

# ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN  
ATOMITEKNILLINEN  
SEURA —

ATOMTEKNISKA  
SÄLLSKAPET  
I FINLAND ry



3/2011

vol. 40

## Tässä numerossa

### *Pääkirjoitus:*

Tekijöiden uusi sukupolvi ..... 3

### *Editorial:*

Next Generation of Experts ..... 4

Uutisia ..... 5

Kaikkien suomalaisten altistumista  
säteilylle valvotaan jatkuvasti ..... 6

### *ENYGF Praha:*

Ydinosaamisen jatkuvuus:  
sukupolvelta toiselle ..... 9

Tekniikkavierailu  
Richard-loppusijoitustiloissa ..... 12

Summer Institute Oxfordissa ..... 14

Turvallisuustutkimuksessa  
kasuvia haasteita ..... 16

ATS YG Summer Games ..... 19

Kuulakekoreaktorin mallinnus ..... 21

### *Diplomityö:*

Ville Rintala ..... 24

Tuomas Rantala ..... 25

Antti Paajanen ..... 26

Juha Luukka ..... 27

Juho Miettunen ..... 28

*Pakina:* Omakotitalon ydinlämmitys ..... 30

*Kirjaesittely:* ..... 31

*Kannatusjäsen esittäytyy:* Platom Oy ..... 32

Jäsenkyselyn tulokset ..... 34

Uudet jäsenet ..... 35



# ATS

3/2011, 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

Miktor



**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

### Taittäjä / 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

## 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

### Ekskursios 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 yhdysiteenä 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.

## Tekijöiden uusi sukupolvi

Ydinvoima-alalle on Suomessa palkattu viime vuosina runsaasti uusia työntekijöitä, erityisesti nuoria. Trendi tulee jatkumaan uusien laitoshankkeiden ansiosta sekä pitkän linjan osaajien jäädessä sankoin joukoin eläkkeelle. Uudet laitosprojektit antavat myös luottoa siihen, että ydinvoima-ala ei Suomessa ole auringonlaskun ala tai ainakaan aurinko ei laske ennen 2080-lukua, jolloin OL4 ja Fennovoima-1 voimalaitoksien suunniteltu käyttöikä loppuu. Tämänkin jälkeen töitä löytyy käytöstäpoiston ja käytetyn polttoaineen loppusijoituksen parissa.

Ydinvoima-ala on hyvin pitkäjänteinen. Alan asiantuntijaksi ei tulla hetkessä, vaan se kestää vuosia, jopa vuosikymmenen osaamisalueen koosta riippuen. Asiantuntijaksi kasvaminen ei tapahdu itsestään, vaan se vaatii työntekijältä ja työnantajalta aktiivista otetta. Apuna asiantuntijaksi kasvamisessa on Suomen Atomiteknillinen seura (ATS).

Eryityisesti nuorille alle 35-vuotiaille kohdistettua toimintaa varten on ATS:ssa Young Generation (YG) -työryhmä. YG-toiminta käynnistyi 1998 seuran aloitteesta. Toiminnan keskeisenä tavoitteena on nopeuttaa alan tiedonsiirtoa ja helpottaa nuorten verkostoitumista. Luonnolliseksi osaksi toimintaa on myös tullut opiskelijoiden houkuttelu alalle. YG-toimintaa järjestetään aktiivisesti Suomessa ja maailmalla. Näissä näkyvimmat toimintamuodot ovat erityisesti nuorille alan ammattilaisille suunnatut konferenssit. Euroopan laajuisena esimerkkinä on European Nuclear Young Generation Forum -konferenssi ja maailman laajuisena esimerkkinä International Youth Nuclear Congress. Näitä järjestetään vuorovuosin ja tänä vuonna vuorossa oli ENYGF, josta on juttu tässä numerossa.

YG-toiminnassa tapahtumien järjestäjät ja kohdeyleisö ovat nuoria. Tämä auttaa kohdistamaan toimintaa asioihin joista nuoret ovat kiinnostuneita ja toisaalta tuo tuoretta näkökulmaa asioihin. Oppimisen lisäksi YG:n tapahtumien päämääränä on saada ihmiset oppimaan tuntemaan kollegoitaan myös oman organisaation ulkopuolelta. Kollegoiden kanssa jutustellessa leviää myös tieto ja parhaimmillaan jokaisessa organisaatiossa ei tarvitse opetella asioita yrityksen ja erehdyksen kautta. YG-toiminta ei rajoitu pelkästään nuorille järjestettäviin tapahtumiin. Tästä esimerkkinä YG:n ja Senioreiden yhdessä järjestämä Atomivoimaa Suomeen -seminaarisarja, jossa pureuduttiin siihen mitä ydinvoiman rakentamiseen Suomessa valmistauduttiin. Seminaareissa tuli myös osuvasti esille miten osaamista siirretään parhaiten sukupolvelta toiselle. Erittäin toimivaksi menetelmäksi on havaittu työskentely työpareina, joissa on kokeneempi ja nuorempi osapuoli. Jos osaamista ei saada siirrettyä sukupolvien yli, on vaarana toistaa menneisyyden virheet.

Vaikka YG-toiminta kohdistuu lähinnä alle 35-vuotiaisiin, hyötyy siitä koko ydinvoima-ala. Toiminta auttaa nuoria verkostoitumaan, tukee asiantuntijaksi kasvamista sekä kannustaa hakeutumaan ja pysymään alalla. Aktiivisille YG-toimijoille toiminta tarjoaa mahdollisuuden toteuttaa itseään. YG-työryhmässä väännetään ideat todellisuudeksi!

## Next Generation of Experts

**In the past years** there have been many new employment opportunities in Finnish nuclear industry, especially for young people. This trend will continue thanks to new plant projects and because older experts are starting to retire in numbers. New plant projects guarantee, that in Finland nuclear industry is not facing sunset, or at least sun will not set before 2080s when Olkiluoto 4 and Fennovoima 1 will reach the end of their planned lifetime. Even after the last nuclear plant is closed, nuclear industry will continue to offer jobs related to decommissioning and nuclear waste management.

**Nuclear power** is a long-span business also from employee's point of view. It takes years or even a century to become a nuclear expert, depending on the scope and scale of the expertise. It takes effort to become an expert, both from employee and employer. Finnish Nuclear Society (FNS) helps members to grow their expertise.

**Young Generation (YG) working group** was created for people under 35 years old in 1998 from FNS's initiative. The objectives of YG working group are to encourage networking, and to accelerate growth of young nuclear professionals. Natural part of YG activities is to encourage students to apply for jobs in the nuclear industry. Young Generation networks exist in most of the countries with nuclear power and there are also wider networks bringing national YG networks together. The most visible activities of these supranational YG organizations are conferences for young professionals. Trans-European example is European Nuclear Young Generation Forum conference, and worldwide example is International Youth Nuclear Congress. Both events are organized every second year. This year ENYGF was organized in Prague and this issue contains an article of it.

**In Young Generation events** both the organizers and the audience are usually young professionals. This helps to bring a fresh perspective and to focus the topics for young people. One of the objectives of YG events is to get people to know their colleagues outside their work place. This contributes to information exchange between organizations and can spread the lessons learned from trial and error in one organization to others. YG activities are not constrained to events for only young people. As an example YG and Seniors (working group of retired nuclear experts) working groups organized together an Atomic Power to Finland seminar series about how nuclear power was brought to Finland. In the seminars knowledge transfer between generations was also shortly discussed. Experience proven and efficient method is to work in pairs with one experienced and one inexperienced member. If knowledge transfer over generations is not successful, the mistakes of the past are easily repeated.

**Even though** YG activities are focused mainly to young professionals under 35 years old, the whole nuclear industry benefits from it. YG activities help people to network, support growth of expertise, and encourage people to apply to and stay in the nuclear industry. Active members of YG are given the possibility to express themselves. In Young Generation working group ideas are brought to reality.

# UUTISIA

## Fukushima Dai-ichin laitos kylmäsammutettuun tilaan

Fukushima Dai-ichin kolmen maaliskuun 2011 tsunamin seurauksena vaurioituneen reaktorin jäähdytystä on jatkettu onnettomuuden alkupäivistä asti, ja syksyn mittaan reaktoripaineastioiden pinnalta mitatut lämpötilat ovat laskeneet kaikilla laitosyksiköillä 30 - 60 asteen välille.

Vakavasti vaurioituneiden reaktorien kylmäsammutetulle tilalle määriteltiin keväällä kriteereiksi, että reaktorin jäänteiden lämpötilan täytyy olla vakaasti ja varmasti alle sadan asteen mahdollisista jäähdytykseen tulevista katkoista huolimatta, ja päästöjen uudelleen kasvamisen riskin on oltava vähäinen. Näiden kriteerien katsottiin täyttyneen niin, että reaktorien jälkihoidon yhdeksi etapiksi määriteltä kylmäsammutettu tila julistettiin 16.12.2011 saavutetuksi.

Julistuksen jälkeen ydinvoimalan lähialueiden evakuoitien purkamisen ei enää riipu laitostilanteesta, vaan yksinomaan alueelta mitatuista säteilytasoista. Täysimittainen dekontaminointi on määrä aloittaa maaliskuussa 2012.

## Kalininin ydinvoimalan nelosyksikkö otettiin käyttöön

Venäjällä käynnistettiin 13.12.2011 maan 33. ydinvoimalaitosyksikkö, kun Kalininin voimalan nelosyksikkö kytkettiin valtakunnan verkkoon. Laitosyksikkö on sähköteholtaan 950-megawattinen V320-sarjan VVER 1000-laitos. Sen rakennustyöt aloitettiin alun perin v. 1986, mutta ne jäivät kesken v. 1991 n. 20 % valmiusasteeseen. Rakennustyöt käynnistettiin uudelleen v. 2007, ja reaktori saavutti ensimmäisen kriittisyyden marraskuun 2011 alussa.

Pääministeri **Vladimir Putin** ja energiayhtiö Rosatomin johtaja **Sergei Kirijenko** todistivat laitoksen käyttöönottoa paikan päällä.

(Lähde: WNN)

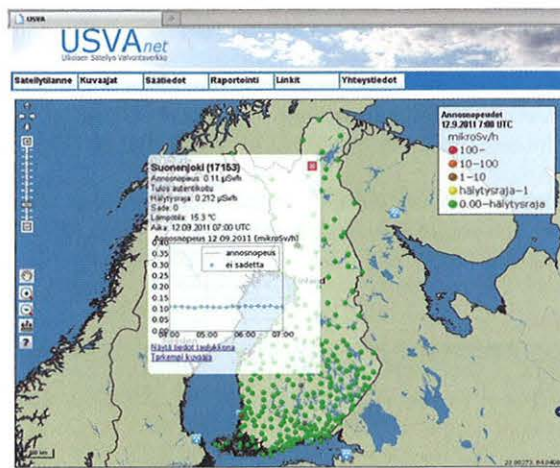
## Fennovoima valitsi Pyhäjoen laitospaikaksi

Fennovoima Oy ilmoitti 5.10. pitämässään tiedotustilaisuudessa valinneensa yhtiön ensimmäisen ydinvoimalan paikaksi Pohjois-Pohjanmaalla sijaitsevan Pyhäjoen. Sijointipaikkaa varten tehtiin selvityksiä noin neljän vuoden ajan. Alun perin yhtiöllä oli laitospaikaksi liki 40 vaihtoehtoa, joista kaksi Pohjois-Suomessa sijaitsevaa paikkaa, Pyhäjoki ja Simo, olivat loppusuoralla.

Yhtiön mukaan sijoituspaikkaa valitessa selvitettiin mm. turvallisuutta, ympäristöasioita, tekniikkaa, maankäyttöä ja rakentamiskustannuksia, aikataulua sekä seutukunnan valmiutta vastaanottaa ydinvoimalan kaltainen jättihanke. Yhtiö arvioi ydinvoimalan työllistävän rakentamisvaiheessa enimmillään n. 3000-4000 ihmistä, joten hankkeella tulee olemaan merkittävä taloudellinen vaikutus Pyhäjokiseudulle ja koko Pohjois-Suomelle.

(Lähde: Fennovoima)

# Kaikkien suomalaisten altistumista säteilylle valvotaan jatkuvasti



Kuva 1. STUKin kehittämä ja ylläpitämä säteilyn ulkoisen annosnopeuden reaaliaikainen valvontaverkko. Kuvassa on avattuna Suonenjoella olevan aseman tulokset kolmen tunnin ajalta aamulla 12.9.2011. Valvontasemat on varustettu sadeantureilla, jotka ilmoittavat liittykö havaittuun annosnopeuteen sadetta.

Suomessa valtakunnallisesta ympäristön säteilyvalvonnasta vastaa Säteilyturvakeskus (STUK). Säteilyturvakeskuksen lisäksi myös Ilmatieteen laitos ja puolustusvoimat seuraavat omilla havaintoasemillaan säteilyn esiintymistä ympäristössä. Säteilyturvakeskuksen Tutkimus ja ympäristövalvonta (TKO) on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T167, joka noudattaa standardin EN ISO/IEC 17025:2005 mukaisia akkreditointivaatimuksia.

## Miksi ympäristön säteilytilannetta seurataan?

STUKin velvoite valvoa elinympäristössä esiintyvää säteilyä ja radioaktiivisia aineita perustuu STUKista annettuun asetukseen ja toisaalta säteilyasetukseen ja asetukseen pelastustoimesta. Myös Euratom-sopimus velvoittaa Euroopan Unionin jäsenmaita jatkuvasti valvomaan radioaktiivisuuden tasoja ilmassa, vedessä ja maaperässä. Säteilyvalvonnassa tavoitteena on, että viranomaiset ja

kansalaiset ovat jatkuvasti tietoisia siitä elinympäristössä esiintyvistä keinotekoisista säteilystä, jolle väestö altistuu. Toisena tavoitteena on havaita kaikki merkittävät muutokset ympäristön säteilytasossa ja radioaktiivisten aineiden esiintymisessä ympäristössä. Säteilyvalvonnalla varmistetaan, että väestön altistuminen säteilylle ei ole ristiriidassa säteilysuojelun perusperiaatteiden kanssa ja että säteilylainsäädännössä asetettuja annosrajoja ei ylitetä. Jatkuvatoimisella säteilyvalvonnalla myös ylläpidetään ja kehitetään valmiutta reagoida nopeasti ja asiantuntevasti poikkeuksellisiin säteilytilanteisiin. Kansainvälisten tiedonvaihotosopimusten kautta saadaan tietoa myös muiden maiden säteilytilanteesta Euroopassa ja Itämeren ympäristöissä.

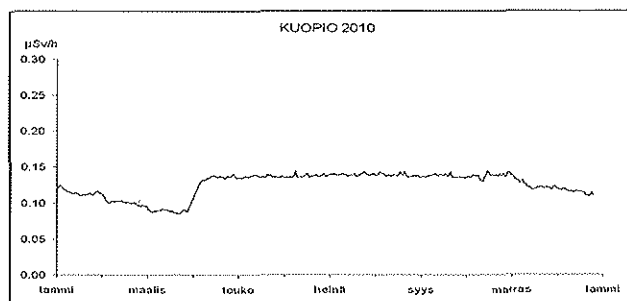
## Säteilyvalvonnan sisältö

Ympäristön säteilyvalvontaohjelma sisältää ulkoisen annosnopeuden jatkuvan ja automaattisen monitoroinnin, ulkoilmassa ole-

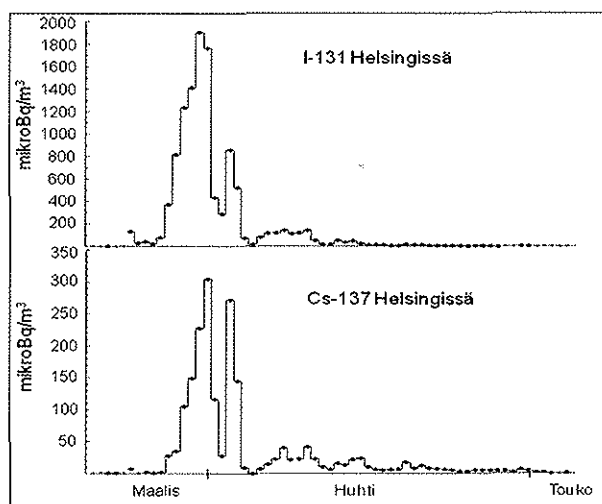
vien radioaktiivisten aineiden ja kokonaisbeeta-aktiivisuuden jatkuvan monitoroinnin, radioaktiivisen laskeuman, pinta- ja juomaveden, maidon ja elintarvikkeiden radioaktiivisuuden säännöllisen monitoroinnin sekä ihmisen kehossa olevien radioaktiivisten aineiden monitoroinnin. Vuonna 2009 valvontaohjelmaan lisättiin jätevesipuhdistamon lietteen radioaktiivisuuden valvonta Helsingissä. Liete on hyvä ympäristön epäpuhtauksien indikaattori, sillä puhdistusprosessissa lietteeseen rikastuu monia jätevedessä olevia radionuklideja.

## Ulkoisen annosnopeuden reaaliaikainen valvonta

Kuvassa 1 on esitetty koko maan kattava ulkoisen säteilyn automaattinen valvontaverkko. Se koostuu 255 GM-antureilla varustetusta valvonta-asemasta. Valvonta-asemista 20 on lisäksi varustettu jatkuvatoimisilla LaBr<sub>3</sub>-spektrometreilla ydinvoimalaitosten läheisyydessä. Niiden avulla voidaan erottaa eri



Kuva 2. Säteilyn aiheuttama annosnopeus Kuopiossa vuonna 2010. Kuvassa erottuu selvästi Suomelle tyypillinen lumikerroksen annosnopeutta vaimentava vaikutus talviaikaan (valtaosa annosnopeudesta aiheutuu maa- ja kallioperässä olevista uraanin ja toriumin hajoamistuotteista).



Kuva 3. Fukushima-onnettomuudesta peräisin olevien <sup>131</sup>I:n ja <sup>137</sup>Cs:n pitoisuudet ulkoilmassa Helsingissä keväällä 2011. Pitoisuudet olivat samaa tasoa kaikkialla Euroopassa. Ensimmäiset havainnot tehtiin noin 10 päivää päästön alkamisesta Fukushimassa.

radioaktiiviset aineet, jos annosnopeudessa tapahtuu odottamaton nousu. Kaikki mittausverkon tulokset talletetaan säteilyvalvonnan tietojärjestelmään (USVA), jonka keskuslaitteisto sijaitsee STUKin tiloissa. Automaattiset mittausasemat lähettävät tuloksensa heti niiden valmistuttua USVAan, USVAN varajärjestelmään sekä paikalliseen hätäkeskukseen. Tietoliikenne hätäkeskusten ja asemien välillä hyödyntää viranomaisviestintään tarkoitettua VIRVE-radioverkkoa. Annosnopeustiedot ja LaBr<sub>3</sub>-spektrit tallentuvat USVA-järjestelmään 10 minuutin välein.

Kuvassa 2 on esimerkkinä ulkoisen säteilyn annosnopeudet vuoden 2010 aikana Kuopion valvonta-asemalla. Ulkoisen annosnopeuden valvonta-asemat on varustettu asemakohtaisilla hälytysrajoilla. Alin hälytysraja on 0,4 mikrosievertiä tunnissa tai kun annos-

nopeus nousee yli 0,1 mikrosievertiä tunnissa edellisten seitsemän vuorokauden annosnopeuden keskiarvosta. Tieto jonkin aseman hälytyksestä ja ympäröivien mittausasemien havaitsemista säteilytasoista on heti paitsi STUKissa myös siinä hätäkeskuksessa, jonka alueella asema sijaitsee. Hälytyksen syyn selvittäminen alkaa välittömästi.

### Ulkoilmassa olevat radioaktiiviset aineet

Ylivoimaisesti herkin ympäristön säteilyvalvonnan osa on ilmassa olevien radioaktiivisten aineiden valvonta. STUK valvoo ilman radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia kahdeksalla ja Puolustusvoimat yhdellä paikkakunnalla. Lisäksi molempien ydinvoimalaitosten ympäristössä – Loviisassa ja Ol-

kiluodossa – on neljä voimayhtiöiden valvonta-asemaa.

Ulkoilman sisältämiä radioaktiivisia aineita valvotaan pumppaamalla suuria määriä ilmaa radioaktiiviset aineet pidättävien suodattimien läpi. Lasikuitusuodatin kerää radioaktiivisia aineita sisältävät hiukkaset ja aktiivihillisuodatin pidättää kaasumaisen radioaktiivisen jodin. Näytteet kerätään tehtävää varten suunnitelluilla kerääjillä ja analysoidaan laboratorioissa hyvän energian erotuskyvyn omaavilla gammaspektrometreillä. Tyypillinen aktiivisuuspitoisuuden havaitsemisraja esim. <sup>137</sup>Cs:lle on noin 0,1 mikrobecquerelliä kuutiometrissä ilmaan. Tämä tarkoittaa, että yhdessä kuutiometrissä ilmaa tapahtuu yksi <sup>137</sup>Cs:n radioaktiivinen hajoaminen noin neljässä kuukaudessa. Helsingissä STUKin toimipisteessä sijaitseva laitteisto kerää, käsittelee



*Suppilovahvero on sieni, jolla on taipumus kerätä ympäristöstään cesiumia. Sienten radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia valvotaan säännöllisin näyttein. Kuva: Riku Mattila.*

ja analysoi näytteen sekä raportoi tulokset automaattisesti.

Kuvassa 3 on esitetty radioaktiivisten  $^{131}\text{I}$ :n ja  $^{137}\text{Cs}$ :n pitoisuudet ulkoilmassa Helsingissä Japanissa maaliskuussa 2011 tapahtuneen ydinvoimalaitosonnettomuuden seurauksena. Kuvassa on hiukkasiin sitoutuneiden jodin ja cesiumin pitoisuudet. Suurempi osa jodi-131:stä oli kaasumaisessa muodossa, jolloin jodi-131:n kokonaispitoisuus oli suurimmillaan noin 10  $\text{milliBq}/\text{m}^3$ . Nämäkin pitoisuudet olivat niin pieniä, etteivät ne edellyttäneet mitään suojaustoimenpiteitä Suomessa.

## Radioaktiivisuus ravinnossa ja ihmisessä

Juomaveden radioaktiivisuutta valvotaan isoissa kaupungeissa (Helsinki, Turku, Tampere, Oulu ja Rovaniemi), elintarvikkeiden radioaktiivisuutta kolmessa kaupungissa (Helsinki, Tampere ja Rovaniemi), maidon radioaktiivisuutta Riihimäellä, Seinäjoella, Jy-

väskylässä, Joensuussa ja Oulussa sijaitsevilla meijereissä. Kaikissa näissä tuotteissa keinotekoisien radioaktiivisten aineiden pitoisuudet ovat tällä hetkellä hyvin pieniä ja ovat peräisin Tshernobylin onnettomuudesta ja vanhoista ilmakehässä tehdyistä ydinpommituksista. Vuonna 2010 STUK ja Elintarviketurvallisuusvirasto (Evira) toteuttivat yhteistyössä kunnallisten ja yksityisten elintarvikkeiden ja ympäristölaboratorioiden kanssa laajan luonnontuotteiden radioaktiivisuuskampanjan, jossa analysoitiin keinotekoisien  $^{137}\text{Cs}$ :n pitoisuudet lähes 1000 marja-, sieni-, kala- ja riistanäytteessä. Tulokset osoittivat, että pitoisuudet luonnontuotteissa ovat edelleen korkeampia kuin maataloustuotteissa ja niiden maantieteellinen jakauma vaihtelee sen mukaan, miten paljon radioaktiivista laskeumaa tuli eri puolille Suomea vuonna 1986 tapahtuneesta Tshernobylin onnettomuudesta. Muutamien mitattujen sieni- ja kalänäytteiden  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuudet ylittivät kaupan oleville elintarvikkeille asetetun raja-arvon  $600\text{Bq}/\text{kg}$  (EU-suositus 2003/274/Euratom).

Juomien ja elintarvikkeiden mukana radioaktiiviset aineet kulkeutuvat ihmisten kehoon. Kehossa olevien radioaktiivisten aineiden määriä seurataan eri-ikäisten suomalaisten kokokehomittauksilla Helsingissä, Tampereella ja Rovaniemellä. Mitattavina on koulujen oppilaita ja opettajia. Yli 14-vuotiaiden suomalaisten kehossa on tänä päivänä  $^{137}\text{Cs}$ :ia keskimäärin muutamasta kymmenestä noin sataan becquerelliä.

## Tulosten raportointi

STUK raportoi kaikki valvontatulokset internet-sivuillaan ([www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)) ja vuosittain julkaistavana yhteenvetoraporttina. Tulokset raportoidaan myös EU:n komissiolle.

Raimo Mustonen  
Apulaisjohtaja  
Säteilyturvakeskus



ENYGF Praha 17.5–22.5.2011

# YDINOSAAMISEN JATKUVUUS: Sukupolvelta toiselle



Nuoren ydinalan opiskelijat ja ammattilaiset kokoontuivat kuulemaan kahden päivän luento-osuudessa niin ydinvoima-alan turvallisuudesta, käytöstä ja huollosta kuin opiskelusta ja koulutuksestakin.

**T**omáš Vytiska Tšekin Young Generation -työryhmästä lopettaa tervehdystekstinsä European Nuclear Young Generation Forum 2011 -ohjelmalehtisessä lauseeseen: "Nuclear means sustainable future", joka vapaasti suomennettuna kuuluisi "Atomiteknikka tarkoittaa väistämättä tulevaisuutta."

## Kansainvälistyminen on yhtä kuin verkostoituminen

Ydintekniikka – sen tutkiminen, sen parissa työskentely ja erityisesti sen opiskelu – on vuosien myötä tullut yhä kansainvälisemmäksi. Myös ydinvoima on vuosien myötä

kansainvälistynyt. **Emilia Janisz** Euroopan atomiteknillisestä seurasta pohtii esitelmässään "Skills and opportunities for the future" ydinvoimatekniikan tilaa ENYGF -tilaisuudessa seuraavasti:

*- Kuinka voisimme tehostaa tiedonjakoa, koulutusta, ja erityisesti kuinka voisimme luoda teollisuuden ja koulutuksen tarpeiden kohtaamispaikan ja oikean hetken, oikeaan aikaan.*

Viimeaikaiset tapahtumat maailmalla ovat jälleen vaikuttaneet ihmisten mielipiteisiin ydinvoimasta. Tapahtumaketju jatkuu, kun kouluttavien professorin määrä vähenee korkeakouluissa ja opiskelijoiden kiinnostus

alalle suuntautuu toisaalle. Samaan aikaan kuitenkin uusia ydinvoimalaitoksia rakennetaan ja ammattitaitoisten asiantuntijoiden ikärakenne muuttuu. Tšekin sydämeen Prahaan kokoontunut Euroopan ydinosaajien nuorten verkosto (European Nuclear Young Generation) kuuntelee tarkkaavaisesti, kun Janisz asettaa pohtien pöydälle tärkeitä kysymyksiä:

*- Mutta, kuinka siirtää tieto vanhoilta konkareilta nuorille keltanokille?*

*- Ja, kuinka luoda verkosto ja tukiryhmä?*

**Julie Parlange** esittää IAEA:n (International Atomic Energy Agency) vastineen haaste-

Neljäs ENYGF (European Nuclear Young Generation Forum) järjestettiin toukokuussa 2011 Prahassa.



seen esitelmässään "Nuclear energy in Europe: the need for knowledge preservation". IAEA:n perustama yksikkö Nuclear Knowledge Management, johon Parlange myös itse kuuluu, vaalii kriittisen tiedon siirtämistä ja arkistointia. Yksikön tavoitteena on luoda työkaluja ja menetelmiä tiedonsiirtämiseen tulevaisuuden koitoksia varten. Positiivisena kehitysprojektina erityisesti Parlange mainitsee "Planning the retirement of the first generation of nuclear workers" -haasteen. Euroopassa ei ole pysähtytty katsomaan sivusta, kun tieto häviää eläköitymisen seurauksena vaan on päätetty selvittää ja kiitettävien arvoin. Sukupolvelta toiselle, huudahtaa myös Vytinska tervehdyksessään foorumiin osallistujille. On koittanut ydinvoiman renessanssiaika: Tämän hetken suurin kansainvälinen haaste.

## Ydinvoima on yhtä kuin kansalaiskysymys

Ydinvoima vaikuttaa myös kansalaiskysymykseltä. J. Parlange jatkaa esitystään huomauttamalla, että aikaisemmin ydinvoimalaitokset rakennettiin kestäväksi 30 - 40 vuotta. Jos ei vielä, niin hyvin pian on niiden aika koittanut. Useassa maassa pohditaan jatkoajan järjestämistä ja uusien laitosten rakentamista. Nämä puolestaan tarkoittavat turvallisuuskysymysten selvittämistä. J. Parlange muistuttaa, että myös kansalaisten huulille nousee huolta huokuvia kysymyksiä. Kuinka siis vakuuttaa kansalaiset seuraavien kysymysten äärellä?

- Kuinka laitokseen voi toimia turvallisesti tulevaisuudessa ikääntymisestä huolimatta?
- Ovatko uudet laitokset turvallisia?

**N. Škoric** vastaa omalta osaltaan kysymyk-

siin jalkautumalla ihmisten olohuoneisiin, kännyköihin ja vapaa-aikaan ydinsimulaattoripeliin muodossa. Škoric aloittaa esitelmänsä muistuttamalla, että lähtökohta itsessään on todella vaikea. Aikaisemmin nimittäin kehitettiin tietokonepelejä, joissa viihteellisyttä haettiin sillä, että ydinvoimamaailmaan sijoittuvassa ympäristössä saatiin reaktoriydin mahdollisimman nopeasti sulamaan. Pelailta saatettiin vaatia vain kolmekin strategista siirtoa, kun hälytys sireenit alkoivat joksoida. Škoric osallistui tutkimuksessaan Slovenialaisen EGON NPP -simulaattorin kehittämiseen. Valkoiselle paperille kirjoitettiinkin simulaattoritutkimuksen synnyttämät tärkeät kysymykset, joihin Škoric lähti omassa tutkimuksessaan kansalaisille ja opiskelijoille suunnatun simulaattoripeli kehittämässä sitten vastaamaan.

- Kuinka simuloida turvajärjestelmät ja vakuuttaa niiden toimivuus kansalaiselle?

- Kuinka simuloida hälytysjärjestelmät mukaan peliin, jotka aikaisemmista versioista usein unohdettiin?

- Voiko esimerkiksi Facebookissa pelattava peli todellakin vaikuttaa ihmisten mielipiteisiin?

## Turvallisuus on yhtä kuin koulutus, tutkimus ja data

Jotta voisimme tehdä turvallisempia ratkaisuja - tulevaisuuden ratkaisuja, tarvitsemme tietoa, tutkimusta eli dataa. Ja tutkimuksen edellytystä varten tarvitsemme koulutusta, uusia osaajia ja siten uusia sovelluksia.

ITER on yksi nykyisyyden ja tulevaisuuden haasteista - uusista sovelluksista. Kun fuusioreaktoria rakennetaan; tutkitaan ja kehitetään samalla myös sen järjestelmiä. Pohditaan samoja asioita, kuin fissioreaktorin ympärilläkin: laitoksen kestävyttä ja ikään-

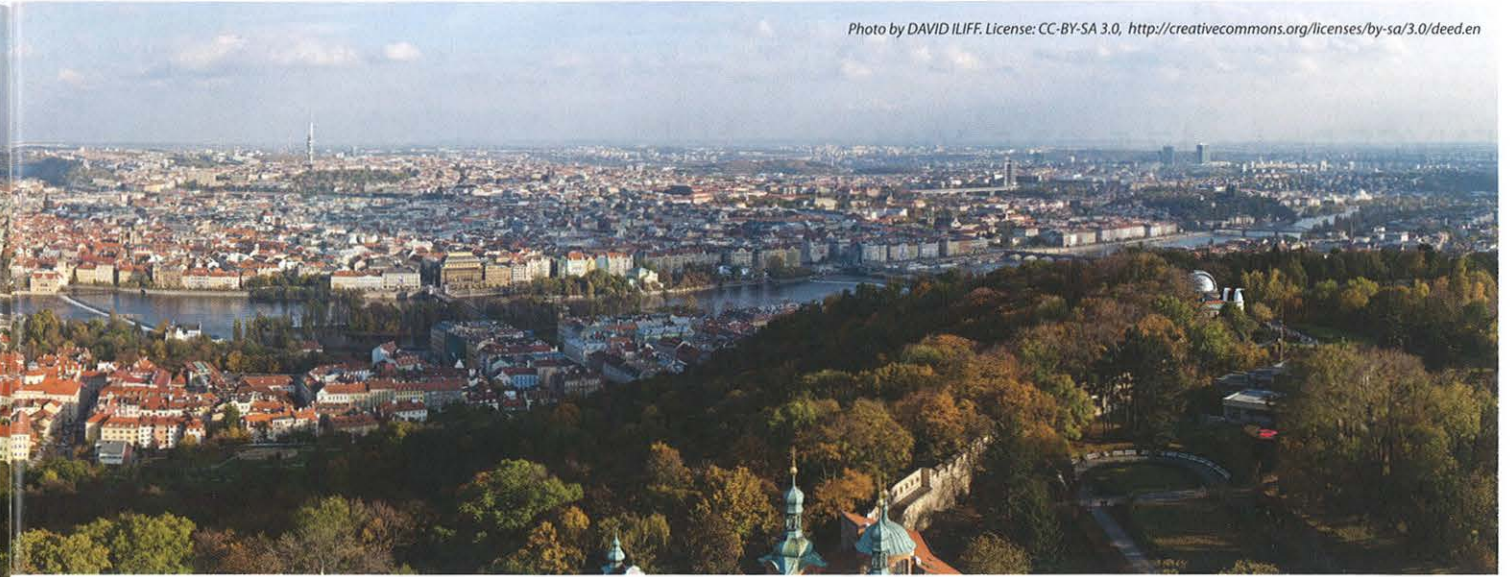
tymisen kestoa ja sietokykyä. Tampereen yliopiston tutkija **Pekka Alho** kertoo, kuinka robottikäden eli niin sanotun manipulaattorin rakentamiseen vaikuttavat turvallisuustavoitteet ovat nekin hyvin vaativia. Alhon tutkimuksen tavoitteisiin kuuluu etsiä menetelmiä, joiden aiheuttamat vikatilanteet kyseisessä robottikädessä olisivat mahdollisimmat vähäiset. Vikatilanteiden aiheuttajiin lasketaan niin mekaniikka, automaatio kuin elektroniikkakin. Alhon robottikäsitutkimus on hyvin pieni osa ITERiä, mutta osoittaa, kuinka turvallisuuskysymys lähtee pienistäkin asioista ja lopputuloksessa kaikki menettämät, laitteet ja toiminnot hitsautuvat harmonisesti yhteen ja muodostavat turvallisesti toimivan fuusioreaktorin.

Seminaarin loppuksi Teksasin yliopiston professori **Craig Marianno** muistuttaa nuoria ydinosaajia siitä, että tutkimustuloksia voi syntyä paljonkin, mutta ilman koulutettua osaamista ei saavutettu tietomäärä kykene muuttamaan numeroista käsitteiksi. Tarvitaan ammattilaisia ja tutkijoita, jotta päättäjät ja kansalaiset voisivat muodostaa selkeän mielipiteen.

- Turvallisuuden varmistamiseksi tarvitaan siis tutkijoita, tutkimustuloksia sekä tiedon kestävyttä.

- Ydinosaamisen jatkuvuuden varmistaminen syntyy tiedon jatkuvuuden varmistamisena sukupolvelta toiselle.

FM, Miia Pehkonen,  
Fortum Power and Heat Oy/Loviisa  
NPP, Radiokemisti,  
miia.pehkonen@fortum.com



ENYGF foorumi keräsi yhteen verkostoitumaan lähes 80 ydinalasta kiinnostunutta nuorta.

**Neljäs ENYGF** (European Nuclear Young Generation Forum) järjestettiin 17.-22.5.2011 Prahassa. Vuonna 2005 kokoontui Zagrebissa ensimmäinen ENYGF, johon osallistui noin 80 nuorta ydinalan ammattilaista. Vuonna 2007 foorumi kokoontui Amsterdamissa ja 2009 Córdobassa. ENYGF 2011 kokosi yhteen lähes 200 ydinenergia-alalla työskentelevää nuorta osaajaa ympäri Eurooppaa. Suomesta foorumille osallistui Fortumin, Tampereen teknillisen yliopiston, TVO:n ja VTT:n nuoria työntekijöitä.

Foorumi koostui ydinenergia-alan eri osa-alueista, kuten ydinturvallisuutta, vakavia onnettomuuksia, ITER:ia ja fuusiota, ydinvoimaloiden käyttöä sekä koulutusta, käsittelevistä kokonaisuuksista, joissa nuoret asiantuntijat pitivät esitelmää omista osaamisalueista. Esitykset oli valittu lähes 100 konferenssipaperin joukosta. Jokaisen kokonaisuuden avasi kutsuttu asiantuntijaluennoitsija. Konferenssipaperit, joita ei valittu esitettäväksi, olivat esillä postereina. Lisäksi foorumin yhteydessä oli mahdollisuus osallistua tekniseen vierailuun esim. Richard LLW loppusijoituspaikassa, Škoda JS a.s. konepajalla tai Nuclear research Institute Řež plc -tutkimuslaitoksessa.

#### Hyödyllisiä linkkejä:

ENYGF 2011 Praha - <http://www.enygf.eu/>  
ENYGF 2009 Córdoba - <http://enygf09.org/enygf09/>  
ENS Young Generation Network  
- <http://www.euronuclear.org/aboutus/yg/young.htm>

FM, Maria Palomäki,  
Teollisuuden Voima Oyj,  
Säteilyturvallisuusinsinööri  
[maria.palomaki@tvo.fi](mailto:maria.palomaki@tvo.fi)

ENYGF Praha 17.5–22.5.2011

# Tekniikkavierailu Richard-loppusijoitustiloissa



*Tšekissä on nykyisin noin sata toimijaa, jotka tuottavat radioaktiivista jätettä. Määrällisesti suurin osa tulee ydinvoimalaitoksista. Suomesta poiketen Tšekissä radioaktiivisten jätteiden loppusijoittamisesta vastaa valtion omistuksessa oleva organisaatio RAWRA (The Radioactive Waste Repository Authority). RAWRA puolestaan valvoo Tšekin valtion valvojat.*

## Kalkkikaivoksesta loppusijoitustilaksi

Matala-aktiivisten jätteiden loppusijoitustila Richard sijaitsee vajaan 60 km päässä Prahas-ta Pohjois-Böömissä lähellä Litoměřice nimistä kaupunkia. Loppusijoitustila oli toiminut kalkkikivikaivoksena vuoteen 1945 asti. Entinen kaivos otettiin käyttöön radioaktiivisten jätteiden loppusijoitustilaksi vuonna 1964. Loppusijoitustila on luokiteltu ns. maanpinnanalaiseksi loppusijoitustilaksi (subsurface repository) ja se sijaitsee paikallisen pohjaveden yläpuolella. Tilaan loppusijoitettava jäte koostuu terveydenhuollon, teollisuuden, tutkimuksen ja maatalouden tuottamasta radioaktiivisesta jätteestä.

## Tynnyri tynnyrin sisään

Jätteet pakataan 100 litran terästynnyreihin, jotka pakataan edelleen 200 litran terästynnyreihin. 200 litran tynnyrin ja 100 litran tynnyrin väli täytetään betonilla. 200 litran tynnyrin sisä- ja ulkopuoli galvanoidaan. Li-

säksi ulkopuoli käsitellään suojamaalilla korroosion estämiseksi. Tynnyrit sijoitetaan vaakaa-asennossa loppusijoitustiloihin. Suomen suunnitelmista poiketen tiloja pyritään sulkemaan sitä mukaan kun ne täyttyvät.

Tähän mennessä yli 25 000 tynnyriä on sijoitettuna loppusijoitustilaan. Jos loppusijoitustila täyttyy nykyisellä tahdilla, 100-200 tynnyriä vuodessa, sen kapasiteetti riittää vuoteen 2070 asti.

## Ympäristön seuranta

Richardin loppusijoitusalueen vaikutuksia ympäristöön seurataan säännöllisesti. Säteilymonitorointi kattaa loppusijoitusalueen, työntekijöiden ja ympäröivän alueen seurannan. Monitorointi pitää sisällään gammasäteilyn annosnopeusmittaukset, pintakontaminaatiomittaukset loppusijoitus-tilassa, radonin ( $^{222}\text{Rn}$ ) ja tritiumin ( $^3\text{H}$ ) ilmakonsentraatiomittaukset sekä vesinäyteenanalyysit. Vesinäytteitä otetaan sekä loppusijoitustilasta että muualta ympäristöstä (esim. Litoměřicen kaupungin jätevesilaitokselta

ja Elbe-joesta). Monitorointi pitää sisällään myös geoteknisiä ja hydrogeologisia mittauksia maanalaisen luolan vakauden varmistamiseksi.

## Alue

Loppusijoitusalueella sijaitsee käyttöraKEN- nus, informaatiokeskus, radiokemian laboratorio sekä akkreditoitu laboratorio jäteastioiden testaukseen. Loppusijoitustila on valvottua aluetta, jonne mentäessä käytetään suojarusteina suojatakkaa ja valolla varustettua kypärää. Lisäksi mukana kuljetetaan elektronista dosimetriä ja happinaamaria häätätilanteiden varalta. Informaatiokeskuksen tarkoituksena on tarjota helposti saatavaa tietoa radioaktiivisesta jätteestä ja sen loppusijoituksesta paikallisille asukkaille.

RAWNA hallinnoi myös kahta muuta loppusijoitustilaa Tšekissä: Dukovanyn loppusijoitustila sijaitsee Dukovanyn voimalaitosalueella Moraviassa ja Bratrstvín loppusijoitustila lähellä Jáchymovín kaupunkia Länsi-Böömissä.

Lisätietoja: <http://www.surao.cz/eng/>



DI, Heidi Lampén,  
Fortum Power and Heat Oy/ Loviisa NPP,  
Aktiiviset kuivat jätteet jaospäällikkö,  
heidi.lampen@fortum.com



DI, Anu Ropponen,  
Fortum Power and Heat Oy/ Loviisa NPP,  
EHSQ-insinööri (ympäristö),  
anu.ropponen@fortum.com

# Summer Institute 2011 Oxfordissa

*Järjestyksessään seitsemäs World Nuclear University Summer Institute käsitti viisi viikkoa opiskelua Oxfordissa Christ Churchin collegessa ja viikon teknisen kierroksen eri ydinalan toimijoissa Englannissa. Opiskelijoita oli tänä vuonna 78 yhteensä 35 eri maasta.*

**K**urssilaiset kokoontuivat Oxfordiin kaikista maanosista ja paljon oli myös kurssilaisia maista, joilla ei vielä ole ydinvoimaa, mutta suunnittelevat sen rakentamista. Myös kaikki mentorit olivat eri maista ja toivat monelta alalta asiantuntemusta ryhmään. Mentorit olivat omistautuneita työlleen ja tekivät parhaansa kurssilaisten opastamiseksi.

Kuudessa viikossa kurssilaisten kesken ehti syntyä vahvoja siteitä, joista on hyötyä ja iloa niin työelämässä kuin henkilökohtaisestikin. Itse sain muutaman todella hyvän ystävän lisäksi useamman kymmentä kontaktia, joita voin jatkossa hyödyntää ulkoisia käytökokemuksia käsitellessä. Oli myös mielenkiintoista kuulla muiden maiden energiapolitiikoista ja ydinvoiman tilanteesta sekä yllättävää huomata miten monet teollisuusmaat edelleen saavat fossiilista polttoaineista suurimman osan energiastaan ja miten vähän asialle on tehty. Kurssin ajankohta muutamaa kuukautta Fukushima onnettomuuden jälkeen toi lisäulottuvuutta keskusteluille vertailtaessa eri maiden kansallisia toimia onnettomuuden jälkeen ja sen vaikutuksia ydinvoiman tulevaisuuteen.

Kurssin kieli oli englanti, mikä toi varmuutta kielen käyttöön etenkin neuvotteluissa ja esiintymisessä. Yksi harvoista huonoista puolia kurssilla oli se, ettei kaikkien osallistujien englannin kielen lähtötasoon ollut kiinnitetty riittävästi huomiota, mikä aiheutti haasteita ryhmätyöskentelyyn. Osalla aasialaisista oli vaikeuksia pysyä keskusteluissa mukana, mikä jätti heidät ulkopuolelle helposti.

## Ohjelma

Kurssin ohjelmarunko rakentui pääasiassa aamulla pidetyistä luennoista, iltapäivällä pienryhmätyöskentelystä ja yhteisestä tuokiosta luennoitsijoiden kanssa. Luennoitsijat olivat alansa huippuja ja melkein jokainen



World Nuclear University Summer Institute 2011.

myös erinomainen puhuja. En ole Suomessa missään yhteydessä kuullut yhtä hyviä puhujia ja mitenkään yleistämättä, voi kyllä todeta, että suomalaisilla on paljon petrattavaa esiintymisessä. Luennoitsijat olivat erinomaisia osallistamaan yleisöä luennoilla ja pitämään mielenkiinnon yllä pitkistä, välillä yli 10 tunnin, päivistäkin huolimatta. Esitystekniikoista löytyi myös paljon erilaisia keinoja, joita voi itse hyödyntää myöhemmin koulutuksia pitäessä. Kurssilaisten osallistuminen luentoihin oli aktiivista ja välillä venähti tuntikin kurssilaisten kysymyksiin luennoitsijalle.

Iltapäivän pienryhmätyöskentelyä varten kurssilaiset oli jaettu 10 ryhmään, jotka vaihtuivat puolessa välissä kurssia. Ryhmät oli koostettu siten, että jäsenten kansallisuudet ja taustat olivat mahdollisimman monipuoliset. Jokaisella ryhmällä oli lisäksi ydinalan konkari mentorina. Pienryhmätyöskentely oli joko case-työskentelyä tai aamupäivän luennoista keskustelua ja kysymysten keräämistä viimeiseen tuokioon luennoitsijan kanssa. Ryhmätyöskentely opetti paljon erilaisten ihmisten kanssa työskentelystä ja erilaisten luonteiden ja kansallisuuksien huomiomisesta. Kukin ryhmäläisistä vuorotteli puheenjohtajana, sihteerinä ja esittäjänä. Välillä puheenjohtaja sai tosissaan tehdä työtä, jotta kaikkien ääni tuli kuuluville. Mielenkiintoisin case-harjoituksista oli jokaiselle ryhmälle annettu erilainen skenaario laitoksella, josta piti pitää tiedotustilaisuus yleisölle. Tiedotustilaisuudet pidettiin kuin oikeat ja muut ryhmäläiset toimivat yleisönä ja esittivät kysymyksiä ryhmälle. Lopuksi viestinnän ammattilaiset arvioivat tilaisuudet ja antoivat yksityiskohtaista palautetta ryhmille.

Useana iltana, ja yhdellä viikolla myös aa-

mulla ennen luentoja, pidettiin lisäksi ylimääräisiä vapaaehtoisia luentoja aiheista, joihin kurssilaiset olivat osoittaneet kiinnostusta kysymyksissään ja joista sattui olemaan asiantuntija joko paikalla tai saatavissa. Esimerkkeinä ylimääräisistä luennoista voidaan mainita Francois Perchetin luento kuorman mukaisesta ajosta EDF:n laitoksilla Ranskassa, erilaiset Fukushimaan liittyvät luennot ja Sigval Bergin Leadership -aamukeskustelutilaisuudet. Rungas osanotto ylimääräisille luennoille muutenkin pitkien päivien lisäksi osoitti hyvin kuinka sitoutuneita kurssilaiset olivat.

## Tekniset vierailut

Kurssiohjelmaan kuului viiden päivän mittainen tekninen kierros Englannin ydinlaitoksissa ja erillinen vierailu Culhamin fuusiokeskukseen.

Teknisellä kierroksella kävimme ensin the Nuclear Advanced Manufacturing Research Centressä (NAMRC). Keskus on uusi yhteensuunniteltu yliopistojen ja teollisuuden välillä ja sen tarkoituksena on tukea valmistusteollisuutta. Saimme tutustua erilaisiin valmistusprosesseihin tehtaan puolella ja tämän lisäksi näimme esimerkin 3D-tekniikan mahdollisuuksista suunnittelussa.

Seuraavaksi vuorossa oli Hartlepoolin AGR-laitos. Laitosvierailu oli pieni pettymys, sillä toisen yksikön seisokin vuoksi kulkumme oli rajoitettu turbiini- ja merivesipuolelle. Tämän lisäksi tutustuimme simulaattoriin ja valmiuskeskukseen. Vierailuisänniltä jouduttiin lisäksi erikseen pyytämään esitystä laitoksen toimintaperiaatteesta, sillä AGR oli tuttu vain harvalle vierailijalle ja isännät eivät olleet huomioineet tätä.

Oman työn kannalta merkille pantavaa laitoksilla oli kyllä suuri määrä. Tuntui, että katsoi minne tahansa, jostakin varoitettiin tai ilmoitettiin. Portaiden kaiteissa oli useam-

pi kyltti pitää kaiteesta kiinni ja isännät huomauttivat, jos näitä ei kiltisti totellut. Laitos oli täynnä kylttejä tämä laitos alhaalla ja tämä käynnissä yms. Ajatuksia herätti se, että miten oikeasti tärkeisiin kyltteihin ja varoituksiin enää kiinnitetään huomiota, jos joka asia on kyltitetty.

Viimeiseksi vierailimme Springfieldsin polttoainetehtaalla, mikä oli suurimmalle osalle viikon kohokohta. Pääsimme seuraamme polttoainetablettien valmistusta, polttoainepun valmistusta ja lisäksi kuulimme esityksiä prosesseista ja Westinghousesta. Laitosvierailulle meidät oli jaettu viiden hengen ryhmiin, mikä mahdollisti sen, että kohteista sai hyvin tietoa ja pääsi myös lähelle katsomaan prosesseja.

## Forum Issues Groups

Kurssin lopuksi opiskelijat jaettiin eri Forum Issues -ryhmiin omien kiinnostuksiensa mukaan. Meidän ryhmämme tehtävänä oli poh-



Forum Issues Group vierailulla Culham Centre for Fusion Energyssä.

tia uusien laitojen rakentamiseen liittyviä näkökohtia ja valmistella puolen tunnin esitys aiheesta. Ryhmässämme oli kurssilaisia yhdeksästä eri maasta, joten aiheeseen saatiin monipuolinen näkökulma ja välillä ryhmässä käytiin kiivaitakin väittelyitä aiheesta. Muita aiheita olivat esimerkiksi ydinvoiman hyväksyttävyyden, säteilysuojelu, laitojen rakentaminen ja ympäristöasiat.

## Kutsutut puhujat

Muutaman kerran viikossa luennoivat kutsutut puhujat, jotka olivat useimmiten eri ydin-alan toimijoiden korkeinta johtoa. He kertoivat omasta organisaatiostaan, työstään ja johtajuudesta. Suurin osa kurssilaisista piti näitä yhtenä parhaana osana kurssia, mutta osan periaatteet saattavat olla hieman haastavia soveltaa suomalaiseen kulttuuriin.

## Tuleville kurssilaisille

Suosittelen kurssia lämpimästi kaikille. Vinkiksi tuleville kurssilaisille, että varatkaa riittävästi lämmintä vaatetta mukaan, englannin kesä on kylmä ja sateinen ja collegessa ei ole lämmitystä kesällä. Kylmä keli ja ympäri maailmaa kantautuneet pöpöt pitivät huolen siitä, että meidän kurssillamme riehui todellinen sairastumisaalto, jonka aikana välillä puolet porukasta yski ja pahimmillaan kurssilaisia oli niin keuhkokuumeessa kuin vesirokossakin.

Kaikkeen kannattaa ottaa osaa, vaikka vapaa-aika jääkin minimiin. Iso osa kurssin hyötyä muodostuu epävirallisilla yhteisillä illanvietoilla muiden kurssilaisten kanssa verkostoitumisesta, jolloin on mahdollista keskustella pienemmässä porukassa. Jokaiselle muodostuu oma porukansa, jonka kanssa lähtee yhdessä illalla syömään, mutta kannattaa tästä huolimatta nähdä vaivaa ja yrittää tutustua kaikkiin.

Etukäteen kannattaa perehtyä hyvin omaan energia politiikkaan niin luentoja kuin epävirallisiakin keskusteluja varten. Varmistakaa myös, että suullinen englannin kielen taito on riittävällä tasolla lähtiessänne, jotta kurssista saa parhaan mahdollisen hyödyn.

Kurssilaiset valikoidaan hakemusten ja suositusten perusteella jo alkutalvesta ja haku ensi kesän Summer Instituteen on jo avoinna ja hakemukset jätettävä 18.11. mennessä. Autan mielelläni lisätietoja kaipaavia.



Working Group A8:n valmistujaiset.

## World Nuclear University Summer Institute

WNA, OECD/NEA, IAEA, WANO ja World Nuclear University järjestävät vuosittain yhteistyössä World Nuclear University Summer Institutun. Ensimmäinen Summer Institute pidettiin vuonna 2005 ja tähän mennessä kurssin on käynyt 642 nuorta opiskelijaa. Instituutin kolme tavoitetta ovat seuraavat:

### EDUCATION

Present cutting-edge Knowledge and broad international perspective on the full range of political, environmental and social issues surrounding the peaceful application of nuclear technology.

### NETWORKING

Enable participants to experience practical teamwork, and to establish lasting bonds, with peers from many nations.

### LEADERSHIP

Inspire participants to commit themselves to advancing the global contribution of nuclear science and technology.

Vuodesta 2009 vuoteen 2012 WNU SI järjestetään Oxfordissa Englannissa, jonka jälkeen se siirtyy Yhdysvaltoihin.



Anna Raitanen  
Käyttökokemusinsinööri  
Teollisuuden voima Oyj  
anna.raitanen@tvo.fi

# Turvallisuustutkimuksessa kasvavia haasteita

*Suomalainen ydinjätehuolto-ohjelma on harvoja kansallisia alan ohjelmia, jotka ovat edenneet laaditussa aikataulussa. Kunnianhimoiset sisältö- ja aikataulutavoitteet ovat lisänneet tutkijoiden työkuormaa. Tällä hetkellä koko ydinjäteala työskentelee täysillä.*

Suomalainen ydinjätehuolto on edennyt toteutusvaiheeseen. Valtioneuvoston periaatepäätös Posiva Oy:n käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksesta vahvistettiin eduskunnassa v. 2001 ja seuraava merkittävä etappi eli rakentamislupahakemus jätetään valtioneuvostolle aikataulun mukaan vuoden 2012 loppuun mennessä. Porrastetusta päätöksenteosta seuraa, että tutkimustiedolle asetettavat vaatimukset kasvavat vaiheittain. Tämä tarkoittaa toisaalta myös sitä, että kaikkea ei tarvitse tietää heti. Säteilyturvakeskuksen tehtävä turvallisuusviranomaisena on määritellä mitä on tiedettävä rakentamislupavaiheessa.

## Teknistieteellisiä haasteita

Loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksessa on arvioitava laitoksen pitkäaikaisturvallisuutta. Se tapahtuu turvallisuusperustelun avulla; useissa muissa maissa turvallisuusperustelu kattaa myös laitoksen käyttöturvallisuuden. Turvallisuusperustelussa yhdistetään tämän hetken tieto loppusijoituspaikasta ja valitusta loppusijoituskonseptista. Lisäksi siinä arvioidaan epävarmuuksia ja niiden vähentämismahdollisuuksia.

Loppusijoitustutkimuksia on Suomessa tehty järjestelmällisesti yli 30 vuotta. Silti tutkittavaa on yhä jäljellä ja itse asiassa yksityiskohtaisimmat haasteet alkavat vasta nyt jä-

sentyä.

Yksi jatkuvan kehitystyön kohde on itse turvallisuusperustelu, toisin sanoen se tapa, jolla pitkäaikaisturvallisuutta arvioidaan. Tulevaisuutta ei voi koskaan tuntea tarkkaan ja turvallisuusperustelun yksi keskeinen komponentti on mahdollisten tulevaisuuksien haarukointi skenaarioiden avulla. Haasteena on skenaarioiden johtamisen systemaattisuus, läpinäkyvyys ja jäljitettävyyden. Turvallisuusviranomaisenkin on ymmärrettävä miten valittuihin skenaarioihin on päädytty.

Kuparikapseli on Suomessa valitun loppusijoituskonseptin (ns. KBS-3 konsepti, kuva ohessa) tärkeimpänä pidetty yksittäinen tekninen vapautumiseste. Kuparin korroosiotutkimuksia on tehty vuosikausia, mutta aihe on yhä ajankohtainen. Ruotsalaisen Kungliga Tekniska Högskolanin korroosiotutkimus ylitti sanomalehtienkin uutiskynnyksen, kun yliopiston tutkijat mittasivat korroosionopeuden hapettomissa oloissa aiemmin arvioitua selvästi suuremmaksi. Mahdollisten ristiriitaisuuksien selventämiseksi VTT on tekemässä vastaavia kokeita tarkoin kontrolloiduissa hapettomissa koeoloissa.

KBS-3 konseptissa kuparikapselia ympäröi puristettu bentoniittipuskuri, jonka keskeinen tehtävä on varmistaa kapselin pitkä elinikä. Bentoniittipuskuriin kohdistuu loppusijoitustilassa useita samanaikaisia toisiinsa vaikuttavia termisiä, kemiallisia, hydrolo-

gisia ja mekaanisia prosesseja. Haasteena on muodostaa johdonmukainen rakennemalli, jonka pohjalta voidaan luotettavasti arvioida erilaisten kytkettyjen prosessien vaikutuksia. Kytkettyjen prosessien tarkkaan kontrolloitua ja pitkäaikaiskokeita ollaan maassamme vasta aloittamassa.

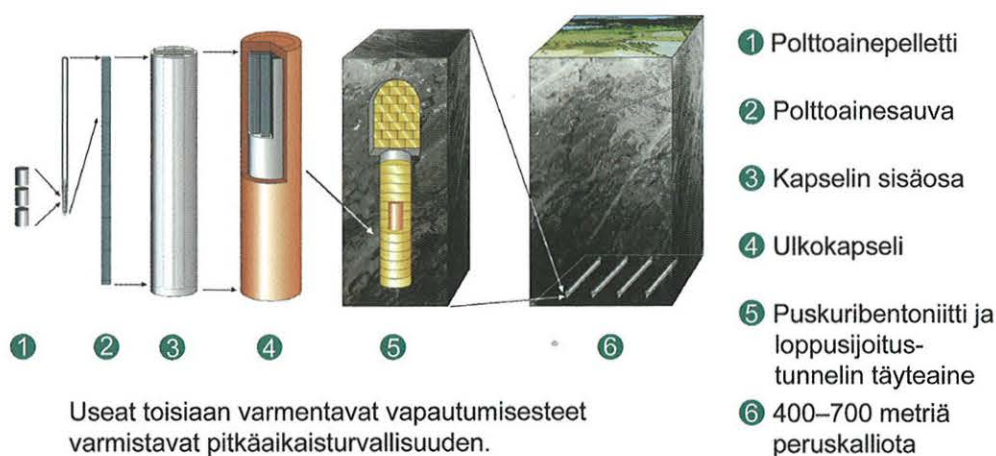
Pitkäaikaisturvallisuuden arvioimiseksi on tiedettävä miten loppusijoitusjärjestelmän tekniset vapautumisestit ja itse loppusijoitus aiotaan rakennusteknisesti toteuttaa. Suunnittelutavoitteet ovat yksi lähtökohta arvioitaessa loppusijoitusjärjestelmän evoluutiota matemaattisella mallinnuksella. Teknisen suunnittelun haasteena on osoittaa kokein ja mallein, että suunnittelutavoitteet voidaan käytännössä saavuttaa.

## Epävarmuudet eivät estä turvallisuuden arvioimista

Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta arvioidaan erittäin pitkien ajanjaksojen yli, joten epävarmuuksia ei voida kokonaan poistaa. Paikatutkimuksen tiedot ovat pisteittäisiä, koska näytteenotto pitää väistämättä rajata, jotta loppusijoituspaikkaa ei kairattaisi puhki. Pitkäaikaisturvallisuuden laskentamalleilla on myös omat rajoituksensa ja epävarmuutensa. Epävarmuuksien olemassaolo onkin turvallisuusarvioinnin metodologinen lähtökohta.



## Loppusijoituksen moniesteperiaate



Useat toisiaan varmentavat vapautumisesteet varmistavat pitkäaikaisturvallisuuden.

- 1 Polttoainepelletti
- 2 Polttoainesauva
- 3 Kapselin sisäosa
- 4 Ulkokapseli
- 5 Puskuribentoniitti ja loppusijoitus-tunnelin täyteaine
- 6 400–700 metriä peruskalliota

*Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen KBS-3 konsepti (Posiva).*

Turvallisuusarvioinnissa noudatetaan konservatiivisuusperiaatetta, jolloin skenaariot, laskentamallit ja laskentamallien lähtötiedot valitaan loppusijoituksen säteilyvaikutuksia yliarvioivaan suuntaan. Tähän velvoittavat sekä ydinernergialaki että Säteilyturvakeskuksen YVL-ohjeet. Ongelmana on, että etukäteen ei aina tiedetä onko jokin valinta konservatiivinen. Yksityiskohtaisimmat analyysit on luontevaa kohdistaa todennäköisimpiin skenaarioihin, mutta skenaarioiden todennäköisyyksien arviointi on haasteellista. Siksi tarvitaan monipuolisia kokeellisia tutkimuksia ja laskennallisia herkkyystarkasteluja.

Epävarmuuksia pyritään kompensoimaan konservatiivisilla yksinkertaistuksilla. Käytännössä se tarkoittaa, että eri loppusijoitusjärjestelmän komponenteille määriteltyjen turvallisuustoimintojen (taulukko ohessa) oletetaan pessimistisesti toimivan suunnittelutavoitteita heikommin. Komponenttien oletetut turvallisuustoiminnot edustavat koko arviointijaksoa, lisäksi ne edustavat teknisten ja luonnon järjestelmien yhteisvaikutusta. Suunnittelutavoitteet sen sijaan edustavat loppusijoitustilan sulkemishetkeä ja

yksinomaan teknisiä järjestelmiä.

Sitä mukaa kun luotettavia perusteita löytyy, voidaan skenaarioiden ja laskentamallien konservatiivisuustasoa alentaa. Tähän pyritään, koska loppusijoitusjärjestelmän yksityiskohtainen tekninen suunnittelu voi saada turvallisuusarvioista mielekäästä palautetta vain, jos ne ovat kohtuullisen realistisia.

### Pakko priorisoida

Suomen kaltaisessa pienessä ydinernergia- maassa tutkimusresurssit ovat rajallisia ja siksi tutkimuksen fokuksen on oltava kohdallaan. Tutkimusta on suunnattava kriittisiin aihepiireihin ja jotkut tutkimusryhmät joutuvat tällöin ehkä siirtymään perinteisiltä tutkimusalueiltaan uusiin aihepiireihin.

Tunnistettujen osaamiskapeikkojen mukaisesti osaamista pyritään kehittämään niillä aloilla, joilla kansalliset voimavarat ovat erityisen harvalukuiset. Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT) siirtyi uuteen vaiheeseen v. 2011 alusta ja siinä erityisesti kehityskohteiksi otettiin jo edellä mainittu turvallisuusperustelu, bentoniittipuskuri

ja loppusijoituskapseli. KYT-ohjelman tavoite on vastata viranomaisten tutkimustiedon tarpeeseen. Posiva Oy on julkaissut oman 3-vuotisen tutkimus- ja kehitysohjelman sa TKS-2009, jossa määritellään yhtiön tutkimussuunnitelmat rakentamislupahakemuksen tarpeita ajatellen. Posivan tutkimusohjelma on laajuudeltaan suurin Suomessa toimiva ydinjätehuollon tutkimusohjelma.

### Apuvoimia on tulossa

Maassamme v. 2010 tehdyt uusia ydinreaktoireita koskevat periaatepäätökset tuovat mukanaan alan asiantuntijoiden lisääntyneen kysynnän. Samanaikaisesti kuitenkin ensimmäinen asiantuntijoiden sukupolvi lähestyy eläkeikää, joten osaamisen tason varmistamiseksi organisaatioiden on rekrytoitava uusia työntekijöitä. Tällöin tulokkaiden ohjaamiseen on irrotettava kokeneempia työtovereita. Asiantuntijaksi pätevytyminen vie kuitenkin vuosia, vaikka olisikin hyvää ohjasta ja kehittäviä tutkimushankkeita.

VTT on omalta osaltaan perustanut v. 2010 ydinjätehuollon aihepiiriin tutkimusprofes-

## Käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitoksen turvallisuustoiminnot (Posivan TKS-2009 suunnitelma)

Käytetyn  
polttoaineen  
loppusijoitus-  
järjestelmän  
komponentti

Turvallisuustoiminto (TKS-2009)

<b>Kapseli</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• varmistaa käytetyn polttoaineen pitkäaikainen pysyminen suojarakenteiden sisällä (containment)</li></ul>
<b>Puskuri</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• myötävaikuttaa kapselille suotuisten ja ennustettavissa olevien olosuhteiden muodostumiseen</li><li>• suojata kapselleita ulkoisilta prosesseilta, jotka voisivat vaarantaa käytetyn polttoaineen ja sen sisältämien radionuklidien täydellistä suojaamista (containment)</li><li>• rajoittaa ja hidastaa radionuklidien vapautumista kapselin rikkoutuessa</li><li>• KBS-3H*:<ul style="list-style-type: none"><li>• eristää asennuspakkaukset hydraulisesti toisistaan ja estää näin virtaus- ja kulkeutumisreittien muodostuminen puskuri-kallio -rajapinnalla.</li></ul></li></ul>
<b>Täyteaine loppusijoitus-tunnelissa</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• myötävaikuttaa puskurille ja kapselille suotuisten ja ennustettavissa olevien olosuhteiden muodostumiseen</li><li>• rajoittaa ja hidastaa radionuklidien vapautumista kapselin mahdollisesti rikkoutuessa</li><li>• myötävaikuttaa loppusijoitustunneleiden lähikallion mekaaniseen vakauteen.</li></ul>
<b>Kallioperä</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• erottaa fyysisesti käytetty polttoaine elollisesta luonnosta (biosfääristä) ja rajoittaa ihmisen tunkeutumisen mahdollisuutta</li><li>• tarjota teknisille vapautumisesteille suotuisat ja ennustettavissa olevat olosuhteet</li><li>• rajoittaa ja hidastaa loppusijoitustilasta vapautuvien haitallisten aineiden pääsyä biosfääriin.</li></ul>
<b>Tietyt loppusijoitus-tilan sulku-rakenteet</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• estävät näitä tiloja vaarantamasta kallioperän tarjoamaa loppusijoitustilan pitkäaikaista eristämissuojaa elollisesta luonnosta</li><li>• myötävaikuttavat muille teknisille vapautumisesteille suotuisten ja ennustettavissa olevien geokemiallisten ja hydrogeologisten olosuhteiden ylläpitämiseen estämällä merkityksellisten vedenvirtausreittien muodostumisen avonaisten tilojen kautta</li><li>• rajoittavat ja hidastavat haitallisten aineiden kulkeutumista loppusijoitustilaan tai pois loppusijoitustilasta</li><li>• myötävaikuttavat muiden tilojen lähikallion mekaaniseen vakauteen.</li></ul>

\*KBS-3 konseptin vaakasuuntainen vaihtoehto

suurin. Sen tavoitteena on koordinoita tutkimuksen sisältöä ja systematisoida uusien tutkijoiden ohjausta. Tässä tarvitaan hyvää yhteistyötä muiden tutkimuslaitosten kanssa.

Uusien työntekijöiden rekrytoinnin myötä alan koulutustoiminta on aktivoitunut. Posiva Oy pitää tänä vuonna VTT:n avustuksella järjestyksessä kahdeksannen ydinjätehuoltokurssin omille ja konsulttiensa tulokkaille. Aalto-yliopisto järjesti KYT-ohjelman piirissä v. 2010 lyhennettynä pilottikurssina ensimmäisen ydinjätehuollon kysymyksiin keskittyneen yliopistotason kurssin, joka soveltuu jatko-opiskelijoille ja täydentää aiemman opetuksen ydinjäteosioita. Varsinainen ydinjätehuollon kurssi on tarkoitus kehittää tä-

män pilottikurssin kokemusten pohjalta. Jo aiemmin Lappeenrannan teknillinen yliopisto on sisällyttänyt ydinjäteosioita omiin ydinenergian peruskursseihinsa. Aalto-yliopisto yhteistyökumppaneineen on v. 2010 jättänyt Suomen Akatemialle rahoitushakemuksen tohtorikoulutusohjelman rakentamiseksi ydintekniikan ja radiokemian alalle. Ydinturvallisuuden puolella järjestetään tänä vuonna kahdeksatta kertaa kansallinen YK-kurssi, jossa myös yhtenä aihealueena on ydinjätehuolto.

Työ- ja elinkeinoministeriön johdolla työskentelee koko ydinenergia-alan kattava osaamisyöryhmä, jonka tavoitteena on valmistella toimenpiteitä ydinvoima-alan osaamisen

varmistamiseksi. Työryhmässä ovat mukana kaikki kotimaiset ydinenergia-alan toimijat, joten mahdollisten toimenpiteiden pohjaksi on saatavissa kattava ja ajantasainen resurssien tarvekartoitus. Osaamisyöryhmän on tarkoitus raportoida työnsä tulokset tämän vuoden keväällä.

*TKT Kari Rasilainen  
Teknologian tutkimuskeskus VTT  
Johtava tutkija, Ydinjätehuolto  
kari.rasilainen@vtt.fi*

# ATS YG Summer Games

Lauttasaarella 4.8.2011



Työlinäyte yhdeltä rastilta.

**A**TS YG järjestää joka kesä Summer Games -tapahtuman eri organisaatioiden kesätyöntekijöille sekä muille nuorille yhdistyksen jäsenille. Summer Games on luonteeltaan rento tapahtuma, jonka tarkoituksena on koota yhteen alalla työskenteleviä nuoria ihmisiä ja tutustuttaa eri organisaatioiden työntekijöitä toisiinsa. Ohjelmassa on aina ollut aluksi ajankohtaista asiaa, jonka jälkeen tapahtumaa on jatkettu leikkimielisen kisailun sekä saunomisen merkeissä.

Tapahtuman järjestelyvastuu kiertää perinteisesti paikkakunnan mukaan; Loviisan

voimalaitos (Fortum), pääkaupunkiseutu (Fortum, VTT ja nykyisin mukana myös Fennovoima) ja Eurajoki (TVO ja Posiva). Tänä vuonna oli vuorossa pääkaupunkiseutu, ja järjestelyistä vastasivat näin ollen Fennovoima, Fortum sekä VTT. Kesällä 2010 tapahtuman järjesti Loviisan voimalaitoksen YG-jäsenet Loviisassa ja ensi vuonna järjestelyvastuussa ovat Olkiluodossa TVO ja Posiva.

## Esitysten aiheena Fukushima

ATS YG Summer Games järjestettiin tänä vuonna elokuun alussa aurinkoisessa ja läm-

pimässä säässä Poliisien kesäkodissa Lauttasaarella, Helsingissä. Lauttasaareen saapui liki yhdeksänkymmentä nuorta osaajaa alan eri organisaatioista. Päivän ohjelmassa oli esityksiä, kisailua, saunomista ja illanviettoa. Esitysten teemana oli Fukushima, josta paikan päällä oli puhumassa Jaakko Leppänen VTT:ltä, Lauri Muranen Energiategollisuus ry:stä sekä Martti Kätkä Teknologiateollisuus ry:stä.

Ensimmäisessä esityksessä **Jaakko Leppänen** kertoi Fukushiman onnettomuudesta teknisestä näkökulmasta. Leppänen puhui Fukushiman onnettomuuden kulusta alka-



Voittajajoukkue ja palkintopokaali.

en maanjäristyksestä tilanteen vakiintumiseen. Esityksen loppuksi oli lyhyt vertailu Fukushiman ja Tšernobylin onnettomuuden yhtäläisyyksistä ja eroista. Yksi yhtäläisyys oli kummankin laitoksen etukäteen tiedostettu laitoksen onnettomuusalttius. Merkittävämpänä erona onnettomuuksien välillä oli se, että Tšernobylin suurin päästö oli ilmaan ja Fukushiman mereen.

Toisena puhujana oli **Lauri Muranen** Energiategollisuus ry:stä. Murasen esitys käsittelee ydinvoiman asemaa energiantuotannossa Euroopan Unionissa sekä sen ulkopuolella Fukushiman jälkeen. Esityksessä käsiteltiin EU:n toimeenpanemaa stressiteitä ja EU:n ulkopuolisten maiden selvityksiä. Muranen mainitsi myös miten Sveitsi, Italia ja Saksa ovat ainoat maat jotka ovat täysin muuttaneet ydinvoimapolitiikkaa Fukushiman onnettomuuden myötä.

Kolmantena esitysvuorossa oli **Martti Kätkä** Teknologiateollisuus ry:stä. Kätkä kertoi esityksessään turvallisuunnittelusta sekä onnettomuuden aiheuttamista toimista Suomessa. Hän mainitsi miten Fukushiman on-

nettomuuden alkuvaiheessa lähes kaikki turvallisuusjärjestelmät menetettiin yhtä aikaa. Tällaista tilanteen jyrkkää pahenemista kutsutaan "cliff edge" -ilmiöksi, johon suhtautuminen vaihtelee maasta toiseen.

## Rastikilpailua teknisestä tietämyksestä

Esitysten jälkeen päivä jatkui leikkimielisen kisailun merkeissä. Osallistujat muodostivat keskuudestaan 8-9 hengen joukkueita, jotka kisailivat perinteiseen tapaan kiertopalkintopokaalista. Rastikisailun tarkoituksena oli itse kilpailun lisäksi tutustuttaa eri organisaatioiden ihmisiä toisiinsa. Joukkueiden täytyi kerätä pisteitä viideltä eri rastilta. Erilaisilla rasteilla testattiin niin kilpailijoiden fyysistä kuntoa kuin nokkeluuttakin. Rastien aiheet liittyivät enemmän tai vähemmän päivän teemaan eli Fukushimaan; kilpailijoiden muun muassa piti yhdistää mediasta tuttu lausunto ja lausunnon antaja sekä pienoiskoossa kokeilla paljastuneen polttoaineen tulvitusta eksoottisin keinoin vettä ruiskuttamalla. Tuuli-

nen sää toi omat haasteensa tehtäviin, mutta rasteilla nähtiin mainioita ja jopa innovatiivisia suorituksia. Ongelmia pelkäämätön asenne ja vaihtoehtoisten ratkaisujen hakeminen ovat toivottuja ominaisuuksia insinööritä, joten rastien perusteella voidaankin todeta, että uusi ydinvoimainsinööriusukupolvi vaikuttaa varsin lupaavalta. Tiukan kilpailun voitti tänä vuonna Fortumin Keilaniemen joukkue. Palkintojen jaon jälkeen ilta jatkui rauhallisissa tunnelmissa makkarapaiston, saunomisen sekä uimisen merkeissä.

Tämänkin vuotuinen ATS YG Summer Games oli onnistunut tapahtuma, josta kiitos ennen kaikkea tapahtuman järjestämisessä auttaneille organisaatioille: Fennovoima, Fortum Power & Heat ja VTT.

DI Antti Rantakaulio  
Suunnitteluinsinööri  
Fortum Power Division  
Nuclear Safety  
Antti.Rantakaulio@Fortum.com

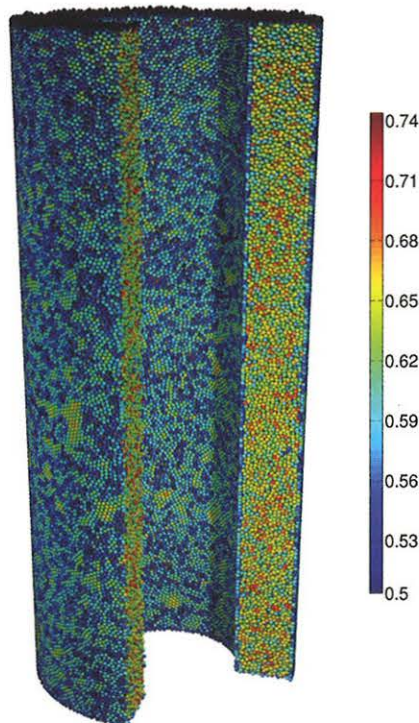
# Kuulakekoreaktorin mallinnus

## Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla

*Lappeenrannan teknillinen yliopisto (LUT) tekee yhdessä Aalto-yliopiston ja VTT:n kanssa neljännen reaktorisukupolven tutkimusta NETNUC (New Type Nuclear Reactors) -projektissa, osana Suomen Akatemian SusEn (Sustainable Energy) -tutkimusohjelmaa. Lappeenrannassa NETNUC-tutkimuksen yhtenä osa-alueena on perehdytty kuulakekoreaktoriin (pebble bed reactor) ja sen reaktorifysikaaliseen ja termohydrauliseen mallinnukseen.*

**K**uulakekoreaktori on terminen reaktori, jonka moderaattorina käytetään grafiittia ja jäähdytteenä heliumkaasua. Periaatteessa reaktorin polttoaineessa voidaan käyttää eri fissiilejä ja fertiilejä aineita, mutta uraanioksidiksi on useimmissa laitoskonsepteissa oletuspolttoaine. Polttoaine on pieninä jyvinä, jotka on päällystetty usealla grafiittikerroksella ja piikarbidikerroksella. Näistä millimetrin paksuisista jyvistä muodostetaan yhdessä grafiittipulverin kanssa noin biljardipallon kokoisia kuulia. Yhdessä kuulassa on tyypillisesti 10000–15000 polttoaineyhdistystä ja reaktorisydämessä useita satoja tuhansia kuulia.

Reaktoriin ladataan kuulia käytön aikana syöttämällä niitä reaktoripainesäiliön yläosasta grafiittiheijastimien ympäröimälle sydänalueelle, ja poistetaan sydämen alaosaan niiden kuljettua sydämen läpi. Kuulia kierrätetään sydämen läpi useita kertoja, kunnes ne saavuttavat tavoitepalamien 80 MWd/kg. Kuulakasan läpi johdetaan korkeassa paineessa olevaa heliumkaasua, joka kuljettaa



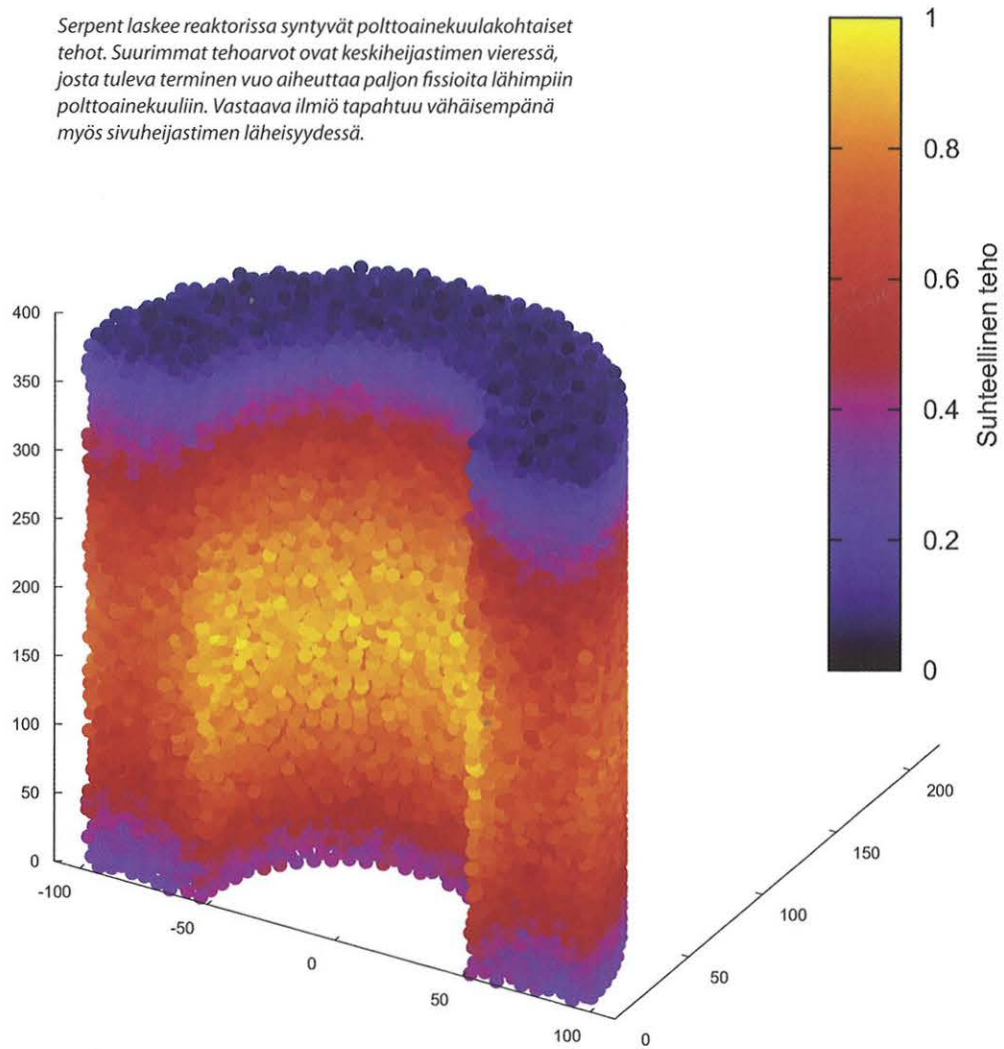
*LUT:n DEM-koodilla tuotettu kuulakasa (1/4 leikattu kuvasta). Kuulille on muodostettu ns. Voronoi-diagrammi, jossa yksittäisen kuulan ympärille muodostetaan monitahokas, jonka sisältämä tilavuus on lähimpänä tarkasteltavaa kuulaa. Jakamalla yhden kuulan tilavuus sitä ympäröivän Voronoi-monitahokkaan tilavuudella saadaan määritettyä pakkaustiheys yksittäisen kuulan mittakaavassa. Kuvan kuulat on väritetty paikallisen pakkaustiheyden mukaan.*

lämmön laitoskonseptista riippuen joko höyrystimelle, välilämmönsiirtimelle tai suoraan kaasuturbiinille.

Toimivia reaktoreita on ollut käytössä Saksassa jo 1960-luvun loppupuoliskolla, jolloin 15 MWe tuottava AVR (Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor) otettiin käyttöön. Myöhemmin 1980-luvulla Jülichin pystytettiin 300 MWe:n kuulakekoreaktori THTR (Thorium High Temperature Reactor). Näiden lisäksi Kiinassa on ollut vuodesta 2000 saakka käytössä koereaktori HTR-10, jonka pohjalta suunnitellun demonstraatiolaitoksen HTR-PM:n (High Temperature Reactor – Pebble Bed Module) rakennustöitä ollaan aloittamassa.

Ennen kiinalaisia pisimmälle reaktorin kehittämässä pääsi Etelä-Afrikassa toimiva Pebble Bed Modular Reactor (Pty) Limited (PBMR), jonka projekti tosin kaatui hiljattain rahoitusongelmiin. Kiinnostusta kuulakekoreaktoria kohtaan on osoittanut myös Yhdysvallat, jonka yhtenä vaihtoehtona NGNP (Next Generation Nuclear Plant) -ohjelmassa on kuulakekoreaktori.

*Serpent laskee reaktorissa syntyvät polttoainekuulakohtaiset tehot. Suurimmat tehoarvot ovat keskiheijastimen vieressä, josta tuleva termien vuo aiheuttaa paljon fissioita lähimpiin polttoainekuuliin. Vastaava ilmiö tapahtuu vähäisempänä myös sivuheijastimen läheisyydessä.*



## Passiivinen turvallisuus ja korkea hyötysuhde

Kuulakekoreaktorin erityispiirteenä on mahdollisuus suunnitella reaktori kestäväksi täysi jäähdytteenmenetys ja pikasulun epäonnistuminen. Ketjureaktion sammuttua voimakkaan negatiivisen lämpötilatakasinkytken seurauksena sydämen suuri grafiittimäärä sitoo jälkilämmön tehokkaasti pitäen lämpötilanmuutokset suhteellisen hitaina. Lämpö siirtyy suuripinta-alaisen painesäiliön pinnalta reaktorikuilun seinämällä olevaan, luonnonkierrolla toimivaan jäähdytysjärjestelmään.

Polttoainejyvien pinnoitteena oleva piikarbidi pidättää fissiotuotteita tehokkaasti lämpötilan pysyessä alle 1600 °C:ssa ja alkaa päästää merkittäviä määriä läpi vasta noin 2000 °C:ssa. Erityiset turvallisuusominaisuudet mahdollistaisivat kevyemmät hätäjärjestelmät ja yhdessä modulaarisen rakennusfilosofian kanssa pienemmät rakennuskustannukset. Lupakäytäntöjä tulee kuitenkin

kehittää huomioimaan reaktorin erityispiirteet. Sydämen sulamisen sijasta joudutaan esimerkiksi tarkastelemaan voiko reaktorisydämeen päästä niin paljon ilmaa, että grafiittikuulat hapettuvat merkittävästi ja radioaktiivisuutta pääsee karkaamaan.

Toisena reaktorin erityispiirteenä on mahdollisuus hyödyntää reaktorin tuottamaa lämpöä teollisiin prosesseihin. Helium pyritään lämmittämään 750–1000 °C:n lämpötilaan, ylärajan ollessa mahdollinen materiaalitekniikan ongelmien ratkettua ja alarajan ollessa realistisempi tavoite demonstraatiovaiheen laitokselle. Mitä korkeammaksi heliumin lämpötila saadaan, sitä lukuisimmat ovat hyödyntämismahdollisuudet. Myös pelkässä sähköntuotannossa korkea lämpötila takaa hyvän hyötysuhteen.

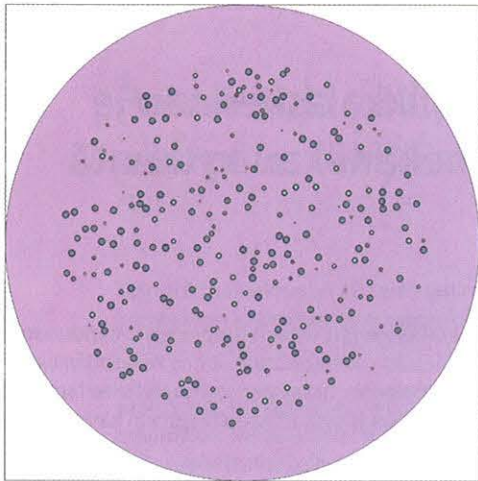
## Mallinnuksessa kolme osa-aluetta

LUT:ssa on kehitetty menetelmiä kuulakekoreaktorin sydämen reaktorifysiikan ja ter-

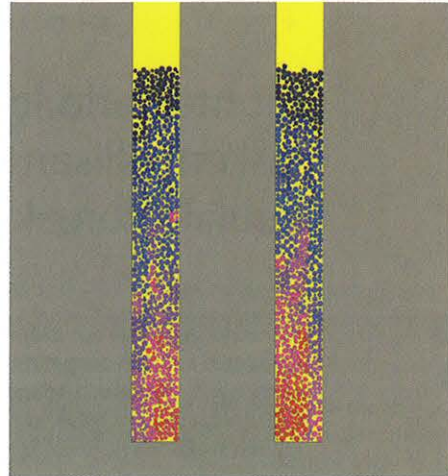
mohydrauliikan mallinnukseen. Koska polttoaine on varsin erikoisessa muodossa ja toimintaperiaate poikkeaa melkoisesti kevytvesireaktoreista, eivät kevytvesireaktoreille kehitetyt mallinnustyökalut sovellu suoraan käytettäväksi kuulakekoreaktorien mallinnukseen.

**Koodin kehittäminen mekaanisten vuorovaikutusten laskentaan.** Leijukerosprosessessa tarkasteleva LUT:n tutkimusryhmä on kehittänyt omaa DEM (Discrete Element Method) -koodia kiintoainepartikkelien mallinnukseen. Menetelmällä seurataan yksittäisten partikkelien liikeratoja ja vuorovaikutuksia niiden ollessa kosketuksissa toistensa kanssa.

Pienillä muutoksilla koodista on muokattu työkalu kuulakekoreaktorin kuulien välisten vuorovaikutusten yksityiskohtaiseen mallinnukseen. Koodin avulla polttoainekuulat saadaan kasattua sydänalueelle hyvin realistisesti. Yksityiskohtaista kuulien paikkatietoa voidaan hyödyntää reaktorifysiikka- ja ter-



Kuulakerekattorissa käytettävän polttoainekuulan halkileikkaus (Serpentin geometriamalli). Kuulan sisällä olevat polttoainepartikkelit sijaitsevat satunnaisesti kuulan keskellä olevassa polttoainealueessa.



Pystysuunnassa leikattu reaktori erilämpötilaisine polttoainekuulineen.

mohydrauliikkakoodeissa.

Lisäksi menetelmällä voidaan tarkastella rakenteisiin aiheutuvia voimia ja se mahdollistaa polttoainekuulien kulkeutumisen mallintamisen, mitä voidaan hyödyntää palamatarkasteluissa. Toistaiseksi koodia on käytetty erilaisten kuulakasojen pakkaamiseen ja lisäksi tarkasteltu kuinka kuulakasa käyttäytyy maanjäristyksen aikana.

**Reaktorifysiikkaa Serpentillä.** Reaktorifysiikan mallinnuksessa käytetään VTT:llä kehitettyä tehokasta Serpent-koodia. Tämä Monte Carlo -menetelmään perustuva koodi mahdollistaa hyvin yksityiskohtaisen mallinnuksen, jossa polttoainekuulat ja jopa niiden sisältämät polttoainepartikkelit voidaan mallintaa yksityiskohtaisesti.

Uuseimmissa reaktorifysiikkalaskentaan tehdyissä koodeissa polttoainekuulien satunnainen sijainti on hyvin vaikeaa tai mah-

dotonta mallintaa tarkasti ja polttoainepartikkelitkin ovat useimmiten kuvattu säännöllisenä rakenteena. Tämä antaa vastoin todellisuutta neutroneille mahdollisuuden kulkeutua syntyvien tasojen väleissä aiheuttaen virhettä laskentatuloksiin.

Serpentin avulla voidaan päästä tarkempaan tuloksiin ja lisäksi arvioida tästä yksinkertaistuksesta aiheutuvaa virhettä. Nykypäivän tietokoneiden laskentatehot mahdollistavat Monte Carlo -reaktorifysiikkakoodien käyttämisen entistä vaativampaan laskentaan. Serpentillä on toistaiseksi laskettu esimerkiksi Venäjällä ASTRA-koelaitteistolla tehty kuulakasan kriittisyyskokeet.

**Termohydrauliikkaa porositeettimenetelmällä.** Jäähdytevirtausta ja lämmönsiirtoa lasketaan Ansys Fluent CFD-ohjelmalla. Virtausyhtälöiden tarkka ratkaiseminen, tai edes RANS (Reynolds Averaged Navier Sto-

kes) -mallinnus koko reaktorin mittakaavassa sisällyttämällä kaikki yksittäiset polttoainekuulat malliin, ei käytännössä ole mahdollista tämän päivän eikä lähitulevaisuuden laskentakapasiteetilla, tarvittavien laskentakoppien määrän ollessa hyvin suuri.

Tämän vuoksi mallinnuksessa käytetään porositeettimenetelmää, jossa suureita keskiarvoistetaan suuremmissa laskentakopeissa. Kuulakasan rakenne pyritään kuitenkin huomioimaan mahdollisimman tarkasti, jolloin erot pakkaustiheydessä esimerkiksi seinämien lähellä huomioidaan. Tässä hyödynnetään DEM-koodin tuottamia tuloksia.

Tavoitteena mallinnustyössä on toteuttaa kytkentä reaktorifysiikka- ja termohydrauliikkaohjelmistojen välille, mikä mahdollistaisi tarkemmat analyysit. Työssä on päästy hyvään alkuun ja siitä kerrotaan enemmän seuraavan sivun diplomityöjutussa.



DI Heikki Suikkanen  
Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Tutkijakoulutettava  
Ydinvoimatekniikan laboratorio  
heikki.suikkanen@lut.fi



DI Ville Rintala  
Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Tutkijakoulutettava  
Ydinvoimatekniikan laboratorio  
ville.rintala@lut.fi

Ville Rintala

## Monte Carlo -reaktorifysiikkalaskennan ja laskennallisen virtausmekaniikan kytkentä kuulakekoreaktorissa

Kytettyä laskentaa tarvitaan ydinreaktorissa esiintyvien toisistaan riippuvien ilmiöiden muodostaman kokonaisuuden ratkaisemiseksi. Tunnetuin sovelluskohde lienee reaktorifysiikka- ja termohydrauliikkalaskennan yhdistäminen. Polttoaineen, hidasteen ja jäähdytteen lämpötilat vaikuttavat merkittävästi ydinreaktorin tehontuottoon ja laskettaessa reaktorin käyttäytymistä ei näiden ilmiöiden huomioimista voida sivuuttaa.

Kuulakekoreaktorissa hidaste on grafiittia ja jäähdyte heliumia, joten faasimuutoksia ei tapahdu ja kytketty laskenta on helpommin toteutettavissa kuin esimerkiksi kevytvesireaktoreiden tapauksessa. Toisaalta jo edellisillä sivuilla esitelty kuulakekoreaktorin rakenne on muutoin haastava mallinnettava.

Diplomityöhön valitut menetelmät rajaavat kytkennän ajasta riippumattomaan laskentaan, koska Monte Carlo -reaktorifysiikkalaskenta vaatii paljon laskentatehoa. Nykyaikaisille tietokoneille käytännön ajasta riippuvat ongelmat eivät ole kovin mielekkäitä johtuen tarvittavasta laskentaajasta. Täytyy muistaa, että tässä työssä tehdyt laskennatkin olisivat olleet kymmenen vuotta aiemmin varsin työläitä toteuttaa.

Laskennassa kytkettiin VTT:n Serpent ja Ansys Fluent pienehkössä 50 000 kuulan reaktorissa (ks. kuva edellisellä sivulla). Serpentissä käytettävien materiaalien lämpötilojen muuttaminen oli suoraviivaista Tuomas Viitasen (ATS Ydintekniikka 4/2009) tekemän Doppler-esikäsitelijän ansiosta. Termohydrauliikkamalli oli Heikki Suikkasen (ATS Ydintekniikka 4/2008) diplomityössään käyttämän mallin jatkokehittelmä.

Kytkenässä käytettyjen laskentaohjelmien ollessa toisistaan erillisiä ajettiin niitä vuorotellen ja aina laskentavuorojen välillä luotiin uusi syöttötiedosto edellisten tulosten pohjalta. Serpent laski reaktorissa syntyvät kuulakohtaiset tehot, jotka sijoitettiin Fluentin laskentakoppeihin. Tehojen perusteella Fluentista saatiin tuloksena uudet reaktorin lämpötilat. Syöttö- ja tulostiedot olivat tekstimuotoisia, joten kytkentäsovellus toteutettiin käyttämällä Perl-kieltä johtuen sen hyvästä kyvystä käsitellä tällaista tietoa.

Termohydrauliikkamallinnuksessa jouduttiin käyttämään porositeettimallia, koska tarkasti mallinnettaessa voitaisiin järkevästi laskea tällä hetkellä luokkaa 10–20 polttoainekuulaa sisältävä alue. Porositeettimallin laskentakopit olivat siten erikokoisia kuin reaktorifysiikkalaskennassa mallinnettavat yksittäiset kuulat ja tästä aiheutuu tarve tulosten käsittelylle siirrettäessä tietoa ohjelmien välillä.

Kytkentäkoodilla lasketun esimerkkitapauksen perusteella näyttää, että valittu menetelmä on sovellettavissa täysikokoisille reaktoreille ilman merkittäviä ongelmia. Yhden iteraatiokierroksen laskeminen vei aikaa joitakin tunteja ja Monte Carlo -menetelmä on hyvin rinnakaistettavissa suurempia laskentatapauksia ajatellen.

Suurin ongelma aiheutui ydinmateriaalidatan suuresta muistimäärän tarpeesta rinnakkaislaskennassa, mikä rajoitti käytettävien erilaisten lämpötilojen määrää. Serpentin tekeillä olevan uuden version myötä käytettävissä olevien lämpötilojen määränkin pitäisi moninkertaistua.

*Opinnäyte hyväksytty Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa.*

DI Ville Rintala  
Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Tutkijakoulutettava  
Ydinvoimatekniikan laboratorio  
ville.rintala@lut.fi



Tuomas Rantala

## Pohdintoja ydinpolttoainekierron alkupään tekijöistä

Ydinpolttoainekierron alkupää tarkoittaa uraanin matkaa geologisesta esiintymästä louhinnan, kemiallisen käsittelyn, isotooppiirikastuksen ja polttoainevalmistuksen kautta polttoaineeksi ydinreaktoriin. Matka on pitkä monessa mielessä.

Esiintymät, eri vaiheiden jalostuslaitokset ja loppukäyttäjät sijaitsevat tyypillisesti eri puolilla maapalloa. Matkan aikana hallitseva tieteenala vaihtuu geologiasta kemianteollisuuden, prosessi- ja materiaaliteknikan kautta ydinfysiikkaan. Poliittinen ilmapiiri, valtioiden väliset sopimukset, energia- ja raaka-ainemarkkinat, tekninen haasteellisuus, rakenteiden massiivisuus sekä yleinen mielipide vaikuttavat osaltaan jokaiseen polttoainekierron vaiheeseen ja tekevät ennustamisesta ja ennakoinnista haasteellista.

Ydinpolttoaineketjua voidaan tarkastella polttoaineen hankinnan näkökulmasta; reaktorin neutronifysiikka ja lataussuunnittelu antavat reunaehdot sekä polttoaine-elementtien tekniselle rakenteelle että itse polttoaineen isotooppijakaumalle. Reunaehdot täyttävät polttoaine-elementit voidaan hankkia joko avaimet käteen -periaatteella (all included delivery) tai niin kutsuttua hajautettua hankintaketjua (diversified procurement chain) käyttäen. Hajautetussa hankintaketjussa polttoaineketjun osa-alueet kilpailutetaan ja hankitaan erillisinä, ja usein myös usealle toimittajalla pilkottuina.

Jokaiseen polttoainekierron vaiheeseen liittyy myös lukuisia toisistaan riippumattomia tekijöitä, jotka vaikuttavat tuotantomääriin, -paikkoihin, -hintoihin ja käytettävyyteen. Rikas uraaniesiintymä voi olla politiikan vuoksi hankalasti hyödynnettävissä tai köyhästä esiintymästä tuotetaan huomattavat määrät uraania muiden metallien sivutuotteena. Vuosia jatkunut kemiallisen konversion heikko kannattavuus on pysäyttänyt investoinnit ja synnyttääkin ketjuun pullonkaulan.

Viimeisistä kaasudiffuusion perustuvista väkevöintilaitoksista luopuminen pudottaa väkevöinnin kustannuksia, mutta uusien sentrifugilaitosten investointikustannukset lankeavat maksettavaksi. Valtioiden väliset viennin rajoitukset ja tullit rajoittavat kauppaa. Kuljetussäiliöiden puute rajoittaa osaltaan polttoaineen rikastusasteen nostamista.

Diplomityössä paneuduttiin kokoamaan yhteen ydinpolttoaineketjun alkupään vaiheiden historia, erilaiset teknologiat, fysiikka ja kansainväliset markkinat jokaisen vaiheen kohdalla erikseen. Tämän jälkeen tarkasteltiin kysynnän ja tarjonnan tasapainoa menneisyydessä sekä arvioitiin sitä tulevaisuudessa kahdeksan polttoaineketjuun vaikuttavan tekijän kautta. Näistä tekijöistä neljä on kvantitatiivisia, suoraan polttoaineketjuun liittyviä, ja loput vaikuttavat ketjuun poliittisten ja teknologisten ratkaisujen kautta.

Työn toinen painopiste oli ydinpolttoainekustannusten kehityksen arviointi kirjallisuudesta kerätyn ja simuloidun aineiston perusteella. Polttoaineen hinta kumuloituu sen hankintaketjun vaiheissa. Hintoja arvioitiin erikseen ja kokonaisuutena.

Ennusteiden lähtökohtana on kevytvesireaktoreiden poistopalamakehityksen (OECD/NEA) lineaarinen ekstrapolointi sekä korkean palaman simuloinneista saatu yhteys poistopalamien ja keskimääräisen rikastusasteen välille. Polttoaineketjun alkupään kustannusten vaihteluiden vaikutusta suhteutettiin muihin polttoainekulutukseen vaikuttaviin tekijöihin.

*Opinnäyte hyväksytty Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulussa.*



DI Tuomas Rantala  
Polttoaineinsinööri  
Teollisuuden Voima Oyj  
tuomas.rantala@tvo.fi

Antti Paajanen

## Loviisan ydinvoimalaitoksen todennäköisyypohjaisen riskianalyysin tason 2 epävarmuustarkastelut

Todennäköisyypohjaisella riskianalyysillä (Probabilistic Risk Assessment eli PRA) arvioidaan kvantitatiivisesti ydinvoimalaitoksen turvallisuuteen vaikuttavia uhkia, tapahtumaketjujen todennäköisyyksiä ja haittavaikutuksia. Analyysien perusteella sekä ydinvoimalaitoksen omistaja että viranomaiset voivat arvioida onnettomuuksien estämiseen tai lieventämiseen suunniteltuja ydinvoimalaitoksen turvallisuustoimintoja ja niiden toteuttamiseen tarvittavia järjestelmiä. Todennäköisyypohjaiset riskianalyysit pohjautuvat muiden muassa tutkimuksiin, laitoshistoriaan ja asiantuntijoiden lausuntoihin.

Ydinvoimalaitosten todennäköisyypohjainen riskianalyysi voidaan jakaa kolmeen eri tasoon riskien perusteella. Tasolla 1 määritetään reaktorisydämen vaurioitumiseen johtavat onnettomuusketjut ja arvioidaan niiden todennäköisyydet. Tasolla 2 arvioidaan suojarakennuksesta vuotavien radioaktiivisten aineiden päästön määrää, todennäköisyyttä ja ajoittumista. Tasolla 3 arvioidaan suuren päästön seurauksia, kuten väestöön kohdistuvia vaaroja sekä ympäristövahinkoja.

Tärkeästä roolistaan huolimatta todennäköisyypohjaisen riskianalyysin tulokset ovat vain hyvin perusteltuja arvioita; kyse ei ole eksaktista tieteestä. Epävarmuustarkastelujen avulla näiden arvioiden uskottavuutta voidaan kasvattaa merkittävästi. Tämän lisäksi epävarmuustarkastelujen tulosten perusteella voidaan lisätutkimukset kohdentaa niihin kohteisiin, jotka vaikuttavat eniten riskitutkimusten tulosten epävarmuuteen.

Diplomityössä tarkastellaan Loviisan ydinvoimalaitoksen todennäköisyypohjaisen riskianalyysin tason 2 epävarmuuksia. Epävarmuuksia laskentaan aiheutuu muiden muassa vakavan reaktorionnettomuuden ilmiöistä, turvallisuusjärjestelmien laitteista, inhimillisistä toiminnoista sekä luotettavuusmallin määrittämättömistä osista.

Työssä kuvataan, kuinka epävarmuustarkastelut integroidaan osaksi Loviisan ydinvoimalaitoksen todennäköisyypohjaisia riskianalyysijä. Tämä toteutetaan diplomityössä kehitetyillä apuohjelmilla PRALA:lla (PRA-laskentaohjelma) ja PRATU:lla (PRA-tulosohjelma), joiden avulla voidaan lisätä laitoshistorian perusteella muodostetut epävarmuusparametrit osaksi riskianalyysien luotettavuusdataa ja epävarmuustulokset osaksi analyysituloksia. Loviisan ydinvoimalaitoksen riskianalyysien laskentaan käytetään RiskSpectrum PSA -riskianalyysiohjelmistoa, mikä muodostaa riskitulosten vaihteluvälit Monte Carlo -simuloinnin avulla.

Diplomityössä on esitetty laskentaesimerkinä Loviisan ydinvoimalaitoksen tehoajon suuren päästön vuotuisen taajuuden vaihteluväli käyttämällä laskennan varmuustasona arvoa 90%. Tämä laskentaesimerkki pohjautuu pääosin konservatiivisiin epävarmuusarvioihin, ei todellisiin laitoshistoriaan perustuviin epävarmuuksiin. Laskentaesimerkin pääasiallisena tarkoituksena oli testata apuohjelmien ja epävarmuustarkastelumethodien toimivuus, jotta todellinen suuren päästön taajuuden vaihteluväli voidaan laskea.

Laskentaesimerkissä tehoajon suuren päästön taajuuden virhekertoimeksi saatiin 8,4. Tämä on kuitenkin konservatiivisiin oletuksiin perustuva tulos, mikä tulee tarkentumaan tulevien epävarmuusparametripäivityksien myötä.

Diplomityössä kehitetyt apuohjelmat PRALA ja PRATU ovat laajentuneet myös diplomityön valmistumisen jälkeen ja niitä käytetään Loviisan ydinvoimalaitosten riskianalyysien laskennassa. Työ tehtiin siten, että kehitettyjä metodeja ja apuohjelmia voidaan hyödyntää myös todennäköisyypohjaisen riskianalyysin tason 1 epävarmuustarkasteluissa.

*Opinnäyte hyväksytty Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa.*



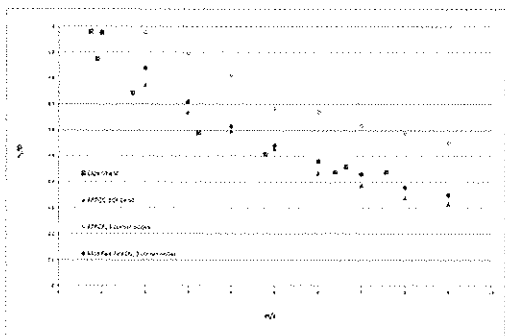
DI Antti Paajanen  
Suunnitteluinsinööri  
Fortum Power & Heat Oy  
Ydinturvallisuus  
antti.paajanen@fortum.com

Juha Luukka

## Prosessisimulaattori APROS:n kerrostumisasteen laskennan kehittäminen

APROS (Advanced Process Simulation Environment) on simulaatio-ohjelmisto, joka on kehitetty voimalaitosten termohydraulisten prosessien mallintamiseen. Aiemmassa tutkimuksessa VTT:llä havaittiin ydinvoimalaitoksen vesilukon avautumisen laskennan olevan tiettyssä tapauksessa epätarkkaa. Diplomityön tavoitteena on löytää vaihtoehtoinen menetelmä kerrostumisasteen laskennalle, sillä epätarkkuuksien havaittiin liittyvän siihen.

Vesilukolla tarkoitetaan tässä yhteydessä primääripiirin putkimutkaan (tyypillisissä painevesilaitoksissa höyrystimen ja pääkiertopumpun välillä) kertynyttä vettä, joka jäädytteenmenetysonnettomuudessa voi vaikuttaa tuntuvasti reaktorin pinnankorkeuteen putkimutkan yli syntyvän paine-eron vuoksi. Lisäksi tukkeutunut vesilukko heikentää höyryn virtausta primääripiirissä, mikä puolestaan heikentää sydämen jäädytettävyyttä.



IVO:n vesilukkokokeiden jäännöspinnankorkeus.

Aiemmassa tutkimuksessa APROS:lla laskettiin IVO:n vesilukkokoetta, jossa vedellä täytetyn putkimutkan läpi puhallettiin ilmaa eri nopeuksilla. Puhalluksen jälkeen putken jäävän veden pinnankorkeus mitattiin. Kun koelaitteisto mallinnettiin APROS:illa siten, että putkimutkat kuvattiin 90 asteen kulmina, laskentatulokset olivat hyviä.

Jos mallinnuksen geometrista tarkkuutta kasvatettiin – eli mallin putkimutkiin lisättiin kaltevia laskentanoodeja – putken jäävä vesimäärä yliarvioitiin. Syyn arvioitiin johtuvan menetelmästä, jolla veden ja kaasun välisessä kitkakertoimen laskennassa käytettävä kerrostumisaste on laskettu.

Kirjallisuusselvityksessä löydettiin kerrostumisasteen laskennalle vaihtoehtoinen menetelmä, joka perustuu Kelvin-Heimholtz-stabiilisuuskriteeriin kuten käytössä oleva menetelmäkin, mutta joka antaa nesteiden pinnankorkeudelle suuremman painoarvon laskennassa. Alustavien selvitysten perusteella menetelmän todettiin johtavan suurempiin faasien välisen kitkan arvoihin, eli pienempään jäännöspinnankorkeuteen. Menetelmän vaatima koodimuutos tehtiin ja tarkemmat vertailut suoritettiin käyttämällä kokeellisenä aineistona sekä IVO:n että UPTF:n vesilukkokoikeita.

Uudella menetelmällä lasketut jäännöspinnankorkeudet olivat lähempänä mittaustuloksia kuin nykyisellä versiolla. IVO:n kokeiden tapauksessa jäännöspinnankorkeuden yliarviointi väheni merkittävästi. UPTF:n kokeiden tapauksessa APROS:n nykyinen versio tyhjensi vesilukon täysin tietyn virtausnopeuden ylittyessä, vaikkei kokeissa vastaavaa ilmiötä havaittu. Vaihtoehtoista kerrostumisasteen laskennan menetelmää käyttämällä tyhjentymistä ei todettu. Lisäksi keskimääräisen paine-eron laskenta parani hieman, mutta ei yhtä merkittävästi kuin jäännöspinnankorkeuden tapauksessa.

Tehty koodimuutos oli pienehkö, joten sen validoimiseksi ei käyty läpi APROS:n normaalia validointisarjaa kokonaisuudessaan. Tässä tapauksessa laskettiin vain Edwardsin putken ja Battellen puhalluskokeen simulaatiot, joiden tuloksista todettiin, ettei tehdyllä koodimuutoksella ollut ei-toivottuja vaikutuksia.

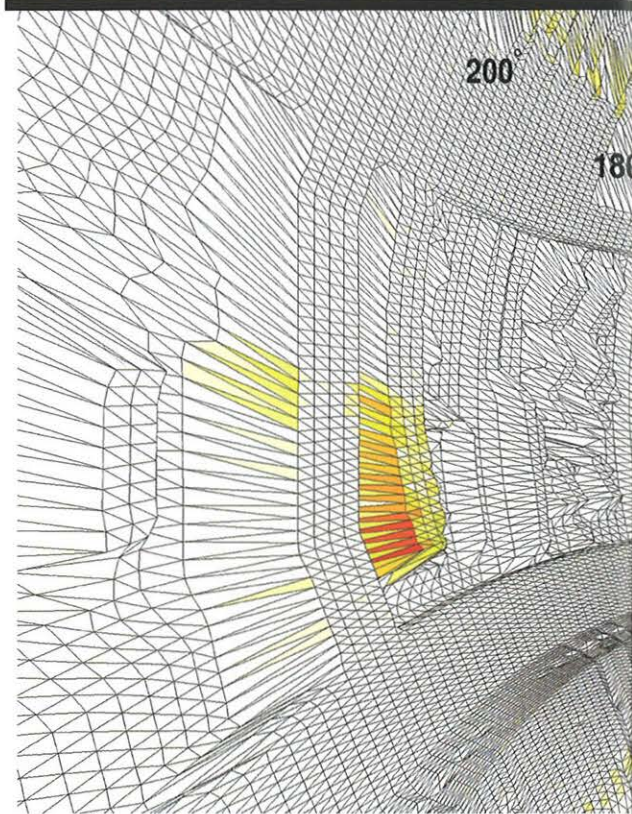
Opinnäyte hyväksytty Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa.



DI Juha Luukka  
VTT, Research Scientist  
Ydinvoimalaitosmallinnus  
juha.luukka@vtt.fi

Juho Miettunen

ASCOT-simulointikoodilla laskettu näkymä hiiliepäpuhtauksien kertymisestä ASDEX Upgrade -koelaitteen seinäpinoille. Kertyneen hiilen määrä eri kohdissa seinää on ilmaistu logaritmisella väriasteikolla. Erityisen huomioitavaa on suuri epäpuhtauksien määrä seinän ulostyöntyvissä rakenteissa kuvan oikeassa ja vasemmassa reunassa.



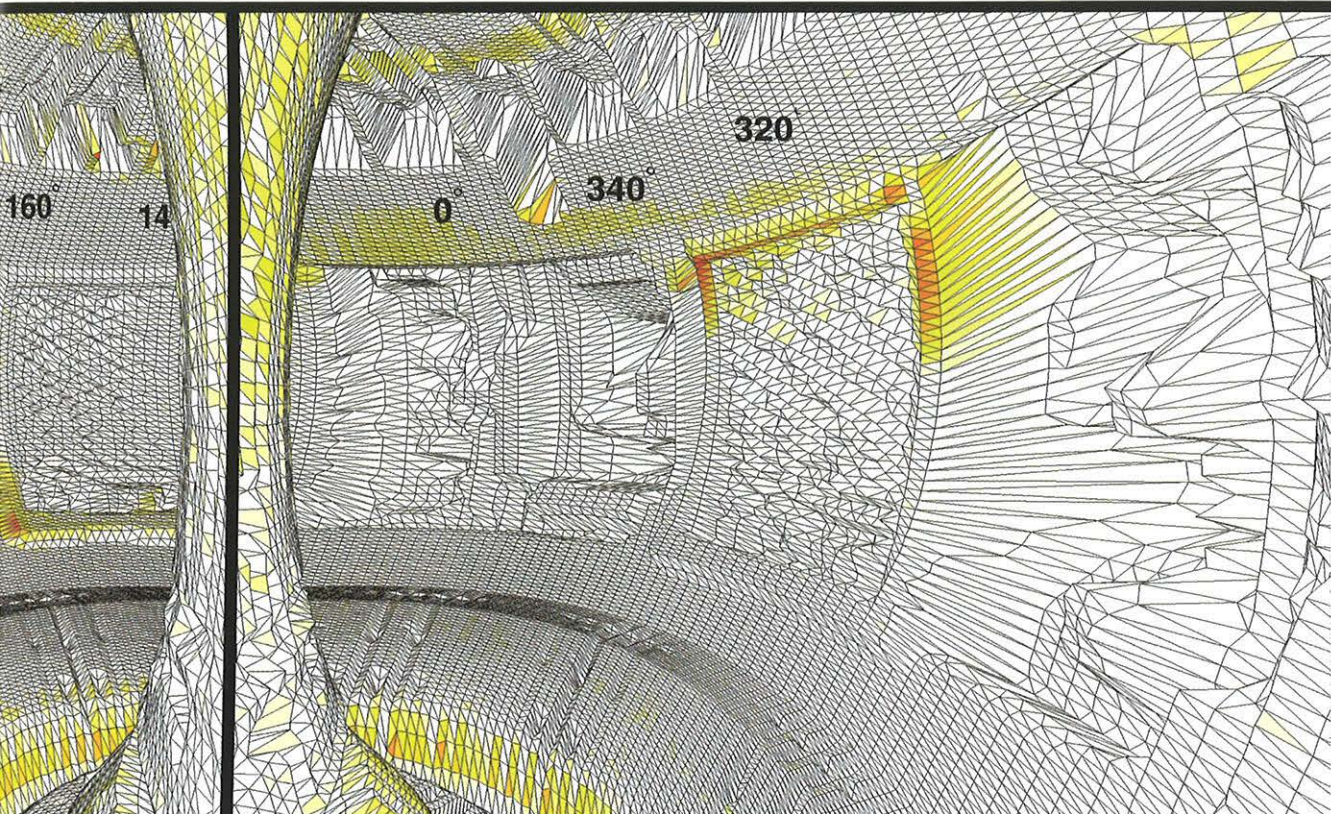
## Fuusioreaktoreiden epäpuhtauksien mallinnusta kolmessa ulottuvuudessa

Fuusioenergian tuottamiseen kehitetyissä tokamak-tyyppisissä reaktoreissa suurimmat nykyisistä haasteista liittyvät kuumen fuusioplasman ja sitä ympäröivien materiaali-pintojen väliseen vuorovaikutukseen. Vuorovaikutus johtaa epäpuhtaushiukkasten leviämiseen plasmaan, millä on merkittäviä vaikutuksia reaktorin suorituskykyyn, taloudellisuuteen sekä turvallisuuteen. Eräs tärkeimmistä epäpuhtauksista on hiili (kts. ATS Ydintekniikka 4/2010).

Hiilen kulkeutumista on tutkittu kokeellisesti merkkiaineiden injektiokekoilla. Esimerkiksi vuonna 2007 saksalaisella ASDEX Upgrade -tokamakilla isotooppimerkittyä metaania ( $^{13}\text{CH}_4$ ) injektioitiin laitteen sisään useiden peräkkäisten plasmapurkausten aikana. Prosessissa metaanimolekyylit dissosioituvat vety- ja hiilihiukkasiksi, jotka kulkeutuvat plasmassa päätyen lopulta sitä ympäröiville seinäpinoille. Kokeiden päätteeksi seinäpinoilta otettuja näytteitä voidaan tutkia erilaisia ionisuihkuanalyysitekniikoita käyttäen ja muodostaa näin profiileja hiilen depositiosta eli kertymisestä seinäpinnan eri osiin.

Epäpuhtauksien kulkeutumiseen liittyvien fysikaalisten mekanismien ymmärtämiseksi kokeita tyypillisesti mallinnetaan erilaisilla simulointikoodeilla. Teoreettiselta kannalta koodit perustuvat tyypillisesti plasman approksimoimiseen fluidiksi. Lisäksi tilannetta käsitellään yleensä kaksiulotteisesti: laitteen magneettikenttä ja seinägeometria oletetaan toroidaalisesti symmetrisiksi, jolloin tokamak on kuin täydellisen symmetrinen donitsi.

Todellisuudessa sekä tokamakien magneettikenttä että seinägeometria ovat aidosti kolmiulotteisia. Tämän diplomityön tarkoituksena oli mallintaa vuoden 2007 metaanin injektiokekoita ASCOT-simulointikoodilla, joka mahdollistaa hiilen kulkeutumisen mallintamisen kolmiulotteisessa ympäristössä.



Aalto-yliopiston ja VTT:n kehittämä ASCOT on Monte Carlo -pohjainen radanseurantakoodi, jolla seurataan yksittäisiä plasmahiukkasia niiden vuorovaikutuksessa taustaplasman kanssa. Koodia ei ole aiemmin käytetty epäpuhtauksien mallintamiseen, joten diplomityötä edeltäneessä kehitystyössä siihen lisättiin uutta fysiikkaa, jota epäpuhtauksien kulkeutumisen realistinen mallintaminen vaatii.

Injektiokokeiden mallintamisessa käytettiin ASDEX Upgrade -tokamakin CAD-malliin perustuvaa realistista 3D-seinäengeometriaa sekä mittauksiin pohjautuvaa 3D-magneettikenttää, jossa huomioitiin kentän voimakkuuden periodinen vaihtelu (magnetic ripple). Taustaplasma simulaatioita varten luotiin DIVIMP-koodilla aiemmin tehdyn mallinnustyön pohjalta. Simulaatioissa seurattiin suurta populaatiota hiili-ioneita lähtien injektio paikasta kunnes ne kohtasivat seinäpinnan.

ASCOT-simulaatiot osoittivat, että seinän kolmiulotteisilla rakenteilla on suuri vaikutus hiilen kertymiseen. Erityisesti havaittiin, että seinän ulostyöntyvät rakenteet, kuten esimerkiksi plasmadiagnostiikkaa suojaavat limitterit, aiheuttavat selviä paikallisia depositiohuippuja. Lisäksi todettiin, että magneettikentän kolmiulotteinen rakenne luo periodisuutta depositioon. Tämän vaikutuksen tosin havaittiin jäävän käytännössä hyvin pieneksi.

Paljon mielenkiintoa herättäneet simulaatiotulokset ovat ainutlaatuisia ja niiden perusteella ASCOT-koodi soveltuu hyvin työkaluksi epäpuhtauksien kulkeutumisen mallintamiseen todennukaisessa tokamak-ympäristössä. Koodinkehitystyötä tullaan jatkamaan, ja tulevaa mallinnusta varten pyritään huomioimaan vielä tarkemmin epäpuhtauksien leviämiseen vaikuttavat fysikaaliset tekijät.



Dr. Juho Miettunen  
Tohtorikoulutettava  
Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulu  
juho.miettunen@aalto.fi

*Opinnäyte hyväksytty Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulussa.*

# Omakotitalon ydinlämmitys



1900-luvun alussa asunnon lämmitys radiumtakalla tuntui erinomaiselta idealta. Nykyäänkään esteeksi ei nouse säteilysuojelu vaan ydinaseiden leviämiskirski. (Villemard, 1910. Ranskan kansalliskirjasto.)

Ranskan kansalliskirjasto esittelee näyttelyssään Visions de l'an 2000 vuonna 1910 julkaistua piirrossarjaa vuonna 2000 esiintyviksi oletetuista tekniikan edistysaskelista. Eräässä piirroksista (kuva) esitellään asuinhuoneiston radiumlämmitystä. Takan sijasta asukkailla on puhdasta radiumia sisältävä lämmityslaite, jonka säteilyssä onnellinen perhe istuu. Ajatus lämmön tuottamisesta radioaktiivisuudella ei ole järjetön. Puhdasta radiumia kukaan tuskin hankkii, mutta ydinreaktoreiden hajoamistuotteet tuottavat meille ydinalan ammattilaisille tuttua jälkilämpöä. 1970-luvulla Yhdysvalloissa ehdotettiin aivan vakavissaan käytetyn ydinpolttoaineen jälkilämmön ottamista talteen höyryvoimalaitoksissa.

Voisiko käytettyä polttoainetta käyttää omakotitalon lämmitykseen? Tyypillinen viisi vuotta jäähtynyt polttoaine tuottaa jälkilämpöä noin 2,7 kW uraanitonniä kohti. Kymmenen vuoden jälkeen jälkilämpöteho on n. 1,8 kW/tU. Tonni viisi vuotta jäähtynyttä käytettyä polttoainetta riittäisi siis oikein hyvin tuottamaan tyypillisen pientalon tarvitseman lämmön jopa talven pakkasilla seuraavan viiden vuoden ajan.

Millaisella järjestelmällä jälkilämpöä pitäisi ottaa sitten talteen? Omakotiasujalta ei voi odottaa, että tämä hoitaisi ydinjätehuoltoaan. Yksinkertainen ratkaisu olisi vedellä täytetty polttoaineen siirtosäiliö, jonka sisälle sijoitettaisiin passiivinen lämmönvaihdin. Tämä siirtäisi lämmön sekundääripiiriin, jossa lämmönsiirtoainetta kierrättäisi pumppu. Tällöin vältettäisiin radioaktiivisen nesteen kierrättäminen, jolloin ei tarvittaisi myöskään radioaktiivisia puhdistussuodattimia eikä radioaktiivista jätettäkään syntyisi. Turvallisuussyistä olisi todennäköisesti tarpeen sijoittaa varsinainen lämmityksen käyttövesipiiri erilleen yhden lämmönvaihtimen taakse, jotta yksi vuoto ei johtaisi radioaktiivisuutta asuntoon. Lisäksi säiliön tulisi olla tarpeeksi paksun

säteilysuojan takana, jottei taloon syntyisi säteilyvalvottavia alueita. Tällöin kyse olisi huoltovapaasta, sinetöidystä ydinparistosta, joka ei tuottaisi talon asukkaalle mitään vaivaa. Luonnollisesti sekundääripiiri tulisi varustaa turvallisuusluokitellulla, yksittäisvikasietoisella automatiikalla, joka havaitsisi mahdollisen vuodon ja eristäisi sen. Jos jätesäiliö olisi suunniteltu oikein, se jäähtyisi mahdollisessa käyttöhäiriössä passiivisesti. Tällaisen automatiikan teko on työlästä, mutta aivan mahdollista. Riittävän suurina sarjoina jälkilämpöparistot voisivat olla jopa kilpailukykyinen vaihtoehto maalämmölle.

Periaatteessa ydinjätteen sijoittaminen asuntoon pitäisi nykyisten ydin- ja säteilyturvallisuutta koskevien määräysten piirissä olla mahdollista. Jos varsinainen ydinjäte ja sen säilytystila olisivat asianomaisin luvin varustetun yrityksen hallussa, ei omakotiasukkaalle jäisi mitään teknisiä tai byrokraattisia yksityiskohtia hoidettavaksi. Miksi emme siis näe markkinoilla ydinjätelämmitystä, päästötöntä ja ympäristöystävällistä pientalon energiamuotoa?

Ongelmaksi 1910-luvun alun lämmitysratkaisu-unelman toteuttamisessa nouseekin turvajärjestelyjen toteuttaminen. IAEA:n kansainvälinen suositus edellyttää, että käytetty polttoaine, eli luokan II ydinmateriaali, on jatkuvan, paikallisen vartioinnin alaisena, jottei se muodostaisi vaaraa ydinaseiden leviämisestä. Harvassa omakotitalossa on vartioita nurkissa pyörimässä. Halvan, ympäristöystävällisen lämmitysmuodon tielle nousee siis kansainvälinen turvallisuus. Ainoastaan sellaisen pientalon, jossa olisi valmiiksi oma vartiointi, kannattaisi hankkia ydinjätepohjainen lämmitys. Onneksi Suomessa yhteiskunta on niin rauhallinen, että vartioita ei yksityiskodeissa tarvita. Ja vastaavasti ydinjätteet pysyvät KPA-varastoissa lämmittämässä merivettä.

– Reaktorin laidalla –

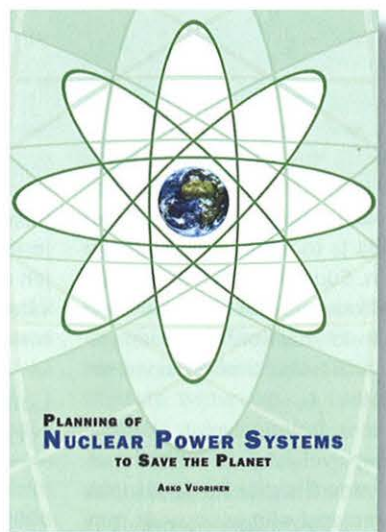
## Planning of Nuclear Power Systems to Save the Planet

Kirjassa on tehty ennuste maailman sähkönkulutuksesta ja arvio ydinvoimalaitosten rakentamistarpeesta vuoteen 2100 asti maanosittain. Kirjassa on päädytty arvioon, että ydinvoiman osuuden tulisi nousta 34%:iin maailman sähköntuotannosta vuoteen 2080 mennessä, jotta maapallon ilmakehän lämpötilan nousu voidaan rajoittaa 2°C:een. Ydinvoimasta voisi tulla suurin sähköntuottaja vuosina 2041-2100. Myös uusiutuvia energialähteitä tarvitaan pitkällä tähtäyksellä.

Kirjassa on myös selostettu ydinvoiman historiaa maailmalla ja kuvattu parhaillaan käynnissä olevaa ydinvoiman rakentamisboomia, uusia reaktoreita ja niiden ominaisuuksia. Siinä on myös tehty arvio ydinvoimaonnettomuuksien vaikutuksista ydinvoimalaitosten suunnitteluun ja korjauksiin mukaan lasketuna Fukushima onnettomuus. Jos laitokset rakennetaan ja korjataan kirjan suositusten mukaisesti, kirjoittaja arvioi, että uuden päästöjä aiheuttavan onnettomuuden todennäköisyys maailmassa on pienempi kuin 10% vuoteen 2100 mennessä.

Kirjassa esitetään alustava suunnitelma, kuinka ydinvoimalaitokset voitaisiin rakentaa tulevaisuudessa telakalla ja välttää Olkiluoto-3 rakentamisessa esiin tulleet viivästys- ja laatuongelmat. Kirjoittajan mukaan tulevaisuudessa laitokset voisivat olla kooltaan pienempiä, jotta ne voidaan kuljettaa laitospaikalle valmiina moduuleina. Laitokset voisivat perustua kevytvesireaktoreihin. Vasta vuoden 2050 paikkeilla tulee tarve hyötöreaktoreille ja ne voivat tulla kannattaviksi vain, jos niiden tekniikkaa voidaan oleellisesti parantaa.

Kirjan tekijä **Asko Vuorinen** on työskennellyt Imatran Voima Oy:ssä (Fortum) Loviisan atomivoimaprojektissa ja Voimalaitososastolla pääsuunnittelijana vuosina 1971–1992. Vuosina 1992–2010 hän on ollut Wärtsilä Pääkonttorissa Voimalaitosostolla eri tehtävissä Helsingissä. Hän on suorittanut tekniikan lisensiaatin tutkinnon Teknillisessä Korkeakoulussa. Hän on kirjoittanut aiemmin kirjat "Planning of Optimal Power Systems" 2007 ja "Energiänkäyttäjän käsikirja" 2009.



*Tekijä: Asko Vuorinen  
Kustantaja: Ekoenergo Oy, Elokuu 2011  
Koko: B5 (176x250 mm)  
Sisältö: 304 sivua, 149 kuvaa, 100 taulua  
Hinta pehmeäkantisena: 20 eur + lähetyskulut  
Tilaukset: [www.optimalpowersystems.com](http://www.optimalpowersystems.com)*

# PLATOM

## Ydinvoimatekniikan osaaja Mikkelistä

**P**latom Oy:n juuret ovat vahvasti ydinvoima-alan kehityksessä Suomessa ja Ruotsissa, aina ensimmäisten ydinvoimalaitosten rakennushankkeissa asti. Oskarshamn 1:n rakennushankkeessa työskennellyt **Kalevi Puukko** perusti 1980-luvun alussa Mikkeliin, kotikaupunkiinsa, ruotsalaisen Rejlers-yhtiön haarakonttorin. Rejlers Oy kehittyi vuosien varrella monialaiseksi insinööritoimistoksi. Platom Oy irtaantui Rejlers Oy:stä vuonna 1998 ja uusi yhtiö pääsi keskittymään perustajansa omalle osaamisalueelleen, eli ydinvoimateollisuuden avustamiseen erilaisissa asiantuntija-, suunnittelu- ja laitetuotustehtävissä.

Nykyisin Platomilla työskentelee parikymmentä tekniikan alan osaajaa. Yhtiön toimisto sijaitsee nykyäänkin Mikkelistä, vanhan kasarmialueen tuntumassa vuonna 2010 valmistuneessa Jääkäri 1 -toimistotalossa. Lounastauolla käydään usein läheisessä Talliravintolassa, jossa **Mannerheim** piti sodan aikana hevosiaan. Mikkelistähän oli talvi-, jatko- ja lapinsotien aikana Suomen armeijan päämaja.

### Platom Oy:n toiminta

Platomin liiketoiminta koostuu laitetuotuksista sekä konsultointipalveluista. Laitetuotituksia tehdään ydinvoimaloihin ja uraanihexafluoridia käsitteleviin laitoksiin. Konsultointi puolestaan sisältää laajan skaalan ydinvoimaosaamista ja asiakkaana ovat pääasiassa Suomen ja Ruotsin ydinvoimayhtiöt.

Autoklaavit ovat olleet tärkeä osa Platomin liiketoimintaa yrityksen historian alusta lähtien. Platom suunnittelee ja toimittaa autoklaaveja uraanihexafluoridin (UF6) syöttöön, näytteenottoon ja siirtoon. Myös seismisesti aktiivisille alueille soveltuvat au-



*Ympäristöpäällikkö Teemu Törönen "kenttätyössä" Loviisan voimalaitoksella.*

toklaavit ovat aina räätälöityjä asiakkaan tarpeiden mukaan, huomioon ottaen myös ydinvoimateollisuuden tiukat laatuvaatimukset. Autoklaavien lisäksi Platom Oy suunnittelee, kehittää ja toimittaa erikoislaitteita ydinvoimaloihin. Suunnittelu ja kehitys lähtevät aina asiakkaan tarpeesta ja tavoitteena on asiakkaan käyttäjäturvallisuuden parantaminen ja prosessien tehostaminen sekä modernisointi.

Platomin konsultointipalvelut koostuvat asiantuntijapalveluista, suunnittelupalveluista, prosessimallinnuksesta ja resurssituesta. Asiantuntijapalvelut keskittyvät mm. radioaktiivisen jätteen käsittelyyn, ydinpoltoaineen käsittelyyn, käytöstäpoistoon sekä dekontamointiin. Tuotettavat palvelut koostuvat lähinnä asiantuntijatehtävistä

ja järjestelmämuutossuunnittelusta. Prosessimallinnus puolestaan käsittää erilaisten ydinvoimalaitoksen prosessien mallintamisen ja analysoimisen APROS® (Advanced Process Simulation) ohjelmaa käyttäen. Lisäksi Platom henkilöstöä työskentelee Olkiluoto 3:n rakennushankkeessa. Myös ydinvoimaloiden purkuun Platom on tarjonnut resursseja; toimimme vuosien ajan osana Lietuan Ignalinan laitoksen purkuorganisaatiota.

Platomilla ollaan hyvin kiinnostuneita uusien YVL-hankkeiden ydinjätehuollon ratkaisuista ja esimerkiksi siitä, kuinka paljon laitos-toimittajat ovat panostaneet jätetuotannon vähentämiseen. Myös jätteiden käsittelyyn, pakkaukseen tai loppusijoitusratkaisuihin tulevat uudistukset kiinnostavat. Platomilla on pohdittu muun muassa erittäin vähäaktiivisen jätteen loppusijoittamista maan päälle rakennettaviin loppusijoituslaitoksiin ja jätteiden kuljettamista ulkomaille käsittelyä varten. Kummatkin ratkaisut olisivat nykyään mahdollisia, vuonna 2008 voimaan tulleiden valtioneuvoston asetuksen ja ydinenergia-asetuksen muutosten nojalla. Verrattuna nykyisiin voimalaitoksiin, Fennovoimalla olisi "green-grass"-hankkeena huomattavan paljon vaihtoehtoja ydinjätehuollonsa järjestämiseen, esimerkiksi liittyen eri toimintojen ulkoistuksiin, käytetyn polttoaineen väli-varastointiin ja jätteenkäsittely- ja loppusijoitustekniikkaan.

### Laatu, ympäristö sekä työterveys- ja turvallisuus

Yhtiön toiminnanohjausjärjestelmä sai ISO 9000 -sertifikaatin vuonna 2006. Tavoitteena on organisaation laadukas johtaminen sekä laadukkaiden tavara- ja palvelutuotteiden aikaansaaminen. Henkilöstö on sitoutunut toiminnassaan ottamaan huomioon asi-





Uunituoreiden pystyautoklaavien ylpeät isät Antti Kaukonen ja Hannu Torniainen.

**Teksti ja kuvat:**

Ympäristötekniikan insinööri, AMK  
Tero Lytsy, Platom Oy  
Päällikkö, Konsultointi  
tero.lytsy@platom.fi

Tekniikan yo  
Elina Luttunen, Platom Oy  
Harjoittelija, Konsultointi  
elina.luttunen@platom.fi

akkaiden kanssa sovitun laatutason, ja pyrkii omalla panoksellaan jatkuvasti parantamaan ja kehittämään yrityksen liiketoimintaa sekä tuottamaan lisäarvoa asiakkaalle.

Myös ympäristöajattelu on ollut Platomilla keskeisessä roolissa ja alan tutkinnon suorittaneitakin platomilaisissa on useita. Koko yhtiön toiminnassa, sekä sisään että ulospäin suuntautuvassa, otetaan huomioon ympäristöarvot ja esimerkiksi kaikissa asiakashankkeissa tehdään arvio hankkeen aiheuttamista ympäristövaikutuksista. Vuonna 2010 Pla-

tom sai ympäristöjärjestelmälleen ISO 14000 -sertifioinnin. Tänä vuonna Platom tavoitteena on saada OHSAS 18001 mukainen sertifikaatti työterveys- ja turvallisuusjärjestelmälle.

### Muuttuvan maailman tarjoamat haasteet

Turvallisuuteen liittyvistä mallinnus- ja analyysipalveluista on tullut viime vuosina Platomille tärkeä toiminta-alue, jota halutaan yhä

kehittää. Fukushima tapahtumien, niin valittavia kuin ne olivatkin, voidaan olettaa lisäävän palveluiden tarvetta ja tässä kehityksessä Platom haluaa olla mukana.

Platom elää voimakkaasti mukana ydinvoima-alan kehityksessä ja pyrkii vastaamaan ajan haasteisiin. Toiminta on kasvuhakuista, jota ei kuitenkaan toimialalla voi tehdä tinkimällä toiminnan laadusta. Laadukas toiminta varmistetaan jatkuvan kehityksen periaattein ja huolehtimalla henkilöstön koulutuksesta sekä hyvistä työoloista.

# ATS:n kesällä 2011 toteutetun jäsenkyselyn tulokset

*ATS toteutti seuran www-sivuilla jäsenkyselyn 23.6. – 31.8.2011 välisenä aikana. Kyselyssä annettiin palautetta ATS:n toiminnasta yleensä sekä eri toimikunnille kohdistettuna. Kysymyksiin oli mahdollista vastata joko ”kyllä” tai ”ei”, minkä lisäksi jokaisen toimikunnan kohdalla pystyi antamaan vapaata palautetta. Kyselyyn vastasi 226 jäsentä. Yksityiskohtaiset vastausjakaumat on luettavissa seuran verkkosivuilta (<http://www.ats-fns.fi/>). Seuraavassa on esitetty yhteenveto tuloksista.*

**ATS Infon** kohdalla kritisoitiin julkisten kannanottojen puutetta ja toivottiin enemmän ydinvoima-alan tiedotusta suurelle yleisölle. Toimintaa toivottiin laajennettavan nykyisestä esimerkiksi kannanottoihin, median informointiin ja kansainvälisiin uutisiin.

**ATS Ydintekniikkaan** kohdistettu palaute käsitteli valtaosin tieteellisten artikkelien määrää lehdessä. Selvästi suurin osa toivoi vähemmän tieteellisiä artikkeleita, joita jotkut huomauttivat ihmisten voivan lukea muualtakin, ja enemmän ajankohtaisia ydinvoima-alan uutisia. Osan vastaajista mielestä tieteellisten ja muiden juttujen määrä on kuitenkin tasapainossa ja pari jäsentä toivoi tieteellisempiä artikkeleita. Lehden ilmestymisen myöhästely sai kritiikkiä ja jonkin verran ihmeteltiin, onko ATS:llä todella henkilöresursseja neljän numeron julkaisemiseen vuodessa.

**ATS-Senioreja** kiiteltiin Seniorien ja YG:n välisestä yhteistyöstä ja toiminnan toivottiin jatkuvan. Palautteessa ihmeteltiin jonkin verran, miten Seniorien toimintaan pääsee mukaan. Tämä on ilmeisesti jäänyt hieman epäselväksi.

**YG:n** olemassaoloa pidettiin yleisesti erittäin hyvänä asiana ja toiminnan nähtiin auttavan nuoria verkostoitumaan. Kritiikkiä tuli ”liiasta eristäytymisestä” YG:n toiminnassa ja toivottiin enemmän yhteisiä tilaisuuksia, kuten YG:n ja Seniorien viimeaikainen yhteistyö. YG:n toivottiin myös leviävän enemmän ydinalan tietoutta erityisesti nuorisolle.

**Energiakanava** on jäänyt ainakin osalta jäsenistöä hieman hämärän peittoon, sillä palautteessa ihmeteltiin, mi-

kä se on. Lisäksi toivottiin työryhmän toiminnan tiukempaa linkitystä ATS:n muuhun toimintaan.

**Ekskursiotoimintaa** pidettiin yleisesti erittäin hyvänä asiana. Ekskursioille osallistuminen nähtiin kuitenkin vaikeana työn, kustannusten ja perheen vuoksi.

Seuran **www-sivujen** uudistus sai yleisesti kiitosta. Uudistuksesta oltiin kuitenkin huonosti tietoisia.

**ENS:n** palautteesta kävi ilmi, että osa jäsenistöstä ei tiedä, mikä se on. Yleisesti ottaen ENS:n jäsenmaksua pidettiin liian korkeana jäsenyyden hyötyihin nähden, eikä järjestöä pidetty sen vuoksi kovin tärkeänä. Pari kyselyä tuli ENS:n lehtien ja paperisten uutiskirjeiden perään, joiden kommentoitiin joskus aikaisemmin tulleen jäsenistölle.

**Yleisesti ottaen** seuran toiminta sai kiitosta. Kritiikkiä tuli kuitenkin useammasta asiasta. Jäsenmaksua pidettiin liian korkeana ja jotkut toivoivat sen laskevan, vaikka sen vuoksi jouduttaisiin karsimaan seuran toimintaa. Jokunen harmitteli erityisesti ATS Ydintekniikan myöhästelyä, sillä osa jäsenistä näkee lehden ainoana jäsenmaksun vastineena erityisesti, jos jäsen ei asu pääkaupunkiseudulla. Pääkaupunkiseutukeskeisyyttä kritisoitiinkin melko paljon ja toivottiin tapahtumia myös muualle Suomeen. Tästä asiasta tuli kritiikkiä myös työryhmäkohtaisissa palautteissa. Jotkut pitivät seuran toimintaa liian tieteellisenä ja huomautettiin, että moni jäsen on kiinnostunut seurasta ammatillisessa, ei tieteellisessä mielessä. Työelämän kiireisyys sai myös kritiikkiä. Sen koettiin vaikeuttavan seuran toimijoiden löytämistä. Samasta syystä tapahtumien järjestäminen työaikana sai hieman kritiikkiä. Lisäksi palautekyselyyn olisi kaivattu vaihtoehtoa ”en osaa sanoa”.

# UUDET JÄSENET

ATS:n johtokunnan kokouksessa 13.10.2011 hyväksyttiin seuraavat uudet jäsenet:

## **Vakinaiset:**

Timo Wiander, STUK  
Erkki Palonen, Posiva  
Nina Kuittinen, Fortum  
Tomi Savolainen, TVO  
Tommi Lamminpää, TVO  
Janne Mokka, TVO  
Jukka Härkölä, STUK

## **Opiskelijat:**

Vesa Laakkonen, Fortum  
Joonas Kättö, VTT

Lisäksi FinNuclear ry hyväksyttiin seuran kannatusjäseneksi.

ATS:n johtokunnan kokouksessa 12.12.2011 hyväksyttiin seuraavat uudet jäsenet:

## **Vakinaiset:**

Petri Lemettinen, TVO  
Mikko Helisevä, Fortum  
Niina Könönen, VTT  
Samu Myllymaa, Posiva  
Henri Ormus, Pöyry  
Laura Rissanen, Fennovoima  
Mervi Säderlund, HY  
Elina Hujala, LUT  
Iikka Virkkunen, Trueflaw  
Pentti Paalu, ICP Oy  
Eva-Lisa Pitkänen, Fennovoima

## **Opiskelijajäsenet:**

Jaakko Leino, LUT  
Vesa Laitinen, LUT  
Juho Ylönen, LUT  
Timo Koponen, LUT  
Jani Pöyhönen, LUT  
Petri-Tapio Heikkonen, LUT  
Herikko Pirkkalainen, LUT  
Kalle Vuorenmaa, LUT  
Anna Elovaara, LUT  
Emma Lonka, LUT

Kokouksen 12.12. jälkeen seurassa oli 673 varsinaista jäsentä ja 50 opiskelijajäsentä. Kunniajäseniä oli 12 ja kannatusjäseniä 19.

Seuran jäseneksi pääsee johtokunnan hyväksymällä hakemuksella. Hakemukseen tarvitaan kahden jäsenen suositus.

ATS:n jäsenhakemus internetissä:  
<http://www.ats-fns.fi/info/jasenhakemus.html>

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>