaa koe-tunnelin suu betonitulpalla. Koe on kuitenkin myöhässä, koska kanistereiden lämmittimissä oli havaittu toimintaongelmia ja asiaa haluttiin selvittää ennen asennusvaihetta. Käytännössä kapseleiden asennus ja tunnelin täyttö tapahtuu keväällä 2003.

Posiva osallistuu Äspön kalliolaboratoriossa tehtävään LOT-ko-

keeseen (Long Term Test of Buffer Material), jossa pyritään validoimaan puskurimateriaalissa tapahtuvien pitkäaikaisprosessien hypoteeseja ja malleja sekä niihin läheisesti liittyviä prosesseja koskien mikrobiologiaa, radionuklidien kulkeutumista, kuparin korroosiota ja kaasun kulkeutumista. Kokeet tehdään noin puolen kilometrin syvyydellä, tunnelin pohjaan poratuissa, halkaisijaltaan 30 cm:n ja syvyydeltään 4 metrin mittaisissa rei'issä. Viidessä eri reiässä tehtävät kokeet aloitettiin vuonna 1999 ja niiden kestoksi on suunniteltu 1, 5 ja 20 vuotta.

Posivan ja SKB:n välisenä yhteistyönä suunniteltiin loppusijoitus-tilojen täyttöön liittyvää projektia, jonka pitäisi käynnistyä vuoden 2003 alussa. Molempien yhtiöiden täyttöohjelmissa on paljon yhtäläisyyksiä ja päällekkäisen työn välttämiseksi on joitain osioita mm. täyttötekniikoiden ja täyttömateriaalien suhteen suunniteltu suoritettavan yhdessä. Ensi vaiheessa läpikäydään suunnitteluperusteita, täyttövaihtoehtoja ja arvioidaan käyttökelpoisimmat menetelmät jatkokehitystä varten.

Äspö pillar stability experiment on laajamittakaavainen kahden pilarin välisen alueen murtokoe, jossa tutkitaan kiven käyttäytymistä sekä jännityksen aiheuttamia vaurioita. Koe suoritetaan Äspössä vuonna 2003 louhittavassa tunnelissa. Vuoden 2002 aikana on Saanio & Riekola alustavasti mallintanut murtokoe FLAC3D ohjelman avulla.



Oheisessa esimerkkikuvassa on verrattu mallin mukaan laskettua pääjännitystä vaakatasossa 1,5 metriä tunnelin lattian alapuolella sen jälkeen kun pilaria on lämmitetty 120 vuorokautta. Vasemmalla olevassa mallissa on lovi ja oikealla olevassa mallissa ei ole lovea. FLAC3D ohjelman maksimi in-situ jännitys on 25 MPa.

VOIMALAITOSJÄTTEIDEN HUOLTO

Runsasaktiivisen käytetyn polttoaineen lisäksi Olkiluodon ja Loviisan voimalaitoksilla kertyy käytön aikana keski- ja vähäaktiivisia ydinjätteitä, joita ovat käytetyt reaktorin sisäosat (esim. säätösauvat ja sydäninstrumentit) ja voimalaitosjätteet (esim. ioninvaihtohartsit ja huoltojäte). Käytettyjen reaktorin sisäosien huoltoa käsitellään luvussa "Käytöstäpoistospelvitykset" ja voimalaitosjätteiden huoltoa tässä luvussa.

OLKILUODON VOIMALAITOS

Toimintaperiaate ja aikataulu

Voimalaitosjätteistä pääosa pakataan heti käsittelyä, varastointia ja loppusijoitusta varten. Prosessivesien puhdistukseen käytetyt keskiaktiiviset ioninvaihtohartsit kiinteitetään bitumiin ja seos valetaan terästynnyreihin. Osa vähäaktiivisista jätteistä (kokoonpuristuva sekalainen huoltojäte) tiivistetään terästynnyreihin hydraulisella puristimella ja osa (metalliroomu ja suodatinsauvat) pakataan sellaisenaan teräs- ja betonilaatikoihin sekä terästynnyreihin. Kokoonpuristuvaa jätettä sisältävät tynnyrit kompaktoidaan siten, että tynnyreiden lopullinen korkeus on noin puolet alkuperäisestä korkeu-

desta ja halkaisija ei muutu. Myös metalliromua voidaan kompaktoida ennen pakkaamista. Sekalaiset nestemäiset jätteet ja lietteet kiinteitetään sekoittamalla jätettä ja sideainetta toisiinsa tynnyrissä, joka jää kiinteystuotteen pakkaukseksi.

Voimalaitosjätteitä varastoidaan väliaikaisesti voimalaitosyksiköillä, keskiaktiivisen jätteen välivarastossa (KAJ-varastossa), vähäaktiivisen jätteen välivarastossa (MAJ-varastossa), aidatulla varastointialueella sekä vähän myös KPA-varastossa Olkiluodon voimalaitosalueella.

Voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitoksen (VLJ-luolan) nykyisiin jätesiiiloihin loppusijoitetaan voimalaitoksen käytön aikana kertyvät keski- ja vähäaktiiviset jätteet. Hyvin vähäaktiiviset jätteet vapautetaan valvonnasta ja viedään Olkiluodon voimalaitosalueella sijaitsevalle kaatopaikalle tai luovutetaan muualle esim. käsiteltäviksi uusiokäyttöä varten.

Nykytilanne varastoinnissa ja loppusijoituksessa

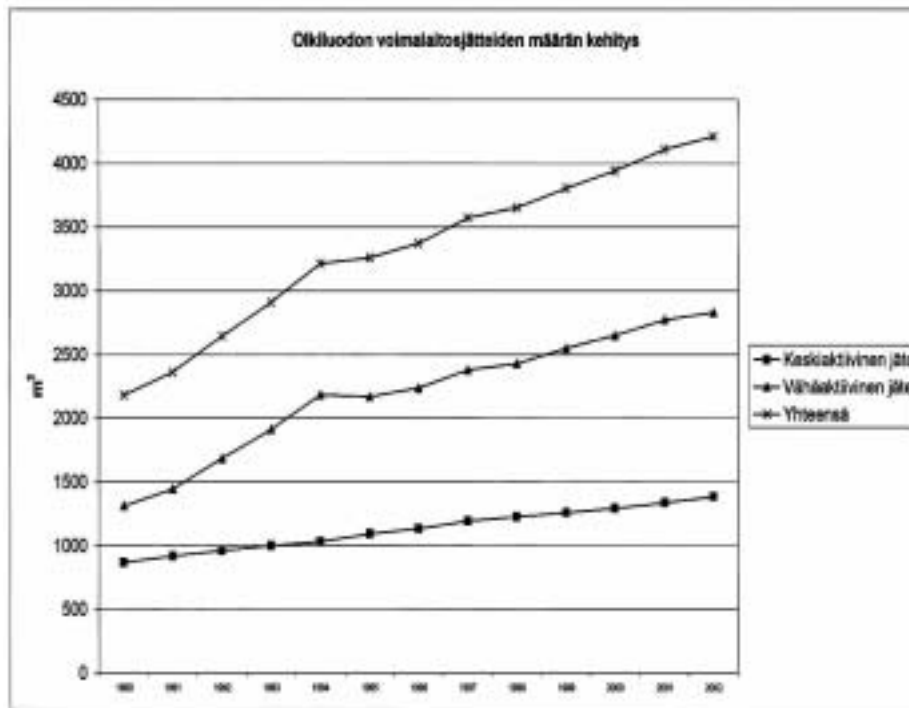
Vuoden 2002 lopun varasto- ja loppusijoitustilanne selviää alla olevasta taulukosta. Jätteet on pakattu tynnyreihin (à 200 l tai kompaktoituna noin 100 l), teräslaatikoihin (à 1,3 tai 1,4 m³) ja betonilaatikoihin (à 5,2 m³ netto). Lisäksi TVO:lla oli

Studsvik Energiteknik AB:n varastossa Studsvikissa 5 tynnyriä koepoltossa muodostunutta vähäaktiivista tuhkaa. Tynnyreitä ja laatikoita varastoidaan tarvittaessa laitosyksiköiden varastotiloissa ja KAJ-varastossa ennen loppusijoitusta VLJ-luolaan. Tynnyrit ja teräslaatikot sijoitetaan ennen VLJ-luolaan vientiä isoihin (à 5,2 m³ netto) ja pieniin (à 3,9 m³ netto) betonilaatikoihin siten, että isoon betonilaatikkoon sijoitetaan 16 tynnyriä tai 7 tynnyriä ja 2 teräslaatikkoa ja pieneen betonilaatikkoon 12 tynnyriä. Kompaktoituja tynnyreitä sijoitetaan betonilaatikoihin vastaavasti kaksinkertainen määrä.

KAJ-varastossa ja sen viereen rakennetulla aidatulla varastointialueella säilytetään suuria kontaminoituneita metallikomponentteja. Käytettyjä ilmastointisuodattimia ja muita pakkaamattomia voimalaitosjätteitä varastoidaan lisäksi laitosyksiköillä. Pakkaamattomissa oli mukana myös bitumoimattomat hartsit sekä jäteöljy. Osa metalliromusta pakataan VLJ-luolassa käytettäviin betonilaatikoihin. Osa pakkaamattomista jätteistä on tarkoitus myöhemmin vapauttaa valvonnasta uusiokäyttöä tai kaatopaikalle vientiä varten. Esimerkiksi hyvin vähäaktiivinen jäteöljy, jota oli vuoden 2002 lopussa yhteensä 4,5 m³, voitaneen vapauttaa myöhemmin valvonnasta uusiokäyttöä varten.

Olkiluodon voimalaitoksen voimalaitosjätteet

| | Kokonaisjättemäärä | | VLJ-luolassa | | |
|---------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| | (kpl) | (m ³) | KAJ-siilo (kpl) | MAJ-siilo (kpl) | Yhteensä (m ³) |
| Bitumoitu jäte | 6915 | 1383 | 6467 | | 1294 |
| Muu voimalaitosjäte | | | | | |
| - tynnyreissä | 6005 | 1065 | | 5880 | 1041 |
| - teräslaatikoissa | 455 | 632 | 2 | 450 | 625 |
| - betonilaatikoissa | 170 | 884 | 2 | 166 | 874 |
| - pakkaamaton | | 248 | | | |
| Yhteensä | | 4212 | | | 3834 |



Voimalaitosyksiköiden jäterakennuksiin mahtuu nykyisin noin 1000 tynnyriä kumpaankin. MAJ-varastossa varastoidaan enimmäkseen vain hyvin vähäaktiivisia huoltojättesäkkejä ja romua, jotka on tarkoitettu vapauttaa valvonnasta. KAJ-varastoon voidaan sijoittaa tynnyreitä, laatikoita ja suurikokoisia kontaminoituneita metallikomponentteja noin 6000 tynnyriä vastaava määrä. VLJ-luolan keskiaktiivisten jätteiden siilon kapasiteetti tynnyreinä (200 l) on 17 360 tynnyriä ja vähäaktiivisten jätteiden siilon 24 800 tynnyriä eli yhteensä noin 8400 m³ tynnyreihin pakattuja voimalaitosjätteitä, joka vastaa Olkiluodon kahden laitosesikön 40 vuoden käytöstä kertyvää jättemäärää. Alueen kallioperään voidaan tarpeen vaatiessa rakentaa lisää loppusijoitustiloja VLJ-luolan laajenuksena.

Säteilyturvakeskuksen hallussa olevat ns. pienjätteet varastoidaan erillisen sopimuksen nojalla Olkiluodon VLJ-luolaan. Pienjätteet koostuvat lähinnä sairaaloissa, tutkimuslaitoksissa ja teollisuuslaitoksissa käytetyistä radioaktiivisista aineista. Tähän mennessä on VLJ-luolaan kertynyt 41 m³ pienjätettä.

Voimalaitosjätteisiin liittyvät tutkimukset

Vähäaktiivisen huoltojätteen mikrobiologista hajoamista tutkitaan suuren mittakaavan kokeessa VLJ-luolan louhintatunnelissa. Hanke käynnistettiin EC:n ydinfissio-turvallisuusohjelman PROGRESS-projektissa vuonna 1997. Tutkimuksella tarkennetaan huoltojätteessä muodostuvan kaasun määrääarviota ja parannetaan tietämystä koko hajoamistapahtumasta olosuhteissa, jotka vastaavat VLJ-luolan sulkemisen jälkeistä tilannetta. Lisäksi työssä seurataan aktiivisuuden siirtymistä jätetyynnyreistä ympäröivään veteen. Kahdenkymmenen kuutiometrin suuruisessa terästankissa on yksi VLJ-luolan betonilaatikko kompaktoidua huoltojätettä sisältävien tynnyreineen. Tynnyreissä aluksi olleen ilman poistuttua on vapautuneen kaasun määrä ollut vähäistä verrattuna turvallisuusanalyysissä käytettyyn arvoon. Kaasunkehitysnopeus on ensimmäisen koevuoden jälkeen ollut keskimäärin 70 dm³/kuukaudessa, kun VLJ-luolan FSAR-turvallisuusanalyysissä käytetty arvo oli kokeen mittakaavaan suhteutettuna noin 900 dm³/kuukaudessa.

Vesikemian, mikrobi- ja kaasuanalyysien mukaan koeolosuhteet ovat selvästi pelkistävät. Metaani dominoi edelleen kaasufaasia. Tynnyrien ulkopuolella, koesäiliön pohjalla, tynnyrien kansitasolla sekä tynnyrien sisäpuolella vallitsevat toisistaan selvästi eroavat olosuhteet. Tynnyrien ulkopuolella pH on n. 10 ja sisäpuolella neutraali ja jopa happamalla puolella. Mikrobin päälaajien tunnistamista kokeiltiin DGGE-menetelmällä (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis), mutta nukleotidisekvenssin vertailutietojen vähäisyys rajoitti vielä tunnistamista muuten lupaavalla menetelmällä.

Tutkimukset etenevät v. 2002 tarkistetun tutkimussuunnitelman mukaisesti siten, että näytteenoton painopistettä siirretään tynnyrien sisäpuolelle.

VLJ-luolan käytönaikaiset tutkimukset

VLJ-luolan kalliotilojen käytönaikainen seuranta (kalliomekaniikka, hydrogeologia, pohjavesikemia, luolan ilma) jatkui vuonna 2002 aiemmin laaditun tutkimus- ja seurantaohjelman mukaisesti.

Olkiluodon VLJ-luolan pohjavesiasemien veden laatua on seurattu 1980-luvun loppupuolelta alkaen. VLJ-luolan monitorointiohjelman mukaisesti pohjaveden pH- ja sähkönjohtavuusarvoja, redox-potentiaalia, lämpötilaa sekä liunneen hapen pitoisuutta on seurattu jatkuvatoimisesti ennen vesinäytteenottojen suorittamista. Vuonna 2002 suoritettiin kaikkien kolmen pohjavesiaseman kenttämittaukset. Tulokset raportoidaan alkuvuodesta 2003 yhdessä pohjavesianalyysien tulosten kanssa.

Keväällä 1993 asennettiin Olkiluodon VLJ-luolan tutkimustunneliin kymmenen tutkimuspulttia kalliopulttien korroosionopeuden selvittämiseksi. Tutkimuksen tavoitteena on saada tietoa sinkittyjen kallion lujituspulttien korroosionkestosta Olkiluodon VLJ-luolan olosuhteissa sillä oletuksella, että kalliopultteja suojaavan sementtilaastin oletetaan täysin menettäneen suojausominaisuutensa. Ensimmäinen tutkimuspultti irtikairattiin vuonna 1996. Seuraava kalliopultti tullaan irtikairaamaan vuonna 2004 tutkimuksia varten.

Koska kalliopultit ovat säilyneet hyvin muuttumattomina aloitettiin tukitesti sinkityn teräksen korroosioikäytymisen selvittämiseksi tutkimustunnelista irtikairatun pultin reiässä (Pultti 7) vuonna 1998. Reikään asennettiin ohuita sinkittyjä teräslevyjä ja betonisylintereitä, joiden avulla pyritään säätämään pohjaveden pH:ta emäksisemmäksi ja näin ollen jäljittelemään lujituspulttien todellista ympäristöä käyttö-

tilanteessa. Koska vesikemia oheisessa reiässä ei ole ollut stabiili ja näytteiden korroosionopeus ei ollut odotetun kaltainen päätettiin näytteet siirtää louhintatunnelissa sijaitsevaan kairanreikään (VLJ-KR9). Uuden sijoitusreiän vesikemiaa ja olosuhteita selvitettiin keväällä 2002 ja 18 kpl uusia sinkkipinnoitettuja teräslevyjä ja 16 kpl sinkkilevyjä asennettiin paikoilleen betonikapaleiden kanssa syyskuussa 2002. Seuraavan kerran otetaan näytteet ja analysoidaan niiden korroosionopeus Olkiluodon pohjavesiolosuhteissa syksyllä 2003. Pitkäaikaista seuranta varten jätettiin osa 1998 asennetuista näytteistä alkuperäiseen Pultti7-reikään.

LOVIISAN VOIMALAITOS

Toimintaperiaate ja aikataulu

Keski- ja vähäaktiivinen voimalaitosjäte käsitellään ja varastoidaan voimalaitoksella. Käytetyt ioninvaihtohartsit ja haihdutusjätteet varastoidaan toistaiseksi kiinteitä säiliövarastossa. Hyvän varastotilanteen takia kiinteityslaitoksen rakentamiseen ei vielä ole ollut tarvetta.

Vuoden 1997 lopulla aloitettiin sementointiin perustuvan kiinteityslaitoksen alustavan turvallisuusselostuksen (PSAR) laadinta. Alustava turvallisuusselostus toimitettiin

vuoden 2000 alussa STUK:lle hyväksyttäväksi ja se hyväksyttiin keväällä 2001. Kiinteityslaitoksen esisuunnittelu käynnistyi vuonna 2002.

Fortum on panostanut voimakkaasti uusien käsittelymenetelmien kehittämiseen. Tämän tuloksena on otettu käyttöön menetelmä, jolla kesium voidaan erottaa haihdutusjätteestä hyvin pieneen jätetilavuuteen. Haihdutusjäte saadaan kesiumin erotuksella niin puhtaaksi, että aiempaa suurempi osa nesteestä voidaan vapauttaa valvonnasta kasvatamatta kuitenkaan vuosittaisia aktiivisuuspäästöjä.

Voimalaitoksen huolto- ja korjaustöissä syntyvä kuiva huoltojäte pakataan 200 litran terästynnyreihin. Puristuva jäte prässätään tynnyreihin jätepuristimella, jolloin yhteen tynnyriin saadaan mahtumaan 3–4 kertaa enemmän jätettä kuin ilman tiivistystä.

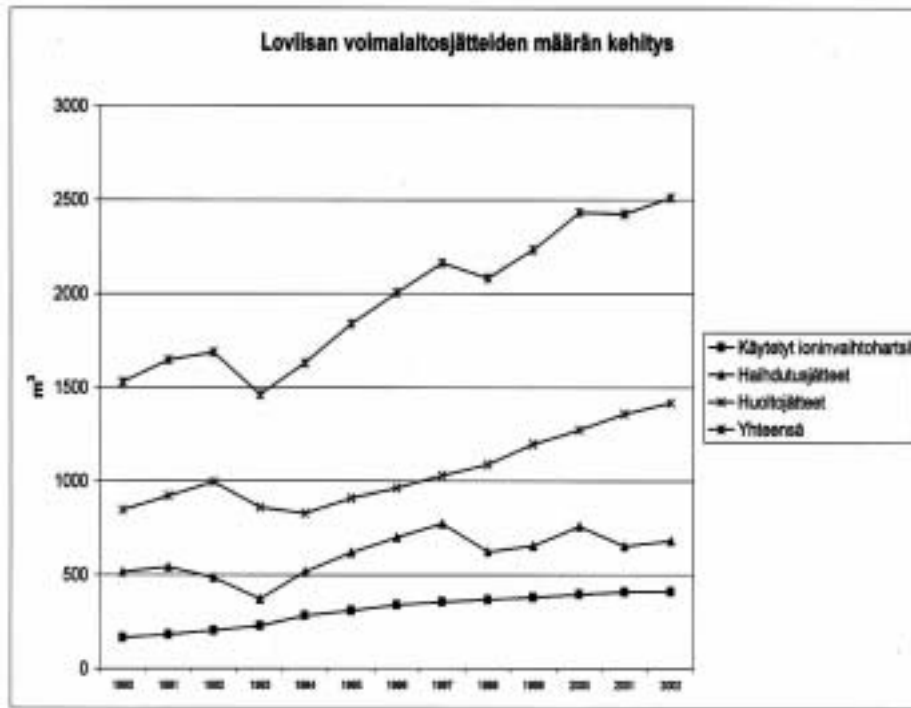
Loviisan voimalaitoksen käytöstä kertyvät keski- ja vähäaktiiviset jätteet loppusijoitetaan laitoksen alueen kallio-perään rakennettuihin tiloihin. Loppusijoitustila otettiin väli-varastokäyttöön keväällä 1997. Käyttöluva loppusijoitustilalle saatiin keväällä 1998 ja tila on käytössä huoltojätteiden loppusijoitustilana vuoden 1999 kesästä alkaen.

Nykytilanne varastoinnissa

Vuoden 2002 lopun varasto- ja loppusijoitustilanne selviää alla olevasta taulukosta.

Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjätteet

| | Kokonaisjättemäärä | | Osuus varastokapasiteetista | Aktiivisuus |
|-----------------------------|---|---|-----------------------------|--------------|
| | Laitoksella/ varastorakennuksissa (m ³) | Loppusijoitustilassa (m ³) | | |
| Käytetyt ioninvaihtohartsit | 411 | | 48 | 15664 |
| Haihdutusjätteet | 683 | | 65 | 461 |
| Huoltojätteet | 329 | 1089 | | 477 |
| Yhteensä | 1423 | 1089 | | 16602 |



Loppusijoitustila

Loviisan voimalaitoksella syntyvä keski- ja vähäaktiivinen voimalaitosjäte loppusijoitetaan Hästholmenin saaren kallioperään rakennettuihin tiloihin. Fortum on tutkinut voimalaitosalueen kallioperän soveltuvuutta jätteiden loppusijoitukseen jo 1980-luvun alusta lähtien. Loppusijoituslaitoksen alustava turvallisuusseloste valmistui vuonna 1986. Säteilyturvakeskus hyväksyi turvallisuusselosteen ja antoi voimalaitoksen käyttöluo- paehtojen mukaisen luvan loppusijoituslaitoksen rakentamiselle vuonna 1988. Rakentamisen valmistelut aloitettiin vuonna 1992 ja rakennustyöt aloitettiin helmikuussa 1993.

Keväällä 1993 aloitettu louhintatyö saatiin päätökseen aikataulun mukaisesti joulukuussa 1995. Rakennus- ja asennustyöt aloitettiin marraskuussa 1995 ja asennustyöt valmistuivat aikataulun mukaan vuoden 1996 lopussa, jolloin myös loppusijoitustilan käyttöluo- pahakemus jätettiin. Loppusijoitustila otettiin välivarastokäyttöön keväällä 1997 ja loppusijoituskäyttöön kesäl- lä 1999.

Loppusijoituslaitos muodostuu noin 1100 m pitkistä ajotunnelista ja noin 110 m:n syvyyteen rakennettavista tunneli- ja hallitiloista sekä porras- ja ilmastointikuiluista. Laitos toteutetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä rakennusvaiheessa louhittiin kaikki tilat ja kulkuyhteydet valmiiksi. Huoltojätteelle louhittiin kaksi loppusijoitustunnelia sekä kiinteetylle jätteelle loppusijoitushalli. Valmiiksi saakka rakennettiin tässä vaiheessa vain yksi huoltojätetunneli ja koko loppusijoituslaitosta palvelevat järjestelmät. Toisessa rakennusvaiheessa tehdään toisen huoltojätetunnelin ja kiinteetytetyjen jätteiden tilan rakennus- ja asennustyöt. Toisen vaiheen toteutusajankohta määräytyy kiinteytyslaitoksen rakennusaikataulun perusteella, ja ajoittuu nykyarvion mukaan vuosille 2004–2006.

Käytönaikaisista tutkimuksista on laadittu erilliset tutkimusohjelmat sekä ajotunnelin että hallitilojen osalta.

Kesiumin erotuslaitos

Kesiumin erotuslaitoksella on vuoden 2002 loppuun mennessä

puhdistettu yhteensä yli 900 m³ haihdutusjätettä 14:llä ioninvaihtokolonnilla, joiden kunkin tilavuus oli 8 l. Kesiumin tehokas erottaminen haihdutusjätteestä on voimalaitok- sella jo normaali käyttötoimi.

Kiinteytysmenetelmien tutkimukset

Loviisan märkien voimalaitos- jätteiden peruskäsittelymenetelmäsi on valittu sementtikiinteytys. Kertomusvuoden aikana jatkettiin pohja- sakkujen sekä ioninvaihtohartsien kiinteytysreseptien tarkistusta uusilla rakennussementeillä sekä raportoitiin haihdutusjätteiden kiinteystuotteiden koetulokset. Lisäksi saatiin koetulo- ksia pitkäaikaissäilytyksessä ole- vista kiinteystuotekappaleista, joista vanhimmat ovat jo lähes 20 vuo- den ikäisiä.

Eurooppalaisen sementtistandardin voimaantulon sekä samanaikai- sesti tapahtuneen ainoan kotimaisen sementtivalmistajan toteuttaman sementtiklinkkerin polttoprosessin, jauhatuksen ja raaka-ainepohjan muutostyön myötä kotimaiset rakennussementtityypit ovat merkittävästi muuttuneet. Materiaaliko-

keet, esikokeet ja varsinaiset kiinteytyskokeet käsittäneen kehitystyön myötä on jätteiden kiinteytyskoostumukset saatu tarkistettua siten, että tuoreen ja kovettuneen lopputuotteen ominaisuudet vastavat asetettuja tavoitteita.

Puolimittakaavaisiin loppusijoitusastioihin vuonna 1987 kiinteytetyn aktiivisen ioninvaihtohartsin säilytyskoe jatkui. Jätepakkaukset ovat olleet pohjavesisäilytyksessä Loviisan voimalaitoksella jo 14 vuotta ja ovat odotusten mukaisesti edelleen hyväkuntoisia. Astioiden betonipinnoissa ei ole havaittu rakenteellista vaurioitumista ja säilytysveden koostumus on ollut suhteellisen vakaa. Säilytysveden aktiivisuusmittauksissa ei myöskään ole havaittu merkkejä nuklidien vapautumisesta betoniastioiden sisältämästä kiinteytystuotteesta.

VLJ-luolan käytönaikaiset tutkimukset

VLJ-luolan käytönaikaisia tutkimuksia jatkettiin vuonna 2002 seurantaohjelman mukaisesti. Ohjelman tavoitteena on selvittää ja seurata loppusijoitustilojen ja sen lähiympäristön pohjaveden ja kallioperän ominaisuuksissa ja käyttäytymisessä tapahtuvia muutoksia pitkällä aikavälillä.

Seurantaohjelma on sisältänyt maanpinnalla olevien tutkimusreikien pohjavesipintojen seurantaan kerran kuukaudessa. Makean ja ns. suolaisen pohjaveden sijainti mitattiin rei'issä neljästi kuluneen vuoden aikana. Loppusijoitustiloissa on mitattu pohjaveden johtokykyä, painetta ja vuotoveden määrää kerran

kuukaudessa, paineen ja vuotovesimäärän osalta myös jatkuvasti. Mittaukset ovat keskittyneet vuotovesialtaisiin ja varta vasten rakennettuun viiteen pohjavesiasemaan. Pohjavesikemian tutkimusohjelmassa oli välivuosi, eikä vesinäytteenottoa ja analysointia täten tehty. Tosin vuoden 2001 pohjavesikemian tutkimukset raportoitiin vuoden 2002 puolella. Tuloksissa ei ollut oleellisia muutoksia edellisiin vuosiin verrattuna. Kallioperäseuranta on tehty pääosin automatisoidulla kalliomekaanisella mittausselvitelmällä. Vuonna 2002 jatkettiin myös tilojen silmämääräistä kuntoseuranta.

Vuoden 2002 havaintojen mukaan pohjaveden pinta seuraa melko tarkasti meriveden korkeusvaihteluja. Rakennusaikana pohjaveden pinta laski joitakin metrejä tilojen lähialueella, mutta tilojen valmistuksen jälkeen on ollut havaittavissa selvää kohoamista, tosin kuivan kesän johdosta pohjaveden pinta laski jonkin verran. Makean ja suolaisen veden rajapinta on ollut tilojen alueella noin tasovälillä -10...-80 m eli selvästi tilojen yläpuolella.

Vuotovesien johtokykytutkimukset osoittavat, että vesi on edellisvuotista jonkin verran makeampaa johtokyvyn vaihdeltaessa tilojen eri osissa välillä 800–1400 mS/m.

Pohjaveden painearvoissa näkyy selvästi merenpinnan korkeusvaihteluiden vaikutus. Paine vaihtelee viidellä eri pohjavesiasemalla edellisvuosien tapaan välillä 1...11 bar.

Vuotovesien määrämittauksia tehtiin yhteensä seitsemässä pisteessä eri puolilla loppusijoitustiloja. Louhintojen valmistuttua vuonna 1996 oli kokonaisvuoto suurimmil-

laan noin 300 l/min, mistä se on tasaisesti laskenut ollen vuoden 2002 lopussa noin 140 l/min. Vuotomäärästä noin puolet tulee ajotunnelista ja puolet muista tiloista. Huoltojätetilat ovat mittaus- tulosten perusteella käytännössä kuivia.

Kalliomekaanisten mittausten tulokset osoittavat hyvin stabiileja olosuhteita. Kalliotilojen katoissa ja seinissä tapahtuneet siirtymät ovat edellisvuosien tapaan erittäin pieniä, alle 0,1 mm:n luokkaa. Myös silmämääräisten havaintojen perusteella tilat ovat hyvässä kunnossa, ja salaajat toimivat suunnitellulla tavalla.

Voimalaitosjätteen loppusijoituksen turvallisuus selvitykset

Kertomusvuoden aikana tutkittiin voimalaitosjätteen loppusijoitustilojen pohjavesivirtauksia sekä jätepakkausten sijoittelujärjestyksen vaikutuksia veden radionuklidipitoisuuksiin CFD-laskentaohjelma FLUENT:n avulla.

YHTEISET SELVITYKSET

TVO:n ja Fortumin yhteishankkeenä tutkitaan betonin pitkäaikais- säilyvyyttä loppusijoitusolosuhteissa Olkiluodon VLJ-luolassa ja Contesta Oy:n (entinen Fortum Teknologian) betonilaboratoriossa. Tutkimushanke koskee sekä voimalaitosjäte- että käytöstäpoistojätehuoltoa. Tutkimusta käsitellään kohdassa Käytöstäpoistoselvitykset (sivu 25).

KÄYTÖSTÄPOISTOSELVITYKSET

OLKILUODON VOIMALAITOS

Olkiluodon voimalaitoksella kertyy käytön aikana keski- ja vähäaktiivisia ydinjätteitä, joita ovat käytetyt reaktorin sisäosat (esim. säätösauvat, sydäninstrumentit ja sydänritilät, moderaattoritankin kannet sekä höyrynerottimet). Koska ne loppusijoitetaan käytöstäpoiston yhteydessä, asiaa käsitellään tässä kohdassa.

Vuoden 2002 loppuun mennessä Olkiluodon voimalaitoksella oli kertynyt säätösauvoja 244 kpl, sydäninstrumentteja 211 kpl ja sydänritilöitä 2 kpl, sekä 2 kpl moderaattoritankin kansia höyrynerottimiseen. Käytettyjä reaktorin sisäosia säilytetään laitosyksiköiden vesialtaissa.

Olkiluodon voimalaitoksen käytöstäpoiston suunnitelma saatetaan ajan tasalle viiden vuoden välein. Seuraavan kerran suunnitelma saatetaan ajan tasalle vuonna 2003. Purkusuunnitelmien mukaan voimalaitosyksiköiden reaktoripaineastiat irrotetaan ja loppusijoitetaan kokonaisina. Suunnitelma perustuu voimalaitosten noin 40 vuoden käyttöön ja noin 30 vuoden valvottuun säilytykseen ennen purkua. Lopullinen käytöstäpoistosuunnitelma laaditaan hyvissä ajoin ennen voimalaitosyksiköiden käytön päättymistä. Käytöstäpoistosta syntyvät keski- ja vähäaktiiviset jätteet sekä voimalaitoksen käytön aikana kertyneet käytetyt reaktorin sisäosat loppusijoitetaan nykyisen suunnitelman mukaan VLJ-luolan laajennusosaan.

Vuonna 2002 on jatkettu selvitystä reaktoripaineastioiden täyttämisestä betonilla ennen niiden purkamista kokonaisena.

Voimalaitoksen purkujätteen aktiivisuusinventaarin kehittämiseksi jatkettiin aktiivisuusmittauksia laitoksen eri järjestelmistä. Aktivoituneen käytöstäpoistojätteen aktiivisuusinventaarien ja säteilytasojen laskentatyötä jatkettiin. Reaktorin biologisen suojan, lämpöeristelevytön ja polttoainealtaiden käytöstäpoistotyön suunnittelu siinä tapauksessa, että reaktorit puretaan kokonaisena, on käynnistynyt.

Seuraavaa purkusuunnitelman päivytystä varten on valmisteltu jätemäärien tarkistus.

Pitkäaikaiset hiiliteräksen korroosio-koeket VLJ-luolan louhintatunnelissa käynnistyivät loppuvuodesta 1998. Kokeet toteutetaan yhdessä betonitutkimuksen kanssa siten, että osa hiiliteräspaloista on sijoitettu samaan kairanreikään betoni-koekappaleiden kanssa. Laboratorio-koeket betonivesi- ja kalliopohjavesiympäristössä käynnistyivät keväällä 1998. Hiiliteräsnäytteiden korroosionopeus määritetään painohäviöstä ja vetykaasun volymetrinen mittauksen avulla. Vuonna 2002 toteutettiin suunnitelman mukaiset laboratorio- ja kenttäkokeiden määräämisenäytteiden otot ja mittaukset. Olkiluodon VLJ-luolassa suoritettavissa tutkimuksissa useana vuonna havaittujen mustien kerrostumien (sekä betonikoekappaleissa, hiiliteräsnäytteissä että vedessä) on todettu sisältävän mm. sulfaattia pelkistäviä bakteereita, joiden on arveltu aiheuttavan odotettua suurempaa korroosionopeutta. V. 2002 laaditun selvityksen perusteella onkin todettu, että hiiliteräksen voimakasta syöpymistä hapettomissa pohjavesiolosuhteissa saattavat aiheuttaa etenkin sulfaattia pelkistävät bakteerit.

LOVIISAN VOIMALAITOS

Loviisan voimalaitoksella kertyy käytön aikana keski- ja vähäaktiivisia ydinjätteitä, jotka loppusijoitetaan vasta käytöstäpoiston yhteydessä. Tällaisia ovat esimerkiksi käytetyt suojaelementit, absorbaattorit, neutronivuoanturit, säätösauvojen välitangot ja fissiokammiot.

Vuoden 2002 loppuun mennessä Loviisan voimalaitoksella oli käytettyjä suojaelementtejä 146 kpl, absorbaattoreita 199 kpl, neutronivuoantureita 188 kpl, välitankoja 128 kpl ja fissiokammioita 9 kpl. Näistä suojaelementit olivat laitoksen altaissa käytetyn polttoaineen varastossa ja absorbaattorit ja fissiokammiot on varastoitu tarkoitusta varten tehtyihin kanaviin käytetyn polttoaineen varastossa. Neutronivuoanturit ja välitangot ovat varastoituina reaktorihalleissa sijaitsevilla vastaavissa kanavissa.

Vuonna 1987 Fortum teki Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelman ja käytöstäpoiston kustannusarvion. Käytöstäpoistosuunnitelmat saatettiin ajan tasalle vuonna 1993. Suunnitelman lähtökohtana oli voimalaitoksen 30 vuoden käyttö, joka vastaa laitoksen alunperin suunniteltua käyttöikää. Ydinvoimalaitoksen käyttöikää on kuitenkin mahdollista pidentää teknisillä toimenpiteillä. Vuoden 1998 lopussa valmistui uusi selvitys, jossa tarkasteltiin sekä muuttuneen käytetyn polttoaineen huollon että voimalaitoksen modernisointihankkeen vaikutuksia käytöstäpoiston suunnitelmiin ja aikatauluihin. Myös voimalaitoksen käyttöikää on suunniteltu pidennettäväksi noin 45 vuoteen.

ja tämä otettiin tarkastelussa huomioon. Uuden käytöstäpoistosuunnitelman lähtökohtana on purkaa välittömästi käytön päättymisen jälkeen ne aktiiviset osat, joita ei tarvita muun Hästholmenille jäävän ydinteknisen toiminnan (käytetyn polttoaineen varastointi, märkien jätteiden kiinteytys sekä vähä- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitus) jatkamiseksi.

Suunnitelmat tarkistetaan viiden vuoden välein. Kertomusvuoden aikana jatkettiin varautumista seuraavaan käytöstäpoistosuunnitelman päivitykseen, joka tehdään vuonna 2003. Päivityksen lähtökohdaksi valittiin voimalaitoksen 50 vuoden käyttöikä. Kertomusvuoden aikana tarkennettiin loppusijoitettavien komponenttien ja pakkausten määriä ja kustannusarvioita, aloitettiin aktiivisuusinventaarin päivitykseen tähtäävä työ sekä selvitettiin ydinvoiman purkukustannuksia eri maissa. Kertomusvuoden aikana IAEA julkaisi myös raportin IAEA-TECDOD-1322, Decommissioning costs of WWER-440 nuclear power plants, jonka tekemiseen osallistuttiin vuosina 1999–2002.

Päätös käytöstäpoistosta tai käytön jatkamisesta on tarkoituksenmukaista tehdä vasta suunnitellun käyttöiän loppuvaiheessa. Samoin lopullinen kannanotto siihen, puretanko laitos välittömästi tai viivästetysti, on syytä tehdä vasta laitoksen käytön päättyessä ennen käytöstäpoiston alkamista.

YHTEISET SELVITYKSET

TVO:n ja Fortumin yhteishankkeena tutkitaan betonin pitkäaikais-säilyvyyttä loppusijoitusolosuhteissa Olkiluodon VLJ-luolassa ja Fortum Teknologian betonilaboratoriossa. Posivan koordinoima tutkimushanke koskee sekä voimalaitosjäte- että käytöstäpoistojätehuoltoa. Tutkimustuloksia käytetään voimalaitos- ja purkujätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyysissä. Tutkimuksen tarkoituksena on pyrkiä arvioimaan realistisesti betonin pitkäaikaiskäyttämistä ja rapautumista käyttöolosuhteita vastaavissa kallio-pohjavesiolosuhteissa. Tavoitteena on selvittää nykyaikaisen betonimateriaalitekniikan keinoin suunniteltujen, koostumukseltaan erilaisten betonien säilyvyyttä ja käyttöikää todellisissa loppusijoitusolosuhteissa ja kiihdytetyissä laboratorio-olosuhteissa. Erityisesti pyritään selvittämään vallitsevissa olosuhteissa parhaiten säilyvät betonikoostumukset,

joilla pystytään täyttämään asetetut käyttöikävaatimukset.

Kenttäkokeet ja laboratorio-kokeet on aloitettu vuonna 1998. Vuosien 1999-2002 aikana on suoritettu vesikemian määräaikaيسانalyysit koekappaleiden säilytysliuoksille ja kairanreikien pohjavedelle. Koekappaleille on suoritettu myös aggressiivisten ainesosien tunkeutumasyvyuden määräaikaيسانalyysit. Vuonna 2002 analysoitiin myös mikrobit kenttäkokeen näytteenoton yhteydessä betonikoekappaleista ja vedestä. Betonikappaleet pestiin mustan kerrostuman vuoksi. Koekappaleiden musta kerrostuma sisälsi sulfaattia pelkistäviä bakteereita (SRB). Vesinäytteissä sen sijaan todettiin hyvin vähän SRB:ta. Vuonna 2002 vertailtiin Hästholmenin ja Olkiluodon VLJ-luolien kallio-pohjavesien geokemiallisia aineistoja betonin pitkäaikaiskestävyyden kannalta, erityisesti betoni-aggressiivisten komponenttien ja mikrobitoiminnan kannalta. Kokeita jatketaan vuonna 2000 julkaistun Posivan T&K raportin mukaisesti.

RAPORTOINTI, VIESTINTÄ JA YHTEYDENPITO

Vuonna 2002 julkaistiin 7 Posiva-raporttia. Luettelo raporteista on liitteenä. Lisäksi valmistui yhtiökohtaisia työraportteja tutkimusten tuloksista.

Kotimaassa on jatkettu kiinteää yhteistyötä niiden tutkimuslaitosten, korkeakoulujen ja konsulttiyritysten kanssa, jotka osallistuvat ydinjätealan tutkimuksiin. Kertomusvuoden aikana informoitiin valvovia viranomaisia kauppa- ja teollisuusministeriössä ja Säteilyturvakeskuksessa ydinjätehuollon toimenpiteistä ja tutkimusten edistymisestä.

Kotimaassa pidettiin esitelmiä sekä asiantuntija- että yleisötilaisuuksissa. Voimayhtiöiden ja Posivan edustajia osallistui asiantuntijoina julkisrahoitteisten ydinjätetutkimusten johtoryhmän ja yhteistyöryhmän työskentelyyn.

Viidennen ydinvoimalaitosyksikön käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyvät kysymykset sekä vinotunnelin valinta maanalaisen tutkimustilan eli ONKALON maanpintayhteyden toteutustavaksi olivat Posivan viestinnän keskeisiä aiheita toimintavuonna. Myös Ruotsin loppusijoitushankkeen etenemi-

nen oli esillä ja siitä kerrottiin SKB:n kanssa yhteistyössä järjestetyssä tiedotustilaisuudessa Olkiluodossa.

Kansainvälinen kiinnostus Suomen loppusijoitushanketta kohtaan on edelleen varsin suurta. Loppusijoitustoimintaan Olkiluodossa kävi toimintavuoden aikana tutustumassa 64 vierailijaryhmää, joista yli 70 % oli ulkomaalaisia.

Posivan viestinnän kehittämiseen tähtäävä lähtötilanneselvitys käynnistettiin toimintavuonna. Kehittämistyön taustalla ovat yhtiön toimintaympäristössä tapahtuneet merkittävät muutokset kuten loppusijoitusta koskevien periaatepäätösten hyväksyminen ja Posivan toimintojen keskittäminen Eurajoen Olkiluotoon. Toimintavuonna käynnistetyssä viestinnän lähtötilanneselvityksessä kartoitettiin loppusijoitushankkeen keskeisten sidosryhmien, Eurajoen alueen asukkaiden ja yhtiön henkilöstön näkemyksiä viestinnästä ja sen kehittämistarpeista. Lähtötilanneselvitys tukee Posivan viestinnän pitkäjänteistä suunnittelua ja selvityksen tuloksia voidaan jatkossa hyödyntää viestinnän tavoitteiden asettelussa.

Posivan ja Eurajoen välistä yhteistyötä jatkettiin samalla periaatteella kuin aiemmin.

Pohjoismaissa ydinjätetutkimusta harjoittavien muiden organisaatioiden kanssa on jatkunut kiinteä yhteistyö suoran yhteydenpidon ja erilaisten yhteistyöryhmien puitteissa.

Ydinjätealan kansainvälisiä tutkimushankkeita on seurattu osallistumalla konferensseihin ja yhteistyöhankkeisiin. Tiivistä yhteistyötä on tehty mm. Äspö-kalliolaboratorioprojektissa ja lukuisissa EU:n tutkimushankkeissa.

Eri maiden tutkimusohjelmien edistymistä on seurattu, merkittävien edistysaskel alalla oli Yhdysvalloissa Yucca Mountain -loppusijoitushankkeen saama myönteinen päätös. Ydinjätealan kansainvälisissä kokouksissa on pidetty esitelmiä Suomen ydinjätehuolto-ohjelmasta ja tutkimusten tuloksista. OECD/NEA:n asiantuntijaryhmissä on osallistuttu mm. sijoituspaikka- ja turvallisuustutkimuksia sekä voimalaitosten käytöstäpoistoa koskevaan keskusteluun ja arviointiin.

YHTEISTYÖKUMPPANIT

Ydinjätehuoltotoimintaan vuonna 2002 osallistuneet tutkimuslaitokset, korkeakoulut ja konsultit

AECL (Kanada)
Alan Auld Associates (Iso-Britannia)
ALARA Engineering AB (Ruotsi)
Astrock Oy
Australian National University (Australia)
Ayotte Consulting and Management Services (ACMS) (Kanada)
BNL Euro RSCG
Computer-aided Fluid Engineering AB (Ruotsi)
Conrox Ab (Ruotsi)
Contesta Oy
Diskurssi Oy
EnvirosQuantiSci (Iso-Britannia)
EP-Logistics Oy
Evata Finland Oy
Fintact Oy
FM-Kartta Oy
Fortum Nuclear Services Oy
Fortum Engineering Oy
Gascoyne Geoprojects Inc. (Kanada)
GEA Consulting (Ruotsi)
Geodeettinen laitos
Geokeskus Oy
Geologian tutkimuskeskus (GTK)
Espoon yksikkö
Geopalvelukeskus
Kuopion yksikkö
Geopros Oy
Golder Associates AB (Ruotsi)
Gridpoint Finland Oy
G.R.Simmons & Associates Consulting Services Ltd (Kanada)
Helsingin yliopisto
Kemian laitos
Insinööritoimisto Esko Hämäläinen Oy
Insinööritoimisto Tauno Nissinen Oy
Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy
Insinööritoimisto Saanio & Riekkola Oy
Inspecta Testing Oy
Integrity Corrosion Consulting Ltd (Kanada)
JA Streamflow AB (Ruotsi)
Jyväskylän yliopisto
Fysiikan laitos
Kaisaniemen Dynamo Oy
Kalliosuunnittelu Oy
Karinta Consulting Ab (Ruotsi)

Kivitieto Oy
Laine & paloturvallisuus suunnittelutoimisto Oy
Lapela Oy
Libenter Oy
Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy
Metsäntutkimuslaitos
Parkanon tutkimusasema
Outokumpu Engineering Services Oy
Outokumpu Mining Oy
Outokumpu Poricopper Oy
PRG-Tec Oy
Ramse Consulting Oy
Robertson Geologging Ltd (Iso-Britannia)
Rock Engineering Consultants (Iso-Britannia)
Rollcon Oy
Safety Assessment Management (SAM) Ltd (Iso-Britannia)
Safram Oy
Serco Assurance (Iso-Britannia)
SF GeoLogic AB (Ruotsi)
SKB International Consultants AB (Ruotsi)
Streamflow AB (Ruotsi)
Studsvik Scanpower Ab (Ruotsi)
Suomalainen Insinööritoimisto Oy
Suomen Malmi Oy
Suomen Paprico Oy/Viestintä-Paprico
Suomen Teknohaus Oy
Suomen Ympäristökeskus
Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) (Ruotsi)
Swedish Corrosion Institute (Ruotsi)
SwedPower AB (Ruotsi)
TTKK
Rakennusgeologian laboratorio
Tutkimuskeskus Vinco Oy
TVO Nuclear Services Oy
UK Nirex Ltd.
Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT)
Biotekniikka
Prosessit
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Tuotteet ja tuotanto
Vesihydro Oy
Vibrometric Oy
Weizmann Institute of Science (Israel)
Ympäristötutkimus Oy Metsätähti

LAADUN JA YMPÄRISTÖN HALLINTA

Posivan toiminta tähtää ydinjätehuollon turvalliseen toteuttamiseen sen omistajien ja muiden asiakkaiden tarpeiden mukaisesti, ympäristöä suojellen ja yhteiskunnan asettamat vaatimukset täyttäen. Posiva on kehittänyt laatua yhtiön perustamisesta lähtien. Laatujärjestelmän tarkoituksena on varmistaa toiminnan järjestelmällisyys Posivassa ja se on kansainvälisen ISO 9001 periaatteiden mukainen.

Vuoden 2002 aikana toimintajärjestelmän kehittämisestä jatkettiin ISO 9001:2000 standardin suuntaan ottaen huomioon myös ympäristöstandardin vaatimukset. Sen lisäksi on edelleen selvitetty turvallisuuskulttuurin merkitystä ja edellytyksiä Posivan toiminnassa. Tämä toinen työ oli jatkoa vuonna 2001 alkaneelle turvallisuuskulttuurin kehittämiselle.

Vuoden aikana järjestelmän toimivuutta ja luotettavuutta suhteessa tavoitteisiin on arvioitu Posivan sisäisissä auditoinneissa. Sisäiset auditoinnit kohdistuivat alihankintaan ja kenttämittausten ja -tutkimusten laatuun. Alihankinnan auditoinnissa selvitettiin ohjeiden noudattamista. Auditoinnin tuloksena saatiin myös ideoita toiminnan edelleen kehittämiseen. Kenttämittaus ja -tutkimustoiminnan auditoinnissa painopistealueina olivat alihankinta, mittauslaitteiden kalibrointi, mittausten ja tutkimusten laadunvarmistus ja mitaustietokannan käyttöön ja ylläpitoon liittyvä laadunvarmistus.

Vuoden aikana arvioitiin muutamien alihankkijoiden kykyä suorittaa teknisistä, taloudellisista, laatu- ja ympäristövaatimuksista. Käy-

tössä olevat toimintajärjestelmät ja niiden kehitystyön näkymät kartoitettiin. Lisäksi joidenkin organisaatioiden toimintaa arvioitiin tarkastuskäynnin avulla.

Tutkimuksen ja kehitys- ja suunnittelutyön laadun varmistavaa ohjeistusta on tarkennettu. ONKALON rakentamisen ohjeistuksen suunnittelua jatkettiin.

Asiantuntemuksen kehittämiseksi järjestettiin koulutusta vuonna 2001 pidetyn henkilöstön osaamiskartoituksen perusteella. Ammatillisen koulutuksen lisäksi järjestettiin henkilöstön yhteistä koulutusta toimintajärjestelmästä ja työyhteisön kehittämisestä. Uusille posivalaisille järjestettiin perehdytyskoulutusta. Vuosittaiset kehityskeskustelut toteutettiin suunnitelmien mukaisesti.

KUSTANNUKSET

TUTKIMUKSET

Ydinjätehuollon tutkimusohjelman kokonaiskustannukset olivat noin 10,8 miljoonaa euroa. Vuoden 2002 tutkimusohjelmassa kustan-

nuksiksi arvioitiin noin 10,9 miljoonaa euroa. Ohjelma toteutui pääosin suunnitelmien mukaisesti.

Edellä esitettyihin kustannuksiin eivät sisälly Tekesin tukemat Posivan tutkimustoimeksiannot.

YHTEENVETO TUTKIMUSTEN KUSTANNUKSISTA VUONNA 2002

| Tutkimuskohde | Kustannukset (milj. euroa) |
|---|-------------------------------|
| Suunnittelu, koordinointi ja tiedotus sekä yleisselvitykset | 0,7 |
| Käytetyn polttoaineen ja runsasaktiivisen jätteen huolto | 9,6 |
| Keski- ja vähäaktiivisen jätteen huolto | 0,2 |
| Käytöstäpoisto ja purkujäte | 0,2 |
| Yhteensä | 10,8 |

VARAUTUMINEN YDINJÄTEHUOLLON KUSTANNUKSIIN

Ydinjätehuoltoon tarvittavat varat kerätään erilliseen valtion ydinjätehuoltorahastoon. Rahastotavoite määrätään kunakin vuonna erikseen vahvistettavan ydinjätehuollon vastuumäärän perusteella. Ydinjätehuollon vastuumäärä sisältää kaikkien kyseisen vuoden loppuun mennessä kertyneiden ydinjätteiden

huoltoon tarvittavien toimenpiteiden tulevat kustannukset.

TVO:n ydinjätehuollon vuoden 2002 rahastotavoite oli 693,2 miljoonaa euroa ja Fortumin rahastotavoite vastaavasti 515,2 miljoonaa euroa.

TVO:n ydinjätehuollon vastuumääräksi vuoden 2002 lopussa vah-

vistettiin 732,2 miljoonaa euroa ja sen perusteella vuoden 2003 rahastotavoitteeksi 732,2 miljoonaa euroa. Fortumin ydinjätehuollon vastuumääräksi vahvistettiin 545,1 miljoonaa euroa ja vuoden 2003 rahastotavoitteeksi 545,1 miljoonaa euroa.

RAPORTTILUETTELO 2002

POSIVA 2002-01

Copper corrosion under expected conditions in a deep geologic repository

Fraser King, Integrity Corrosion Consulting Ltd, Calgary, Canada
Lasse Ahonen, Geological Survey of Finland

Claes Taxén, Swedish Corrosion Institute, Stockholm, Sweden

Ulla Vuorinen, VTT Chemical Technology

Lars Werme, Svensk

Kärnbränslehantering Ab, Stockholm, Sweden

January 2002

ISBN 951-652-108-8

POSIVA 2002-02

Estimation of rock movements due to future earthquakes at four candidate sites for a spent fuel repository in Finland

Paul La Pointe

Golder Associates Inc., Washington, USA

Jan Hermanson

Golder Associates AB, Sweden

February 2002

ISBN 951-652-109-6

POSIVA 2002-03

Fracture calcites at Olkiluoto – Evidence from Quaternary Infills for Palaeohydrogeology

Seppo Gehör, Kivitieto Oy

Juha Karhu, University of Helsinki

Aulis Kärki, Kivitieto Oy

Jari Löfman, VTT Processes

Petteri Pitkänen, VTT Building and Transport

Paula Ruotsalainen, TUKES

Olavi Taikina-aho, Kivitieto Oy

February 2002

ISBN 951-652-110-X

POSIVA 2002-04

Structure and geological evolution of the bedrock of southern Satakunta, SW Finland

Seppo Paulamäki, *Markku Paananen*, *Seppo Elo*

Geological Survey of Finland

February 2002

ISBN 951-652-111-8

POSIVA 2002-05

Rock strength and deformation dependence on schistosity –

Simulation of rock with PFC3D

Toivo Wanne

Saario & Riekkola Oy

June 2002

ISBN 951-652-112-6

POSIVA 2002-06

Solubility of thorium in 0.1 M NaCl solution and in saline and fresh anoxic reference groundwater

Jussi Jernström

University of Helsinki

Laboratory of Radiochemistry

Ulla Vuorinen

VTT Processes

Martti Hakanen

University of Helsinki

Laboratory of Radiochemistry

August 2002

ISBN 951-652-113-4

POSIVA 2002-07

Establishing baseline conditions and monitoring during construction of the Olkiluoto URCF access ramp

Bill Miller, *John Arthur*, *Jordi Bruno*, *Paul Hooker*, *Phil Richardson*, *Cynthia Robinson*, *David Arcos*

Richardson, *Cynthia Robinson*, *David Arcos*

David Arcos

EnvirosQuantiSci, Melton Mowbray, UK

UK

Julia West

British Geological Survey, UK

December 2002

ISBN 951-652-114-2

Teollisuuden Voima Oy
27160 OLKILUOTO
puh. (02) 83 811

Fortum Power and Heat Oy
PL 100
00048 FORTUM
puh. 010 4511



Posiva Oy, 27160 OLKILUOTO
puhelin (02) 83 7231, fax (02) 8372 3709
<http://www.posiva.fi>