


ATS Ydintekniikka

SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA - ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND RY

1  2013 vol. 42



**Käytetyn
ydinpolttoaineen
loppusijoitus:
Kotimaiset
teknologiaosaajat
esittäytyivät
ekskursiolla**

Tässä numerossa:

- 2** Pääkirjoitus: Ydinpolttoaineen pitkä matka alkutilaan
- 4** Editorial: Nuclear Fuel's Long Journey to the Initial State
- 5** Tapahtumia
- 6** ATS:n ekskursion Satakuntaan ja Pirkanmaalle 18.–19.4.2013
- 7** Luvata
- 8** Mistä tulee ”kuperipötty”?
- 9** Maalla, merellä ja ilmassa
- 10** FinNuclear
- 11** FinNuclear ry:n toiminta alihankkijakentässä
- 12** Hollming Works
- 13** Hollming Works Oy ja Posivan kapseli- ja siirtoajoneuvo
- 14** Porin seutu – erinomainen toimintaympäristö ydinvoimalan toimijoille
- 16** VTT:n Tampereen toimipiste
- 17** Pakina: Jalometallit puhuttivat ekskursiolla
- 18** Patrian Linnavuoren tehdas
- 21** Fuusio, tulevaisuuden energialähde
- 25** Omistajanäkökulma loppusijoituksen resurssien paikallisesta hankinnasta ja kehittämisestä
- 27** Säteilyturvakeskus arvioi loppusijoituksen turvallisuuden
- 27** Posivan rakentamis- lupahakemuksen tarkastus
- 29** Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelman päivitys
- 32** Väitöskirja
- 34** Diplomityö
- 36** Reaktorin laidalla
- 38** Yhteystiedot
- 39** ATS:n uudet jäsenet

Päätoimittajalta

Kesä tuli ja samalla viimeisteltiin ATS Ydintekniikan ensimmäinen numero vuonna 2013.

Excursioryhmä on jo toistamiseen osoittautunut oivallisiksi viestintuojiksi ja -viejiksi. Enpä olisi arvannut, että meillä on näin monipuolista ja laaja-alaista osaamista liittyen ydinjätteen loppusijoitushankkeeseen. Länsi-Suomi, Rauman-Porin-seutu ja Tampere ympäristökuntineen ovat virkistäviä poikkeuksia talousuutisten kurittamaan arkeen.

Suomessa on rakennettu määrätietoisesti eri alojen osaamista, joka rakentuu ja keskittyy tällä hetkellä käytetyn ydinpolt-

toaineen loppusijoitushankkeen ympärille. Osaamista on lähdetty myös viemään maailmalle, jotta sitten kun isäntäorganisaatio, tässä tapauksessa Posiva Oy, etenee omassa hankkeessaan seuraaviin vaiheisiin, sitä voidaan hyödyntää myös muualla.

Kehitystyö ja konkreettiset hankkeet, joita varten sitä tehdään, ovat välttämättömiä kasvun moottoreita. Valitettavasti moni muu seutu joutuu näinä aikoina vielä hiomaan strategioitaan ja tyytymään juhlapuheisiin. Osaamista ei kuitenkaan saa jättää heitteille.

Hauskaa kesää kaikille!



Kannen kuva: Hollming Works Oy:n ja Posivan kehitteillä oleva kapseli- ja siirtoajoneuvo. Hollming Works.

Alkukesän kuva



Loviisan voimalaitoksen jäälauhuttimien huoltoa kesällä 2012 vuosihuollon aikana. Kuva: Fortum.

Ydinpolttoaineen pitkä matka alkutilaan

Monissa ydinvoimaa käyttävissä maissa haetaan tällä hetkellä suuntaa käytetyn ydinpolttoaineen pitkän aikavälin huollossa. Suomessa sen sijaan on sitouduttu valtioneuvoston 1980-luvun alkupuolella päättämään ydinjätehuollon ohjelmaan, jonka mukaisesti ”käytettyä ydinpolttoainetta välivarastoidaan, kunnes noin vuodesta 2020 voidaan aloittaa sen loppusijoittaminen”.

Yksi välitavoite loppusijoitusohjelmassa saavutettiin, kun Posiva jätti loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksen valtioneuvostolle vuoden 2012 lopulla. Lupahakemus käsittää mittavan teknillis-tieteellisen dokumentaation, jonka arvioinnin pääosin tekee Säteilyturvakeskus. Lupahakemuksen ja osaksi myös ONKALOn saadun kokemuksen perusteella arvioidaan Posivan valmiutta ydinlaitoksen rakentamiseen. Onko tieto-taitoa ja osaamista riittävästi, kantaako ydinjätelaitoksen tämänhetkinen suunnittelu rakentamiseen ja voidaanko varmuus loppusijoitusjärjestelmän toimintakyvystä ja pitkäaikaisturvallisuudesta luotettavasti osoittaa?

Mitkä ovatkin loppusijoitushankkeen askelmerkit tästä eteenpäin, niin peruutuspeiliin katsominen ainakin vahvistaa sen faktan, että pitkälle on päästy. Kun edellinen suuri etappi saavutettiin loppusijoituspaikan valinnan yhteydessä eduskunnan vahvistaessa periaatepäätöksen vuonna 2001, hankkeen seuraava vaihe merkitsi syvälle ja pitkälle ulottuvan louhintatyön aloittamisesta. Olihan Posiva esittänyt periaatepäätöshakemuksessaan, että ”Loppusijoituksen yksityiskohtainen suunnittelu ja sen turvallisuudesta varmistuminen edellyttävät jatkotutkimuksia valittavalla paikalla... Tällöin valitulle loppusijoituspaikalle rakennetaan pystykuilu (1-2 kpl) tai ajotunnelin ja kuilun yhdistelmä sekä tarvittavat tutkimustunnelit. Näistä tehdään varmentavia tutkimuksia ja määritellään maanalaisen loppusijoitustilojen sijoittamiseen tarvittavat tiedot.”

Nyt tuo periaatepäätöshakemuksessa mainittu ajotunnelin ja kuilun yhdistelmä, ONKALO, on rakennettu ja kaksi tutkimustunnelia on louhittu loppusijoitusvyyhdelle. Pitkä matka syvälle kallioon on ollut oppimisprosessi, jossa perinteistä kalliorakentamista on sovitettu vaativan ja ainutlaatuisen tutkimuksen tarpeisiin. Esikuvat ONKALOn ovat puuttuneet, koska loppusijoituspaikalle rakennettua tutkimustilaa ei ole missään muualla. Tutkimustilan toteutus on kytketty alusta lähtien läheisesti loppusijoituslaitoksen suunnitteluun, sillä ONKALO toimii tulevaisuudessa laitoksen kulkureittinä ja maanpintayhteytenä. Muiden maiden kalliolaboratorioista poiketen ONKALO on rakennettu kuin ydinlaitosta Säteilyturvakeskuksen tarkassa valvonnassa.

ONKALOn ohella myös muilla loppusijoituksen osaluilla on edetty kohti käytännön toteutusta. Suunnittelu-työ on siirrytty konepajoihin. Loppusijoitushankkeen uusi vaihe päästiin toteamaan taannoisella Atomiteknillisen seuran Satakunnan ekskursiolla, kun porilaisella konepajalla ihmeteltiin kapselinasennusvaunun runkoa ja säteilysuojaa. Vastaavanlaisia loppusijoituksen edellyttämiä laitteita on valmisteilla myös bentoniittipuskurin ja tunnelin täyteaineen asennuskokeisiin.

Pitkään jatkuneesta tutkimus- ja kehitystyöstä ja viranomaisille jätetystä rakentamislupahakemuksesta huolimatta loppusijoitustoiminnan aloittamiseen on vielä matkaa. Ennen kuin yksikään kapseli on hyväksytty ja lopullisesti kalliolla, tarvitaan täyden mittakaavan kokeita loppusijoituksen toteutettavuuden osoittamiseksi. Niitä tullaan tekemään ONKALOn, jonka demonstraatio-tiloissa loppusijoitusvyyhdellä on jo porattu täyden mittakaavan kapselireikiä.

Luontevana jatkona näille on bentoniittipuskurin ja kapselin asennuskokeet, joita varten suunnitellut laitteet saadaan Posivan käyttöön vielä kuluvan vuoden aikana.

Komponenttikohtaisista kokeista hanke voi vuosikymmenen loppupuolella edetä loppusijoituksen kenraaliharjoitukseen eli yhteistoimintakokeeseen. Siinä testataan koko loppusijoitusprosessin toimivuus ja toteutettavuus alkaen kapseloinnista ja päätyn kapselin sijoittamiseen reikään ja tunnelin täyttöön. Näin kapseli saatetaan alkutilaan, josta eteenpäin kapselin tulevaisuus ja toimintakyky ovat turvallisuusperustelun arvioinnin kohteena.



Nuclear Fuel's Long Journey to the Initial State

Many countries utilising nuclear power are currently trying to find their way as regards the long-term management of spent nuclear fuel. Finland, however, has committed itself to a nuclear waste management program approved by the Government in the early 1980s. The program states that *“spent nuclear fuel is kept in interim storages until the final disposal can commence approximately in 2020”*.

One milestone in the final disposal program was reached in late 2012, when Posiva submitted to the Government a construction licence application for a final disposal facility. The licence application includes extensive technical and scientific documentation, the assessment of which will be mainly carried out by the Finnish Radiation and Nuclear Safety Authority. Posiva's capability to construct a nuclear facility will be assessed on the basis of the licence application and, in part, on the basis of the experience gained from the ONKALO underground research facility. The main questions are as follows: Does the applicant have sufficient know-how and competence? Does the current state of technical design of the nuclear waste facility enable future construction operations? Can the performance and the long-term safety of the final disposal concept be reliably proven?

Whatever decisions will be made concerning the final disposal project in the future, a look in the rear view mirror confirms that we have already come a long way. After the previous significant milestone was reached in 2001, when the Finnish parliament ratified the decision-in-principle and the final disposal site was selected, it was clear that the following project phase would involve the beginning of deep and far-reaching excavation. After all, Posiva had stated the following in its application for a decision-in-principle: *“The detailed design of the final disposal concept and the assurance of its safety require that further research be carried out at the site to be selected... This involves the construction of one or two vertical shafts, or a combination of an access tunnel and a shaft, and the required research tunnels at the selected final disposal site. These will be used to carry out confirmative research and to gain information required for determining the location of the final repository.”*

Today, the construction of ONKALO, a combination of an access tunnel and a shaft referred to in the application for a decision-in-principle, has been completed, and two research tunnels have been excavated at the final disposal depth. This long journey deep into the bedrock has constituted a learning process, in which traditional rock construction methods have been applied to the requirements of a demanding and unique research project. Since ONKALO is the only research facility in the world constructed at a final disposal site, it is not modelled after any other facility. The construction of the research facility has always been firmly connected with the design of the final disposal facility. The reason is clear: in the future, ONKALO will function as an

access to the disposal facility, connecting it to the ground surface. Unlike the bedrock laboratories in other countries, the construction of ONKALO has progressed much like that of a nuclear facility, under the strict control of the Finnish radiation and Nuclear Safety Authority.

ONKALO is not the only area in which progress has been made towards the practical implementation of the final disposal concept. The focus has shifted from the drawing table to the engineering works. Members of the Finnish Nuclear Society had the opportunity to observe the current phase of the final disposal project in practice during their recent excursion to the province of Satakunta. The excursion included a visit to a workshop in Pori where the frame of the canister transfer and installation vehicle and the radiation shield tube are under construction. Furthermore, other equipment required in the final disposal process is currently being constructed for use in the bentonite buffer and backfill material installation tests.

Despite the continuous research and development work and the recent submission of the construction licence application to the authorities, there is still some way to go before the disposal operations can commence. Before a single canister can be successfully and finally disposed of in the bedrock, full-scale testing is required to prove the feasibility of the disposal concept. This testing will be carried out in ONKALO, where full-scale disposal holes have already been bored in the demonstration facilities located at the final disposal depth.

These tests will be followed by the bentonite buffer and canister installation tests. The equipment designed for the performance of these tests will be delivered to Posiva during the present year.

By the end of the decade, the project can progress from system-specific testing to the overall rehearsal of final disposal operations, the commissioning test. Its purpose is to test the functionality and feasibility of the entire disposal process from encapsulation to the disposal of the canister in the disposal hole and the backfilling of the tunnel. This process renders the canister in the initial state. From that point on, the future and the performance of the canister are assessed in the safety case.



Seuran vuosikokous järjestettiin 28.2.2013



Yli-insinööri **Jorma Aurela** esittelee Työ- ja elinkeinoministeriön ajankohtaisia asioita ydinenergia-alan näkökulmasta. Kuva: Kari Pietarinen.



Vuosittain parhaalle ATS Ydintekniikassa julkaistulle kirjoitukselle jaettava **Erkki Laurila -palkinto** luovutettiin TkT **Mikko Lemmetylle**.

Kaikkiaan 47 Suomen Atomiteknillisen Seuran jäsentä kokoontui Tieteiden talolle Seuran vuosikokoukseen torstaina 28.2.2013. Vuosikokouksessa käydään läpi sääntömääräistenkin asioiden puitteissa mennyt vuosi ja esitellään suunnitelmat tulevalle. Näihin teemoihin voi tutustua tarkemmin koko jäsenistölle toimitetuissa toimintakertomuksissa ja -suunnitelmassa. Konkreettisin vuosikokouksen anti Seuran toiminnalle on kuitenkin uusien johtokunnanjäsenten valinta.

Kolme kautta johtokunnassa olleet varapuheenjohtaja **Timo Seppälä** Posivalta ja rahastonhoitaja **Risto Vanhanen** Aalto-yliopistosta joutuivat antamaan paikkansa uusille toimijoille Seuran sääntöjen mukaisesti. Posivan edustajaksi johtokuntaan valittiin Seuramme ekskursiosihteri **Juhani Palmu**. Uusi rahastonhoitaja **Arto Ylönen** löytyi jälleen yliopistomaailmasta; tällä kertaa Lappeenrannan teknilliseltä yliopistolta. Lisäksi johtokuntaan liittyi edustaja myös Aalto-yliopistosta sekä Fennovoimalta: **Filip Tuomisto** ja **Ilkka Männistö**. Näin Johtokunta kasvoi maksimikokoonsa.

Toisaalta vuosikokouksessa myös kiitetään Seuran toimijoita ja aktiivisia jäseniä. Vuosittain parhaalle ATS Ydintekniikassa julkaistulle kirjoitukselle jaettava **Erkki Laurila -palkinto** luovutettiin TkT **Mikko Lemmetylle**, joka kirjoitti artikkelisarjan SECURE:sta. Artikkelit «SECURE Mikä se oli?» ja »Miltä SECURE näyttäisi tänään?» julkaistiin lehden nu-

meroissa 2/2012 ja 3/2012. Juttua keuhuttiin kuvaamalla sen olleen »mielenkiintoinen historiakatsaus, jossa erityisesti kirjoittajan asiantuntemus nykyisistä turvallisuusvaatimuksista ja SECUREn sovittaminen niihin vakuutti lukijan».

Tilaisuudessa kuultiin myös yli-insinööri **Jorma Aurelan** esitys Työ- ja elinkeinoministeriön ajankohtaisista asioista. Näihin lukeutuivat luonnollisesti ydinenergian mukaiset lupa-asiat, kuten Olkiluoto 3:n käyttölupahakemus, Posivan ja Olkiluoto 4:n sekä Hanhikivi 1:n rakentamislupahakemukset, FiR-tutkimusreaktorin käytöstäpoiston valmistelu ja Talvivaaran kaivoksen uraanin hyödyntäminen. Osittain myös näiden teemojen pohjalta on odotettavissa mahdollinen laajempi lainsäädännön uudistaminen muutaman vuoden sisällä. Tarkastelussa tällöin olisivat muun muassa ydinlaitosten luvituskysymykset ja käytöstäpoistosäännökset, sekä VYR-tutkimusrahoitus. Mielenkiintoisia tuloksia voidaan odottaa myös YES-hankkeelta, joka käynnistyi 28.1.2012. Hankkeen kuusi jaostoa laativat Ydinenergia-alan tutkimusstrategian kevääseen 2014 mennessä. Ydinturvallisuuden ja ydinjätehuollon lisäksi jaostojen teemoiksi on nostettu alan tutkijakoulutus, tulevaisuuden teknologiat, yhteiskunnallinen ydinenergiatutkimus ja tutkimustulosten hyödyntäminen liiketoiminnassa.

Teksti:
DI Anna Nieminen, ATS:n sihteeri
sihteeri@ats-fns.fi

Johtokunnan uudet jäsenet

Dr. Sc. (ETH) **Arto Ylönen** valmistui diplomi-insinööriksi 2008 LUT:ista, syventymiskohteenaan ydinvoimalaitostekniikka. Hän aloitti väitöskirjatyönsä Sveitsissä, Paul Scherrer Instituutissa loppuvuodesta 2008 ja väitteli ETH Zurichissä tammi-kuussa 2013. Väitöstyö käsitteli virtauksen kokeellista tutkimusta sauvanipun sisällä lanka-antureita apuna käyttäen. Aikaisemmin hän on toiminut ATS YG-yhteyshenkilönä ja excu-vastaavana (ATS YG). Nykyään hän työskentelee tutkijana LUT:issa.

Prof. **Filip Tuomisto** on toiminut vaihtelevissa tutkimus- ja opetus-tehtävissä Aalto-yliopiston (ja sitä ennen TKK:n) teknillisen fysiikan laitoksessa vuodesta 2002 lähtien (TKT F 2005). Hänet nimitettiin ydintekniikan professoriksi samaiseen laitokseen vuonna 2012. Tuomisto koordinoi ydinenergia-alan opetus- ja tutkimustoimintaa Aalto-yliopistossa.

Juhani Palmu on työskennellyt TVO:n tietohallinnossa vuosina 2002-2006 ja on toiminut Posivan tietojärjestelmien projektipäällikkönä vuodesta 2006 lähtien. Hän on ollut ATS:n ekskursiosihterinä vuodesta 2012. Palmu on koulutukseltaan teollisuustalouden diplomi-insinööri TTKK:sta.

Ilkka Männistö työskentelee Fennovoima Oy:ssä ydinturvallisuus-insinöörinä. Hänen erikoisalaansa on ydinvoimalaitosten todennäköisyyspohjaiset riskianalyysit. Ennen Fennovoimalle siirtymistä hän toimi VTT:llä tutkijana, niinkään riskianalyysien parissa. Kansainvälistä kokemusta häneltä löytyy vuoden mittaiselta secondee-vierailulta OECD:n Halden Reactor Projectissa Norjassa, jossa hän tutki mm. inhimillisten virheiden todennäköisyyksien arviointia.



ATS:n ekskursio Satakuntaan ja Pirkanmaalle 18.–19.4.2013

Suomen Atomiteknillinen Seura järjesti yhteistyössä FinNuclear ry:n kanssa opintomatkan Satakuntaan ja Pirkanmaalle 18.–19.4.2013 aiheina loppusijoitustekniikka ja ydinenergiatoimialan yhteistyön kehittäminen kohdealueella. Matkan aikana perehdyimme Luvata Porin, FinNuclear ry:n, Technip Offshore Finlandin, Hollming Worksin, Arevan, VTT:n ja Patrian Linnavuoren tehtaan toimintaan.

Torstai 18.4.

Edessäni oli tuore *Satakunnan Kansa* ja kupillinen kuumaa kahvia. Katsoin harvakseltaan ohikulkevaa ihmisvilinää tietämättä vielä, että tämä samainen tori olisi viikon kuluttua täynnä ihmisiä ja punamustia lippuja koko Satakunnan riemuitessa Porin Ässien saavuttamasta Suomen jääkiekkomestaruudesta. Olimme kokoontuneet pienehköllä joukolla paikallisen Sarpin torikahvilaan odottamaan ekskursionme pääjoukon saapumista Porin rautatieasemalle.

Ensimmäinen vierailukohteemme oli Luvata Pori, jossa tutustuimme mm. käytetyn uraanipolttoaineen loppusijoituskapselien ja suprajoteiden valmistusteknologioihin. Porin puuvillatehtaan tiloissa kuulimme Prizztech Oy:n ja FinNuclear ry:n toiminnasta. Lisäksi kuulimme Technip Offshore Fin-



land Oy:n esityksen öljynporauslauttojen runkojen valmistuksesta ja toimituksista. Prizztech kertoi lisäksi heidän magneettitekniologian tutkimustoiminnasta.

Seuraava kohteemme oli satakuntalainen konepaja Hollming Works, jonka nykyään omistamissa tiloissa jo aikanaan oli valmistettu silloisille saksalaisille aseveljillemme lentokenttiä Venäjän aroille. Kuulimme vaikuttavan esityksen 70

metriä pitkistä kalliolouhintakoneesta. Näimme myös Posiva Oy:lle rakenteilla olevan loppusijoituskapselin siirto- ja asennusajoneuvon.

Porin vierailupäivämme päätteeksi päädyimme Porin kaupungintalolle, jossa kuulimme Porin kaupungin ja Arevan esitykset kera maukkaiden iltapalojen.

Luvata ja suprajoteavuus

Luvatan vierailulla meille esiteltiin myös suprajoteavuuteen liittyvää tekniikkaa.

Suprajoteavuus on ilmiönä tunnettu noin sata vuotta. Aluksi suprajoteavuus havaittiin joillakin metalleilla, ensimmäisenä elohopealla, lämpötiloilla, jotka ovat lähellä absoluuttista nolapistettä. 1980-luvun alussa oli metalliseoksilla päästy jo noin 30 kelviniin asti.

80-luvun puolivälissä löydettiin kuparipohjaisia keraamisia materiaaleja, joiden suprajoteavuus esiintyy jo sadan kelvinin paikkeilla, parhaimmillaan siinä 135 kelviniä. Tällöin tarpeelliseen jäähdytykseen voidaan käyttää nestetyppeä nesteheliumin asemesta.

Nämä keraamiset materiaalit ovat kuitenkin valmistus- ja käyttöteknillisiltä ominaisuuksiltaan sen verran pulmallisia, että niitä ei juuri käytetä kuin tutkimuksessa. Niinpä vielä nykyään varsinaisiin sovelluksiin käytetään enimmäkseen metalliseoksia, joista niobititaani on suosituin.

Luvata Oy valmistaa kuparimatriisiin sisään upotettuja niobititaaniseoksesta tehtyjä suprajotekaapeleita. Jokapäiväisessä käytössä eniten Luvatankin suprajoteita käytetään lääketieteen piirissä magneettikuvasovelluksissa.

Muita käyttökohteita ovat mm. voimakkaita magneettikenttiä vaativat hiukaskiihdyttimet, fuusiotutkimusreaktorit

ja levitoivat junat.

Sähkönsiirrossa suprajoteavuus herättää innostusta ja kiinnostusta häviöttömyytensä ja tilansäästön tähden. Ilmiötä käytetään hyväksi myös ultraherkissä antureissa.

DI Seppo Vatanen
ATS-seniorit
Energiatekniikka
seppo.vatanen@
pp.inet.fi





Kuva Juhani Palmu

Luvata

Luvata on johtava insinööritaitoa ja värimetalliosaamista yhdistävä ratkaisujen toimittaja. Luvatan ratkaisuja käytetään eri teollisuudenaloilla, kuten uusituvan energian, sähköntuotannon, autoteollisuuden, lääketeollisuuden, ilmastointilaitteiden ja teollisen jäähdytyksen eri kohteissa.

Yrityksen pitkäaikainen menestys liittyy sen pitkään historiaan, teknologiseen erinomaisuuteen ja kumppanuusstrategiaan. Luvatalalla on yli 6400 työntekijää 14:ssä maassa, Luvatan strategisia asiakkaita ovat mm. Siemens, Toyota, CERN, ja DWD International.

Luvata Pori Oy toimii Suomessa valmistamalla tuotteita lähes kaikille Luvatan toimialoille. Porissa on noin 350 työntekijää ja tehdas sijaitsee Kupariteollisuuspuiston historiallisessa ympäristössä.

Tontilla on tehty kuparia 1940-luvulta lähtien, ja tänä päivänä siellä toimii Luvatan lisäksi mm. Cupori Oy, Aurubis Finland Oy, Boliden Harjavalta Oy sekä Outotec Research Oy.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen kuparikapselien aihiot

Posiva Oy:llä, SKB AB:llä ja Luvata Pori Oy:llä sekä sen edeltäjällä Outokumpu Poricopper Oy:llä on ollut kuparikapselin kehityshankkeita 1990-luvun alusta lähtien. Näissä yhteistyöhankkeissa on testattu ja kehitetty useiden valmistusmenetelmien soveltuvuutta saumattoman kuparikapselin valmistamiseksi.

Testattuja valmistusmenetelmiä ovat Vallourec & Mannesmannin pisto-veto, Wyman & Gordonin taaksepäin pursotus ja avotaonta.

Luvata on ollut mukana kehittämässä kuparikapselin raaka-ainetta. Luvatan osaaminen kuparien valmistuksessa perustuu sekä pitkään kokemukseen että metallurgiseen osaamiseen koostumusten räätälöinnissä.

Kapselivalut tehdään valimon puolijatkuvalla linjalla. Suurimmat kuparikapselin valanneaihiot valun jälkeen ovat olleet pituudeltaan yli 3 metriä, halkaisijaltaan noin 850 mm ja painavat yli 16 t.

Valun jälkeen valanneaihion molemmista päistä otetaan näytteet materiaalianalyysiä varten. Hyväksytyn analyysin jälkeen valanteet lähetetään koneistukseen epäpuhtauksien poistamiseksi valanteesta sekä pinnanlaadun parantamiseksi.

Koneistetun pinnan laadun määrittämisessä ja hyväksynnässä käytetään mm. tunkeumaväritarkastusta. Valmiin koneistetun raaka-ainepölyn paino vaihtelee 12 200–13 500 kg:n välillä jatkovalmistustavasta riippuen.

Lisäksi Luvata valmistaa kapseleihin hitsattavia kuparikansia. Kannet valmistetaan kuumapuristamalla, jolla saadaan syntymään tasainen ja hieno raerakenne. Tällainen rakenne toimii käyttötarkoituksessaan parhaalla tavalla.

Luvatan valmistamat generaattorikomponentit

Luvatan valmistamia kuparituotteita käytetään laajalti voimantuotannossa alkaen tuulivoimaloista aina suurimpiin yli 1000 MW ydinvoimaloiden generaattoreihin saakka.

Tyypillisiä tuotteita ovat hapettomasta OF-OK -kuparista valmistetut roottoritangot sekä staattoriputket suuremmissa vesijäähdytetyissä laitteissa.

Hapeton kupari on puhtain kaupallinen kuparilaatu ja se omaa siksi hyvin korkean sähkönjohtavuuden. Jo pienikin parannus sähkönjohtavuudessa synnyttää vuosien varrella merkittäviä kustannussäästöjä voimalaitoksissa, kun tuotannon mittakaava on suuri. Siksi sijoitus laadukkaisiin kuparimateriaaleihin maksaa itsensä nopeasti takaisin.

Suuremmissa generaattoreissa tarvitaan myös pienempiä määriä erikoiskupariseoksia kuten hopeakuparia tai zirkonikuparia kohteissa, jotka joutuvat erityisen korkean lämpö- ja mekaanisen kuormituksen alaiseiksi.

Generaattoreissa käytettäviä kuparituotteita



TkT Sarita Hernesniemi
Kehityspäällikkö
Luvata
sarita.hernesniemi@luvata.com



TkL Ilppo Hiekkänen
Tuoteryhmäpäällikkö
Luvata
ilppo.hiekkanen@luvata.com





ATS-eksursioporukka näki Luvatan tehdasvierailulla valetun ”kuparipötky” eli valuaihion, mikä on kuparikapselin valmistuksen lähtöaiho. Kuva: Helena Urpulahti.

Mistä tulee ”kuparipötky”?

Outokumpu myi kupariliiketoimintansa Nordic Capitalille vuonna 2005, jonka jälkeen yhtiö sai nimekseen Luvata.

Luvatan vierailun isäntinä olivat **Ben Karlemo** ja **Terhi Glas**. Saimme kuulla Luvatan historiasta, liiketoiminnasta maailmanlaajuisesti, supraohteista sekä hapettoman kuparin valmistuksesta.

Nykyisin Luvatalla on kaikkiaan 36 tehdasta 16 eri maassa ja työntekijöitä kaikkiaan noin 6400, joista Porissa noin 350.

Luvatan esitysten jälkeen Posivan kehitysinsinööri **Leena Nolvi** esitteli kuparikapselin vaihtoehtoisia kuumamuokkausmenetelmiä sekä kapselin tarkastusta eli mitä kuparivaluahiolla tapahtuu, kun se toimitetaan Luvatalta Posivan kehitysohkäyttöön.

Tehdaskierroksen teimme hapettoman kuparin valimoon, jossa valetaan kupariaihiot kuparikapselin valmistusta varten. Näimme tehdaskierroksella myös valetun, halkaisijaltaan 850 mm olevan, ”kuparipötky” eli kuparivaluaihion, mikä on lähtöaihiona kuparikapselin valmistuksessa. Ryhmytymme koko

ekskursioporukan kanssa valuaihion vieren.

Kehitystyössä alusta lähtien

Luvata Pori Oy (aiemmin Outokumpu Poricopper Oy) on ollut mukana kuparikapselin T&K-työssä lähes loppusijoitus-hankkeen alusta lähtien.

Aluksi Poricopper toimitti materiaalia tutkimuksia varten. 1980-luvulla kuparikapselimateriaalina oli niukasti hopealla seostettu kupari. 90-luvun alussa saatiin selville, että hopeaseostus voidaan kuparikapselissa korvata pienellä fosforiseostuksella. 90-luvulla Outokumpu Poricopper Oy tuli kapselin kehitysohjon voimallisemmin mukaan. Posivaa ei ollut vielä tuolloin perustettu vaan yhteistyö tapahtui TVO:n ydinjätetoimiston kanssa.

90-luvun puolivälissä Posiva ja Poricopper aloittivat elektronisuihkuhit-sauksen (EBW) kehitystyön TEKES:in Hitsi-2000 -ohjelman tukemana. Samalla

valmistettiin ensimmäiset taotut kannet Posivan hitsauskokeita varten. Kun soveltuvuuskoekokeet oli tehty, Posiva ja Poricopper aloittivat kuparikapselin valmistustekniikan kehittämisen. Hankkeessa tehtiin kahdesta kuumavalssatusta levystä EBW:llä hitsattu putki. Levyt taivutettiin ja koneistettiin, jonka jälkeen levyt hitsattiin pituus suunnassa yhdeksi putkeksi Ranskassa. Putkiaihio koneistettiin loppumittoihin ja suoritettiin kannen hitsaus EBW-laitteistolla. Kuparikapseli on nähtävillä TVO:n vierailukeskuksessa Olkiluodossa.

90-luvulla Poricopperissa kehitettiin samanaikaisesti valuteknologiaa massiivisen kuparivaluaihion valmistamiseksi käytettäväksi saumattoman täyden mittakaavan kuparikapselin valmistuksessa ja sittemmin tavoitteena onkin ollut valmistaa saumaton kupari-putki ja kupariputken pituushitsauksesta on luovuttu. Saumattoman kupariputken valmistamiseksi Posiva on kehittänyt kuumamuokkausmenetelmiä, joita ovat:



1990-luvulla hitsattiin Posiva Oy:n ja Outokumpu Poricopper Oy:n yhteistyönä täyden mittakaavan kapseli maailman suurimmalla EBW hitsauslaitteistolla DCN:n Indretin tehtailla Ranskassa. Kuvassa valmistellaan tavutettuja levyjä pituushitsaukseen, jolloin saadaan kapseliihio loppukoneistusta varten Kuva: DCN Indret.



Kuparikapselin valmistus pisto-veto -menetelmällä Vallourec & Mannesmannilla Saksassa Kuva: Vallourec & Mannesmann.

pisto-veto (pierce & draw), pursotus ja taonta. Ensimmäinen pisto-veto -menetelmällä valmistettu kupariputki tehtiin yhteistyössä Posivan ja Poricopperin kanssa 2000–2001. Sekä valu- että kuumamuokkausprosesseja on sittemmin kehitetty ja nykyisin Posivan vaihtoehtoiset kapselin kuumamuokkausmenetelmät ovat joko pisto-veto tai pursotus. Pisto-veto -menetelmällä on mahdollista valmistaa täysimittaisia kuparikapseleita, joissa on integroitu pohja, kun puolestaan pursotusmenetelmällä saadaan aikaan putki, johon hitsataan pohja.

Pitkäjänteyksen kehitystyön tuloksena Luvatan toiminnot kuparikapselikomponenttien valmistuksessa, eli kuparipötköjen valmistus jatkomuokkausta varten sekä kuparikansien valmistus, ovat lähes tuotantovalmiita Posivan loppusijoituskäyttöön.

DI Leena Nolvi

Posiva Oy

Kehitysinsinööri

Laitoskokonaisuus-osasto

leena.nolvi@posiva.fi



DI Timo Salonen

Posiva Oy

Kehitysinsinööri

Loppusijoitusjärjestelmä-osasto

timo.salonen@posiva.fi



Maalla, merellä ja ilmassa

Technip Offshore Finland Oy toimii Mäntyluodon telakalla Porissa. Emoyhtiö Technip S.A toimii 48 maassa kolmella liiketoiminta-alueella Subsea(meren alla), Offshore(merellä) sekä Onshore(maalla) ja sillä on 36500 työntekijää. Technip on yksi maailman merkittävimpiä spar-lauttojen runkojen valmistajia.

Technipin ainoa telakka sijaitsee Porin Mäntyluodossa, sen muut toimipisteet keskittyvät operointiin ja huoltotoimintaan ja projekin johtamiseen sekä suunnitteluun.

Porissa valmistetaan Spar-rungon ja kiinnitysjärjestelmiä, öljynporauslauttoja, offshore- ja rakennusalan sekä raskaan teollisuuden tuotteita.

2000-luvulla Technip on toimittanut useita runkoja lähinnä Meksikonlahdelle. Telakan asiakkaita ovat maailman suurimpiin lukeutuvat öljy-yhtiöt.



Teollisuussektorilla Technip Offshore Finland on toimittanut huoltotasoa Olkiluoto 3-voimalaitoksen reaktorirakennukseen. Huoltotason ja -sillan kantavat rakenteet valmistetaan teräksestä.

"Työskentelytasot ja kulkutiet on suunniteltava siten, että työskentely on turvallista ja taso mahdollistaa kaikkiin päällys- ja pohjarakenteisiin ulottumisen", kehityspäällikkö **Kimmo Savo** kertoi.

Medianomi Helena Urpulahti

Tiedottaja

Posiva Oy

helena.urpulahti@posiva.fi





Kuva: Raimo Kaipainen.

FinNuclear

Toinen vierailukohtemme oli Prizztech Oy ja sen yhteydessä toimiva valtakunnallinen yhdistys FinNuclear, joka toimii linkkinä ydinenergia-alan toimijoiden välillä.

Projektipäällikkö *Katja Silvanto* toivotti meidät tervetulleeksi ja esitteli FinNuclear ry:n toimintaa. FinNuclear alkoi vuonna 2007 viiden suomalaisen ydinenergia-alalla toimivan organisaation yhteistyönä eli Finnuclear-ohjelmalla, joka oli osana kansallista Osaamiskeskusohjelmaa.

Keväällä vuonna 2011 toiminta organisoitiin rekisteröidyn yhdistyksen muotoon, jonka käytännön toiminnasta on alusta asti vastannut Prizztech Oy:n FinNuclear-yksikkö vuosisopimuksella.

FinNuclear on valtakunnallinen yhdistys, jonka toimintaa valvoo vuosittain nimitettävä hallitus. Yhdistyksen jäsenistö koostuu suomalaisista yrityksistä (43), joiden osaaminen liittyy jollain tavalla ydinenergiatoimialaan, esimerkiksi Wärtsilä Finland Oy ja Holming Oy (varavoimadieselit).

FinNuclearin toiminta jakautuu neljään osa-alueeseen; *verkostoituminen* (kansallisella, kansainvälisellä ja paikallisella tasolla), *koulutus ja valmennus, alan seuranta ja viestintä, sekä kehitystoiminta*.

Eri toimijoiden välistä verkostoitumista yhdistys edistää erilaisilla messu- ja verkostoitumistapahtumilla mukaan lukien kansainväliset sidosryhmät.

Yhdistys on mm. järjestänyt Match Industry tapahtuman, ASME NQA-1-standardin koulutusta ja tapahtuman, jossa kaikki ydinvoimalaitostoimittajat

olivat paikalla.

Tällaiset tapahtumat voivat avata uusia mielenkiintoisia näkymiä esimerkiksi kotimaisille alihankkijoille muihinkin kuin suomalaisiin hankkeisiin.

Tapahtumissa myös valmennetaan yrityksiä ydinenergia-alan tiukkoihin laatu- ja turvallisuusvaatimuksiin, joita voimayhtiöt ja viranomaiset edellyttävät. Kansainvälisessä yhteistyössä on lisäksi tunnettava sopimusjuridiikan koukerot.

Koulutus ja valmennustoiminta tulee olemaan varsin tärkeä alue lähitulevaisuudessa, kun uusia ydinenergia-alan toimijoita ja asiantuntijoita tarvitaan lisää uusiin laitoshankkeisiin ja korvaamaan ydinvoima-alan asiantuntijoissa lähiaikoina tapahtuva sukupolven vaihdos. Suomessa on paljon pätevyyttä, jota FinNuclear haluaa edesauttaa ydinvoima-alalle.

Prizztech

Kehitysjohtaja *Marko Lehtimäki* esitteli Prizztech Oy:tä ja sen toimintaa. Henkilöstöä yrityksessä on 90, joista noin 40 toimii tutkimuksen parissa, liikevaihto on 9,8 miljoonaa euroa, projekteja on noin 100 ja verkostoissa on 800 asiantuntijaa.

Prizztech Oy:n omistaa Satakuntalaiset kunnat, joista suurin omistaja on Porin kaupunki. Prizztech tarjoaa asiakkailleen, yrittäjille ja yrityksille, tietoa ja

asiantuntemusta kattaen koko toiminnan elinkaaren. Tärkeitä osa-alueita ovat esim. projektin/toiminnan rahoituksen hakeminen, hallinnointi ja markkinointi.

Prizztechin kansallinen osaamiskustointiminta keskittyy meri-, energia-, ja ICT-tekniikkaan, joista energiateknologian osuus on suurin.

Julkinen rahoitus on noin 100 000 €/v, johon yrityksiltä hankitaan lisäraha, jolloin rahoitus saadaan viisinkertaistettua, kun toimitaan yksityisellä rahalla saadaan rahoitus kolminkertaistettua.

Prizztechin omat kehittämis- ja tutkimusyksiköt ovat Magneettitekniikan keskus, Vesi-Instituutti Wander Raumalla ja ydinenergia-alan verkosto FinNuclear, joiden toiminnassa viime vuonna oli mukana 190 yritystä.

Viime vuonna myös mm. pidettiin seminaareja, koulutuksia, tietoisuuksia ja tapahtumia yhteensä 135, koottiin 11 yritysverkostoa, liiketoiminnan kehittämishankkeissa oli mukana 385 yritystä ja kansainvälistymispalveluja hyödynsi 48 yritystä.



FM Ulla Vuorinen
Erikoistutkija
VTT
ulla.vuorinen@vtt.fi



FinNuclear ry pyrkii kohottamaan alihankkijoiden valmiuksia toimia ydinenergia-alalla

FinNuclear-toiminta käynnistyi ohjelmamuotoisena vuonna 2007 osana kansallista Osaamiskeskusohjelmaa (OSKE).



FinNuclear -yhteisosasto

Finnuclearin lähtökohtana oli suomalaisen ydinenergia-alan osaamisen aikaisempaa parempi hyödyntäminen kaupallisesti kotimaisissa ja ulkomaisissa ydinenergia-alan hankkeissa.

Käytännön toteutuksesta vastasi alussa kokonaisuudessaan Prizztech Oy. Juridisen perustan vahvistamiseksi FinNuclear päätettiin organisoida rekisteröidyn yhdistyksen muotoon vuonna 2011 keväällä.

FinNuclear -toiminta on perustamisestaan lähtien ollut var-

sin vilkasta, mikä johtuu siitä että toimialalla tapahtuu paljon ja se kiinnostaa erilaisia yrityksiä ja organisaatioita. Oheinen luettelo antaa käsityksen tehtäväkentästä.

FinNuclear Oy

Tämän vuoden alussa perustettiin FinNuclear ry:n 100 % omistama yhtiö, FinNuclear Oy. Yhdistyksen palvelutoiminta keskitetään yhtiöön. Lisäksi yhtiön kautta voidaan toteuttaa yrityskohtaisia palveluita kuten esiauditointi, joka on kehitetty alihankintayritysten valmiuksien kartoittamisen menettelyksi sekä organisoida valmiuksien nostamiseen tarvittavia yritys-kohtaisia toimenpiteitä FinNuclear-osaajaverkostoa hyödyntäen. FinNuclear Oy voi jatkossa myös koota vientirenkaita sekä toimia markkinointi/myyntikanavana suomalaiselle ydinenergia-alan osaamiselle.

Prizztech Oy:n rooli

FinNuclear ry:n toimihenkilöpalveluiden lisäksi Prizztech Oy organisoi Teknologiateollisuus ry:n ydinenergia-alan toimittajat ryhmän toiminnan sekä toteuttaa Osaamiskeskusohjelmaan kytkeytyen ydinenergia-alan teollisuudelle suunnattuja monipuolisia kehittämissuunnitelmia.

Kehitysyhtiö Prizztech Oy:n rooli FinNuclear -toiminnassa on, niin kuin pitääkin, pienentynyt, on luotu uusi organisaatio, joka palvelee suomalaista alan teollisuutta.

FinNuclear ry:n toiminta alihankkijakentässä

FinNuclear ry edustaa suomalaista ydinalan osaamista laajasti sekä kotimaassa että kansainvälisesti. Keskeiset jäsenpalvelut ovat:

Verkottumistapahtumien organisointi

- Supply chain -päivät mm. laitoistoimittajien kanssa
- Yhteisosastot messuilla
- Vienninedistämisdelegaatiot

Informaatiopalvelut

- Uutiskirje
- Kansainvälinen seurantaraportti
- FinNuclear Directory, portaali ja painoversio

Yritysvalmennus

- Alihankkijoille suunnattuja moduuleita
- NQA, Lead Auditor ym erikoiskursseja

Kehitysprojektit, esimerkkejä:

- Ydinenergiaprojekteihin soveltuvan alihankinta-osaamisen kehittäminen (2011–2013)
- Ydinenergia-alan sopimusjuridiset erityispiirteet (2011–2013)
- Alihankintaopas (2013)

DI Leena Jylhä

Johtaja

FinNuclear ry

leena.jylha@finnuclear.fi





Hollming Works

Hollming Works Oy on tunnettu koneerakennuspalvelun tuottaja fyysisesti suuria ja vaativia teräsmateriaaleja käyttävässä asiakaskunnassa.

Hollming Works työllistää yli 500 ammattilaista ja sillä on viisi konepajaa. Yrityksellä on laaja tietotaito ja kokemus hitsausmenetelmistä, monipuolinen konekanta isojen kappaleiden käsittelyyn ja koneistukseen sekä tilat erilaisten kokoonpanojen ja varusteluiden tekemiseen.

Laajaan asiakaskuntaan kuuluu mm. offshore- ja laivanrakennusteollisuuden toimijoita, kaivannaisteollisuutta, energiateollisuutta sekä prosessiteollisuuden laitevalmistajia, joille toimitetaan erilaisia yksittäisiä- ja sarjakomponentteja sekä eriasteisia osakokoonpanoja.

Loppusijoituskapselin siirtovaunu valmistumassa

Hollming Works toimittaa Posiva Oy:lle käytetyn polttoaineen loppusijoituskapselin siirtovaunun sekä Atlas Copcolle valmistettavan täydellisen tunneliporan.

Posiva Oy:n tilaama käytetyn polttoaineen loppusijoituskapselin siirtovaunu valmistetaan Hollming Works Oy:n Porin konepajalla kevään 2013 aikana.

Laitteella on tarkoitus testata ja varmistaa käytännössä se, miten tulevaisuudessa lopulta tullaan kapselien käsittelyssä toimimaan.

Vaunuun tarvittavat osat tehdään asiakkaan piirustusten mukaan ja varustellaan kokoonpanon yhteydessä toimivaksi kokonaisuudeksi. Ennen siirtovaunun lopullista toimitusta asiakkaalle, se vielä koekäytetään oikean toiminnallisuuden varmistamiseksi.

Konepajalla on käytössään 3D-cad

valmistuksen suunnittelun apuvälineenä (DFM = design for manufacturing), jolla asiakkailta saadut alkuperäiset suunnitelmat käydään läpi. Yhteistyö asiakkaan suunnittelun kanssa säästää tuotteen valmistuskustannuksia sekä läpimenoaika.

Asiakkaamme saavat tilatun valmistuksen lisäksi apua, erityisesti prototyyppien mekaanisessa kokoonpanovaiheessa ilmenevien puutteiden karsimisessa ennaktoon, joita saattaa jäädä havaitsematta suunnitelmien valmistumisvaiheessa.

Lisäksi jo ilmenneiden virheiden korjauksissa omat suunnittelijamme osaavat tehdä valmistuksen kannalta sopivia ehdotuksia rakenteen korjaamiseksi osan alkuperäistä toiminnallista tavoitetta kunnioittaen.

Hollming Works Oy:lle on myönnetty laatu- ja ympäristösertifikaatit SFS-EN ISO 9001:2008, ISO 14001:2004. Yritys on sitoutunut työturvallisuuden ja työssä viihtyvyyden jatkuvaan parantamiseen. Työilmapiiri on innostava ja kehitystä eri osa-alueilla tapahtuu jatkuvasti, josta kiitos kuuluu monipuoliselle ja monialaiselle asiakaskunnallemme.

Pyrimme jalostamaan jatkuvasti hyviksi havaittuja käytäntöjä myös asiakaidemme hyväksi.

Ins. Ilkka Mäkinen
Myyntipäällikkö
Hollming Works Oy
ilkka.makinen@hollminworks.com





Hollming Works Oy ja Posivan kapseli- ja siirtoajoneuvo



Hollming Oy on kotimainen perheyrittäjä, joka perustettiin Raumalle 1945 sotakorvauslaitosten tuotantoon. Hollming Oy käsittää tänä päivänä neljä liiketoimintayksikköä: Auramarine Oy (koneikot), BMH Technology Oy (ympäristö ja energia), Simsotec Oy (teollisuuden laitehuolto ja ylläpito) ja Hollming Works (hitsatut rakenteet). Hollming Worksiin kuuluu nykyisin mm. entisiä Rauma-Repola konepajoja, kertoi isäntämme **Timo Kallio**.

Konepajat sijaitsevat Porissa, Loviisassa, Kankaanpäässä ja Parkanossa. Hollming Worksillä ei ole omaa suunnittelutoimistoa, vaan lähinnä hitsauksen erikoisosaamista. Porin tuotantolaitos sijaitsee samalla tontilla Metso Oy:n kanssa.

Loviisan tehtaalla on kokoonpanolinja ja parempi yhteys satamaan. Meriteknologia työllistää edelleen ja tuotannon tärkeimpinä ovat potkurilaitteet ja meriseismistenluotauslaitteiden vintturit.

Ydinteknologian osalta Hollming on Arevan auditoitu konepaja, minkä ansiosta viimeaikaisessa tuotannossa on ollut yksinkertaisia pultteja OL-3:een. Varsinaisia asennustöitä OL3:lla Olkiluodossa Hollming Works on tehnyt vain reaktorihallin kulkutasoja ja kaiteita. Yrityksen esitteissä mainittiin autoklaavit, joita on valmistettu Platomin alihankintana.

Timo Kallio näytti kuvia Rio Tinton kaivokselle rakennetusta täysprofiilitunneliporasta. Asiakkaan (Atlas Copco) suunnitelma 70 m pitkä porauslaite oli tehty Porissa ja tällä hetkellä on Loviisassa kokoonpanossa.

Teräyksikkö oli tehty Hollmingilla ja peräosassa oleva betonointiyksikkö alihankintana. Laitteen kerrottiin jyrsvän päi-

vässä 16 m halkaisijaltaan 3,2 m reiän ja lujittavan sen valmiiksi tunneliksi.

Kysyimme, että minkälaisissa olosuhteissa tuo toteutuu. Hollmingin edustajat vastasivat, että laite on menossa Rio Tinton kaivokselle Utahiin USA:han. Tämä tarkoittanee Binghamin kuparikaivosta, joka on valtava avolouhos nuorena sedimenttikerrostumassa. Tunneliporaa tarvitaan maanalaisten kulkuyhteyksien tekemiseen ja kuljetusmatkojen lyhentämiseen. Edellä mainittuun tehokkuuteen ei kyetä suomalaisessa prekambriessa kalliassa, mutta tuotteena tämä on uusi aluevaltaus suomalaiselle konepajatoiminnalle ja herätti keskustelua loppusijoitustunnelin louhimiseksi uudella tekniikalla.

*DI Tapio Nieminen
Laadunvarmistusinsinööri
Turvallisuus
Posiva Oy
tapio.nieminen@posiva.fi*



*TkT Olli Okko
Ylitarkastaja
Ydinmateriaalivalvonta
STUK
olli.okko@stuk.fi*





Porin seutu – erinomainen toimintaympäristö ydinvoima-alan toimijoille

Ydinvoima-ala kasvaa globaaleilla energiatuotantomarkkinoilla. Porin seuduilla on ydinvoima-alalla vankka kansallinen etulyöntiasema noin 50 kilometrin päässä Porista sijaitsevan Olkiluodon ydinvoimaosaamiskeskitymän myötä.

Porin seudun yritykset tekevät tiivistä yhteistyötä Olkiluodon toimijoiden kanssa. Osaamiskeskitymän ympärillä toimiva alihankkijoiden ja palveluntuottajien verkosto tulee entisestään vahvistumaan ja luo elinvoimaisen kehitysympäristön nykyisille ja uusille – myös kansainvälisille – toimijoille.

Porin kaupunkiseutu onkin tänä päivänä kiinnostava ja kilpailukykyinen paikka yrityksille toimia ja kehittää toimintaansa. Porin seudun kaupunkirakennetta on rakentunut Kokemäenjoen, valtatie kahden ja rautatien varteen. Yritystoiminnalla on varaa laajentua ja hyödyntää monipuolisia ja kehittyviä julkisia ja yksityisiä palveluja.

Porista Harjavaltaan ulottuva nauhamainen ydinalue muodostaa valtakunnallisesti merkittävän logistisen yritysvyöhykkeen, joka ulottuu Porin satamasta Harjavallan suurteollisuuspuistoon. Yritysvyöhykkeen toiminta tukeutuu erityisesti satamiin, maanteihin ja rautatiehen. Yritysvyöhykkeellä on voimallaitoksia ja energian saatavuus on hyvä. Porissa sijaitsee myös lentokenttä. Alueen yhteydet muodostavat toimivan kokonaisuuden, jolla on vahva perusta kehittymiseen ja uudistumiseen.

Porin ja ympäröivän seudun elinkeinoelämä on monipuolista ja vireää. Seudun kilpailukykyyn sydän on palvelualan isojen investointien rinnalla uusiutuvasa teollisuudessa. Pori ympäristöineen on ollut vuosikymmenten ajan metalliteollisuuden keskus.

Konepajateollisuus sekä offshore- ja automaatioteollisuus muodostavat teollisuuden selkärangan. Muita merkittäviä toimialoja ovat prosessiteollisuus, logistiikka ja satamat, elintarviketeollisuus sekä metsäteollisuus. Metalliteollisuus ja konepajat perustavat toimintansa hyviksi havaittuihin tuotteisiin ja toimintamalleihin. Porilainen teollisuus on luonut maailmanluokan menestystarinoita öljynporauslautoista suprajohtimiin ja leikkuupuimureista aurinkokennoihin.

Samalla toimialat etsivät aktiivisesti myös uutta tuotantoa. Pitkä teollinen perinne on luonut erinomaisen perustan reagoida uusiin mahdollisuuksiin ja muuttuviin vaatimuksiin.

Satakunnan maakunnan ja Porin seudun veturin Porin asukasmäärä on kasvussa. Ennakkoluulottomien ihmisten ja kansainvälisten kontaktien kaupunki Pori houkuttelee uusien asukkaiden lisäksi myös mittavia investointeja.

Viimeisen puolen vuoden aikana Porissa on julkaistu lähes 300 miljoonan euron investoinnit.

Nämä investoinnit ja pitkäjänteinen kaupunkikehittäminen luovat Poriin kokonaan uuden kasvukeskitymän, joka palvelee koko seutua ja maakuntaa.

Ydinenergia-alan teollisuuden alueellisenä ja kansallisena verkottajana toimii Porissa sijaitseva Prizztech Oy. Prizztech Oy:n Nuclear-yksikkö tarjoaa alihankkijoille kohdennettua koulutusta, valmistelee konsortioita ja toimintaketjuja sekä järjestää verkostoitumistapahtumia. Prizztech Oy:n palveluita ovat myös selvitystöiden tekeminen, projektiseuranta, ydinvoima-alan osaamista esittelevä katalogien kokoaminen, kuukausittainen uutiskirje sekä www-sivuston ylläpito. Yksikkö toimii tiiviissä yhteistyössä FinNuclear ry:n ja FinNuclear Oy:n kanssa. Yksikkö toimittaa palveluja myös Teknologiateollisuus ry:n Ydinenergia-alan toimittajat -toimialaryhmän jäsenille.

Porin seutu tarjoaa myös ydinvoima-alan koulutusta.

Satakunnan ammattikorkeakoulussa voit suorittaa ydinvoima-alan moduulin, joka järjestetään yhteistyössä TVO:n kanssa. Ammattikorkeakoulusta löytyy myös ydinvoima-alan erikoisrakentamisen osaamista. Porin yliopistokeskuksessa toimiva Tampereen teknillinen yliopisto ja Satakunnan ammattikorkeakoulu puolestaan järjestävät yhdessä ydinvoima-alan toimittajaosaamiseen



liittyvää koulutusta. Tampereen teknillisen yliopisto järjestää lisäksi ydinvoimatyömaan turvallisuuskoulusta.

Porin seudulla panostetaan entistä enemmän kansainvälisissä projekteissa toimivien yritysten ja niiden henkilöstön tarvitsemien palveluiden käytön helppouteen ja laatuun. Prizztech Oy on avannut yhteistyössä Porin seudun muiden toimijoiden kanssa kansainvälisille toimijoille suunnatun englanninkielisen DiscoverPoriRegion-palvelukokonaisuuden. Seudun kansainvälisille toimijoille suunnatut julkiset ja yksityiset palvelut on järjestetty yhden luokun periaatteella toimivaksi kokonaisuudeksi. Tätä kautta niiden käyttö ja saavutettavuus helpottuu. Tärkeänä kohderyhmänä ovat Olkiluodossa nyt ja tulevaisuudessa toimivat yritykset sekä heidän henkilöstönsä. Palvelukokonaisuus on myös yksittäisten ulkomaalaistaustaisten henkilöiden käytettävissä ja hyödynnettävissä.

Palvelukokonaisuuden tueksi on avattu discoverporiregion.fi -sivusto, johon on kerätty Porin seudun englanninkielisiä palveluita. Sivusto on eräänlainen linkki- ja tietopankki, joka palvelee sekä tänne sijoittumista harkitsevaa tai täällä jo olevaa yrittäjää sekä yksityistä henkilöä kaikissa eri elämäntilanteissa. Internet-sivusto on tehty mahdollisimman käyttäjälähtöiseksi ja selkeäksi. Tavoitteena on, että palvelun tarvitsija löytää tiedon englanninkielisestä palvelusta mutkattomasti ja helposti.

Porissa ja ympäröivällä seudulla on onnistuneesti yhdistetty vuosikymmenten teollinen perinne modernin tutkimukseen, kehittämistoimintaan sekä osaamiseen ja koulutukseen. Huippuluokan tuotteet, hyvä liiketoimintaosaaminen ja osaava työvoima tekevät alueesta houkuttelevan myös ydinvoima-alan toimijoille.

FM, YTM Pasi Pitkänen
Olkiluoto-yhteyspäällikkö
Prizztech ry
pasi.pitkanen@prizz.fi





Areva - ydinvoiman moniosaaja

Areva tunnetaan Suomessa ydinvoiman rakentajana. Todellisuudessa Arevan toiminta kattaa koko ketjun uraanin louhinnasta sen jalostamiseen ja käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyyn aina kierrätykseen saakka.

Arevan kokonaisvaltaisessa toimintamallissa koko polttoainesyklin tarpeet otetaan huomioon. Erikoisosaminen tähän löytyy Arevan kolmesta liiketoimintayksiköstä: kaivostoiminnasta, polttoainetuotannosta ja käytetyn polttoaineen käsittelystä. Näiden lisäksi konserniin kuuluu reaktoreihin ja näihin liittyviin palveluihin keskittynyt yksikkö sekä uusiutuvaan energiaan erikoistunut liiketoimintayksikkö.

Ydinpolttoaineen tuotanto perustuu omaan kaivostoimintaan

Arevan kaivostoiminta on keskittynyt palvelemaan ydinvoimaloiden polttoainetarpeita ja yritys onkin tällä hetkellä maailman suurin uraanin louhija. Kaivosyksikkö vastaa uraanin etsinnästä, malmin louhinnasta aina sen prosessointiin.

Areva rikastaa ja valmistaa ydinpolttoaineen Euroopassa ja Yhdysvalloissa sijaitsevilla tuotantolaitoksissa. Areva on yksi merkittävimmistä ydinpolttoaineen tuottajista maailmassa. Esimerkiksi Suomessa Areva toimittaa ydinpolttoaineet Olkiluotoon.

Kun ydinpolttoaine on hyödynnetty, Areva huolehtii käytetyn polttoaineen kierrättämisestä, käytön jälkeisestä käsittelystä sekä kuljettamisesta ja puhdistamisesta. Käytetyn polttoaineen käsittelyssä yhä keskeisemmässä osassa on ydinpolttoaineen tehokkaampi hyödyntäminen ja Areva pyrkiikin jatkuvasti kehittämään uusia polttoaineen kierrätysmuotoja. Nykyään käytetystä polttoaineesta jopa 96% pystytään hyödyntämään uudelleen, jolloin syntyvän jätteen määrä vähenee. Kierrätettyä MOX-uraanipolttoainetta pystytään hyödyntämään myös raakenteilla olevissa EPR-reaktoreissa.

Reaktorirakentaminen on toiminnan ydintä

Suomeen Areva rantautui alunperin jo 1970-luvulla, jolloin sen perustajayhtiöt toimittivat säätölaitteistojärjestelmät Loviisan ydinvoimalaan. Ydinvoiman rakentaminen, kunnossapito ja

voimalaitoksiin liittyvät palvelut ovat keskeinen osa Arevan liiketoiminnasta ja ne kattavat 37 % liikevaihdosta. Areva toimii sähköntuottajien kumppanina ydinvoimalan arjessa: sähköntuottajan tukena ovat voimaloiden toimintaan, uudistamiseen ja parantamiseen liittyvät palvelut.

Nykyisen ydinvoimarakentamisen lippulaivana toimii 1650 MW:n kolmannen sukupolven EPR-reaktori. EPR:n suunnittelussa turvallisuus on ollut keskeisessä osassa ja reaktori täytti jo ennen Japanin ydinvoimalaonnettomuutta Fukushimaa jälkeä asetetut turvallisuusvaatimukset. Ranskalaisen N4- ja saksalaisen KONVOI-reaktorien tekniikkaan perustuvaa painevesireaktoria rakennetaan ensimmäisenä maailmassa Olkiluotoon.

Uusia reaktoreita rakenteilla

Olkiluodon lisäksi EPR-reaktoreita on rakenteilla yksi Ranskan Flamanvillessä ja kaksi Kiinan Taishaniin. Kahden EPR:n rakentamiselle on myönnetty rakennuslupa Ison-Britannian Hinkley Pointiin ja lupaan kuuluu myös optio kahdesta lisävoimalasta. Taishanissa on päästy jo hyödyntämään Olkiluodossa saatua kokemusta. Suomessa koetuista takaiskuista on otettu opiksi ja saman reaktorityypin rakentaminen on ollut huomattavasti nopeampaa. Esimerkiksi hitsaustyöt onnistuivat 30 prosenttia nopeammin kuin Olkiluodossa.

Tuoreena projektina on Turkkiin suunniteltu ATMEA1-luokan reaktori, jonka toteuttamiseen Arevan tähtää yhdessä Mitsubishin kanssa. Suunnitelman mukaan voimalaitos olisi toiminnassa 2020-luvun alkupuolella.

MIB Virginie Moucquot-Laiho
Varamaajohtaja ja viestintäjohtaja
Suomessa
Areva
virginie.moucquot-laiho@areva.com





Perjantai 18.4.

Vietettyämme yöme Tampereella siirryimme VTT:n tiloihin tutustumaan heidän ITER-hankkeeseen tekemään työhön sekä kuulimme esityksen Posiva Oy:lle loppusijoituksen vaatimustenhallintaan

tehdystä työstä.

Patrian Linnavuoren tehtaalla pe-rehdyimme mm. ydinvoimaloissakin käytettävien varadieselien huoltotoimintaan kallioluolastoissa sekä loppusijoituskapseleiden valmistukseen liittyvää tutkimusta ja valmistusta.

Kokoonnuimme vielä päivän päätteeksi Plevna-ravintolaan Tampereelle, jossa nautimme Posiva Oy:n tarjoaman illallisen kahdeksan hengen voimin.

Tämän jälkeen paluumatkat suuntautuivat junalla pääkaupunkiseudulle ja bussillamme Satakuntaan.



Kuva: Raimo Kaipainen.

VTT

ATS:n opintomatkan toisena päivänä perjantaina 19.4.2013 retkikunta tutustui VTT:n toimintaan Tampereella. Energiatekniikkaan liittyen Tampere on tunnettu mm siitä, että siellä otettiin sähkövalot käyttöön ensimmäisenä kaikista Pohjoismaista 15.3.1882.

Mikko Suiko esitteli VTT:n yleisesti ja Tampereen Hervannan toiminnot erityisesti. VTT on Suomen valtion omistama voittoa tavoittelematon tutkimuskeskus. Keskus perustettiin presidentti Risto Rytin allekirjoituksella 16.1.1942.

VTT:n hankkeina ovat 1) maksulliset toimeksiannot, 2) yhteishankkeet ja 3) omarahoitteinen toiminta.

VTT:n liikevaihto oli 286 M€ vuonna 2012. Perusrahoituksen osuus oli tuoloin 33 %, tuotot julkiselta sektorilta 29 %, yksityiseltä 20 % ja ulkomailta 18 %. Henkilöstön määrä oli samana vuonna 3206.

Rahoitus tulee osiltaan valtiolta, osiltaan ulkopuolisista toimeksiannoista. Päämääränä on tutkimustulosten nopea kaupallistaminen ja uuden liiketoiminnan syntyminen:

- strategisesta tutkimuksesta
- asiakaskohtaisesta palvelututkimuksesta ja liiketoimintamahdolluuksiensa kehittämistä
- räätälöidystä tuotekehitysyhteistyöstä
- konsultointi-, testaus- ja sertifiointipalveluista
- olemassa olevien patenttien ja muiden teollisuus oikeuksien lisensioinnista ja yrityskehitystoiminnasta

VTT omistaa Otaniemessä jo 50 vuotta käytössä olleen pienreaktori Trigan (ks. lähemmin ATS:n seniorinumero 3/2012). Triga kuului alunperin TKK:lle

mutta siirrettiin kymmenen käyttövuoden jälkeen vuonna 1972 VTT:lle.

Fuusio ja ITER

Jorma Järvenpää esitteli VTT:n osuuden kansainvälisessä ITER-hankkeessa. Siinä ovat mukana EU, Japani, USA, Venäjä, Kiina, Etelä-Korea ja Intia. ITER:in taustana on venäläinen Tokamak, johon ATS tutustui jo 1970-luvulla.

ITER on suurimittakavainen tieteellinen koe jolla pyritään demonstroimaan fuusioenergian taloudellinen käytettävyys. Tavoitteena on osoittaa että lähtöenergia voidaan kymmenkertaistaa fuusion avulla. ITER:in 50 MW:n lähtöenergiasta tulisi täten saada 500 MW.

Koelaitteistossa kaikki energia on lämpönä; sähköä tuottavaa generaattoria ei ole. Käyttö on ajoitettu vuosiksi 2019-2026. Rakennuspaikkana on Cadarache Ranskassa. Kustannusarvio on noin 15 mrd €.

Seuraavana vaiheena ITER:in jälkeen tulisi demonstraatiolaitteisto, jolla voidaan osoittaa fuusion kelpoisuus taloudelliseen energiatuotantoon. Varsinaiseen fuusioenergiaa tuottavan voimalaitoksen käynnistymiseen kuluu vielä viitisenkymmentä vuotta mikä aika-arvio on ollut voimassa jo useampia vuosikymmeniä.

VTT:n projektiosuutena on kehitteä plasma-alueen seinälevyjen vaihtoon

ja muuhun etähuoltoon liittyvä laitteisto. Tätä varten on rakennettu täysimittakaavainen mock-up. Tehtävä on erittäin haastellinen ympäristöolosuhteista ja luotettavuusvaatimuksista johtuen.

Systems Engineering

VTT määrittelee Systems Engineeringin osapuilleen seuraavasti kaikessa täsmälisyydessään:

"The multidisciplinary application of analytical, mathematical, and scientific principles to formulating, selecting, and developing a solution that has acceptable risk, satisfies user operational need(s), and minimizes development and life cycle costs while balancing stakeholder interests."



DI Tapani Graae
tapani@graae.com

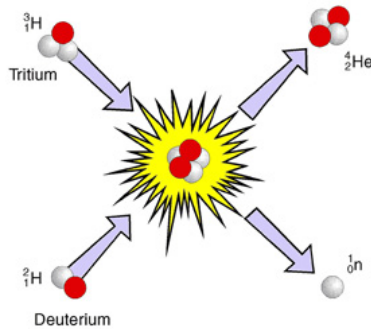


DI Seppo Salmenhaara
seppo.salmenhaara@gmail.com



Fuusio

tulevaisuuden energialähde



Fuusioreaktorin huoltoon liittyvässä kehitystyössä suomalaisilla on tärkeä rooli. Tampereelle VTT:lle on rakennettu kehitysympäristö reaktorin Divertoriosan huoltolaitteiden kehittämistä ja testausta varten. Kehitystyötä on tehty sekä VTT:llä ja Tampereen Teknisellä yliopistolla jo yli 10 vuoden ajan.

Energian kulutus ja sen riittävyys ovat tänä päivänä julkisuudessa keskustelun aiheena. Ihmiskunnan käytössä olevien tunnettujen energiavarojen riittävyys nykukulutuksella on kriittinen asia. Uusia energialähteitä ja energian tuotantotapoja on etsitty ja kehitetty. Eräs tällainen tulevaisuuden energialähde on Fuusioenergia. Fuusio-tekniologiaa on kehitetty yli 50 vuoden

ajan.

Kansainvälinen tiedeyhteisö on yhdistänyt voimavaransa ja on toteuttamassa Etelä-Ranskaan ITER:n fuusioydinvoimalaitosta (Japani, Venäjä, Kiina, Pohjois-Korea, Intia, EU ja USA). Reaktori valmistuu käyttöön vuonna 2020. Fuusioreaktorin tarvitsemaa polttoainetta maapallolla on käytettävissä useiksi sadoiksi vuosiksi ja energiamuoto on lähes

saasteeton. Fuusioreaktorin huoltoon liittyvässä kehitystyössä suomalaisilla on tärkeä rooli. Tampereelle VTT:lle on rakennettu kehitysympäristö reaktorin Divertoriosan huoltolaitteiden kehittämistä ja testausta varten. Kehitystyötä on tehty sekä VTT:llä ja Tampereen Teknisellä yliopistolla jo yli 10 vuoden ajan.

Fuusio energiamuotona

Fuusioreaktio on vastakkainen tapahtuma fissioreaktiolle. Fuusiossa yhdistetään kaksi vedyn isotooppia Deuterium ja Tritium. Reaktiotuloksena syntyy Helium-ydin ja yksi neutroni sekä vapautuu valtavasti energiaa (17,6 MeV).

Fuusioreaktorissa yritetään toistaa sama ilmiö maanpäällä kuin mitä tapahtuu auringossa. Maanpinnalla maan vetovoimasta ja atomien välisistä sidosvoimista johtuen tarvitaan lämpötilaksi vähintään 150 milj. °C. Reaktorissa Deuterium ja Tritium ovat ionisoituneina plasman muodossa. Kuuma plasma on sähköjohtavaa ja se pidetään irti reaktoriastian seinämistä voimakkaiden mag-

Fuusioydinvoiman ja fissioydinvoiman keskeiset ominaispiirteet

Fuusioydinvoima

- Deuteriumia ja tritiumia riittää useiksi sadoiksi vuosiksi
- Ei aiheuta CO₂ -päästöjä
- Ei mahdollisuutta reaktorin ytimen sulamiseen
- Reaktio ei voi karata hallinnasta
- Ei tarvitse kuljettaa radioaktiivisia materiaaleja
- Ei aiheuta pitkäkestoista radioaktiivista jätettä (< 100 v)
- Reaktorissa plasmaa n. 700 m³ ja massa n. 1,5 g

Fissioydinvoima

- Uraanin loppuminen on näköpiirissä
- Ei aiheuta CO₂ -päästöjä
- Reaktorin ydin voi sulaa
- Reaktio voi karata hallinnasta
- Vaatii radioaktiivisten materiaalien kuljetusta
- Aiheuttaa pitkäkestoista radioaktiivista jätettä (> 10 000 v)
- Reaktorissa urania useita tonneja



ITER reaktorirakennuksen työmaa 2013. Kuva: ITER.

neettien avulla ja reaktoriastian sisällä on tyhjiö.

Fuusioidinvoimaa pidetään lähes saasteettomana, koska itse reaktiossa ei muodostu aktiivisia hiukkasia. Aktivoituminen tapahtuu reaktoriastian seinämän materiaaleissa neutronien törmätessä niihin. Materiaalien aktivoitumista pyritään vähentämään materiaalien valinnoilla ja kehittämällä uusia kestävämpiä materiaaleja.

Fuusioreaktorin tarvitsemaa polttoainetta on saatavilla lähes rajattomasti. Deuteriumia saadaan merivedestä. Tritiumia saadaan litium malmista. Reaktorin tarvitsema tritium tuotetaan reaktorin sisällä asentamalla sen seinämiin litiumia sisältäviä elementtejä. Litraasta merivettä saadaan 33 mg deuteriumia ja 5g:sta litiumia saadaan 5 mg tritiumia. Tämä vastaa energiasisällöltään n. 360 l bensiiniä (EFDA).

ITER

Fuusienergiaa tutkivista ja laitteiden kehittämistä varten on rakennettu useita koereaktoreita eri puolille maailmaa. Ensimmäinen suuremman mittakaavan reaktori tulee olemaan ITER (500 MW). ITER:n fuusioreaktorin rakentamispäätös Ranskaan Cadaracheen tehtiin 2005. Rakennustyöt ovat hyvässä vauhdissa ja reaktorin rakenteiden suunnittelu ja reaktoriastian osien valmistus on aloitettu. Reaktori toteutetaan maailmanlaajuisena

suurhankkeena.

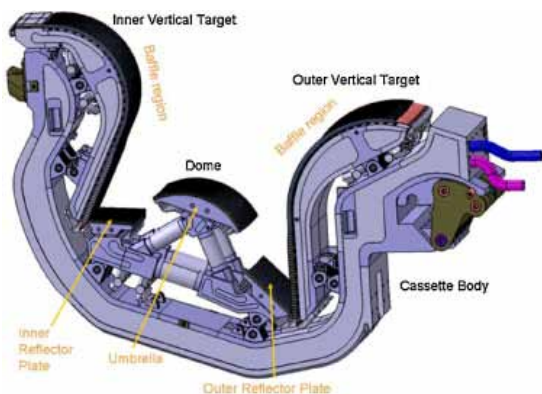
ITER:ssä on tarkoitus saada energiaa 10- kertainen määrä sisään syötettyyn energiaan verrattuna. ITER reaktori ei ole tarkoitettu tuottamaan sähköä, vaan se on koereaktori. Reaktorissa kehitetään materiaaleja, plasmanhallintaa ja teknologiaa seuraavan sukupolven tuotantoreaktoreita varten (DEMO). ITER:n käyttöäiksi on arvioitu n. 20 vuotta.

ITER:n huolto

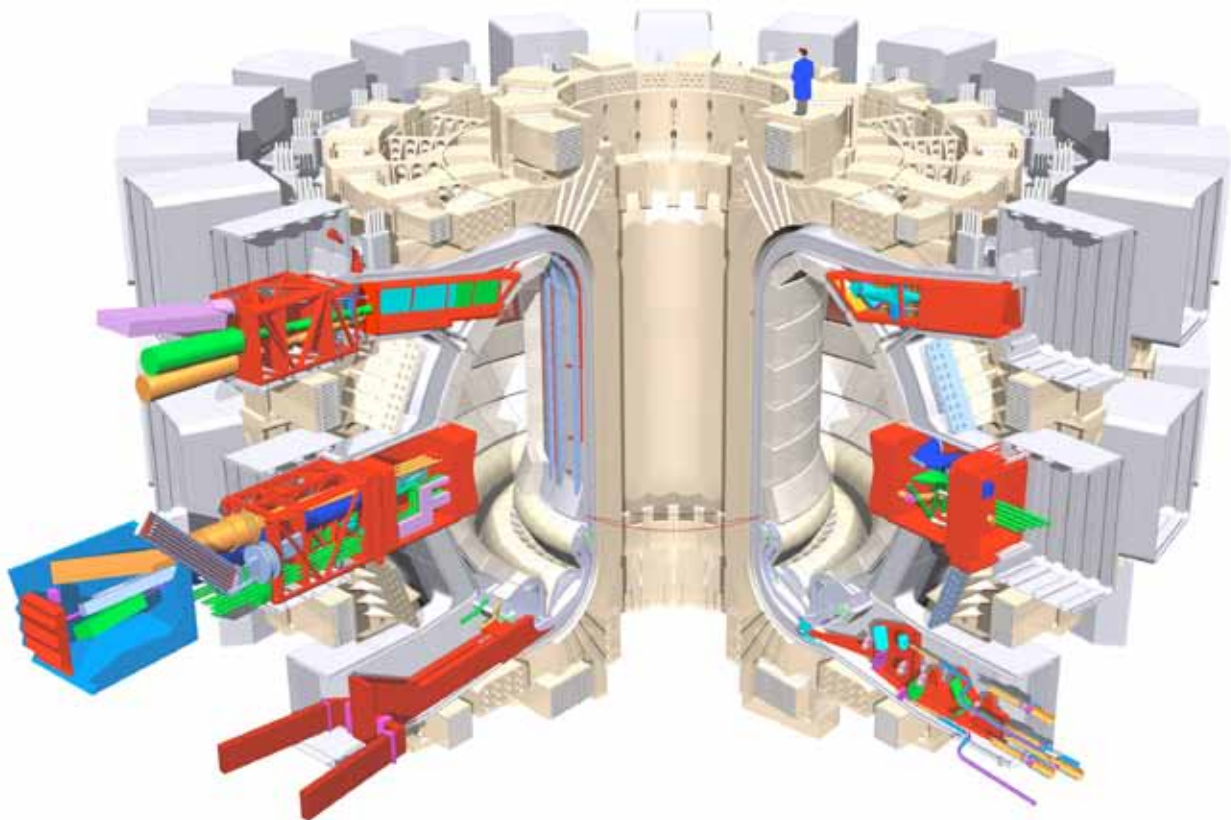
Fuusioreaktorin käynnistämisen jälkeen reaktorin siäosat muuttuvat aktiivisiksi ja sinne ei ole enään mahdollista mennä huoltamaan sisäpuolisia laitteita. Kaikki huoltotoimenpiteet joudutaan tekemään roboteilla ja manipulaattoreilla etäoperoimalla niitä reaktorin ulkopuolelta.

Reaktoriastian sisäseinämät ovat päällystetty vaihdettavilla elementeillä (Blankets). Reaktoriastian pohjalla on Divertori. Divertori koostuu 54 kasetista. Kasetit ovat painoltaan n. 9000 kg/kpl ja ne ovat lukittu paikoilleen mekaanisesti. Jokainen kasetti on myös jäähdytetty.

Reaktorin käynnin aikana komponenttien pintamateriaalit kuluvat eroosion ja mahdollisen plasmakosketuksen vuoksi ja niihin saattaa tulla vaurioita ja siksi niitä tulee aika-ajoin vaihtaa. Divertoriosan vaihto on arvioitu tapahtuvan 4–5 kertaa reaktori-



ITER-divertaattorikasetti. Kuva:ITER.



Halkileikkaus ITER:n Tokamak reaktorista. Kuva: ITER.

rin 20 vuoden eliniän aikana.

Divertorikasetit vaihdetaan etäoperoiduilla roboteilla (Movers). Robotit on varustettu manipulaattoreilla, joiden käyttämien työkalujen avulla avataan kasetin lukitus ja katkaistaan jäähdytysputket sekä hitsataan ne jälleen takaisin uuden kasetin takaisin tuonnin yhteydessä. Kasetin vaihto- operaatio on erittäin vaativa toimenpide.

Reaktoriastian sisällä vallitsevat olosuhteet ovat vaikeat. Tilaa on erittäin rajoitetusti ja hyvän kamerakuvan saanti on vaikeaa vallitsevien säteilyolosuhteiden ja ahtauden vuoksi. Operointi tehdään tämän vuoksi rakenteesta olevan 3D virtuaalimallin avulla, joka päivittyy robotin anturitiedon perusteella operattoreiden näytölle. Vaadittava asemointitarkkuus divertoreille reaktoriastian sisällä on muutamia millimetrejä. Operaatiot tehdään kaukana reaktorista sijaitsevasta valvomosta.

Suomalaisten rooli ITER:n huollossa

Suomessa on tehty ITER:n ja fuusioteknologiaan liittyvää tutkimustyötä vuodesta 1995 asti. ITER:n reaktorin (Diver-torien) huoltoon liittyvää tutkimusta ja

kehitystyötä yli 10 vuotta. VTT ja Tampereen Teknillinen yliopisto (TTY) ovat mukana kehittämässä ITER:n etähuolto-laitteita.

VTT:n tutkimushalliin Hervantaan on rakennettu ITER:n koelaitos, joka koostuu reaktoriastian alaosan ja huoltotunnelin täysimittakaavaisesta mallineesta, divertori kasetista, divertorin liikuttamiseksi tarvittavasta robottista (CMM Mover) ja robotin päälle tulevasta manipulaattorista sekä valvomosta (kuvat 5-7). Valvomo on sijoitettu siten, että sieltä ei ole suoraa näköyhteyttä ohjattaviin laitteisiin.

Koelaitos on toteutettu eurooppalaisena yhteistönä. Laitoksen metallirakenteet on toimitettu Suomesta. Divertori kasetti on Luxemburgista. Robotti on valmistettu Espanjassa TTY:n tekemän konseptisuunnittelun pohjalta. Manipulaattori on kehitetty TTY:llä. Ohausohjelmistot on kehitetty yhteistyönä VTT:n ja TTY kesken. Koelaitosta hallinnoi VTT.

Eurooppalaista tutkimus- ja kehitystyötä koordinoi Fusion For Energy (F4E). Koelaitteet ovat EU:n komission omistamia.

Koelaitoksen robotti ja manipulaattori toimivat hydraulikalla, jossa väliaineena on puhdas demineralisoitu vesi. Manipu-

laattori on kiinnitettyä liikkuvalla alustalle robotin päälle (kuva 6).

Testiajoja divertorin vaihtamiseksi reaktoriastian sisällä oleville kiskoille ohjataan erillään olevasta valvomosta. Operointia suorittaa useamman operattorin tiimi. Kuvassa 7 operointitiimi on suorittamassa kasetin vaihtoon liittyviä toimenpiteitä valvomosta. Kuvassa näkyy monitorilla virtuaalimallinäkyä reaktoriastian sisältä robotin liikeyttä.

Saavutetut tulokset

Tampereella tehdyn tutkimus- ja kehitystyön tuloksina on onnistuttu suorittamaan divertori kasetin vaihto reaktoriastian sisälle etäoperoidusti. Onnistumisen edellytyksinä on ollut laaja kehitystyö useilla eri teknologian osa-alueilla. Kehitystyötä on tehty VTT:n ja TTY:n henkilöistä muodostetun n. 25 henkilön tiimin toimesta.

Tarvittavia kehitystyön osa-alueita ovat olleet:

- Virtuaalimallit ja simulointi konseptisuunnittelun apuna
- Virtuaalitekniikan hyödyntäminen ohjauksjärjestelmien suunnittelussa
- Rakenteiden joustojen mallintaminen virtuaalimalleihin
- Konenäköjärjestelmät



VTT tutkimushallissa sijaitseva ITER:n koelaitos



Vesihydraulinen manipulaattori



Divertori kasetin etäoperointi käynnissä valvomossa

- Keinotodellisuus
- Etäohjausjärjestelmät
- Luotettavuus, huollettavuus ja toiminnallisuus
- Operointiproseduurien kehittäminen

Käytettävien laitteiden luotettavuus ja toiminnallisuus ovat erittäin tärkeitä ominaisuuksia. Kehitystyössä on analysoitu laitteiden ja niiden komponenttien luotettavuutta ja parannettu niitä sekä kehitetty operointiin liittyviä toimintaproseduureja.

Kehitystyön jatkuminen

Koelaitteisto on tällä hetkellä vain osa reaktoriastian rakenteesta. Tulevaisuudessa se laajennetaan suuremmaksi n. 80 ° sektoriksi reaktoriastian kehästä. Tämän jälkeen aloitetaan koeajot ja testit tulevalla toisella reaktoriastian toroidiosalla liikkuvalla robotilla. Näiden prototyyppi robottien testausten jälkeen tullaan valmistamaan lopulliset laitteet ITER:ä varten. Mahdollisista laitteiden valmistajista on tällä hetkellä tarjousmenettely Euroopassa käynnissä F4E:n

toimesta. Toimittaja tullaan valitsemaan vielä tämän vuoden kuluessa.

Lopulliset laitteet tullaan valmistuttamaan testaamaan rakennetussa testiympäristössä. Mahdollisesti myös tulevat laitteiden ensimmäiset käyttäjät tulevat saamaan koulutuksensa Tampereella.

Tutkimus- ja kehitystyön tuottamia tuloksia ja osaamista on myös pystytty siirtämään suomalaisen teollisuuden käyttöön. Yhtenä merkittävänä asiana on tullut Systems Engineering (SE) osaaminen. Laitteiden monimutkaistessa niiden suunnittelussa on huomioitava koko tuotteen elinkaari lähtien kokonaisuuk-sien systemaattisesta vaatimustenhallinnasta aina tuotteen käytöstä poistoon.

Yhteenveto

Maapallon energiahuolto on murrak-sessa. Uusia mahdollisia energian tuottamisen keinoja tutkitaan ja kehitetään. Fuusioenergia on yksi varteenotettava vaihtoehto energiatuotannossa. ITER:n fuusioreaktorin rakentaminen Etelä-Ranskaan on tässä prosessissa merkittä-

vä askel eteenpäin. Reaktori valmistuu vuonna 2020 ja otetaan D/T- plasma käyttöön vuonna 2026.

Suomalaisella insinööriytyöllä on merkittävä osuus tässä kehitystyössä. Tampereelle on rakennettu koelaitos, jossa kehitetään ITER:ä varten reaktoriastian alaosan huoltolaitteita ja etäoperointi tekniikkaa. Tulevaisuudessa tämä avaa mahdollisuuden päästä seuraavan sukupolven fuusioreaktorin kehitystyöhön mukaan. Seuraavan sukupolven reaktori on ensimmäinen kaupallinen tuotanto-reaktori ja se valmistuu n. vuonna 2040. Suunnittelu on jo aloitettu ja suomalaiset ovat siinä mukana pienellä panoksella.

Ossallistuminen ITER:n toteutukseen on tuonut merkittävää osaamista suomalaisille ja siitä tulee hyötymään myös suomalainen teollisuus.

DI Jorma Järvenpää
Vanhempi tutkija
Systems Engineering
VTT

jorma.jarvenpaa@vtt.fi



Kuva: Tapani Graae



VTT

Kuvat: Raimo Kaipainen



Plevna



Pakina

Jalometallit puhuttivat ekskursiolla

U skallan väittää, että Satakuntaan ja Pirkanmaalle suuntautunut Atomiteknillisen Seuran ekskursio jää osallistujien mieliin osaamisen, yrittämisen ja onnistumisen kollektiivisena kokemuksena, jota täydensi kohdealueilla vallitseva suuren urheilujuhlan tuntu.

Kun ekskursiota ideoitin ATS:n johtokunnassa loppuvuodesta 2012, ei kukaan hurjimmassa unelmissaan tai painajaisissaan voinut kuvitella, että ekskursion tunnelmia ja keskusteluja tulisi vahvasti sävyttämään kahden perinteikkään jääkiekkjoukkueen välinen mitteli jääkiekon Suomenmestaruudesta. Puhumattakaan siitä, että jääkiekkofinaaliin valikoituisivat joukkueet nimenomaan ekskursion kohdealueilta Satakunnasta ja Pirkanmaalta.

Eikä ekskursion ja jääkiekkofinaalin yhteinen nimittäjä rajoittunut pelkästään maantieteeseen. Jalo metalli kiilsii niin ekskursiolaisten kuin porilaisten ja tamperelaisten jääkiekkoilijoiden silmissä.

Alkuaineiden jaksollisen järjestelmän saamaan ryhmään kuuluvat jalometallit, kupari, hopea ja kulta, ovatkin osa ekskursion, jääkiekon ja myös loppusijoituksen suurta kertomusta.

Tunnettua on, että kuparista valmistetaan loppusijoituskapselin korroosiota kestävä ulkokuori. Valmistusprosessissa on porilaisella osaamisella aivan erityinen rooli. Yhtenä ekskursiokohteena ollut Luvata valmistaa Posivalle kuparista aihion - puhujasta riippuen joko pötlyn, pöllin, jöötin tai valanteen, josta kuumamuokkauksella aikaansaadaan toisesta päästään umpinainen putki.

Kuumamuokkausta varten noin 13 tonnia painava jöoti lähetetään Saksaan. Kotiinpaluun tehneeseen putkeen tarvitaan vielä kansi, jonka sulkemista elektronisuihkuhitsauksella testataan puolestaan Patrialla Pirkanmaalla.

Myös jääkiekossa kuparilla on merkityksensä, jonka voi assosoida metallin muokkaukseen. Kuparisen rikki saaminen on joskus tuskan takana, mutta kun

se onnistuu, voi sillä olla vaikutusta koko joukkueen suoritukseen.

Kulta on jääkiekon tavoitelluin metalli. Loppusijoituksessa sitä puolestaan halutaan välttää, koska tässä bisneksessä tuskin kukaan haluaa olla ensimmäinen. Siksi monien mielestä Tapparan tämänvuotinen metalli riittäisi hyvin myös loppusijoittajille. Mutta kun ydinjäte on aikanaan päätetty loppusijoittaa Satakuntaan, niin kaiketi silloin hyvä loppusijoitus on – jos ei kultaa kalliimpaa, niin ainakin kullan arvoista.

FM Timo Seppälä
Viestintäpäällikkö
Posiva Oy
timo.seppala@posiva.fi



Hollming Works



FinNuclear



Luvata

Ekskursiolla osallistuivat:

1. Tapani Graae, ATS-seniorit
2. Raimo Kaipainen, TVO
3. Tapio Nieminen, Posiva
4. Leena Nolvi, Posiva
5. Tarja Nurminen, Posiva
6. Olli Okko, STUK
7. Juhani Palmu, Posiva
8. Seppo Salmenhaara, ATS-seniorit
9. Timo Salonen, Posiva
10. Timo Seppälä, Posiva
11. Jari Tuunanen, Fortum Power and Heat
12. Helena Urpulahti, Posiva
13. Seppo Vatanen, ATS-seniorit
14. Ulla Vuorinen, VTT



Patrian Linnavuoren tehdas

Villi huhu kertoo, että Nokian Siuron Linnavuori on kuin Emmental-juusto, täynnä epämääräisiä reikiä koko paikka.

Sinne lienee kätettyä valtiosalaisuuksia tms., koska vuoren sisään johtaa rautatie ja muutenkin alue on tarkasti aidattu, vähän samaan tapaan kuin Turun Laivastoaseman luolasto Pansiossa. Jonkun tiedon mukaan luolien rakentaminen olisi aloitettu noin vuonna 1940, sodan aikana siis, ja sinne olisi perustettu kokonainen tehdas, jonka tehtävänä oli tuottaa ja korjata sotatilan vallitessa jotakin sotilaallisesti merkittävää tavaraa, ehkä jopa lentokonemoottoreita? Joten niinkin mielenkiintoisesta asiasta oli otettava paremmin selvää ja siksi ATS:n kotimaan opintomatkan viimeinen kohde perjantai-iltapäivällä kohdistettiin Siuron Linnavuoren valloitukseen.

Ajoimme Tampereelta lounaan jälkeen Nokialle, Siuron Linnavuoreen. Loppumatka kulki Kokemäenjoen luonnonkauniissa rannassa, kunnes tiukka kaarros vasemmalle ylös ja pian olimme tarkasti vartioidun ja piikkilanka-aidalla ympäröidyn sotilasalueen portilla. Luvan saatuaamme pujahdimme sisään avatusta moottoroidusta portista ja kiipesimme sisään kalvosulkeisiin varikkorakennukseen. Valaisevien teoriaopintojen jälkeen lähdimme kulkemaan kohti Linnavuorta, joka sisään

Dieselmoottori testipenkissä. Mekaanisten kytkentöjen lisäksi on liitetty kuormitukset, polttoaine-, voitelu- ja jäähdytysjärjestelmät sekä mittausantureiden kaapelit, joita yksinään on yli 100.



Noin 900 mm pitkän kupariputken asennus EBW-laitteen pyörittäessä. Putken ulkohalkaisija 1050 mm ja seinämä vahvuus 50 mm. Alimmaisena x-y pöytä ja välissä pyörittäessä Kuva: Posiva/Patria.

on tällä hetkellä henkilöstöä luolassa 36. Sen toimesta Linnavuorella dieselmoottoreita on huollettu ja korjattu jo vuodesta 1964, suurimpina asiakkaina ovat mm. Puolustusvoimat (Merivoimat Suomessa ja ulkomailla sekä Maavoimat), Rajavartiolaitos ja FinFerries.

Ydinvoimalaitosten varavoimakoneitakin on peruskorjattu jo reilu 2 vuosikymmentä, eli vuodesta 1992. TVO oli ensimmäinen ydinvoima-asiakas, sittemmin on tullut monia muitakin, aina ulkomaita myöten, kuten Fortum Power and Heat, Vattenfall Ringhals ja E.ON Oskarshamn Ruotsista, EdF eli Electricité de France Ranskasta ja KKW Gösgen-Däniken Sveitsistä.

Huollettavia moottorimerkkejä ja -tyyppejä on monia, siviili-, sotilas- ja nuclear-sovellutuksiin, mm.:

- Wärtsilä/SACM 240/UD45 ja 195/UD33,
- MTU –moottorit 538 TB 92 ja TB 93, 331 / 396, 183, 873, 2000, 4000
- CATERPILLAR, 500-sarja, C7 ja C18
- PSV-moottorit JaMZ, UTD-20, V-6-B, V-46, V-55U

Ydinvoima-alan moottoreiden erityispiirteitä

Ydinvoima-alalla moottoreille tehdään peruskorjaukset keskimäärin 16 vuoden välein. Vaikka moottorit on suunniteltu pitkäaikaiseen ja jatkuvaan käyttöön, niin ydinvoimalaitosten varavoimakoneina käyttöjaksot ovat lyhyitä ja käyttötunteja kertyy todella vähän. Suurimpina haasteina tällaisessa käyttöprofiilissa ovat tyypillisesti korroosio-ongelmat jäähdytysvesijärjestelmässä. Lisäksi kumiosien kestävyys on merkittävä käyttöä rajoittava tekijä.

Yksi erityispiirre on myös huoltotyön pitkä kesto, noin 4–6 kk/moottori, riippuen mm. varaosien saatavuudesta. Syinä



poikkeuksellisen pitkään keston ovat mm. huollon seikkaperäinen raportointi ja korkeatasoinen laadunvalvonta, jossa tehdyt toimenpiteet kirjataan pienimpiäkin yksityiskohtia myöten, tuottaen dokumentaatiota jopa yli 1000 sivua/huollettu moottori. Koska osien ja materiaalien jäljitettävyys on erittäin tärkeää, tiukat dokumentaatiovaatimukset vieritetään ostoihin, alihankintaan ja valmistukseen asti.

Huollon laatuvaatimukset

Oman erikoisuutensa muodostavat huollolta vaadittavat korkeat laatuvaatimukset. Peruslaatuvaatimusten kuten ISO 9001 -laatujärjestelmä ja ISO 14001 -ympäristöjärjestelmän lisäksi vaaditaan mm KTA 3702 -normi sekä asiakaskohtaiset vaatimukset, joita ovat esimerkiksi

- FiAF (Finnish Air Force), Maintenance Organisation Approval Certification
- FDF, AQAP 2110 (Finnish Defence Forces, Allied Quality Assurance Publications, NATOn laadunvarmistusvaatimukset)
- EdF, (Electricité de France) Attestation de Qualification
- Rolls-Royce plc, Certificate of Approval .

Muuta ydinvoima-alan yhteistyötä

Patria on maailmanlaajuisena huoltajana parhaillaan perustamassa Wärtsilä/SACM Users' Group:ia. Se on käyttäjäryhmä voimalaitoksille, joilla on Wärtsilän SACM-moottoreita käytössä joko EDG- tai SBO- (Emergency Diesel Generator, Station Black Out) laitteina. Ryhmän tarkoituksena on jakaa ja vaihtaa tietoja ja kokemuksia laitosten välillä. Lisäksi sen avulla parannetaan mm. varaosien saatavuutta ja hätätilanteissa vaihtokelpoisuutta laitosten välillä. Patria organisoii ryhmän perustamisen ja hallinnoi sitä.

Lentomoottorihuolto ja loppusijoituskapselin hitsaus

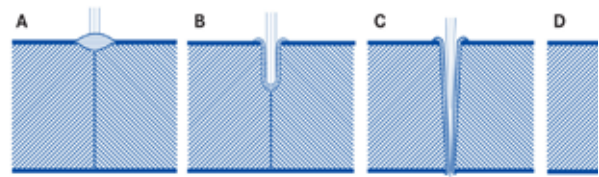
Herää ensimmäisenä kysymys, mitä yhtäläisyyttä on lentomoottorihuollolla ja ydinvoimalla? Käytännössä yhtäläisyydet alkavat korkeasta laadunvarmistustasosta sekä osien valmistusmenetelmistä. Toisena kohteena Patrialla oli tutustua lentomoottorihuoltoon ja Patrialla olevaan elektronisuihkuhitaussaliteistoon. Laitteistoa käytetään Posiva Oy:n käytetyn ydinpolttoainekapselin sulkemisen kehitystyössä.

Lentomoottorihuollolla Linnavuoressa on pitkät perinteet alkaen sodan jälkeisten mäntämoottorien huollosta. Ilmavoimien siirryttyä suihkukoneaikaan Vampire ja Folland Gnat hävittäjien myötä 50-luvulla, Linnavuoren lentomoottorihuollossa keskityttiin suihkumoottorien huoltoihin. Tämän jälkeen kaikki ilmavoimien käyttämät suihkumoottorit ovat huollettu Linnavuoren moottorihuoltoyksikössä.

Suihku- ja dieselmoottorien lisäksi Patrialla huolletaan myös varavoimakoneina käytettyjä kaasuturbiineja (mm. RR Avon, P&W JT4 ja Frame PG5000). 85 % liikevaihdosta tulee kotimaisilta toimijoilta loput ulkomailta. Kaasu- ja suihkumoottori huolto on 85 % Linnavuoren liikevaihdosta ja loput tulevat aikaisemmin kuvattua dieselmoottorein huolto toiminnasta.

Lentomoottorihuollossa huolletaan mm. Hornetien GE 404 , Hawkien Rolls Royce Adour sekä uusien NH90 helikopterien RTM322 moottorit. Moottori huolto alkaa moottorien puhdistuksesta ja purusta päättyen korjauksien ja kokoamisen kautta koekäyttöön. Korjaustoimintaa liittyy lähes kaikki konepajame-

The key hole welding effect



- (A) The high energy concentration at the beam spot melts the material.
(B) Material vaporizes in the center.
(C) The beam penetrates deeper into the work piece through the channel which is formed.
(D) As the work piece is moved melted material flows from front around the vapor channel, and solidifies.

Lävistysreiän muodostumien EBW hitsauksessa. Kuva: Steigerwald Strahltechnik.

netelmät koneistuksista hitsaukseen (mm. TIG, EBW, vastushittaus) ja pinnoituksiin (HVOF, plasma-, kaari- ja liekkiruiskutus) sekä lukuinen määrä erikoisprosesseja kuten lämpökäsittely, tyhjiöjuotto ja alussa mainittu elektronisuihkuhitaussaus. Laadunvarmistuksessa on käytettävissä mm. iso koordinaattimittauskone sekä kattavasti tärkeimmät NDT-menetelmät (PT, MT, VT, ET, RT ja UT). Suihkumoottorien testaus kapasiteetti on 250 kN (Hornet n. 80 kN jälkipolttimella) työntövoimaan asti ja turboshift moottorien (mm. helikopterin kaasuturbiini 1700 kW) testauskapasiteetti on 3 MW asti.

Patrialla on EBW-menetelmä ollut käytössä 90-luvun alussa ja sillä on tehty suomalaiselle konepajateollisuudelle alihankintaa moottorihuoltotoiminnan lisäksi. Laitteistoa on käytetty erilaisten kuparituotteiden hitsaukseen alkuajoista lähtien. Yhtenä kuparin hitsaussovelluksena on ollut käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituskapselin hitsauskokeet tuolta ajalta. Yhtenä merkittävänä TEKES-hankkeena oli HITSI-2000, johon myös Posiva osallistui.

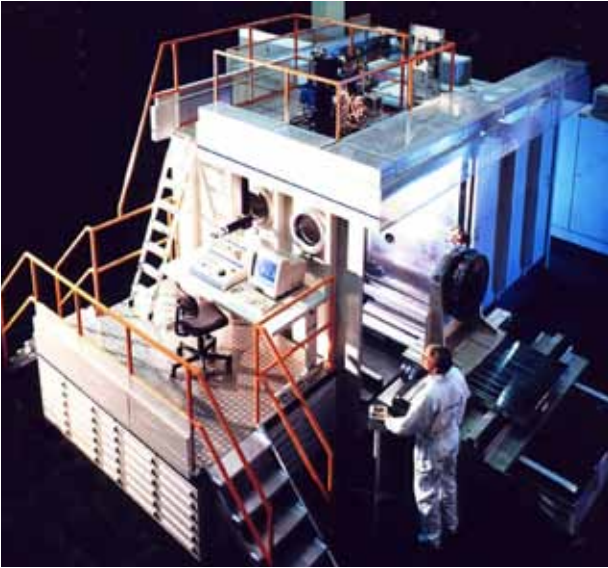
Loppusijoituskapselin hitsausta tehtiin Linnavuoressa 90-luvulla Posiva Oy ja Outokumpu Poricopper Oy:n yhteistyöhankkeissa. Hitsauskokeissa hitsattiin mm. yksi täyden mittakaavan kapselin kansi lyhyeen putkeen kiinni ongelmitta. Näillä kokeilla saatiin selville, että EBW on potentiaalinen sulkemismenetelmä loppusijoituskapselille, tosin 30 kW teholla hitsin laatu ei vielä ollut riittävän hyvä. Kokeiden pohjalta Posiva ja Outokumpu Poricopper jatkoi kokeita Ranskassa ja Saksassa suuremmin tehoisilla EBW-laitteilla.

Yhteistyötä Posivan kanssa

Patria ja Posiva tekivät vuonna 2004 monivuotisen yhteistyösopimuksen koskien ydinpolttoaineen loppusijoituskapselin sulkemismenetelmän kehitystyötä. Sopimus kattoi EBW-hitaussaliteiston modernisoinnin ja tehon noston 30 kW:sta 50 kW:iin, jotta vahvan kuparin hitsaus onnistuisi paremmin kuin ennen.

Laitteiston modernisoinnissa mm. ohjausjärjestelmät ja teholähteet uusittiin sekä hitsauksen tiedonkeruu-systeemiä parannettiin. Modernisoinnin jälkeen koneen luotettavuus ja toistettavuus parani entisestään.

Yhtenä hyvänä puolena yhteistyössä on se, että laitteisto on normaalissa tuotannossa oleva laitteisto. Tällöin käyttöko-



Tavanomainen EBW-hitsauslaitteisto. Edessä operaattorin ohjauspanelit. Tyhjiökammio ovi avoinna, kappaleen pyörästysyksikkö ulkona kammioista. Kammion päällä ns. tykki eli generaattori jolla elektronisuihku muodostetaan. Kammion takana ovat tyhjiölaitteistot ja kaapit ohjausjärjestelmälle. Kuva: Steigerwald Strahltechnik.

kemukset ovat laajemmat kuin pelkällä vajaakäytössä olevalla tutkimuslaitteistolla. Tuotantokoneessa tulee näkyvin myös todellinen käytettävyys ja huollettavuus. Laitteiston päivityksen lisäksi tehty sopimus sisälsi myös hitsauskokeet ja niiden tarvitsemat resurssit.

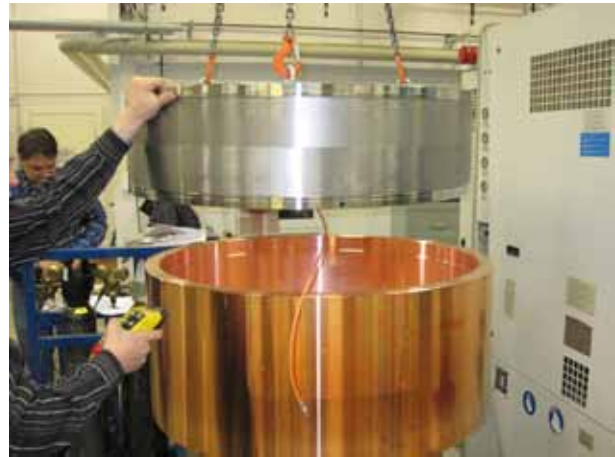
EBW-hitsaus perustuu suurenergiseen elektronisuihkuun eli säteeseen. Jotta elektronisuihku pääsisi hitsattavaan kappaleeseen asti, on hitsaus tehtävä tyhjiössä. On olemassa myös ilmanpaineessa toimivia EBW-laitteita, mutta ne ovat tarkoitettu ohuille ainevahvuuksille. Säteen osuttua kappaleeseen alkaa materiaali sulaa ja höyrystyä. Erittäin nopeasti suihku muodostaa materiaaliin lävistysreiän eli ns. keyholen. Käytännössä kappaleen läpi on pieni reikä, jonka seinillä on sulaa metallia. Reiässä vallitseva metallihöyry ja sulan pintajännitys pitää reiän avonaisena. Kun kappaletta siirretään hitsauksen aikana, niin sula metalli siirtyy lävistysreiän reunoja myöten lävistysreiän takaosaan, jossa sula jähmettyy ja muodostaa hitsiliitoksen.

EBW-laitteisto muistuttaa ohjaukseltaan CNC-työstökeskusta. Se on täysin numeerisesti ohjattu automaattinen laitteisto. Laitteisto koostuu ohjaus- ja tyhjiölaitteistosta sekä tyhjiökammioista, elektronisuihku generaattorista ja kappaleen manipulaattoreista.

Patrialla oleva EBW-hitsauslaitteisto on teholtaan luokiteltavissa tehokkaaksi maailman mittakaavassa. Laitteistolla ei ole testattu tunkeuman rajoja, mutta arvioilta sen suurin tunkeuma teräkseen on noin 180-200 mm. Posivan käytössä olevalla kuparilla tehot ovat riittävät 60 mm ainevahvuuteen asti, jolloin virheettömyys on vielä hyvä. Tyhjiökammion koko on 11 m², joten sinne mahtuu kohtuullisen kookas kappale. Kuorman kantokyky laitteistolla on 3000 kg.

Posivan loppusijoituskapselin sulkemisessa käytetään levykokeita hitsausprosessin optimointiin ja täyden mittakaavan kapselista otettuja putkia ja kansia varsinaisen kannen hitsauksen testauksiin. Posivan tapauksessa pisin kapseli mock-up on n. 900 mm pitkä. Tällöin kannen kanssa mock-upin paino on 1910 kg. Rajoitteena tässä tapauksessa on pääasiassa tyhjiökammion korkeus.

Hitsauksen optimoinnin lisäksi Patrian ja Posivan välisessä



Sisäosan koeasennus kuparikapselin sisään tiiviysoetta varten. Kuvassa näkyvän johdon kautta mitataan sisäosan painetasoa ja lämpötiloja hitsauksen aikana. Kuva: Posiva.

yhteistyössä on kehitetty myös hitsauksen laadunvarmistusta mm. elektronisuihkun tehojakauman mittauksella ja tilastollisella prosessikontrollilla (SPC). Yhtenä osana on ollut myös alustavien hitsaustyöohjeiden laatiminen ja niiden testaus. Patrialla olevalla koordinaattimittauskoneella on mitattu Posivan mock-up kapselien hitsauksen aiheuttamia muodonmuutoksia. Tällä tiedolla voidaan arvioida hitsien jäännösjännitystasoa ja jäännösjännitysten mallinnustuloksien oikeellisuutta. 2011 loppuvuodesta tehtiin sulkemiskoe, jossa 450 mm pitkän pohjallisen kapselin sisään laitettiin valurautainen sisäosa. Tämän jälkeen kapseli suljettiin EBW:llä. Hitsauksen aikana ei havaittu poikkeamia. Tyhjiö taso hieman nousi kuparikapselin ja sisäosan välisessä tilassa, mutta tämä oli odotettavissa oleva ilmiö.

Loppusijoituskapselin hitsauskehitystyössä on Patrian nykyisellä laitteistolla hitsattu yhteensä 58 mock-up kapselia. Näistä osa liittyy hitsausprosessin optimointiin ja osa on toistokokeita, joilla testataan prosessin suorituskykyä eli kykyä tuottaa laadukkaita hitsejä. Levyillä hitsauskokeita on tehty noin 500. Niillä on haettu eri hitsausparametrejä sekä testattu mm. keinotekoisilla virheillä virheiden korjausta. Hitsausmenetelmän implementointia laitokseen on testattu eri tyyppisillä kokeilla.

Posivan ja Patrian välisessä yhteistyössä ollaan nyt tilanteessa, jossa on saavutettu riittävä tieto menetelmän valintaa varten. Vuoden lopulla Posiva Oy tekee päätöksen menetelmän valinnasta SKB:n kehittämän kitkatappihitsauksen (FSW) ja elektronisuihkuhitsauksen välillä.

*DI Raimo Kaipainen
Projekti-insinööri
TVO Oyj*



*DI Timo Salonen
Posiva Oy
Kehitysinsinööri
timo.salonen@posiva.fi*





Omistajanäkökulma loppusijoituksen resurssien paikallisesta hankinnasta ja kehittämisestä

Viranomaiset ovat kiinnittäneet lisääntyvää huomiota ydinlaitoshankkeiden alihankintaketjun hallintaan ja tähän liittyviä vaatimuksia ollaan tarkentamassa myös uusissa YVL-ohjeissa. ATS:n Porin ja Tampereen ekskursiolla päästiin tutustumaan Posivan ydinlaitoshankkeen alihankintaketjun paikalliseen osaan. Samalla saatiin mielenkiintoista tietoa suomalaisen perusteellisuuden muutoksista alueella, missä muutamasta isosta toimijasta on ajan mittaan syntynyt useita tietyille erityisalueille erikoistuneita ja sittemmin myös kansainväliseen omistukseen siirtyneitä toimijoita.

Asiakaslähtöistä kehittämistä

Asiakaslähtöinen toimintatapa on keskeisessä roolissa ATS:n vierailun ensimmäisen kohteen Luvatan toiminnassa. Energiayhtiön edustajana oli mielenkiintoista huomata, miten yhtiön tuotteet ovat mukana laajasti koko energiantuotantokentällä: tuulivoimaloiden generaattoreissa, aurinkopaneelien johdoissa, fissioreaktoreiden käytetyn polttoaineen loppusijoituskapseleissa ja fuusioreaktoreiden suprajohdeissa.

Erikoistumista korkeaa asiantunteudesta vaativiin tuotteisiin näkyi myös vierailupäivän päättäneen kohteen Holmingin toiminnassa. Yhtiön historia meriteollisuudessa näkyi edelleen voimakkaana yhteistyönä Satakunnan alueen meriklusterin toimijoiden kanssa. Loviisassa sähköä tekevän yhtiön edustajana oli mukava todeta yhtiön toiminnan laajentuvan myös Loviisassa. Vahvat

paikalliset toimijat ovat myös Loviisan voimalaitoksen toiminnassa keskeisessä roolissa.

Ketjun osat sovitettava yhteen

Suurten toimijoiden pilkkoutuminen ja erikoistuminen tuotantoketjun yksittäisille osa-alueille on tuonut mukanaan myös haasteita. Suunnittelun ja valmistuksen yhteensovittaminen on haastavaa nyt kun suunnittelulatoilla ei enää välttämättä ole kokemusta tuotteiden valmistuksesta. Työstövarat ja hitsarin tarpeet työn tekemiselle tahtovat 3D-mallintajilta joskus unohtua. Erikoistumisen ja toimintojen ulkoistuksen vaarana on että kokonaisuuden hallinta häviää.

Yhteiset juuret ja toiminta fyysisesti lähekkäin ei ole katkaissut yhteyksiä entisen emoyhtiön muihin osiin. Omistuksen siirtyminen kotimaisilta ulkomaisille tahoille on esimerkiksi Technip Offshore Finlandin tapauksissa lisännyt investointeja Porin alueelle, jonne on keskitetty koko yhtiön tietyn osa-alueen suunnittelutyötä. Alueelta löytyy vahvaa suunnitteluosaamista esimerkiksi rakeneanalyysipuolella, jossa suunnittelutyötä tekee noin 100 hengen ryhmä sekä joukko alihankkijoita.

Omistajan odotukset - turvallinen loppusijoitus aikataulua ja kustannuksia noudattaen

ATS:n vierailu antoi hyvän kuvan Satakunnan alueella toimivien Posivan alihankkijoiden vahvasta osaamista.

Alueelta löytyy osaamista sekä suunnittelusta että valmistuksesta. Toiminnan kehittämisessä ja uuden yritystoiminnan synnyttämisessä on mukana päivän toinen vierailukohteemme Prizztech yhdessä alueella toimien yliopistojen Porin yksiköiden kanssa. Yliopistoyksiköiden sijoittuminen alueelle vahvistaa osaltaan alueen osaamisklusteria, jonka suunnittelupuolen osaamiseen tutustuminen olisi toisen ATS-vierailun arvoinen.

Alueen teollisuuden tuotteita hyödynnetään Porin edustalla pyörivissä tuulimyllyissä, ydinvoiman osaamiskittymässä Olkiluodossa sekä tulevien vuosikymmenten aikana myös Posivan loppusijoituslaitoksessa. Tiivis yhteistyö asiakkaan kanssa on paikallisille toimijoille tärkeää. Tässä on ilmeisesti onnistuttu. Totesihan matkalla mukana ollut Posivan edustaja konepajan olevan sopivasti kotimatkan varrella. Yhteistyö sujuu parhaimmin kun jokainen osapuoli tuntee toisensa. Tällöin toteutuu myös Posivan omistajien tavoite turvallisuudesta loppusijoituksesta talouden ja aikataulujen asettamissa puitteissa.



TKT Jari Tuunanen
Johtaja

Tekninen tuki, ydinjäteosasto
Fortum Power and Heat Oy
jari.tuunanen@fortum.com



Satakuntalaisia erikoistuotteita laadusta tinkimättä

ATS:n Poriin sijoittuneen opintomatkan aikana saimme tutustua Satakuntalaiseen erityisosaamiseen. Kenellekään ei varmasti jäänyt epäselväksi, että yksittäiskappaleina valmistetuissa konepajatuotteissa tai vaativaan käyttöön valmistetuissa suprajohdimissa korostuu korkean laadun merkitys.

Opintomatkan ensimmäinen osuus vei meidät Luvatalle, jossa kuulumme mielenkiintoisen esittelyn Suprajohdimista, niiden valmistuksesta ja mielenkiintoisista ja haastavista käyttökohteista mm. magneettikuvauslaitteissa ja CERN:n hiukkaskiihdyttämössä. Globaalilla yrityksellä korkean laatunsa ansiosta on mahdollisuus tarjota ja pärjätä suurissa kansainvälisissä tarjouskilpailuissa. Nykyään yrityksellä on tuotantoa myös Kiinassa. Tosin kaikkea mitä Suomessa valmistetaan, ei valmisteta Kiinan tuotantolaitoksilla.

Päivän seuraava kohteemme oli Prizztech Oy. Siellä kuulumme esityksen FinNuclear:sta, jonka tehtävänä on luoda suomalaisten yritysten välisiä verkostoja ja kouluttaa suomalaisia yrityksiä ymmärtämään ydinalan erityis- ja laatuvaatimuksia.

Ydinalalla toimiessaan yritysten tulee olla tietoisia alalla vallitsevasta lainsäädännöstä, ydinalan viranomaissäädöksistä sekä viranomaisvalvonnasta. Yritysten tulee mm. tiedostaa dokumentaation merkitys toimiessaan ydinalalla. Lisäksi yrityksiltä vaaditaan sertifiointeja ja tuntemusta tuotteisiin liittyvistä standardeista. On myös tuotteita, joiden kohdalla tulee ymmärtää mitä kelpoistaminen tarkoittaa. Eräiden tuotteiden kohdalla vaaditaan myös tietoisuutta vientilupien hakemisesta.

FinNuclear tarjoaa koulutusta suomalaisille yrityksille kilpailukyvyyn parantamiseksi ydinalan toimituksiin. Tämä mahdollistaa yritysten osallistumisen uusien ydinvoimalaitosten ja ydinjätteen loppusijoitukseen liittyvien laitojen komponenttien valmistukseen ja rakentamisen tarjouskilpailuihin osallistumiseen.

Technipin esittelyssä saimme kuulla Mäntyluodossa valmistuvista valtavista öljynporauslautan ns. SPAR-lautan jaloista. Tällä samalla tekniikalla toteutetaan pilottihanke, jossa jalka

toimii merellä seisovan tuulisähkövoimalan merenalaisena tukijalkana. Technipillä on merkittävä laatuosasto, jossa on toimii 30 laatutehtävissä työskentelevää henkilöä.

Päivän kuluessa saimme tutustua myös Kokemäenjoen rannoilla toimivaan Hollming Works:iin. Keväisellä retkellä toimitusjohtaja toivoi joen jääpatojen rikkoutuvan ennen tulvaa. Onneksi ei tulvaa tullut ja joki virtasi vuolaana sulamisvesien voimasta. Tosin ulkona kävellessä, vettä satoi taivaan täydeltä.

Hollming valmistaa yksittäisiä kappaleita ja erikoistuotteita. Esimerkiksi Posivalle on valmistumassa prototyyppi ydinjättekapselin kuljetus ajoneuvosta. Erittäin mielenkiintoinen on myös Tyrannosaurus, jota valmistetaan jätteen murskaamiseen. Laite ahmii neljämetriseen kitaansa jätteen, jonka se murskaa saksimaisilla terillään uudelleen hyödynnettäväksi jätteeksi. Näitä jätteiden jättiläisiä on myyty maailmalle jo 50 kappaletta.

DI Tapio Nieminen
Laadunvarmistusinsinööri
Turvallisuus
Posiva Oy
tapio.nieminen@posiva.fi



Ins. Tarja Nurminen
Käyttökokemusinsinööri
Turvallisuus
Posiva Oy
tarja.nurminen@posiva.fi



Loppusanat

Kiitos opintomatkamme osallistujille ja isännillemme onnistuneesta matkasta.

Seuraava ATS:n opintomatka suuntautuu Kanadaan Ontarion alueelle 2.–13.10.2013, jossa perehdymme mm. uraanipolttoaineen valmistuksen eri vaiheisiin, ydinsähkön tuotantoon, ydinjätteiden loppusijoitussuunnitelmiin, saastuneiden maa-alueiden puhdistusoperaatioon sekä ydinteknologian tutkimustoimintaan.

DI Juhani Palmu
Projektipäällikkö
Yhtiöpalvelut, tietohallinto
Posiva Oy
juhani.palmu@posiva.fi



Ydinjätehuollon viranomaisvalvonnan tavoitteena on varmistaa, että jätteitä käsitellään, varastoidaan ja loppusijoitetaan turvallisesti. Säteilyturvakeskus (STUK) tarkastaa Olkiluodon kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksesta, että laitosten suunnittelu ja organisaation toimintatapa täyttävät valtioneuvoston asetuksissa ja STUK:in YVL-ohjeissa annetut turvallisuusvaatimukset.

Tarkastuksen vaativin osuus on arvioida pitkäaikaisturvallisuutta käsittelevä turvallisuusperustelu. STUK laatii tarkastuksen tuloksena turvallisuusarvion ja antaa Työ- ja elinkeinoministeriölle (TEM) lausunnon säteily- ja ydinturvallisuusvaatimusten täyttymisestä.

Posivan eteenpäin viemä loppusijoitushanke ja samoin STUKin suorittama valvonta on pitkäjänteinen projekti. STUKin suorittaman valvonnan intensiteetti ja resurssit ovat kasvaneet vaiheittain. Valvonta painottui 1980-luvulta periaatepäätökseen paikkatutkimusten väliarviointeihin, vuosittaisiin yhteenvetoihin käytetyn polttoaineen loppusijoituksen tutkimus- kehitys- ja suunnittelutyön etenemisestä sekä tutkimustyön seurantaan. Periaatepäätösvaiheessa STUK tarkasti laajana kokonaisuutena loppusijoituksen turvallisuuden ja paikan ominaisuudet. Tarkastuksessa käytettiin laajasti sekä kotimaisia että ulkomaisia asiantuntijoita turvallisuusperiaatteiden ja Olkiluodon soveltuvuuden arviointiin.

Periaatepäätöksen jälkeen STUK linjasi rakentamislupavaiheeseen tähtäävän valvonnan vuonna 2001 Posivalle toimitetulla päätöksellä. Maanalaisen tutki-

mustilan (ONKALO) rakentamista todettiin valvottavan samoilla periaatteilla kuin rakennettavia ydinlaitoksia ja Posivan oli varauduttava täyttämään ydinsulkuvalvonnan vaatimukset. Onkalon valvonnan toteuttaminen on ollut STUKin asiantuntijoille opettavainen vaihe, jossa siirryttiin jo konkreettisen rakentamisen valvontaan ja erityisesti laajan tarkastusohjelman kautta Posivan organisaation ja toimintatapojen valvontaan.

Posiva on toimittanut periaatepäätöksen jälkeen tarkastettavaksi vaiheittain kehittyvän pitkäaikaisturvallisuusturvallisuusperustelun ja tausta-aineiston osia, joista STUK on esittänyt alustavasti näkemyksiä vaatimusten täyttymisestä. Keskeisenä hankkeen ohjausvälineenä ovat olleet jätehuoltovelvollisten ydinjätehuollon ohjelmat ja suunnitelmat, joista STUK on laatinut TEMille lausunnon.

Kauppa- ja teollisuusministeriö edellytti vuonna 2003, että Posivan tulee toimittaa selvitys lupahakemuksen valmistelun etenemisestä vuoden 2009 aikana. STUK ja Posiva sopivat, että STUKille toimitetaan tässä yhteydessä luonnos rakentamislupahakemuksesta varten valmisteltavasta aineistosta. STUKissa tätä alustavaa aineistoa päätettiin käyttää

harjoituksena varsinaiseen tarkastukseen. Valmistautumisessa käytiin läpi ja koottiin vaatimukset tarkastuskriteereiksi, suunniteltiin tarkastusorganisaatio ja tarkennettiin tarkastusprosessia. Alustavan hakemusaineiston tarkastuksen lopputuloksena STUK laati TEMille lausunnon ja Posivalle yksityiskohtaisemman turvallisuusarvion, joiden johtopäätöksenä aikataulukriittisinä ja huomiota vaativina asioina todettiin:

- STUKin vaatimusten mukaisten ja koko loppusijoitusjärjestelmää kuvaavien skenaarioiden muodostaminen ja näiden skenaarioiden mukainen radionuklidien vapautumisen ja kulkeutumisen analyysi.
- Teknisten vapautumisestiden ja erityisesti puskurin toimintakyvyn osoittamisen edellyttämä tutkimus-, kehitys- ja analyysityö.
- Kallioperän luokitusjärjestelmän kehitystyö ja järjestelmän toimivuuden osoittaminen sekä loppusijoitustunnelien ja loppusijoitusreikien toteutuksen demonstrointi Onkalossa.

Rakentamislupahakemusaineiston luonnoksen valmistelu Posivassa ja tarkastustyö STUKissa auttoivat merkittävästi eri osapuolia etenemään konkreettiseen suuntaan lupahakemusvaiheeseen



Loppusijoitustilat maan päällä. Kuvat: Posiva Oy.

valmistautumisessa.

STUKin valmistautui huolella tarkastukseen

STUKin tavoitteena on tarkastaa rakentamislupahakemus 1,5 vuodessa edellyttäen, että Posiva toimittaa tarkastuksen aikana esille nousevat lisäselvitykset vuoden 2013 kuluessa. Tiukka tarkastus-aikataulu edellyttää hyvää suunnittelua ja riittäviä resursseja. Aiempina vuosina tehdyn valvontatyön ohella STUK on varustautunut tarkastukseen suunnitelmallisella asiantuntijoiden rekrytoinnilla ja koulutuksella. Ydinjätehuollon asiantuntijoita on STUKissa tällä hetkellä noin 20 ja lisäksi tarkastukseen osallistuu 30-40 ydinvoimalaitosturvallisuuden, turvajärjestelyjen ja ydinmateriaalivalvonnan asiantuntijaa STUKista. Lisäksi STUK käyttää erityisesti pitkäaikaisturvallisuuden tarkastuksessa laajasti tukena kotimaisia ja ulkomaisia asiantuntijoita.

Laitosten ydin- ja säteilyturvallisuus tarkastetaan YVL-ohjeissa esitetyjä vaatimuksia vasten. YVL-ohjeiden tueksi STUK on koonnut erityisesti pitkäaikaisturvallisuuteen liittyviä kriteerejä, joiden avulla on tarkoitus ohjata tarkastus kohdistumaan turvallisuuden kannalta merkittäviin asioihin. STUKissa on ollut käynnissä vuodesta 2006 lähtien YVL-ohjeiston kokonaisuudistus, mikä on vaikeuttanut Posivan lupahakemusaineiston valmistelua. Lupahakemuksen tarkastuksen yhteydessä täytyy myös muodostaa näkemys siitä, kuinka päivi-

tettyjä turvallisuusvaatimuksia sovelletaan uudenlaista laitosta suunniteltaessa ja rakennettaessa.

Ensimmäinen vaihe Posivan rakentamislupahakemuksen viranomaiskäsittelyssä valmis

STUK teki ensimmäisessä vaiheessa rakentamislupahakemukselle viranomaisohjeiston edellyttämän kattavuustarkastuksen. STUK antoi Posivalle huhtikuun lopulla päätöksen, jossa se totesi ottavansa suurimman osan hakemusaineistosta yksityiskohtaiseen käsittelyyn. Osassa hakemusta todettiin sellaisia täydennystarpeita, että STUK ei ryhdy käsittelemään aineistoja ennen kuin Posiva on täydentänyt niitä. Tarkoituksena on varmistaa rakentamisprojektin alkuvaiheessa, että kapselointilaitoksen käyttöhäiriöt ja onnettomuudet on analysoitu huolella ja laitoksen järjestelmien suunnittelu sisältää näistä tulevat vaatimukset. Pitkäaikaisturvallisuutta käsittelevän aineiston tarkastus on käynnistymässä STUKissa, kun Posiva toimittaa turvallisuusperustelukokonaisuudesta puuttuvat aineistot.

STUK seuraa Posivan hakemuksen tarkastuksen yhteydessä Ruotsin tilannetta ja paikallisen säteilyturvallisuusviranomaisen (SSM) tarkastustyötä. SSM viestittää lisäselvitystarpeista aktiivisesti verkkosivuillaan ja tämän lisäksi tietoja vaihdetaan säännöllisesti järjestettävissä viranomaiskokouksissa. Erityisesti pitkäaikaisturvallisuudesta on tärkeää olla yh-

denmukainen näkemys. Vaatimuksissa ja johtopäätöksissä voi olla kuitenkin eroja johtuen esimerkiksi eroista säännöstössä tai loppusijoituspaikan ominaisuuksista.

Rakentamislupahakemuksen käsittelyn aikana STUKin pitää myös suunnitella rakentamisvaiheen valvonnan toteutus ja aloittaa käyttöön liittyvän valvonnan vaatimuksien tarkentaminen.

Olkiluodon loppusijoitushankkeen tärkeä erityispiirre on ollut, että tavoitteista ja asetetuista aikatauluista on pidetty kiinni. Siirryttäessä laitoksen konkreettiseen toteutukseen on entistä tärkeämpää pitää turvallisuus kaikessa toiminnassa etusijalla. STUK valvoo, että laitokset toteutetaan vaatimusten mukaisesti ja niillä on tulevaisuudessa edellytykset turvalliseen käyttöön. Rakentamislupahakemusvaiheessa STUKin vastattava erityisesti seuraaviin kysymyksiin

- Onko pitkäaikaisturvallisuusvaatimusten täyttyminen osoitettu riittävästi rakentamisen aloittamisen kannalta?
- Onko käyttöturvallisuusvaatimusten täyttyminen osoitettu ja onko laitosuunnittelun kypsyys riittävä?
- Onko Posivan organisaatio valmis siirtymään ydinlaitoksen rakentamisvaiheeseen?

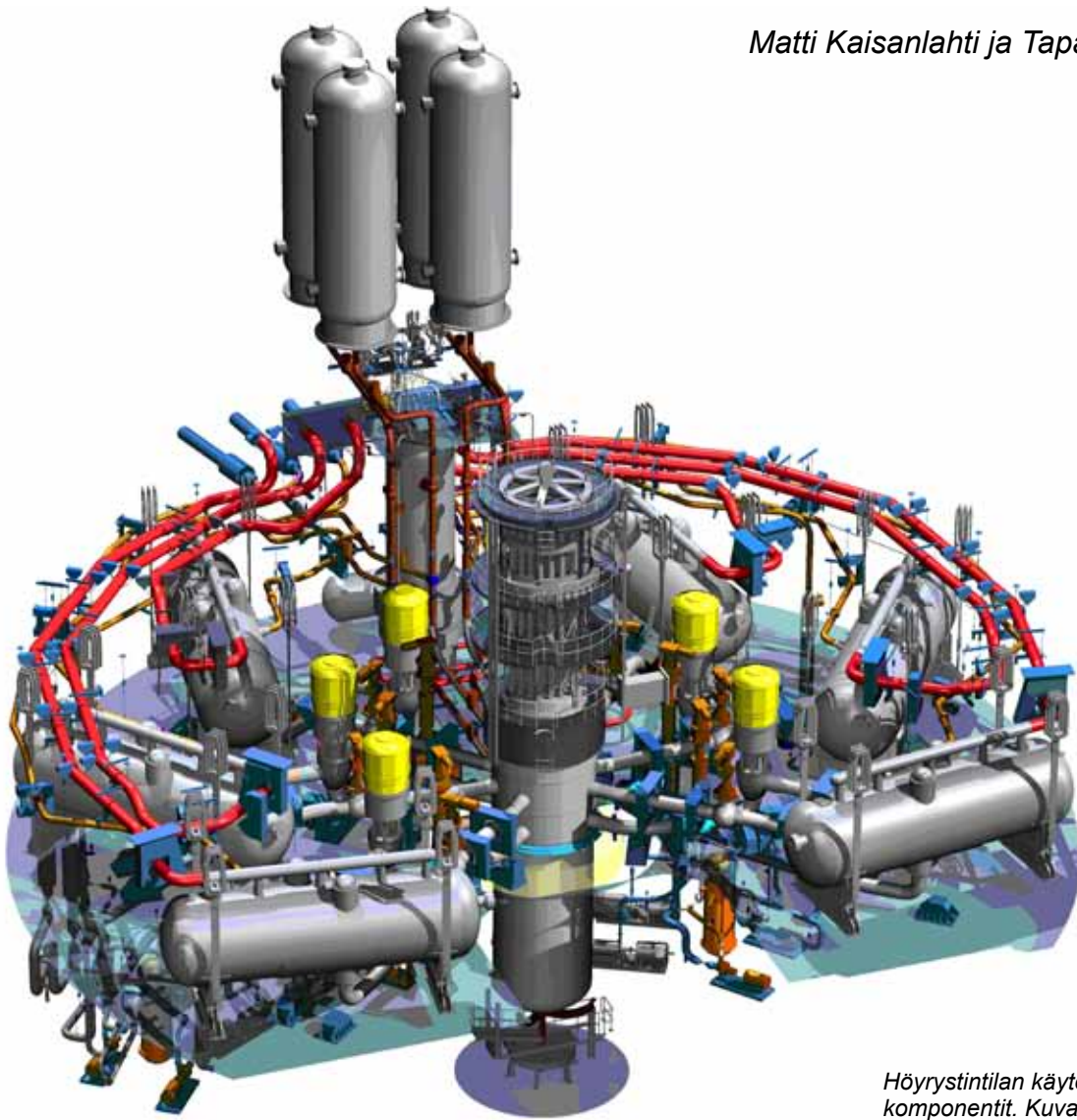
Jussi Heinonen

Toimistopäällikkö

Ydinjätteet

STUK

jussi.heinonen@stuk.fi



Höyryntilan käytöstäpoistettavat komponentit. Kuva: Elias Mayer.

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelman päivitys

Siitä huolimatta, että Loviisan voimalaitosta on tarkoitus käyttää vielä pitkään, suunnitelmia sen käytöstäpoistamiseksi on tehty jo 1980-luvulta alkaen. Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelman viimeisin päivitys valmistui vuoden 2012 lopussa.

Kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM) 1991 ja 1995 tekemissä päätöksissä on määritelty tavoitteet ydinvoimalaitosten ydinjätehuollolle. Päätöksien mukaisesti luvanhaltijan tulee toimittaa ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelma viranomaisten tarkastettavaksi viiden vuoden välein. Vuonna 2008 ydinenergi lakiin tehdyn

muutoksen jälkeen on suunnitelma esitettävä kuuden vuoden välein. Loviisan voimalaitoksen osalta vuoden 2012 selvityksen taustana oli käytöstäpoiston raportoinnin soveltaminen yhteen muun ydinjätehuolto raportoinnin kanssa.

Voimayhtiöt ovat varautuneet tuleviin jätehuoltokustannuksiin ydinenergi lain ja -asetuksen mukaisesti. Varautumis-

järjestelyillä varmistetaan, että Valtion ydinjätehuolto rahastossa (VYR) on aina olemassa varat, rahastoituna tai vakuuk-sina, kaikkien jo kertyneiden ydinjäteiden huollon ml. ydinvoimalaitosten käytöstäpoiston turvalliseksi järjestämiseksi. Ydinjätehuollon kustannusarvioita tarkistetaan vuosittain toimenpiteiden edistymisen ja kustannustason muuttu-

misen perusteella.

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoiston suunnittelua tehdään jo laitoksen käytön aikana. Esimerkiksi kontaminaatiotilannetta seurataan säännöllisesti. Samoin erilaisia käyttökokemustietoja pyritään hyödyntämään käytöstäpoistosuunnittelussa. Tavoitteena on pitää käytöstäpoistosuunnitelma ajan tasalla laitoksen muuttuessa, sekä samalla jaloistaa sitä yhä yksityiskohtaisemmaksi käytöstäpoiston lähestyessä. Viime vuoden lopussa julkaistua suunnitelmaa on aiempaan verrattuna täydennetty ja päivitetty mm. seuraavien asioiden osalta:

- Työntekijöiden säteilyaltistusta on tarkasteltu suojarusteiden käytön osalta,
- Primääripiirin dekontaminoinnin vaikutusta on arvioitu höyrystintilan purkutöistä aiheutuviin säteilyannoksiin,
- Pitkäaikaisturvallisuusanalyysin lähtötietoja on päivitetty teräksen korroosioikäytymisen ja betonin rapautumisen osalta.
- Käytöstäpoiston lisensoinnille on laadittu alustava aikataulu,
- Käytöstäpoistotöiden riskejä työntekijöille ja ympäristölle on arvioitu.

Käytöstäpoistosuunnitelman periaatteet ja lähtökohdat

Käytöstäpoistosuunnitelman keskeiset osa-alueet ovat syntyvien jätteiden aktiivisuusinventari, työsuunnitelmat purkutöiden toteutuksesta (aikataulut, purkumenetelmät, henkilömäärät, jätemäärät, jätepakkaukset, loppusijoitus, kustannukset), säteilyannosarviot sekä jätteiden loppusijoituksen pitkäaikais-
turvallisuusanalyysi.

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelman peruslähtökohdana on voimalaitosyksiköiden välitön purkamisen käytön jälkeen niin pian kuin se on mahdollista. Suunnitelmissa on otettu huomioon muu laitospaikalla tapahtuva ydintekninen toiminta, kuten käytetyn polttoaineen välivarastointi, mutta ei mahdollista uutta ydinvoimalaitosyksikköä.

Voimalaitosaluetta ei pyritä palauttamaan luonnontilaan, vaan käytöstäpoisto rajoittuu radioaktiivisia aineita sisältävien järjestelmien, laitteiden ja rakenteiden purkamiseen ja poistamiseen laitokselta purkujätteiden loppusijoitustilaan. Niitä osin kuin ”puhtaiden” rakennusten uudelleenkäyttö ei ole tarkoituksenmukaista, rakennukset voidaan purkaa myöhemmin. Laitosaluetta voidaan vastaisuudessa käyttää esimerkiksi voimantuotantoon. Käytöstäpoistettu ydinvoimalaitos ei säteilyturvallisuusmielessä

rajoita alueen käyttöä millään tavoin.

Käytettyä ydinpolttoainetta varastoidaan voimalaitosalueella 35 vuotta voimalaitoksen kaupallisen käytön päättymisen jälkeen. Varastointiaika on pidentynyt aiemmista suunnitelmista polttoaineen poistopalaman noston takia. Välivarastoinnin jälkeen käytetty polttoaine kuljetetaan kapselointilaitokseen Olkiluotoon, josta se kapseloituna siirretään edelleen käytetyn polttoaineen loppusijoitustilaan. Posiva Oy huolehtii polttoaineen kuljetuksista ja loppusijoituksesta.

Suunnitelmissa esitettyjä periaatteita on mahdollista edelleen kehittää ja optimoida ennen kuin käytöstäpoisto tulee ajankohtaiseksi.

Aikataulu

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoiston yleisaikataulun mukaan käytöstäpoiston ensimmäinen vaihe alkaa vuonna 2027 ja päättyy vuonna 2035, jonka jälkeen laitosalueelle jää toimintaan itsenäinen käytetyn polttoaineen varasto ja sitä tukevat toiminnot. Käytöstäpoiston toinen vaihe alkaa vuonna 2066 ja päättyy vuonna 2068, minä aikana puretaan itsenäisessä käytössä olleet polttoainevarasto ja sitä tukeneet toiminnot. Voimalaitoksen varsinainen purkaminen kestää yhteensä noin 11 vuotta.

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoiston luvitukseen valmistaudutaan jo 2020-luvun alkupuolella, sillä nykysääntösten mukaan käytöstäpoistoa varten on tehtävä ympäristövaikutusten arviointi (YVA) voimalaitosyksiköitä sekä loppusijoituslaitosta varten. Käytöstäpoistoa varten voimalaitosyksiköiden käyttöluvut on uusittava ja lisäksi loppusijoituslaitos tarvitsee ydinenergiainmukaiset luvat ja sen rakentamisesta on

Käytöstäpoiston aikainen huoltojäte sijoitetaan vuoden 2012 aikana valmistuneeseen huoltojätteen loppusijoitustilaan. Kuva: Ari Haimi.



raportoitava EURATOM-sopimuksen vaatimusten mukaisesti.

Käytön päättymistä seuraa kahden vuoden valmistelujakso ennen varsinaisten purkutöiden aloittamista. Valmistelujakson aikana siirretään käytetty polttoaine reaktorirakennuksen altaista polttoainevarastoihin, suoritetaan prosessijärjestelmien tyhjennykset ja dekontaminoinnit sekä rakennetaan tarvittavat kuljetusaukot suurten laitteiden siirtoja varten.

Radioaktiivisten osien purku

Laitoksen radioaktiivisten osien purkaminen ja käsittely voidaan toteuttaa jo nykyisin käytössä olevilla menetelmillä ja laitteilla. Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistossa on lähtökohdana suurten laitteiden ja komponenttien, kuten reaktoripaineastioiden ja höyrystimien, loppusijoittaminen kokonaisina. Näin vältetään niiden osalta aikaa vievältä ja säteilyannoksia aiheuttavalta paloittelutyöltä.

Purkutyöt alkavat reaktoripaineastian ja muun aktivoituneen materiaalin käsittelyllä ja jatkuvat primääripiirin ja muiden kontaminoituneiden järjestelmien purkamisella. Viimeisinä puretaan itsenäistetty käytetyn polttoaineen varasto ja nestemäisten jätteiden kiinteytyslaitos.

Kontaminoitunut purkujäte muodostuu pääosin prosessijärjestelmistä, jotka ovat käyttövaiheessa kosketuksessa radioaktiivisten vesien kanssa. Ydinvoimalaitoksen betonirakenteet voivat kontaminoitua prosessijärjestelmien tai altaiden vuorausten vuotojen seurauksena. Kontaminoitumista voivat aiheuttaa myös käytöstäpoistovaiheessa tehtävät purkutoimenpiteet. Käytöstäpoistossa varaudutaan purkamaan kaikki ne järjestelmät ja rakenteet, jotka ovat kontami-

minoituneet tai voivat tulevaisuudessa kontaminoitua.

Käytöstäpoistojätteiden loppusijoitus

Valittujen käytöstäpoistoperiaatteiden mukaan reaktorin paineastiat, sisäosat, suojaelementit ja suuret kontaminoituneet primääripiirin komponentit loppusijoitetaan kokonaisina. Muu materiaali paloitellaan ja pakataan tarvittaessa erityyppisiin astioihin kuljetuksen sekä loppusijoituksen edellyttämällä tavalla.

Loviisan voimalaitoksen toiminnan aikana kertyvät matala- ja keskiaktiiviset voimalaitosjätteet ja käytöstäpoiston yhteydessä muodostuvat purkujätteet loppusijoitetaan voimalaitosalueen kallioperään jo osittain valmiiksi rakennettuihin loppusijoitustiloihin. Loppusijoitustilat sijaitsevat maan alla noin 110 metrin syvyydellä ja sinne johtaa maan päältä noin 1,1 kilometrin pituinen ajotunneli.

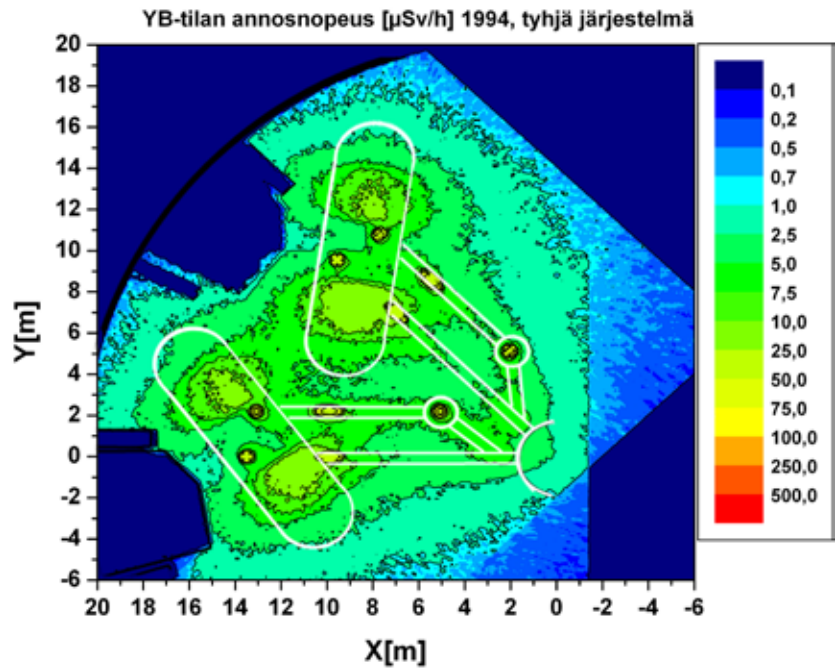
Säteilyturvallisuus

Käytöstäpoistossa on turvallisuuden kannalta erityispiirteinä henkilökunnan säteilyturvallisuus purkutöiden aikana sekä puretun radioaktiivisen jätteen loppusijoitukseen liittyvät turvallisuusnäkökohdat.

Purkutöihin osallistuvan henkilöstön kollektiiviseksi säteilyannokseksi on arvioitu noin 10,4 manSv. Säteilyannosarviota tarkennettiin käytöstäpoistosuunnitelman viimeisimmässä päivityksessä tarkastelemalla höyrystintilan työolosuhteita primääripiirin dekontaminoinnin jälkeen. Dekontaminoinnilla voidaan laskelmien mukaan päästä höyrystintilassa vihreän alueen annosnopeuteen. Lisäksi arvioitiin käytöstäpoiston purkutöiden häiriö- ja onnettomuustilanteiden seuraamuksia.

Käytöstäpoiston työvaiheet sisältävät mm. aktiivisten osien pilkkomista, pakkaamista, nostamista ja kuljettamista, jolloin mahdollisia onnettomuuksien seuraamuksina olisivat kontaminaation leviäminen laitosalueella tai purkuhenkilökunnan säteilylle altistuminen. Sisäisiä annoksia voidaan välttää suojarusteiden oikealla käytöllä. Suurimmat riskit liittyvät suurien komponenttien nostoihin ja siirtoihin.

Ympäristön kannalta riskit ovat minimaalisen pieniä, sillä käsiteltävät aktiivisuudet ovat kertaluokkia pienempiä kuin voimalaitoksen käytön aikana. Päivityksessä arvioitiin myös suojaamien käyttöä käytöstäpoiston eri työvaiheissa.



Annosnopeus höyrystintilassa käytöstäpoistohetkellä. Kuva: Pasi Karvonen.

Suuri osa käytöstäpoiston työvaiheista sisältää sahaamista ja jyrsimistä, joiden seurauksena voi ilmaan vapautua kontaminaatiota, jolta suojautumiseksi tulee työntekijöiden käyttää lisähaalaria, kumikäsineitä, hengityssuojaimia sekä alueen tulee olla eristetty kenkärajalla. Työkohtaiset suojarusteet valitaan loppullisesti työn alkaessa kohteen kontaminaatiotilanteen perusteella.

Kustannukset

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoiston kustannukset on arvioitu suunnitelmien ja työmääräarvioiden perusteella. Erityyppisten hankintojen osalta arviot perustuvat Fortumissa olevaan kokemusperäiseen kustannustietoon ja laitetointimittajilta saatuihin kustannusarvioihin. Kokonaisuutena käytöstäpoisto on hyvin työvaltainen projekti, jolloin henkilökustannusten määrä on erittäin merkittävä.

Kustannusarvio on 359 miljoonaa euroa (ilman alv.) vuoden 2012 lopun hinnatasossa. Arvioon sisältyy 10 %:n yleinen epävarmuuslisä. Kustannusarvioissa ei ole otettu huomioon käytöstäpoistettuun laitokseen tai laitosalueeseen liittyviä mahdollisia positiivisia arvoja, kuten metallien tai laitteiden arvoa kierrätettyinä ja uudelleenkäytettyinä, eikä voimalaitosalueen arvoa voimantuotantoon.

Käytöstäpoistosuunnittelu jatkuu

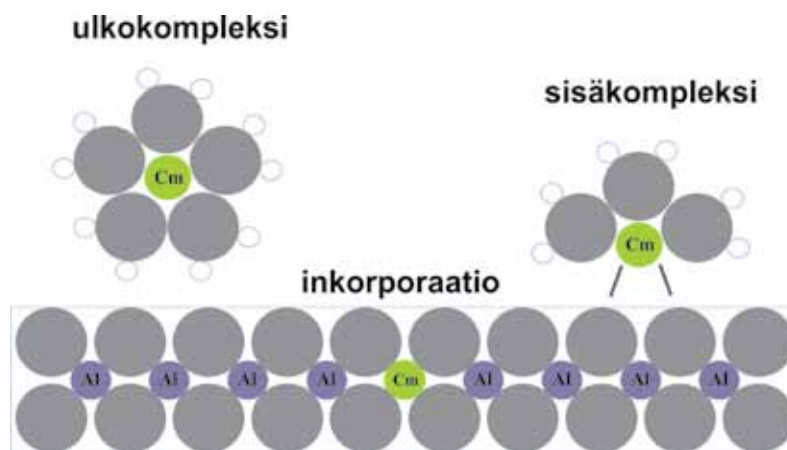
Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelma toimitettiin työ- ja

elinkeinoministeriölle joulukuussa 2012. Suunnittelutyö kuitenkin jatkuu edelleen, ja seuraavan kerran sitä raportoidaan yhtenäisen suunnitelman muodossa vuonna 2018. Silloin on tarkoitus mm. arvioida uudelleen käytöstäpoistojätteiden loppusijoituksen pitkäaikais- ja turvallisuutta jolloin esim. lähtötietoja koskeva uusi tietämys viedään mukaan turvallisuusperusteluun. Edellisen kerran pitkäaikais- ja turvallisuutta arvioitiin laajasti vuonna 2008, ja sen jälkeen on saatu lisää käyttökokemuksia sekä Loviisan voimalaitokselta että matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitustilasta. Nämä kokemukset otetaan huomioon uudessa suunnitelmassa ja siihen kuuluvassa loppusijoituksen pitkäaikais- ja turvallisuusperustelussa. Lisäksi tehdään suunnittelua käytöstäpoiston logistiikan, käytöstäpoistojätteen karakterisoinnin, voimalaitosalueen vapauttamisen sekä käytöstäpoiston työvaiheiden kehittämiseksi.

DI Matti Kaisanlahti
Suunnitteluinsinööri
Ydinjäteosasto
Fortum Power & Heat Oy
matti.kaisanlahti@fortum.com

DI, FM Tapani Eurajoki
Suunnittelupäällikkö
Ydinjäteosasto
Fortum Power & Heat Oy
tapani.eurajoki@fortum.com

Kolmenarvoisten aktinidien kiinnittymismekanismit mineraalien pinnoille



Metalli-ioni voi adsorboitua mineraalin pintaan joko ulkokompleksina tai sisäkompleksina. Lisäksi metalli-ioni voi inkorporoitua mineraalin rakenteeseen.

Väitöskirjassa on tutkittu kolmenarvoisten aktinidien kiinnittymismekanismeja atomi- ja molekyylyitasolla eri mineraalien pinnoille, ja näin syvennetty tietoa käytetyn polttoaineen loppusijoituksessa tapahtuvasta radionuklidien pidättymisestä ja kulkeutumisesta kallioperässä.

Suomessa käytetty ydinpolttoaine tullaan loppusijoittamaan Olkiluodon peruskallioon. Useat eri päästöesteet, kuten kuparikapseli, bentoniittipuskuri ja itse kallioperä, toimivat hidasteina radionuklidien kulkeutumiselle ja sitä kautta vapautumiselle loppusijoitustilasta ympäristöön ja biosfääriin. Tässä työssä on tutkittu kolmenarvoisten aktinidien kiinnittymismekanismeja atomi- ja molekyylyitasolla eri mineraalien pinnoille, ja näin syvennetty tietoa käytetyn polttoaineen loppusijoituksessa tapahtuvasta radionuklidien pidättymisestä ja kulkeutumisesta kallioperässä.

Miksi kolmenarvoinen hapetustila kiinnostaa?

Käytettyä ydinpoltoainetta varten suunnitellussa loppusijoitustilassa on hyvin pelkistävät olosuhteet. Pitkäaikaisesta radiotoksisuudesta vastaavat uraani ja transuraanit (Np, Pu, Am, Cm) esiintyvät näissä olosuhteissa hapetustiloilla +III ja +IV. Kolmenarvoinen hapetustila on selvästi neljänarvoista liukoisempi, ja aktinidit Am^{3+} , Cm^{3+} , sekä hyvin pelkistävissä olosuhteissa esiintyvä Pu^{3+} ovat täten

alttiimpia liukenemiselle ja pohjaveden mukana kulkeutumiselle kuin U^{4+} , Pu^{4+} ja Np^{4+} . Käytetyssä polttoaineessa on myös merkittäviä määriä lantanidia ^{151}Sm :a, joka esiintyy kolmenarvoisena kationina liuoksissa.

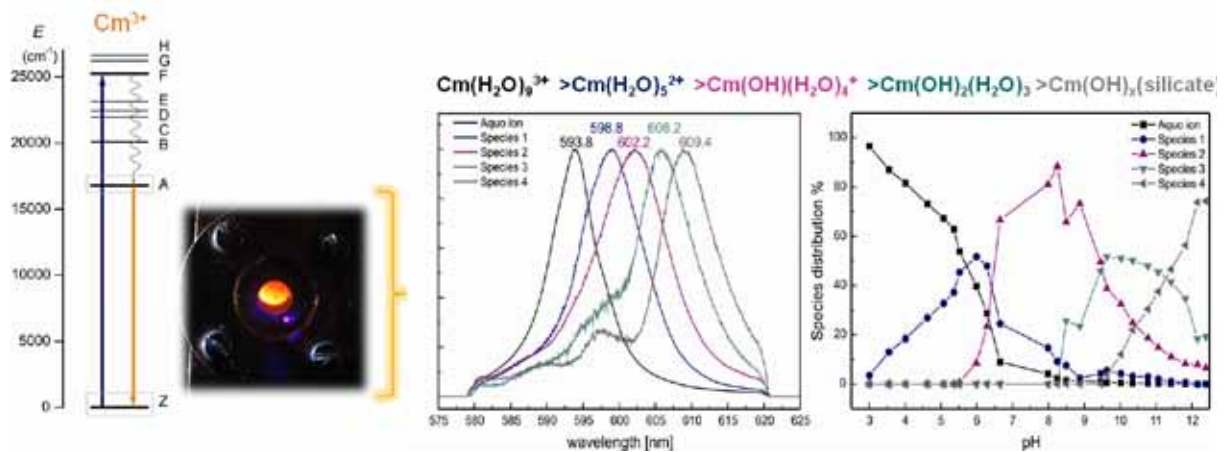
Miksi atomi- ja molekyylytason vuorovaikutusten tutkiminen on tärkeätä?

Kaikkien mineraalien pinnoilla esiintyy reaktiivisia hydroksyyliyhmiä, jotka voivat sitoa pohjaveden mukana kulkeutuneita radionuklideja joko elektrostaattisesti ioninvaihdolla (ulkokompleksin muodostus) tai kemiallisella sidoksella (sisäkompleksin muodostus). Lisäksi metalli-ionin siirtyminen liuoksesta kiinteään faasiin voi tapahtua ionin absorptiolla tai inkorporaatiolla itse mineraalin rakenteeseen (kuva 1). Se miten pysyviä muodostuneet kompleksit ovat ja millaisissa olosuhteissa metalli-ioni saattaa irrota pinnalta riippuu suuresti sorptiomekanismista. Inkorporoituneen metallin irtoaminen ja sitä kautta kulkeutuminen kallioperässä vaati monesti itse mineraalin liukenemisen

kun puolestaan ioninvahvuuden kasvu saattaa mobilisoida ulkokompleksina kiinnittyneen metallin.

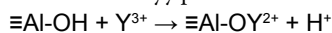
Tutkimusmenetelmät

Atomi- ja molekyylytason adsorptiomekanismien selvittämiseksi työssä käytettiin eri spektroskopisia menetelmiä; laser-indusoitua fluoresenssi-spektroskopiaa (LIF), sekä ydinmagneettista resonanssispektroskopiaa (NMR). Laserspektroskopiassa viritetään aktinidi-ioni laservalolla ja seurataan aktinidin perustilalle palautumisen myötä emittoituvaa fluoresenssia. Emissiospektreistä ja fluoresenssin elinajasta saadaan tietoa aktinidin eri kiinnittymismekanismeista, eli päästään käsiksi aktinidin spesiaatioon mineraalisuspensiossa. NMR:ssä puolestaan viritetään atomiytimiä ja tarkastellaan viritystilojen purkautuessa emittoituvaa elektromagneettista säteilyä. Eri kemiallisessa ympäristössä olevat ytimet, tässä työssä lähinnä vetyatomien ydin eli protonit, emittoivat säteilyä hieman eri aallonpituuksilla. Näin ollen nämä protonit saadaan eroteltua toisistaan. Työssä tutkittiin mineraalipintojen eri hydroksyyliyh-



Curiumin laser-indusoitua fluoresenssia tarkastamalla (vasemmalla) saadaan tietoa metalli-ionin kompleksoitumisesta mineraalipinnalla. Oikealla on esitetty kaoliniitin pinnalla esiintyvien curiumspesiesten emissiospektit sekä näiden spesiesten jakauma pH:n funktiona.

mien protonisignaalien pienenemistä kun kolmenarvoinen metalli kiinnittyy pintaan:



Tulokset

Menetelmien avulla pystyttiin karakterisoimaan mineraalien pinnoille muodostuneita aktinidikomplekseja ja näiden kiinnittymismekanismeja. Vallitseva aktinidikompleksi käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustilan pH-alueella oli kaikissa tutkituissa mineraalisuspensioissa pintakompleksi, jossa aktinidi on sitoutunut mineraalin pintaan kemiallisella sidoksella. Lisäksi LIF-kokeissa havaittiin mineraalin liukenemisella ja saostumisella koeolosuhteiden muuttuessa olevan ratkaiseva merkitys aktinidien spesiaatioon mineraalियmpäristössä. Esimerkiksi kaoliniitin ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) liukenemisen myötä ympäröivään liuokseen päätyy silikaatteja, jotka muodostavat curium-silikaattikompleksin ($\equiv\text{AlO-Cm}(\text{OH})_x$ -silikaatti) kaoliniitin pintaan pH:n ylittäessä 10.

NMR tuloksista nähdään selkeästi erityyppiset hydroksyyliprotonit, jotka vaihtuvat kolmenarvoiseen metalliin pintakompleksin muodostuessa. Protonispektrien mukaan sorptio tapahtuu ensisijaisesti emäksisimpiin Al-OH ryhmiin mineraalien reunapinnoilla. Myös siltaavien OH-ryhmien (esim $(\text{Al}_{\text{VI}})_2\text{-OH}$), joiden monessa tutkimuksessa ei oleteta adsorboivan metalleja, havaittiin osallistuvan kolmenarvoisen metallin adsorptioon. Tämä on otettava huomioon tulevissa sorptio- ja kulkeutumismalleissa, vaikka se ei suoranaisesti sorption määrään vaikuta. Kaiken kaikkiaan vaihtuvia protoneja on suuri määrä. Kyseessä ei siis ole yksi tai kaksi hyvin spesifistä sorptioaikkaa, vaan suurempi

joukko samankaltaisia sorptioaikkoja joihin kolmenarvoinen metalli-ioni kiinnittyy. Tällaiset hyvin samankaltaiset sorptioaikat selittyvät esimerkiksi eri O-H sidospituuksilla tai alumiinin eri koordinaatioluvuilla.

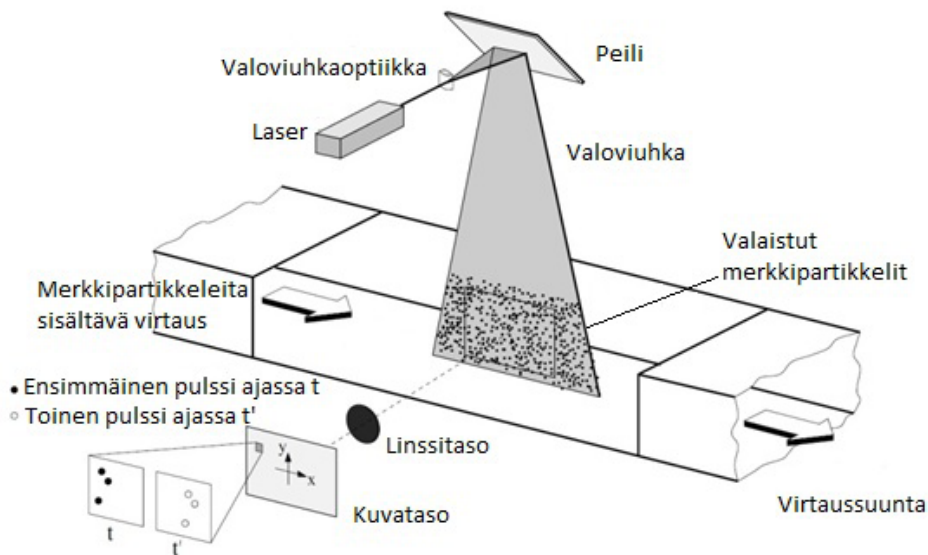
Tulokset aktinidien atomi- ja molekyyli-tason vuoro-vaikutuksista loppusijoitustilaa ympäröivän kallioperän mineraalien kanssa luovat pohjan mekanistisille kulkeutumismalleille, joita voidaan käyttää käytetyn polttoaineen ja korkea-aktiivisen jälleenkäsittelyjätteen loppusijoituksen turvallisuusanalyysien tarkentamisessa.

Nina Huittisen väitöskirja "Sorption of trivalent actinides onto gibbsite, γ -alumina, and kaolinite: A spectroscopic study of An(III) interactions at the mineral-water interfaces" tarkastettiin perjantaina 22.02.2013 Helsingin yliopiston kemian laitoksella. Vastaväittäjänä toimi professori Christian Ekberg Chalmersin teknillisestä korkeakoulusta Ruotsista, ja kustoksena toimi professori Jukka Lehto radiokemian laboratorion johtajana. Väitöskirjan löydät osoitteesta: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-8611-3>.

TkT Nina Huittinen
Tutkija
Radiokemian laboratorio
Helsingin yliopisto
nina.huittinen@helsinki.fi



Particle Image Velocity -mittausten toteuttaminen PPOOLEX-lauhtumiskokeissa



PIV-mittausjärjestely

Particle Image Velocimetry (PIV) on optinen mittaustekniikka, jolla voidaan saada tutkittavasta virtauksesta nopeusinformaatiota.

PIV-tekniikan avulla virtauksesta saadaan kaksi- tai kolmi-komponenttisia nopeusvektoreita tutkittavalta mitta-alueelta yhden pisteen sijasta. Mitattava virtaus voi olla joko kaasua tai nestettä. PIV-tekniikkaa sovelletaan nykyään laajalti virtausmittauksiin.

PIV:llä on tarkoitus saada hankittua validointidataa laskennallisten virtausmallinnusohjelmien tarpeisiin Lappeenrannan teknillisen yliopiston (LUT) PPOOLEX-laitteiston ulospuhalluskokeiden mallinnusta varten.

Diplomityössä esiteltiin yksityiskohtaisesti kaikki PIV-mittauslaitteistoon kuuluvat osat ja tulosten analysoinnin matemaattinen tausta. Työhön kuului myös toimivan PIV-mittauslaitteiston kokoaminen ja testaus sekä sen sijoittamissuunnitelma PPOOLEX-laitteistoon.

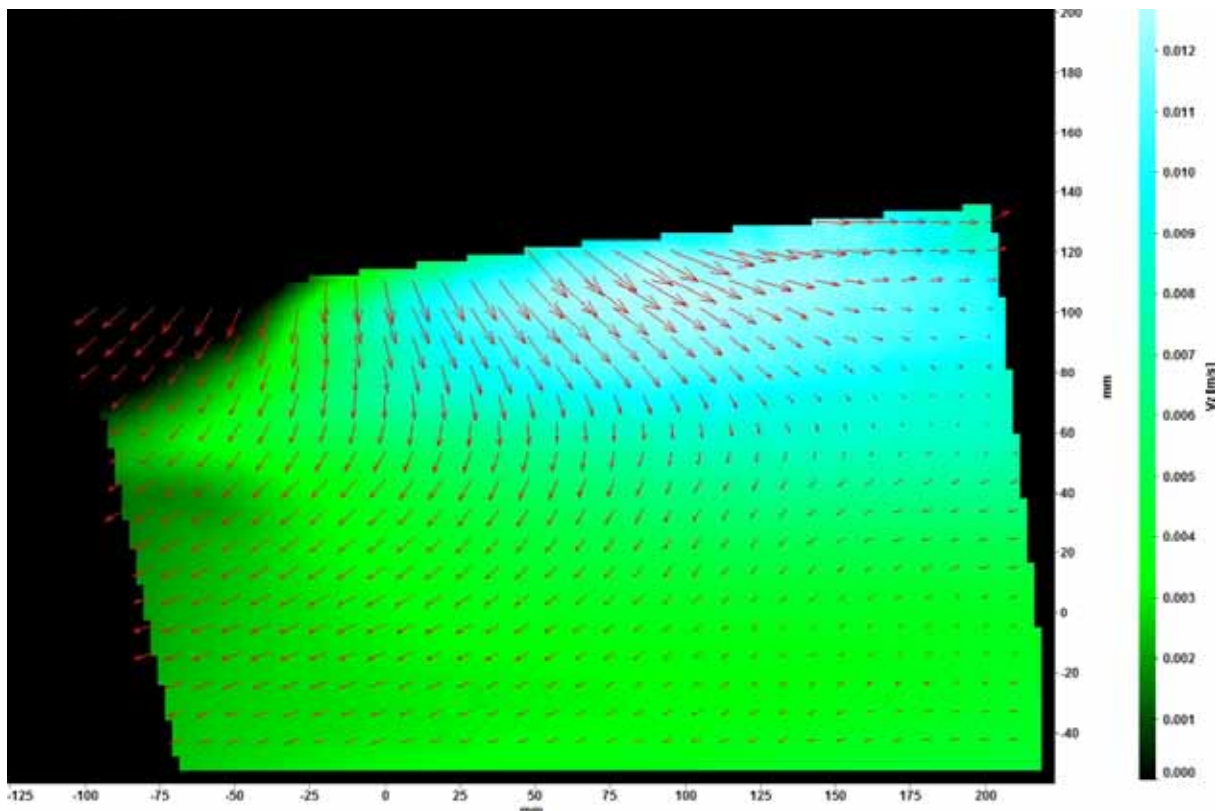
Tyypillinen PIV-laitteisto toimii seuraavasti: laserilla tuotetaan valoa, joka on koherenttia ja hyvin kollimoitua. Valoviuhkaoptiikalla, joka on käytännössä linssijärjestelmä, lasersäde hajotetaan viuhkaksi. Valoviuhka voidaan ohjata peilin avulla virtausjärjestelmään, joka voi olla esimerkiksi putki.

Putkessa täytyy olla ikkuna, josta valoviuhka pääsee virtauksen sekaan. Virtauksen mukana kulkevat merkkipartikkelit sirottavat valoviuhkan valoa, joka kuvataan kameroilla. Toisin sanoen kameralla tallennetaan kuvat valaistuista merkkipartikkeleista.

Kun ammutaan kaksi perättäistä lasersädettä ja ampu-mishetkellä otetaan kuva virtauksen mukana liikkuvista merkkipartikkeleista, voidaan kuvia vertailemalla saada selville merkkipartikkelien liike kuvaparin välillä. Merkkipartikkeli valitaan mitattavan virtauksen mukaan. Tyypillinen kaasuvirtauksen sekaan syötettävä merkkipartikkeli on titaanioksidihiuksinen, jonka keskihalkaisijan on 0,1-5 mikrometriä.

Nestevirtaukseen syötetään yleisesti onttoja hopeapäälylysteisiä lasipalloja joiden keskihalkaisija on 10-100 mikrometriä. Merkkipartikkelin tärkein ominaisuus on seurata virtausta mahdollisimman tarkasti.

Lopuksi kuvat jaetaan tarkasteluikkunoihin, joiden sisällä olevien merkkipartikkelijoukkoiden todennäköinen liike saadaan selville matemaattisin keinoin. Yhden mitta-



Tyypillinen kolmikomponenttinen nopeusvektorijakauma putken suulla.

uksen aikana otetaan taas useita kuvapareja, jotta virtauksen liike tai sen muutos saadaan selville. Tyypillinen PIV-mittausjärjestely on esitetty kuvassa 1.

Työn varsinaisessa tutkimusosiossa toteutettiin useita tuhannen kuvaparin mittasarjoja eri ulospuhallusolosuhteissa. Pyrkimyksenä oli saada PPOOLEX:in ulospuhallusputken ulostuloaukon suulle höyry-vesi -rajapinta ja tutkia lauhtumisen aiheuttamaa virtausta putken suulla ja sen alapuolella. Lisäksi pyrittiin saamaan selville mittalaitteiston ja merkkipartikkelien toimintaedellytykset suuren mittakaavan kokeissa.

Mittasarjojen analysoinnin jälkeen todettiin, että virtaus putken suulla vaihtelee selvien sisään- ja ulosvirtausvaiheiden välillä. Heilahtelun vuoksi keskiarvoista virtausta ei voitu määrittää. Noin 150–250 mm putken suun alapuolella virtaus oli pääsääntöisesti lähes staattista. Putken suulla nopeusvektorit olivat suurimmillaan noin 1 cm/s. Tyypillinen kolmikomponenttinen nopeusvektorijakauma on esitetty kuvassa 2.

Jo alustavissa kokeissa PIV:n havaittiin olevan hyvä

lisä LUT:n Ydinturvallisuuden tutkimusyksikön mittauslaitteistoihin. Sijoitussuunnitelma ja PIV:n asentaminen PPOOLEX-laitteistoon onnistuivat hyvin ja ne todettiin toimiviksi, vaikkakin rajoituksia oli paljon. Kaikki PIV-mittalaitteiston osat toimivat ja ne todettiin tarkoituksenmukaisiksi. Työssä esitellyt tulokset ja huomiot ovat hyvä perusta PIV-mittauksille tulevaisuudessa. Työ toteutettiin osana NUCPRI- ja SAFIR-projekteja.

Opinnäyte hyväksytty Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa 28.9.2012.

DI Lauri Pyy
Projektitutkija
Lappeenrannan
teknillinen yliopisto
lauri.pyy@lut.fi



Kun on tällaiset ystävät, kuka kaipaa vihollisia?

”Näytä minulle yksikin onnistunut ydinvoimaprojekti, niin minä näytän sinulle valehtelijan.”

Forbes-lehti kirjoitti etusivun jutusaan *Nuclear Follies* helmikuussa 1985 ydinvoiman kaatuvan Yhdysvalloissa sisäisiin ongelmiinsa. Toimittaja James Cook väitti, että ydinvoiman tulevaisuuden tuhoavat sen ystävät – eivät viholliset – generoimalla laatuongelmia, kustannuslyityksiä ja aikatauluviiveitä. Cook meni jopa niin pitkälle, että totesi ydinenergiaohjelman epäonnistumisen kuuluvan historian suurimpiin liikkeenjohdollisiin munauksiin.

Artikkelin ajatuksenjuoksu menee jokseenkin näin: Ydinvoimalaitoksen rakentaminen ei edellyttänyt voimayhtiöltä juurikaan erityisosaamista, sillä ensimmäiset toimitukset 1960-luvulla tehtiin kiinteähintaisina avaimet käteen -toimituksina ja 70-luvulla toimitukset paketoiti tyypillisesti arkkitehti-insinööri. Ydinvoimabuumin takia laitosten rakentaminen aloitettiin yhä alhaisemmalla suunnitteluasteella. Kilpailu erityisesti hiiltä vastaan edellytti samanaikaisesti laitokseen kasvattamista, mikä ei on-

nistunut pelkästään pienempiä laitoksia skaalaamalla. Ja kuin coriumina reaktori-painesäiliön pohjalla maaliskuussa 1979 Three Mile Islandissa jäännösriskistä tuli realiteetti, minkä seurauksena NRC:n vaikutusvalta turvallisuusratkaisuihin ja laitostekniikkaan lisääntyi entisestään.

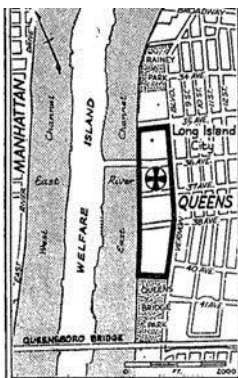
Täydellisestä turvallisuudesta tuli viranomaiselle pakkomielle eikä cost-plus-fee -sopimuksilla toimineilla laitostoimittajilla ollut juurikaan kannustimia kyseenalaistaa uusia vaatimuksia, sillä tarkoittivathan ne lisää laskutettavaa työtä. Voimayhtiöt – joista Cook muuten toteaa lakonisesti, ettei ”utility business” ehkä ollut houkutelut palvelukseensa kaikkein lahjakkaimpia johtajia – taasen keskittyivät kirjanpidollisiin kikkailuihin, vaateiden suoltamiseen ja kustannusten vyöryttämiseen asiakkailleen sen sijaan, että olisivat ymmärtäneet tekniikkaa ja projekteja.

Ydinvoima-ala oli tintannut itsensä kanveesiin. Kun muun teollisen toiminnan logiikkana on tuottaa jatkuvasti pa-

rempaa halvemmalla, ydinvoima-ala kehittyi päinvastaiseen suuntaan. Vuosien 1978 ja 1985 välisenä aikana peruttiin 75 laitoshanketta, joista 28 oli jo rakenteilla, ja vuonna 1985 vielä käynnissä olleissa 35 hankkeessa rakentamisaika oli keskimäärin tuplaantunut kuudesta kahtentoista vuoteen ja kustannukset moninkertaistuneet.

Sittemmin jenkkien lisensointijärjestelmää on aktiivisesti kehitetty investointien kannalta järkevämpään suuntaan. Ratkaisevaa oli, että vastoinkäymisistä huolimatta ydinvoimaa ei hylätty poliittisesti. Muutosten jälkeen ydinvoimarakentaminen näytti käynnistyvän tohinalla vuoden 2005 jälkeen, mutta on tyssännyt liuskekaasun hyödyntämiseen.

Suomessa bändi soittaa jatsia vaikka laiva on uppoamassa. Parin vuoden kulluttua, *ceteris paribus*, meilläkin on Fennovoiman ja TVO:n perutut hankkeet ja OL3-projekti, jonka rakentamisaika on kaksinkertaistunut ja kustannukset kolminkertaistuneet. Eikä muilla ole



The New York Times May 10, 1963 Ravenswood generating station of Con Edison (heavy line) and site of proposed nuclear power plant (cross).



Consolidated Edison haki tammi-kuussa 1962 Atomic Energy Commissionilta lupaa 1000 MW:n ydinvoimalaitoksen rakentamiseksi East Riverin varrelle New York Cityn Queensiin. Sijaintipaikan liikenneyhteydet ovat erinomaiset, lähelle tulee mm. maanalainen. Laitosta ei koskaan rakennettu, koska ConEd peruutti hakemuksensa talvella 1964 – todeten kuitenkin, ettei paikallisella vastustuksella ollut mitään tekemistä päätöksen kanssa. Kuvat: ConEd ja New York Times.



San Onofren ydinvoimalaitos San Diegon lähellä Kaliforniassa (2x1070 MWe Combustion Engineeringin painevesireaktoria, käyttööntuotavuodet 1983 ja 1984). Laitosalueen läheisyyteen pääsee kätevästi nelikaistaista I5:sta. Kiireettömät voivat körötellä vanhaa Highway 101:stä ja cityvihreät tulevat ekologisesti junalla. Kuvan vasemmasta alareunasta alkaa kunnallinen uimaranta. Huhujen mukaan vartiointi on laitoksella merkittävä kuluerä. Kuva: Wikimedia Commons.

syitä omahyväisyyteen, sillä Fortumin Loviisan automaation digitalisointiin ja STUKin YVL-ohjerelementtiin verrattuna Sikstuksen kappelin freskot vaikuttavat pikaistuksissa tehdyiltä tuherruksilta. Ydinenergialain ”kokonaisuudistuksena” markkinoitua TEMin komiteatyötä voisi taasen ennakoida yrityksenä kokata mukana rikkomatta munia.

Nykytilanteen perussyöt juontavat juurensa 1980-luvulle. Loviisan ja Olkiluodon rakentamisen aikaan ydinvoimala houkutteli sukupolvensa terävimmät kyvyt, mutta alan kehityksen pysähtyessä tämä muuttui. 1990-luvulla alkoi uusi aikakausi, jossa tahtipuikkoa alkoivat heiluttaa insinöörien sijaan entiset tukitoimintolaiset: talous-, lakiasian- ja viestintäjohto. Pitkä sihti ei paljoa painanut, kun pörssiin listatun Fortumin johtoon laitettiin ydinvoimaskeptikot ja TVO

ryhtyi täydellisen passiiviseksi OL3:n avaimia odotellessaan. Ydinvoimainsinööri hävisi valtataistelun, koska ei edes tajunnut sellaista käydyä.

Kehityksen ainoa huono puoli ei suinkaan ole se, että voimayhtiöiden päätöksissä Lontoon Cityn kolmekymppisen analyttikon mielipide on tärkeämpi kuin 30 vuotta palvelleen ydinvoimainsinöörin argumentti. Myös vastuu ydinturvallisuudesta on hämärtyneessä. Kun voimayhtiön johdon tavoite minimimäärästä insinöörejä ja STUKin halu saada kaikki mahdollinen itselleen ”hyväksyttäväksi” kohtaavat, syntyy ydinenergialain hengen kannalta vähintään kyseenalainen tila.

Jos olisin ydinvoiman vastustaja, en vaatisi toimintatapojen muutosta. Toivoin päinvastaista.

Säteilyturvakeskus on julkaissut (<https://ohjeisto.stuk.fi>) luonnoksen uudesta ydinvoimalaitosten sijaintipaikkaa koskevasta ohjeesta A.2. Ohjeluonnoksessa edellytetään kahta maantieteellistä voimalaitosalueelle ”pelastustoiminnan ja laitoksen turvallisuuden ylläpidon varmistamiseksi myös poikkeavissa olosuhteissa”. Oheisissa kuvista ilmenee, miten liikenneyhteysasiaa on maailmalla ratkottu.



ATS

SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA -
ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND r.y.
FINNISH NUCLEAR SOCIETY

Johtokunta

Puheenjohtaja Chairperson	TkT Liisa Heikinheimo Teollisuuden Voima Oyj Puhelin (02) 83 811 puheenjohtaja@ats-fns.fi
Varapuheenjohtaja Vice-chairperson	TkT Olli Okko STUK olli.okko@stuk.fi
Sihteeri Secretary	DI Anna Nieminen VTT sihteeri@ats-fns.fi p. +358 40 159 1156
Rahastonhoitaja Treasurer	TkT Arto Ylönen Lappeenrannan teknillinen yliopisto rahastonhoitaja@ats-fns.fi
Jäsenet Board Members	DI Ilkka Männistö Fennovoima Oy ilkka.mannisto@fennovoima.fi
	DI Juhani Palmu Posiva Oy juhani.palmu@posiva.fi
	DI Tapani Raunio Fortum Power and Heat Oy tapani.e.raunio@fortum.com
	Prof. Filip Tuomisto Aalto-yliopisto filip.tuomisto@aalto.fi
	TkT Timo Vanttola VTT timo.vanttola@vtt.fi

Toimihenkilöt

ATS Young Generation	DI Antti Paajanen Fortum Power and Heat Oy antti.paajanen@fortum.com
Kv-asioiden sihteeri International affairs	TkT Jari Tuunanen Fortum jari.tuunanen@fortum.com
Energiakanava Energy Channel WiN Finland	DI, FM Anna-Maria Länsimies Fortum anna-maria.lansimies@fortum.com
Ekskursios sihteeri	DI Juhani Palmu Posiva Oy juhani.palmu@posiva.fi
Www-vastaava	DI Heikki Suikkanen Lappeenrannan teknillinen yliopisto webmaster@ats-fns.fi
ATS-Info	TkT Seppo Vuori VTT seppo.vuori@welho.com
ATS Seniorit	Tekn.lis. Eero Patrakka Teollisuuden Voima Oyj eero.patrakka@kolumbus.fi

Toimitus ja yhteystiedot

Julkaisija:

Suomen Atomiteknillinen Seura ry
PL 78, 02151 Espoo
www.ats-fns.fi
Lehti ilmestyy neljä kertaa
vuodessa.
ISSN-0356-0473
Miktor

Vuoden 2013 lehtien teemat:

1/2013
Jätenumero
2/2013
Tutkimus
3/2013
ATS Työryhmät
4/2013
Ekskursio

Päätoimittaja, Editor in Chief:

DI, FM Anna-Maria Länsimies
ATS Ydintekniikka
c/o Kymen Ydinviestintä
PL 39, 48101 Kotka
anna-maria@lansimies.com
p. 050 561 5176

Taitto: Kymen Ydinviestintä

Yhteydenotot yleisissä asioissa,
jäsenhakemuksissa, osoitteen
ja sähköpostin muutoksissa
seuran sihteerin:
Anna Nieminen
sihteeri@ats-fns.fi
p. +358 40 159 1156

Erikoistoimittajat:

DI Lauri Rintala
lauri.rintala@aalto.fi
DI Eveliina Takasuo
eveliina.takasuo@vtt.fi
FM Johanna Hansen
johanna.hansen@posiva.fi
DI Riku Mattila
riku.mattila@stuk.fi
DI Pekka Nuutinen
pekka.nuutinen@fortum.com
DI Juha Luukka
juha.luukka@fennovoima.fi
FM Tiina Kuusimäki
tiina.kuusimaki@tvo.fi
Haastattelutoimittaja:
DI Klaus Kilpi
klaus.kilpi@welho.com





**ATS:n
uudet jäsenet**

Varsinaiset jäsenet:

Niklas Hurmerinta, Fortum
Topias Siren, Posiva
Teemu Kärkelä, VTT
Jussi Vanne, eläkkeellä
Joonas Hölttä, TVO
Tiina Jalonen, Posiva
Timo Salonen, Posiva

Opiskelijajäsen:

Maija Sutinen, Oulun yliopisto

Palautusosoite:
Suomen Atomiteknillinen Seura
PL 78
02151 ESPOO

Kannatusjäsenet:

Alstom Finland Oy

B+Tech Oy

Fennovoima Oy

FinNuclear ry

Fortum Power and Heat Oy

Mirion Technologies (RADOS) Oy

Platom Oy

Pohjoismainen Ydinvaruutuspooli

Pohjolan Voima Oy

Posiva Oy

PrizzTech Oy

Saanio & Riekkola Oy

Siemens Osakeyhtiö

Teknologian tutkimuskeskus VTT

Teollisuuden Voima Oyj

TVO Nuclear Services Oy

Voimaosakeyhtiö SF Oy

Wärtsilä Finland Oy