

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA —

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



4/2011

vol. 40

Tässä numerossa

Pääkirjoitus:

Japania ei saa jättää yksin 3

Editorial:

Japan shall not be left alone 4

Uutisia 5

Aktiiviset energiakanavalaiset
kylässä Olkiluodossa 6

ATS-ekskursio Japaniin 2011 7

Toshiba Isogo Nuclear
Engineering Center 10

Takahamassa parannetaan
varautumista tsunameihin ja
ulkoisen sähköverkon
menetykseen 12

Syysseminaari 2011 14

Uuden kunniajäsenen
professori Risto Tarjanteen puhe
ATS 45-vuotisjuhlassa 17

Kolumni:

Viranomaisena Väli-Amerikassa 18

Diplomityö:

Lauri Rintala 20

Risto Vanhanen 21

Otso-Pekka Kauppinen 22

Tapahtumakalenteri 23



ATS

4/2011, vol. 40

VUODEN 2011 TEEMAT

1/2011

Ydinlaitosten käytöstäpoisto

2/2011

Tutkimus

3/2011

YG / seniorinumero

4/2011

Syysseminaari ja ekskursio

ILMOITUSHINNAT

1/1 sivua 700 €

1/2 sivua 500 €

1/4 sivua 300 €

TOIMITUKSEN OSOITE

ATS Ydintekniikka
c/o Riku Mattila
Säteilyturvakeskus
PL 14
00881 Helsinki
Puhelin 09 759 88680
Telefax 09 759 88382
toimitus@ats-ydintekniikka.fi

ISSN-0356-0473

Painotalo Miktor Oy



JULKAISIJA / PUBLISHER

Suomen Atomiteknillinen Seura –
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

ATS WWW

www.ats-fns.fi

Toimitus / Editorial Staff

Päätoimittaja / Chief Editor

DI Riku Mattila
Säteilyturvakeskus
paatoimittaja@ats-ydintekniikka.fi

Taittaja / Lay-out Editor

Pekka Rahkonen
p. 050 369 7234
pekka.rahkonen@sci.fi

Erikoistoimittajat / Members of the Editorial Staff

TkT Jarmo Ala-Heikkilä
Aalto-yliopiston
teknillinen korkeakoulu
jarmo.ala-heikkila@tkk.fi

DI Eveliina Takasuo
VTT
eveliina.takasuo@vtt.fi

FM Johanna Hansen
Posiva
johanna.hansen@posiva.fi

DI Pekka Nuutinen
Fortum Power and Heat Oy
pekka.nuutinen@fortum.com

DI Kai Salminen
Fennovoima Oy
kai.salminen@fennovoima.fi

FM Sini Gahmberg
Teollisuuden Voima Oyj
sini.gahmberg@tvo.fi

Haastattelutoimittaja / Journalist reporter

DI Klaus Kilpi
klaus.kilpi@welho.com

Johtokunta / Board

Puheenjohtaja / Chairperson

TkT Eija Karita Puska
VTT
PL 1000, 02044 VTT
p. +358 20 722 5036
puheenjohtaja@ats-fns.fi

Varapuheenjohtaja / Vice-chairperson

DI Veijo Ryhänen
Teollisuuden Voima Oy
veijo.ryhanen@tvo.fi

Sihteeri / Secretary of the Board

TkT Silja Häkkinen
VTT
sihteeri@ats-fns.fi

Rahastonhoitaja / Treasurer

Risto Vanhanen
Aalto-yliopiston
teknillinen korkeakoulu
risto.vanhanen@tkk.fi

Jäsenet / Other Members of the Board

TkT Jari Tuunanen
Fortum Power and Heat Oy
jari.tuunanen@fortum.com

DI Kai Salminen
Fennovoima Oy
kai.salminen@fennovoima.fi

Timo Seppälä
Posiva Oy
timo.seppala@posiva.fi

Olli Okko
STUK, olli.okko@stuk.fi

Toimihenkilöt / Officials

Jäsenrekisteri / Membership Register

TkT Silja Häkkinen
VTT
sihteeri@ats-fns.fi

Kv. asioiden sihteeri / Secretary of International Affairs

TkT Jari Tuunanen
Fortum Power and Heat Oy
jari.tuunanen@fortum.com

Energiakanava / Energy Channel

TkT Karin Rantamäki
VTT
karin.rantamaki@vtt.fi

Young Generation

DI Tapani Raunio
Fortum Power and Heat Oy
tapani.raunio@fortum.com

Ekspansios sihteeri / Excursion Secretary

DI Jani Pirinen
Fortum Power and Heat Oy
jani.pirinen@fortum.com

Suomen Atomiteknillisen Seuran (perustettu 1966) tarkoituksena on edistää ydintekniikan alan tuntemusta Suomessa, toimia yhdyssiteenä jäsentensä kesken kokemusten vaihtamiseksi ja ammattitaidon syventämiseksi sekä vaihtaa tietoja ja kokemuksia kansainvälisellä tasolla.

ATS Ydintekniikka on neljä kertaa vuodessa ilmestyvä lehti, jossa esitellään ydintekniikan tapahtumia, hankkeita ja ilmiöitä numeroittain vaihtuvan teeman ympäriltä. Lehti postitetaan seuran jäsenille.

Lehdessä julkaistut artikkelit edustavat kirjoittajien omia mielipiteitä, eikä niiden kaikissa suhteissa tarvitse vastata Suomen Atomiteknillisen Seuran kantaa.



Japania ei saa jättää yksin

Suomen Atomiteknillisen Seuran johtokunta päätti helmikuussa 2011 vuosittaisen ulkomaan ekskursionneen kohteeksi Japanin. Japani oli ajan-kohtainen uusissa suomalaisissa laitoshankkeissa mukana olevien reaktorivaihtoehtojen vuoksi. Tsunami 11. maaliskuuta muutti asetelmat.

Ekskursiomeen valmistelut olivat pitkään ns. jäissä luonnollisista syistä. Elokuun alussa tunnustelimme tilannetta Tekesin kautta ja teimme päätöksen edetä. Japan Atomic Industrial Forum (JAIF) avulla matkan ohjelma saatiin ripeästi järjestetyksi. Tosin ohjelmassa olleet voimalaitoskohteet muuttuivat Japanissa meneillään olevien laitosten stressitestien vuoksi viime hetken saakka. Matka herätti laajaa kiinnostusta lyhyestä ilmoittautumisajasta huolimatta ja ilmoittautuneita oli 19.

Fukushimassa emme käyneet emmekä saaneet oleellisesti uutta tietoa verrattuna STUK:n Keijo Valtosen esitelmään syysseminaarissamme. Toisaalta tämä kertoo STUKin olevan hyvin perillä tilanteesta. Fukushima vaikutus oli kuitenkin selvästi nähtävillä kaikkialla. Vain 10 Japanin 54 ydinvoimalaitoksesta oli käynnissä ja muut edelleen alas ajettuina huoltoseisokkien tai ylimääräisten tarkistusten vuoksi. Sekä käyvillä että seisokissa olevilla laitoksilla toteutettiin varautumista Fukushima kaltaisiin katastrofeihin. Eri vierailukohteista on tässä lehdessä ekskursionsihteerin kirjoittama yhteenveto ja muiden osallistuneiden kirjoittamat artikkelit. Vastaanotto oli kaikkialla ystävällinen ja isännät halusivat kuulla erityisesti suomalaisten laitosten stressitesteistä.

Laitosvierailuilla kävi ilmi, että nyt yritetään varautua Fukushima kaltaisiin onnettomuuksiin järjestämällä varavoimaa laitosten katolle tai muutoin korkealle paikalle ja korvaavia jäähdytysveden ottoja yms.. Yleiskuvaksi jäi kuitenkin, että kansallisesti ei ole kovin hyvää yleissuunitelmaa, aikataulua eikä laitosten välistä kommunikointia, eikä kenelläkään näytävää olevan käsitystä, mitkä ovat ne viranomaisvaatimukset, joilla asiat saadaan hyväksyttävälle tasolle.

Katsushika Hokusain (1760-1849), eräs tunnetuimmista teoksista on *Kanagawan suuri aalto, sarjasta 36 näkymää Fuji-vuorelle*. Teos toistuu t-paidoissa, mukeissa ja seinävaatteissa, kuten Kiotossa kierrelessämme havaitsimme. Siis Japanin historiassa tsunami ei ole erityisen harvinainen ilmiö.

Nyt vuoden lopulla tilannetta tarkastellessa voi todeta, että japanilainen yhteiskunta osoittautui riittävän vahvaksi kestävänsä. Tsunami ei vienyt Japanin ydinteknistä osaamista ja esimerkiksi raskaiden komponenttien osalta tilauskirjat täynnä ulkomaisia toimituksia, kuten Mitsubishilla vieraillessamme totesimme. Menneestä on syytä oppia. Japanilla ja ydinenergialla on uuden vuoden alkaessa suunta uuteen nousuun turvallisuus varmistettuna.

Japan shall not be left alone

In February 2011, the Board of The Finnish Nuclear Society selected Japan as the target of our annual excursion. Japan was actual due to the reactor alternatives included in the new Finnish plant projects. The tsunami on March 11 changed the boundary conditions.

The preparations for our excursion were frozen for a period of time because of natural causes. In the beginning of August we made an inquiry about the situation through Tekes, the Finnish Funding Agency for Technology and Innovation, and decided to proceed with preparations. The programme was effectively prepared with help from the Japan Atomic Industrial Forum (JAIF). The power plants to be visited kept, of course, changing until the last moment due to the stress tests taking place in Japan. The journey turned out popular in spite of the short registration time, and there were 19 participants.

We did not visit Fukushima, and regarding the March accident we did not get essential new information in comparison to that previously given by Keijo Valtonen from STUK in our autumn seminar. On the other hand, this tells that STUK is well informed about the situation. The effect of the accident at Fukushima Dai-ichi was, however, clearly visible everywhere. Only 10 out of Japan's 54 plant units were in operation, the rest being shut down due to maintenance or additional inspections. Preparations for catastrophies such as the Tohoku earthquake and the tsunami following it were being realised at all plant units.

Concerning the targets of our visits, this issue of *ATS Ydintekniikka* contains the summary written by our excursion secretary, and the articles written by other participants of the excursion. The reception was friendly everywhere, and the hosts were especially interested about the stress tests taking place at the Finnish nuclear power plants.

On the plant visits it became clear that accidents such as that at Fukushima Dai-ichi are being prepared for by arranging emergency power supplies at rooftops or other high places, alternative cooling water supplies etc. The general picture is, however, that there is not a very well defined national plan or schedule, the communication between different utilities is not very good, and nobody seems to have an accurate idea as to what are the regulatory requirements that shall be fulfilled in order for the situation to become acceptable.

One of the most famous works of *Katsushika Hokusai* (1760-1849), is *The Great Wave off Kanagawa*, from the series *Thirty-six Views of Mount Fuji*. The artwork is reproduced in T-shirts, mugs and tapestries, as we noted walking around Kyoto. Tsunami is not an extremely rare event in the history of Japan.

Looking at the situation now, at the end of the year, one may note that the Japanese society was strong enough to prevail. The tsunami did not wipe off the knowhow in nuclear technology, and e.g. regarding the heavy components, the order books are full of foreign contracts, as we witnessed when visiting Mitsubishi Heavy Industries. There is a reason to learn from the past. As the new year begins, Japan and its nuclear technology have a secure direction towards the new rising sun.

UUTISIA

Tero Varjorannasta Säteilyturvakeskuksen pääjohtaja

Filosofian lisensiaatti **Tero Varjoranta** on nimitetty Säteilyturvakeskuksen pääjohtajan tehtäviin seitsemänvuotiskaudeksi 1.2.2012 - 31.1.2019 saakka. Valtioneuvosto päätti nimityksestä lokakuussa.

Varjoranta on koulutukseltaan filosofian lisensiaatti fysiikan alalta. Hän on aikaisemmin toiminut monipuolisissa johtamis- ja asiantuntijatehtävissä sekä kotimaassa että ulkomailla. Varjoranta on työskennellyt Säteilyturvakeskuksessa vuodesta 1981 ja on toiminut Säteilyturvakeskuksen johtajana vuodesta 1997 alkaen (virka-aikana vuodesta 2010 lähtien). Parhailtaan hän toimii Kansainvälisen Atomienenergiajärjestön IAEA:n ydinpolttoainekierron ja ydinjätehuollon divisionan johtajana. Hän on toiminut myös IAEA:n asiantuntijatehtävissä vuosina 1991-1993.

(Lähde: Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö)

Kansallinen loppuraportti ydinvoimaloiden stressitesteistä valmistui

Säteilyturvakeskus lähetti 30.12.2011 Euroopan komissiolle kansallisen loppuraportin ydinvoimalaitosten stressitesteistä. Raportin mukaan Fukushimaa kaltaisen hyökkäyksen ei ole Suomessa mahdollinen, mutta suomalaisissakin ydinvoimalaitoksissa selvitetään tarpeita parantaa varautumista äärimmäisiin luonnonilmiöihin ja useiden turvallisuusjärjestelmien samanaikaiseen toimintakyvyn menetykseen.

Fukushiman onnettomuuden seurauksena EU-maiden ydinturvallisuusviranomaiset käynnistivät kesäkuussa 2011 Eurooppa-neuvoston aloitteesta ydinvoimalaitosten stressitestit. Niillä haluttiin selvittää, miten ydinvoimalaitokset ovat varautuneet maanjäristyksiin, tulviin sekä äärimmäisiin sääolosuhteisiin. Lisäksi tavoitteena oli arvioida, millaisia seurauksia ydinvoimalaitosten turvallisuusjärjestelmien samanaikaisesta pettämisestä aiheutuisi ja miten vakaviin onnettomuuksiin on varauduttu. Selvitykset tehtiin kaikkien EU-maiden ydinvoimalaitoksille samalla tavalla. Myös Sveitsi ja Ukraina osallistuivat stressitesteihin.

Suomalaisten ydinvoimalaitosten turvallisuutta, muun muassa varautumista vakaviin onnettomuuksiin, maanjäristyksiin ja äärimmäisiin sääolosuhteisiin, on parannettu järjestelmällisesti niiden käyttöönotosta lähtien. Fukushimaa onnettomuus nosti kuitenkin esiin joitakin uusia kysymyksiä ja parannusehtoja käyville laitoksilla. Rakenteilla olevan Olkiluoto kolmosen suunnittelussa äärimmäiset luonnonilmiöt on otettu kattavasti huomioon.

Parannuksia ja lisäanalyseja todettiin tarpeelliseksi tehdä koskien joidenkin rakenteiden, kuten käytetyn polttoaineen alaiden ja sammutusvesijärjestelmien kestävyyttä maanjäristystilanteissa. Loviisan laitoksella turvamarginaali meriveden nousua vastaan on pienempi kuin muilla laitoksilla, ja sen parantaminen on otettava tavoitteeksi. Luotettava sähkönsyöttö keskeisille turvallisuusjärjestelmille on suomalaisissa ydinvoimalaitoksissa varmistettu olennaisesti monipuolisemmin kuin useimmissa muissa maissa. Tulevaisuudessa suomalaisilla laitoksilla tullaan kuitenkin vaatimaan järjestelyt turvallisuuden varmistamiseksi myös siinä tilanteessa, että sähkön saanti laitoksen sisäisestä jakeluverkosta keskeytyisi kokonaan 72 tunnin ajaksi. Loviisan voimalaitoksella vaatimuksen täyttävät järjestelyt ovat jo olemassa, mutta Olkiluodossa on tarpeen suunnitella parannuksia kaikkien ydinvoimalaitosyksiköiden turvallisuusjärjestelmiin.

Stressitestien seuraavassa vaiheessa, alkuvuonna 2012, kansallisia raportteja arvioidaan erikseen koottavissa arviointiryhmissä, joissa on edustus myös Euroopan komissiosta. STUKin asiantuntijoita on mukana arviointiryhmissä. Arviointityö valmistuu 30.4.2012 mennessä ja Euroopan komissio esittelee stressitestien tulokset Eurooppa-neuvostolle kesäkuun lopulla.

Stressitestit eivät suoraan johda ydinvoimalaitoksia velvoittaviin turvallisuusparannuksiin koskeviin vaatimuksiin, vaan vaatimukset esitetään erikseen kansallisella tasolla tehtävissä päätöksissä.

(Lähde: STUK)

Johanna Hansen



Aktiiviset energiakanavalaiset kylässä Olkiluodossa

Ensi vuonna 20-vuotista taivaltaan juhlistava Energiakanava on perustettu ydinalla toimivien naisten verkostoksi. Eikä pelkästään verkostoitumista varten, vaan myös välittämään tietoa naisten näkökulmasta naisille eri energiavaihtoehdoista ja säteilyn käyttöön liittyvistä asioista.

Verkosto koulutetaan muun muassa vieraillemalla eri kohteissa ja tapaamalla muita alalla toimivia naisia. Energiakanavan järjestämällä retkellä Olkiluotoon oli mahdollisuus päästä tutustumaan läheltä Posivaan ja TVO:hon.

Tutustuminen alkoi vierailukeskuksen herkullisella lounaalla. Alkutervehdyksenä kuultiin pikakurssi ydinjätehuoltoon Posivan toimitusjohtaja **Reijo Sundellin** toimesta. Energiakanavalaisia kiinnosti erityisesti loppusijoitukseen liittyvän tutkimuksen tarve tulevaisuudessa käyttötoiminnan alkaessa, ydinjätteiden palautettavuus ja paikanvalintaan liittyneet taustatekijät sekä vaakasijoi-

tusratkaisun (KBS-3H) tilanne luvituksessa.

Tämän jälkeen **Käthe Sarparanta** esitteli OL3-projektia ja huimia lukuja, liittyivät ne sitten työvoiman määrään, komponenttien kokoon, putkiston pituuteen, teräksen painoon tai betonikuutioihin. Ainoa pieni luku taisi olla tapaturmataajuus työmaan kokoon verrattuna. Ennen kenttäkierrosta **Anna-Maria Länsimies** antoi lyhyen katsauksen Energiakanavan toiminnasta.

Kenttäkierros olikin sitten retken kohokohta. Kun näkee omin silmin kallioperän rakenteen kairasydämessä tai miten valtava on OL3 työmaa ja miten paljon siellä on saatu aikaiseksi, niin vakuuttuu hankkeiden onnistumisesta ja valmistumisesta. Posivan ONKALO työmaalla isäntänä toimi geologi **Tuomas Pere**, joka selitti yleistajuisesti Olkiluodon geologista menneisyyttä. Ihan visiitin lopuksi, kun Tuomas innostui käyttämään geologisia termejä, lohkaisi yksi osallistujista ihmetellen,

että miksi suomenkieli yhtäkkiä vaihtui virokseksi. (Jälkihuom: Geologisena terminä kataklas-tinen breksia tarkoittaa aiemmin kiteytyneen kallion kulmikkaita palasia, jotka ovat muodostuneet kallioperän liikuntojen aiheuttamalla siirros- ja ruhjevyyhyhykkeillä. Ja suurin osa Olkiluodon ruhjevyyhyhykkeistä on syntynyt vuorijononmuodostuksen yhteydessä noin 1800 miljoonaa vuotta sitten.)

Vieraat olivat erittäin vaikuttuneita kuulemastaan, näkemästään ja kokemastaan sekä aidosti niin innostuneita aiheesta, ettei osa malttanut millään luopua turvavarusteista-kaan kuin vasta vierailun lopuksi.

Johanna Hansen
R&D coordinator
Development of disposal technology
Posiva Oy

ATS-ekskursio Japaniin 2011

Näkymä Koben ylle, matkalla kohti yrttipuutarhaa.

Vuoden 2011 ATS-ekskursio 19-27.11 suuntautui Japaniin, ollen ekskursionsihteerin kolmas pitkä ekskursio. Matkakumppaneina mukana tällä kertaa oli kaiken kaikkiaan 17 henkeä, edustettuina Suomen merkittävimmät ydinvoimatoimijat. Matkalla saimme tutustua merkittävimpiin ydinvoimatoimijoihin kuten Hitachiin, Mitsubishiin (MHI) ja Toshibaan, sekä Tokion, Koben ja Kioton kaupunkeihin.

Startti

Pitkän lentomatkan jälkeen saavuimme Tokioon sunnuntaiaamuna paikallista aikaa. Vastassa meitä oli oppaanamme ekskursion aikana toiminut **Mari**. Ensimmäisenä pääsimme tutustumaan Tokioon kaupunkikierroksella, jonka pääkohteena oli Asakusa Kannon Temple, Nakamise Arcade. Kohteessa saatoimme todeta paikan olevan hyvin suosittu vierailukohde myös paikallisten parissa. Päivä huipentui, kun tutustuimme japanilai-

sen keittiön makumaailmaan Shabu-Shaburuuan parissa.

Maanantai – seminaaripäivä

Päivän aluksi tutustuimme **Mr. Hamachiin**, jonka ansiosta ekskursiolla toteutui läpileikkaus Japanin ydinvoimatoiminnasta. Seminaaripäivän aikana esittelimme Suomen ydinvoimatoimintaa eri näkökulmista. Vastaavasti isännät JAIF:lta (Japan atomic industrial Forum) esitteli Japanin ydinvoima-

toimintaa sekä JNES (Japan Nuclear Energy Safety organization) esitteli selvityksen Fukushima. Päivä jatkui Hitachin tapaamisella, jolloin saimme tutustua heidän toimintaansa yleisesti sekä erityisesti BWR ydinvoimatoimintoihin

Tiistai – Laitosvierailu Hamaoka NPP

Aamulla bussin keula otti suunnaksi Toshibaan Isogo Engineering Centerin (IEC). To-



Osallistajat Hamaokan laitoksen vierailukeskuksen portailla.

Osallistajat:

Pirinen Jani
 Hietanen Ossi
 Väänänen Merja
 Raunio Tapani
 Saarnio Arto
 Ikonen Jani
 Päivärinta Jukka
 Puska Eija Karita
 Ahonen Jorma
 Lamroth Harry
 Seppälä Malla
 Tirri Erkki
 Ahtinen Esa
 Härkölä Jukka
 Kumpula Jussi
 Savolainen Toni
 Palonen Erkki

shiban yleisen esittelyn lisäksi tutustuimme uusimpiin suunnittelutyökaluihin. Täältä matkamme jatkui Hamaokan laitosalueelle. Paikan päällä tutustuimme Fukushima onnettomuuden jälkeiseen aikaan, jolloin laitosalueella oli käynnissä monia muutostöitä, kuten tulvaseinämän rakennustyöt sekä ovi-oven tiivistystoimia. Vierailun jälkeen matkustimme kohti Kakegawaa ennen seuraavan päivän matkustusta kohti Koba.

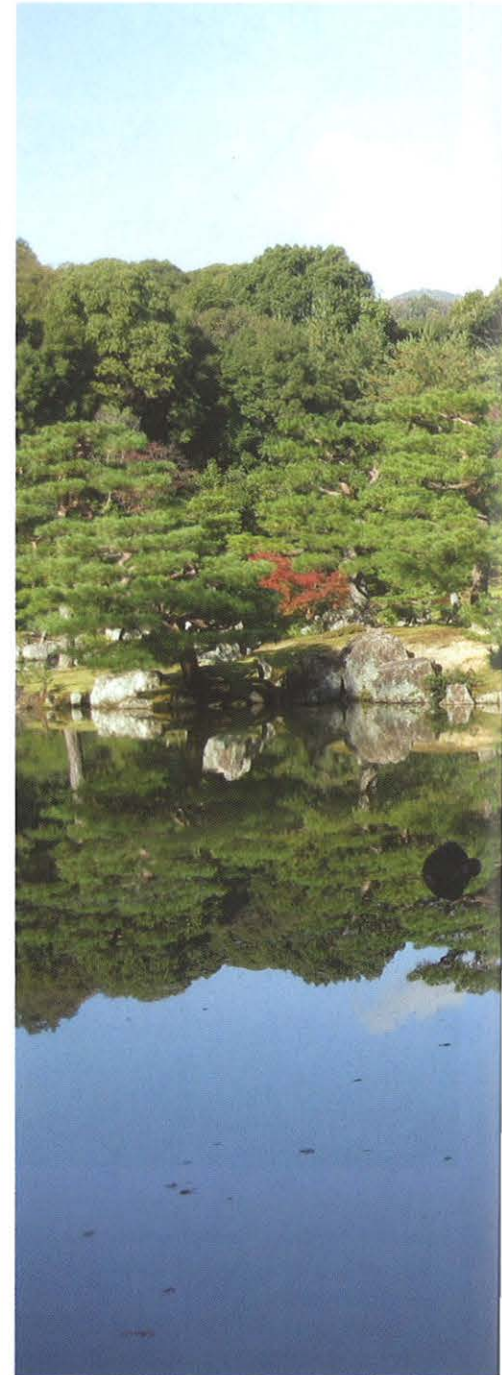
Keskiviikko – kansallinen vapaapäivä

Ekskursion keskelle osui japanilainen kansallinen vapaapäivä. Tällöin emme vierailleet lai-

tosalueilla tai konepajalla. Aamulla saimme kokea luotijunan huimaa kyytiä kohti Koba, jossa meitä odotti sakemuseovierailu. Paikan päällä saimme tutustua saken teon saloihin ja perinteisiin, maistiaisista unhoittamatta.

Torstai – valmistajavierailu MHI

Puoleen päivään asti kestänyt vierailukokous alkoi aamulla Mitsubishin toimistotiloissa senaariipäivän hengessä. Tällöin esittelimme omaa toimintaamme, joskaan ei yhtä laajalti, kuin maanantain seminaarisessiossa. Vastaavasti saimme kattavan esittelyn MHI:n puolelta. Päivä huipentuikin höyrystimien kokoonpano-osastolla. Tällöin meil-



le esiteltiin läpyleikkauksena höyrystinvalmistuksesta.

Loppupäivän saimme tutustua Kobaan kaupunkiin. Useimpien matkojen suuntautui kohti köysiradanpäädessä olevaa yrppuutarhaa. Tällöin mukana olleet pääsivät tuntemaan huikeat maisemat kaupungista.

Perjantai – laitospöytäkirja Takahaman voimalaitokselle

Useiden tuntien matkaamisen jälkeen pääsimme tutustumaan Takahama painevesilaitokseen. Tällöin meille esiteltiin varautumiskeinoja tsunami-onnettomuuteen. Lisäksi



Kultainen paviljonki -Rokuon-Ji temppeli.

pääsimme tutustumaan turbiinihalliin sekä valvomoon.

Viikonloppu – annos kulttuuria ja kotimatkalle

ATS:n ekskursion tavoitteena oli saada läpileikkaus Japanin ydinvoimatoiminnoista niin laitospöytäkirjojen, toimittajien tapaamisten sekä organisaatioiden, kuten JAIF tapaamisilla. Japanissa vierailulla on vahvasti aistittavissa perinteet. Näistä perinteistä saimme hieman esimakua tutustuessamme temppelisiin Tokiossa ja Kiotossa. Näiden lisäksi saatoimme laajentaa käsitystämme Japanista tyypillisten makujen maailmassa.

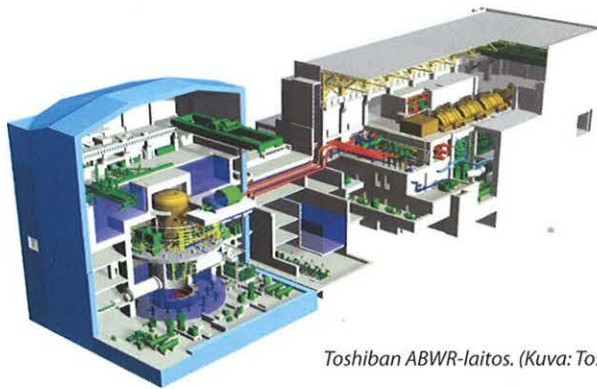
Sunnuntaina koitti jo kuitenkin lähtö kohti koti-Suomea. Matkamme alkoi aamuhämärissä, jolloin suuntasimme Osakan lentokentälle, josta Naritan välilaskun kautta saavuimme iltapäivällä sateiseen Helsinkiin. Eriytyiset kiitokset Arean **Ildiko Koivuvuolle** ja muulle tiimille matkaan liittyvistä järjestelyistä ja erityisesti onnistuneesta paikallisoppaan palkkaamisesta.

Kaikki hyvä loppuu kuitenkin aikanaan, kiitoksia kaikille tälle sekä edellisille ekskursion oiville osallistuneille mukavista muistoista ja unohtumattomista hetkistä. Nyt on aika antaa ekskursion järjestelyvastuu eteenpäin.



*DI Jani Pirinen
Suunnitteluinsinööri
Quality engineering, Fortum
Jani.pirinen@fortum.com*

Toshiba Isogo Nuclear Engineering Center



Toshiban ABWR-laitos. (Kuva: Toshiba)

Ekskursiomme neljäs vierailukohde oli tiistaina 22.11.2011 Toshiba ydinvoima-alan suunnittelutoimisto Toshiba Isogo Nuclear Engineering Center (IEC). Vierailimme siellä matkalla Tokiosta Hamakan ydinvoimalaitokselle. IEC sijaitsee Yokohaman kaupungissa Isogon alueella. Samalla alueella sijaitsee IEC:n lisäksi myös Toshiba laivateollisuuden valmistusta. Perillä IEC:llä meitä odotti IEC:n johtaja (General Manager) herra **Tetsuo Yamamoto**. Herra Yamamoto piti meille pikaisen esittelyn Toshiba-konsernista, ja tietysti erityisesti sen meitä kiinnostavasta osasta ydinvoimateollisuuden suunnittelu- ja tuotekehittelyyn erikoistuneesta suunnittelutoimistosta Toshiba Isogo Nuclear Engineering Centeristä. Toshiba on yksi vaihtoehto sekä tulevaan Fennovoiman laitokseen (Toshiba ABWR), että Teollisuuden voiman Olkiluoto 4 -laitokseen (Toshiba-Westinghouse ABWR).

Yrityksen esittely

Toshiba on perustettu vuonna 1875 japanilaisen **Hisashige Tanakan** toimesta. Konser-

n pääkonttori sijaitsee Tokiossa. Maailmanlaajuisesti Toshiba työskenlee yhteensä noin 203 000 työntekijää. Toshiba toiminta on organisoitu neljään toimintaryhmään; digitaaliset tuotteet -ryhmä (esimerkiksi tietokoneet, televisiot), elektronisten tuotteiden komponentit -ryhmä (esimerkiksi mikroprosessorit), infrastruktuurijärjestelmät -ryhmä (esimerkiksi ydinvoimalaitokset, junat) ja kodinkone -ryhmään (esimerkiksi jääkaapit, valaisimien polttimot).

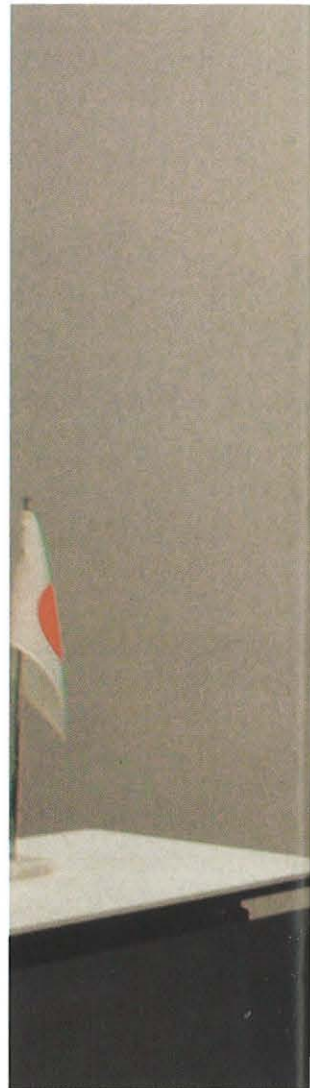
Yhtenä osana infrastruktuurijärjestelmät -ryhmää on Voimajärjestelmät yritys (Power Systems Company), joka sisältää Ydinenergia järjestelmät & palvelut divisioonan, jonka suunnittelutoimiston vieraaksi me saavuimme. Mielenkiintoinen toinen osa Voimajärjestelmiä on Toshiba Westinghousen kanssa yhdessä omistama tytäryritys Westinghouse Electric Company LLC (WEC). Ydinenergia-alalla Toshiba pyrkii tarjoamaan täyden palvelun sisältäen polttoaineen valmistuksen, kevytvesireaktoreiden suunnittelun, rakentamisen ja niiden huoltopalvelut, käytetyn polttoaineen käsittelemisen ja tulevaisuu-

den energiamuotojen kehittämisen.

Toshiba on varsin kokenut ydinvoimalaitosten rakentajana. Lisäksi tärkeätä on, että tämä kokemuksen rakentaminen ei koskaan katkennut ja osaava henkilöstö siirtynyt muihin tehtäviin kuten Euroopassa kävi. Toshiba aloitti ydinenergia liiketoiminnan vuonna 1966 ja on ollut mukana valmistamassa Japanin 56 yksiköstä 22:a, näistä 17 yksikössä pääurakoitsijana. Maailmanlaajuisesti Toshiba tekee yhteistyötä Westinghousen kanssa, jolloin yhteisyritys voi tarjota sekä BWR että PWR teknologiaa asiakkaan niin halutesa. Yhteisyritys pitää itseään maailman johtavana ydinvoimalaitosten toimittajana 28 % osuudella maailman toimivista laitoksista. Valmistuskokemusta lasketaan olevan yhteensä 112 laitoksesta. Näiden mukana on Suomesta Olkiluoto 1 ja 2.

Toshiban 3DCAD ja 6DCAD -piirustusohjelmat

Toshiban esittelyn jälkeen siirryimme koulutushuoneeseen, jossa Toshiba esitteli meil-





Viirien luovutus isännille. (Kuva: Jorma Ahonen)

le 3DCAD ja 6DCAD:n. 3DCAD on normaalia kolmiulotteista piirustusta rakenteista. Uutena oli mahdollisuus tehdä piirustus digitaalisesta valokuvasta. Esimerkkinä meille näytettiin ensin helikopterista otettu valokuva Fukushiman voimalaitoksen romahtaneista kattorakenteista. Valokuvan perusteella oli tehty 3D-piirustus nykyisestä tilanteesta. Piirustukseen oli myös liitetty tietoa kattorakenteiden valmistuspiirustuksista. Tuloksena saadun 3D-piirustuksen perusteella voitiin etukäteen suunnitella korjaustoimenpiteet ja esimerkiksi raivausjärjestys.

Toisessa esimerkissä 3D-piirustus oli tehty laserskannauksen perusteella. Kyseessä oli putkiliinjoja ja laitteita sisältävä huone. Tehtävänä oli haalata esivalmistettu putkikloki asennuskohteeseen. Työsuunnittelussa haalattava putkikloki siirrettiin suunniteltua haalauslinjaa pitkin 3D piirustuksessa. Piirustuksessa putkiklokiin törmäävät muut rakenteet muuttuivat punaisiksi. Tuloksen perusteella voitiin etukäteen suunnitella vaativat haalaukset ja nähtiin mitä rakenteita tulee purkaa haalauksen tieltä jotta kappale saa-

daan haluttuun paikkaan.

6DCAD on 3D-piirustus johon on lisätiedoksi liitetty materiaalmäärät, aika ja resurssit. Käytännössä meille näytettiin näkymä, jossa vasemmassa reunassa oli 3D-piirustus huoneesta, jossa oli lukuisia putkistoja ja painesäiliöitä. Oikeassa reunassa oli tyypillinen projektinhallintänäkymä ositettuihin tehtäviin ja aikataulupalkkeineen aika-akselilla. Ohjelmassa nämä molemmat oli yhdistetty niin, että kun projektinhallintänäkymässä liikutettiin aika-akselia, niin vasemmassa 3D-piirustuksessa nähtiin putkiston, säiliöiden ja jopa tarvittavien telineiden asennusjärjestys. Työkalu näytti erittäin visuaaliselta keinolta nähdä asennustyö kokonaisuutena ja niiden eri osa-alueiden liittyminen toisiinsa. 6DCAD-piirustusta korjataan projektin edistyttyä toteutumien perusteella. Kuuleman mukaan mahdollisten aikataulumuutoksien vaikutus esimerkiksi resurssimääriin oli mahdollista nähdä.

Vieraiden kiitokset

Nähtyjen esitelmien perusteella Toshiba näytti pätevältä ydinvoimalaitosten toimittajalta. Varsinkin pitkä-aikainen kokemus uusien ydinvoimalaitosten rakentamisesta ja vanhojen huoltamisesta oli vakuuttavaa. Voisi olla mielenkiintoista nähdä miten japanilainen kokenut suunnittelu ja erityisesti projektin aikataulutus toteutuisi Suomessa. Vierailun lopussa ATS:n puheenjohtaja **Eija Karita Puska** ojensi Toshibaalle ATS:n perinteen mukaisesti seuran viirin ja kiitti mahdollisuudesta vierailulla laitoksella. ATS:n ekskursios sihteeri **Jani Pirinen** ojensi muutaman pienen muistolahjan vieraiden puolesta.

DI Jorma Ahonen
Laadunvalvontapäällikkö
Fortum Power and Heat Oy
Loviisan voimalaitos
jorma.ahonen@fortum.com

Jussi Kumpula, Tomi Savolainen



Takahamassa parannetaan varautumista tsunameihin ja ulkoisen sähköverkon menetykseen

Vierailun aluksi isännät kertoivat KEPCO:n toiminnasta yleisellä tasolla sekä erityisesti Takahaman laitoksen tilanteesta. KEPCO:n työntekijämäärä on 22 200 henkilöä ja yhtiö tuottaa kolmen ydinvoimalaitoksen lisäksi sähköä myös mm. 149 vesivoimalalla, joiden yhteenlaskettu kapasiteetti on noin 8200 MW. Takahaman laitos tunnetaan japanilaisittain korkeista tuotantokertoimistaan, mutta silti tyypillinen vuosihuollon kesto on 2-4 kuukautta. Vierailuisännät tuntuivatkin arvostavan TVO:n ja Fortumin parhaimmillaan 8-14 päivän mittaisia

vuosihuoltoja.

Sähkömenetystilanteisiin varautumista parannetaan

Vierailumme aikana Takahaman laitokset 2 ja 3 olivat tehoajossa, mutta laitos 2 oltiin ajamassa vuosihuoltoon vierailuamme seuraavana yönä ja kolmosyksikkökin ajettiin vuosihuoltoon 9. joulukuuta. Tällä hetkellä vuosihuolloissa ei ollut kiirettä, koska kenelläkään ei ollut tietoa, milloin laitokset saadaan jälleen käynnistää. Japanissa käynnistämiseen

vaaditaan viranomaislupien lisäksi myös paikallisen kuvernöörin lupa, joiden saaminen nykyisessä tilanteessa vaikutti olevan vaikeaa.

KEPCO ei kuitenkaan odottele käynnistyslupien saamista tumput suorina vaan on ryhtynyt parantamaan varautumista tsunameihin sekä ulkoisen sähköverkon täydelliseen menettämiseen. Virransaannin varmistamiseksi laitosalueelle hankitaan 4 rekkaa, joista saadaan virtaa mm. valvomoihin. Hankintalistalla on myös pari siirrettävää dieselkäyttöistä apusyöttövesipumppua ja 8 kpl ilmajääh-



Näkymä Takahaman laitosalueelle Wakasa-lahdelta kuvattuna. Vasemmalla ovat 826 MWe tehoiset laitosyksiköt 1 ja 2 ja oikealla 870 MWe tehoiset yksiköt 3 ja 4. (Kuva: KEPCO)

ATS:n Japanin ekskursion toinen voimalaitosvierailu suuntautui Takahaman ydinvoimalaitokselle, joka koostuu neljästä Kansai Electric Power Companyn (KEPCO) omistamasta PWR-yksiköstä. Laitos sijaitsee erittäin kauniilla paikalla vuorten ympäröimänä Japanin Kiinanpuoleisella rannikolla noin 50 km Kioton pohjoispuolella. Laitokselle ajaessamme ihastelimme muutaman kilometrin päässä laitosalueesta sijaitsevia rantoja, joilla oli arkipäivästä ja koleasta kelistä huolimatta kymmeniä surffareita hiomassa taitojaan.

dytteisiä dieselmoottoreita reaktorisydämen jäähdytyksen varmistamiseksi. Höyrykäyttöisillä apusyöttövesipumpuilla saadaan syötettyä vettä sekundaaripiiriin. Jäähdytysveden saatavuuden varmistamiseksi tulee mm. 61 palovesipumppua ja lisäksi yksi iso merivesipumppu. Tsunamiin varaudutaan mm. tiivistämällä alakerrosten ovet vedenpitäviksi sekä rakentamalla rannoille 11 metrin korkeinen muuri. Lisäksi hätätilanneohjeistusta ja -harjoituksia lisätään, asennetaan rekombinaattoreita vetyräjähdysten estämiseksi ja parannetaan kulkuyhteyksiä laitosalueelle.

Hukkalämpöä käytetään hyväksi

Laitoskierroksella kävimme katsomassa ensin merivesikanavan alkupäätä, josta otetaan lauhdutusvesi kaikille neljälle yksikölle. Meduusat aiheuttavat ajoittain ongelmia samaan tapaan kuin Suomessakin eli tukkivat suodattimia. Sen sijaan hieman eksoottisempia vaaroja Takahamassa ovat silloin tällöin laitosalueelle eksyvät karhut ja apinat, joista varoitetaan alueella olevissa kylteissä.

Takahamassa panostetaan myös hukkalämmön hyötykäyttöön. Pääsimme tutustumaan mm. merikorvien kasvatuslaitokseen, missä merikorvat kasvavat lämpimässä vedessä huomattavasti nopeammin kuin

luonnossa. Kasvettuaan riittävästi merikorvat päästetään mereen paikallisten kalastettavaksi. Hukkalämpöä hyödynnetään myös kalojen kasvatuksessa sekä kasvihuoneissa, joissa kasvatetaan mm. orkideoita, mansikoita ja banaaneja.

Tulevaisuudenusko on säilynyt

Laitoskierroksen loppuksi pääsimme vierailulle laitosyksiköiden 3 ja 4 yhteiseen turbiini-

halliin sekä valvomoon. Turbiineissa huomiota kiinnitti lähinnä kolmosyksikön vaaleanpunainen ja nelosyksikön vaaleansininen väritys, jotka olivat käytössä myös valvomon paneeleissa ja jopa pöydillä olevissa pape-reissa. Yksiköiden 3 ja 4 yhteisessä valvomossa yksi vuoropäällikkö on vastuussa molemmista laitoksista.

Vierailusta jäi käsitys, että KEPCO:ssa on edelleen positiivinen asenne ja luottamus siihen, että laitokset saadaan vielä tuotantoon.



TKT Jussi Kumpula,
TVO, Reaktorifysikko,
Ydinturvallisuusosasto,
jussi.kumpula@tvo.fi



Ins. Tomi Savolainen,
TVO, Konstruktioinsinööri,
Tekniikka-osasto,
tomi.savolainen@tvo.fi

Syysseminaari 2011



Janne Mokka.

Suomen Atomiteknillisen seuran perinteinen syysseminaari järjestettiin tällä kertaa Säätytalolla Helsingissä 3. marraskuuta. Seminaarin aiheena oli Fukushimaa vaikutukset maailmalla ja ajankohtaiset ydinvoima-asiat Suomessa.

Tänä vuonna syysseminaarin jälkeen järjestettiin ATS:n 45-vuotisjuhla, kuten viiden vuoden välein on tapana. Sen vuoksi perinteistä buffettillalista ei seminaarin päätteeksi ollut. Seminaariin Säätytalon suurimpaan saliin oli ilmoittautunut 178 henkeä, mikä on neljä henkeä enemmän, kuin salin ilmoitettu paikkamäärä. Kaikki ilmoittautuneet eivät kuitenkaan saapuneet paikalle ja jokaiselle riitti istumapaikka. Tilaisuudessa kierrätettyyn nimilistaan kertyi 149 nimeä. Seminaarissa pidettiin viisi esitystä, jotka löy-

tyvät pdf-tiedostoina seuran www-sivuilta <http://www.ats-fns.fi/>.

Fukushiman onnettomuuden vaikutukset

Ensimmäisen esityksen seminaarissa piti **Keijo Valtonen** Säteilyturvakeskuksesta otsikonaan *"Fukushiman ja Japanin tapahtumien vaikutukset ydinturvallisuussäädöksiin"*. Valtonen kertasi aluksi Fukushima Dai-ichin onnettomuuteen johtaneet tapahtumat. Maa-

liskuun 11. päivänä 2011 Japanin itärannikolla sattui erittäin voimakas maanjäristys, joka vaurioitti maassa pahasti muun muassa sähköverkkoja ja kulkuyhteyksiä. Maanjäristys ei kuitenkaan tuottanut Fukushima Da-ichin voimalaitokselle ongelmia, vaan vasta maanjäristyksen synnyttämä 15 m korkea hyökyaalto. Aalto tuhosi muun muassa varavoi-
madieselgeneraattorit ja paljon muuta, mikä johti reaktorien jäähdytyksen sammumiseen, laitosalueen tulvimiseen ja täydelliseen sähkömenetykseen laitoksella. Valtonen kuva-



Keijo Valtonen.



Tellervo Taipale.

si myös tsunamin vaikutuksia muihin samalla alueella sijaitseviin voimalaitoksiin, kuten Fukushima Dai-niin ja Onagawaan. Näistä Fukushima Dai-ni oli hieman paremmin suojattu aaltoja vastaan kuin Fukushima Dai-ichi, mutta sielläkin tsunami pyyhkäisi suojavallien yli. Laitos pelastui kuitenkin, koska sijaintinsa vuoksi, tsunami ei saapunut sinne yhtä korkeana kuin Fukushima Dai-ichiin ja ulkoinen sähköverkko säilyi ehjänä. Onagawan voimalaitoksella oli puolestaan varauduttu 14,8 m korkeaa hyökyaaltoa vastaan ja näin laitoksen omat varoimenpiteet säästivät sen tuhoilta.

Aikanaan Three Mile Islandin (TMI) ja Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuudet nostivat esiin muun muassa vakavien onnettomuuksien mahdollisuuden ja tarpeen turvallisuuskulttuurin luomiseen. Tämän lisäksi Fukushiman onnettomuus on tuonut otikoihin ulkoisista uhista ja usean laitteiston samanaikaisesta vioittumisesta seuraavat ongelmat. Eri maissa on Fukushiman onnettomuuden valossa tehty selvityksiä mahdollisista tarvittavista parannuksista. Esille nousseita asioita ovat muun muassa äärimmäisiin sääilmiöihin varautuminen, pitkäaikaisen

vaihtosähkön menetykseen varautuminen, suojarakennuksen ylipainesuojaus, käytetyn polttoaineen jäähdytys ja valvomossa työskentelyn turvaaminen kaikissa tilanteissa sekä useita muita seikkoja. Eri maissa on luonnollisesti erilaiset tarpeet. Suomessa tehtyjen selvitysten mukaan meillä ei ole välitöntä tarvetta muuttaa uusia laitoksia koskevia turvallisuusvaatimuksia. Parannuskohteita kuitenkin löytyy kaikkien suomalaisten laitosten kohdalla ainakin laitospaikkakohtaisten uhkien huomioonottamisessa ja turvallisuustoimintojen monimuotoisuuden tehostamisessa.

Seminaarin toisen esityksen piti **Tellervo Taipale** Foratomista. Foratom on eurooppalainen ydinenergia-alan edunvalvontajärjestö, jolla on lähes 800 jäsentä. Taipaleen esityksen aihe oli *"Ydinenergian näkymät Euroopassa Fukushiman jälkeen"*. Japanissa päättäjät eivät onnettomuudesta huolimatta ole halukkaita luopumaan ydinenergiasta ainakaan nopealla aikataululla. Euroopassa on puolestaan nähty monenlaisia reaktioita äkkipikaisista ratkaisuisista maltilliseen pohdintaan. Yhtä ääripäätä reaktiohaitarissa edustaa Saksa, joka on päättänyt luopua ydinvoimasta

vuoteen 2022 mennessä. Toisessa ääripäässä ovat maat, jotka ovat edelleen Fukushimasta huolimatta jatkamassa suunnitelmia ydinenergian käytön lisäämiseksi. Näihin maihin kuuluvat muun muassa Suomi, Tsekki, Hollanti ja Puola. Jotkin maat ovat päättäneet lykätä aiemmin kaavailtujen päätösten tekemistä, kun taas useissa maissa onnettomuus ei ole muuttanut maan suhtautumista ydinenergiaan. Yleisesti Euroopan unionissa ennen Fukushiman onnettomuutta laadittu suunnitelma ilmastonmuutoksen vastaiseen taisteluun sisältää myös ydinenergian käytön lisäämistä. Fukushiman jälkeen EU:ssa on tehty ydinvoimaloille "stressitestejä", joissa arvioidaan mahdollisten turvallisuuteen liittyvien parannusten tarpeellisuutta. Testien tuloksia on tarkoitus tarkastella vuoden 2011 lopussa.

Ajankohtaiset ydinvoima-asiat Suomessa

Seminaarin toisen aihepiirin avasi juuri ennen kahvitaukoa **Janne Mokka** TVO:lta esityksellään *"Olkiluoto 4-hankkeen tilannekatsaus"*. Mokka esitteli hankkeen kolmivaiheista etenemismallia pääpiirteitään.



Kai Salminen.



Harri Tuomisto.

Aluksi toteutetaan kilpailuvaihe, johon kuuluu muun muassa laitostarjouskilpailu. Tätä seuraa suunnitteluvaihe, joka sisältää rakentamislupa-aineistojen tekemisen ja viimeisenä on toteutusvaihe, jossa laitos rakennetaan ja otetaan käyttöön. Rakentamislupaa on haettava 30.6.2015 mennessä. OL4-reaktorille on tarjolla viisi laitosvaihtoehtoa, joista kaksi on kiehutusvesireaktoria ja kolme painevesireaktoria. Yksi painevesireaktorivaihtoehtoista on Arevan EPR ja muut ovat Mitsubihin APWR ja KHNP:n (Korea Hydro & Nuclear Power) APR1400. Kiehutusvesireaktorivaihtoehdot ovat GE Hitachin ESBWR ja Toshiba-Westinghousen ABWR. OL4-projekti tullaan toteuttamaan joko kokonaistoimituksena tai hajautettuna hankintana, jossa esimerkiksi reaktori- ja turbiinilaitos sekä rakentamistyöt toteutetaan erillishankintoina.

Uusien laitoshankkeiden esittelyä jatkoi kahvitauon jälkeen Kai Salminen Fennovoimasta otsikolla "Hanhikivi-1 – Energiaa ja elinvoimaa Pohjois-Suomeen". Lokakuussa 2011 Fennovoima valitsi laitospaikaksi Pyhäjoen. Joitain Pyhäjoen valintaan ja Simon hylkäämiseen vaikuttaneita tekijöitä ovat parempi kallioperä, seismiset suunnitteluarvot ja vähäinen asukas- ja kesämökkimäärä laitos-

alueen läheisyydessä. Fennovoimalla on tällä hetkellä kolme laitosvaihtoehtoa, joista yksi on Toshiba ABWR ja kaksi muuta Arevan Kerena (kiehutusvesireaktori) ja Arevan EPR. Tarjouspyynnöt on lähetetty ja tarjouksia odotetaan tammikuussa 2012. Laitostoimitaja on tarkoitus valita vuosien 2012 ja 2013 aikana. Tarjoukset on pyydetty voimalaitoskokonaisuudesta, mutta lopullinen päätös toimittajan ja Fennovoiman vastuun rajoista on tarkoitus tehdä vasta myöhemmin. Tavoiteaikataulun mukaan rakentamislupaa haetaan viimeistään vuonna 2014, rakentaminen toteutetaan vuosina 2015-2019 ja laitos otetaan käyttöön vuonna 2020.

Viimeisen esitelmän seminaarissa piti Harri Tuomisto Fortumilta aiheenaan "Fortumin ydinvoima – ajankohtaista". Tuomisto kertoi aluksi Fortumin osalta stressitesteistä, joita on suoritettu ydinvoimalaitoksilla EU-alueella. STUK jätti Fortumille selvityspyynnön kesäkuun alussa ja Fortum toimitti stressitestiselvityksensä STUK:lle lokakuun lopussa. Tämän jälkeen STUK raportoi Euroopan komissiolle ja voimalaitosten vertaisarviointeja tullaan suorittamaan talvella 2012. Esityksensä viimeisenä asiana Tuomisto esitteli Fortumin ydinvoima-alan henkilöresursseja tällä

hetkellä sekä tarvetta tulevaisuudessa. Tällä hetkellä suurin ydinvoima-alan henkilöstöryhmä Fortumissa on ollut alalla yli 20 vuotta, mutta lähes yhtä suuren joukon muodostavat nuoret 0-5 vuotta alalla työskennelleet. Kokeneen henkilöstön eläköityminen aiheuttaa jonkin verran rekrytointipaineita. Samalla yhtiön tavoitteena on kasvattaa ydinvoima-alan työntekijöidensä lukumäärää lähes kaksinkertaiseksi nykytilanteesta vuoteen 2025 mennessä, mikä tarkoittaa sitä, että Fortum tulee rekrytoimaan runsaasti uutta työvoimaa lähitulevaisuudessa. Työvoiman lisäyksen tarpeen tulee aiheuttamaan suunniteltu Loviisa-3 -reaktori.

Seminaarin päätteeksi seuran puheenjohtaja Eija Karita Puska esitti lyhyen yhteenvedon käsitellyistä aiheista. Tämän jälkeen valtaosa osanottajista siirtyi valmistautumaan Kämpin Palacessa illalla järjestettyyn vuosijuhlaan.

Tkt Silja Häkkinen
VTT, Tutkija
Reaktorifysiikka
silja.hakkinen@vtt.fi

Professori Risto Tarjanne
Uuden kunniajäsenen puhe
ATS 45-vuotisjuhlissa 18.11.2011



ATS:n uudet kunniajäsenet Risto Tarjanne ja Jussi Manninen. (Kuva: Jari Tuunanen. Erityiskiitos Jaakko Raholalle kameran lainaamisesta.)

// Arvoisa juhlaväki, hyvät ystävät Atomiteknillisen Seuran 45-vuotisjuhlissa, vilpittömän kiitokseni ATS:n johtokunnalle osakseni tulleesta kunniasta sekä lämpimät onnitukset 45-vuotiaalle seuralle.

Kun Suomi astui atomiaikaan 1970-luvulla, ATS:n kuukausikokousten esitelmät välittivät tehokkaasti tietoa Loviisan ja Olkiluodon projektien etenemisestä, Finnatomien osakkuusyhtiöiden tekemisistä sekä turvallisuusviranomaisen (Säteilyfysiikan laitos, nykyisin STUK) ja VTT:n toiminnasta. Lisäksi kotimaan ja ulkomaan ekskursioita tehtiin runsaasti. Myös ulkomaisia asiantuntijoita kävi esitelmöimässä; muun muassa professori Rasmussen urauurtavasta WASH-1400 -raportista. Pääkaupunkiseudulle suunniteltiin sähköä ja kaukolämpöä tuottavaa ydinvoimalaitosta. Pelkkää kaukolämpöä tuottavaa lämmitysreaktoria (sittemmin SECURE) kehiteltiin.

Innostus oli kova ja ATS ruokki tehokkaasti tätä tiedonnälkkää. Samalla seura tarjosi tilaisuuden tutustua muihin alan ihmisiin. Julkisudessa ydinvoima koettiin positiivisena uutena teknologiana eikä vastustavia ääniä juurikaan kuulunut 1970-luvun alussa.

Helsingille kaukolämpöä tuottavan ydinvoimalaitoksen sijoituspaikkavaihtoehtona oli noin 15 kilometrin päässä sijaitseva Granön saari. Teoreettisen suuronnettomuuden (neljännes sydäimestä taivaalle) seurauksena pahimmassa (ja siten hyvin epätodennäköisessä) tapauksessa kuolonuhreja laskettiin tulevan noin 15 000. Tulokset menivät Helsingin kaupungin sähkölaitoksen välityksellä kaupunginvaltuustolle ja sitä kautta lehdis-

tölle. Ilta-anomat tempaisi etusivun otsikoksi kissankorkuisin kirjaimin tuon 15 000 jne. Olimme lähinnä närkästyneitä otsikoinnista, mutta toisaalta VTT:n johdon taholta ei tullut kommentteja asiasta (tiedottamistavoista).

1970-luvun keskivaiheilla ydinvoimavastaiset liikkeet tulivat mukaan kuvioon, suurten kaupunkien läheisyyteen sijoitettavien kaukolämpöä tuottavien laitosten kehitystä luovuttiin 1970-luvun lopulla ja keskityttiin vain sähköä tuottaviin ydinvoimalaitoksiin.

Loviisan ja Olkiluodon laitokset lähtivät alkukangertelujen jälkeen hyvin käyntiin. Ydinvoima lisäsi Suomen sähköntuotantokapasiteettia noin 20 TWh:lla eli saman verran kuin vuoden 1970 koko tuotanto. 1990-luvun alussa Suomen ydinvoimat tuotannon käyttökertoimet olivat maailmantilastojen kärkisarjoilla ja ovat siellä edelleenkin.

Ydinvoiman taloudellinen kannattavuus osoittautui hyväksi. Suomen toimintatavat ovat osoittautuneet onnistuneiksi. Henkilöiden ja organisaatioiden vahva osaaminen, vastuullinen asenne ja tutkimus ovat tuottaneet hyvää tulosta.

Virstanpylväitä:

1979 Harrisburg (3 Mile Island)
1980-luvun keskivaiheilla Tshernobyli: uusi ydinvoimahakemus hyllytettiin
1993 Perusvoimayhtiön PAP-anomus kärsi eduskunnassa niukan tappion
2002 OL3
2010 OL4 ja Fennovoima (Pyhäjoki)
2011 Fukushima: kaikki esteet ja turvajärjes-

telmät pettivät. Tilanne oli erittäin vakava ja huolestuttava. Vaikutukset ympäristöön pysyivät kuitenkin kohtuullisina. Toisaalta Fukushima onnettomuus on vaikuttanut ydinvoiman hyväksyttävyyteen koko maailmassa, aika näyttää kuinka paljon.

Suomen viimeaikaiset ydinvoiman lisärakentamishankkeet ovat herättäneet huomiota maailmalla: rakenteilla oleva Olkiluoto 3 sekä periaatepäätökset Olkiluoto 4:stä ja Fennovoiman Pyhäjoelle rakennettavasta yksiköstä. Myös Fortumin Loviisa 3 olisi ansainnut hyväksynnän.

Erinomaiset käyttökokemukset nykyisistä neljästä ydinvoimalaitosyksiköstä sekä hyvä taloudellinen kannattavuus ovat olleet perusteena suomalaisten päätöksentekijöiden vahvaan uskoon ydinvoimaan. Myös julkinen mielipide, tiedotusvälineet ja poliitikot ovat riittävässä määrin tiedostaneet ydinvoiman edut: hiilidioksidivapaa sähköntuotanto (kasvihuoneilmiön torjunta) sekä edullinen ja enakoitavissa oleva tuotantokustannus.

Yhteiskunnallinen toimintaympäristö ydinvoimalle on muuttunut olennaisesti ATS:n alkua ajoista. 1960-luvun lopulla ja 1970-luvun alkupuoliskolla ulkopolitiikka oli vahvasti mukana päätöksenteossa. Nykyisin yhteiskunnallinen ja poliittinen hyväksyttävyyden ovat avainasemassa. Tähän asti päätöksenteko on Suomessa ollut pääsääntöisesti rationaalista ja pragmaattista. Hyvä näin!

ATS:n jäsenkunta on ollut keskeisesti mukana suomalaisen ydinvoiman menestystarinassa.


Kiitos mielenkiinnosta."

Viranomaisena Väli-Amerikassa

Vuoden verran olen ehtinyt tarkastella virkavapaalla olevan viranomaisen silmin Costa Ricaa. Korruptio-rankinglistalla maa nauttii sijasta 50 Suomen ollessa toisena, mutta olisiko setelin sujauttaminen auttanut asioiden sujuvuutta muutamassa tilanteessa, sitä en tiedä. Sen sijaan nöyrästi jonotamme pankissa tunti tolkulla, ja hyväksymme sen, että postipaketin matkan Suomesta Costa Ricaan kestäessä 4 päivää matka valtiollisesta postikonttorista puolen kilometrin päähän postilaatikkoomme kestää 20 päivää. Ja tämä vielä alamäkeä. Mutta olen oppinut espanjan lisäksi sen, ettei postipakettini ole postivirkailijan prioriteettilistalla kovin korkealla. Kun vastaan tuli konepellitön ja oveton auto mustaa savua tupruttaen lähtiesämme katsastuskonttorilta naarmuuntuneen rekisterikilven takia hylkyleimat paperissa, teki mieli kysyä katsastusviranomaiselta päätöksen perusteluita, mutta olimme oppineet,

ettei täällä kannata kyseenalaistaa mitään, varsinkaan viranomaispäätöksiä. *"It is what it is and you don't ask why."*

Paikallisen STUKia vastaavan säteilyviranomaisen olemassaoloa ja tehokkuutta mietin katsoessani hammaslääkärin hieinan ruosteenpuoleista röntgenlaitetta, eikä ALARA-periaate tainnut ihan täysin toteutua poikani murrettua sormensa. Röntgenteknikko laittoi huolestuneen äidin röntgenpöydän viereen istumaan, ja odottaessani pojalleni lyijyessua ja itseleni poistumiskäskyä sermin taakse teknikko otti kuvat ennen kuin ehdin edes kulmakarvojeni nostaa. Positiiviseksi tämän lääkärikäynnin teki se, että koko prosessi kesti alle 1,5 tuntia, mikä vahvasti poikkeuksena säännön, että lääkärikäynnit yksityisilläkin venyvät tuntien pituisiksi.



Ajokulttuuri on yhtä luova kuin kulkuvälineet. Keltainen viiva tiellä on lähinnä koriste eikä valojakaan aina tarvitse pimeällä kuluttaa. Pimeällä, kaitaakin kaidemmalla pientareella voi tulla vastaan pyöräilijöitä, ratsastajia, apostolin kyytiläisiä, lemmiä, hevosia... apinoitakin. Tilastot valitettavasti puhuvat teiden turvallisuudesta. Mutta jos tiellä kohtaa jonkin muun kuin liikennepoliisin, niin he eivät puutu asiaan. Nämä viranomaiset pysyvät kuulemma tiukasti omalla tontillaan: liikennepoliisit huolehtivat liikenteestä, huumeepoliisit huumeista ja maahanmuuttoviranomaiset hätistelevät laittomia työntekijöitä.

Costa Rica pyrkii hiilineutraaliksi vuoteen 2021 mennessä. Lähituliavuoremme Rincón de la Viejan rinteellä on 35MW geoter-

minen laitos, jonka vihreät putket työntyvät ulos sademetsästä kuin boat pihallamme. Tilaránin ja Tejonan välillä on maan suurin tuulipuisto, mutta kukkulan toisella puolella voi kohdata kaksivarvaslaiskaisen tien ylittävällä puhelinlangalla tehden hidasta matkaansa takaisin pusikkoon.

Täällä asuu maailman onnellisin kansa (HS 10.1.2011), pienistä asioista ei kanneta huolta, neljännes pinta-alasta on suojeltua aluetta. Toisaalta taas on ehkä hyvä, että maassa, jossa maana on viikon kiireisin päivä, ei ole ydinvoimalaitosten puuttuessa virkaani vastaavaa pestiä.

DI Laura Taivalaho, Playa Hermosa, Guanacaste, Costa Rica

Lauri Rintala

Ylikriittisen veden lämmönsiirron laskennallinen mallintaminen pystysuorassa putkessa

Vuonna 2001 polkaistiin kansainvälinen Generation IV -projekti, jonka tavoite on kehittää uuden sukupolven ydinvoimalaitoskonsepteja. Yksi kuudesta Generation IV -reaktori-tyypistä on ylikriittisen veden reaktori (SCWR), jossa jäähdytteenä ja moderaattorina toimii ylikriittinen vesi (25MPa, 280/500 °C). Korkean lämpötilan ansiosta hyötysuhde on kolmanneksen nykyisiä laitoksia korkeampi, noin 45%. Toinen SCWR:n merkittävä etu on yksinkertaisuus: suoralla höyrynkierrolla laitos on kuin painevesilaitos ilman höyrystimiä ja paineistinta tai kiehutusvesilaitos ilman pääkiertopumppuja.

SCWR:n kehityksessä yksi merkittävimpiä haasteita materiaalien lisäksi on lämmönsiirto ylikriittiseen veteen. Ylikriittisessä vedessä ei tapahdu varsinaista kiehumista eli lämmönsiirtokriisiä ei ole. Nesteen ominaisuudet kuitenkin muuttuvat nopeasti kriittisen pisteen läheisyydessä, mikä aiheuttaa lämmönsiirtoon normaalin lisäksi heikentyneen ja tehostuneen moodin. Näiden poikkeustilanteiden tuntemus on vielä puutteellista ja esimerkiksi toimivaa lämmönsiirtokorrelaatiota systeemikoodeille ei ole.

Kokeellinen tutkimus ylikriittisellä vedellä on kallista ja vaativaa, mistä syystä yhä useammin kokeet korvataan laskennallisella mallintamisella. Tässä työssä pyrittiin validoimaan simulaatiokoodi OpenFOAM todellisilla lämmönsiirtokokeilla. OpenFOAM on avoimen lähdekoodin CFD-ohjelma, mikä on akateemisessa tutkimuksessa toivottava ominaisuus. Toisaalta OpenFOAM:ista puuttuvat valmiiksi määritellyt ylikriittisen veden ominaisuudet ja puolet työstä koostui tällaisen palan kirjoittamisesta ohjelmaan.

Mallinnettu koe on lämmönsiirto ylikriittiseen veteen pystysuorassa putkessa. Sitä pidetään yleisesti lämmönsiirron perustapauksena, josta sitten siirrytään monimutkaisempiin geometrioihin. Onhan kuuluisa Dittus-Boelter-korrelaatiokin kehitetty alunperin putki-geometriaan.

Liian harvalla laskentaverkoilla tulokset ovat selkeästi vääriä, mutta tiheämmällä verkolla tulokset ovat järkeviä, eikä solujen lisääminen tietyn rajan jälkeen tuo enää lisää tarkkuutta. Verkon muoto vaikuttaa tuloksiin jonkin verran, mutta valitulla verkolla poikkeamat sylinterisymmetriasta ovat vähäisiä. Kokonaan ilman gravitaatiota lasketut tulokset muistuttavat merkittävästi normaalista ylöspäin virtauksesta saatuja tuloksia, mutta alaspäin suuntautuneen virtauksen tulokset poikkeavat niistä selvästi.

Työssä käytetään kolmea erilaista turbulenssimallia: laminaarista, k-ε- ja SST-mallia. Koe-tuloksia parhaiten vastaa SST-malli, kun taas laminaarinen jää odotetusti huonoimmaksi. Lämmönsiirron heikkeneminen, mahdollisesti tärkein piirre ylikriittisen veden lämmönsiirrossa, jää käytännössä kokonaan havaitsematta simulaatiotuloksissa.

Tuloksien valossa ylikriittisen veden laskennallinen mallintaminen onnistuu hyvin, mutta vaatii lisää tutkimusta ennen kuin OpenFOAM:ia voidaan pitää validoituna ylikriittisen veden lämmönsiirron mallintamiseen.

Opinnäyte hyväksytty Aalto-yliopiston Perustieteiden korkeakoulussa.

DI Lauri Rintala
Tohtorikoulutettava
Aalto-yliopisto
Teknillisen fysiikan laitos
lauri.rintala@aalto.fi

Risto Vanhanen

Toriumpolttoaineen käytön arviointi tasapainosyklisessä kiehutusvesireaktorissa

Ydinreaktorit käyttävät nykyään uraanipolttoainetta, jonka raskasmetalliosa koostuu uraanin isotoopeista. Osa fertiilistä uraani-238:sta konvertoituu reaktorissa fissiiliksi plutonium-239:ksi. Toriumia voitaisiin käyttää polttoaineen fertiilinä osana, jolloin torium-232 konvertoituisi uraani-233:ksi. Uraani-233:lla on hyviä ydinteknisiä ominaisuuksia etenkin termisellä neutronispektrillä verrattuna plutonium-239:ään.

Diplomityön tarkoituksena oli arvioida, onko toriumin käyttö polttoaineen osana kannattavaa reaktorin toiminnan kannalta nykyisissä kiehutusvesireaktoreissa.

Perinteinen reaktorin simulointi tapahtuu kahdessa osassa. Ensin lasketaan jokaiselle polttoainepipulle nippukohtainen kaksiryhmävakiokirjasto. Luotuja kirjastoja käytetään toisessa vaiheessa koko sydämen mallintamiseen.

Nippulaskut suoritettiin CASMO-4E -ohjelmalla. Koska ohjelma on kelpoistettu vain uraanipolttoaineita varten, verrattiin ohjelman laskemia kaksiryhmävakioita Monte Carlo -pohjaisen reaktori-fysiikkaohjelma Serpentin tuloksiin. Käytetyillä testinipulla eroavaisuudet ohjelmien tuottamissa kaksiryhmävakioissa eivät kasvaneet vaihdettaessa uraaninippu toriumnipuksi.

Reaktorin sydäntä simuloitiin SIMULATE-3 -ohjelmalla. Ohjelma ei mallinna suoraan uraani- tai toriumnippuja, vaan käyttää näistä luotuja kaksiryhmävakiokirjastoja. Ohjelman pitäisi toimia oikein, kunhan eri nippujen kaksiryhmävakiot ovat riittävän lähellä toisiaan. Ohjelman kelpoisuutta toimia normaalin parametrialueensa ulkopuolella ei kuitenkaan työssä tarkasteltu.

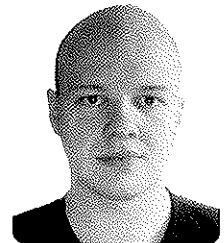
Työssä mallinnettiin viisi toriumnippua sekä vertailukohtana toimiva uraaninippu. Tarkastellut polttoainepiput rajattiin yhtä paljon energiaa tuottaviksi. Toriumniput olivat vertailunipusta muokattuja versioita. Kolme toriumnippua sisälsi paljon toriumia, yli puolet raskasmetallista, lopun ollessa uraanin eri isotooppeja. Kaksi muuta sisälsivät vain vähän toriumia ja loput uraania. Näille luotiin kaksiryhmävakiokirjastot.

Kokosydänvertailussa käytettiin tyypillistä kiehutusvesireaktoria, nykyisiä palamarajoja sekä nykyisin käytössä olevaa avointa polttoainesykliä, jossa polttoainetta ei jälleenkäsittelä vaan se loppusijoitetaan käytön jälkeen. Reaktoriin ladattiin kerrallaan vain yhtä polttoainetyyppiä ja se ajettiin tasapainosyklille. Tasapainosykli määritellään syklinä, joka toistuu identtisesti kunhan lataus- ja säätösauvojen liikkeet sekä muut toimenpiteet toistetaan edellisen syklin tavoin. Polttoaineesta vaihdettiin sykleittäin viidennes.

Syklien lämpörajoja, sulkumarginaalia, poistopalamia, reaktiivisuuskerroimia ja fissiilin materiaalin kulutusta verrattiin uraanisykliin. Toriumnippuja käyttävät syklit paransivat joitakin näistä parametreista, mutta yksikään toriumnippuja käyttävä sykli ei kyennyt parantamaan jokaista osa-aluetta uraanisykliin verrattuna.

Työn pohjalta voidaan todeta, että toriumia voidaan käyttää nykyisissä kiehutusvesireaktoreissa polttoaineena. Tämä ei ole kuitenkaan yksiselitteisesti kannattavaa nykyisillä toimintatavoilla. Toriumpolttoaineiden parhaat puolet pääsevät esiin vasta korkeammilla palamilla.

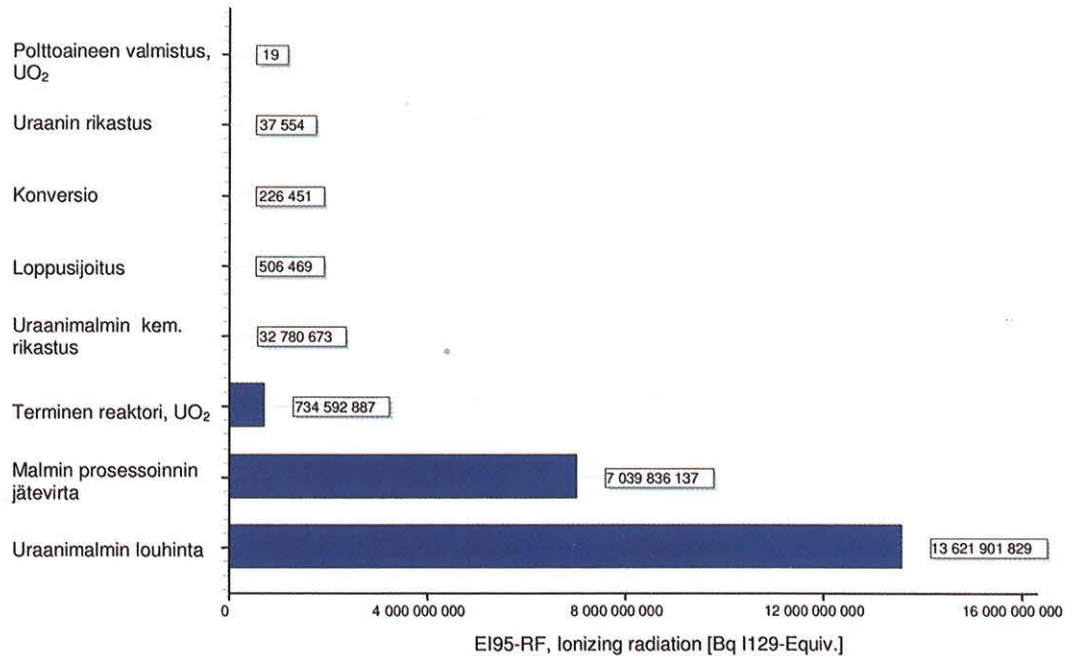
Opinnäyte hyväksytty Aalto-yliopiston Perustieteiden korkeakoulussa.



DI Risto Vanhanen
Tohtorikoulutettava
Aalto-yliopisto
Teknillisen fysiikan laitos
risto.vanhanen@aalto.fi

Otso-Pekka Kauppinen

Kehittyneiden ydinpolttoainekiertojen ympäristövaikutusten ja taloudellisuuden arviointia



Avoimen polttoainekierron radioaktiiviset päästöt eri polttoainekiertoprosesseille.

Yleisin käytössä oleva ydinpolttoainekierto on nykyisin avoin polttoainekierto, jossa käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan suoraan ilman jälleenkäsittelyä. Nykyisin kehitteillä olevat neljännen sukupolven reaktorit ovat kuitenkin pääosin suunniteltu kehittyneemmille polttoainekiertoille, jotka ovat joko osittain tai kokonaan suljettuja, ja joissa käytetty polttoaine jälleenkäsitellään ja osa materiaaleista hyödynnetään uudelleen polttoaineen valmistuksessa.

Tässä diplomityössä oli tavoitteena arvioida kehittyneiden ydinpolttoainekiertojen ympäristövaikutuksia ja taloudellisuutta. Ympäristövaikutusten osalta merkittävimmät tarkastelukohdat olivat luonnonuraanin kulutus, syntyvän käytetyn polttoaineen ja korkea-aktiivisen jätteen määrä, aktiivisuus ja lämmöntuotto sekä

voimalaitosten ja polttoainekiertojen normaali-käytössä syntyvien nestemäisten ja kaasumaisen radioaktiivisten päästöjen määrät. Taloudellisuuden osalta eri polttoainekiertoja vertailtiin reaktorin kokonaiskustannuksien ja polttoainekierron kustannuksien suhteen.

Työn yleisluonteista vertailua varten valittiin neljä osittain tai täysin suljettua polttoainekiertoa, joita verrattiin avoimeen polttoainekiertoon. Kehittyneet polttoainekierrat sisälsivät esimerkiksi plutoniumin kierrätystä MOX-polttoaineena, termisten ja nopeiden reaktoreiden käyttöä sekä aktinidien polttamista.

Yleisluonteisen arvioinnin lisäksi työssä tarkasteltiin Suomen ydinpolttoainekiertoa. Suomen ydinvoimakapasiteetin ja reaktorikokoonpanon

kehitys arvioitiin vuoteen 2150 asti ja tämän pohjalta laskettiin MOX-polttoaineen käytön ja nopeiden reaktoreiden käyttöönoton vaikutusta polttoainekierron massavirtoihin ja ydinenergian kustannuksiin.

Ydinpolttoainekiertojen massavirtalaskelmissa käytettiin hyväksi kansainvälisen atomienergiajärjestön kehittämää NFCSS-ohjelmistoa (Nuclear Fuel Cycle Simulation System) ja radioaktiivisuus- sekä jälkilämpölaskelmissa Origen 2.2 -laskentaohjelmistoa. Radioaktiivisten päästöjen laskemisessa hyödynnettiin GaBi 4 -elinkaarimallinnusohjelmistoa ja Ecoinvent-tietokantaa.

Kehittyneet polttoainekierrat vähensivät odotetusti ympäristövaikutusten määrää avoimeen polttoainekiertoon verrattuna. Uraanin kulutus ja korkea-aktiivisen jätteen määrä väheni merkittävästi polttoaineen jälleenkäsittelyn ja kierrätyksen myötä. Kehittyneiden polttoainekiertojen kokonaiskustannukset olivat 3-18 % suuremmat avoimeen polttoainekiertoon verrattuna, mutta polttoainekiertokustannusten kasvu oli 27-45 % skenaariosta riippuen.

Suomen tapauksessa tulokset olivat hyvin samankaltaisia. Uraanin kulutus ja korkea-aktiivisen jätteen määrä vähenivät kehittyneempien polttoainekiertojen johdosta. Kehittyneiden polttoainekiertojen kustannukset nousivat noin puolitoistakertaiseksi, mutta vaikutus kokonaiskustannuksiin oli vain noin 10 %.

Opinnäyte hyväksytty Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa.

*DI Otso-Pekka Kauppinen
Nuorempi tutkija
Lappeenrannan teknillinen yliopisto
otso-pekka.kauppinen@lut.fi*

TAPAHTUMAKALENTERI

Viestintäseminaari 28.2.2012

Tieteiden talo, sali 505
Lisätiedot ja ilmoittautumiset:
Anna-Maria Länsimies
anna-maria@lansimies.com

ATS:n vuosikokous 13.3.2012

Tieteiden talo, sali 104
Lisätiedot ja ilmoittautumiset:
Anna Nieminen
sihteeri@ats-fns.fi

Säteilevät Naiset -seminaari 23.3.2012

Lisätiedot ja ilmoittautumiset:
Anna-Maria Länsimies
anna-maria@lansimies.com

ATS:n jäsentilaisuus huhtikuussa

Suomalaisten osallistuminen
EU:n tutkimusohjelmiin
Lisätiedot ja ilmoittautumiset:
Anna Nieminen
sihteeri@ats-fns.fi

SUVI REIN

MALMINKATU 18 E 89
00100 HELSINKI

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA —

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



Palautus
Suomen Atomiteknillinen Seura
PL 78
02151 Espoo

Kannatusjäsenet

Alstom Finland Oy
B+Tech Oy
Fennovoima Oy
FinNuclear ry
Fortum Nuclear Services
Mirion Technologies (RADOS) Oy
Platom Oy
Pohjoismainen Ydinvakuutuspooli
Pohjolan Voima Oy
Posiva Oy
PrizzTech Oy
Saanio & Riekkola Oy
Siemens Osakeyhtiö
Teollisuuden Voima Oyj
TVO Nuclear Services Oy
Voimaosakeyhtiö SF Oy
VTT
Wärtsilä Finland Oy
YIT Installaatiot

ATS internetissä:

<http://www.ats-fns.fi>