

# ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN  
ATOMITEKNILLINEN  
SEURA –

ATOMTEKNISKA  
SÄLLSKAPET  
I FINLAND ry



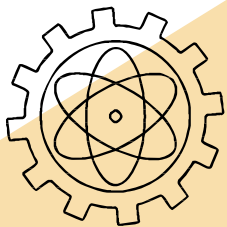
2/2008

vol. 37

## Tässä numerossa

### *Editorial:*

Nuclear renaissance – Global and Finnish perspectives .....	3
Uutisia .....	5
ATS Young Generation vierailulla Pietarin alueella .....	6
Näkymät Suomen lähialueyhteis- työlle ydinturvallisuuden alalla .....	10
Ydinvoimaosaajien verkkopyynti .....	12
WENRA – pienestä ryhmästä suureksi vaikuttajaksi .....	15
Fortum welcomes WANO Governing Board .....	18
Olkiluoto 3 -rakennustyömaan vaikutus näkyy Eurajoella .....	19
Ajankohtaista Euratomin rahoittamista hankkeista .....	21
Fuusioplasmadiagnostiikka on suuri haaste – nyt ja tulevaisuudessa .....	24
Diplomityöt .....	26
<i>Kolumni:</i>	
Osaamista tarvitaan .....	30
Tapahtumakalenteri ja seuran uudet jäsenet .....	31



# ATS

2/2008, vol. 37

## VUODEN 2008 TEEMAT

### 1/2008

Käyttötoiminta  
ja turvallisuus

### 2/2008

Kansainvälinen  
yhteistyö

### 3/2008

Uudet laitoshankkeet  
ja YVAt

### 4/2008

Syysseminaari, ekskursio

## ILMOITUSHINNAT

1/1 sivua 700 €

1/2 sivua 500 €

1/4 sivua 300 €

## TOIMITUKSEN OSOITE

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

ISSN-0356-0473

Painotalo Miktor Ky



441 194  
Painotuote

## 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

### Toimitussihteeri / Subeditor

Minna Rahkonen  
p. 0400 508 088  
fancymedia@saunalahti.fi

### Erikoistoimittajat /

#### Members of the Editorial Staff

TkL Jarmo Ala-Heikkilä  
Teknillinen korkeakoulu  
jarmo.ala-heikkila@tkk.fi

FM Sini Gahmberg

Teollisuuden Voima Oyj  
sini.gahmberg@tvo.fi

FM Johanna Hansen

Posiva  
johanna.hansen@posiva.fi

DI Tommi Henttonen

Fortum Nuclear Services  
tommi.henttonen@fortum.com

DI Kai Salminen

Fennovoima Oy  
kai.salminen@fennovoima.fi

DI Eveliina Takasuo

VTT  
eveliina.takasuo@vtt.fi

### Haastattelutoimittaja /

#### Journalist reporter

DI Klaus Kilpi  
klaus.kilpi@welho.com

### Kolumnisti / Columnist

DI Olli Nevander  
Teollisuuden Voima Oyj  
olli.nevander@tvo.fi

## Johtokunta / Board

### Puheenjohtaja / Chairperson

DI Harriet Kallio  
Fortum Power and Heat  
PL 100, 00048 Fortum  
p. 010 453 2463  
puheenjohtaja@ats-fns.fi

### Varapuheenjohtaja /

#### Vice-chairperson

DI Harry Lamroth  
Fortum Nuclear Services  
harry.lamroth@fortum.com

### Sihteeri /

#### Secretary of the Board

Tekn.yo Malla Seppälä  
VTT  
sihteeri@ats-fns.fi

### Rahastonhoitaja / Treasurer

FM, tekn. yo Anna-Maria Länsimies  
Energiateollisuus ry  
anna-maria.lansimies@energia.fi

### Jäsenet /

#### Other Members of the Board

FM Johanna Hansen  
Posiva  
johanna.hansen@posiva.fi

DI Yrjö Hytönen

Säteilyturvakeskus  
yrjo.hytonen@stuk.fi

DI Olli Nevander

Teollisuuden Voima Oyj  
olli.nevander@tvo.fi

## Toimihenkilöt / Officials

### Jäsenrekisteri /

#### Membership Register

Tekn.yo Malla Seppälä  
VTT  
sihteeri@ats-fns.fi

### Kv. asioiden sihteeri /

#### Secretary of International Affairs

DI Tommi Henttonen  
Fortum Nuclear Services  
tommi.henttonen@fortum.com

### Energiakanava /

#### Energy Channel

TkT Karin Rantamäki  
VTT  
karin.rantamaki@vtt.fi

### Young Generation

DI Juha Poikolainen  
Teollisuuden Voima  
juha.poikolainen@tvo.fi

### Ekskursiossihteeri /

#### Excursion Secretary

DI Kristiina Turtiainen  
Teollisuuden Voima  
kristiina.turtiainen@tvo.fi

Suomen Atomiteknillisen Seuran (perustettu 1966) tarkoituksena on edistää ydintekniikan alan tuntemusta Suomessa, toimia yhdisteenä 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 numeroitain vaihtuvan teeman ympäriltä. Lehti postitetaan seuran jäsenille.

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



## Nuclear renaissance – Global and Finnish perspectives

**THE PROSPECTS** of nuclear energy renaissance have greatly improved in recent years. The discovery and controlled use of fission energy was heralded fifty years ago as one of the greatest scientific and technological achievements. This led to extensive nuclear programs in many countries until Three Mile Island and Chernobyl accidents raised concerns of safety and environmental risks and stopped this development for several decades.

**TODAY EARLIER** moratorium and phase-out decisions are being reversed and nuclear energy is re-emerging as a viable energy option in many countries, including many new countries. This increased interest is driven by rapidly increased costs and tightening supply of fossil fuels, concerns of climatic change caused by carbon dioxide emissions, the increasing energy demands, and more realistic assessment and comparison of the potential and safety of available energy alternatives.

**FINLAND SERVES** as an interesting case in these developments. It has already for several decades successfully generated about a quarter of total electricity with four nuclear units with world record availability and safety records. Now Finland is amongst the first to build new capacity and even has competition amongst proposed sites for additional reactor units. What does it take to arrive at such a situation and

what are the lessons learned for other countries in support of the nuclear renaissance?

**THE MOST** important element is the trust required for public acceptance of nuclear energy. This in Finland is based on clear legislation and well defined mandates and responsibilities of public and private organizations. The Parliament has an important role of deciding whether a new nuclear installation proposed serves the overall interest of the society. When such an agreement is reached the more detailed construction and operational permits are decided by competent safety and public authorities. They need to enjoy unquestionable confidence of the public and need to be quite uncompromising and strict in their assessments to assure safe construction and operation of nuclear facilities.

**IT HAS** also been very important that the economic and technical solutions for safe disposal of nuclear wastes and decommissioning of nuclear plants are assured from the beginning of operations. This has been accomplished by adequate legislation and technical solutions as well as requiring the plant operators setting aside adequate financial resources to meet the objectives. Today Finland is one of the very few countries where the legislative, financial, and technical solutions for geological disposal of spent fuel

## EDITORIAL

*Editorial: Nuclear renaissance...*

and other nuclear wastes, including site approval, have been prepared.

**IN ADDITION** to these largely national solutions to nuclear energy issues international collaboration plays an important role in Finnish nuclear energy. For a small country the development of new demanding energy technologies, including many forms of renewable energy and the next generation of nuclear technologies, all the way to fusion energy, can only take part through European and world-wide collaborations. Common efforts in research and development and sharing the best practices, taking into account their applicability in different countries, can provide the best way to more secure and sustainable energy systems for the future.

**THE INVESTMENT** needs of nuclear renaissance will amount to hundreds of billions of euros with individual plants costing several billions. It is clear that the manufacturing of major components and construction can only be done by major industrial companies and international consortia. In Europe it has taken several decades to combine the best forces and arrive at the European Power Reactor now under construction in Finland.

**STANDARDIZED DESIGNS** should be favored to assure reasonably short construction times and best safety records. Successful models for this can be found in aircraft industry where the European Airbus Industries is combining the design and industri-

al strengths of many countries, including also smaller countries.

**THE QUESTIONS** of nuclear fuel cycles, whether closed cycles with fuel reprocessing and separation of transuranics and fission products or once-through cycles with final disposal of spent nuclear fuel, are debated in many countries. Reprocessing and enrichment practices couple also to the non-proliferation issues that obviously are of central importance.

**LARGE NUCLEAR** technology countries with also nuclear weapons capabilities tend to favor reprocessing cycles, also needed for future generation breeder reactors. For smaller countries once-through cycles with direct disposal of spent fuel offers simplified solutions without shipments of spent fuel and concentrated nuclear wastes. Long term interim or retrievable storage offers compromise solutions by postponing disposal solutions to the future but at the same time leaving open final disposal solutions considered by some as requirement for public acceptance of nuclear energy.

**FINLAND IS** actively seeking the best ways to share its experiences in successful use of nuclear energy. It is hoped that this would help to lead to economical and reliable, safe and acceptable practices in especially the many new countries now expected to start their own nuclear energy programmes in the wake of nuclear renaissance. ■

# UUTISIA

## Ydinalan uutispalveluita

**ATS YDINTEKNIikka** ilmestyy vain 4 kertaa vuodessa, joten ydinalan uutisia kannattaa seurata internetin uutispalveluista. Ydinalaan keskittyneitä uutispalveluita ovat esimerkiksi:

**World Nuclear News, WNN, [www.world-nuclear-news.org](http://www.world-nuclear-news.org).**

WNN on kaikille avoin ilmainen online-uutispalvelu. Sivustolta voi tilata itselleen päivän uutiset sähköpostiinsa. WNN on World Nuclear Association -yhteisön tukema palvelu.

**NucNet: Global Nuclear News, [www.worldnuclear.org](http://www.worldnuclear.org).**

NucNet on riippumaton online-uutispalvelu. NucNet-sivustolta voi selailla vanhoja uutisia ja lisäksi uutiset voi tilata omalle tietokoneelleen rss-syötteenä.

**Energiateollisuuden Ydinvoimautiskoosteet, [www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/ydinvoima/ajankohtaista](http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/ydinvoima/ajankohtaista).**

Ydinvoimautiskooste on Energiateollisuuden julkaisema suomenkielinen kuukausittainen uutispaketti, joka on koottu yllä mainitun NucNet-uutispalvelun uutisista.

**Nucleonics Week**

Nucleonics Week on Plattsin julkaisema viikottain ilmestyvä ydinalan uutislehti. Lehti on maksullinen, mutta on luettavissa monessa Suomen ydinalan yrityksessä.

## Nucleonica, uusin ydinalan verkkoportaali

**EUROOPAN KOMISSION** tutkimuskeskus JRC on avannut uuden ydintekniikan ja -tieteen verkkoportaalin osoitteessa <http://www.nucleonica.net>. Portaali on tarkoitettu ammatillisille ja opiskelijoille, jotka työskentelevät ydintekniikkaan liittyvien asioiden (radionuklidit, ydinenergia, lääketiede, säteilysuojelu jne.) parissa.

Tavoitteena on koota tietopankki, jolla kertynyttä tietoa ja kokemusta voidaan jakaa tarvitsijoille. Tällä hetkellä portaalista löytyy esim. interaktiivisia nuklidi- ja vaikutuslatauslukuja, joista voidaan käytettävissä olevilla ohjelmilla luoda eri tarkoituksiin sopivia kirjastoja, dosimetriaan ja säteilyn väenemisen mallintamiseen liittyviä tietokoneohjelmia, omalla hakukoneella koottu ydinalaa koskevien uutisten keräilypalvelu jne.

Tavoitteena on luoda portaalista myös foorumi ajatusten- ja tiedonvaihtoon sekä esim. tietokoneohjelmien jakeluun muiden alalla toimivien hyödynnettäväksi.

Portaalia esiteltiin ENS:n järjestämässä ydintekniikan koulutukseen keskittyneessä NESTet -konferenssissa, jonka aiheisto on nähtävissä osoitteessa <http://www.NESTet2008.org>.

# [www.ats-fns.fi](http://www.ats-fns.fi)

## Flamanvillen EPR-reaktorin valutyöt keskeytetty

**1650 MWe:n** EPR-laitosyksikköä Ranskan Flamanvillen rakentava valtiollinen sähköyhtiö EDF ilmoitti 27.5.2008 keskeyttäneensä rakennustyöt betonivalujen osalta Ranskan ydinturvallisuusviranomaisen (ASN) viikkoa aiemmin esittämän vaatimuksen mukaisesti.

**ASN:N EDUSTAJAN** mukaan syynä vaatimukseen olivat lukuisat yksittäiset laatu- ja turvallisuusvirheet, jotka on nyt saatu kuntoon

niin, että ne eivät heikennä lopputuotteen laatua, mutta viranomaisen edellyttää voimayhtiötä tehostamaan alihankkijoiden työn valvontaa ennen betonitöiden uudelleen käynnistämistä.

Rakentamistöiden on ilmoitettu kestävän 54 kuukautta, ja 3,6 miljardin euron hintaiseksi arvioidun laitosesikön on määrä aloittaa sähköntuotanto vuonna 2012.

(lähde: Reuters)



Ekskursioväki Leningradin ydinvoimalaitoksen 2-yksikön valvomossa.

# ATS Young Generation vierailulla Pietarin alueella

*Keväisellä ATS YG -ekskursiolla 22 seuran jäsentä matkasi itänaapuriimme tutustumaan generaattoreiden, turbiinien ja paineastioiden valmistukseen Elektrosilan, LMZ:n ja Izhoran tehtailla. Matkaan kuului myös vierailu Leningradin ydinvoimalaitokselle Sosnovy Borissa.*

Tämän vuoden YG-ekskursion ajan-kohta osui huhtikuun puoleen väliin, ajalle 15.-19.4.2008. Matka Helsingistä Pietariin ja takaisin sujui joutuisasti junalla. Kaikki vierailukohteet olivat mielenkiintoisia ja isäntämme vieraanvaraisia. Teknisten vierailujen lisäksi ryhmämme vieraili Katariinan palatsissa Pushkinissa ja tutustui valtavaan taidekokoelmaan Eremitaasissa.

## Elektrosilan generaattoritehdas

Ekskursion ensimmäinen tekninen vierailu kohdistui keskiviikkoamuna Elektrosilan generaattoritehtaalle Pietarin eteläosaan. Tehdas on osa Power Machines -yhtymää, johon kuuluu myös LMZ-turbiinitehdas Pietarissa, ZTL-turbiinisiipitehdas ja Kalugan turbogeneraattoritehdas, joka sijaitsee noin 200 km:n päässä Moskovasta.

Power Machines -yhtymällä on noin 12 000 työntekijää.

Elektrosilan tehdas on pian 110 vuotta vanha ja siellä työskentelee noin 500 henkilöä. Tehtaalla on oma koulu, jossa työntekijät koulutetaan tehtäviinsä. Yrityksellä on jossain määrin sama ongelma työntekijöiden ikärakenteen kanssa kuin Suomen ydinvoima-alalla, sillä ikäluokka nuorten ja iäkkäiden välillä puuttuu lähes kokonaan. Tehtaan työntekijöiden keski-ikä on miltei 50 vuotta.

Vierailu Elektrosilan generaattoritehtaalla alkoi tutustumisella suureen tehdashalliin, jossa näimme generaattorin kokoamisen eri vaiheet (esimerkiksi roottoreiden ja staattoreiden valmistamista). Hallissa nähtiin myös suuri saksalainen testilaitteisto, jolla voidaan tutkia eristeiden lämmönkestävyyttä.

## Huolellista käsityötä

Toisessa hallissa valmistettiin virtajohtimia roottorien päähän ja staattoreiden eristeitä. Esittelykierroksella nähtiin, kuinka virtajohtimien päälle kieritettiin useita erilaisia eristeteippi- ja -nauhakerroksia. Monen hämmästykseksi eristystyö tehtiin osittain käsin.

Elektrosila valmistaa tänä vuonna 22 generaattoria, jotka lähtevät laitoksiin mm. Moskovassa ja Intiassa. Suurimmat tehtaan valmistamat generaattorit ovat kaksi 1000 MW:n generaattoria, jollaiset toimitettiin mm. Kiinan ydinvoimaloihin. Tehdas valmistaa rakenteilla oleviin Leningradin laitoksiin 1200 MW:n generaattorit 2009-2010.

Vierailun viimeisessä osassa päästiin tutustumaan halliin, jossa valmistetaan magnetointilaitteita, jotka koostuvat kolmesta

pääkomponentista: säätelyjärjestelmästä, tyristorikaapista sekä tehonsäätöjärjestelmästä. 70 % laitteiden sisältämistä komponenteista ostetaan ulkomailta, esimerkiksi saksalaiselta elektroniikkakomponenttien valmistajalta Rittalilta. Magnetointilaitteiden ja niiden ohjausautomaation testauslaitteista varten oli täysimittainen testauslaitteisto.

## LMZ-turbiinitehdas

Keskiviikkoiltapäivän vierailu oli järjestetty LMZ:n turbiinitehtaalle (Leningradski Metallitsheski Zavod), jossa tehtaan tuotantosuunnittelupäällikkö Ivanov otti ekskursiolaiset vastaan. LMZ kuuluu Elektrosilan kanssa samaan Power Machines -yhtymään. Turbiinitehtaalla työskentelee noin 6000 henkilöä. Tehtaassa valmistetaan höyryturbiineja niin konventionaalisille kuin ydinvoimalaitoksillekin sekä vesija kaasuturbiineja Siemensin lisenssillä.

Ensimmäisessä hallissa Ivanov esitteli muun muassa 165 MW:n tehoista kaasuturbiinia ja huoltoon toimitettua höyryturbiinia, jonka johdesiivet olivat vaurioituneet. Kierroksella näimme myös Italias-ta tasapainotettavaksi lähetettyjä titaani-sinkki-nikkeli-seoksella korroosiosuojattuja kaasuturbiineja. Päälylysty näytti aivan kul-

lalta ja varmaankin oli myös hinnaltaan lähes samaa luokkaa.

Suurimmat tehtaassa valmistettavat turbiinit voivat olla 1200 MW:n tehoisia pienimpien kokoluokan ollessa noin 30 MW. Tehdas pystyy testaamaan turbiinit itse, ja testialuetta oltiinkin valmistelemassa vierailumme aikana 660 MW:n turbiinia varten. Kyseinen turbiini toimitetaan Intiaan Kudankulamin kolmannelle yksikölle. Tehtaassa valmistetaan turbiinien lisäksi myös niiden hydrauliset säätö- ja pikasulkuventtiilit, sähköiset säätäjät ostetaan alihankkijoilta. Myös LMZ:n tehtaalla oli nähtävissä tällä hetkellä elettävä ydinvoima-alan renessanssi, sillä tehtaalle oltiin tekemässä korvausinvestointeja ja uusia hankintoja.

## Sosnovy Bor – neljä yksikköä ja uuden alku

Sosnovy Borin kaupungin läheisyydessä sijaitsevalla Leningradin ydinvoimalaitoksella on 4 kpl 1000 MW:n grafiittihidasteisia RBMK-tyypin reaktoreita. Vanhimmat yksiköt (1 ja 2) ovat jo saavuttaneet 30 vuoden laskennallisen käyttöiän, mutta laajamittaisten turvallisuusparannusten jälkeen Venäjän viranomainen on siirtänyt niiden käytöstäpoiston vuosille 2018 ja 2020. Käyt-

töiän pidentämiseen tähtäävät työt ovat käynnissä myös yksiköillä 3 ja 4. Laitosten käyttöaste vuonna 2006 oli 79,9 % ja tuotantotavoite vuodelle 2008 on 29 TWh.

Ryhmän otti vastaan voimalaitoksen johtaja V. I. Lebedev sekä turvallisuudesta ja luotettavuudesta vastaava varapäälliköni K. G. Kudrjartsev.

Laitoskierroksella käytiin tutustumassa 2-yksikön valvomoon, turpiinihalliin ja 1-yksikön reaktorisaliin. Laitosrakennukset ovat kokonaisuudessaan valvonta-aluetta, joten päälle puettiin tutkijatakit, päähineet ja kypärät. Valvomossa seinäpaneelit oli uusittu – perinteiset mittarit ja katkaisimet oli osittain korvattu moderneilla tietokonenäytöillä. Lähes 500 metriä pitkä turpiinihalli teki koollaan vaikutuksen ryhmään ja reaktorisalissa pääsimme astumaan reaktorikannen päälle. Jatkuvalatauksen reaktorin polttoaine-elementeistä vaihdetaan vuorokaudessa kaksi kappaletta. Voimalaitos oli hyvin siistissä kunnossa ja pinnat hyvässä maalissa.

## Uusia 1200 MW:n VVER-yksiköitä Sosnovy Boriin

Venäjän uuden ydinvoiman rakennussuunnitelmissa on yhteensä 10 uutta VVER-tyyppistä painevesireaktoria vuoteen 2015



Maanrakennustyöt käynnissä LAES-2:n alueella Sosnovy Borissa.

mennessä. Sosnovy Boriin on päätetty rakentaa kaksi uutta 1200 MW:n VVER-laitosta. Sosnovy Borin rakennusprojekti kulkee nimellä LAES-2. Kiintoisa piirre on, että rakennettavat yksiköt tullaan varustamaan lauhdutustornein. Laitokset pohjautuvat Kiinaan toimitetun VVER-1000 laitostyyppin modernisoituun versioon. Laitosalue sijaitsee pari kilometriä nykyisistä laitoksista sisämaahan päin. Kyseiselle alueelle on kaavailtu sijoitettavaksi yhteensä kuusi yksikköä.

Kilpailutuksen jälkeen LAES-2:n rakennuttajaksi on valittu Atomenergoprojektyhtiö Pietarista. Maanrakennustyöt ovat käynnissä, ja hiekkapohjaiseen maahan on syntynyt jo vaikuttavan kokoinen kuoppa. Viranomaislupaa varsinaiselle rakentamiselle odotetaan kesän aikana ja ensimmäistä betonivalua suunnitellaan jo tu-

#### Osallistajat:

- ✓ Ann-Sofie Björklöf, Platom Oy
- ✓ Markku Harmaala, Energiategollisuus ry
- ✓ Tommi Henttonen, FNS
- ✓ Seppo Hillberg, VTT
- ✓ Seppo Huuki, FNS
- ✓ Henrik Immonen, Oy Abilitas Ab
- ✓ Pasi Junninen, VTT
- ✓ Laura Kekkonen, VTT
- ✓ Harri Kiiski, Platom Oy
- ✓ Tomi Koskiniemi, STUK
- ✓ Ossi Koskivirta, Fortum Power and Heat Oy
- ✓ Joona Kurki, VTT
- ✓ Harry Lamroth, FNS
- ✓ Sampsa Lauerma, VTT
- ✓ Elias Mayer, FNS
- ✓ Kari Pietarinen, VTT
- ✓ Juha Poikolainen, TVO
- ✓ Jukka Rintala, VTT
- ✓ Paul-Erik Rönnqvist, FNS
- ✓ Malla Seppälä, VTT
- ✓ Kim Söderling, STUK
- ✓ Kristiina Turtiainen, TVO

levalle syksylle. Nykyisten neljän yksikön editse kulkee työmaan jatkuva kuorma-ajotojen virta, joka tullaan siirtämään uudelle eteläisemmälle tielinjaukselle. Rahoitusta on kuluvalle vuodelle myönnetty 200 miljoonaa euroa. Työmaakyltin mukaan laitokset valmistuvat 30.11.2014.

### NITI:n suojarakennus-tutkimus esillä

Leningradin voimalaitokselle saimme vieraita paikallisesta tutkimuskeskuksesta A.P. Alexandrov Scientific Research Technological Institute:sta eli NITI:stä. NITI:n asiantuntijat kävivät esittelemässä viimeisimpiä tutkimustuloksia ja -laitteitaan. NITI:n tutkimus keskittyy VVER-640 suojarakennuksen pienoismallin, KMS-koelaitteiston, ympärille. KMS:llä tutkitaan suojarakennuksen käyttäytymistä vakavissa reaktorionnettomuuksissa. Koelaitteistoa emme päässeet valitettavasti näkemään paikan päällä.

### Izhoran paineestiatehdas

Viimeisenä teknisenä vierailukohteena oli Izhoran paineestiatehdas, jossa isäntänä toimi tehtaan kaupallinen johtaja Vadim V. Petrov. Izhoran tehtaan (= Inkeriläisten tehtaan) perusti Pietari Suuri vuonna 1722 laivojen rakentamista ja laivavarusteiden valmistamista varten. 1960-luvulta lähtien tehdas on valmistanut VVER-365, VVER-440 ja VVER-1000 -laitosten primääripiirin komponentteja sekä tuoreen ja käytetyn polttoaineen kuljetussäiliöitä ja varastointilaitteita. Lisäksi Izhora valmistaa komponentteja petrokemian teollisuudelle.

Tehdas on toimitannut laitoksia Venäjälle, Ukrainaan, Armeniaan, Suomeen, Slovakiaan ja Bulgariaan. Tehdas kuuluu OMZ-yhtymään, johon kuuluvat lisäksi myös mm. Uralmashin terästehdas sekä Tšekissä sijaitsevat Plzenin terästehdas ja Škodan paineestiatehdas.

### Neuvostoaikoina 26 000 työntekijää

Izhoran paineestiatehdas sijaitsee Kolpinossa noin 30 kilometrin päässä Pietarin keskustasta Moskovaan päin. Tehdas on si-

joitettu valtavalle noin 900 hehtaarin alueelle. Aikaisemmin tehtaalla työskenteli yli 26000 työntekijää. Nykyään Izhoran tehdas on pilkottu tytäryhtiöiden pienempiin liiketoimintayksiköihin, joissa on yhteensä 10 000 - 12 000 työntekijää.

Vierailu aloitettiin lyhyellä yleisellä videoesittelyllä, jota seurasi yli tunnin mittainen keskustelu Izhoran tuotteista, valmistuskapasiteetista sekä vierailijoiden taustasta ja kiinnostuksesta Izhoraa kohtaan. Tämän jälkeen tehtiin tehdaskierros paineestiatehtaalla.

Izhoran paineestiatehdasyksikkö on nimeltään "Special Steel Co.", jossa työskentelee tänä päivänä n. 3 000 henkilöä. Tuotealueet ovat metallurgia, valut/takeet, hitsaus ja lämpökäsittely. Izhora on toimittanut 15 vuoden tauon jälkeen laitteita VVER-1000-laitoksiin Venäjän lisäksi kahteen Kiinan ja kahteen Intian yksikköön sekä myös kahdelle Iranin Bushehrin yksikölle.

### Primääripiirin komponentit kerralla samasta tehtaasta

Izhora valmistaa mm. seuraavia VVER-1000/-1200-laitoksen komponentteja: primääripiirin laitteistoon kuuluvat reaktoripainesäiliö yläyksikköineen ja sisäosineen, höyrystimien painerunko (tuubit tulevat Podolskin tehtaalta), pääkiertopumppujen painepesä (pumpun muut osat ZKB:ita), paineistin, primääripumppu (putkihihot ostetaan Mannesmannilta), hätäjähdytysakut, reaktorikuilun tukirakenteet sekä lisäksi reaktorirakennuksen henkilö- ja materiaalisulut.

Tehtaan kapasiteetti on ydinvoimapuolella tällä hetkellä 3 laitosyksikköä/vuosi. Kapasiteetti on tarkoitus nostaa lähiaikoina 4 yksikköön. Reaktoripainesäiliön valmistuksen kesto on noin 34-36 kk.

Tehdaskierroksen aikana näimme päällehitsauslaitteiston, työstökoneet kääntölaitteistoineen sekä lämpökäsittelyuuneja (polttoaineena kaasua). Osaa tehdashallien suurista työstökoneista modernisoitiin parhaillaan.

Reaktoripainesäiliön yhdealueen valmistus tapahtuu Izhoran kehittämää porsotus-





*Kelluvan ydinvoimalaitosyksikön reaktoripainesäiliön yhdealue Izhoran tehtaalla.*

tekniikkaa käyttäen, jonka avulla yhdealueen ja primääriputken liitoksen hitsisauma on voitu siirtää "ulospäin".

### **Kelluvan ydinvoimalaitoksen reaktori työn alla**

Valmistuksen alla näimme mm. seuraavia ydinvoimalaitoskomponentteja: Novo Voroneshiin menevän VVER-1000-reaktoripainesäiliön yhdealue, kelluvan ydinvoimalaitosyksikön (70 MWe) reaktoripainesäiliön alaosa ja yhdealue, höyrygeneraattorin runko, paineistimen alaosan rengasyksikkö ja Intiaan menossa oleva suojarakennuksen materiaalisulku.

Tehtaalla peruskorjattiin myös kahta Suomesta tuotua petrokemian reaktoria.

Parhailtaan Izhoran tehtailla on työn alla seuraavat ydinvoimaprojektit:

- ✓ Rostovin 2. yksikkö 1 x 1000 MWe
- ✓ Kalinin 4. yksikkö 1 x 1000 MWe
- ✓ Novo Voronesh 2 x 1200 MWe, 6. ja 7. yksikkö
- ✓ Bulgaria/Belene 2 x 1000 MWe
- ✓ Leningradin NPP LAES 2 x 1200 MWe, 5. ja 6. yksikkö (sopimusneuvotteluvaiheessa)

Venäjälle sijoittuvien laitosten tilaajana on Rosenergoatom-yhtiö. Ulkomaisten laitosten päätoimittajana toimii AtomStroyExport (ASE). Primääripiirin pääsuunnittelijana toimii HidroPress/Podolsk. Pääurakoitsijana toimivat SPAEP/Pietari tai MOAEP/Moskova.

*Kristiina Turtainen  
Käyttölupainsinööri  
Teollisuuden Voima Oyj  
kristiina.turtainen@tvö.fi*



# Näkymät Suomen lähialueyhteistyölle ydinturvallisuuden alalla

*Säteily- ja ydinturvallisuusalan yhteistyö aloitettiin osana muuta Suomen kahdenvälistä lähialueyhteistyötä Neuvostoliiton hajoamisen jälkeen vuoden 1992 alussa. Yhteistyö on jatkunut tiiviinä näihin päiviin vain hieman muotojaan muuttaen. Sen pääkohteita ovat lähialueen kaksi ydinvoimalaitosta, toinen Sosnovyi Borissa (LNPP) ja toinen Kuolan niemimaalla (KoNPP).*

**Y**hteistyötä tehdään myös Venäjän ydinturvallisuusviranomaisen kanssa, jonka nimi on ehtinyt matkan varrella vaihtua Gosatomnadzorista (GAN) Rostekhnadzoriksi (RTN). Muita yhteistyö-alueita ovat onnettomuusvalmius, jätehuolto sekä radioaktiivisten materiaalien valvonta.

Oheinen taulukko kertoo, paljonko Suomen valtion varoja on vuoden 2007 loppuun mennessä osoitettu kullekin näistä yhteistyösektoreista. Vuoden 2008 budjetti on 2,4 MEUR jakautuen samassa suhteessa kuin pitkän ajan keskiarvo.

Leningradin ydinvoimalaitos	10,6 MEUR
Kuolan ydinvoimalaitos	8,6 MEUR
Onnettomuusvalmius	2,4 MEUR
Yhteistyö viranomaisen kanssa	1,7 MEUR
Ydinjätehuolto	2,5 MEUR
Ydinmateriaalivalvonta	4,4 MEUR
Yleinen	2,8 MEUR
	<b>33,0 MEUR</b>

## Voimalaitosten turvallisuuden parantaminen

Suoraan lähivoimalaitosten kanssa tehtävän yhteistyön perusaihepiirejä olivat alkuun käyttöturvallisuuskoulutus, painetta kantavien rakenteiden rikkomattomat tarkastukset ja paloturvallisuus. Vuosien mit-

taan työ on laajentunut kattamaan mm. turvajärjestelyjä, sähkölaitteiden turvallisuutta, analyysityötä ja putkistojen pinnoitusta.

Leningradin voimalaitoksen kanssa tehdyn yhteistyön 15-vuotisjuhlaa vietettiin suurella joukolla voimalaitoksella helmikuussa 2007. Isännät ilmaisivat suuren kiittolisuutensa siitä tuesta mitä Suomesta heille osoitettiin erityisesti 1990-luvun vaikeina vuosina.

Lokakuussa 2007 Leningradin laitoksella järjestettiin käyttöturvallisuudesta STUKin ja Rostekhnadzorin yhteistarkastus. Tarkastuksessa verifioitiin kehitystä, joka on tapahtunut yhteistyön alussa vuonna 1992 tehdyssä kaksiviikkoisessa tarkastuksessa havaituissa kohennusta kaipaavissa asioissa. Kehitys on ollut huikea, erityisesti niistä tarkastustiimin jäsenistä, jotka eivät ole laitoksella vierailleet sitten ensimmäisen tarkastuksen. Kirjattavia hyviä käytäntöjä oli nyt suuri määrä ja kehittämistarpeet harvalukuisia. Laitoksen oma koulutustoiminta koulutussimulatoreineen on siirtynyt kokonaan uudelle, muillekin malliksi kelpaavalle tasolle. Yhteistyöohjelman käyttöturvallisuusosuuksien suuntautunut yhä enemmän tasaveroiseen kanssakäymiseen, jossa myös venäläinen osapuoli esitelmöi omista kokemuksistaan ja käytännöistään.

Vastaava kahdenvälinen käyttöturvallisuustarkastus on suunnitteilla Kuolan voimalaitokselle vuonna 2009, tavoitteena verifioida siellä vuonna 1996 tehdyn alkutarkastuksen tulosten huomioonottaminen.

2000-luvulla uusi suuri hankekokonaisuus Leningradin laitoksella on ollut turvallisuudelle tärkeiden merivesijärjestelmien putkien korroosiosuojaaminen sukitusmenetelmällä, jossa putken sisään ujutetaan vedenpaineen avulla lasikuituvahvisteen, kovettuvalla muoviseoksella impregnoitu kangaspussi. Käsittely on toteutettu kolmella Leningradin voimalaitoksen yksiköistä ja nelosyksiköllä se on vuorossa vuonna 2009. Näissä hankkeissa on sovellettu muussakin yhteistyössä yhä yleisempää yhteisrahoitusperiaatetta, jossa venäläinen osapuoli kattaa merkittävän osuuden, joissakin tapauksissa valtaosan kustannuksista.

Jäljellä olevista turvallisuusuholuista erotuvat painetta kantavat laitteet ja niiden ainetta rikkomattomat tarkastukset. Tarkastustekniikan parantamiseksi ja tarkastajien kouluttamiseksi tehdään jatkuvaa yhteistyötä sekä Leningradin että Kuolan voimalaitosten kanssa. Vuoden 2008 huhtikuussa Leningradin laitoksella järjestettiin korkean tason määräraikaistarkastuskokous STUKin pääjohtajan johdolla. Tilaisuudessa luotiin katsaus yhteistyöohjelmassa toi-



Määräaikaistarkastuskokouksen STUKin delegaatio: Heikki Saari, Jukka Laaksonen ja Heikki Reponen huhtikuussa 2008. Taustalla Sosnovyi Borin kirkko sekä STUKin turvajärjestelykonsultti Håkan Laxåback. (Kuva: Kim Söderling)

## Onnettomuusvalmius ja säteilyvalvonta

Käytännöksi on vakiintunut osallistua vuosittain järjestettäviin Venäjän isoihin kansallisiin onnettomuusvalmiusharjoituksiin tarkkailijoina. Suomen rooliksi on myös tullut toimia muiden Pohjoismaiden edusmiehenä Venäjään päin suuntautuvassa onnettomuusvalmiusyhteistyössä.

Kaiken aikaa pidetään yllä 1990-luvulla Leningradin ja Kuolan laitospaikoille luotuja säteilymittaus- ja hälytysjärjestelyjä.

## Jatkoedellytykset

Useat maat ovat lopettaneet kahdenväliset ohjelmansa Venäjän säteily- ja ydinturvallisuuden kohentamiseksi, perusteena Venäjän parantunut talous ja sen suomat mahdollisuudet hoitaa ongelmat omin voimin.

Suomen hallituksen panostus on kuitenkin säilytetty ennallaan ja se on myös jatkumassa toistaiseksi. Leningradin ja Kuolan ydinvoimalaitosten läheisyys, vain 100 km Suomen rajalta, tekee tarpeelliseksi käyttää kaikki keinot vakavan onnettomuuden mahdollisuuden minimoimiseksi. Yhteistyö myös takaa jatkuvan pääsyn laitoksille seuraamaan turvallisuuden samoin kuin turvallisuuskulttuurin kehittymistä näillä lähilaitoksilla. Vain jatkuvan tiiviin kanssakäymisen ylläpitäminen henkilösuhtein on mahdollista pysyä täysin selvillä tilanteesta ja toisaalta varmistaa viivyttämätön tiedon saanti onnettomuustilanteessa. Yhteistyö Rostechnadzorin kanssa edustaa varsinaista kestävästä kehitystä: kussakin maassa tarvitaan teknisesti pätevä ja riittävillä valtuuksilla varustettu valvontaviranomainen pitämään huolta maan omasta säteily- ja ydinturvallisuudesta.

mitettujen laitteiden ja proseduurien hyödyntämiseen laitoksella, tarkastustulosten arkistointiin ja uusien tekniikoiden tarpeeseen.

Tähän aihepiiriin liittyy kiinteästi myös avaus riskitietoisten määräaikaistarkastusten soveltamiseen RBMK-reaktorien käytössä. Tämän kehityksen perusedellytys on Leningradin laitoksella vuonna 1997 alkanut analyysiyhteistyö, jonka ansiosta laitoksesta on nyt olemassa riittäväntasoinen todennäköisyyspohjainen analyysi (PRA) tarkastettavien kohteiden vaurioitumisesta aiheutuvien riskien arvioimiseksi.

Analyysien tarkentaminen ja laajentaminen on kuitenkin edelleen haaste. Matalien tehotasojen ja seisokkitilojen aikainen PRA on vielä kokonaan tekemättä RBMK-tyypin reaktoreille.

## Viranomaisyhteistyö

Venäjän ydinturvallisuusvalvontaviranomaisen paikallistarkastajien raportit Kuolan ja Leningradin voimalaitoksilta ovat olleet alusta lähtien tärkeä tietolähde laitoksen käyttötapahtumista. Raportoinnissa on viime aikoina esiintynyt vaikeuksia, kun Rosenergoatom-konserni on pyrkinyt kontrolloimaan tarkemmin laitoksistaan välitettäviä tietoja. Viranomaisen Moskovan pääkonttorin tuella raportointi on kuitenkin saatu jatkumaan.

Muilta osin viranomaisyhteistyö keskittyy ohjetyöhön. Erityisen laajaa tämä on ollut radioaktiivisten materiaalien valvontaa koskevien ohjeiden valmistelussa. Myös viranomaisen valmiuksia turvallisuuden analysointiin pyritään kasvattamaan.

Tavoitteena on viranomaisyhteistyö myös Venäjälle rakennettavan uuden ydinvoimalaitoskonseptin AES-2006 turvallisuuden arvioinnissa, ensimmäisen yksikön varsinaisen rakentamisenhan on määrä alkaa Sosnovyi Borissa jo vuoden 2008 lopulla.

Valitettavasti Venäjän viranomaisella ei ole oikeutta luovuttaa voimayhtiön aineistoja ulkopuolisille ja myös muut, teollisuutta edustavat osapuolet ovat olleet vastahakoisia.

## Ydinmateriaalivalvontayhteistyö

Menestystä on saavutettu mm. tullihenkilöstön kurssituksessa radioaktiivisten materiaalien tunnistamiseksi. Rajavalvontayhteistyö on muutenkin edennyt suotuisasti.

Iso haaste Venäjällä on päätös kaikkien radioaktiivisten lähteiden ja materiaalikeskittymien inventoimisesta. Tähän operaatioon pyritään osallistumaan, jotta varmistettaisiin mahdollisimman tarkoituksenmukaisten käytäntöjen omaksuminen samoin kuin luotettava lopputulos.





# Ydinvoimaosaajien verkkopyynti

Ville Tulkki ohjaa  
Prahan VR-1-reaktoria  
Eugen Wigner-reaktorikurssilla.

*Olkiluodossa rakennetaan, nykyisillä laitoksilla on pitkät käyttöluvat ja niitä modernisoidaan, uusia suomalaisia ydinvoimalaitoshankkeita on suunnitteilla ja ydinjätehuollon loppusijoitus on aktiivisessa vaiheessa. Ydinvoiman turvallisuus edellyttää rahaa ja osaamista. Länsimaissa osaamisen katoaminen onnistuttiin viime hetkillä estämään. Nyt tarvitaan uutta elvyttävää sukupolvea siirtämään ja luomaan ydintekniikan tieto-taitoa.*

**E**delläkävijämaassa Suomessa ala käy jo huippukierroksilla ajankohtaisine rekrytointi- ja koulutusongelmineen. Verkottamalla voimme voimistaa kriittisiä resurssijamme: verkoilla kalaa saa ja näillä ydintekniikan osaaminenkin on napattava.

EDF investoi vuoteen 2020 mennessä yli kymmenen EPR-tyyppistä reaktoria. Rakentamiseen tarvitaan seuraavan vuosikymmenen sisällä 5000 uutta ydinvoimainsinööriä. Eläkkeelle EDF-kaartista siirtyä lähiaikoina lähes 40 % ja uusiin projektitehtäviin tarvitaan jo 2010 mennessä yli 500 osaajaa. Tänä vuonna pyritään rekrytoimaan noin 400 henkilöä ja vuoteen 2015 mennessä tarve nousee vuositasolle 700.

Ydinvoiman lippulaivan EDF:n painopisteitä ovat nykyisten laitosten pitkäikäinen käyttö, uusien laitosten - Flamanville 3, Kiina, UK, USA, jne. - rakentaminen ja myös uusien neljännen sukupolven reaktorien kehittäminen. Alalla on jatkuvuutta ja äärimmäisen kiinnostavat näkymät.

EDF ei ole yksittäinen singulariteetti. Suez-Tractebel 3500:sta ydintekniikan ammattilaisesta on vuoteen 2010 mennessä korvattava 20 %. Westinghouse palkkaa Euroopassa lähivuosina noin 50 ydinalan insinööriä vuodessa ja 150 USA:ssa. Listaa voidaan jatkaa lisäämällä voimayhtiöiden, ydinjätehuoltovelvollisten, alan muun teollisuuden sekä tutkimuslaitosten työvoimatarpeet.

## Uutta verta alalle – ja paljon!

Uusien ammattilaisten rekrytointiongelmia on jo aiemminkin tiedostettu, mutta vasta nyt se heräävän ydinvoimarenessanssin myötä on muuttumassa akuutiksi. Ydintekniikan opetuksen tilaa pohdittiin laajalti Budapestissa toukokuun NEST<sup>®</sup>2008-konferenssissa (Nuclear Science and Technology – education and training, ks. [www.euronuclear.org/events/nestet](http://www.euronuclear.org/events/nestet)). Suomen ratkaisumalleista konferenssissa esitelmöivät **Riitta Kyrki-Rajamäki** (LTY) sekä **Marjatta Palmu** (Posiva).

Ydinenergianeuvottelukunta (YEN) on säännöllisesti arvioinut ydinvoimaan liittyvää koulutus- ja tutkimustarvetta. KTM:n raportissa "Toimenpiteet ydinenergia-alan tietämyksen säilyttämiseksi" vuodelta 2000 perusolettamuksena oli nykyisten laitosten osajien tieto-aidon ja määrän turvaaminen stagnaatiovaiheessakin.

FIN5-periaatepäätöksen myötä vuonna 2002 asenneilmasto kohentui ratkaisevasti. Ydinenergia julistettiin maamme kokonaisedun mukaiseksi ja siksi uusien opiskelijoiden ja ammattilaistenkin tulevaisuus kirkastui. YEN teki vuonna 2006 tilannepäivityksen: asiantuntijoiden määrä oli kasvanut ja akuutein tarve lievitetty, mutta edelleen henkilöstön niukkuus oli huolestuttava. Eräillä erikoisaloilla ja erityisesti peruskouluttajien sekä tutkijoiden tilanne on hyvin kriittinen.

Uuden asiantuntijan synnyttäminen vie kauan. Oman alansa insinöörin täydennyskoulutus ydinvoima-alalle kestää vähintään pari lisävuotta. Perusasiat omaksumun ydinteknikari on ammattilainen aikaisintaan viiden vuoden lisäkokemuksen jälkeen. Pätevä vanhempi tutkija kouliutuu ehkä kymmenessä vuodessa ja professori – olettaen että moinen kummajainen alalle ylipäättään löydetään – on vähintään 15-20 vuoden projekti. Projektihenkilöstön tarvetta on helpotettu täydennyskoulutuksella ja valmistuneiden määrää kasvatamalla, mutta monet eläkeputkessa olevat senioritutkijat ja akateemiset opettajat ovat haaste.

## Ydintekniikkamaisterit?

Ydinvoima-alan yliopistokoulutuksen henkilöresurssit ovat pullonkaula: rahaakin ehkä löytyy, mutta tehtävää on ylenpalttisesti ja tekijöitä vähän. Akateemisuuteen pitävästä itsepäisyydestä on myös syytä kohtuullisesti pitää kiinni. Suomen IT-huuman kiihkeimpinä aikoina yliopistoilta penattiin 3000 uutta insinööriä vuodessa. IT-piikki on stabiloitunut ja perinteinen insinööriosaamisen kiinnostavuus palautunut. Ydinvoima-alan markkinakysyntä on kiistatta pysyvämpää, mutta suuriin tuotantolukuihin yliopistot eivät kykene, sillä sekä

ikäluokkien että matemaattis-luonnontieteellisten aineiden lukijoiden määrät ovat pienentyneet.

Rajallisten opiskelijamäärien pohjalta "yleismiehen" peruskoulutus lienee sopivin ratkaisu: suomalaisen yleisosaamisen on oltava kestävä ja juuri niin laajaa ja kattavaa, että kansainvälisen yhteistyön turvin voimme hankkia tarvittavat tiedot kilpailukykyisesti ja luotettavasti. Erikoistumisvaiheessa teollisuudessa tai tutkimusyksiköissä voi keskittyä muutamaani suomalaisiin keihäänkärkialoihin, jotka nekin edellyttävät kansainvälistä verkostoitumista.

Yliopistoissa koulutus ja tutkimus riipuvat kiinteästi toisistaan. Viisi kertaa hyvin kustannustehokkaasti toistettu ja yli 250 henkilöä kouluttanut "ydinturvallisuuskurssi, yk-kurssi" on alan talkoohengen huipentuma ja kansallinen ylpeyden aihe. Yliopistonkin tulee avittaa täydennyskoulutusta.

Sen perustehtävät ovat kuitenkin muualla. Hyvänä ohjenuorana on akateemikko **Erkki Laurilan** toteamus: "Insinöörikoulun ei pidä olla rakennettu sen insinöörien tarpeen mukaan, joka sillä hetkellä on tiedossa, vaan sen tarkoituksena on kouluttaa sellaisia ihmisiä, jotka koulutuksensa perusteella voivat sitten nähdä mitä aloja yhteiskunnassa on sellaisia joissa täytyy jotta tehdä".

## Verkottumiseen voi ryhtyä jo kotikentällään

Ydinvoimatekniikka on monitieteistä ja sen laaja-alainen koulutus Suomessa väistämättä johtaa pieniin oppilasmääriin ja monilukuisiin kursseihin. Suomalaisia on vähän ja siksi tilanne on eri kuin suurissa ydinvoimamaissa. Opetusyksikköjen tarjonnassa ei ole päällekkäisyyttä eivätkä oppilasmääräkään merkittävästi kasva. Yhteistyö on ja on aina ollut meille elinehto.

Verkostoitumisessa on monia eri tasoja ja sitä voidaan edelleenkin tehostaa. TTK:n ydinvoimaimago on himmentynyt 60- ja 70-luvun kulta-ajoista. Syitä ovat olleet alan aiempi stagnaatiovaihe, VTT:n roolin voimistuminen ja erityisesti ydintekniikan tutkimuksen rapautuminen sekä tutkijoiden hajautuminen TTK:n yksiköihin, joissa pai-

nopisteet ovat siirtyneet alan ulkopuolelle. Nykyisin, kun ydinvoima on kansallisesti taas nousussa, sisäinen verkottuminen voisi merkittävästi tehostaa TTK:n näkyvyyttä.

Valaisevana esimerkkinä yhteistyömahdollisuuksista mainittakoon SAFIR2010-ohjelman TTK:laiset tukiryhmjäsenet, jotka kattavat koko tutkimuskentän orgaanisatiosta ja ihmisistä, automaatiosta ja riskianalyysista perinteisiin tekniikka-aiheisiin polttoaine- ja reaktorifysiikasta rakennustekniseen turvallisuuteen. Tällainen TTK-säverkkko tulisi aktivoida ja sitä voisi myös terävöittää ydinjätehuollon osalta, jossa yliopistolla on ollut vankkaa mekaniikan, geotieteiden ja kalliotekniikan tietämystä. Energia on TTK:n johdon painopistealueita, mutta onko sillä rohkeutta lausua ääneen "tulevaisuus ja ydinvoima" ja toisaalta olisiko täydytystyöllistetyillä tutkijoilla vielä potkua ponnistukseen TTK:n ydinvoimatalkoihin?

## Kansallinen ydinvoiman koulutusverkko

Lakkautetun ydinenergianeuvottelukunnan testamentin toivomus oli, että alan kansallista yhteistyötä jatkettaisiin. Ehdotettiin, että laajennetaan yk-kurseja koordinoineen joukon toiminta-alueita. Yk-ryhmä on ollut niin esimerkillinen etteikö muikin ydinalan koulutusyhteistyö hoituisi samalla lailla? Ryhmän vahvuus on ollut sen voimakas motivaatio ydinturvallisuuden täydennyskoulutukseen, ja siksi talkoohenkeä on löytynyt uskomattoman paljon. Kantaisiko tällainen ad-hoc-tyyppinen toiminta laajentuessaan uusille aihealueille ja miten kauan?

EU-hankkeissa tällaisesta suomalaisesta yhteistyöverkosta olen käyttänyt työimeä FINEN (Finnish Nuclear Education Network) analogiana muihin Eurooppa-hankkeisiin ENEN (European), BNEN (Belgian), jne. Aihekohtaisia FINEN-laajennuksia voisivat olla ydinjätehuolto, radiokemia, säteilysuojelu, ydintekniikan teolliset ja lääketieteelliset sovellukset. Yhteistä olisivat mm. ydin- ja säteilyturvallisuus, laatujärjestelmät, ydinalan sosioekonomia sekä luonnontieteelliset yhtymäkohdat. Ensimmäisiä tehtäviä FINENillä olisi organisoitumi-



Bukarest kesällä 2004: Jan Blomgren (Uppsala) ja kirjoittaja katalysoivat pohjoismaista reaktoriyhteistyötä Trigalla. Etualalla Olivia Comsa (Romania) ja Frans Moons (Belgia).

nen sekä tiedotuksen tehostaminen. Suomen tilanteen hallitsevaa "esilajittelevan" postimestarin tarvetta lienee.

LTY:n ja TKK:n rinnalla FINEN-verkkoa tulisi laajentaa. Uusia kandidaatteja on monia. Helsingin yliopisto on vahva radio-kemian ja ydinfysiikan sovellusten keskus, Åbo Akademiassa on halua ydintekniikan koulutuksen aloittamiseen, TTY:llä on insinööriosaamista (automaatio, kone- ja sähkötekniikka, jne.) jota ydinvoimaprojektit kipeästi kaipaavat, Kuopiossa on ympäristötutkimusta ja lähes kaikissa yliopistoissa on myös monipuolista taloudellista ja yhteiskuntatieteellistä osaamista. Turun yliopistossa ydinhuoltoon on kouluttu soveltuvia maistereita, entäpä Oulun yliopisto?

## Kansainvälisten koulutusverkkojen rusinat

Euroopan ENEN-assosiaatio (European Nuclear Education Network, ks. [www.enen-assoc.org](http://www.enen-assoc.org)) on parantanut näkyvyyttään ja se tulee aktiivisesti toimimaan myös uudessa EU:n ydinenergian teknologiajaluustassa SNE-TP:ssä (Sustainable Nuclear Energy – Technology Platform). ENEN-partnerit ovat osallistuneet useihin Euratomin projekteihin, sekä koulutushankkeissa että tutkimushankkeiden koulutuksen koordinoimisessa (esim. EUROTRANS).

ENEN syntyi eräänä monista hankkeista, joiden pontimena oli vuoden 2000 tienoil-

la virinnyt huoli ydintekniikan tilasta. Näistä alkuajoista raportoin ATS Ydintekniikan numerossa 3/2002. Kimmoke ENENiin liittymiseen oli että Suomessa on vain kaksi ydintekniikan professoria ja hyvin rajalliset kokeelliset resurssit.

Ainoa keino alan koulutuksen syventämiseen ja laajentamiseen oli kansallisen yhteistyön ohella kansainvälinen verkostoituminen. Ongelmia oli ja on edelleen lukuisia: Trigan lopettaminen toisi virtuaalisen suomalaisen reaktorifysiikan, miten hankkia lisäoppia esim. Monte Carlo -tekniikasta, ydintekniikan materiaaleista ja ydinpolttoaineesta. Kaikki ajankohtainen kokeellinen toiminta edellyttää hyvin laajaa kansainvälistä yhteistyötä.

Ruohonjuuritason ENEN-toiminta voisi tehostua. Hankkeissa on keskitytty koordinointiin, erilaisten tietopankkien keruuseen ja luotu arvioita, suunnitelmia ja visioita. ENEN on ehkä liian nopeasti laajentamassa kenttäänsä yliopistotason reaktoritekniikan koulutuksesta täydennyskoulutukseen sekä uusiin aktiiviteetteihin ydinjätteeseen sekä säteilysuojeluun.

Opiskelijoiden ja opettajien liikkuvuutta tulisi lisätä. ENENin anti on ollut koulutajien verkottuminen ja suomalaisten opiskelijoiden helpot mahdollisuudet vieraila lähes kaikissa Euroopan maissa. Eugen Wigner -reaktorikurssin on käynyt usea TKK:n opiskelijoista; kokeellista reaktori-

tekniikkaa voidaan siten Euroopassa tulevaisuudessa opettaa, mutta siitä on maksettava. Kansainvälinen ydintekniikan maisterikoulutus, vaatimusten harmonisointi, synkronointi, suoritusten hyväksyminen, hyvät opetuskäytännöt sekä suositeltavat oppikirjat ovat hyvin käyttökelpoisia tuloksia.

Myös ydintekniikan tutkimushankkeissa on verkostoiduttava ja osallistuttava aihepiiriin tutkijakoulutukseen. Suomessa ajankohtaisia ydintekniikan aiheita ovat mm. fuusio, säteilysuojelu ja ydinjätehuolto. YEN asetti GEN4FIN-työryhmän luonnostelemaan uusien neljännen sukupolven reaktorien tutkimusohjelmaa.

Suomen Akatemia "Kestävän Energian" tutkimusohjelmassaan myönsi NETNUC -hankkeelle rahoituksen vuosiksi 2008-2011 konsortiolle, jonka osapuolia ovat LTY, TKK ja VTT. NETNUC-hankkeessakin oppi ja erityisesti koetoiminta on haettava kansainvälisiltä partnereilta. NETNUC-verkon ansiosta olemme kuitenkin uskottavampi partneri ja voimme sen myötä tehokkaammin hyödyntää kansainvälistä osaamista. NETNUC on myös foorumi, jossa uudet osaajat usiin näkökulmin koulitaan.

## Lupaava tulevaisuus

Uudella – ja vanhallakin – ydintekniikan osaajalla on tänään ruusuiset näkymät. Suomalainen projektiosaaminen sekä insinööriö ovat haluttua.

Kun suomalaisten omien ydinvoimahankkeiden myötä olemme keräämässä äärettömän arvokasta käytännön kokemusta, varsinaisen globaalien ydinvoimarenessanssin käynnistyessä tieto-taitomme tulee olemaan vientituote. Alan uusilla tulijoilla on mahtavat markkinat: kansainvälinen kysyntä on kova eikä pätkätöistä ole puhetta.

Toivottavasti tänne Pohjan perukoille jää vielä muutamia taitajia.

prof. Rainer Salomaa  
Teknillinen korkeakoulu  
Teknillinen fysiikka – Energiatieteet -laboratorio  
[rainer.salomaa@tkk.fi](mailto:rainer.salomaa@tkk.fi)

# WENRA – pienestä ryhmästä suureksi vaikuttajaksi

*WENRAn (Western European Nuclear Regulators' Association) toiminnan voidaan katsoa käynnistyneen kymmenisen vuotta sitten, jolloin Ranskan ydinturvallisuusviranomaisen päällikkö A-C. Lacoste kutsui koolle kollegansa kaikista ydinvoimalaitoksia käyttävistä EU-maista (Belgia, Espanja, Hollanti, Iso-Britannia, Ranska, Ruotsi, Saksa ja Suomi) ja ydinergian käytöstä luopuneesta Italiasta. Kokouksen päätarkoituksena oli sopia EU:lle annettavasta asiantuntija-avustuksen laajentuessa maihin, joilla oli käytössään ydinvoimalaitoksia.*

**H**elmikuussa 1999 päätettiin WENRAn perustamisesta. Kokouksen yhteydessä allekirjoitettiin sopimus, jossa ydinturvallisuusviranomaisten päälliköt sopivat yhteisistä tavoitteistaan.

Tavoitteena oli kehittää yhteinen lähestymistapa ydinturvallisuuteen ja viranomaiskäytäntöihin, erityisesti Euroopan Unionin alueella, evästää Euroopan Unionia riippumattomalla arvioinnilla hakijamaiden ydinvoimalaitosten tilasta ja viranomaiskäytännöistä sekä saavuttaa yhteinen näkemys ydinturvallisuudesta ja esiin nousevista viranomaisasioista.

Tarvittaessa WENRA on nimennyt työryhmiä valmistelemaan laaja-alaisia hankkeita:

- WENRA Team for Reviewing Nuclear Safety in EU Candidate Countries
- Reactor Harmonization Working Group (RHWG)

- Working Group on Waste and Decommissioning (WGWD).

Helmikuussa 2006 WENRA järjesti Brysselissä ensimmäisen seminaarin, joka oli avoin sidosryhmille. Tilaisuus sai ansaitsemansa huomion ja siihen osallistui sidosryhmiä kaikkialta Euroopasta.

Kymmenvuotisen historiansa aikana WENRA on hankkinut arvostetun aseman ydinergian turvallisuuden taustavaikuttajana. Enenevässä määrin WENRAn tuloksia on käytetty hyväksi mm. Euroopan Neuvoston alaisen WPNS -työryhmän (Working Party on Nuclear Safety) tekemisissä selvityksissä.

## Uusien hakijamaiden ydinvoimalaitosten turvallisuuden arviointi vuosituhannen vaihteessa

Ensimmäinen suuri tavoite, jonka WENRA asetti itselleen, oli uusien hakijamaiden ydinvoimalaitosten turvallisuuden riippu-

maton arviointi. Euroopan Unionin taholta ydinlaitosten turvallisuus hakijamaissa oli noussut merkittäväksi asiaksi laajenemisprosessissa.

WENRA katsoi velvollisuudekseen tarjota teknistä tietämystään kansallisten hallitusten ja Euroopan Unionin instituutioiden käyttöön ja päätti ilmaista yhteisen näkemyksensä Bulgarian, Liettuan, Romanian, Slovakian, Slovenian, Tshekin ja Unkarin ydinturvallisuudesta.

Hakijamaiden ydinreaktorit edustivat tuolloin laajaa kirjoa, lähtien Liettuan RBMK-reaktoreista, Romanian CANDU-reaktoreista ja Slovenian Westinghouse-tyyppisestä painevesireaktorista sekä päätyen suureen joukkoon venäläisvalmisteisia VVER-painevesireaktoreita. Ensimmäinen arvio kyseisten maiden viranomaistoiminnan ja ydinlaitosten tilasta valmistui jo maaliskuussa 1999 ja sitä syvennettiin myöhemmin lisäselvityksin.



Lopullinen kannanotto julkaistiin loka-kuussa 2000. Ydinturvallisuusviranomais-ten lisäksi työhön osallistuivat Ranskan ja Saksan viranomaisten tekniset tukio-rgani-  
saatiot. Työryhmän tuloksia käytettiin sit-temmin hyväksi EU:n teettämässä selvi-tyksissä, kuten WPNS:n (Working Party on Nuclear Safety) työssä.

## Ydinvoimalaitosten turvallisuuden harmonisointi

Toisena haasteellisenä tehtävänä WEN-RA käynnisti maaliskuussa 2000 hankkeen Euroopan yhteisten turvallisuusvaatimus-ten laatimiseksi. Työtä varten nimettiin työ-ryhmä RHWG (Reactor Harmonisation Wor-king Group) ja tehtävä käynnistettiin pilot-tihankkeena, jonka tarkoituksena oli osoit-taa, että käytetty suoritustapa soveltuu käytettäväksi ydinturvallisuuden harmoni-sointiin. Työhön osallistui 9 maata ja se kat-toi 6 ydinturvallisuuden avainalueita. Pi-lottiprojektia on aiemmin kuvattu myös ATS Ydintekniikan sivuilla (Hannu Ollikkala: Kohti yhtenäisiä ydinturvallisuusvaatimuk-sia Euroopassa: WENRA:n harmonisointi-hanke, ATS Ydintekniikka (32) 2/2003).

Pilottihanke osoittautui toimivaksi ja lo-pullista työtä varten perustettiin työryhmä, jossa oli edustajat kaikista 17 maasta. Vuo-sina 2003 - 2005 RHWG kehitti referenssi-vaatimukset 18 alueelle, suoritti referenssi-vaatimusten itsearviointin, kävi läpi kunkin maan laatiman itsearviointiraportin ja arvi-oi kunkin maan tilannetta maakohtaisi-sa paneelikeskusteluissa (benchmarking). Kukin maa on laatinut kansallisen toimin-taohjelman, jonka avulla he pyrkivät saat-tamaan säännöstönsä ja ydinlaitoksensa referenssi-vaatimusten mukaiselle tasolle vuoden 2010 loppuun mennessä.

Ydinturvallisuuden referenssi-vaatimuk-sia on sittemmin muutettu kahteen ottee-seen. Alkuperäistä vaatimussettiä "Janua-ry 2006" muutettiin aluksi lähinnä sidos-ryhmiltä saatujen kommenttien pohjalta ja uusi setti julkaistiin versiona "January 2007". RHWG jatkoi edelleen referenssi-vaatimus-ten kehittämistä ennen kaikkea IAEA:n toi-mesta julkaistun vaatimusdokumentin GS-R-3 "Management systems" johdos-ta, mutta myös sidosryhmiltä tulleiden li-säkommenttien perusteella. Viimeisin re-ferenssi-vaatimusten versio "January 2008"

ydinturvallisuuden puolella on julkaistu WENRAn web-sivuilla ([www.wenra.org](http://www.wenra.org)). Referenssi-vaatimusten avainalueet on esi-tetty alla olevassa taulukossa 1.

## Ydinjätteiden ja käytetyn polttoaineen varastointia ja ydinlaitosten käytöstä poistoa koskevien vaatimusten harmonisointi

WGWD-harmonisointiryhmä (Working Group on Waste and Decommissioning) on pääpiirteissään käyttänyt samaa suori-tustapaa kuin ydinturvallisuusasioiden har-monisointiryhmä. Tähän mennessä refe-renssi-vaatimukset, jotka löytyvät WENRAn websivuilta ([www.wenra.org](http://www.wenra.org)) on laadittu käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivis-ten jätteiden varastoinnille sekä ydinlaitos-ten käytöstäpoistolle. Kansallinen itsearvi-ointi ja WENRA-maiden välinen benchmar-king on suoritettu näihin referenssi-vaati-muksiin nähden ja saatujen kokemusten pohjalta referenssi-vaatimukseen on odo-tettavissa vielä lieviä muutoksia. Tulevana haasteena WGWD:llä on suorittaa käyte-tyyn ydinpolttoaineen ja ydinjätteiden va-

### Taulukko 1: Ydinturvallisuuden avainalueet

A:	Turvallisuuspolitiikka
B:	Käyttöorganisaatio
C:	Johtamisjärjestelmä
D:	Koulutus
E:	Käytössä olevien reaktoreiden suunnitteluperusteet
F:	Käytössä olevien reaktoreiden suunnitteluperusteet beyond design basis accident -tapahtumissa
G:	Rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden turvallisuusluokitus
H:	Turvallisuustekniset käyttöehdot
I:	Ikääntymisen hallinta
J:	Käyttötapahtumien ja -kokemusten tutkintajärjestelmä
K:	Kunnossapito, määräaikaistarkastukset ja toiminnalliset kokeet
LM:	Valmiusohjeet ja ohjeet vakavien onnettomuuksien hallintaa varten
N:	Turvallisuusselosteen sisältö ja ajan tasalla pito
O:	Todennäköisyysperusteinen turvallisuusanalyysi (PSA)
P:	Määräaikainen turvallisuusarviointi (PSR)
Q:	Laitosmuutokset
R:	Valmiustoiminta ydinlaitoksella
S:	Suojelu sisäisiä tulipaloja vastaan



rastoinnin toteutusta koskeva itsearviointi ja benchmarking.

Ydinlaitosten käytöstä poistamiselle on esitetty omat referenssivaatimuksensa.

## “WENRA Policy Statement”

Joulukuussa 2005 Tukholmassa kaikkien 17 maan viranomaispäälliköt allekirjoitivat julkilausuman, missä he sitoutuivat ydinturvallisuuden jatkuvaan parantamiseen omissa maissaan. Julkilausuman mukaisesti ydinturvallisuus ja säteilysuojelu perustuvat periaatteeseen, jossa luvanhaltijalla on kokonaisvastuu turvallisuudesta. Viranomaisen tehtävänä on varmistaa, että luvanhaltijan vastuu toteutuu täysin kansallisten vaatimusten mukaisesti.

Julkilausumassaan viranomaispäälliköt määrittelivät yhteistyönsä tavoitteet:

- rakentaa ja ylläpitää ydinturvallisuusviranomaisten päälliköiden verkostoa Euroopassa
- edistää kokemusten vaihtoa ja parhaiden käytäntöjen oppimista toisiltaan
- kehittää harmonisoitu lähestymistapa valittuihin ydin- ja säteilyturvallisuusasioihin, erityisesti Euroopan Unionin alueella
- varustaa Euroopan Unionin instituutiot riippumattomalla arvioinnilla ydinturvallisuuden ja viranomaisvalvonnan tilasta hakijamaissa (kyseiset hakijamaat ovat tätä nykyä EU:n jäsenmaita).

Allekirjoittamassaan julkilausumassa he määrittelivät myös keinot, joita tarvitaan kehittämään tätä harmonisoitua lähestymistapaa:

- kokemuseräisen palautteen ja tulevaisuutta koskevien näkymien keskinäinen jakaminen
- henkilövaihto, joka luo edellytykset toistensa työmenetelmien syvälliseen tuntemiseen
- yhteisten referenssivaatimusten kehittäminen reaktoriturvallisuudelle, käytöstä poiston turvallisuudelle sekä, radioaktiivisten jätteiden ja käytetyn polttoaineen käsittelylle, jotta voidaan vertailla kunkin maan kansallisia käytäntöjä.

Edelleen WENRA -maiden viranomaisten päälliköt sitoutuvat:

- muokkaamaan vuoteen 2010 mennessä omat säännöstönsä ja niiden täytäntöönpanon vähintään referenssivaatimusten mukaiselle tasolle
- vaikuttamaan IAEA -standardeihin silloin kun se on tarkoituksenmukaista
- jatkuvasti kehittämään referenssivaatimuksia, kun uutta tietoa tai kokemusta on saatavilla.

Erityisenä tavoitteena on työn avoimuus ja kehittäminen ja tässä tarkoituksessa

- informoida Euroopan Unionin instituutioita ja Euroopan ydinturvallisuus- ja säteilysuojeluorganisaatioita, jotka eivät kuulu WENRAan
- tehdä WENRA -raportit saataville internetin välityksellä ([www.wenra.org](http://www.wenra.org))
- pyytää sidosryhmiä kommentoimaan ja tekemään ehdotuksia raporteista ja ehdotetuista referenssivaatimuksista.

## Tulevaisuuden haasteet

Kartoittaakseen tilannetta RHWG suoritti kaikkia 17 WENRA-maata koskevan kyselyn, jossa pyydettiin vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- suunnitelmat uusien reaktoreiden rakentamiseksi tai jäädytettyjen hankkeiden uudelleen käynnistämiseksi
- uusille reaktoreille asetetut vaatimukset
- suunnitelmat uudistaa nykyistä vaatimusrakennetta tai esittää uusia vaatimuksia ydinlaitosten sijoituksen, rakentamisen ja käyttöönoton suhteen
- suunnitelmat pidentää olemassa olevien reaktoreiden käyttöikää?

Tuloksena oli, että 17 maan joukosta 11 maassa käydään keskustelua uuden ydinvoimalaitoksen rakentamisesta ja näistä 4 maata on jo käynnistänyt lupaprosessin. Tästä johtuen RHWG katsoo, että nyt on oikea aika luoda yhteinen näkemys myös uusien reaktoreiden turvallisuudesta.

Kyselynsä perusteella RHWG valmisti ehdotuksensa uusia reaktoreita koskevas-

ta hankkeesta. Ehdotuksessaan RHWG päätyi seuraaviin johtopäätelmiin:

- Uudet reaktorit määritellään kolmeen ryhmään 1) reaktorit, joiden rakentaminen on keskeytetty aikanaan ja joiden rakentamista on tarkoitus jatkaa, 2) reaktorit, joille viranomainen on jo myöntänyt rakentamistms. luvan ja 3) reaktorit, joille ei tässä vaiheessa ole mitään viranomaishyväksyntöjä.

- Voimassa olevat referenssivaatimukset koskevat käyviä laitoksia ja uusia laitoksia koskien ei ole tarkoitus käyttää referenssivaatimus -nimikettä.

“Harmonisointi” on tarkoitus käynnistää esiselvityksellä, jossa selvitetään mitä muilla rintamilla, kuten IAEA (International Atomic Energy Agency), EUR (European Utility Requirements), MDEP (The Multinational Design Evaluation Programme) ja CNRA (Committee on Nuclear Regulatory Activities - Working Group on Regulation of New Reactors), on jo tehty. Tavoitteena on tunnistaa turvallisuustavoitteet, -periaatteet ja valittuja erityisvaatimuksia uusille reaktoreille.

Erityisenä seurannan kohteena tulee olemaan IAEAn valmisteilla oleva uusi turvallisuusvaatimusstandardi NS-R-1 (Safety Requirements - Design). RHWGn tavoitteena on proaktiivinen vaikuttaminen sen sisältöön nykyisen reaktiivisen lähestymistavan (IAEAn valmiiden vaatimusten hyödyntäminen) sijaan.

Maaliskuun 2008 kokouksessaan WENRA hyväksyi, että RHWG voi jatkaa toimintaansa suunnitelmansa pohjalta ja vuoden päästä pidettävässä WENRA -kokouksessa katsotaan, kannattako tehtävää jatkaa tai mihin suuntaan sitä pitäisi muuttaa.

Dipl.ins. Pentti Koutaniemi  
Säteilyturvakeskus/  
Ydinvoimalaitosten valvonta  
Apulaisjohtaja  
[pentti.koutaniemi@stuk.fi](mailto:pentti.koutaniemi@stuk.fi)



# Fortum welcomes WANO Governing Board



Members of WANO Governing Board visiting Loviisa nuclear power plant in April.

Fortum hosted the top executives of the World Association of Nuclear Operators (WANO) at their recent Governing Board meeting in Helsinki. Following the meeting in April, members of WANO's governing board also toured Fortum's Loviisa nuclear power plant and TVO's Olkiluoto nuclear power plant. Like every operator of nuclear power plants around the world, Fortum and TVO are members of WANO.

The result of worldwide cooperation, WANO was formed in 1989 to pursue the highest levels of safety and reliability among members who today generate electricity at more than 440 nuclear power plants around the globe. In accordance with WANO's charter, member companies are responsible not only for the safe and efficient running of their own nuclear power plants, but also have a collective responsibility to help every other member pursue best practices in the safe and reliable operation of their nuclear power plants. This international cooperation is organised through WANO as a practical method of sharing expertise and experience to achieve continuing success.

WANO activities provide the avenue for continued international cooperation through a range of activities: organising periodic reviews of every nuclear power plant in which peers from other members observe plant activities and recommend actions to improve efficiency; organising support activities in which peers from other members assist members in addressing technical and organisational issues to support continuous performance improvement; collating, analysing and distributing members' operating experience reports; and organising regional and global events to present recent experiences and new ideas related to the operation and management of nuclear power plants.

WANO organises these activities through regional centres in Moscow, Atlanta, Paris and Tokyo, with coordination of the four centres' activities handled by staff at its London office. Each WANO member affiliates with a regional centre to provide support for the member. Fortum is affiliated with the

WANO Moscow Centre based on similarity of the Loviisa plant design to other plants affiliated with that regional centre. TVO is affiliated with the Paris Centre, in part because the Olkiluoto plant design is similar to other plants affiliated with the Paris Centre.

Each regional centre has a regional governing board that represents the members in the region and approves the business plan and budget for the regional centre. The WANO Governing Board is made up of governors from each of the regional governing boards, joining together to address the worldwide goals and objectives of WANO. Members of the governing boards are senior executives of WANO member companies.

Details of WANO's role and activities can be found at [www.wano.info](http://www.wano.info).

Gary Welsh  
Bachelor of Civil Engineering,  
Georgia Institute of Technology, USA  
Deputy Director and WANO Secretary  
WANO Coordinating Centre (London)  
World Association of Nuclear Operators



Innokkaasti kalastavat puolalaiset saavat lupakirjat kätevästi postitoimipisteen kautta, K-Market Isojuhan yrittäjä Sami Hertellilä.

# Olkiluoto 3 -rakennustyömaan vaikutus näkyy Eurajoella

*Työmaan runsaat 2500 työntekijää ovat muuttaneet Eurajoen kansainväliseksi kulttuurien kohtaamispaikaksi. Projektin vaikutukset näkyvät selvästi koko Rauman seudun talouskasvussa.*

**K**auppalehti listaa vuosittain maakunnan 50 parhaiten menestyvää yritystä liikevaihdon kasvun, kannattavuuden, sijoitetun pääoman tuoton, vakavaraisuuden ja maksuvalmiuden perusteella. Joulukuussa 2007 julkaistulla listalla 21 Satakunnan 50 parhaasta yrityksestä oli Rauman seudulta. Kauppalehti uutisoi, että kaikilla toimialoilla menään Satakunnassa muuta Suomea selvästi ripeämmin. Olkiluoto 3-projektin ohella merkittävä vaikutus positiiviselle kehitykselle on myös telakan hyvä työtilanne. Suurhankkeet ovat yhdessä tuoneet alueelle paljon projektityöntekijöitä eri puo-

lilta Suomea ja ulkomailta, mikä on lisännyt monipuolisesti palvelujen kysyntää ja vauhdittanut muun muassa uusien yritysten perustamista. Uusia yrityksiä perustettiin seudulle ennätysmäärä vuonna 2007.

## Ostovoimassa selvää kasvua

Ostovoima seudulla on lisääntynyt väliaikaisen työvoiman vaikutuksen lisäksi myös siksi, että työttömyys seudulla on laskenut kolmen viime vuoden, eli Olkiluoto 3-projektin aikana, ennätysmäisen alas. Olkiluodon kotikunnassa Eurajoella työttömiä oli maaliskuun 2008 lopussa 5,7 %, kun heitä vielä vuoden 2004 lopussa oli 14,4 %. Naa-

purikaupungissa Raumalla vastaavat luvut olivat 8,1 % (03/08) ja 15,9 % (12/04).

## Satoja väliaikaisia majoituspaikkoja

Projektityövoiman majoittaminen on saanut liikkeelle monia yrittäjiä. Eurajoelle on noussut useita väliaikaisia parakkikyliä ja monet sijoitusasunnot on kalustettu ja vuokrattu projektissa toimiville yrityksille. Hotellien käyttöaste on noussut selvästi yli maan keskiarvon ja houkutellettu uusia hotelli- ja majataloyrittäjiä alalle. Puolalaisen Polbau-nimisen yrityksen ratkaisu oli tuoda omat parakit Puolasta. Paikallinen



*Selen Kebabissa työskentelevä Murat Yalcin paistaa maistuvat pizzat niin eurajokelaisille kuin ulkomaalaisillekin.*

yrittäjä vuokrasi kunnan teollisuusalueelta osan majoituskylää varten vuokraamaan alueesta yritykselle ja 350 rakennustyömiehen kylä nousi nopeasti lähelle Eurajoen keskustaa.

Polbaulla on kylässä myös 3 puolalaista kokkia, jotka huolehtivat miesten kotoisesta ruokahuollosta.

### Suolakurkkua ja metwurstia

Osittain miehet ostavat kuitenkin omat evänsä ja paikallisissa ruokakaupoissa onkin jo totuttu näkemään illansuussa monia mustaviiksisiä vieraskielisiä miehiä ostoksillaan. Varsinkin joka toinen sunnun-

tai-iltapäivä Eurajoen kirkossa järjestettävän katolisen messun jälkeen monet kävelvät kämpille kaupan kautta.

K-Market Isojuhan yrittäjä **Sami Hertell** kertoo sopeuttaneensa kauppansa tuotevalikoimaa muuttuneeseen kysyntään. "Suolakurkut tekevät kauppansa," Sami hymyilee vastasaapuneen trukkilavallisen vieressä. Hän on myös huomannut, että suomalainen tapa merkitä tuotteiden hinnat hyllyn reunaan aiheuttaa vaikeuksia ulkomaalaisille. Siksi hän on palannut joidenkin tuotteiden kohdalla perinteiseen hintalappuun. Näin metwurstipaketin hinta on helppo löytää.



*K-Market Isojuhan yrittäjä Sami Hertell on helpottanut hintojen yhdistämistä tuotteeseen.*

Eurajoen keskustassa toimiva Selen Kebab on myös tyytyväinen Olkiluoto 3:n tuomaan lisäkysyntään. Ystävällinen henkilökunta sekä herkulliset pizzat ja kebabit ovat saaneet peruseurajokelaisten asiakkaidenkin suosion, mutta pienen ravintolan pöydissä kuulee usein myös ranskaa, saksaa ja keskivertosuomalaiselle vieraampiakin kieliä.

### Olkiluoto lisää kysyntää

"Olkiluodon ja telakan aiheuttama yleinen positiivinen vaikutus näkyy kaikkialla. Yritykset ovat saaneet urakoita suoraankin, mutta myös täällä asuvat tuhannet projektityöntekijät lisäävät mm. palvelujen kysyntää," kertoo **Hanna Tuominen** Rauman Seudun Kehitys Oy:stä. "Toivomme, että neljäskin ydinvoimalaitosyksikkö rakennetaan heti perään, jolloin hanketta jatkuu vielä pitkäksi aikaa. TVO:han on jo jättänyt Olkiluodon neljättä yksikköä koskevan periaatepäätösanomuksen ja hankkeella on vahva tuki Satakunnassa. Olkiluodossa on rakennettu paljon laitoksen rakentamista tukevaa infrastruktuuria, joka helpottaa ja nopeuttaa hankkeen käynnistymistä ja laskee laitoksen rakentamiskustannuksia," arvioi Tuominen.

### Rauman Seudun Kehitys Oy vauhdittaa positiivista muutosta

Rauman Seudun Kehitys Oy (RSK) on Rauman seudun seitsemän kunnan omistama elinkeinoyhtiö, joka toteuttaa omistajakuntien yhteistä elinkeinopolitiikkaa. Se tarjoaa neuvontaa uuden yrityksen perustajalle, avustaa toimivia yrityksiä kehittämishankkeissaan sekä neuvoo yritysten sukupolven- tai omistajanvaihdostilanteissa. Myös matkailijoiden neuvontapalvelut ja seudun markkinointi kuuluvat RSK:n toimikenttään. RSK avustaa myös seudulle sijoittumisesta kiinnostuneita yrityksiä löytämään toiminnalleen soveltuvan yritystontin tai liiketilan ja avustaa myös löytämään oikeat kontaktit ja luomaan toimivan yhteistyöverkoston. Yritysten sijoittumisen tueksi on juuri avattu uudistettu nettipalvelu [www.rsk.fi](http://www.rsk.fi) - vapaat toimitilat. ■

# Ajankohtaista Euratomin rahoittamista hankkeista

Suomalaiset toimijat osallistuvat aktiivisesti EU:n rahoittamiin tutkimushankkeisiin ja verkostoihin. Ydinvoimatekniikkaan ja turvallisuuteen liittyvästä tutkimuksesta ja kehityksestä tehdään VTT:llä merkittävä osa Euratomin rahoittamissa yhteishankkeissa. Käynnissä on sekä kuudennen että seitsemännen puiteohjelman hankkeita, jotka eroavat rakenteensa ja rahoitusmallien puolesta toisistaan jonkin verran.

Suurimmat kuudennen puiteohjelman hankkeet ovat kesällä päättyvä laaja reaktorimateriaalien pitkäaikaiskäytön mallinnukseen tähtäävä hanke PERFECT, jonka tuloksista raportoidaan kesäkuun päätösseminaarin jälkeen. Toisena on asiantuntijaverkosto NULIFE, jonka rakenteesta ja tavoitteesta kerrotaan tässä artikkelissa. Kolmas hanke on neljännen sukupolven ylikriittisen kevytvesikonseptin hanke HPLWR (High Performance Light Water Reactor Phase 2) ja neljäntenä VTT:n koordinoima hyvin fokuoitu hanke ANTIOXI. Viidentenä on ydinjätetutkimukseen liittyvä FUNMIG-projekti. Kaikissa suomalaisena edustajana toimii VTT, NULIFE- ja ANTIOXI-hankkeissa myös koordinaattorina. Tässä kuvattavien tutkimus- ja verkostohankkeiden lisäksi on syksyllä 2007 käynnistynyt Sustainable Nuclear Energy Technology Platform-hanke (SNE-TP), jonka tavoitteena on tukea Euroopan Unionia ydinenergian pitkän ajan strategisen tutkimussuunnitelman luomisessa. Yhteensä Euratomin rahoittamia hankkeita, joihin VTT osallistuu, on 15 (poislukien Tacis- ja Phare-ohjelmien hankkeet).

## NULIFE – 60+ vuoden tavoite

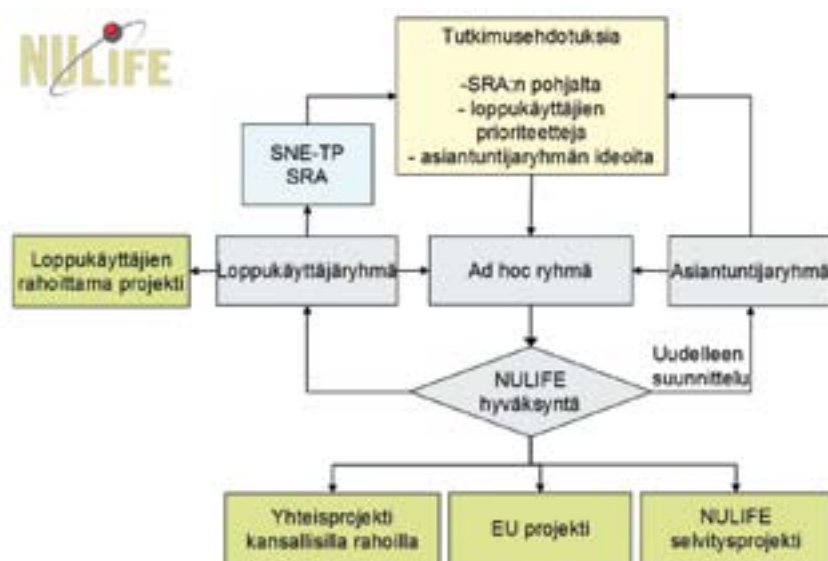
NULIFE on huippuosaamisen verkosto, joka keskittyy ydinvoimalaitosten eliniän hallintaan. Tutkimuksen pääasiallisena kohteena ovat käynnissä olevat laitokset, joiden eliniän oletetaan monissa tapauksissa olevan jopa kaksinkertainen alkuperäiseen suunnitteluelinikään verrattuna. Tuloksis-

ta toivotaan olevan hyötyä käynnistymässä ja suunnitteilla oleville laitoksillekin. "Towards 60+ years safe and economic operation" on NULIFE:n loppukäyttäjryhmän muotoilema tavoite strategiselle suunnittelulle.

NULIFE-akronyymi tulee nimestä "Network of excellence – Nuclear plant life prediction" ja hanke käynnistyi EU:n rahoittamana kuudennen puiteohjelman hankkeena 2006 ja päättyi 2011, jonka jälkeen verkoston toivotaan jatkavan toimintaansa ilman EU:n rahoitusta. Rauno Rintamaa, joka nykyisin toimii VTT:llä asiakasjohtajana,

ideoi yhdessä eurooppalaisten toimijoiden kanssa rakenteiden ja materiaalien eliniän hallintaan liittyvää hanketta jo paljon ennen vuotta 2006 ja, kun NULIFE sitten käynnistyi, VTT sai kunnian olla hankkeen koordinaattorina.

Verkostoon kuuluu kaikkiaan yli 40 erilaisin sopimuksin sitoutunutta organisaatiota. Tällä hetkellä pääorganisaatioita on 11, avustavia 26 ja yhteistyökumppaneita 5. Pääorganisaatioita ovat suuret loppukäyttäjät EdF, E-ON, British Energy ja Vattenfall (Forsmark), laitetoimittaja Areva ja tutkimuslaitokset SCK•CEN Belgiasta, NRI



Alustava malli NULIFE -tutkimusehdotusten käsittelylle ja mahdollisille projektimuodoille. Vuosittain ehdotetut tutkimusaiheet käsitellään ja niitä kehitetään ryhmässä, jossa on mukana loppukäyttäjien ja asiantuntijoiden edustajia. NULIFE hyväksynnän jälkeen projektiehdotukset voivat edetä kuvan osoittamalla tavalla erityyppisiksi hanke-ehdotuksiksi tai ryhmän rahoittamiksi hankkeiksi.

Tsekeistä, CEA Ranskasta, SERCO Englannista sekä EC:n tutkimuslaitos JRC Hollannista. Suomalainen Fortum on mukana yhteistyökumppanina. Viranomaiset eivät ole verkoston jäseniä ja keskustelu heidän kanssaan on aloitettu kansallisella tasolla kunkin osallistujan toimesta. Aiemmat eliniän hallinnan "Plant Life Integrity Management" eli PLIM-aihealueen eurooppalaiset verkostot pyritään integroimaan NULIFE-sateenvarjon alle, samoin kuin esim. yhteistyö Venäjän ja Ukrainan kanssa.

## Huippuosaamisverkoston tuotteet ja rakenne

Viime kädessä NULIFE tähtää eliniän hallinnan menettelyjen harmonisointiin ja parhaisiin käytäntöihin. Parhaisiin käytäntöihin voidaan päästä yhdistämällä olemassa olevaa tietoa tai käynnistämällä tutkimushankkeita uuden tiedon tuottamiseksi. NULIFE on mukana EC:n käynnistämän Sustainable Nuclear Energy Technology Platform:in (SNE-TP) Strategic Research Agenda:n (SRA) luomisessa PLIM-aihealueen osalta. Strategisen tutkimussuunnitelman tekeminen on aloitettu NULIFE:n loppukäyttäjärhymässä, joka kartoittaa tulevaisuuden tutkimustarpeita vuoteen 2012, 2020 ja 2040 mennessä. Tulokset tulevat ohjaamaan myös NULIFE:n toimintaa sekä lyhyellä että pitkällä tähtäimellä. NULIFE:n osallistuvat organisaatiot ehdottavat vuosittain tutkimusaiheita, joiden käynnistämismahdollisuudet kartoitetaan yhdessä.

NULIFE koostuu neljästä asiantuntijaryhmästä: Materiaalit, Eheys, Elinikä ja Turvallisuus. Infra-ryhmä vastaa laitteista, työkaluista ja kommunikaatiosta, ja asiantuntijaryhmät muodostavat NULIFE:n resurssit. Asiakasnäkökulmaa edustaa Loppukäyttäjärhyhmä, johon kuuluvat verkoston kaikki teollisuuden edustajat. Koordinoinnista vastaa johtoryhmä ja ylin päättävä elin on johtokunta. NULIFE:ssa on lähdetty heti ensimmäisenä vuonna tekemään myös liiketoimintasuunnitelmaa, joka tulee määrittämään lopullisen muodon mahdolliselle NULIFE-instituutille. EU-rahoitus kattaa suurimman osan verkoston kustannuksista, 5,5 miljoonaa euroa 8 M€:n kokonais-

budjetista; lopusta vastaavat NULIFE:n osallistuvat organisaatiot omalla panoksellaan.

Keskustelua eliniän hallinnan pitkän tähtäimen tutkimustarpeista käydään aktiivisesti loppukäyttäjä- ja johtoryhmissä. Ikääntymisen hallintaan tähtäävät tekijät: estäminen ja vähentäminen, ikääntymisilmiöiden ymmärtäminen, ikääntymiseen vaikuttavat mekanismit ja turvalliset raja-arvot sekä materiaalien pitkäaikaisominaisuudet, puhuttavat kokouksissa.

## HPLWR Phase 2 - kohti korkean hyötysuhteen fissiovoimaa

Neljännän sukupolven ydinvoimalaitosten suunnittelu tähtää parannetun turvallisuuden lisäksi myös polttoaineen tehokkaampaan hyödyntämiseen. Yksi mahdollinen tulevaisuuden fissiovoimala on superkriittinen vesijähdytteinen reaktori. EU:n kuudennen puiteohjelman projektin HPLWR (High Performance Light Water Reactor) Phase 2 tarkoitus on selvittää keskeiset kriittiset tieteelliset ydinkohdat ja superkriittisen konseptin toteutettavuus.

Projektissa on kymmenen varsinaista jäsenorganisaatiota ja muutamia ulkopuolisia omalla kustannuksellaan projektia tukuvia "vierasjäseniä". Projektin koko budjetti on noin 4,6 miljoonaa euroa, josta VTT:n osuus on 0,9 miljoonaa euroa. Projekti koostuu seitsemästä osakokonaisuudesta ja sitä koordinoi FZK (Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, <http://www.fzk.de>). Projektin tulokset annetaan Euratomin kontribuutiona myös GEN IV International Forumille.

VTT osallistuu kolmeen osakokonaisuuteen – WP1 "Design & Integration", WP3 "Safety" ja WP4 "Materials", jota VTT vetää. VTT:n osuutena on mm. mallintaa laitoksen käyttäytyminen reaktiivisuushäiriöissä. Mallinnusta tehdään kahdella eri ohjelmistolla (TRAB-SMABRE ja APROS). Menossa on mallien toimivuuden testaus ylikriittisen paineen olosuhteissa HPLWR-laitoksen tämänhetkisin suunnittelupiirtein. Mallinnus on haasteellista, koska HPLWR-konseptissa jäähdytysvesi kiertää sydämen kautta kolmeen kertaan ennen ulosottoa. Sydän-

olosuhteisiin liittyen VTT:llä on laskettu lisäksi reaktorisydämen reaktorifysikaaliset vaikutusalat. Projektin koordinaattori FZK käyttää myös APROS-ohjelmistoa laitoksen pääkiertopiiriin termohydraulisten prosessien optimointiin.

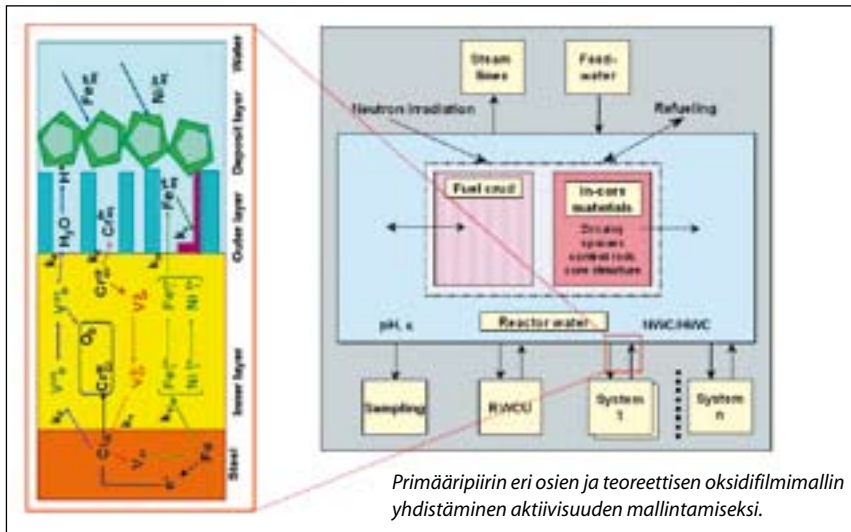
Materiaalit-osakokonaisuudessa VTT:llä on koordinoitavastuun lisäksi tehtävänä tutkia rakennemateriaalien soveltuvuutta superkriittisen reaktorin olosuhteisiin. Superkriittisiä fossiilisia voimalaitoksia on ollut käytössä jo vuosia. Niissäkin on ollut haasteita materiaalinvalinnassa korroosion johtuen, mutta HPLWR:n tapauksessa haasteet ovat suurempia: fossiilissa laitoissa seinämänvahuudet ovat tyypillisesti viidestä millimetristä ylöspäin, mutta HPLWR:ssä nykyisessä evoluutiovaiheessa seinämänvahuudet alkavat 0,2 millimetristä.

## ANTIOXI – aktiivisuuden kerääntymisen malli

ANTIOXI-projekti toteutetaan vuosina 2006-2008 VTT:n koordinoimana Bulgarian Hydrogen Societyn (BG H<sub>2</sub> Society) ja ruotsalaisen ALARA Engineeringin kanssa.

Ydinvoimalaitosten komponentit altistuvat korroosiolle, jonka seurauksena pieni määrä korroosiotuotepartikkeleja ja liuenneita metalli-ioneja kulkeutuu jäähdytysveden mukana reaktorin sydämeen. Osa korroosiotuotteista aktivoituu säteilyn johdosta. Aktivoituneet korroosiotuotteet jatkaessaan kulkuaan jäähdytysveden mukana ja saostuessaan primääripiiriin pinoille aiheuttavat aktiivisuuden kerääntymistä myös reaktorisydämen ulkopuolelle. Aktiivisuuden kerääntyminen materiaalinpinoille ydinvoimaloiden primääripiireissä on ongelma laitosten huollossa ja käytöstäpoistossa, koska henkilöstön saama säteilyannos kasvaa. Aktiivisuuden kerääntyminen pinoille ja niillä oleviin oksideihin saattaa johtaa myös pahimmassa tapauksessa varsinaisen rakennemateriaalin altistumiselle jännityskorroosiolle.

ANTIOXI-projektin tavoitteena on luoda lisää ymmärrystä siihen, millä mekanismeilla primääripiiriin aktiiviset osasläjit pinoille tarttuvat ja mikä on aktiivisuuden kerään-



tymisen suhde käytettyihin materiaaleihin ja vesikemioihin. Perimmäisenä tavoitteena on luoda malli, jota voidaan käyttää enustamaan eri aktiivisten isotooppien kerääntymistä primääripiirin pinnoille eri laistostyyppillä.

Aktiivisuuden kerääntymiseen liittyvät tekijät voidaan esittää ylläolevan kuvan mukaisella kaaviolla. Tutkittavaksi valitaan jokin primääripiirin osa, jossa vallitsevat paikalliset olosuhteet tiedetään. Varsinaisen materiaalin ja ympäristön välinen vuorovaikutus voidaan kuvata kaksi- tai kolmikerrosoksidimallilla. Tässä mallissa sisin, metallin päälle ensimmäiseksi muodostuva kerros (inner layer) on korroosion kannalta suojaavin. Tämä kerros on myös aktiivisten osalajien konsentroimisen kannalta tärkeä. Seuraava eli ulompi kerros (outer layer) muodostuu sisemmän kerroksen liuutessa ja uudelleen saostuessa. Tämä kerros on huomattavasti sisempää kerrosta huokoisempi eikä pysty täysin eristämään sisempää kerrosta vesikerroksesta. Vaikka ulomman kerroksen suojaavuudella ei sinänsä ole korroosion kannalta suurta merkitystä, on sen rooli kuitenkin aktiivisuuden kerääntymisessä tärkeä. Ulomman kerroksen koostumus ja rakenne määräävät kuinka paljon ja mitä partikkeleita primäärijäähdytteestä voi oksidin pintaan tarttua muodostaen ns. saostumakerroksen (deposited layer).

Kattavan laitoksiin sovellettavan aktiivisuuden kerääntymismallin luomiseksi oksidifilmimallista saatavat parametrit yhdistetään olemassa oleviin, melko yksinkertaistettuihin aktiivisuuden laskentakoodei-

hin. Ongelmana näissä koodissa on tähän asti ollut, etteivät ne erottele esim. eri alkuaineiden diffuusionopeuksia oksideissa toisistaan, mikä on merkittävä tekijä. AN-TIOXI-projektissa oksidifilmimallinnuksesta saatavat parametrit yhdistetään laskentakoodeihin siten, että kuvassa esitetyn kunkin primääripiirin osan taipumus hapettua ja kerätä aktiivisuutta itseensä voidaan enustaa ja mekanismeja kuvata lähtien aina perusaineesta eli rakennemateriaalista ja ottaen huomioon paikallisen ympäristön vaikutus. Lisätietoa löytyy sivuilta: [www.vtt.fi/proj/antioxi](http://www.vtt.fi/proj/antioxi).

## FUNMIG – radionuklidien kulkeutumisen perusprosessit

FUNMIG (Fundamental Processes of Radionuclide Migration) on tänä vuonna päättyvä EU:n 6. puiteohjelmaan kuuluva laaja nelivuotinen ydinjätteen loppusijoituksen tutkimusprojekti, joka keskittyy geosfäärikulkeutumiseen liittyviin prosesseihin. Edustetuina ovat käytännössä kaikki Euroopassa tutkittavat kivityypit: savi- ja suolamuodotumat sekä kiteinen kallio.

Projektiin osallistuu 51 organisaatiota 15 eri Euroopan maasta. Suomesta projektiin osallistuvat VTT, Posiva, HY/radiokemian laitos ja TKK/vuoriosasto. Lisäksi projektiin osallistuu edustajia 29 organisaatiosta "associated group"-statuksella, joiden osallistuminen tapahtuu kokonaan organisaatioiden omalla rahoituksella. "Associated group"-ryhmään kuuluu pääasiassa eri maiden viranomaisia, kuten STUK Suomesta. Projektin koordinaattorina toimii FZK-INE Saksasta ja teknisenä sihteerinä Envirospanjasta.

FUNMIG on jaettu seitsemään eri komponenttiin:

- "Well established processes" (RDTC1): Konseptuaalisesti hyvin määritellyt migraatioprosessit kuten sorptio. Tavoitteena on mm. datan määrän lisääminen.
- "Less established processes" (RDTC2): Esim. kolloidien pysyvyys ja kulkeutuminen ja biosorptio.
- "Clay-rich formations" (RDTC3): kulkeutuminen savimuodostelmissa.
- "Crystalline rock" (RDTC4): kulkeutuminen rakoilleessa kiteisessä kalliolla.
- "Salt rock" (RDTC5): kulkeutuminen suolamuodostelmissa.
- "Integration to PA" (RDTC6): Eri komponenttien tulosten kokoaminen ja liittäminen työkaluiksi, joita voidaan käyttää esim. loppusijoituksen turvallisuusanalyysissä.
- "Training, knowledge management and dissemination of knowledge" (Component 7).

Suomalaisten partnereiden osuus projektin EU-rahoituksesta on noin 560 k€, joka jakautuu useisiin eri työpaketteihin. Suomesta ollaan mukana pääasiassa komponenteissa RDTC1, RDTC4 ja RDTC6. Tutkimus keskittyy mm. sorptioon, geokemiaan sekä kulkeutumisen ja pidättymisprosesseihin.

Liisa Heikinheimo  
Teknologiapäällikkö  
VTT  
[liisa.heikinheimo@vtt.fi](mailto:liisa.heikinheimo@vtt.fi)

Timo Vanttola  
Teknologiapäällikkö  
VTT  
[timo.vanttola@vtt.fi](mailto:timo.vanttola@vtt.fi)

Irina Aho-Mantila  
Erikoistutkija  
VTT  
[irina.aho-mantila@vtt.fi](mailto:irina.aho-mantila@vtt.fi)

Aki Toivonen  
Erikoistutkija  
VTT  
[aki.toivonen@vtt.fi](mailto:aki.toivonen@vtt.fi)

Petri Kinnunen  
Erikoistutkija  
VTT  
[petri.kinnunen@vtt.fi](mailto:petri.kinnunen@vtt.fi)

Antti Poteri  
Erikoistutkija  
VTT  
[antti.poteri@vtt.fi](mailto:antti.poteri@vtt.fi)

# Fuusioplasmadiagnostiikka on suuri haaste – nyt ja tulevaisuudessa

*Fuusioreaktorin toiminta edellyttää luotettavia mittauksia fuusioplasman tilasta. Kuuman plasman mittaukset ovat aina vaativia ja seuraavien sukupolvien reaktoreissa säteilynkesto yhä keskeisempi haaste. Suomalaiset ovat mukana kehittämässä säteilynkestävää anturiteknikkaa.*

**K**eveiden ytimien yhtymiseen perustuvaa fuusiota kehitetään vaihtoehtoiseksi ydinenergiälähteeksi fission rinnalle. Fuusioenergian kehittäminen on kuitenkin osoittautunut alun perin odotettua haasteellisemmaksi. Fissio pääsi – suurin panostuksin – kaupalliseen käyttöön vuosikymmenessä parissa, mutta fuusiota on kehitetty pikkuhiljaa jo puolen vuosisataa.

Fuusion etuina ovat fissiotakin pienemmät turvallisuusriskit, polttoaineen saatauvuus ja jäteongelmien parempi hallitta-

vuus. Fuusioon tarvitaan yli 100 miljoonan asteen lämpötila, jolloin materia on täysin ionisoitunutta plasmaa. Tämä voidaan saavuttaa joko lähes vakaalla magneettisella koossapidolla tai lyhytkestoisella inertiaalikoossapidolla.

## Diagnostiikan tehtävä

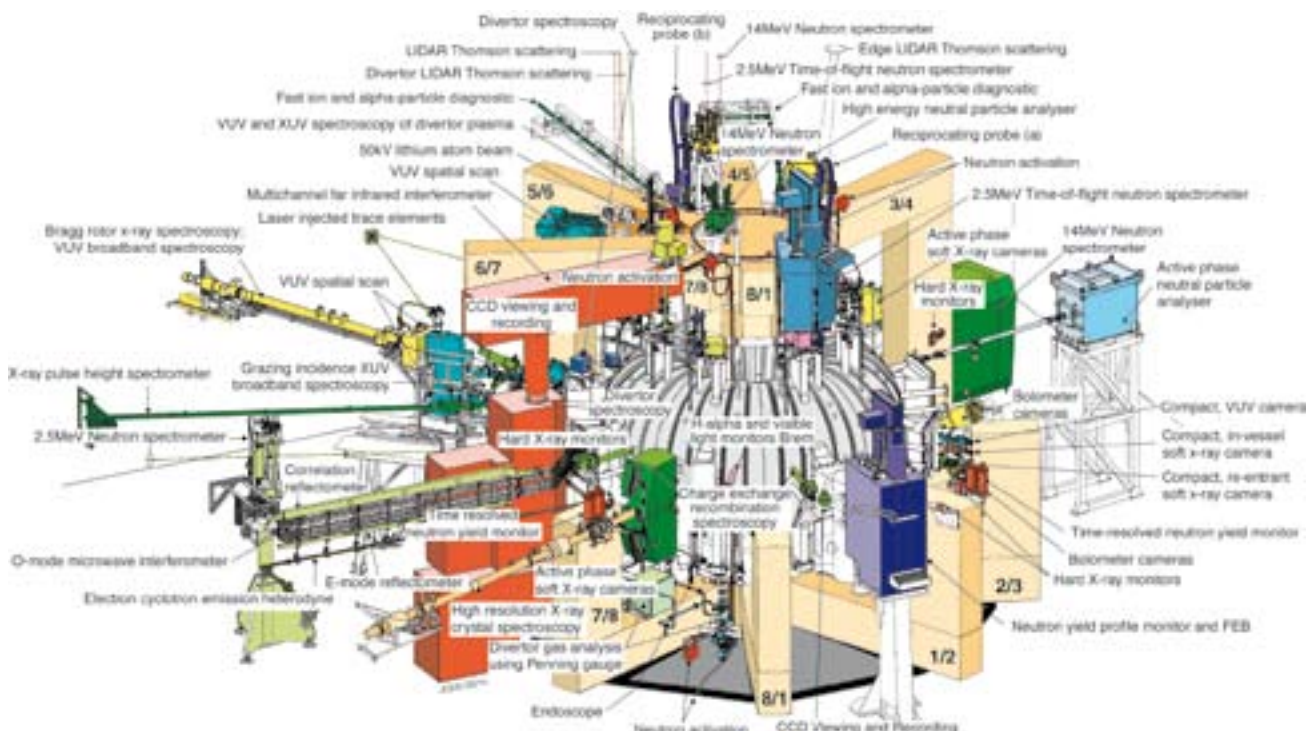
Kuuman, magnetoituneen plasman fyysiikka on osoittautunut hyvin monimuotoiseksi.

Plasman käyttäytymisen selvittämiseksi, plasman hallitsemiseksi ja fuusiokoneen

suojaamiseksi tarvitaan monipuolisia mittauksia.

Plasmasta halutaan tietää mm. sen muoto, fuusioteho, elektronien ja ionien tiheys- ja lämpötilaprofiilit, plasmavirran profiili, plasmasta karkaavien hiukkasten määrä, plasma-aaltojen ominaisuudet jne. Tuoreena asiana on plasman turbulenssin mittaaminen. Mitattavat suureet halutaan tietää yleensä mahdollisimman suurella aika- ja paikkaresoluutiolla.

Diagnostiikan perusongelmana on se, että juuri mitään ei voi mitata suoraan,



JET-fuusioreaktorin diagnostiikat (Copyright EFDA-JET).



koska mitkään anturit eivät kestä plasman oloissa ja anturit saattaisivat häiritä plasman tilaa. Epäsuorin mittauksin voidaan havaita plasman lähettämää hiukkas- ja sähkömagneettista säteilyä ja tutkia, kuinka plasma muuttuu siihen kohdistettuja herätteitä (esimerkiksi kiertää lasersäteen polarisaatiota). Mitatuista suureista voidaan määrittää suureet, jotka varsinaisesti halutaan tietää, usein mutkikkaan päätteilyketjun avulla.

## Diagnostiikka tänään

Plasmadiagnostiikoiden kehitys on edennyt osittain käsi kädessä fuusiokoneiden kehityksen kanssa, mutta osittain omia polkujaan. Uusia fuusiokoneita rakennetaan vain harvoin, mutta diagnostiikat ovat yleensä verraten pieniä järjestelmiä, joita voidaan lisätä vanhoihin koneisiin ja olemassaolevia järjestelmiä voidaan uusia.

Ensimmäisten plasmakammioiden diagnostiikka oli perin alkeellista, ja tulokset jäivätkin laihoiksi – jopa laihemmiksi kuin mitä ehdittiin jo medially kertoa. Nykyään maailman suurin fuusiokone, eurooppalainen JET, on varustettu usealla kymmenel-

lä diagnostiikalla ja sen tulokset ovat vieneet fuusioenergian kehitystä jättiharppauksen eteenpäin.

Energiantuotannossa fuusioreaktorin polttoaineena on vedyn raskaiden isotooppien, deuteriumin ja radioaktiivisen tritiumin seos. JET on ainoa fuusiokone, jossa voidaan tehdä kokeita deuterium-tritium-plasmoilla. Vaikka tritium-kokeita ei ole tehty kovin usein, niistä on saatu esimakua tulevaisuudessa odottavista haasteista: ne tuottavat paljon 14 MeV neutroneita, joita diagnostiikoiden pitäisi sietää.

Tritium on haaste monin tavoin: ensin näkin diagnostiikan pitäisi tuottaa luotettavaa dataa neutroni- ja gammasäteilyn alaisena, toiseksi diagnostiikan suorituskyky ei saisi heikentyä säteilyannoksen seurauksena ja kolmanneksi aktivoituminen voi estää pääsyn diagnostiikalle huoltotöitä varten. Käytännössä tritiumkokeet ovat heikentäneet useiden diagnostiikoiden suorituskykyä JETilläkin.

## Uuden sukupolven fuusiokoneet

ITER on seuraava merkittävä askel, jolla pyritään osoittamaan fuusioenergian fysikaal-

linen ja tekninen toteutettavuus. Kun JETillä plasmapulssin kesto on tavallisesti muutamia sekunteja, enimmillään muutamia kymmeniä sekunteja, niin ITERillä pyritään lähes vakaisiin 1000 sekunnin pulsseihin.

ITERin jatkuvan fuusiotehon odotetaan olevan jopa kymmeniä kertoja suurempi kuin mitä JETillä on saavutettu hetkellisesti. Niinpä ITER asettaa aivan aivan uudet haasteet diagnostiikoiden säteilykestolle ja luotettavuudelle. Vaaravyöhykkeessä eivät ole vain itse anturit vaan myös muut komponentit: ikkunat muuttuvat läpinäkymättömiksi, peilien pinnoitteet kuluvat pois, elektroniikka vioittuu, eristeet muuttuvat johteiksi ja niihin voi indusoitua säteilyn vaikutuksesta jännitteitä.

Monien diagnostiikoiden osalta tilannetta helpottaa onneksi se, että ne voidaan sijoittaa ainakin osittain säteilyltä suojaavien rakenteiden taakse. Aina kuitenkin tarvitaan ensimmäinen komponentti, joka altistuu suoraan säteilylle ja plasman vaikutuksille. Oman lisämausteensa tuovat ydinturvallisuusvaatimukset: monet diagnostiikat ovat rajapinnalla, jota voi verrata fissiolaitoksen primääripiirin vaippaan.

ITERin jälkeen on suunniteltu rakennettavaksi DEMO-reaktori, jolla on tarkoitus osoittaa fuusioenergian olevan kaupallisesti mielekäs energialähde. Sen olisi tarkoitus toimia pitkiä aikoja suurella teholla. Niinpä diagnostiikoille asetettavat vaatimukset kasvavat etenkin säteilyvaurioiden siedon kannalta.

DEMO ei ole fyysikaalinen koelaitte, joten siinä voidaan keskittyä vain plasman hallinnan kannalta keskeisiin diagnostiikoihin. Vaikka DEMOn toteuttaminen on vielä kaukana tulevaisuudessa, niin diagnostiikoiden kehitystyötä jo aloitellaan, koska näyttää ilmeiseltä, että monen tärkeän suureen mittaamiseen joudutaan kehittämään kokonaan uusia menetelmiä.

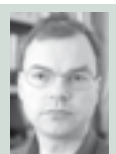
# Suomalaisia diagnostiikkaprojekteja

**SUOMESSA ON** kehitetty lähinnä antureita, joita testataan aluksi esimerkiksi JETillä, mutta joiden odotetaan selviytyvän myös ITERin kovissa oloissa. Antureiden toteuttamisessa hyödynnetään kokemuksia toisaalta piiantureiden soveltamisesta suurenergiafysiikan tarpeisiin ja toisaalta mikromekaanisten anturien (MEMS) osaamista.

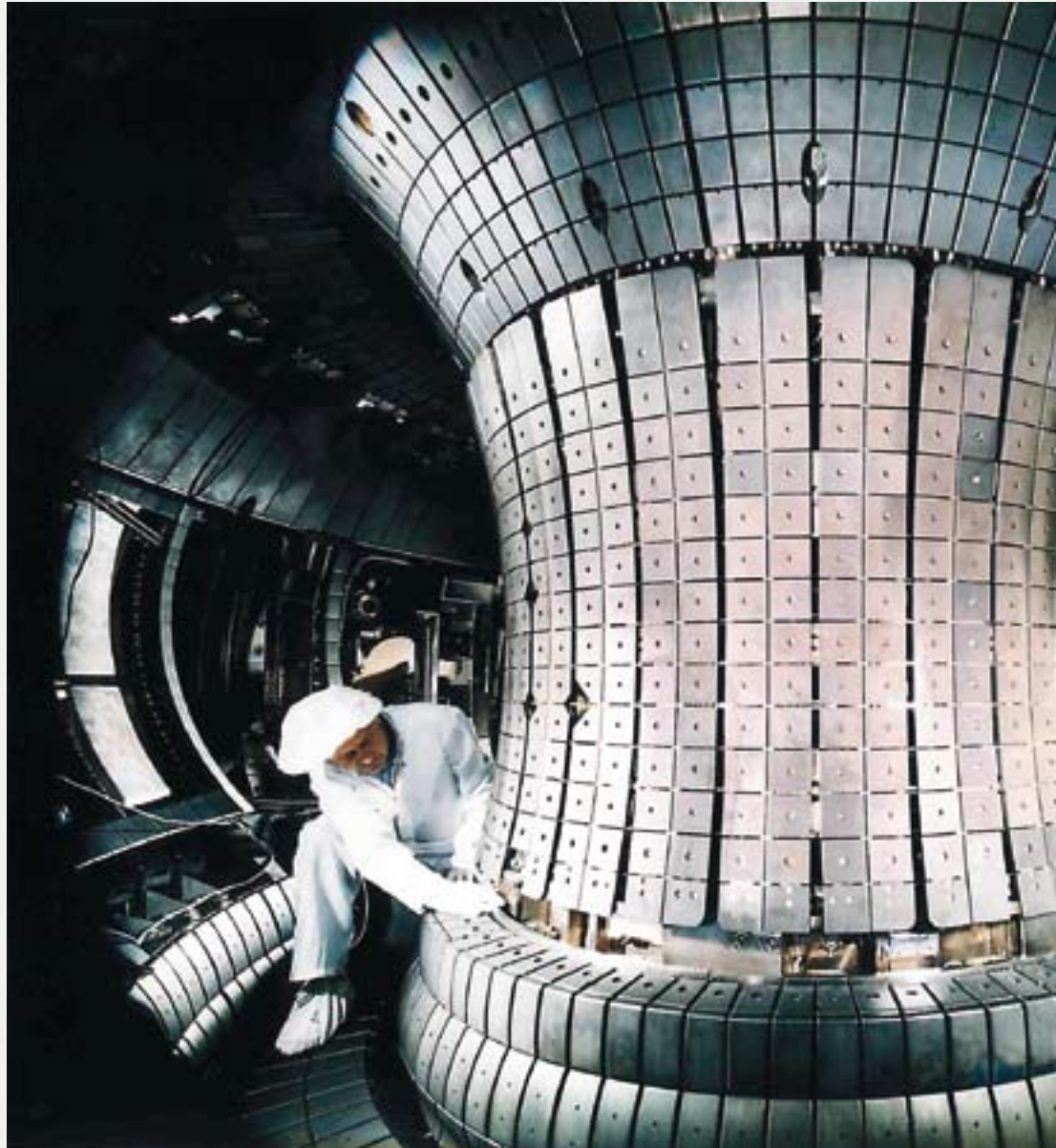
JETin neutraalihiukkasanalysaattoreita varten on kehitetty ohuita ionidetektoreita silicon-on-insulator-tekniikkaa käyttäen. Ohuen aktiivisen alueen ansiosta detektorit eivät ole kovin herkkiä säteilytaustalle, mutta havaitsevat ionit tehokkaasti. Valmistuksessa käytetty piilaatu sietää säteilyvaurioita poikkeuksellisen hyvin. Detektorit ovat testausvaiheessa ja asennetaan JETiin todennäköisesti v. 2009.

ITERin magnetiikkaa varten kehitetään MEMS-magnetometrejä. ITERissä haasteena on pulssien pitkä kesto, jolloin induktiiviset, magneettikentän muutokseen reagoivat anturit eivät ole riittävän herkkiä luotettaviin mittauksiin. MEMS-magnetometrit perustuvat suoraan magneettikentän Lorenz-voiman mittaamiseen, joten ne soveltuvat hyvin staattisiin mittauksiin. Ensimmäiset prototyyppit ovat parhaillaan valmisteilla.

TkT Marko Santala  
tutkija  
TKK, Teknillinen fysiikka –  
Energia- ja laboratoriotieteet  
Marko.Santala@tkk.fi



# DIPLOMITYÖ



## Neutraalihiukkasten vuon mittauksia ASDEX Upgrade -tokamakissa

Suomen ei ole järkevää ylläpitää omaa fuusiotutkimuslaitteistoa, kuten tokamakia, joten kokeellinen tutkimus tehdään yhteistyössä eurooppalaisten koelaitosten kanssa. Teknillisen korkeakoulun Energiatieteet-laboratorion tärkeimmät yhteistyökumppanit ovat Iso-Britanniassa sijaitseva Joint European Torus (JET) ja Saksassa sijaitseva ASDEX Upgrade (AUG). Diplomityössä uusittiin yhden AUG:n mittalaitteen tiedonkeruujärjestelmä ja etsittiin mahdollisia käytötarkoituksia parannelulle järjestelmälle.



Fuusioplasma "säteilee" neutraaleja atomeja. Ne syntyvät plasmassa pääosin varauksenvaihtoreaktion välityksellä. Siinä tyhjiökammiossa oleva neutraali atomi luovuttaa elektronin plasman ionille, joka neutraloituu. Tällöin syntyvälle neutraalille jää ionin alkuperäinen energia ja nopeus. Neutraali hiukkanen ei ole enää magneettikenttien sitoma ja voi lentää suoraan ulos plasmasta. Näiden neutraalien hiukkasten vuon ominaisuuksia mittaamalla voidaan saada tietoa plasman sisäosien ionien nopeusjakaumasta.

ASDEX Upgrade -tokamak-in neutraalihiukkanen-analysointijärjestelmä uusittiin kesällä 2007. Uusi järjestelmä pystyy keräämään kokonaisen plasmapurkauksen ajan dataa 50 ns tarkkuudella. Vuon mittaamisessa aikaresoluutio on pullonkaula siirtynyt kerättyjen neutraalien hiuk-

kasten määrään, sillä analysaattori pystyy havaitsemaan korkeintaan noin miljoona hiukkasta sekunnissa. Uuden järjestelmän ansiosta korkeataajuisien ilmiöiden tutkiminen on silti mahdollista esimerkiksi keskiarvoistamalla mitattua vuota useiden syklien yli.

Työssä tutkitut nopeat ilmiöt ovat plasman magnetohydrodynaamisia epästabiilisuuksia, joista erityisesti käsiteltiin ELM:ejä (edge localised mode) eli "reunaleita". Reunaleista mitattua signaalia keskiarvoistettiin usean reunaleen yli, jotta vähäisen hiukkasmäärän asettamia rajoituksia saatiin helpotettua. Keskiarvoistettujen mitausjaksojen kohdistamiseksi tarvittiin ulkoinen liipaisusignaali. Erilaisten mahdollisten liipaisusignaali-lähteiden tutkimisen jälkeen päädyttiin käyttämään plasman liikkeiden magneettista mittausta. Kehitetty menetelmä tuottaa liipaisusignaalin, jonka virhe on alle 150  $\mu$ s. Reunaleiden tutkiminen toi esiin mahdollisuuden kehittää radiaalisen sähkökentän rutiinimittaus. Myös reunaleihin liittyvä säierakenne näyttää mahdolliselta tutkimuskohteelta.

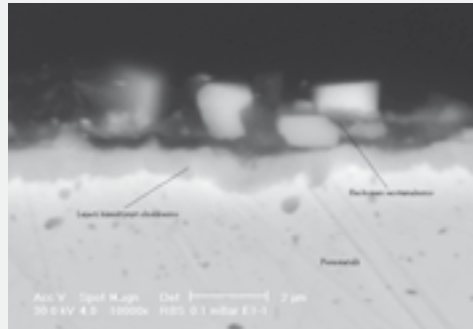
Muiden MHD-epästabiilisuuksien vaikutuksia pyrittiin havaitsemaan taajuusanalyysillä. Aiemmat tutkimukset ovat havainneet MHD-epästabiilisuuksien lisäävän nopeiden hiukkasten kulkeutumista plasmasta. Nopeita hiukkasia syntyy lähinnä plasman kuumennuksessa. Vaikka plasmasta karanneiden nopeiden hiukkasten aiheuttama lämpökuorma ei ole kriittinen, ne voivat kuluttaa voimakkaasti ensiseinämän pintoja. Nopeat hiukkaset pystyvät myös irrottamaan pinnasta ainesta, joka voi kulkeutua plasmassa ja aiheuttaa siellä ongelmia. Valitettavasti yksikään uudella laitteistolla diplomityön valmistumiseen mennessä mitatuista purkauksista ei ollut sopiva nopeiden hiukkasten analyysiin. Kun sen sijaan tarkasteltiin termisten hiukkasten aiheuttamaa vuota, tutkituissa purkauksissa ei havaittu yhteyttä MHD-epästabiilisuuksiin.

Työ jatkuu jatko-opintojen merkeissä. Uudemmissa purkauksissa on havaittu nopeiden hiukkasten vuossa MHD-aktiivisuudesta riippuva komponentti. Tulevaisuudessa on tarkoitus muun muassa verrata neutraalihiukkanen-vuota ja samanaikaisia sondimittauksia.

DI Simppa Jämsä  
Tutkija  
TKK, Teknillinen fysiikka  
- Energiatieteet -laboratorio  
simppa.jamsa@tkk.fi



## Dekontaminointimenetelmien arviointi ja toimintaprosessien tehostaminen Loviisan voimalaitoksella



PWR-laitoksen primääripiirin materiaalien pinnalle syntyvän hapettumakerroksen rakenne

**Y**dinvoimalaitoksille tyypillistä neutronisäteilyä syntyy uraaniydinten fissiona. Neutronisäteilyssä aktivoituneet korroosiotuotteet ja muut jäädytteen epäpuhtaudet kulkeutuvat jäädytteen mukana koko primääripiirin alueelle ja absorboituvat putkistojen ja komponenttien seinämiin. Pinnoilla esiintyviä radioaktiivisia aineita kutsutaan nimellä kontaminaatio. Primääripiirin komponenttien pinnalla esiintyvään kontaminaation määrään vaikuttaa oleellisesti materiaalivalinnat, valittu vesikemia sekä ylös- ja alasajovaiheen rutiinit.

Voimalaitoksilla tehtävien huolto- ja kunnossapitostrategioiden mukaisesti erinäisiä komponentteja huolletaan tai vaihdetaan huoltosokkien aikana. Molemmassa tapauksissa voidaan joutua komponentin pinnalle tarttunutta kontaminaatiota poistamaan eli dekontaminoimaan. Dekontaminoinnilla tarkoitetaan radioaktiivisten aineiden mekaanista tai kemiallista poistamista ja niiden siirtämistä sellaisiin tiloihin, missä niistä ei ole haittaa ja niitä voidaan valvoa. Dekontaminointi perustuu käytännössä perusmetallin pinnalla olevien hapettumakerrosten osittaiseen tai täydelliseen poistamiseen, tilanteesta riippuen, sopivalla menetelmällä. Käytännössä dekontaminointi käsittää lähes kaikki mahdolliset tekniikat käsinharjauksesta kemialliseen happokylpyyn.

Diplomityön lähtökohtana oli Loviisan voimalaitoksella v. 2006 käynnistyneessä valvonta-alu-

een laajennusprojektissa uudistettavien dekontaminointitilojen parantaminen. Työssä arvioitiin Loviisan voimalaitoksen dekontaminointikeskuksissa käytössä olevien puhdistusmenetelmien tehokkuutta ja toimivuutta.

Tämän lisäksi työssä tutkittiin tarkemmin kahta "uutta" dekontaminointimenetelmää, joista toisen menetelmän toimivuutta kokeiltiin pienimuotoisen kokeen avulla. Dekontaminointimenetelmien arviointi ja toimintaprosessien tehostaminen tehtiin kirjalliseen materiaaliin, käyttäjiltä saatuihin kommentteihin sekä kokeista saatuihin tuloksiin perustuen.

Dekontaminointimenetelmien arviointi aloitettiin kirjalliseen materiaaliin tutustumisella, jonka perusteella valittiin tarkemmin tutkittavaksi elektrolyyttinen dekontaminointi- ja kuivajääpuhallusmenetelmä. Kirjalliseen materiaaliin pohjautuvaa tietoa verrattiin käytännön kokemuksiin vierailamalla mm. Forsmarkin, Oskarshamnin, Olkiluodon ja Ringhalsin ydinvoimalaitoksissa.

Työntekijöiltä saatujen tietojen sekä kirjalliseen materiaaliin pohjautuen elektrolyyttistä dekontaminointia tutkittiin lisäksi käytännön kokeen avulla. Kokeessa tutkittiin menetelmän toimivuutta mm. dekontaminointituloksen, puhdistusajan ja syntyvän nestemäisen jätteen määrän perusteella. Kokeista saadut tulokset yhdistettiin kirjallisen materiaalin ja käyttäjiltä saatujen kokemusten kanssa yhdeksi kokonaisuudeksi.

Työstä saatujen tulosten perusteella voitiin todeta, että uusimalla ja modifioimalla nykyisiä laitteita sekä ottamalla huomioon käyttäjien toiveet ja työturvallisuuskohdat voidaan uudesta dekontaminointikeskuksesta kehittää toimiva kokonaisuus, joka kestää tulevaisuuden haasteet.

DI Ilkka-Christian Ropponen  
Fortum Power and Heat Oy  
Loviisan voimalaitos  
ilkka.ropponen@fortum.com

## Termohydrauliikkaa ylikriittisissä paineissa

**K**aavailtuihin neljännen sukupolven ydinreaktoreihin sisältyy reaktorikonsepti, jonka jäähdytteenä toimii termodynaamisesti ylikriittisessä tilassa oleva vesi. Tällaisen SCWR-reaktorin (Supercritical Water Reactor) suunnittelulle ja turvallisuusanalyysille on ehdottomana edellytyksenä mahdollisuus ylikriittisen jäähdytteen termohydrauliikan tarkkaan ja luotettavaan simulointiin. Tätä tarkoitusta varten APROS-simulointiohjelmiston termohydraulinen kaksifaasimalli kehitettiin toimivaksi myös ylikriittisissä paineissa.

Ylikriittisissä paineissa vesi ei enää esiinny erikseen nesteinä ja höyrynä, vaan pysyy koko ajan yhdessä faasissa; lämmitettäessä ylikriittisen veden ominaisuudet muuttuvat sileästi nesteelle tyypillisistä ominaisuuksista kaasulle tyypilliseksi ominaisuuksiksi. Juuri tämä ominaisuus tekee ylikriittisestä vedestä mielenkiintoisen vaihtoehdon ydinreaktorin jäähdytteeksi, sillä kun kiehumista ei voi tapahtua, ei reaktori voi myöskään kohdata polttoaineen suojakuorelle kohtalokasta kiehumiskriisiä.

Kun kiehumiskriisiin joutuminen on fysikaalisesti mahdotonta, voidaan reaktorin läpi virtaava jäähdyte lämmittää huomattavasti tavanomaisen ydinreaktorin ulostulovettä kuumemmaksi. Tämän ansiosta laitoksen terminen hyötysuhde nousee nykyisten ydinvoimalaitosten noin 33%:sta noin 44%:iin.

Nykyisten ydinvoimaloiden jäähdytekierron simulointiin on kehitetty useita termohydraulisia simulaatiotyökaluja, kuten amerikkalainen RELAP, ranskalainen CATHARE sekä Suomessa VTT:n ja Fortumin yhteistyön tuloksena syntynyt APROS. Näissä ohjelmistoissa virtauksia simuloidaan ratkomalla neste- ja kaasufaasin käyttäytymistä perustuen yksidimensioisiin massan, liikemäärän ja energian säilymlakeihin. Säilymlakien lisäksi tarvitaan lämmönsiirron ja kitkan suuruuden arvioimiseen käytettäviä empiirisesti johdettuja korrelaatioita.

Tavanomaisten ydinvoimaloiden mallinnukseen kehitetyt ohjelmistot eivät kuitenkaan sovelly ylikriittisen painealueen laskentaan ilman muutoksia. Ongelmallista kaksifaasimallin soveltamisesta ylikriittisellä painealueella tekee ensinnäkin oletus kahden erillisen faasin olemassaolosta ja toisaalta alikriittiselle painealueelle kehitettyjen korrelaatioiden soveltumattomuus ylikriittisiin olosuhteisiin. Lisää ongelmia aiheutuu veden tiheyden ja ominaislämpökapasiteetin muutosnopeuksista lämpötilan funktiona, jotka ovat erittäin suuria *pseudokriittisenä linjana* tunnetun saturatiokäyrän jatkeen läheisyydessä.

APROSin kehityksessä kaksifaasisuusongelma on hoidettu lisäämällä laskentaan näennäinen faasitransitio, jonka vaikutuksesta ylikriittistä vettä käsitellään nesteinä pseudokriittisen linjan alapuolella ja kaasuna sen yläpuolella. Tällä jaolla ei ole vaikutusta simulaation kulkuun ylikriittisissä paineissa, mutta haluttaessa laskea transitio ylikriittisistä paineista alikriittisiin, jäähdyte on numeerikan näkökannasta valmiiksi "oikeassa" faasissa.

Tämän lisäksi APROSiin on lisätty ylikriittiselle painealueelle kehitettyjä lämmönsiirto- ja kitkakorrelaatioita, joiden avulla saadaan arviot näiden ilmiöiden suuruuksista. Valitettavasti etenkin ylikriittisissä paineissa tapahtuvia lämmönsiirtoilmiöitä ei vielä ymmärretä täysin, minkä vuoksi näiden vajavaisten korrelaatioiden käyttö lisää simulaatiotulosten epävarmuutta.

Tehtyjen muutosten jälkeen APROS pystyy simuloimaan virtauksia ylikriittisissä paineissa sekä transitioita yli- ja alikriittisten painealueiden välillä. Tällä hetkellä APROSia käytetään VTT:llä sekä Saksassa eurooppalaisen HPLWR-nimeä kantavan SCWR-reaktorikonseptin tutkimiseen. Kiinnostusta on ollut myös fossiilipolttoisten ylikriittisten voimalaitosten simulointiin APROS:illa.

# DIPLOMITTYÖ

DI Joona Kurki  
tutkija  
VTT Ydinenergia  
joona.kurki@vtt.fi



## Osaamista tarvitaan

**E**nergiakeskustelua seuratessa ei voi välttyä ajatukselta, että energia-asiat lipuvat eteenpäin kuten maailma muutenkin. Sanomaa tärkeämpää on kertojan persoona. Seuraavan ydinvoimalaitoksen luvan saaminen riippuu taas asian esitystavasta ja poliittisen sopan kokeista. Sopivien kertojien valinta on kannattavaa bisnestä. Tunnetut karismaattiset henkilöt, tyylisiin *Sarasvuo*, tekevät omaisuuksia tarinoimalla tuttuja asioita ja itsestään selvyiksi kuulijoilleen. Julkkishahmo tarinoimassa vakavammasta asiasta kuin intiimistä puutarhahoidosta vetää aina kuulijoita. Jatkossa valjastetaan julkikkaita puhumaan ihmisille kasvihuoneilmioista ja ympäristöongelmista – kohta saamme myös joukon ydinvoimamannekiineja.

**ME TAVALLISET**, julkisuuskarismaa vailla olevat asiantuntijat, saamme nauttia julkisten takinkääntöjen katselemisesta. Meille iloa antaa myös oikeassa olemisen tunne, jonka energian riittävyden ja hiilidioksidin liiallisen määrän keskinäisen riippuvuuden ymmärtäminen antaa. Uutiset kertovat Lontoon, ydinvoimalla tuotetulla sähköllä kulkevien sähkömoottoritaksien saavan kylkeensä mainoksen: ”Päästötön kaupunkitaksi”. Vastaavia mainoksia ydinvoiman puolesta voisi olla muuallakin, esimerkiksi suomalaisessa WC-paperissa voisi olla suoran repäisyesteiviivan sijasta teksti ”Ydinvoimalla pyyhkii hyvin”.

**LEHTITIE TOJEN MUKAAN** vanha ajatus kaukolämmön johtamisesta Loviisan ydinvoimalaitoksesta pääkaupunkiseudulle on taas herännyt henkiin. Tämä sinänsä hyvä ajatus ei kuitenkaan ole saanut täyttä kannatusta asiantuntijapiireissä. Ongelma on jo rakennetun monimuotoisen kaukolämmön tuotannon liika keskittyminen.

Minulla on kuitenkin toinen ehdotus. Fortum voisi käyttää kaukolämpöä venäläisille, japanilaisille ja muille rikkaille turisteille tarkoitettuun, maailman suurimpaan kylpylään. Monen terveyskylpylän parantava vaikutus on perustunut lujan uskon ohella myös vedessä olevaan radiumiin, joten ydinvoimalan läheisyyden ei luulisi pelottavan kylpijiä. Kaikki

pitää kuitenkin tehdä riittävän suurellisesti, sillä turistia kiehtoakseen kylpylän pitää olla maailman ihmeellisin ja kaunein. Vesisuihkujen läpi heijastuvat siniset valot ja ydinreaktorin malliset poreammeet loisivat kylpylään sopivaa ydinvoimatunnelmaa!

**GREENPEACEN TIEDOTE** 16. huhtikuuta kertoi, että Olkiluoto 3 -reaktorista ei ole hyötyä Kioton päästötavoitteen saavuttamisessa, koska rakentamisessa on jo kahden vuoden viive. Tällainen ympäristöjärjestön logiikka saa minut aina yhtä hämmästyneeksi: Jos reaktoria käytetään 60 vuotta, eikö se tuon ajan vähennä hiilidioksidipäästöjä? On järkyttävää havaita, kuinka Greenpeace tarinoi kaikilla sivuillaan harhauttavasti ja virheellisesti, esimerkiksi lause: *”Toisaalta kansainvälisen politiikan näkökulmasta on kestävätilanne, että Iran ei saisi rakentaa ydinvoimaa, mutta Suomi saa.”* osoittaa täydellistä ymmärtämättömyyttä Iranin ydinvoimaohjelman ydinasetuotantoon tähtäävistä osista.

Esimerkiksi asekelposen uraanin väkevöintiin tähtäävän sentrifugikapasiteetin kaltaisia ydintiedon ja uraanintuotannon osia ei mikään pelkkään kaupalliseen ydinvoiman tuotantoon pyrkivä maa ole tähän asti tarvinnut. Historian vääristelyä on lause: *”Mm. Israel, Kiina, Intia ja Pakistan ovat yksi toisensa jälkeen hankkineet ydinaseen ydinvoimalaohjelman varjolla.”* Kaikki nykyiset ydinasevaltiot ovat hankkineet ydinaseensa salaisella tai julkisella ydinaseohjelmalla. Naapurimaallamme Ruotsilla oli salainen ydinaseohjelma ennen taloudellisesti kannattavaa ydinvoimaohjelmaansa. Perusosaamisen ja henkilöstön tietämyksen kannalta ohjelmat tukevat toisiaan, mutta ydinvoimaohjelman asiantuntijat ovat usein kiusallisen paljon kallellaan demokratian ja ihmisoikeuksien suuntaan.

**GREENPEACEN YDINJÄTEVUORIA** maalailivat kielikuvat ovat luku sinänsä. Vuotuinen ydinvoimalaitokseen vaihdettava uraanimäärä painaa noin 30-40 tonnia eli yhden rekka-auton lastin verran. Siitä saadaan koko käyttöiälle 60 vuodelle noin kuusikymmentä rekka-autollista korkea-aktiivista jätettä. Sitä voi verrata, vaikka turve-, puu- tai hiilivoimalan polt-

toaineen tuottamiin todellisiin, vuosittaisiin jätevuoriin ja kaasupäästöihin.

#### **LOPUKSI VANHA** yritysmailmaan liittyvä koe:

Laitetaan apinoita häkkiin. Sitten laitetaan banaani roikkumaan häkin katosta ja tikkaat banaanin alapuolelle. Sitten odotetaan kunnes joku apinoista lähtee kiipeämään banaania kohti. Kun kiivennyt apina on nousemassa tikkaita, ruiskutetaan kaikkia apinoita jääkylmällä vedellä. Sitten odotetaan kunnes toinen apina yrittää tikkaita ylös kohti banaania – taas kaikkia apinoita ruiskutetaan kylmällä vedellä.

Tätä jatketaan kunnes muut apinat alkavat joka kerta estää tikkailla pyrkivän apinan aiheet. Seuraavaksi yksi apina otetaan häkistä pois, ja tilalle laitetaan uusi. Uusi apina tietenkin haluaa kiivetä tikkaile ja hakea banaanin. Kauhukseen uusi apina huomaa, että muut käyvät sen kimppuun. Parin turhan yrityksen jälkeen uusi apina ymmärtää, että tikkailla yrittäminen johtaa joukkokuritukseen. Seuraavaksi korvataan toinen alkuperäisistä apinoista uudella. Edellisen vaihdon jälkeinen tilanne toistuu, mutta nyt edellisellä kerralla vaihdettu apina osallistuu innolla tulokkaan kuritukseen!

Näin toimitaan kaikkien alkuperäisten apinoiden kanssa ja joka kerta, uuden apinan yrittäessä tikkaile banaania kohti, muut kurittavat tätä. Useimmilla ei ole mitään käsitystä, miksi ne eivät saa kiivetä tikkaile tai miksi ne osallistuvat uuden apinan kurittamiseen. Lopulta kaikki alkuperäiset apinat on korvattu ja yhtään häkissä olevaa apinaa ei ole ruiskutettu kylmällä vedellä. Kylmää vettä ei ole missään, mutta kaikki tietävät, että tikkaile yrittävää tulee kurittaa. Niinpä yksikään apina ei enää yritä tavoitella banaania, koska täällä on aina toimittu näin. Näin syntyy yrityksen toimintamalli. Tarinalla ei ole mitään tekemistä voimalaitosalan kanssa, koska koe tehtiin apinoilla ja banaanilla. Eihän?

*Lukijoiden pyynnöstä tämä on viimeinen kolumnini tällä erällä! Toivon, että kaikki lukijat eivät ole aina tai tälläkään kertaa repineet raivoissaan lehteään nähdesään kolumnini. Kiitän kaikkia lukijoitani!*

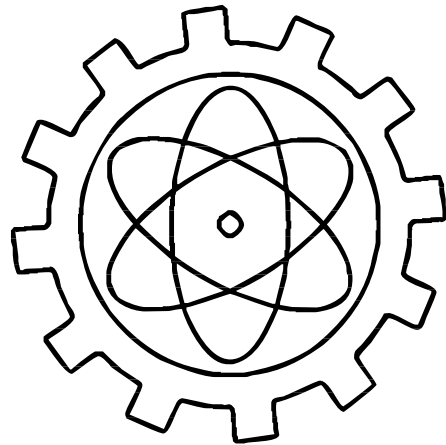
Olli Nevander

# TAPAHTUMAKALENTERI

**ATS:n lähialueen ekskursion  
Tanskaan ja Ruotsiin 12.-13.6.2008**  
Kutsu: [www.ats-fns.fi/kutsu\\_ATS\\_lahialue.pdf](http://www.ats-fns.fi/kutsu_ATS_lahialue.pdf)

**ATS YG:n järjestämä, harjoittelijoille suunnattu  
KESÄTAPAHTUMA 5.8.2008**  
Poliisien kesäkot, Helsingin Lauttasaari.

Lisätietoja kaikista ATS:n tapahtumista  
löytyy internetistä: [www.ats-fns.fi](http://www.ats-fns.fi)



# UUDET JÄSENET

#### **Varsinaiset jäsenet**

- Timo Ikonen,  
Fortum Nuclear Services
- Antti Vilku,  
Voimaosakeyhtiö SF

Suomen Atomiteknillisessä Seurassa oli 28.4.2008 pidetyn johtokunnan kokouksen jälkeen 608 varsinaista jäsentä ja 41 nuorta jäsentä eli opiskelijaa. Kunniajäseniä oli 12 ja kannatusjäseniä 18.

Seuran jäseneksi pääse 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**  
c/o VTT (Tietotie 3, Espoo)  
PL 1000  
02044 VTT

## Kannatusjäsenet

Alstom Finland Oy  
Fennovoima Oy  
Fintact Oy  
Fortum Oyj  
Patria Finavitec Oy  
Platom Oy  
Pohjolan Voima Oy  
Posiva Oy  
PRG-Tech Oy  
Pohjoismainen Ydinvakuutuspooli  
PrizzTech Oy  
Rados Technology Oy  
Saanio & Riekkola Oy  
Siemens Osakeyhtiö  
Teollisuuden Voima Oy  
TVO Nuclear Services Oy  
Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT  
Voimaosakeyhtiö SF Oy  
YIT Installaatiot

## ATS internetissä:

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