

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA —

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



2/2011

vol. 40

Tässä numerossa

Pääkirjoitus:

Tutkimus on tärkeää 3

Editorial:

Research is important 4

Uutisia 5

Fukushiman ydinvoimalaonnettomuus:
kun suunnitteluperusteet ylittyvät 6

28 år (hittills) av nordiska
reaktorfysikmöten 10

VVER-laitosten RPA:n säteily-
haurastumisen validointi ja murtumis-
kestävyyden varmentaminen 12

Ydinalan tuotteiden vientivalvonta 17

Maailma on muuttunut,
muuttuuko IAEA? 20

Fukushima testasi STUKin viestinnän 22

Rivikansalainen on nykyään
aktiivinen informaation tuottaja 24

Aunuksen koululaisten
2011-ekskursio Kuolan YVL:lle 27

Tutkimus- ja kehitystoiminta
Fortumissa 31

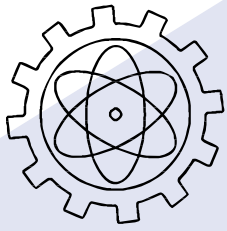
Mielipidekirjoitus:

Hox, hox, STUK 33

Kolumni:

Reaktoripaineastia lastulevystä 34

Tapahtumakalenteri
ja uudet jäsenet 35



ATS

2/2011, vol. 40

VUODEN 2011 TEEMAT

1/2011

Ydinlaitosten käytöstäpoisto

2/2011

Tutkimus

3/2011

YG / seniorinumero

4/2011

Syysseminaari ja ekskursio

ILMOITUSHINNAT

1/1 sivua 700 €

1/2 sivua 500 €

1/4 sivua 300 €

TOIMITUKSEN OSOITE

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

ISSN-0356-0473

Painotalo Miktor Oy



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

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

DI Eveliina Takasuo

VTT
eveliina.takasuo@vtt.fi

FM Johanna Hansen

Posiva
johanna.hansen@posiva.fi

DI Pekka Nuutinen

Fortum Power and Heat Oy
pekka.nuutinen@fortum.com

DI Kai Salminen

Fennovoima Oy
kai.salminen@fennovoima.fi

FM Sini Gahmberg

Teollisuuden Voima Oyj
sini.gahmberg@tvo.fi

Haastattelutoimittaja /

Journalist reporter

DI Klaus Kilpi
klaus.kilpi@welho.com

Johtokunta / Board

Puheenjohtaja / Chairperson

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

Varapuheenjohtaja /

Vice-chairperson

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

Sihteeri /

Secretary of the Board

Tkt Silja Häkkinen
VTT
sihteeri@ats-fns.fi

Rahastonhoitaja / Treasurer

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

Jäsenet /

Other Members of the Board

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

DI Kai Salminen

Fennovoima Oy
kai.salminen@fennovoima.fi

Timo Seppälä

Posiva Oy
timo.seppala@posiva.fi

Toimihenkilöt / Officials

Jäsenrekisteri /

Membership Register

Tkt Silja Häkkinen
VTT
sihteeri@ats-fns.fi

Kv. asioiden sihteeri /

Secretary of International Affairs

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

Energiakanava /

Energy Channel

Tkt Karin Rantamäki
VTT
karin.rantamaki@vtt.fi

Young Generation

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

Ekskursios sihteeri /

Excursion Secretary

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

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

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

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



PÄÄKIRJOITUS

Tutkimus on tärkeää

Ydintekniikassa tutkimus on erityisen tärkeää, koska teoreettista alaa ei voi hallita yrityksen ja erehdyksen periaatteilla. Ydinturvallisuuden ylläpito edellyttää ennakointia, joka on mahdollista vain tutkien. Tutkimustuloksia hyödynnetään jatkuvasti laitosten käytäntöön, esimerkkejä:

- monitieteisin tutkimuksin Loviisan reaktoripaineastian haurastuminen on saatu hallintaan (reaktorifysiikka, termohydrauliikka, metallien säteilyhaurastuminen, näyteanalyysit)
- ilman VTT:n kolmiulotteisia tarkkoja reaktoridynamiikkaohjelmia ei Loviisan fissiotehotasoa olisi voinut korottaa
- riippumattomat analyysit ovat tehneet mahdolliseksi hankkia Olkiluotoon eri valmistajilta polttoainetta turvallisesti ja kilpailuin hinnoin
- lukuisten uudentyyppisten sovelluskohtaisten koelaitteistojen konstruoimiskyky Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa.

TUTKIJAT VOIVAT syvästi keskittyä vain omaan tutkimusalueisiinsa. Siksi ydinvoimalaitoksen kokonaisuuden hallintaan tarvitaan satojen tai tuhansien koti- ja ulkomaisten tutkijoiden panosta. Kukaan ei voi tuntea näiden kaikkien uusimpia saavutuksia. Siksi tutkimuksista pitää kertoa yleistajuisesti, jotta tarve ja osaaminen kohtaavat. ATS on tähän tehokas kanava. Opetuksessa voi hyödyntää ATS:n asiantuntijakirjoituksia laajemminkin, koska teoreettisen osaamisen lisäksi on hyvä tuntea alaa yleisesti.

Myös eri alojen asiantuntijoiden keskinäinen yhteydenpito on tärkeää. Fysikaalisten ilmiöiden tai järjestelmien vuorovaikutukset voivat tuottaa uusia tilanteita, jotka eivät saa yllättää, eikä eri alojen välille saa jäädä tutkimattomia aukkoja. Eri tieteiden kombinointi onkin osoittautunut pienen maan tieteen vahvuudeksi, koska Suomessa joudumme yksittäisinä tutkijoina venymään keskimääräistä laajemman alueen tuntijoiksi ja pienen yhteisöme kanssakäyminen on vilkasta.

Keväisessä haastattelussa minut saatettiin pohtimaan, miksi teekkareilla ja insinööreillä on yleensä poikkeuksellisen hyvä yhteishenki. Johtopäätökseni oli, että kun jotain pitää todella saada toimimaan, ei asenne- tai arvovaltaikiistoihin ole varaa – kaikkien panos tarvitaan. Jos suunniteltu laite ei käykään tai tietokoneohjelma jumittuu virheeseen, ei niillä ole mitään arvoa.

TOISINAAN ESITETÄÄN, että on vaikea perustella ydinenergian turvallisuuden tutkimusta, koska kaikki on mennyt niin hyvin. Mutta hyvinhän juuri meni Harrisburgissa, Tshernobylissä, Tokaimurassa, Paksissa, Forsmarkissa, Fukushimaa – eli em. perustelu on lähtökohdaltaan väärä. Jopa Suomessa olisi näistä häiriöistä tai onnettomuuksista tänne seuranneiden kustannusten vähentämiseksi kannattanut tehdä tarvittavat tutkimukset etukäteen. Nythän niin osin onkin, kun laitosten ulkoisia uhkia on jo systemaattisesti tutkittu.

OLISIKO TUTKIMUS auttanut Fukushimaa? Kuten edellisessä lehdessä todettiin, hyödyntämättömiä tutkimustuloksia olisi ollut. Kynnyskysymys on, oliko käytetyissä maanjäristys- ja tsunamianalyyseissä huomioitu ydinalan tarve konservatiivisiin turvallisuusmarginaalia sisältäviin tuloksiin.

MITEN TUTKIMUS nyt auttaa Fukushimaa? Samoin kuin Suomessa: uuteen tilanteeseen löydetään nopeammin ja tehokkaammin ratkaisuja, kun eri ilmiöt jo tunnetaan. On siis myös taloudellisesti edullista teettää ajoissa tutkimusta, vaikka tätä ei aina oivalleta. Kotimainen riippumaton tutkimus on auttanut STUK:ia päätöksenteon nopeudessa ja siten laitosten käytettävyyden pysymisenä hyvänä, kun valmiina olleen tiedon ansiosta on käytön jatkamiseen tarvittavat ratkaisut saatu luotettavasti tehdyiksi.

Research is important

Research plays a crucial role in the nuclear technology, since a theoretical field can not be mastered by trial and error. Maintaining nuclear safety requires a degree of predictability possible only through research. Research results are constantly applied to practice in nuclear facilities:

- embrittlement of the Loviisa reactor pressure vessels has been gotten under control through cross-disciplinary research (reactor physics, thermal hydraulics, research in radiation induced embrittlement, sample analyses)
- without accurate three-dimensional reactor dynamics codes of the Technical research centre of Finland (VTT) it would not have been possible to raise the fission power at Loviisa NPP
- independent analyses have made it possible to obtain fuel to Olkiluoto NPP from different manufacturers safely and with competitive prices
- capability to construct several targeted research facilities at the Lappeenranta university of technology.

RESEARCHERS CAN profoundly concentrate only on their own research areas. Therefore the management of a nuclear power plant requires the contribution of hundreds or thousands of researchers both home and abroad. No-one can master all the latest research achievements of these specialists. Therefore, research results must be communicated in a way that is understandable to people outside the specific field of research, in order for the knowledge to meet needs. The Nuclear Society is an effective channel for this communication. In education, the writings of the Society can be utilized to quite a large degree, since in addition to theoretical know-how, it is good to have a more general overview of the field.

It is also important that the experts of different fields communicate with each other. The interactions of physical phenomena or systems may result into new situations that shall not come as a surprise, and uncharted territories must not exist be-

tween different fields. Combining the different fields of research has turned out to be a strength of a small nation, since in Finland we as individual researchers must stretch our fields of expertise to a large degree, and the interaction within our small community is active.

In a recent interview I was led to consider why the team spirit between engineers and technology students is usually exceptionally good. My conclusion was that when something needs to be made work, there's no room for conflicts related to attitude or prestige. If the machine that has been designed does not work or the computer program crashes due to an error, they have no value at all.

SOMETIMES IT is said that it's difficult to justify research in nuclear safety, as everything has gone so smoothly. But so it did in Harrisburg, Chernobyl, Tokai-Mura, Paks, Forsmark, Fukushima – so this justification is profoundly erroneous. Even in Finland, in order to reduce the costs due to modifications made due to these events, it would have paid to do the research beforehand. And concerning the Fukushima accident, this largely is the case, since the external threats to nuclear facilities have already been systematically researched.

WOULD RESEARCH have helped in Fukushima? As in Finland, solutions to a new phenomenon can be found more effectively when the different phenomena are already known. Thus it is also economically viable to do the research in time, even though this is not always recognized. In Finland, domestic independent research has helped the nuclear safety authority in timely decision-making, and the operability of the nuclear power plants has remained good, since the data needed to make the decisions concerning continued operation of the plants in different situations has been readily available. ■

UUTISIA

TEPCO vetäytyy Turkin ydinvoimalahankkeesta

TOKIO ELECTRIC Power Co. (TEPCO) on ilmoittanut vetäytyvänsä hankkeesta, jonka tarkoituksena on rakentaa Turkkiin maan toinen ydinvoimalaitos Sinopiin Mustan meren rannalle. Hankkeessa on käyty neuvotteluja Turkin valtion, Toshiba ja TEPCOn välillä koskien ydinvoimalaitoksen rakentamista ja myöhempää käyttöä. Fukushima onnettomuuden jälkeen TEPCOlla ei tiedotteensa perusteella ole resursseja osallistua hankkeeseen suunnitellusti.

TURKIN VALTIO on ilmoittanut, että neuvotteluja japanilaisten kanssa jatketaan edelleen uuden, joustavamman mallin pohjalta, jossa laitoksen käyttötoimintaan voisi TEPCOn tilalle olla mahdollisuus uudella tekijällä.

TURKIN ENSIMMÄISEN ydinvoimalan rakentamisesta Akkuyuun Välimeren rannalle (sisältäen myös laitoksen omistamisen ja käyttämisen) allekirjoitettiin sopimus Venäjän valtion omistaman Rosatomin kanssa vuonna 2010, ja ensimmäisen yksikön rakennustyöt on määrä aloittaa vuonna 2013.

FUKUSHIMAN ONNETTOMUUDEN jälkeen laitospaikan seisमित riskit ovat nousseet kiistakapulaksi, mutta toistaiseksi niiden ei ole ilmoitettu aiheuttavan viivytyksiä aikatauluun. Akkuyuun on tarkoitus rakentaa yhteensä neljä VVER 1200-laitosyksikköä.

Lähde: WNN

Ydinvoimaloiden turvallisuutta arvioidaan Euroopassa

FUKUSHIMAN ONNETTOMUUDEN jälkeen eri puolilla maailmaa on nähty tarpeelliseksi arvioida, onko tapahtuman ope-tusten valossa tarpeen tehdä muutoksia ja parannuksia ydinvoimalaitoksiin. Suomessa käynnistettiin heti onnettomuuden tapahduttua Työ- ja Elinkeinoministeriön toimeksian-nosta selvitykset käyviin, rakenteilla ja suunnitteilla olevien laitosten turvallisuuden tarkastamiseksi. Selvitysten pohjalta on tunnistettu tarpeita jatko-parannuksiin ja tarkempiin ana-lyyseihin kaikilla laitosyksiköillä.

JATKOSELVITYKSET TEHDÄÄN Suomessa osana Euroopan komission ja ydinturvallisuusviranomaisten (ENSREG) pro-jektia, jossa kaikkien EU:n 143 ydinvoimalaitoksen turvalli-suus on määrä arvioida yhteisprojektina kuluvan vuoden loppuun mennessä.

LISÄTIETOJA EUROOPAN stressitesteistä ja niiden käytän-nön toteutuksesta löytyy osoitteesta http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/stress_tests_en.htm

Bellefonte 1 rakennetaan valmiiksi

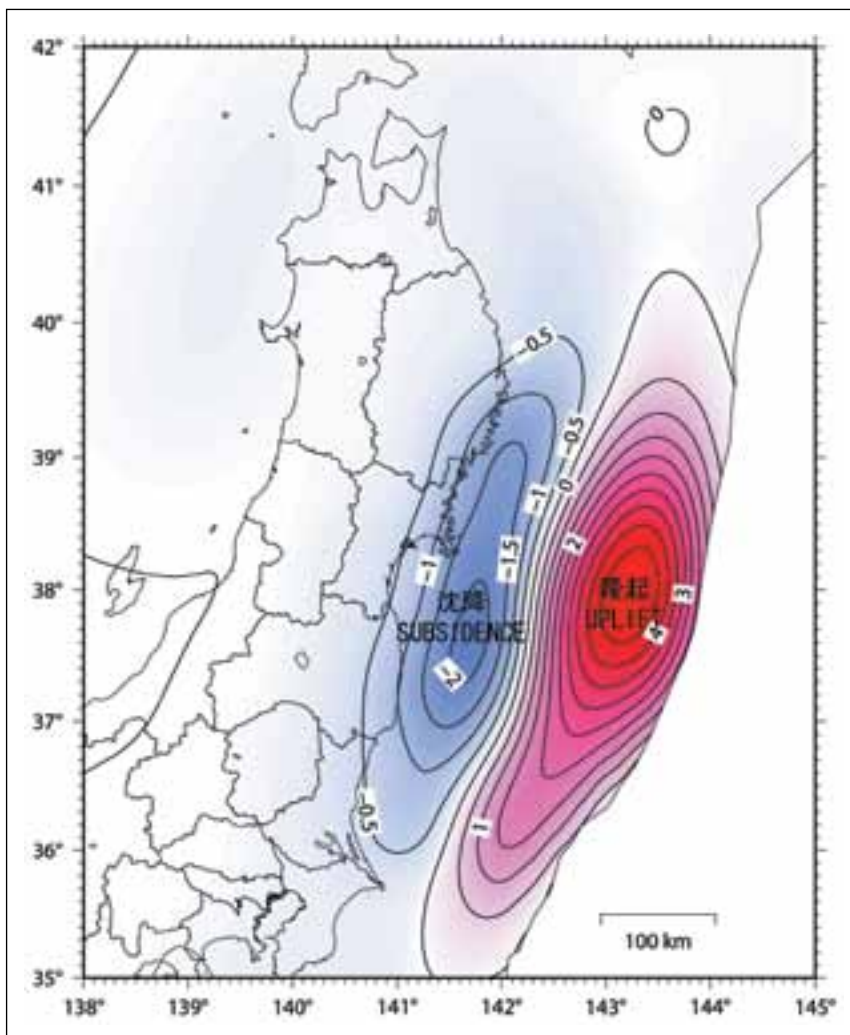
ENERGIA- JA luonnonvarayhtiö Tennessee Valley Authority (TVA) ilmoitti 18.8.2011 investointipäätöksestä rakentaa kesken jäänyt Bellefonte 1 -ydinvoimalaitosyksikkö valmiiksi. Laitosyksikkö on teholtaan 1260 MWe:n Babcock & Wilcoxin painevesireaktori, jonka valmiusasteen arvioidaan olevan 55 %. Investoinnin suuruudeksi ilmoitetaan 4,9 miljardia dollaria, ja laitoksen arvioidaan olevan sähköntuotannossa vuonna 2020.

HANKKEEN RAHOITTAMISEKSI TVA ilmoittaa myyvänsä omaisuuttaan, mukaan lukien toisen valmistumassa olevan ydinvoimalaitosyksikön Watts Bar 2:n. Molempien laitosten rakennustyöt aloitettiin 1970-luvulla, mutta projektit jäivät kesken 1980-luvulla kohonneiden kustannusten ja pienentyneen kysynnän johdosta. Watts Bar 2:n arvioidaan valmistuvan tuotantoon vuonna 2013.

Lähde: World Nuclear News

Fukushiman ydinvoimalaonnettomuus: kun suunnitteluperusteet ylittyvät

Japanin itärannikolla tapahtui 11.3.2011 klo 14:46 Japanin aikaa voimakas maanjäristys, jonka seurauksena valtakunnan sähköverkko kaatui laajalta alueelta. Alueella sijainneet Fukushima Dai-ichin, Fukushima Dai-nin, Onagawan ja Tokain ydinvoimalaitokset menivät maanjäristyksessä pikasulkuun, ja Fukushima Dai-ichilla sähkönsyöttö siirtyi ulkoisen verkon menetyksen myötä laitoksen dieselgeneraattoreille. Tästä alkoi tapahtumaketju, jonka seurauksena Japanissa tapahtui maailman vakavin ydinvoimalaonnettomuus 25 vuoteen.



Kuva 1. Mannerlaattojen pystysuora liike, joka aiheutti Japanin itärannikon ydinvoimalaitosten suunnitteluperusteet ylittävän hyökyaallon. Kuva: Geospatial information authority of Japan.

Maanjäristys ei tämänhetkisen tiedon perusteella aiheuttanut ydinvoimalaitoksille merkittäviä vahinkoja. Tilanne muuttui Fukushima Dai-ichin ydinvoimalaitoksella huolestuttavaksi tunti maanjäristyksen jälkeen, kun maanjäristyksen aiheuttama yli kymmenmetrinen hyökyaalto (kuva 1) iski laitospaikalle, tuhosi merivesipumput ja kaikki dieselgeneraattorit (yhtä lukuun ottamatta) sekä aiheutti ilmeisesti lisäksi vesivahinkoja sähkönsyöttöön ja hätäjäähdytykseen tarvittaville laitteille. Kymmenen kilometrin päässä sijainneessa Fukushima Dai-nin laitoksessa menetettiin vastaavasti yhdeksän dieselgeneraattoria kaikkiaan kahdestatoista, mutta käyttökuntoon jäi yksi ulkoinen sähkönsyöttöyhteys, jonka varassa kaikki Fukushima Dai-nin neljä laitossyksikköä saatiin ajettua kylmäseisokkiin merivesijärjestelmien vaurioiden korjaamisen jälkeen.

Täydellinen vaihtosähkön menetys johti polttoainevaurioon kolmella laitossyksiköllä

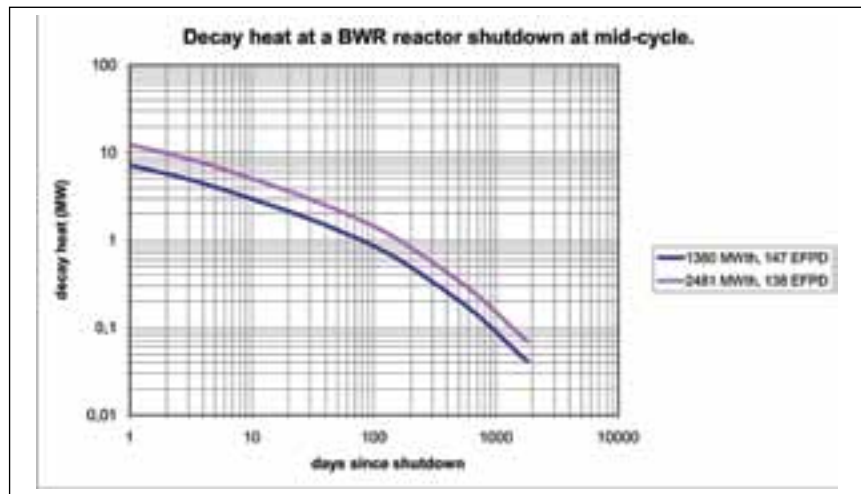
Fukushima Dai-ichin laitoksella vaihtosähkön sekä lämpönielun (=meriveden) menetyksen jälkeen onnettomuushetkellä tuotannossa olleet laitossyksiköt 1-3 saivat jälkilämpöä poistettua sähköstä riippumattomilla järjestelmillä: ykkösyksiköllä eristyslauhduttimella ja kakkos- sekä kolmosyksiköillä höyryturpiinikäyttöisellä apusyöttövesipumpulla. Ykkösyksikön eristyslauhdutin oli ehditty maanjäristyksen jälkeen kytkeä pois päältä paineastian jäähdytysnopeuden rajoittamiseksi, ja tilanteen muututtua tsunamin myötä käyttöhäiriöstä onnettomuudeksi sitä ei toistaiseksi tuntemattomasta syystä onnistuttu saamaan uudelleen käyttöön. Kakkos- ja kolmosyksiköiden jäähdytystä jatkettiin

syöttämällä reaktoreihin vettä höyryturpiinikäyttöisillä pumpuilla (kuva 3), mutta ilman akkusähköä ja kykyä siirtää lämpöä suojarakennuksen lauhdutusaltaasta mereen näiden järjestelmien toiminta lakkaa parin vuorokauden kuluessa sähkön menetyksestä, jolloin reaktorit jäivät kokonaan ilman veden syöttöä.

Jälkilämpö vähenee reaktorin pysäyttämisen jälkeen kuvan 2 esittämällä tavalla. Ensimmäisinä päivinä jälkilämpö keittää vettä muutamia kiloja sekunnissa, ja jos uutta vettä ei saada, pinta reaktorissa laskee kymmenien senttien tuntivauhdilla. Pinnan laskettua sydämen puolivälin tasalle polttoainesauvojen suojakuoren lämpötila nousee 800 - 900 celsiusasteeseen ja alkaa reagoida vesihöyryn kanssa muodostaen vetyä.

Kun jäähdytys oli menetetty, voimayhtiö teki viranomaisen kehotuksesta poikkeuksellisen päätöksen pumpata palopumpuilla merivettä reaktoreihin vakavan polttoaineaurion ehkäisemiseksi. Reaktorien paineen alentaminen kesti kuitenkin täydellisen sähkönmenetyksen ja korkean suojarakennuksen paineen johdosta niin pitkään, että reaktorisydämet ehtivät kaikilla kolmella laitosyksiköllä vaurioitua päästään radioaktiivisia aineita sekä vetyä reaktorin kautta suojarakennukseen. Suojarakennuksen paineen alennus epäonnistui lisäksi toistaiseksi tuntemattomasta syystä niin, että ykkös- ja kolmosyksiköillä vetyä päätyi suojarakennuksen ulkopuolelle reaktorirakennuksen yläkertaan aiheuttaen rakennuksia vaurioittaneet vetyräjähdykset. Kakkosyksiköllä tapahtui ilmeisesti vetyräjähdys reaktorirakennuksen alaosassa sijaitsevan suojarakennuksen märkätilan läheisyydessä.

Lisäongelmia aiheuttaa seisokissa ollut neljäs laitosyksikkö, jossa on myös tapahtunut räjähdys. Toistaiseksi ei ole varmuutta siitä, onko tämä räjähdys johtunut polttoainealtaasta olleen polttoaineen vapauttamasta vedystä, reaktorirakennuksessa vuosihuoltotöiden yhteydessä säilytetyistä räjähtävistä aineista vai kolmosyksiköltä peräisin olevasta, laitosisyksiköiden yhteisen



Kuva 2. Suuntaa antava arvio jälkilämmön määrästä ydinreaktorin sammuttamisen jälkeen. Yksi megawatti riittää kiehattamaan noin puoli kilo vettä sekunnissa.

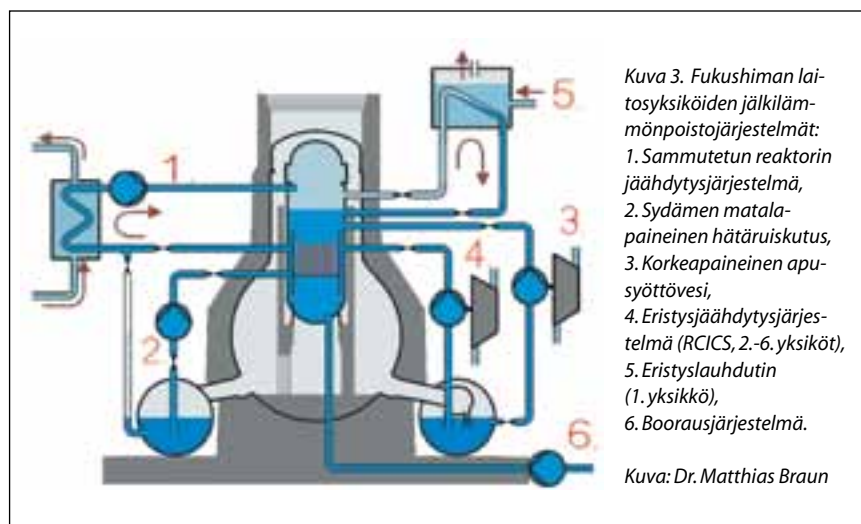
poistokaasuputkiston kautta nelosyksikölle päätyneestä vedystä.

Viitos- ja kuutosyksiköt olivat maanjäristyksen sattuessa huoltoseisokissa, ja niiden jäähdytys onnistuttiin hoitamaan yhden ehjäksi jääneen kuutosyksikön ilmajäähdytteisen dieselgeneraattorin varassa niin, että polttoaineaurioilta vältyttiin.

Laitoksen tilanne sata päivää maanjäristyksen jälkeen

Päästöt – tosin merkittävästi alkuvaihetta pienempinä – jatkuvat tätä kirjoitettaessa edelleen ilmaan ja veteen. Kokonaisilmapäästöjen perusteella tapahtuma on luokiteltu INES-asteikon vakavimpaan eli seitsemänteen luokkaan, mutta tarkkaa pääs-

töarviota joudutaan vielä odottamaan. Tämänhetkiset arviot liikkuvat jodin ja cesiumin osalta n. 10 – 20 %:ssa Tshernobylin onnettomuuden päästöistä; muista nuklideista ei kunnollisia arvioita vielä ole. Ensimmäisenä keinona tilanteen stabilisointiseksi laitospaikalle on ranskalais-amerikkalais-japanilaisin voimin rakennettu puhdistusjärjestelmä, jolla reaktorin jäähdytykseen käytetty ja reaktoripaineesta sekä suojarakennuksesta ulos vuotanut vesi saadaan puhdistettua ja kierrätettyä uudelleen vaurioituneiden reaktorisydänten jäähdyttämiseen niin, että saastuneen veden kertyminen laitospaikalle saadaan pysäytettyä. Tämä järjestelmä on saatu käyttöön kesä-heinäkuun vaihteeseen →



Kuva 3. Fukushiman laitosisyksiköiden jälkilämpöpoistojärjestelmät: 1. Sammutetun reaktorin jäähdytysjärjestelmä, 2. Sydämen matalapaineinen hätäruiskutus, 3. Korkeapaineinen apusyöttövesi, 4. Eristysjäähdytysjärjestelmä (RCICS, 2.-6. yksiköt), 5. Eristyslauhdutin (1. yksikkö), 6. Boorausjärjestelmä.

Kuva: Dr. Matthias Braun



Kuva 4. Fukushima Dai-ichin ykkösyksikön sääsuojan tukirakenteita koeasennettuna ONahaman satamassa 24.6.2011. Kuva: Tepco

sa, ja ensimmäisten käyttökokemusten perusteella se näyttää poistavan radioaktiivisia aineita suunnitellusti. Toinen käynnissä oleva hanke on kevlar-materiaalista tehtyjen pressuhallien pystyttäminen estämään radioaktiivisten hiukkasten pääsy laitoksilta tuulen ja sadeveden mukana ulos. Näiden tukirakenteiden pystytys aloitettiin heinäkuun ensimmäisellä viikolla.

Polttoainealtaiden tilaa on toistaiseksi ylläpidetty syöttämällä niihin vettä joko laitoksen omia järjestelmiä tai betonin pumpausajoneuvoja käyttäen. Polttoainealtaisissa olevan polttoaineen poistamisesta ei toistaiseksi ole julkisesti esitetty suunnitelmia tai aikatauluja.

Erilaisuus- ja moninkertaisuusperiaate vanhemmissa ja uudemmissa laitoksissa

Fukushima Dai-ichin ydinvoimalaitoksen yksiköt edustavat vanhaa ydinvoimalaitossuunnittelua ajalta, jolloin laitosten suunnitteluperusteet ja esim. vikasietoisuusvaatimukset eivät vielä olleet vakiintuneet. Huonona puolena tästä on epätasaisuus eri uhkien ja niitä vastaan suunniteltujen turvallisuusjärjestelmien mitoituksessa, mutta toisaalta vahvana puolena useiden diverssien järjestelmien olemassaolo. Hieinan karrikoiden voisi sanoa, että koska suunnittelijat eivät vielä olleet tehneet lopullista valintaa eri järjestelmien paremmuuden välillä, niitä oli "testausmielessä" rakennettu useita erilaisia: ykkösyksiköllä lämpöä saatiin siirrettyä reaktorista ulos eristyslauhduttimen kautta, ja mikäli eristyslauhduttimeen olisi saatu palovettä ja

akkusähköä ja venttiilit pidettyä auki, sydänvaurio olisi vältetty täydellisestä vaihtosähkön menetyksestä huolimatta. Vastavasti kakkos- ja kolmosyksiköillä oli höyryturpiinikäyttöiset apusyöttövesipumput, joilla saatiin ostettua useita tunteja lisäaikaa sydämen jäädyttämiseen ja jälkilämpöä pienentämiseen, kunnes lauhdutusaltaan lämpeneminen ja akkusähköjen ehtyminen vei nämäkin järjestelmät käyttökunnottomiksi. Tätä kirjoitettaessa ei ole selvillä, miksi lauhdutusaltaaseen ei onnettomuuden alkuvaiheessa syötetty lisävetä, jolla sen kykyä ottaa vastaan primääripiiriin jälkilämpöä olisi voitu pidentää ja höyryturpiinipumppujen käyttökuuntoisuutta mahdollisesti ylläpitää pidempään. Periaatteellinen mahdollisuus suojarakennuksen vesitäyttöön olisi joka tapauksessa ollut olemassa.

Vastaavaa käyttövoimadiversiteettiä on myös ASEA-Atomin vanhimmilla laitoksilla (eristyslauhdutin Oskarshamn 1:ssä, höyryturpiinipumppu Ringhals 1:ssä), mutta uudemmissa ruotsalaisissa BWR-laitoksissa, mukaan lukien Olkiluoto 1/2, diversiteettiä on vähennetty samalla kun järjestelmien vikasietoisuutta on parannettu moninkertaisuutta ja erottelua lisäämällä. Riippu-

vuus sähkön saannista on uudemmilla laitoksilla suurempi kuin vanhimmilla, ennen suunnittelukriteerien systematisoimista suunnitelluilla laitoksilla, mutta toisaalta täydellisen sähkön menetyksen todennäköisyys on pyritty varavoimajärjestelmien sijoittelulla ja osittaisella diversifoinnilla saamaan mahdollisimman pieneksi. Osassa kaikkein uusimpia ydinvoimalaitoksissa on jälleen tarjolla passiivisia, sähköstä riippumattomia järjestelmiä – kuten eristyslauhdutin – joilla laitosten sydänvaurioriskiä täydellisen sähkönmenetyksen tapauksessa voidaan pienentää. Painevesilaitoksissa sähkönmenestylanteissa on yleensä enemmän aikaa toimia johtuen höyrystimien suuremmasta vesimäärästä, ja mikäli primääripiiri (mukaanlukien pääkiertopumppujen tiivisteet) pysy tiiviinä, jälkilämpö voidaan poistaa yksinkertaisesti puhaltamalla höyryä sekundääripuolelta taivaalle ja syöttämällä uutta vettä höyrystimiin. Se, kuinka hyvin veden syöttömahdollisuudet höyrystimiin on diversifioitu, riippuu laitostyyppistä, ja tässäkin tapauksessa uudet laitokset saattavat olla diversifiointimielessä heikompia kuin vanhat laitokset - etenkin, jos vanhoja on aikojen kuluessa näiltä osin paranneltu.



Kuva 5. Fukushima Dai-ichin nelösyksikön polttoaineallas on viimeisenä ilman jäädytyskiertoa räjähdysen vaurioitettua putkistoa. Kuva: Tepco 29.6.2011

Varautuminen suunnitteluperusteet ylittäviin tapahtumiin

Fukushiman ydinvoimalaitoksen järjestelmien oli osoitettu täyttävän kaikki turvallisuusvaatimukset realistisina pidettyjen ulkoisten uhkien varalta. Onnettomuus johdettiin siitä, että rantaan iskeneen hyökyaallon korkeus ylitti selvästi suunnitteluperusteeksi otetun arvon (5,7 metriä). Tällaisesta, tietyn rajan jälkeen tapahtuvasta merkittävästä tilanteen vakavoitumisesta käytetään nimitystä "cliff edge"-ilmiö. Suhtautuminen ilmiöön vaihtelee: joissakin maissa raja laitokselta vaadittavan turvallisuustason ja vaatimusten ulkopuolelle jätettävien ilmiöiden välillä on tiukka ja tarkasti määritelty.

Suomessa noudatettavan ajattelun mukaan suunnitteluperusteiden systemaattinen täyttäminen ei riitä, vaan myös suunnitteluperusteiden ulkopuolisia ilmiöitä on tutkittava, jotta mahdolliset "cliff edge"-ilmiöt tulevat mahdollisimman hyvin havaituiksi ja niitä vastaan voidaan varautua. Tämän lähestymistavan hankaluus tiukkaan suunnitteluperustekriteeristöön verrattuna on tietynlainen epämääräisyys, joka on ongelma erityisesti maissa, joissa on paljon keskenään kilpailevia ydinvoimaoperaattoreita tai ydinennergian käyttö on voimakkaasti politisoitunutta. Tällaisessa tilanteessa voimayhtiöillä ei välttämättä ole halua heikentää taloudellista kilpailukykyään tekemällä laitosmuutoksia, joihin ei ole ehdotonta, lakipykäläistä johdettavissa olevaa ja juridisesti yksiselitteistä velvoitetta. Myös viranomaisen voi olla vaikea varmistautua siitä, että kaikkia luvanhaltijoita kohdellaan tasapuolisesti, mikäli riittävän ja riittämättömän turvallisuustason välinen rajankäynti edellyttää selvien sääntöjen lisäksi ilmiöiden ja kriteerien syvälle menevää tapauskohtaista arviointia.

Mitä onnettomuuden perusteella pitäisi tehdä?

Jatkuvan parantamisen periaatteen voi Fukushiman onnettomuuden valossa toivoa saavan nykyistä vahvemman jalansijan kaikissa maissa, joissa ydinvoimaa käytetään.



Kuva 6. Laitospaikan akustojen tyhjennyttyä sähköä instrumenteille syötettiin tilapäisjärjestelyin. Kuva: Tepco 20.3.2011

Vaikka monessa tämän tapahtuman esiin nostamassa ongelmassa voidaan todeta asioiden Suomessa olevan kohtalaisen hyvällä tolalla, turhaan itsetyytyväisyyteen ei kenelläkään ydinturvallisuuden kanssa työskentelevällä ole täälläkään varaa tuudittautua. Onnettomuuden jälkeen Työ- ja elinkeinoministeriö pyysi Säteilyturvakeskukselta selvitystä siitä, millaiset valmiudet Suomen käytössä, rakenteilla tai suunnitelluissa olevilla ydinvoimalaitoksilla on selvittää nykyiset suunnitteluperusteet ylittävistä ulkoisista uhkista. Selvityksen perusteella tarvetta akuutteihin korjauksiin Suomen laitoksilla ei ole, mutta joitakin pidemmän aikavälin parannustoimia on syytä tehdä koskien esim. Olkiluoto 1/2 -laitosyksiköiden reaktorien jäähdytettävyyttä täydellisessä vaihtosähkön menetyksessä ja Loviisan laitoksen tulvasuojausta.

Tietoa mahdollisista ydinturvallisuuden parantamiskohteista tulee maailmassa mm. IAEA:n ja WANOn kautta vuosittain noin tuhannen raportoidun tapahtuman tai havainnon muodossa, ja mikäli tätä suurta kokemusmassaa osataan ja maltetaan analysoida riittävällä huolella ja tehdä tarvittavat turvallisuusparannuk-

set heti kun tarvetta todetaan olevan, yksittäisestä seurauksiltaan vakavasta onnettomuudesta ei periaatteessa pitäisi aiheutua sen suurempaa muutostarvetta kuin jostain pienemmästä tapahtumasta, joka nostaa samat heikkoudet esiin. Kun Fukushiman ydinvoimalaitos nyt nostaa tapetille suunnitteluperusteet ylittävän ulkoisen uhan seuraukset ja turvallisuusjärjestelmien sähköriippuvuuden, ydinlaitosten tekniikan lisäksi on syytä tehdä kriittinen arvio myös ydinturvallisuudesta vastaavien ja sitä valvovien organisaatioiden toiminnasta: mikäli onnettomuuden seurauksena nähdään tarpeelliseksi tehdä muutoksia laitosten turvallisuusjärjestelmiin, olisivatko samat muutostarpeet olleet johdettavissa jo aiemmin tiedossa olleesta käytökokemustiedosta? Ja jos olisivat, miksi muutokset ovat jääneet tekemättä, ja onko ydinturvallisuusorganisaatioiden toiminnassa näiltä osin tarvetta parannuksiin?

DI Riku Mattila
ylitarkastaja
Reaktori- ja turvallisuusjärjestelmät
Ydinvoimalaitosten valvonta
STUK
riku.mattila@stuk.fi



28 år (hittills) av nordiska reaktorfysikmöten

Nordens reaktorfysiker har samlats till konferens vartannat år sedan 1983, då Chalmersprofessorn **Nils Göran Sjöstrand** tillsammans med **Sten-Örjan Lindahl** skickade ut en inbjudan till ett möte om "Status of static reactor calculations in Nordic countries" i Göteborg.

Redan tidigare hade det förekommit nordiska reaktorfysikmöten, "NRF", som ett forum för utbytande av information motiverat av den samnordiska representationen i OECD:s NEACRP (Nuclear Energy Agency Committee on Reactor Physics). NRF-mötena krympte dock så småningom ihop till mycket småskaliga tillställningar med 1 - 2 deltagare från var och en av de fyra forskningscentralerna Risø i Danmark, VTT i Finland, IFA (Institut for atomteknikk) i Norge och AB Atomenergi (som senare blev Studsvik Energiteknik) i Sverige.

Sedan Sverige helt och hållet uteblivit från det tjugofemte och sista mötet i november 1981 i Halden beslöt man att upphöra med dessa sammankomster. Ett kontaktnät upprätthölls dock med **Hans Neltrup** som Danmarks representant, **Pekka Silvennoinen** som Finlands, **Torfinn Skarhamar** som Norges och **Kim Ekberg** som Sveriges.

Pausen blev i alla fall bara två år lång och den år 1983 inledda mötesserien har haft deltagare från alla slags företag med någon form av intresse för reaktorfysik: kraftbolag, universitet och högskolor, forskningsinrättningar, strålsäkerhetsmyndigheter, reaktor- och bränsleleverantörer, konsulter och programutvecklare.

Normalt brukar 30 - 50 representanter för 10 - 20 olika firmor vara med, av naturliga skäl i allmänhet något färre i Danmark och Norge än i Finland och Sverige. Under senare år har främst **Erik Nonbøl** (Danmark), **Randolph Höglund** (Fin-

land), **Lars Moberg** (Norge) och **Lindahl** (Sverige) fungerat som kontaktpersoner. Sten-Örjan är den enda som deltagit varje gång, medan författaren till denna rapport har missat ett möte, på grund av en annan samtidig resa. Med två så exotiska alternativa resmål som Västerås i Sverige och Veracruz i Mexiko föll valet den gången på Veracruz.

Totalt har under årens lopp ca 200 föredrag om reaktorfysik hållits av ungefär lika många deltagare. Den sammanlagda deltagarlistan för de 15 mötena är som en kort who-is-who-förteckning över de senaste årtiondenas reaktorfysiker i norra Europa. Sverige och Finland dominerar förstås, medan de danska och norska inslagen så småningom minskat. Dessutom har det förekommit deltagare från många andra länder, en del särskilt inbjudna bekanta, men också personer som råkat arbeta eller studera i Norden vid det aktuella tillfället.

Finland står alltså i tur vart åttonde år och de tre första gångerna (1987, 1995 och 2003) var VTT värddorganisation, medan TVO ställde upp som arrangör år 2011. Det har nu också blivit tradition att Finland vinner ishockey-VM varannan gång som mötet hålls här; år 1995 dessutom lämpligt dagen efter att VM avslutats, så vi i Finland hade glädjen att genast kunna gratulera våra svenska gäster med anledning av Sveriges silvermedalj.

Officiella "proceedings" har publicerats (i rapportserien VTT Symposium) bara de gånger som VTT varit arrangör, i övrigt existerar det presenterade materialet endast i form av de kopior som distribuerats till deltagarna i pappers-, eller numera också i elektroniskt format.

Årets möte hölls dels på TVO:s Helsingforskontor, dels på Sveaborg, där "Pajasa-

li" erbjöd konferensutrymmen av passande storlek och den historiska omgivningen också var lämplig för konferensens kulturprogram, en rundvandring under ledning av kunniga guider.

På grund av att deltagarna var så många att det behövdes två grupper var det lämpligt med en engelsk- och en svenskspråkig guide.

Eftersom det kan antas att Finlands nya kärnkraftsprojekt är av rent allmänt intresse, inte bara från reaktorfysikalisk synpunkt, hade information om dem inbegärts från TVO (Olkiluoto 3, **Matti Paajanen** och Olkiluoto 4, **Jenni Takala**) samt Fennovoima (**Juhani Hyvärinen**).

Det egentliga konferensprogrammet var sedan lika omväxlande som vanligt med presentationer av beräkningsmodeller och nya program, nya reaktorkoncept, nya bränslen (torium), internationell forskningsverksamhet och jämförelser mellan olika slag av mätresultat och motsvarande beräkningar mm.

År 2013 skulle det igen vara dags för Norge och fast det (ungefär som vanligt) inte gavs några definitiva löften om plats eller tidpunkt så verkade representanterna för Halden tro på att det blir en fortsättning på traditionen också om två år.

Randolph Höglund
TVO
(tidigare VTT)
randolph.hoglund@tvo.fi

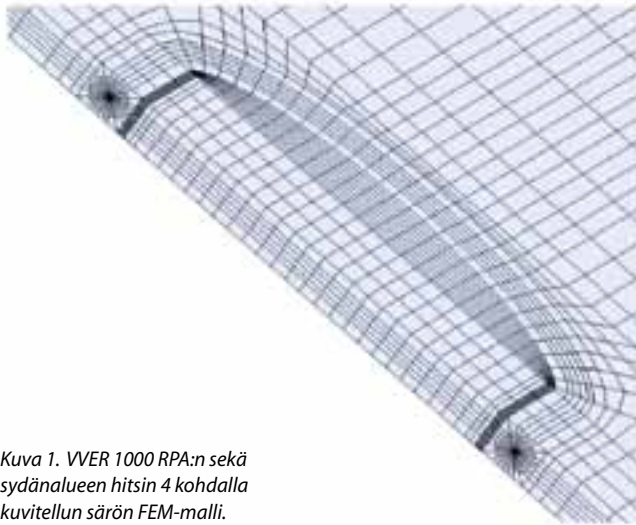


*Andra dagen på det femtonde nordiska reaktorfysikmötet
hölls på Sveaborgs fästning utanför Helsingfors.
Deltagarna framför konferensutrymmet "Pajasali"
författaren i mitten av första raden.*



Historien så här långt:

	Plats (värd)	Tidpunkt	Presentationer	Deltagare
1	Göteborg (Chalmers)	18.-19.1.1983	23	43
2	Roskilde (Risø)	19.-20.3.1985	19	36
3	Esbo/Helsingfors (VTT)	31.3.-1.4.1987	21	37
4	Oslo (Scandpower)	9.-10.3.1989	20	38
5	Stockholm (Vattenfall)	16.-17.4.1991	18	48
6	Roskilde (Risø)	5.-6.5.1993	24	39
7	Esbo/Helsingfors (VTT)	8.-9.5.1995	26	45
8	Kjeller (Scandpower, IFE)	13.-14.3.1997	23	41
9	Göteborg (Chalmers)	6.-7.5.1999	28	52
10	Roskilde (Risø)	14.-15.5.2001	14	23
11	Esbo/Helsingfors/Tallinn (VTT)	9.-10.4.2003	20	46
12	Halden (IFE/OECD Halden)	19.-20.5.2005	15	33
13	Västerås (Westinghouse)	29.-30.3.2007	33	81
14	Roskilde (Risø)	18.-19.5.2009	16	27
15	Helsingfors (TVO)	12.-13.4.2011	26	46



Kuva 1. VVER 1000 RPA:n sekä sydänalueen hitsin 4 kohdalla kuvitellun särön FEM-malli.



VVER-laitosten RPA:n säteilyhaurastumisen validointi ja murtumiskestävyyden varmentaminen

VVL:n reaktoripaineastian (RPA) sydänalue haurastuu käytön aikana neutroniannoksen vaikutuksesta. RPA:n säteilyhaurastumista seurataan reaktoriin sijoitettujen surveillance- näytteiden (seurantanäytteiden) avulla. Näin säteilytettyjä näytteitä poistetaan reaktorista sovitun ohjelman ja aikataulun mukaisesti määrävälein ja testataan kuumakammioissa materiaalin sitkeyden ja lujuuden selvittämiseksi laitoksen ikääntyessä. Ensimmäisen sukupolven VVER 440 -laitoksissa ei ollut alun perin seurantaohjelmaa. Loviisan 1 oli ensimmäinen VVER-laitos jonka reaktoriin asetettiin seurantanäytteitä säteilyhaurastumisen seurantaan varten.

Ensimmäinen näyte-erä poistettiin ykkösyksikön reaktorista ensimmäisen käyttöjakson jälkeen vuonna 1978. Näytteet testattiin VTT:lla vuonna 1980, kun Reaktorilaboratorioon rakennettu kuumakammio valmistui. Ensimmäiset testitulokset olivat yllättäviä ja osoittivat, että VVER 440 RPA:n säteilyhaurastuminen oli yli 2 kertaa nopeampaa kuin osattiin odottaa suunnitteluaineistojen perusteella /1/. Yhtiön johto sekä Säteilyturvakeskus olivat tuloksista hyvin huolissaan.

Tällöin päätettiin toimenpiteistä, joilla RPA:n turvallinen käyttö voidaan taata mahdollisimman pitkälle ajanjaksolle. Tärkein toimenpide oli sydämen pienentäminen. Reunimmaisiet polttoaine-elementit poistettiin reaktorista ja korvattiin suoja- eli dummy-elementeilla. Neutroniannosnopeus pahimmassa kehäsuunnassa saatiin puutoamaan kuudenteen osaan alkuperäisestä tasosta. Lisäksi tehtiin toimenpiteitä, joilla pehmennettiin paineastiaan kohdistuvaa lämpörasitusta mahdollisessa onnet-

tomuustilanteessa. Häätäjähdetyksakkujen veden lämpötila nostettiin 100 °C:een, ja häätäjähdetyksen lämpötila säädettiin 55 °C:een. Korkeapaineisten häätäjähdetyspumppujen nostokorkeutta alennettiin, korkeapaineisen häätäjähdetyksen syöttöä pienennettiin ja paineistimen ulospuhallusventtiilin kapasiteettia suurennettiin. Lisäksi RPA tarkastettiin useita kertoja sekä sisä-, että ulkopinnalta kehittyneillä ultraääni- ja pyörrevirtamenetelmillä sekä TV-kameralla.

Edelleen käynnistettiin useita tutkimusohjelmia materiaalin säteilyaurastumisen selvittämiseksi ja tehtiin mittavia lujuus- ja haurasmurtumisanalysejä käyttäen hyväksi näin saatuja tutkimustuloksia. Vuonna 1996 Loviisa 1:n RPA:lle tehtiin elvyttävä hehkutus, jolloin sydänalueen materiaalin sitkeys saatiin palautettua lähes alkuperäiseen tilaansa.

VVER 1000 -laitoksen RPA:n halkaisija sekä sydämen ja seinämän välinen etäisyys on huomattavasti suurempi kuin VVER 440:llä ja näin ollen RPA:n seinämään kohdistuva neutronisäteilyannos on melkein dekadin pienempi.

VVER 1000:n RPA:n materiaali on myös puhtaampi ja sisältää vähemmän haitallisia säteilyaurastumista edistäviä aineita kuten Cu, P, As, Sn ja Sb.

Tästä huolimatta myös VVER 1000:llä on todettu odotettua suurempi säteilyaurastuminen, mutta ongelma ei ole ollut yhtä vakava kuin VVER 440:llä.

TAREG 2.01/00 projekti: "VVER 1000 & 440/213 RPA:n säteilyaurastumisen validointi ja eheyden varmentaminen"

Euroopan komissio oli myös huolissaan VVER laitosten RPA:n eheydestä. Kun TACIS-tukiohjelmat aloitettiin vuonna 1990, VVER-laitosten RPA:n säteilyaurastumisongelmaan kiinnitettiin erityistä huomiota ja useita TACIS- ja PHARE-tukiohjelmia käynnistettiin RPA:n turvallisen käytön varmistamiseksi.

Tässä artikkelissa kerrotaan kahdesta hiltajattain päättyneestä RPA:n säteilyaurastu-

mista ja eheyttä käsitelleestä TACIS-ohjelmasta (TAREG 2.01/00 ja 2.01/03).

Euroopan komission yhteinen tutkimuskeskus IE-JRC oli TAREG 2.01/00 -projektin pääkoordinaattori. Projektin alihankkijoina olivat CRISM Prometey, RRCKI (Kurchatov-instituutti) ja Gidropress Venäjällä sekä KINR (Kiev Institute for Nuclear Research) ja IPS (Institute of Problems and Strength) Ukrainassa. Hyödynsaaja Venäjällä oli laitostomistaja Rosenergoatom ja Ukrainassa vastaavasti Energoatom. Projekti käynnistyi vuonna 2003 lokakuussa Pietarissa pidetyssä aloituspalaverissa.

Task 2: "Synthesis of VVER RPV materials embrittlement aspects and assessment of open issues"

Task 2:ssa käsiteltiin VVER-laitosten RPA:n säteilyaurastumista ja eheyttä, tarkasteltiin uusinta tietoa ja avoimia kysymyksiä sekä varmistettiin, että tärkeät tarpeet on huomioitu oikealla tavalla ja priorisoinnilla.

Tehtävää varten perustettiin Senior Advisory Group (SAG), johon kutsuttiin edustajia yllä mainituista venäläisistä ja ukrainalaisista organisaatioista sekä valituista kokeneista EC-maiden tutkimuslaitoksista (VTT), voimayhtiöistä (EdF, Tractebel), laitostoimittajista (Framatome ANP GmbH) ja viranomaisen tukiorganisaatioista (GRS), IE-JRC:stä sekä IAEA:sta. SAG kokoontui 2 kertaa IE-JRC:ssä Pettenissa.

Ensimmäisessä kokouksessa kukin osapuoli esitteli oman aiheraporttinsa ja kantansa VVER RPA:n säteilyaurastumisesta ja eheydestä sekä kommenttinsa venäläisten ja ukrainalaisten laatimasta yhteenvetoraportista.

Toisessa kokouksessa keskusteltiin edelleen valituista kriittisistä aiheista sekä laadittiin ehdotuksia ja suosituksia VVER RPA:n eheyden varmistamiseksi. Kokousten ja SAG-toiminnan tuloksena syntyi yhteinen "synteesiraportti", jonka jokainen osallistuja hyväksyi ja allekirjoitti. Näin EC sai vahvan asiantuntijatuen laajalle tutkimusprojektille.

Task 3 ja 4: "VVER 1000 and VVER 440/213 RPV embrittlement"

Task 3 ja 4:n tarkoituksena oli testattujen näytteiden neutroniannosten tarkentaminen, niiden valinta uusintakoestukseen sekä säteilyaurastumisen trendikäyrien uusinta. Neutroniannosten tarkentamisessa edettiin seuraavasti:

- Testattujen seurantanäytteiden neutroniannosten tarkentaminen käyttämällä uusia 3D- laskentamalleja ja -ohjelmia (Discrete ordinates Tort ja Monte Carlo) sekä tarkempia RPA:n sisäosien geometrioita.

- Näytekapseleiden todellisen orientaation selvittäminen vertaamalla näyte- ja kapselikohtaisia aktiivisuusmittauksia laskelmiin.

- Kehitettyjen laskentamallien ja menetelmien kokeellinen validointi.

- Seurantanäytteiden neutroniannosten arviointi huomioon ottaen näytteiden todellisen orientaation sekä lähimpien polttoaine-elementtien sauvakohtainen käyttöhistoria.

- Ehdotusten ja ohjeiden laadinta VVER-laitosten RPA:n seurantanäytteiden dosimetrian parantamiseksi.

- Kaikkien testattujen seurantanäytteiden neutroniannosten päivitys.

Neutroniannosten tarkennukset olivat hyvin tärkeitä VVER 1000-laitoksen RPA:lle koska seurantanäytteet sijaitsevat sydämen yläpuolella kohdassa, jossa annosgradientti on erityisen suuri.

Uudet annoslaskut osoittivat VVER 440/213 -laitoksen osalta, että lasketut seurantasauvojen neutroniannokset ovat systemaattisesti korkeammat kuin vanhoissa laskuissa. Tämä on RPA:n eheystarkastelun kannalta edullista, koska materiaalin sitkeyden muutos pohjautui arvioitua suurempaan neutroniannokseen. VVER 1000:n osalta uusien annoslaskujen tulokset osoittivat joissakin tapauksissa suurempaa ja joissakin tapauksissa pienempää annosta.

Näin tarkennettujen neutroniannosten perusteella valittiin testattujen iskusite-

näytepuolikkaat, joista valmistettiin uudet koesauvat rekonstruoidulla. Koesauvojen rekonstruointi ja uudestaan testaus tehtiin toisessa TACIS- projektissa - TAREG 2.01/03; "Neutron irradiation embrittlement assessment and validation of embrittlement models for VVER reactor pressure vessels". Tämä "kaksosprojekti" eteni rinnakkain ja syötti tärkeitä koetuloksia, joita käytettiin TAREG 2.01/00 -projektissa. RRCKI:ssa Moskovassa rekonstruointi ja testattiin yhteensä lähes 500 kpl VVER 1000 -laitoksen iskutkeys- ja murtumissitkeyssauvaa (Balakovo 1, Kalinin 1, Novovoronezh 5, Zaporozhje 1-5 sekä South Ukraine 1) ja 120 kpl VVER 440/213 laitoksen koesauvaa (Kola 3 ja 4 sekä Rovno 1 ja 2). VVER 440/213 -laitosten osalta tehtiin lisäksi testatuista koesauvanpuoliskoista 112 kpl minisauvaa murtumissitkeys-kokeita varten. KINR:ssa Kiovasa rekonstruointi ja testattiin 150 kpl iskutkeys- ja murtumissitkeyssauvaa (South Ukraine 1 ja 3 sekä Zaporoshe 6).

Edellä tehtyjen annoslaskujen sekä materiaalin sitkeyskokeiden perusteella VVER-laitosten seurantaohjelmien tulokset käsiteltiin ja arvioitiin uudestaan perustuen huomattavasti tarkempaan ja luotettavampaan tulos pohjaan. Tämän uuden datapohjan perusteella kummallekin laistyyppille kehitettiin uudet säteilyhaurastumisen "trendikäyrät" so. RPA-materiaalin sitkeysmuutos neutroniannoksen eli käyttöajan funktiona. VVER 1000 RPA:n sydänalueen hitsimateriaalille saatiin seuraava trendikaava (1).

(1)

$$\Delta T_F = A_F (F/F_0)^{0,8}$$

F = neutroni annos n/m², (E > 0,5 MeV),

$$F_0 = 1 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-2}$$

$$A_F = 0,703 \exp(0,883 C_{ekv})$$

$$C_{ekv} = C_{Ni} + C_{Mn} - 3,885 C_{Si}$$

C_{XX} = alkuainepitoisuus

ΔT_F = Materiaalin sitkeystransition lämpötilan siirtymä

Kaavasta nähdään, että säteilyhaurastuminen riippuu oleellisesti hitsin Ni- ja Mn-pitoisuudesta. Uutena havaintona to-

dettiin, että pii (Si) hidastaa haurastumista VVER 1000:lla. Uutena havaintona todet- takoon lisäksi, että VVER 1000 RPA:n materiaali on todettu alttiiksi termiselle vanhenemiselle, joten arvioitaessa materiaalin kokonaisuaurastumista vanhenemisestä johtuva melko huomattava kontribuutio $\Delta T_i(t)$ pitää lisätä kaavaan (1).

Vastaavasti VVER 440/213 RPA:n hitsin säteilyhaurastumiselle saatiin 3 eri annosriippuvuutta riippuen materiaalin Cu-pitoisuudesta. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat hitsit, joiden Cu < 0,08%, toiseen ryhmään hitsit joiden 0,08% < Cu < 0,13% ja kolmanteen ryhmään hitsit, joiden Cu > 0,13%. Kolmanteen ryhmään kuuluvan hitsin annosriippuvuus on tulosten ja analyysien perusteella kaavan (2) mukainen:

(2)

$$\Delta T_F = 6004[1 - \exp(-0,2 * F / \varphi^{-m})] * C_p C_{Cu} + 665((C_p - 0,026) + 0,013) [F / \varphi^{-m}]^{0,47}$$

φ = annosnopeudesta riippuva vakio

jonka perusteella määritetään potenssi m.

Kaava (2) osoittaa, että VVER 440/213 RPA:n sydänalueen hitsi on riippuvainen Cu- ja P- pitoisuudesta, kuten vanha trendikaava jo osoitti. Kaava (2) perustuu CRISM Prometeyn analyysien tuloksiin. RRCKI on eri mieltä ja esitti oman trendikaavan hitsin säteilyhaurastumiselle. Prometeyn kaavan datapohja sisältää myös lukuisia tuloksia, joissa koesauvat on säteilytetty tutkimusreaktorissa suuressa neutronivuossa. Tässä artikkelissa esitetään vain CRISM Prometeyn kaava, koska se on hiukan konservatiivisempi ja hajonta on pienempi RRCKIn kaavaan verrattuna. Loviisan YVL:n sydänalueen hitsit kuuluvat ryhmään 3 (Cu > 0,13%).

Task 5: "RPV Integrity Assessment"

Projektin Task 5:ssä analysoitiin VVER-laitosten reaktoripaineastioiden murtumiskestävyyttä ns. PTS-analyysin avulla (Paineistettu Terminen Shokki; Pressurized Thermal Shock), käyttäen hyväksi projektin edellisissä Taskeissa saatuja tuloksia ja

trendikäyriä. Lisäksi siinä hyödynnettiin uusia, edellä mainitun kaksosprojektin tutkimustuloksia koskien RPA:n pinnoitteen sitkeyttä ja neutronisäteilynkestävyyttä. RPA:n murtumisanalyysit tehtiin sekä Gidropressissa Podolskissa että IPS:ssa Kiovasa. Murtumisanalyysiin kuuluivat seuraavat vaiheet:

- Primaariipiirin ja hätäjähädytysjärjestelmän termo-hydraulinen analyysi
- RPA:n seinämän lämpökenttäanalyysit
- Jännitysanalyysit RPA:n sydänalueelle
- Jännitysintensiteetin (K_j) laskeminen postuloidulle pinnoitteen alaiselle vaaka- ja pystysuuntaiselle elliptiselle särölle (särön syvyys a = 0,07S_{RPA} ja pituus 2c = 6a)
- Postuloidun särön kasvu suunniteltujen kuormitusvaihtelujen vaikutuksesta 40 käyttövuoden aikana
- RPA sydänalueen materiaalin (perusaineen ja hitsin) murtumissitkeyden (K_{IC}) määrittäminen 40 käyttövuoden neutroniannoksella, mukaan lukien materiaalin terminen vanheneminen.

Murtumisanalyysit tehtiin uuden venäläisen haurasmurtumalaskentanormin /3/ mukaisesti kummassakin maassa. Venäjällä analysoitiin Balakovo 2:n (tyyppi V-320), Kalinin 1:n (tyyppi V-338) sekä Kola 3:n (tyyppi V-213) ja Ukrainassa Khmelnytsky 1:n (tyyppi V-320), South Ukraine 2:n (tyyppi V-338) sekä Rovno 2:n (tyyppi V-213) reaktoripaineastiain murtumiskestävyyttä suunnitellun käyttöajan lopulla (40 vuotta). Alkutapahtumiksi murtumisanalyysille valittiin seuraavat tapahtumat:

- SBLOCA, Small Break Loss of Coolant accident (VVER 1000)
- MBLOCA, Medium Break LOCA (VVER 1000)
- Paineistimen varoventtiilin tahaton aukeaminen (VVER 1000)
- Paineistimen varoventtiilin tahaton aukeaminen ja sulkeminen transientin myöhemmässä vaiheessa (VVER 440)
- Höyryntimen primäärikannen

aukeaminen (VVER 1000 ja VVER 440)
- Höyryputken katkeaminen ennen varoventtiiliä (VVER 440).

Valitut transientit ovat pahimmat mahdolliset RPA:n murtumisriskin kannalta ko. laitostyypeillä. Gidropress käytti TRAP-97 -ohjelmaa termohydraulisisissa analyyseissa. Hätäjäähdytysveden sekoitusta RPA:n yhdenalueella ja downcomerissa laskettiin OKBMIX-koodilla. Jännitysanalyysit tehtiin uusimpia 3D FEM-koodeja käyttäen. Ukrainassa IPS käytti MARC-koodia lämpökenttä-analyyseissä ja jännitysjakautuma laskettiin SPACE-koodilla. Haurasmurtumalaskuissa käytetty diskreetti FEM-malli VVER 1000 RPA:lle sekä kuvitellulle särölle on esitetty kuvassa 1 (sivulla 12).

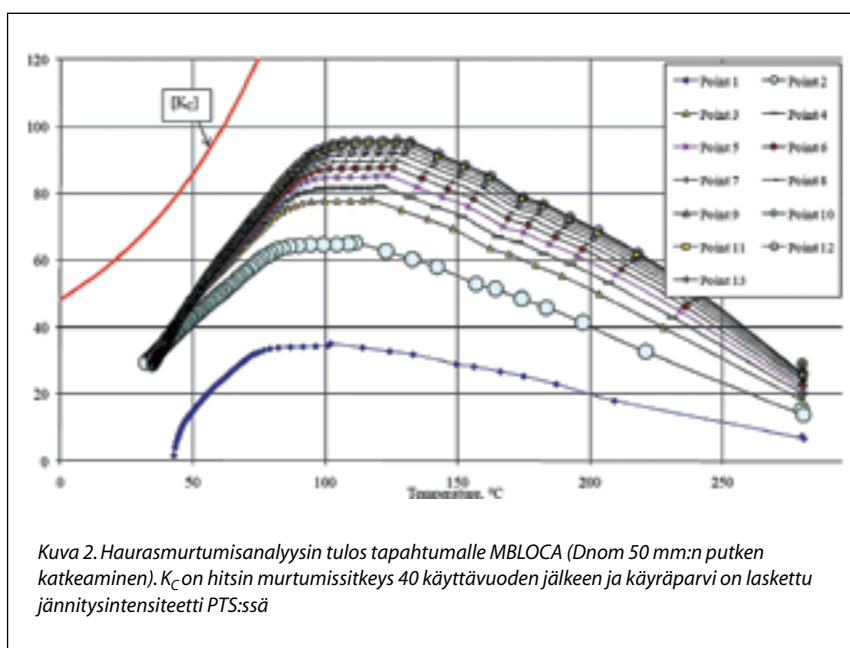
Uuden venäläisen normin /1/ mukaan RPA:n pinnoitteen eheys tulee varmistaa laskemalla pinnoitteen murtumissitkeys (J-integraali) ottaen huomioon neutronisäteilyn vaikutus.

Lisäksi tulee osoittaa ainettarikkomattomin tarkastusmenetelmin, että RPA:n pinnoite on ehjä. Jos pinnoitteen murtumissitkeys $J_c < 65$ N/mm, pitää normin mukaisesti tehdä tarkempi jännitysanalyysi, jolla tulee osoittaa, että pinnoite kestää PTS-transientin kuormitukset.

Jos tätä ei voida osoittaa, tulee RPA:n haurasmurtuma-analyysi tehdä postuloidulle pinnoitteen läpäisevälle särölle. Pinnoitteen epäedullisen jäännösjännitystilän takia pinnoitteen läpäisevän särön tarkastelu saattaa olla hyvin rankaiseva, koska pinnoitteeseen kehittyvä voimakas vetojännitys RPA:n jäähtyessä kuormittaa särörintamaa voimakkaasti /2/.

Tässä projektissa pinnoitteen murtumissitkeys täytti edellä mainitun vaatimuksen ($J_c > 65$ N/mm) RPA:n sydänalueella kaikilla tarkastelluilla laitoksilla. Pinnoite on myös todettu eheäksi tehdyissä RPA:n määräaikaistarkastuksissa. Tässä projektissa tarkasteltiin ainoastaan pinnoitteen alaisen särön ydintymiskäyttäytymistä kaikissa analysoiduissa laitostapauksissa.

RPA:n sydänalueen materiaalin kriittinen murtumissitkeysikä K_{Jc} on määritet-



Kuva 2. Haurasmurtumisanalyysin tulos tapahtumalle MBLOCA (Dnom 50 mm:n putken katkeaminen). K_{Jc} on hitsin murtumissitkeys 40 käyttövuoden jälkeen ja käyräparvi on laskettu jännitysintensiiteetti PTS:ssä

ty venäläisen haurasmurtumanormin /1/ periaatteiden mukaisesti käyttäen pohjana CRISM Prometeyn kehittämää ns. "Unified Curve";

$$(3) \quad K_{Jc(\text{med})} = K_{Jc,\text{shelf}} + \Omega(1 + \tanh[(T-130)/105]), \text{MPa}\sqrt{\text{m}}$$

Jossa $K_{Jc,\text{shelf}} = 26$ MPa; Ω = materiaalin tilasta riippuva vakio joka ottaa huomioon sekä materiaalin termisen vanhenemisen että säteilyhaurastumisen kaavan 4 mukaan:

$$(4) \quad \Omega = \Omega_0 \exp[-(C_T + C_F(F/F_0)^n)],$$

Seuraavassa on esimerkkinä esitetty Balakovo 2 RPA:n sydänalueen ylemmän hitsin kaavan (3) mukaan määritetty murtumissitkeysikä 40 käyttövuoden jälkeen:

$$(5) \quad K_{Jc} = 22 + 142[1 + \tanh[(T-130)/105]], \text{MPa}\sqrt{\text{m}}$$

Vastaavalla tavalla määritettiin kaikille mainituille VVER-laitosten RPA:n sydänalueen materiaaleille (hitsin ja perusaineen) kriittinen murtumissitkeys K_{Jc} murtumisanalyysia varten.

Tämän projektin tärkeänä osana on RPA:n haurasmurtumisanalyysi, jossa kuvitellun särön jännitysintensiiteetti, K_I , on laskettu PTS-transientin aikana. Laskennassa otetaan huomioon RPA:n paine, lämpötila sekä hitsin ja pinnoitteen jäännösjännitykset. On lähdetty siitä, että pinnoitteen jäännösjännitys on myötörajan suuruinen huoneenlämpötilassa. Ensin on laskettu J-integraali elastis-plastisilla FEM analyyseillä käyttäen MARC koodia. Tämän jälkeen särön jännitysintensiiteetti on laskettu kaavan (6) perusteella.

$$(6) \quad K_I = \sqrt{JE/(1-\nu)}$$

Haurasmurtumisanalyysin tuloksena on esimerkkinä esitetty Balakovo 2 PTS-onnettomuus "primaariipiirin D50 mm putken katkeaminen" (MBLOCA). Kuviteltu 14,2 mm syvä ja 42,6 mm puoli-elliptinen pinnoitteenalainen särö sijaitsee RPA:n sydänalueen ylemmässä hitsissä primaariipiirin sisääntuloyhteen (D=850 mm) alapuolella ns. kylmän kielen alueella. Kuvaan on piirretty valitun hitsin kriittinen murtumissitkeys, K_{Jc} , 40 käyttövuoden jälkeen sekä sarja laskettuja jännitysintensiiteettikijän arvoja särörintaman eri kohdissa; point 13 vastaa särön syvintä kohtaa ja point 1 pin-

noitteen rajapintaa. Haurasmurtumisanalyyseissa särön katsotaan ydintyvän, kun kuvan K_{IC} - ja laskettu jännitysintensiiteetti-
käyrä kohtaavat. Tämä lämpötila on kyseisessä tapauksessa korkein sallittu "transi-
tiolämpötila", jota venäläisessä haurasmur-
tumisstandardissa /3/ kutsutaan T_g -ksi.

Tässä voidaan todeta, että murtuman ydintymiseen on runsaasti marginaalia (noin 40 °C). Tämä marginaali voidaan muuntaa käyttövuosiksi edellä kuvatun kaavan (1) avulla. Vastaavalla tavalla laskettiin kuvitellun särön käyttäytymistä valituille laitoksille kaikissa ym. onnettomuus-tilanteissa. Tulokset osoittivat, että särö on suurella marginaalilla stabiili kaikissa tarkastelluissa tapahtumissa kummallakin VVER-laitostyyppillä.

Tulosten tarkastelu ja yhteenveto

Haurasmurtumalaskujen tulokset osoittivat, että kaikki projektissa analysoidut VVER-laitosten RPA:t kestävät pahimpia laitoksen PTS-transientteja turvallisella varmuusmarginaalilla. Herkkyystarkastelujen perusteella kuvitellun särön konfiguraatiolla on ratkaiseva merkitys murtumisanalyyssin kannalta.

Tässä projektissa murtumisanalyytit on tehty venäläisen haurasmurtumanormin /3/ mukaisesti. Jos pinnoite on todettu eheäksi ainetarikkomattomilla tarkastuksilla ja jos edelleen pinnoite täyttää asetetut sitkeysvaatimukset, pinnoitteen läpäisevää säröä ei tarvitse analysoida PTS analyysissä.

Mikäli nämä ehdot eivät täyty, pitää venäläisen normin mukaan analysoida pinnoitteen läpäisevää säröä. Tämä johtaisi paljon huonompaan tulokseen, koska pinnoitteen epäedullinen jäännösännitystila lisää huomattavasti särön kuormitusta PTS-tilanteessa kuten edellä mainittiin /2/. Tältä osin kansainvälinen trendi (VERLIFE, RCCM, ASME etc.) on yhtenevä uuden venäläisen normin kanssa sallien yleisesti pinnoitteen alaisen särön analysoinnin, edellyttäen, että pinnoite on todettu eheäksi havaitun tai kuvitellun

särön päällä kuten IAEA-Tecdoc-1627:ssa /4/ on todettu.

Pinnoitteen eheysvaatimusten kannalta venäläinen normi on edellä mainittuja länsinormeja tiukempi. Loviisan YVL:n haurasmurtumisanalyyseissä on perinteisesti tarkasteltu pinnoitteen läpäisevän särön käyttäytymistä lasketuissa PTS tilanteissa. Tätä tarkastelutapaa voidaan y.m. uusimpien normien ja suositusten perusteella pitää konservatiivisena. Reaktoripaineastioille saataisiin huomattavasti pitempi käyttöikä jos murtumisanalyytit tehtäisiin olettamalla pinnoitteen alaista säröä kuten tässä TEREK projektissa.

Edelleen IPS:n tekemät herkkyystarkastelut osoittivat, että venäläisen normin mukainen murtumissitkeysikäkäyrä (Unified Curve) on jonkin verran konservatiivisempi kuin Suomessa kehitetty ja lännessä yleisesti käytetty ns. "Master Curve".

TAREK 2.01/01 projekti oli vaativa johdun erityisesti sen riippuvaisuudesta rinnakkaisprojektin TAREK 2.01/03 tutkimustuloksista. Rinnakkaisprojektissa tapahtuneet, budjettiteknisistä syistä johtuneet viivästymiset vaikuttivat suoraan tämän projektin aikatauluun venyttäen sitä muutamalla vuodella. Aikatauluvaikkeuksista huolimatta kummatkin projektit onnistuivat teknisesti erinomaisesti ja suunnitellut tavoitteet saavutettiin.

■

Viitteet:

/1/ K. Torronen, B. Bars, M. Valo, VTT, R. Ahlstrand, Imatran Voima OY, "Surveillance Programmes and Irradiation Embrittlement Research of Loviisa Nuclear Power Plant." IAEA Specialists Meeting, Vienna, 8.-10.10.1984.

/2/ Paatilaainen P., Raiko H., Ahlstrand R., "Linear elastic fracture analyses of irradiated nuclear components having welded cladding", Paper G1/4, SMIRT 6, Paris, 1983.

/3/ "Procedure for analyses of in-service brittle fracture resistance of VVER RPVs", (MRKR-SHR-204), RD EO 0606 – 2005, ST Petersburg 2004

/4/ "Pressurized Thermal Shock in NPPs: Good practices for assessment", IAEA-Tecdoc-1627, Vienna, 2010.

Ralf Ahlstrand
European Commission
DG-JRC Institute for Energy
Petten, Netherlands
ralf.ahlstrand@ec.europa.eu



Ydinalan tuotteiden vientivalvonta

Vientivalvonnan tavoitteena on estää joukkotuhoaseiden leviäminen. Sitä toteutetaan kansainvälisten sopimusten ja monenvälisen vientivalvontayhteistyön avulla. Ydinalan vientivalvonta on osa kaksikäyttötuotteiden vientivalvontaa. Kaksikäyttötuotteella tarkoitetaan tuotetta, teknologiaa, palvelua ja muuta hyödykettä, jota normaalin siviililuontoisen käyttönsä tai sovelluksensa ohella voidaan käyttää joukkotuhoaseiden tai niiden maaliin saattamiseen tarkoitettujen ohjusjärjestelmien kehittelyyn tai valmistukseen taikka jolla voidaan edistää yleistä sotilaallista toimintakykyä.

Vientivalvonta perustuu kansainvälisissä vientivalvontajärjestelyissä sovittuihin valvontaluetteloihin. Suomessa vientivalvonnasta vastava lupaviranomainen on ulkoasianministeriö, Tulli valvoo vientejä rajoilla ja Säteilyturvakeskus ylläpitää kansallista rekisteriä ydinaineista ja muista ydinmateriaaleista sekä toimittaa IAEA:lle tietoja toteutuneista vienneistä.

Valvonnan perustana Zangger-komitea ja Nuclear Suppliers Group 1970-luvun alkupuolella syntyi kaksi kansainvälistä ydinalan vientivalvontajärjestelyä, Zangger-komitea ja ydinalan tuottajien ryhmä, Nuclear Suppliers Group.

Sveitsiläisen puheenjohtajansa nimeä kantava Zangger-komitea kokoontui miettimään erityisesti kahta ydinsulkusopimukseen liittyvää asiaa:

- mitä ovat sopimuksen 3 artiklassa mainitut "laitteet tai aineet, jotka on erityisesti suunniteltu tai valmistettu erityisen halkeamiskelpoisen aineen käsittelyprosessia, käyttöä tai tuotantoa varten" ja

- millä ehdoilla em. tuotteita voidaan viedä toiseen maahan.



Alun perin mukana oli 15 maata, jotka vuonna 1972 pääsivät sopimukseen tuoteluettelosta ja menettelytavoista. Tuoteluettelo julkaistiin ns. Trigger-listana ja toimintusehtoja oli kolme:

1. Ydinainetta saa viedä ydinaseettoa maahan vain sillä ehdolla, että sitä ei käytetä ydinaseisiin tai muihin ydinräjähteisiin,

2. Ydinaine tai muu ydinmateriaali se tulee IAEA:n safeguards-valvonnan alle

3. Tuotteita ei jälleenviedä ilman, että vastaanottajamaa hyväksyy tuotteille IAEA:n safeguards-valvonnan.

Tuotelistaa ja vientiehtoja on päivitetty vuosien kuluessa ja nykyisin Zangger-komiteaan kuuluu 38 maata. Menettelyt on kuvattu IAEA:n asiakirjassa INFCIRC 209/Rev.2.

Nuclear Suppliers Group, NSG, joka perustettiin 1974 Intian ydinasekokeiden jälkeen, on nimensä mukaisesti ydinalan tuotteiden toimittajamaiden yhteenliittymä. Se on sopinut omat menettelynsä ja sillä on oma tuoteluettelo. Tuoteluettelo oli laajempi ja se sisältää myös ydinalan tietoa-aineistot. NSG poikkeaa Zanggerista myös siinä, että se edellyttää kaikenkattavaa safeguards-valvontaa ja IAEA:n suositusten mukaisia turvajärjestelyjä. Tuotteita ei saa viedä ennen kuin vastaanottajamaan hallitukselta on saatu sitoumus (ns. Government-to-Government Assurances) vientiehtojen täyttymisestä.

Myöhemmin vuonna 1992 NSG julkaisi ns. kaksikäyttötuoteluettelon ja hyväksyi sille omat menettelytavat. Näiden tuotteiden viennille ei edellytetä hallitusten välisiä takuita, vaan vastaanottajan loppukäytätodistus siitä, että tuotteita käytetään vain rauhanomaisiin tarkoituksiin, riittää. Tuotteet ovat sellaisia, joilla on muutakin kuin ydinalan käyttöä.

Nykyisin NSG:hen kuuluu 46 maata ja sen menettelytavat ja tuoteluettelot löytyvät IAEA:n asiakirjoista INFCIRC/254/Part 1 (erityisesti ydinalalla käytettävät tuotteet) ja INFCIRC/254/Part 2 (ydinalan kaksikäyttötuotteet). NSG:n ja Zanggerin tuoteluettelot ovat vuosien kuluessa lähentyneet, samalla kun Zangger-komitean käytännön merkitys on vähentynyt. Suomi on mukana molemmassa järjestelyissä.

EU:n vaikutus vientivalvontaan

Vuonna 2000 tuli voimaan ensimmäinen EU-maiden yhteinen vientivalvonta-asetus. Se kattaa kaikkiin joukkotuhoojaisiin liittyvät tuotteet, ydinaseiden lisäksi myös tavanomaiset aseet, kemialliset ja biologiset aseet sekä ohjusteknologia on huomioitu. Ydinalan tuotteiden osalta EU:n tuoteluettelo perustuu NSG:n tuoteluetteloihin Part 1 ja Part 2.

Asetusta päivitettiin vuonna 2009 niin, että nykyisin se kattaa osittain myös tuotteiden välityksen ja kauttakulun (Neuvoston asetus (EY) N:o 428/2009). Asetus edellyttää lupaa liitteessä 1 mainittujen tuotteiden vientiin EU:n ulkopuolelle, mutta suu-

relle osalle tuoteluettelon tuotteista riittää ns. yleislupa. Ydinalan tuotteiden sääntely on tiukempaan niin, että monille tuotteille tarvitaan lupa myös EU:n sisäisiin siirtoihin.

Kansallinen vientivalvonta

Suomessa vientivalvonnasta säädetään vientivalvontalaille (562/1996), jolla tarkennetaan EU:n vientivalvonta-asetuksen määräyksiä. Näissä vienti tarkoittaa tavanomaisen EU:n ulkopuolelle tapahtuvan viennin lisäksi myös ohjelmistojen ja tietoa-aineiston siirtoa määräpaikkaan sähköisillä viestimillä tai näiden asettamista sähköisessä muodossa EU:n ulkopuolisen oikeushenkilön saataville.

Vientilupaa haetaan EU-asetuksen mukaisella lomakkeella, joka löytyy UM:n vientivalvonnan nettisivuilta. Hakemukset pannaan vireille UM:n sähköisiä hakemuslomakkeita käyttäen asiointipalvelussa. Poikkeuksena tästä ovat tuotteet, jotka ovat ydinenergialain mukaista ydinjätettä (esim. käytetty ydinpoltoaine). Niiden viennistä säädetään ydinenergialailla ja lupaa haetaan Säteilyturvakeskukselta. Vientilupa myönnetään aina määräaikaisena.

Tuotteet, jotka kuuluvat vientivalvonnan piiriin, on lueteltu EU:n vientivalvonta-asetuksen liitteessä I, jossa on 10 erilaista tuoteryhmää (Taulukko 1). NSG:n Part 1 mukaiset tuotteet ovat ryhmässä 0. Näitä ovat ydinpoltoainekiertoon liittyvät aineet, laitteet, laitteistot ja tietoa-aineistot (Taulukko 2) ja tuotteita on yhteensä yli 100. Viime vuosina Suomesta on viety lähinnä Apros-ohjelmistoa sekä joitakin ydinaineiden näyte-eriä. Vuosittain myönnetään tyypillisesti alle kymmenen lupaa Part 1 -tuotteiden vientiin.

Ennen näiden ydinspesifisten (0-kategoria) tuotteiden vientiluvan myöntämistä UM pyytää vastaanottajamaan hallitukselta NSG:n mukaisen vakuudet siitä, että

- tuotteita ei käytetä ydinaseiden tai muiden ydinräjähteiden valmistukseen,
- niihin kohdistuu kaikenkattava IAEA:n ydinmateriaalivalvonta,
- tuotteisiin sovelletaan IAEA:n suositusten mukaisia turvajärjestelyjä ja

Taulukko 1.

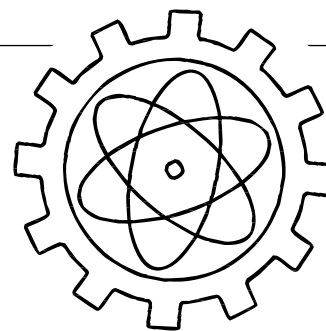
EU:n vientivalvonta-asetuksen mukaiset kaksikäyttötuotteiden ryhmät:

0	Ydinaineet, laitteistot ja laitteet
1	Erityismateriaalit ja niihin liittyvät laitteet
2	Materiaalien käsittely
3	Elektroniikka
4	Tietokoneet
5	Tietoliikenne ja tiedonsuojaus
6	Anturit ja laserit
7	Navigointi ja ilmailu
8	Meriteknologia
9	Ilma- ja avaruusalusten työntövoima

Taulukko 2.

Ydinspesifiset kaksikäyttötuotteet (EU:n vientivalvonta-asetuksen ryhmä 0)

0A001	Ydinreaktorit ja niiden komponentit
0B001	Isotooppierotuslaitokset, niiden laitteet ja komponentit
0B002	Isotooppierotuslaitoksien UF ₆ -korroosiota kestävästä aineista tehdyt apujärjestelmät, laitteet ja komponentit
0B003	Uraanin konversiolaitokset ja niiden laitteet
0B004	Raskaan veden tuotantolaitokset sekä niiden laitteet ja komponentit
0B005	Polttoaineen valmistuslaitokset ja niiden laitteet
0B006	Jälleenkäsittelylaitokset ja niiden laitteet ja komponentit
0B007	Plutoniumin konversiolaitokset ja niiden laitteet
0C001	Ydinaineet
0C002	Deuterium, raskas vesi ja muut deuterium-yhdisteet
0C003	Reaktoriluokan grafiitti
0C005	Kaasudifфуusiokalvojen valmistukseen valmistetut UF-6 resistentit yhdisteet ja jauheet
0D001	Ohjelmistot, jotka on suunniteltu ja muunnettu em. tuotteiden kehittämistä, tuotantoa tai käyttöä varten
0E002	Teknologia (tietoaaineisto) em. tuotteiden kehittämistä, tuotantoa tai käyttöä varten



- niitä jälleenviedään vain näillä samoilla ehdoilla.

Lupaehtona on yleensä määräys siitä, että viennistä on ilmoitettava Säteilyturvakeskukselle. Tämä sen vuoksi, että STUKin on raportoita tiettyjen tuotteiden vienti edelleen IAEA:lle.

Ydinalan kaksikäyttötuotteet (NSG:n Part 2) ovat sekaisin muissa ryhmissä. Ne tunnustaa siitä, että luettelossa näiden kolmas numero on 2 (esim. 3A231 = neutronigeneraattorit).

Esimerkkeinä näistä voidaan mainita uraanin rikastuksessa käytettävät autoklaavit ja taajuusmuuntimet. Näitä lupia myönnetään vuosittain muutamia.

Kansallinen lainsäädäntö antaa mahdollisuuden myös ns. catch-all -menettelyyn, jossa lupaa edellytetään myös valvontaluetteloon kuulumattomalta tuotteelta. Näin voidaan menetellä, jos on perusteltu syy epäillä, että tuotetta käytettäisiin joukkotuhooaseisiin tai niiden suunnitteluun tai valmistukseen.

Kansalliseen catch all -päätökseen liittyen listaamattomien taajuusmuuntimien vientiä on viimeksi kuluneen parin vuoden aikana luvitettu eräisiin sensitiivisiin määrämisiin, mutta joitakin lupia on myös evätty näihin maihin.

EU:n sisäiset siirrot

Ryhmän 0 tuotteille edellytetään pääsääntöisesti lupaa myös EU:n sisäisiin siirtoihin. Poikkeuksen muodostavat köyhdytetty ja luonnon uraani sekä matalasti rikastettu uraani, erottamaton plutonium sekä raskas vesi ja grafiitti muuhun kuin ydinkäyttöön.

Tätäkin lupaa haetaan em. lomakkeella ulkoasianministeriöstä. EU:n sisäisiin siirrot eivät muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta edellytä NSG-vakuuksien pyytämistä.

Yhteenveto

Ydinalan tuotteiden vientivalvonta on aloitettu 1970-luvun alkupuolella ja vuosien varrella valvonta on muuttunut kattavammaksi. Nykyään valvotaan ydinmateriaalien ja -laitteiden lisäksi mm. kaksikäyttötuotteita ja ohjelmistoja. Suomessa vientivalvonnasta vastaa ulkoasianministeriö, jota tulli ja STUK tukevat. Toiminta on EU:n asetusten ja IAEA:n periaatteiden mukaista. ■

FK Arja Tanninen
STUK
Apulaisjohtaja
Ydinjätteiden ja ydin-
materiaalien valvonta
arja.tanninen@stuk.fi



Maailma on muuttunut, muuttuuko IAEA?

Kun ydinsulkusopimusta valmisteltiin Kuuban kriisin jälkimainingeissa 1960-luvulla, maailma oli jakautunut itään ja länteen. Ranska ja Kiina olivat vastikään tunnustautuneet virallisiksi ydinasevalloiksi Yhdysvaltojen, Neuvostoliiton ja Ison-Britannian joukkoon.

Vuonna 1968 allekirjoitettu ja vuonna 1970 voimaan astunut ydinsulkusopimus (Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, NPT) velvoitti viittä ydinasevaltaa lukuun ottamatta muut maat pidättäytymään ydinaseen kehittämisestä. Kaikki ydinmateriaali alistettiin IAEAn suorittamalle kansainväliselle valvonnalle ja yhteistyötä ydinenergian rauhanomaisen käytön edistämiseksi haluttiin vahvistaa.

Suomi liittyi vuonna 1957 perustetun Kansainvälisen Atomiennergiajärjestön IAEA:n jäseneksi ensimmäisenä valittuna jäsenenä järjestön yleiskokouksessa syksyllä 1958.

Suomessa punnittiin myös vaihtoehtoa olla perustajajäsenten joukossa, mutta valtion energiakomitea päätyi suosittelemaan jäseneksi liittymistä vasta järjestön perustamisen jälkeen.

Ydinenergian käyttömahdollisuuksia oli pohdittu tiedemiespiireissä aktiivisesti koko 1950-luvun ajan. Suomi tarvitsi energiaa nopean teollistumisen ja sotakorvausten takia. Vuonna 1957 Otaniemessä oli järjestetty ensimmäiset reaktoriteknilliset kurssit ja samana vuonna tulivat voimaan sekä atomiennergialaki että säteily-suojelulaki.

Yhdysvalloista hankittu Otaniemen tutkimusreaktori FİR 1 aloitti toimintansa vuonna 1962. Otaniemen tutkimusreaktorin polttoaineen hankinta oli Kansainvälisen Atomiennergiajärjestön historiassa ensimmäinen hanke, joka käynnisti toden teolla kymmenen vuotta kestäneet neuvottelut kansainvälisen ydinmateriaalien

turvallisuusvalvonnan eli safeguards-valvonnan periaatteista.

Vielä 1960-luvulla ydinenergian käytön valvonta perustui valtioiden välisiin kahdenvälisiin sopimuksiin. Pienten riippumattomien maiden näkökulmasta tehokas kansainvälinen valvontaelin oli maakohdasta tasapainoilua parempi vaihtoehto. Tällä hetkellä ydinsulkusopimuksen on allekirjoittanut yhteensä 190 maata. Ydinmateriaalien valvontaa tehdään 71 maassa yli 900 ydinlaitoksessa.

Irakin sota käännekohtana

1990-luvun alussa alkoi julkisuuteen tihkua tietoja ydinmateriaalien laittomasta leviämisestä yhä kasvavissa määrin. IAEA:n toimet keskittyivät aluksi Irakiin ja Pohjois-Koreaan.

Persianlahden sodan jälkeen Irakin salainen ja varsin pitkälle kehitetty ydinaseohjelma ajettiin alas 1990-luvun aikana YK Turvallisuusneuvoston päätöslauselmien pohjalla. Vuonna 2003 Yhdysvallat ja Iso-Britannia perustelivat vielä toista Persianlahden sotaa Irakin väitetyillä joukkotuhoaseilla, joista ei kuitenkaan löytynyt todistusaineistoa.

1990-luvun alussa selvisi myös, että Pohjois-Korea oli tuottanut salaisen ydinohjelman puitteissa joitakin asemateriaaliksi soveltuvaa plutoniumia, mutta määrästä ei ollut tarkkoja tietoja. Maa oli liittynyt Neuvostoliiton painostuksesta ydinsulkusopimukseen vuonna 1985. Käytännössä Pohjois-Korea irtautui ydinsulkusopimuksesta kuitenkin vuonna 1993 ja seuraavana vuonna se ilmoitti jättävänsä myös IAEA:n.

YK:n alaiset sopimukset korvattiin USA:n ja Pohjois-Korean välisellä puitesopimuksella vuonna 1994, joka kariutui joulukuussa 2002. Pohjois-Korean ensimmäisen ydinkokeen jälkeen 2000-luvulla ongelmaa on yritetty ratkaista niin kutsutun kuuden osapuolen neuvotteluissa, joihin ovat osallistuneet Pohjois-Korea, Etelä-Korea, Japani, Kiina, USA ja Venäjä.

Tilanne muuttui kansainvälisen yhteisön näkökulmasta oleellisesti marraskuussa 2010 kun Pohjois-Korean uraanin isotooppiirikastusohjelma tuli julkisuuteen. Tuoreimpien tietojen mukaan Pohjois-Korean korkeasti rikastetun uraanin varat ylittävät nykyiset plutonium-varannot kahdessa vuodessa.

”IAEA:n mandaatti riittää valvomaan ydinmateriaaleja ja niihin liittyviä tuotantolaitoksia, mutta varsinaista asevarustelua ei sen enempää IAEA kuin mikään muukaan kansainvälinen taho seuraa kokonaisvaltaisesti”, toteaa **Olli Heinonen** Harvardin yliopiston Belfer Center of Science and International Affairsista.

Heinonen siirtyi yliopistomaailmaan IAEA:n apulaispääjohtajan paikalta viime syksynä.

”Ydinmateriaali voidaan ydinaseen suunnittelu- ja testausvaiheessa korvata muilla raskailla metalleilla, esimerkiksi wolframilla. Samaan aikaan valtiolla voi olla useita ydinlaitoksia, joissa valvonnan alaisia materiaaleja tuotetaan täysin kansainvälisten sopimusten puitteissa. Kansainvälisen yhteisön on vaikea puuttua toimintaan, vaikka riskit tiedostettaisiin”, hän sanoo.

Kansainvälinen yhteistyö tuottaa tulosta

Kansainvälisen Atomienergiajärjestön menestystarinoihin kuuluu muun muassa Libyan ydinohjelman pysäyttäminen vuosina 2003 ja 2004. Ohjelman laajuus tuli ilmi eri maiden tiedustelupalvelujen ja IAEA:n tutkiessa pakistanilaisen **Abdul Qadeer Khanin** laajaa ydinmateriaalien ja –teknologian mustan pörssin välityskauppaa 2000-luvun alkupuolella.

Kolmekymmentä vuotta aktiivista toimintaa harjoittaneen ydinasekauppiaan asiakkaita olivat Libyan lisäksi muun muassa Iran, mahdollisesti myös Syyria ja Pohjois-Korea.

Lukuisissa maissa toimiva verkosto osti, varasti ja kauppassi edelleen ydinmateriaalin erottamiseen, rikastamiseen ja ydinaseen rakentamiseen soveltuvia laitteita, materiaaleja ja piirustuksia niitä haluaville.

”Teknologia ei luonnollisestikaan ollut alan terävintä kärkeä ja osa komponenteista löytyy tänäkin päivänä muilta teollisuuden aloilta ja siten helposti saatavissa. Ydinasetta havitteleville tahoille musta pörssi tarjosi kuitenkin kattavat ja perusteelliset tiedot ja materiaalit oman ydinaseen valmistamiseksi”, Heinonen kertoo.

Eri lähteiden mukaan A. Q. Khan aloitti salakaupan Libyan ja Pohjois-Korean kanssa 1990-luvun puolivälissä. Libyaan Khanin on raportoitu toimittaneen uraanin erottamisessa ja rikastamisessa käytettäviä sentrifugeja vuosina 1997–2003. Tämän lisäksi hän toimitti muun muassa laitteita, piirustuksia, suunnitelmia ja teknisiä ohjeita uraaniheksafluoridin ja rikastetun uraanin käsittelystä ja aseiden valmistamisesta.

Kansainväliset tarkkailijat löysivät Libyaasta vuonna 2003 materiaaleja ja komponentteja kaikkiaan 6000 sentrifuugin valmistamiseksi, joiden arvoksi CIA on arvioinut yhteensä 100-200 miljoonaa dollaria. Sentrifuugit olivat löytöhetkellä suurimmaksi osaksi vielä avaamattomina pakkausissaan. Libyan viimeaikaisten tapahtumien valossa IAEA onnistui toimimaan ajoissa ja edistämään merkittävästi globaalia ydinturvallisuutta.

Ydinenergian riskivaltioiden houkutteleva osaksi IAEA:ta ja kansainvälistä yhteisöä on jatkossa yhä räätälöidympää toimintaa. Vuodesta 1974 ydinenergiapakotteiden eristämä Intia on esimerkki valtiosta, jota on hivutettu mukaan kansainväliseen yhteistyöhön muutaman vuoden ajan. Maa ei ole tänäkään päivänä allekirjoittanut ydinsulkusopimusta tai YK:n alaista täydellistä ydinkoekieltosopimusta vuodelta 1996.

Vuonna 2006 alkanut Intian ja USA:n välinen yhteistyö on johtanut kuitenkin siviiliydinenergiaan liittyvien pakotteiden purkamiseen ja laitokohtaisen safe-guards-valvontasopimuksen allekirjoitukseen vuonna 2008. IAEA:n jäsenmaat esittivät Intian poikkeuksellisen kohtelun perusteeksi maan nopeasti kasvavan energiantarpeen ja sen, että oma ydinohjelma on pysynyt valtion rajojen sisäpuolella.

Muun muassa Irlanti, Itävalta, Uusi-Seelanti ja Australia ovat kritisoineet päätöstä jyrkästi. Sen sijaan muun muassa Britannia, Ranska, USA, Venäjä, Japani ja Korea edistävät ydinalan yhteistyötä sekä valtioina että erilaisten yritysvaltuuskuntien, koulutuksen ja mittavien rakennushankkeiden kautta.

Intiassa toimii tällä hetkellä 20 ydinvoimalaitosta ja suunnitteilla on useita kymmeniä lisää. ”Ongelmallisissa tilanteissa tulisi mahdollisesti tarkastella uusia lähestymistapoja. Moni maa, joita epäillään salaisista ohjelmista ja joita nykyisten kansainvälisten sopimusten noudattaminen ei kiinnosta, ovat pääsääntöisesti kehitysmaita, jotka ovat huolissaan kansallisesta turvallisuudestaan. Ne tarvitsevat ennen kaikkea vakautta, energiaa, ruokaa ja raaka-aineita”, Heinonen muistuttaa.

Kumppanuusohjelmilla pyritään täsmätoimintaan

Viimeisen kymmenen vuoden ajan ydinsulkusopimusta on täydennetty erilaisilla kumppanuusohjelmilla, joiden puitteissa esimerkiksi G8-maat, Yhdysvallat ja muiden muassa Suomi pyrkivät estämään valtioista riippumattoman ydinterrorismin uhkaa kansainvälisellä yhteistyöllä.

Tällaisia kumppanuusohjelmia ovat muun muassa Globaali kumppanuus -ohjelma, Proliferation Security Initiative (PSI), Kansainvälinen ydinterrorismin vastainen aloite (GICNT) sekä erilaiset kahdenväliset sopimukset, joilla eri valtiot pyrkivät muun muassa kauppapolitiikalla vahvistamaan ydinenergia-alan yhteistyötä erityisesti kehittyvien maiden kanssa.

Valtioiden ja kansainvälisen yhteisön tuki on olennaista, jotta ydinaseiden leviäminen voidaan rajoittaa tehokkaasti. Uraanin rikastusta ja asemateriaalin valmistamiseen tarvittavia komponentteja ja materiaaleja on vaikea kattavasti valvoa. Armeija osaa huolehtia aseista, mutta terroristien käsissä seuraukset ovat arvaamattomia.

”Mustasta pörssistä hankittuna vaati-mukset eri komponenteille ovat matalat. Ei haittaa, vaikka niitä joudutaan uusimaan muutaman kuukauden välein. Nykyiset valvontamekanismit on luotu aikana, jolloin tiedon, tavaroiden, ihmisten ja rahan liikkuminen oli huomattavasti nykyistä hitaampaa ja vaikeampaa”, Heinonen muistuttaa.

Vaikka ydinaseiden leviämisen kanssa käydään loppumatonta kilpajuoksuja, voi kansainvälinen yhteisö myös vaikuttaa myönteiseen kehitykseen. Nykyisten sopimusten piiruntarkkaa tulkintaa pitäisi esimerkiksi vahvistaa YK:n turvallisuusneuvoston päätöksillä, joilla korostetaan sopimusten henkeä.

”Tulee muistaa, että moni kehittyvä maa haluaa ydinvoimaa yhteiskunnan ja hyvinvoinnin rakentamiseen. IAEA:n tehtävänä on valvoa ja varmistaa, että se tapahtuu turvallisesti ja rauhanomaisesti. Siihen se tarvitsee selkeän toimivallan ja riittävät resurssit”, Heinonen painottaa.

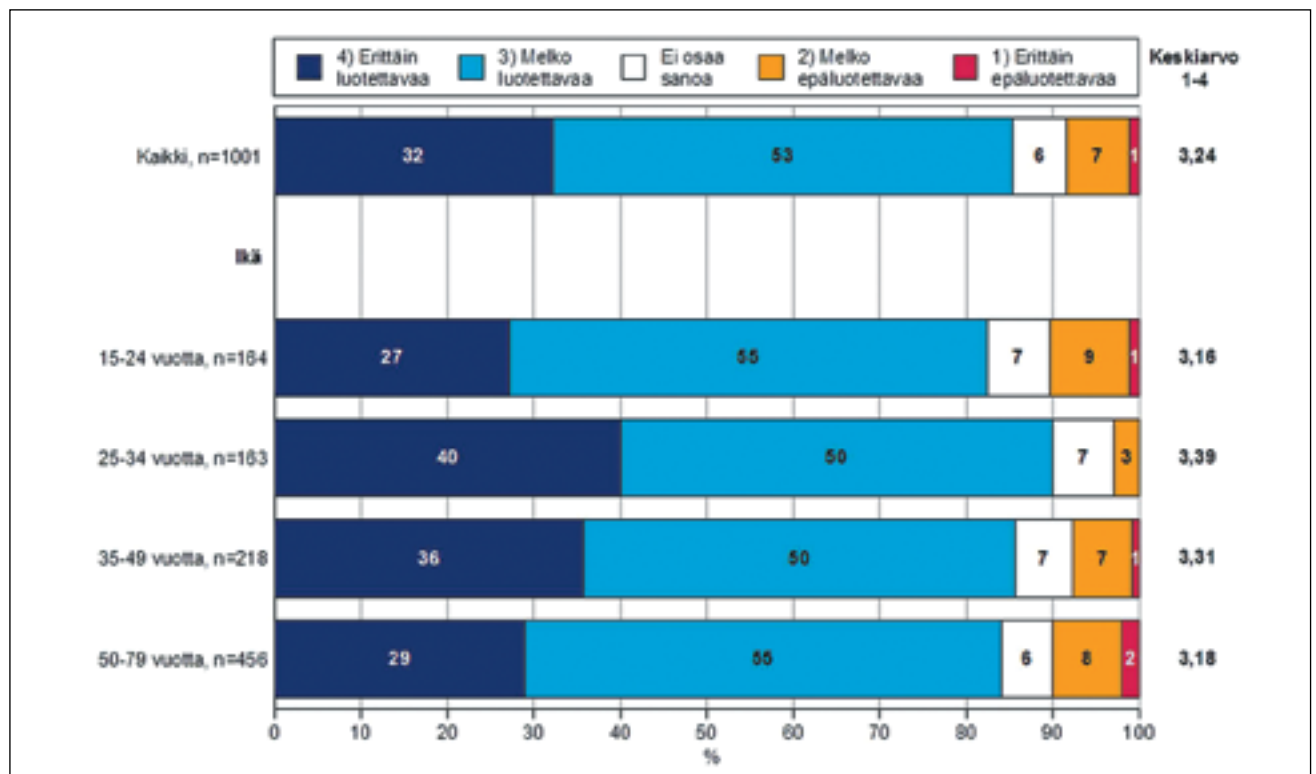
Olli Heinonen piti esitelmän maaliskuussa 2011 Suomen Atomiteknillisen Seuran kevätkokouksessa.



Anna-Maria Länsimies
anna-maria@ydiviestinta.fi

Fukushima testasi STUKin viestinnän

Japanin maanjäristys ja sitä seurannut hyökyaalto perjantaina 11. maaliskuuta jättivät Japanin itäran-
nikolla jälkeensä hirvittävän tuhon. Kokonaisia kaupunkeja huuhtoutui mereen, tuhannet ihmiset me-
nettivät henkensä. Kotinsa menettäneitä on satoja tuhansia. Tapahtuma järjestyttää koko Japanin yhteis-
kuntaa ja sen taloutta. Suomessa ja muuallakin Japanin ulkopuolella suurin kiinnostus liimaantui kui-
tenkin pian tuhoalueen ydinvoimaloihin ja Fukushiman Dai-ichin ydinvoimalaitoksen vaurioitumisen ai-
heuttamaan säteilyvaaraan.



Kuinka luotettavana Säteilyturvakeskuksen antamaa tietoa pidettiin (Taloustutkimus)

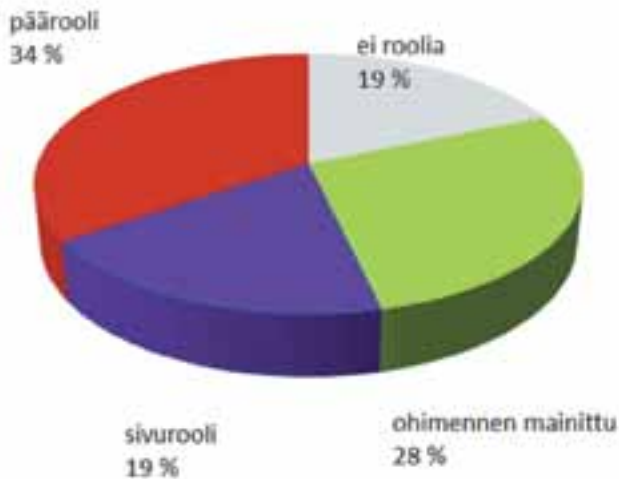
Suomessa Säteilyturvakeskuksesta tuli nopeasti tärkein asiantuntemuk-
sen lähde, kun etenkin media jano-
si tietoa Japanin ydinvoimalaitosten tilas-
ta. Ensimmäiset haastattelut annettiin ja
ensimmäiset tilannetiedotukset STUKin
nettisivuille laitettiin jo perjantai-iltapäivä-
nä. Seuraavien kolmen viikon aikana STUK
julkaisi yli 40 lehdistötiedotetta ja sen asi-
antuntijat antoivat tiedotusvälineille sato-
ja lausuntoja ja haastatteluja. STUKin asi-
antuntijoita näkyi ja kuului TV:n ja radion

uutis- ja ajankohtaisohjelmissä päivittäin
aamulähetyksistä myöhäisillan uutisiin.
STUK järjesti Fukushiman onnettomuu-
teen ja sen seurauksiin liittyen myös kaksi
tiedotustilaisuutta, joita pystyi seuraamaan
suorina lähetyksinä internetistä.

Japanin ydinvoimalaitosten tilasta huo-
lestuneet suomalaiset etsiytyivät tilanteen
alusta alkaen ahkerasti STUKin nettisivuil-
le. Käytön paineessa sivut kuitenkin pian
kaatuivat eikä niiltä saanut Japania kos-
kevaa tietoa noin neljän ja puolen tunnin

ajan. Tuonkin ajan STUKin asiantuntijat oli-
vat jatkuvasti toimittajien tavoitettavissa.
Lisäksi STUK otti sosiaalisen median vä-
lineet aktiiviseen käyttöön ja alkoi julkaista
Fukushimaan liittyvää tietoa Facebookissa
ja Twitterissä. Vilkkaimpana päivänä, tiistai-
na 15. maaliskuuta, STUKin Facebook-sivua
ladattiin reilusti yli 85 000 kertaa.

Käyttökatkon jälkeen STUKin normaali-
lit nettisivut korvattiin pelkästään Fukus-
himan tilanteeseen keskittyneellä kriisivi-
vulla, joka kesti suurenkin kävijäpaineen.



- STUK oli kommentoijana tai se mainittiin noin 80 % kaikista jutuista.
- Päärooliosumia oli kohtuullisen paljon, näissä STUK oli ensisijaisena tai ainoana kommentoimassa tapahtumia Japanissa tai kertomassa niiden vaikutuksista Suomessa.
- Sävy STUK:ia kohtaan 97 % neutraali.
- Negatiivista sävyä tuli etupäässä tiedotuksesta, ennenkaikkea nettisivujen kaatumisesta, mutta myös joistakin kommenteista, jotka koettiin ylimielisiksi. (negatiivisia osumia oli 37 kappaletta, positiivisia vain 8)

*STUKin rooli
Fukushiman
onnettomuutta
koskevassa
uutisoinnissa
(m-Brain)*

Kaikki STUKin tekemät lehdistötiedotteet ja niitä tukeva muu aineisto oli seuraavien päivien aikana saatavilla tällä sivulla.

Tietoa kerättiin, analysoitiin ja jaettiin yötä päivää

STUKin tavoitteena oli antaa suomalaisille ja tiedotusvälineille paras mahdollinen asiantuntijatieta onnettomuuslaitosten tilanteesta ja säteilytilanteesta Japanissa ja muualla. Tiedon kokoaminen ei kuitenkaan ollut helppoa. Täsmällistä tietoa sen enempää laitosten tilasta kuin ympäristön säteilytilanteestakaan ei ollut tarjolla.

Suomessa voitiin vain kuvitella, minkälaisessa henkisessä paineessa Japanissa tehtiin töitä ja miltä olosuhteet paikan päällä tuntuivat. Viranomaisilta, laitosten omistajalta ja käyttäjältä sekä tiedotusvälineistä ja kansainvälisistä organisaatioista tulleet tiedot STUKin asiantuntijat loivat omaan asiantuntemukseen perustuen parhaan mahdollisen tilannekuvan.

Työtä Fukushiman tilanteen takia STUKissa tehtiin yötä päivää kolme viikkoa. Päivisin tilannetta oli selvittämässä ja yleisöä sekä lehdistöä palvelemissa parikymmentä henkeä. Öisin päivystettiin pienemmällä kahden tai kolmen hengen porukalla. Noin 70 STUKlaista osallistui Fukushiman aiheuttaman tilanteen selvittelyyn. Toisille Fukuhimasta tuli muutamaksi viikoksi päätyö, toiset kävivät avustamassa lyhyempiä aikoja.

Ja kaikki tehtiin isossa julkisuuden paineessa. Täsmällistä tietoa Suomen tiedotusvälineiden tekemien Fukushima-aiheisten juttujen määrästä ei ole. Voi kuitenkin sanoa, että kiihkeimmän uutisoinnin aikana maaliskuun 11. ja 24. päivien välillä uutisvirta oli jatkuvaa.

STUKin oman lehdistöseurannan mukaan sen asiantuntijoita ja tiedotteita siteerattiin jutuissa hyvin paljon. Maaliskuun loppuun mennessä julkaistuihin jutuissa STUK oli pääasiallisena tietolähteenä joka kolmannessa Fukushima-aiheisessä jutussa ja vähintään mainittuna neljässä viidestä.

Suomalaiset saivat onnettomuudesta tarvitsemansa tiedon

Ihmisiä kiinnostavat omaa arkipäivää lähellä olevat asiat. Halutaan tietää, onko itse turvassa ja Fukushiman tilanteesta se, ovatko turvassa läheiseni, jotka ovat Japanissa tai jossain siellä päin.

STUK teetti Taloustutkimuksella selvityksen, jossa suomalaiset saivat kertoa, mitä ajattelevat Fukushima-uutisoinnista ja tiedotuksesta ja erityisesti siitä, kuinka STUK onnistui omassa viestinnässään. Kysely tehtiin toukokuussa, vastaajina oli 1001 15-79-vuotiasta suomalaista.

Tulokset kertovat, että kahdeksan kymmenestä suomalaisesta sai tietoa Fukushiman onnettomuuteen liittyvistä asiois-

ta juuri sen verran kuin tarvitsikin. Kysely paljasti myös, että vaikka tiedotusvälineiden käyttö muuttuikin jatkuvasti, televisio oli Fukushiman kriisissä yhä ehdottomasti tärkein uutisväline. Yhdeksän kymmenestä suomalaisesta piti televisiota vähintään tärkeänä, kuudelle kymmenestä se oli tärkein tiedon lähde.

Myös internet keräsi suomalaiset äärelleen. Puolelle vastaajista se oli tärkeä, joka viidennelle tärkein tietolähde. Netistä suomalaiset hakivat tietoa erityisesti kotimaisten tiedotusvälineiden sivuilta, yhdeksän kymmenestä netin käyttäjistä hakeutui median verkkopalveluihin. STUKin omilakin sivuilta tietoa haettiin, siellä ilmoitti käyneensä joka kymmenes nettiä tietolähteenään käyttänyt.

STUK onnistui tiedotuksessaan kansalaisten mielestä vähintäänkin kohtuullisesti. Joka kolmas vastaaja oli sitä mieltä, että STUKin antama tieto oli erittäin luotettavaa, puolet sitä mieltä että melko luotettavaa. Epäluottamuksensa STUKiin tietolähteenä ilmoitti kahdeksan sadasta vastaajasta.

Rivikansalainen on nykyään aktiivinen informaation tuottaja

Fukushiman ydinvoimaonnettomuus 11. maaliskuuta 2011 herätti uinuvan kiinnostukseni ydinvoiman teknistä puolta kohtaan. Mitä Japanissa oikein tapahtuu? Voiko sama tapahtua Suomessa?

Nkyajan kiihkeässä elämänrytmisessä perinteiset painetut lehdet ovat auttamatta liian hitaita merkittävien tapahtumien tiedonvälityksessä. Kun uusia tärkeitä tietoja ilmaantuu lähes joka minuutti, on ajatus tiedon odottamisesta seuraavaan päivään mahdoton. Internetin vaarana on toisaalta se, mistä löytää luotettavaa tietoa.

Modernit lehdet ovat onneksi siirtyneet tiedonvälityksessä internet-aikaan. Uutiset päivittyvät nopeasti lehden internet-versioon ja useimmiten ilmaiseksi. Aukaisemalla selaimen viisi kuusi omaa suosikkisivustoa ja päivittämällä sisältöä jatkuvasti on todennäköisyys suuri, ettei mikään keskeinen uutinen mene ohi suun.

Wikipedia yllättää ripeydellään

Fukushiman onnettomuuden seuraaminen Wikipediasta on ollut yllättävän kätevää. Ensimmäisen kuukauden aikana sivusto päivittyi lähes reaaliajassa. Toisaalta Wikipedian suurin ongelma on, että se on koostettu lähes yksinomaan lehtitiedoista. Jos lehdessä on virheellinen tieto, se melkein poikkeuksetta päättyy myös Wikipediaan. Wikipedian sivuilla oli yli kuukauden virheellinen tieto, että kuusi sotilasta olisi kuollut 3-yksikön räjähdyksessä.

Helsingin Sanomilla oli kuukauden verran jatkuvasti päivittyvä Japanin tilanteen seuranta. Se oli paras suomalainen keskeytymätöntä uutisvirtaa tuottava palvelu.

Japanilaiset uutispalvelut ja lehdet päivittävät internet-sivuilleen englanninkielistä materiaalia. Kyodo News ja NHK News ovat näistä ehkä toimivimmat. Jossakin vai-

heessa Kyodo News muutti kuitenkin ydinurmaa koskevan sisältönsä pääosin maksulliseksi. Fiksu surffailija pystyy useimmiten kiertämään tämänkin. Maksuttoman otsikon avulla voi Googlen tai muun hakupalvelun kautta yrittää etsiä koko artikkelin sisältöä; usein se löytyykin ilmaiseksi jonkin muun uutispalvelun sivuilta.

Yleistiedon tarpeen tyydyttämiseen riittää edellisten lisäksi muutama kotimainen ja ulkomainen uutispalvelu omien mielty mysten mukaan. Aivan ensimmäisten viikkojen aikana myös Ilta-Sanomat ja Iltalehti tarjosivat hyviä artikkeleita Fukushiman onnettomuudesta. Valitettavasti Japanin ulkopuolella ilmestyvien sanomalehtien kiinnostus Fukushimaan kuoli muutaman viikon jälkeen.

Missä lymyävät tiedemiehet?

Kun yleinen ymmärrys Fukushimasta saavutti tietyn tason, eivät tiedonhaun normaalit kanavat enää riittäneet. Lehdissä mainittiin, että reaktoreihin syötetään vettä, mutta kukaan ei kertonut, minne vesi menee. Oli käytettävä muita tietolähteitä.

Sähköposti on helpottanut ratkaisevasti rivikansalaisen mahdollisuuksia saada yhteys asiantuntijaan. Vielä 20-30 vuotta sitten etsittiin paikallisesta puhelinluettelosta sopiva instanssi, soitettiin numeroon, joka johti yleensä puhelinvaihteeseen, jossa vaihteenhoitaja yritti päätellä, minne puhelu kannattaisi ohjata. Siitä, oliko ketään paikalla, ei ollut mitään takeita. Vaihteeseen pystyi jättämään soittopyyynnön.

Internetin aikakaudella surffailija etsii instanssin hakukoneella. Enää ei tarvitse

rajoittua paikallisiin instansseihin eikä edes oman maan instansseihin. Surffailija etsii valmiiksi hierarkiasta kohdehenkilön eikä tyydy yleiseen sähköpostiosoitteeseen. Kysymys muotoillaan mahdollisimman pitkälle. Jos kohdehenkilö on lomalla, tulee yleensä automaattinen vastausviesti.

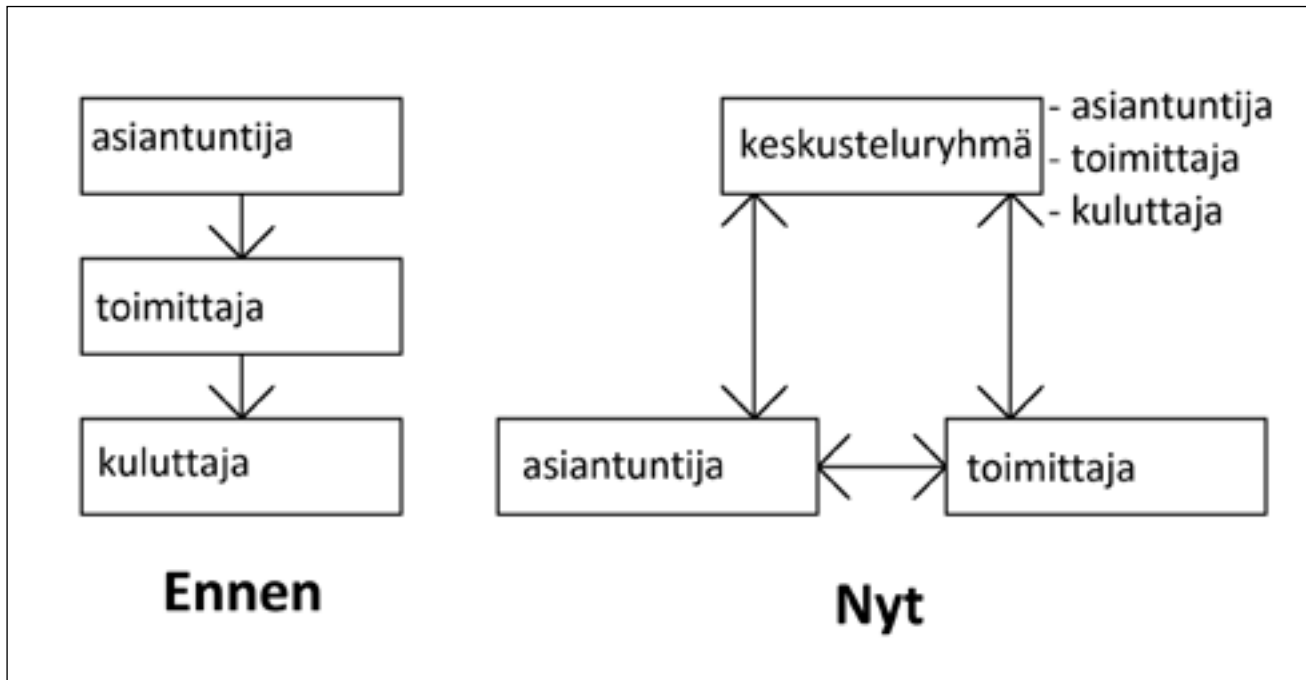
Vaikka rivikansalaisen mielestä tilanne on parantunut, asiantuntija voi kokea tilanteen toisin. Sähköposti on saattanut lisätä yhteydenottoja liiallisesti. Asiantuntija saattaa ärsyntyä, koska hänen täytyy vastata rivikansalaisen peruskysymyksiin. Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa asiantuntija alkaa suodattaa sähköpostiaan ja vastaa vain edistyneempiin kysymyksiin.

Rivikansalainen voi pitää loukkaavana, ettei sähköpostiin vastata. Asiantuntijalle se voi olla käytännön pakko.

Kysyin STUK:ilta sähköpostitse, minne jäähdytysvesi Fukushimassa menee. Sain kohtalaisen nopeasti asiantuntevan vastuksen. Sekä painekattilat että suojarakennukset todennäköisesti vuotavat ja jäähdytysvesi päättyy suojarakennuksen ulkopuolelle erilaisia reittejä pitkin. Samoihin aikoihin STUK:n pääjohtaja Jukka Laaksonen ilmoitti radiohaastattelussa samat tiedot.

Kun oli kulunut kaksi kuukautta tsunamista, ydinvoimayhtiö TEPCO ilmoitti, että reaktorien ytimet ovat todennäköisesti sulaneet ja pudonneet painekattilan alosaan. Pääjohtaja Laaksonen astui julkisuuteen ja soimasi ankarasti TEPCO:a. Laaksonen mukaan asiantuntijat ovat tienneet alusta saakka, että ytimet ovat todennäköisesti sulaneet. Kuitenkaan tätä tietoa ei suomalaisille ollut kerrottu aikaisemmin.

Jos tieto ytimien sulamisesta oli niin varma, kuin Laaksonen antaa ymmärtää, herää kysymys, miksi STUK ei tiedottanut siitä suomalaisia. Tieto olisi voinut vaikuttaa esimerkiksi Japanissa ja sen lähialueil-



Internetin myötä uutisvirran kuluttajasta on tullut aktiivinen osa vuorovaikuteista mediakenttää.

la matkailuvien suomalaisten omatoimisiin päätöksiin lähteä välittömästi kotiin.

Myös rivikansalainen voi oivaltaa

Internet on mullistanut asiantuntijan ja rivikansalaisen välisen kahdenkeskisen tiedonkulun lisäksi laajemmin koko mediakentän.

Entisaikaan asiantuntijat antoivat kommentteja median edustajille, jotka toimittivat niistä sisällön uutisvirran kuluttajille. Kuluttaja ei vuorovaikuttanut asiantuntijan kanssa vaan joko hyväksyi tai hylkäsi sen, mitä asiantuntija kertoi. Vuorovaikutus oli yksisuuntaista, ylhäältä alas.

Modernissa mediakentässä oleellinen muutos on tapahtunut internetin keskustelupalstojen kautta. Rivikansalainen voi mennä nimimerkin turvin keskusteluun mukaan, aikaisempaa tietämystä ei tarvita. Kyselemällä pääsee eteenpäin, paremmin tietävät neuvovat. Aina toki tilanne ei ole näin ihanteellinen, vaan joskus peruskysymyksen esittäjä jätetään oman onnensa nojaan. Silloin hänen on kahlattava vanhempaa keskustelua löytääkseen etsimänsä.

Keskustelupalstoilla on mukana ihmisiä laidasta laitaan. On niitä, joilla ei ole mitään liitosta käsiteltävään alaan, on muun alan

asiantuntijoita, jotka ovat kiinnostuneet uudesta aiheesta, ja on myös alan opiskelijoita ja asiantuntijoita. Ideat versovat, ja oivalluksia syntyy. Juuri tämä heterogeenisuus on keskustelun suola.

Aina asiantuntija ei ole se, joka tietää. Tarkkaavainen ummikko voi tehdä uutisvirrasta tuoreita havaintoja, jotka asiantuntija on sivuuttanut. Pienellä päättelytaidolla voi kuka tahansa yhdistellä palasia ja luoda pienen teorian, joka selittää yksittäisen tapahtuman paremmin kuin ydinvoimayhtiön tiedote.

Keskustelupalstat ovat aikaansa edellä

Suomessa Tiede-lehden keskustelupalstalla on ollut pitkä ketju Fukushima ydinturmasta. Kansainvälisen fysiikkafoorumin ydinturmaketjussa oli kolme kuukautta onnettomuuden jälkeen ollut reilusti yli miljoona katselukertaa. Mutta tehdäänkö keskustelupalstoilla tiedettä? Ainakin niissä syntyy teorioita ja oivalluksia, joissa on kuvattu yksittäisiä tapahtumia, ennen kuin media tai asiantuntijat ovat ehtineet raportoida niistä.

Nimimerkki AntonL esitti fysiikkafoorumissa teorian, jonka mukaan 4-yksikön räjähdys voisi olla seurausta 3-yksiköstä putkien kautta vuotaneesta vedystä. Vain noin

viikko tämän jälkeen TEPCO julkaisi tiedotteen, jossa se esitti yksityiskohtaisesti, miten vety olisi vuotanut 3-yksiköstä 4-yksikköön. Nimimerkki jlduh esitti, että veden liikkeitä reaktori- ja turbiinirakennuksissa voisi arvioida vertaamalla keskenään pohjaveden pinnankorkeutta ja rakennuksiin kertyneen seisovan veden pinnankorkeutta. Muutamaa päivää myöhemmin japanilainen sanomalehti Asahi Shimbun julkaisi uutisen, jossa oli esitetty samanlainen näkökulma. Lauserakenteet vastasivat toisiaan.

Edelliset esimerkit eivät todista kiistattomasti, että insinöörit ja toimittajat lukisivat keskustelupalstoja ja kopioisivat niistä ideoita. Ne todistavat kuitenkin sen, että keskustelupalstoilla esitetään ideoita ja oivalluksia, ennen kuin niitä on esitetty muualla mediakentässä.

Yksi petti kolmesta

Tiedonjanoni suuntautui seuraavaksi suomalaisia ydinvoimaloita kohtaan. Minua alkoi kiinnostaa, kuinka pitkälle yksittäisen työntekijän turvallisuutta on ajateltu suomalaisessa ydinvoimalassa. Missä vaiheessa rajat tulisivat vastaan?

Koostin pienen kysymyssarjan, jonka päätin lähettää sähköpostilla kolmelle erilaiselle taholle: Teollisuuden Voimalle, →

the watertable it seems, which may have moved up as you said with tsunami). So what I foresee is the possibility that when the basements were almost empty (with regular pumps ejecting out the inflows from the watertable, which was probably routine operation to keep these basements dry), then of course the direction of flow was from outside to inside (because of hydrostatic differential). When the basements are filling in with water, the differential is reducing and eventually, this differential can be inverted if water level inside basement becomes higher than water table level outside. Then the flow will invert also, and so leakage from basement towards watertable can happen (with contamination).

Things may be a little bit more complex than this but this is the general idea.



not isolated from the surrounding groundwater. Water levels in those buildings do not drop when water is removed.

As long as water is flowing from the surrounding groundwater into the contaminated water, because the level of the groundwater is higher than that in the basements, the threat of substantial leaks is not considered acute.

But if the level of the contaminated water rises above that of the groundwater, water would begin flowing in the other direction and is likely to spread contamination.

It has not been confirmed that contaminated water has leaked into the groundwater from the basements in large quantities, but the levels of

Kansainvälisessä fysiikkafoorumissa 27.5.2011 esitetty idea näkyi 30.5.2011 japanilaisen sanomalehden internet-versiossa.

STUK:lle ja Fennovoimalle. Kysymyssarjan osa-alueita olivat muun muassa suojapuvut, robotit, onnettomuuskoulutukset ja säteilymittaukset.

Kaikki nämä osa-alueet olivat Japanissa aiheuttaneet ongelmia.

Asiantuntijan ja rivikansalaisen välinen kiulu tuli esiin jo kysymysten asettelussa. Luin, että amerikkalainen yhtiö oli lähettänyt ilmaiseksi Japaniin kehittämiään kevytrakenteisia suojapukuja, jotka valmistajan mukaan kykenivät suodattamaan korkeaenergistä alfa- ja beetasäteilyä ja myös 50 % matalaenergisestä gammasäteilystä. Minua kiinnosti tietää, onko Suomes-

sa suojapukuja vakavia reaktorionnettomuuksia varten ja kuinka tehokkaita.

Fennovoiman edustaja vastasi kysymyksiini tyydyttävästi mutta suojapuvuista hän antoi selvityksen normaalissa käyttötilanteessa pidettävistä keveistä kangashaalareista, käsineistä ja tossunsuojista. Asiantuntija oli ilmiselvästi ymmärtänyt kysymyksen kontekstin väärin.

Myös STUK:n kanssa oli epäselvyyttä, mitä suojapukuja tarkoitin. Myöhemmin STUK:n asiantuntija kertoi, ettei suurta altistusta aiheuttavaa pitkäaikaista korjaustyötä arvioida tarvittavan Suomessa vakuassakaan onnettomuudessa. Vedenkes-

täviä suojavarusteita on kuitenkin olemassa esimerkiksi säätösauvojen huoltotöitä varten ja valmiuskäyttöön. Raskaampien suojavarusteiden tarkka lukumäärä ja valmistaja jäivät kuitenkin epäselväksi, vaikka juuri nämä tiedot kiinnostivat minua eniten.

Teollisuuden Voimalta ei tullut kysymyksiin lainkaan vastauksia.

Onko informaatio myös psykologista?

Minulle jäi kolmelle taholle suunnatun koekalastelun tuloksista mielikuva, että kaikkea Suomen ydinvoimaloihin liittyvää informaatiota ei ole helppo saada selville. Osasyynä on rivikansalaisen ja asiantuntijan tyystin erilaiset näkökulmat, mikä vaikeuttaa kommunikaatiota. Tämä näkyi muun muassa siten, että toinen STUK:n asiantuntijoista kehotti kysyjää tutustumaan ydinvoimalakiin ja ydinfysiikan kirjoihin.

Onko toinen syy kuitenkin siinä, että asiantuntija saattaa kokea jotkin kysymykset loukkaavina, jos on kasvanut liiaksi sisälle ydinvoima-alaan?

Tiede-lehden keskustelupalstalla kysymys suojapuvuista herätti palstan parhaassa asiantuntijassa voimakkaan reaktion ja kommentin, ettei kannata tehdä sensaatiota siitä, jos Fennovoiman tulevan laitoksen kustannusarviosta on unohdettu saappaat.

Tämänkaltaisen asennoituminen pienissä mutta tärkeissä asioissa jos mikä nakertaa ydinvoima-alan uskottavuutta rivikansalaisen silmissä. Rivikansalaisen kiinnostus voi myös toimia herätteenä, jonka seurauksena ydinvoima-ala parantaa tiedotustaan. Kun jokin kysymys on esitetty kerran, niin seuraavalla kerralla siihen voi antaa hiotumman vastauksen.

Yksisuuntainen malli asiantuntijalta rivikansalaiselle ilman vastavuoroisuutta on onneksi historiaa. ■

Eelis Laine
kirjailija
Pirkkala
pekka.eelis.samuli.laine
@gmail.com



Aunuksen koululaisten 2011-ekskursio Kuolan YVL:lle



”Rosenergoatom”-konsernin (jatkossa ”konserni”) veteraanitoiminnan puitteissa on tullut hyväksi perinteeksi vanhempien luokkien keskikouluoppilaiden ekskursiot energiantuotantolaitoksille, tapaamiset ydinvoima-alan kokeneiden veteraanien sekä muiden opetuslaitosten oppilaiden ja ylioppilaiden kanssa. Huhtikuun 18.-22., 2011 aikana toteutettiin karjalaisen Annuksen, ven: Olonets, keskikoulun 9. ja 10. luokkien koululaisten ekskursio ja seminaari temana ”Ydinvoiman kehitys Venäjän luoteisalueella”.

Ekskursio suuntautui Kuolan ydinvoimalaitokselle lähellä Polyarnye Zori-kaupunkia Kuolan niemimaalla ja museona toimivalle ydinkäyttöiselle ”Lenin”-jäänmurtajalle sekä fysiikan-energetiikan tiedekuntaan Petroskoin Yliopiston Kuolan filiaalissa (jatkossa yliopisto), Apatity-kaupunki. Lisäksi oli tapaaminen Polarnye Zory-gymnasian oppilaiden/opettajien kanssa sekä keskustelu Kuolan YVL-asiantuntijan **V. Berdinan** kanssa, joka dekontaminointitöiden johtajana oli Tshernobyl-laitoksella kesällä 1986. →



Valentina V. Berdina, Kuolan YVL-asiantuntija.

Ekskursion osanottajina oli 9. ja 10. luokkien oppilaita, fysiikan ja informatiikan opettajia ml. koulun johtaja **Nadezhda Zhatikova** ja minä – konsernin veteraanijärjestön asiantuntija **Vasili Kalinin**. Tammiukuussa 2011 luetteloon oli kirjattu 18 oppilasta, mutta Fukusima-onnettomuuden takia joidenkin oppilaiden vanhemmat kielsivät retkelle lähdön lapsiltaan.

Seminaari Aunuksen keskikoulussa

Ekskursion alkuna oli Aunuksen keskikoulussa aamulla 18.04.2011 pidetty em. seminaari, selostajana olin minä, saman koulun 1953-päästökäs. Kalvoja ja "LAES-2"-videofilmiä katsottiin suurella innolla. Kysymyksiä tulvi eri puolilta luokkahuonetta. Seminaariin osallistui 8.- 10. luokan oppilaita, fysiikan opettajat **Natalia Kanaeva**, **Anna Lesnitskaya** ja **Alexandr Ulyanov**. Välitunnin aikana useita 8.lk oppilaita riensi luokseen: he pyysivät järjestämään lisäekskursion Sosnovy Bor- kaupungin läheiselle LAES-2:n rakennustyömaalle. Päivällisen jälkeen ekskursion osanottajat nousivat bussiin ja meluisat nuorukaiset ajoivat onnellisina kohti Loteinoe Pole-rautatieasemaa ja sieltä junalla kohti Polyarnye Zori-

kaupunkia – ensimmäistä kertaa niin kauas kotoa! Aamulla olimme jo perillä.

Tutustuminen Kuolan ydinvoimalaitokseen

Ennen retkelle lähtöä olemme saaneet kuntoon koululaisten matka- ja ekskursiturvallisuuden vakuuspaperit Aunuksen kaupunkihallinnosta ja koulun johtajalta. Koululaisille oli kerrottu turvallisuudesta, opettajien vastuusta. Ekskursio Kuolan ydinvoimalaitokselle ja YVL:n info-keskukseen alkoi heti majoituksen jälkeen "Nivskie Berega"-hotellissa. Kerroin YVL:n rakentamisesta ja toiminnasta koululaisille lyhyesti matkan aikana: neljä VVER 440- reaktorilla varustettua laitostyksikköä on jo yli 30 vuotta jatkuvasti jauhanut sähköä ja lämpöä Polarnye Zori -kaupungin ja kyläseutujen asukkaita varten, myös sähköä Murmanskin alueen, Karjalan, Suomen, Ruotsin ja Norjan asukkaille sekä tuotantolaitoksille.

Info-keskuksessa insinööri **Tatyana Rozontova** kertoi esitustaulun ja -telineiden ääressä painevesireaktorin toiminnasta, ydinpolttoaineesta, säteilyturvallisuudesta, mm. "KolAtom"-radiologisesta järjestelmästä johon kuuluu liikkuva säteilymitta-

uslaboratorio, joka on saatu yhteistyölahjana EU:n ja Suomen taholta. Kuolan YVL on viime vuosina useampia kertoja voittanut kilpailuissa "Ekologisesti parhain tuotantolaitos", "Parhaat turvallisuussaavutukset", ansainnut "Eurooppalainen laatu" -kultamitalin, "Luonnonsuojeluteknologia" -palkinnon ym. Koululaisia kiinnosti kaikki, he vakuuttuivat laitoksen tiukasta säteilytarkkailusta ja -turvallisuudesta.

"Kuolan YVL:lla ei moniin vuosiin ole havaittu säteilypoikkeuksia normitasosta. Tämä ilahduttaa meitä ajatellen vaurioitunutta Fukusima-ydinlaitosta" – vetoaa 10. luokan Lilya S.

Kuolan YVL:lla on alkuvaiheessa valmistelutoiminnot kahden uuden VVER 1200-reaktorilla varustetun laitostyksikön rakentamiselle. Yksityiskohtaisesti kerrottiin TVEL-ydinpolttoainelementistä ja -nipuista, jotka sisältävät uraanipolttoainetta. Uraaniatomien radioaktiivisen hajoamisen tuloksena jatkuvasti erkaantuva lämpö otetaan talteen höyrytymässä, jossa muodostuva "puhdas" höyry pyörittää turpiinin ja samalla sähkögeneraattorin akselia: generoidaan ekologisesti puhdasta sähköä ihmisen tarpeiden tyydyttämiseksi. Turpiiniosastolla koululaiset tutustuivat laitost-

yksikön sähkötuotantoon sekä täysmitakaavan simulaattoriin, jonka avulla toteutetaan ydinreaktorin, turpiinikoneiston ja YVL:n ensiö- ja toisio-piirilaitteiden ohjaaminen kolmen operaattoripäivystäjän ja -toiminnan mukaan. Operaattorit mielellään vastailivat koululaisten ja opettajien lukuisiin kysymyksiin reaktorifysiikasta, tekniikasta ja automatiikasta, sekä turvallisuudesta reaktorin toiminnan aikana.

Kaikki kontaktihenkilöt YVL:lla olivat kohteliaita ja huomaavaisia, valmiita vastaamaan kysymyksiin ja auttamaan. Päätteeksi ekskursionaiset pistäytyivät ydinvoimalan forellilaitokselle ja vakuutuivat, että vaarallisuudesta huolimatta kalat pärjäävät ja kasvavat hyvin; ei paljon haittoja ole ihmisillekään. On selvää, että YVL:lla on nuodattava turvallisuusvaatimuksia.

Kuultiin kokemuksia Chernobylin onnettomuudesta

Iltapäivällä voimalan Info-keskuksessa oli tapaaminen **Valentina Berdinan**, Kolan YVL- veteraanin kanssa, joka Chernobyl-onnettomuuden tapahduttua oli työmatkalla työkavereiden kanssa pahasti vaurioituneella laitossyksiköllä suorittaen lukuisia ihmisten, kojeistojen ja huonetilojen dekontaminointitoimintoja. Ekskursiolaiset tutkivat

välittömästi V.Berdinan Chernobyl-YVL:n sisään-pääsykorttia, työvihko-suunnitelmia, toimintojen toteuttamismuistiinpanoja ym. asiapapereita touko-kesäkuun ajalta 1986. Koululaiset tarkkain kuuntelivat ja kyselivät Valentinalta yksityiskohtia Chernobyl-toiminoistaan – oli mielenkiintoista kuulla historiaa kamalasta onnettomuudesta ihmiseltä, joka itse on nähnyt, kokenut ja paljon raivannut hirmuisia turmioita...

Seuraavan päivän aamulla oli tapaaminen ja tutustuminen Polarnye Zori-gymnasiaan johtajan **E. Belevan, L. Solominan** ym. kanssa. Koulujohtajien lämpimien tervehdyspuheiden jälkeen sanoin tervehdyksen konsernin veteraanijärjestöltä ja luovutin gymnasiaan johtajalle konsernin kuvitetun kirjan ja kello-kalenterin sekä kutsun gymnasia-opettajille vierailemaan MIFI-laitoksen lyseossa ja tutustumaan konsernin Kriisikeskukseen Moskovassa. Nyt on saatu myönteinen vastaus Aunus-koulun yhteistyösopimusluonnokseen.



Ekskursiolaiset Kuolan YVL:n pienoismallin ääressä kuuntelemassa opas Tatyana Rozontovan esitystä.



Ekskursiolaiset atomikäyttöisen "Lenin"-jäänmurtajan vieressä

Ydinjäänmurtajamuseo

Sitten lähdimme ajamaan ekskursionibusilla kohti Murmanskia turistumiskäynnille Barentsinmeren rannikolla satamassa iäksi ankkuroidulle "Lenin"-jäänmurtajalle. Noin puoli vuotta sitten käytöstä poistettu ydinkäyttöinen jäänmurtaja on muutettu museoksi ja Venäjän luoteisosan Info-keskukseksi.

Maailman ainoan ydinkäyttöisen jäänmurtajalaivaston lippulaiva "Lenin" on 134 m pitkä, 30 m leveä, syväys 10,4 m, kansiseinämän korkeus 16 m, ydinkäyttöisen turpiinisähkövoimakoneiston tehokkuus 44 000 hv ja maksiminopeus 19,6 solmua.

Kahdesta ydinreaktorista saatava höyry siirtää kulkuvoimaa turpiini- ja sähkökoneiston avulla neljälle potkurille; pääpotkurin paino on 40 tonnia! Yli 30 vuoden käyttöiän aikana jäänmurtaja on tehnyt väylää järeissäkin jäissä 3 740 alusta varten ja kulkenut Pohjoisen Jäämeren oloissa yli 654 400 mailia. Yläkansirakenteiden katoksella on helikopteriruutu miehistön vaihtoa varten. Kaiken informaation koululaiset ja opettajat kuulivat **Sv. Pavlovan** kertomuksista.

Hyvin mielenkiintoista oli itse nähdä "sammutetut" ydinreaktorit turpiini/säh-

kökoneistoiheen, ohjauspulpetti lukuisine kojeineen ja pääpuhelimineen, sairaalaoasasto laboratorioineen ja leikkausosastoiheen, elokuvasali/ruokala lattiaankiinnitettyine pöytineen ja tuolineen, myös pianon jalusta olivat ruuvattu lattiaan.

Komentosilta muuttui nuorten uteliuden kulminaatiopaikaksi: joku kokeili istuskella kapteenin tuolissa ja liikutella ohjauspyörää, tarkkailla merikompassia ym. laitteita, ihaila sataman mastonäköalaa ja Barentsinmeren ulappaa. Kuvia otti jokainen meistä. Ja muistoksi sai ostaa jäänmurtajakortteja, -kirjoja ym. esineitä. Sitten infor-



Ekskursiolaiset tien risteyksessä. Viitta: Kola YVL.

maatiosalissa jokainen sai niin paljon uutta tietoa energiasta, ydinenergiasta ja –polttoaineesta sekä ydinvoimalapeleistä... Ja muistiviirejäkin saivat pelin voittajat.

Laskeuduttua portaista laiturille vielä pitkään useat Aunuskoulun ekskursiolaiset kulkivat paljon kokeneen jäänmurtajan lähellä sen koko pituudelta, ja kuului yhä uusia kameran napsahduksia ja salaman leimahduksia. Bussimatkalinkin Polarnye Zori-kaupunkiin jatkui ”Lenin” -jäänmurtajalla nähdyn ja koetun mielipidevaihto. Kaikki tämä jää muistiin kaikille nuorukaisille!

Kelluva ydinkäyttöinen lämpösähkövoimalaitos

Seuraavana aamuna Aunuskoulun oppilaat ajoivat Apatityn kaupungissa sijaitsevaan Kuolan Filiaaliin Petroskoin valtion yliopiston kokonaisuudessa. Suurin osa pitkän ja valoisan auditorion tuoleista pöytien ääressä oli jo varattu – eri kurssien ylioppilaita oli tullut kuulemaan uutta ilmoitettua teemaa: ”Kelluva ydinkäyttöinen lämpösähkövoimalaitos” niitä alueita varten, missä ei ole keskuslämmitys- ja sähköjakelujärjestelmiä. Audio/video-laitekin oli valmiiksi järjestetty kuntoon.

Meluisa oppilaskunta valitsi nopeasti vapaita istuimia ja alkoi kertomus siitä, miten oli alkanut suuren tehtävän ratkaiseminen.

Loogisena jatkona eilispäivän ekskursionle kerrottiin, että keluvan PATES-laitoksen perustaksi oli valittu jo yli 40 vuotta kymmenillä jäänmurtajilla käytetty painevesireaktori järjestelmineen, joiden vaikeissakin olosuhteissa saatu häiriötön ja varma käyttökokemus oli todistena ja vakuutena nyt uudenlaisen taloudellisesti tärkeän tehtävän ratkaisemisessa.

Nyt voisi ajatella myös PATES-laitoksien kansainvälisen tuotantolaitoksen perustamista – onhan hyvin positiivista kokemusta saatu esimerkiksi venäläis/suomalaisena yhteisprojektina jäänmurtajien rakentamisessa viime vuosikymmenien aikana. Ja kummallekin osapuolelle edullinen projekti! Hyvin mahdollista, että kahdenkymmenkahden maan tilauslistaa yhdessä voimme laajentaa myös Skandinavian maiden tilauksilla.

Ekologisesti puhdas projekti: rakentaminen tapahtuu tehtaalla ja käyttövalmis PATES-laitos hinataan tarvittavaan paikkaan vesiteitse ja liitetään heti paikkakunnan olemassaolevaan lämmitysjärjestelmään ja sähköverkostoon. Nyt on työn alla kahden PATES-yksikön rakentaminen Baltiinkin laivanrakennustelakalla Pietarissa – yksi Viluchinski-kaupunkiseutua varten Kamchatkalla, Venäjän Kaukoidässä, ja toinen Severodvinsk-kaupunkia ja samannimistä laivarakennustehtävästä varten.

Ensimmäisen PATES-laitosyksikön käyttöönotto on suunniteltu ja toteutuu vuonna 2012. Tähän mennessä on saatu toimituspyyntöjä 22 eri valtiosta. Paljon käytännöllisiä kysymyksiä oli sekä ylioppilailta (fysiikan/energetiikan tiedekunta), että myös keskikoululaisilta ja opettajilta. Lopuksi selostaja jakeli esitteitä ja lyhyitä videoita PATES-laitoksesta sekä ydinkäyttöisestä ”Lenin”-jäänmurtajasta mm. isän-

täyliopiston Ekologiakatederin asiantuntijalle **Alyona Liskovalle** ja Aunuskoulun fyysikan opettajalle **Anna Lesnitskajalle**.

Mineralogian museo

Apatity-retken päätteeksi Aunuskoulun opettajien pyynnöstä poikkesimme paikalliseen Mineralogian museoon, jossa on esillä laaja kokoelma mineraaleista ja hyödyllisistä kaivannaisista Kuolan niemimaalla, myös metallimalmien näytteitä. Hyvin suuri osa näistä löydetystä esiintymistä on jo vuosia (vuosikymmeniäkin!) ”odotellut” hyödyntämistä. Hyvin mahdollista, että vieraana olleet Aunuskoulun 10. luokan oppilaat saattavat tulla kuuluisiksi tiedemiehiksi ja teknologian asiantuntijoiksi.

Monet nuorista ottivat valokuvia näyteikkonoiden ääressä. He kyselivät oppaalta paljon eri mineraalien ja kaivannaisten erikoisuuksista ja esiintymispaikoista Kuolan niemimaalla. Ennen poistumista Aunuskoulun opettajat **Zhatikova N., Kanaeva N.** ym. kirjoittivat vieraskirjaan vaikutelmistaan ja kiitoksensa hyvästä opastuksesta.

Tämän kertomukseni lopussa kiitän suuresta avusta ja tuesta konserninjohtajia, erikoisesti **Sergei Obozovia, Alexandr Krupskiita** ja **Oleg Saraevia**.

TkK Vasili Kalinin
ydinvoima-alan veteraani
Venäjän ATS
vasili.kalinin@uhy-yans.ru



TVO:n ja Fortumin yhteisen tutkimushankkeen betonisia koekappaleita säilytysliuoksessa Olkiluodon VLJ-luolassa (Kuva: Tiia Puukka, TVO)

Tutkimus- ja kehitystoiminta Fortumissa

Ydinenergiatuotanto on jälleen yhteiskunnallisen keskustelun keskiössä. Japanin tuhoisa maanjäristys ja sitä seurannut tsunami aiheutti Fukushima ydinvoimalaitoksella tuhoja, joiden seuraamuksista ei ole vielä tarkkaa tietoa. Japanilaiset viranomaiset ja ydinvoimayhtiö TEPCO on saanut ankaraa kansainvälistäkin kritiikkiä osakseen ydinvoimien jälkihoitamisessa. Tämä on vaikuttanut siihen, että Euroopassa, varsinkin Saksassa, on ryhdytty varsin ennennäkemättömiin toimenpiteisiin ydinvoiman osalta. Radikaaleimmista poliittisista puheista vaaditaan ydinvoiman nopeata alasajoa, eikä pelkästään Saksassa vaan myös muissa Euroopan maissa.



Kaikesta tästä keskustelusta jää asi-
aan vihkiytymättömälle sellainen
kuva että ydinvoimateollisuuden
piirissä ei olisi tehty huolellista ja tarkkaa
laitossuunnittelua. Ikään kuin tämä teol-
isuuden haara olisi elänyt viimeiset vuo-
sikymmenet oppimatta mitään edellis-
tä ydinvahingoista. Yksi esimerkki tästä on
mahdollisten stressitestien implementoi-
minen, joka onnistuessaan voi parantaa
ydinvoimalaitosten yleistä turvallisuusta-
soa. Riskinä kuitenkin on, että jo nyt huip-
puunsa viritettyjen turvallisuustoimintojen
tiukennusvaatimukset tukahduttavat lo-
pullisesti uusien ydinvoimalaitosten suun-
nittelun.

Fortumissa on pitkät perinteet ydin-
voiman tutkimus- ja kehitystyöstä. Kuten
hyvin tiedetään, Loviisan voimalaitokset
tilattiin aikanaan Neuvostoliitosta, mutta
laitosten tuli täyttää suomalaiset turvalli-
suusvaatimukset. Tämän johdosta Fortum,
tuolloin IVO, kehitti edelleen laitoksen tur-
vallisuuksiin. Lopputuloksena syn-
tyi hyvin erikoinen kokonaisuus ydinvoi-
malaitoksesta, jossa on yhdistetty suun-
nittelua itärajan molemmin puolin. Lisäksi
syntyi paljon osaamista, joka vielä tänäkin
päivänä on Fortumin ydinvoimatoiminto-
jen ydin.

Fortumin ydinvoiman T&K-toiminta on
jaettu kuuteen osa-alueeseen: Ydinvoima-
materiaalit, käyttö- ja kunnossapito, ydinjä-
tehuolto (matala- ja keskiaktiivinen), polt-
toaine ja reaktorifysiikka, termohydrauliset
menetelmät sekä voimalaitosten simuloin-
ti ja mallinnus (APROS). Jokaista osa-alue-
ta vetää ohjelmapäällikkö, joka vastaa oh-
jelman sisällöstä ja tavoitteista.

Hyvin suuri osa ohjelmien toiminnasta
on Loviisan laitoksen tuotannon tukea, jos-
kin viimeisten vuosien aikana on määrätie-
toisesti pyritty suuntaamaan tukea myös
Fortumin osaomisteisille laitoksille, var-
sinkin FKA:lle ja OKG:lle. Huomattava on
myös se, että varsin suuri osa aktiviteeteis-
ta suuntautuu Fortumin oman tuotannon
tukemiseen, eikä esimerkiksi kansallisten
ohjelmien (SAFIR/KYT) kautta tehtävään
tutkimustyöhön.

Merkittävän osan tutkimustoiminnas-
ta muodostaa ydinjätteen loppusijoituk-
seen liittyvät selvitykset. Fortumin ja Teol-
isuuden voiman yhteisesti omistama Po-
siva Oy valmistelee Eurajoen Olkiluodossa
korkea-aktiivisen ydinpolttoaineen loppu-
sijoitukseen tähtävää hanketta, jossa tut-
kimus- ja kehitystyö on suuressa roolissa.
Rakentamislupahakemus on tarkoituksel-
la jättää vuoden 2012 loppuun mennessä

siten, että ydinpolttoaineen loppusijoitus
voidaan aloittaa vuonna 2020.

Tulevaisuus tulee näyttämään kuinka vii-
meaikaiset tapahtumat tulevat vaikutta-
maan ydinvoimateollisuuteen ja sen paris-
sa tehtävään tutkimus- ja kehitystyöhön.
Nähtäväksi jää myös miten nopeasti imple-
mentoidut stressitestit tulevat vaikutta-
maan ydinvoimalaitosten suunnitteluun ja
käytönaikaiseen turvallisuuteen. Ydinvoi-
matoiminnan parissa työskentelevät tietä-
vät, että kovin nopeita muutoksia on han-
kala viedä alalla läpi juurikin turvallisuus-
näkökulmasta johtuen.

Kaikesta huolimatta T&K-työtä on tehty
Fortumissa pitkäjänteisesti ja tuloksellises-
ti. On vaikea nähdä, että yhtiössä aikanaan
valittu tapa tehdä tutkimusta ydinturvalli-
suuden eteen olisi huono Fukushimaa jäl-
keisessä maailmassa.

Todennäköistä on, että Japanin tapah-
tumien tuovat uusia hankkeita Fortumin
ydinvoiman tutkimussalkkuun, mutta ko-
konaisuudessaan tapa ajatella on kuiten-
kin osoittautunut oikeaksi eikä tarpeita
merkittävälle suunnanmuutoksille ole tul-
lut esiin.

Fortumin omat ydinvoimatutkimusohjelmat:

YVMAT-ohjelma Tavoitteena on tukea Loviisan voimalaitoksen luvitusta ja käyttöä
hallintaa, keskittyen erityisesti reaktoripainesäiliön materiaaleihin.

O&M-ohjelma Ohjelmassa tehdään jatkuvaa kehitystyötä ydinvoimalaitosten
käytön ja kunnossapidon eri alueilla.

Ydinjäteohjelma Keskittyy Loviisan ydinvoimalaitoksen matala- ja keskiaktiivisen
jätteen liittyvään tutkimukseen ja kehitykseen.

TERMO-ohjelma Sisältää useita lämpötekniseen ydinturvallisuuteen liittyviä hankkeita,
keskittyen erityisesti reaktoripiiriin ja suojarakennuksen termohydrauliikkaan.

PORE-ohjelma Sisältää ydinpolttoaineteknisiä ja reaktorifysiikkaisia tutkimushankkeita,
joilla pyritään etenkin Loviisan voimalaitoksen käytön ensiluokkaiseen turvallisuuteen
ja hyvään polttoainetalouteen.

APROS Fortumin ja VTT:n yhteisesti kehittämän voimalaitosprosessien simulointi-
ohjelmiston Apros:n jatkokehitystyö oman sähköntuotannon tueksi.

*Sami Hautakangas
Johtaja, R&D
Fortum Power and Heat
sami.hautakangas@fortum.com*

Hox, hox STUK

Suomen Atomiteknillinen seura (ATS) haluaa uraanienenergiaa ja edistää ydinvoimarakentamista. Seuran jäsenistössä on valtion virkamiehiä yhdessä voimayhtiöiden kanssa.

ATS:n ja Säteilyturvakeskuksen (STUK) intressit näyttävät olevan lähellä toisiaan, sillä STUKin historiikissa vuodelta 2008 iloitaan ydinvoimarakentamisesta.

"Olkiluoto 3 -projekti merkitsee Säteilyturvakeskukselle jatkuvuutta; suurtehtävää, joka kaikessa haasteellisuudessaan on kahden virkamiespolven mittainen näköala tulevaisuuteen."

Kummallinen yhdistelmä. Tällainen tunne tulee, kun selvittelee toimittajan näkökulmasta sitä, miten päätökset syntyvät. Miten päätökset STUKissa oikein tehdään? Sovitaanko asioista kavereiden kesken ATS:n kautta vai puolueettomasti tutkien?

STUKin pääjohtaja **Jukka Laaksonen** myöntää kuuluvansa Atomiteknilliseen seuraan, eikä se häntä hävetä. Laaksonen näkee toiminnassa vain hyviä puolia. Hän on kertonut allekirjoittaneelle, että joitakin kymmeniä STUKin työntekijöitä kuuluu henkilöjäseninä seuraan.

Seuran jäsenyys on hänen mielestään kunkin henkilökohtainen asia ja osallistuminen seuran toimintaan tehdään pääsääntöisesti vapaa-ajalla. Laaksonen ei näe asiassa ongelmia, päinvastoin: hän pitää Atomiteknilliseen seuraan kuulumista hyvänä näköalapaikkana, joka luo yhteyden atomien energian turvalliseen tuottamiseen ja myös kansainväliseen toimintaan.

Erilaisiin seuroihin kuuluminen on jokaisen oma asia, mutta joskus pitäisi hälytyskellojen soida. Virkamieskavereiden kesken ainakin voidaan keittää soppaa, jonka

maku saattaa olla kitkerä. En väitä, että näin välttämättä tapahtuu, mutta kavereita ei yleensä jätetä.

Näkykö STUK:n työntekijöiden ja ATS:n läheinen yhteys STUK:n toiminnassa? Sitä kautta on läheinen yhteys töiden tilaajiin ja sitä kautta toiminnan rahoittajiin. Esimerkiksi ympäristövaikutusselvitykset tekee STUK ja tilaaja maksaa kustannukset. STUKin pääjohtajan Jukka Laaksosen mukaan tilaajilla ei ole muuta mahdollisuutta, jos haluavat toimia. STUKista lähdetään siis liikkeelle tilauksesta, tilaaja kertoo, mitä tutkitaan ja STUK tutkii.

STUK:in työntekijä DI **Riku Mattila** on päätoimittajana ATS Ydintekniikka -jäsenlehdessä ja luonnollisesti myös yhdistyksen jäsen. Mattila kertoo harkinneensa jääviyttä, mutta jatkaa edelleen päätoimittajana.

Riku Mattila kertoo, että vuoden 2009 kesällä ATS:n johtokunta antoi lausunnon koskien uusien ydinvoimalaitosten periaatepäätöksiä. Tämä lausunto oli herättänyt STUKin ATS-jäsenten keskuudessa kriittistä keskustelua. Tuolloin Riku Mattila oli miettinyt, että oliko annettu lausunto ydinvoiman lisärakentamisen puolesta kynnys ATS:n jäsenlehdessä päätoimittajan tehtävistä ja seurasta eroamiseen. Kynnys ei vielä ylittynyt. Näin näyttävät muutkin tykönään toimineen.

Miten jääviysongelmat vaivaavat virkamiehiä? Eivät näköjään mitenkään. Toisaalta virallista jääviysongelmaa ei ole, mutta moraalisesti tuota yhtälöä on vaikea ymmärtää. Pitää todeta yksinkertaisesti, että se, mikä ei ole kiellettyä, on sallittua.

Sven Pahajoki, toimittaja
sven.pahajoki@pp.inet.fi

Päätoimittajan kommentti

Kun Suomen Atomiteknillinen seura perustettiin vuonna 1966, ydintekniikan ala otti maassamme nopeita askeleita eteenpäin. Tarve välittää ydintekniikkaa koskevaa tietoa alan kasvavan tekijäjoukon keskuuteen oli ilmeinen ja kanavia siihen varsin rajoitetusti.

Tiedonvälitys on Internetin myötä tullut monipuolisemmaksi, ja Suomessakin työskentelevillä ydintekniikan ammattilaisilla on periaatteessa mahdollisuus seurata alan kotimaista ja ulkomaista kehitystä suoraan alkuperäislähteitä käyttäen. Käytännössä Internet on kuitenkin lähteen sijasta välitimeri, josta tärkeän ja ajankohtaisen tie-

don löytyminen ilman opastusta on satutuman kauppaa. Lisäksi suuri osa ydintekniikan kehityksen myötä syntyneestä kokemuksesta ja osaamisesta on edelleen Internetin ulkopuolella alan kokeneiden asiantuntijoiden aivojen sisällä.

Jotta kokemuksista voitaisiin oppia ja virheiden toistamiselta välttyä, on tärkeää, että alan asiantuntijoiden tietämys saadaan mahdollisimman tehokkaalla tavalla uusien tekijöiden hyödynnettäväksi. Tässä ATS on oman käsitykseni mukaan osoittautunut erittäin hyödylliseksi ja Suomen mittakaavassa toimivaksi tavaksi välittää kokemuksia ja tietoa eteenpäin.

Viranomaisorganisaation palvelukseen astuessaankaan ihminen ei ole niin valmis, että hänellä olisi varaa lopettaa tekniikan kehityksen seuraaminen. Tästä syystä pidän tärkeänä, että myös viranomaistyötä tekeville ydinteknikoilla on mahdollisuus hyödyntää maamme parasta ydintekniikan alan tiedonvälityskanavaa.

Asiaa koskeva keskustelu on avattu ATS Ydintekniikan keskustelufoorumilla, jonne on linkki toimituksen kotisivulta <http://www.ats-ydintekniikka.fi/>.

Sana on vapaa...

Riku Mattila

Reaktoripaineastia lastulevystä

Reaktoripaineastia lastulevystä Tekniikka ja Talous -lehden Energia-lisäliite 2/11 käsitteli suomalaisen uraanin käyttöä ja mahdollisen täysin kotimaisen ydinpolttoaineketjun rakentamista. Ilmassa on suurta urheilujuhlan henkeä: voisimmeko me Suomessa nousta ydintekniikan suurvallaksi?

KOSKA YDINTEKNIIKAN kotimaisuus on noussut tärkeäksi, on syytä pohtia myös mahdollisuuksia kotimaisten materiaalien entistä laajempaan käyttöön ydinlaitoksilla. Maassamme on suuret varannot puuta, jota on tähän asti hyödynnetty erittäin vähän ydinteknisissä sovelluksissa. Voisiko reaktoripaineastian valmistaa puusta? Erittäin Vakk-Suomena tunnettu alue erään laitospaikan naapurissa voisi saada tällaisesta työstä merkittävän lisäelinkeinon, kun Porschen valmistus Uudessakaupungissa nyt on päättynyt. Rahoituksen voisi hakea osittain Tekesiltä, joka on rahoittanut myös puukerrostalojen kehittämistä.

METALLIPINEASTIALLA ON monia haittapuolia, joista tärkein lienee hinta. Teräs painaa paljon ja nykyaikaisen 1600 MWe:n reaktoripaineastian valmistukseen kykeneviä laitoksia on aika harvassa.

TERÄSVANTEINEN PUUTYNNYRI lienee reaktoripaineestiaksi liian yksinkertainen. Ongelmaksi perinteisessä puutyynnryssä muodostuisi varmaan lautojen liittäminen toisiinsa paineenkestävällä tavalla. Vaikka Rauman Kiulu- ja Tynnyritehdas valmistaakin vettä erinomaisesti pitäviä tynnyreitä, eivät nämä varmaan kestäisi painevesireaktorille tyypillisiä käyttöpaineita. Toisena ongelmana on säteilyhaurastuminen, joka vaivaisi massiivipuu-aika kovasti.

LASTULEVY VOISI olla materiaali, joka mahdollistaisi paineastioiden halvan ja yksinkertaisen valmistuksen. Jo nykyään primääripiireissä käytetään laakerimateriaaleina aramidihartseja, joitten funktionaaliset ryhmät reagoivat tehokkaasti säteilyn irrottamien orgaanisten radikaalien kanssa. Tällöin varsinainen polymeeriketju pysyy ehjänä. Lastulevy on purun ja liiman muodostama komposiitti, jossa kovuuden synnyttää liima. Sopivalta aramidihartseja sisältävällä liimalla voitaisiin saada riittävä säteilykestävyys, jota reaktoripaineestialta vaaditaan. Toisaalta lastulevyn voisi valaa suoraan reaktoripaineastian muotoon, jolloin vältettäisiin suuren takeen vuosia kestävä työstö.

HALPA LASTULEVYINEN, teräsvantein vahvistettu reaktoripainesäiliö loisi mahdollisuuksia täysin uusiin kunnossapitostrategioihin. Aikaa vievien määräaikaistarkastusten sijasta voitaisiin reaktoripaineastia vaihtaa joka vuosihuollossa uuteen. Primääripiirin putkistot liitettäisiin lastulevyiseen paineastiaan laippaliittimin, mikä vähentäisi tarvetta kallispalkkaisten luokkahitsarien käyttöön.

VALITETTAVANA ESTEENÄ lastulevyisten paineastioiden käyttöön on ydinteknisistä painelaitteista oleva viranomaisohjeisto, joka olettaa kapeakatseisesti, että paineestiat valmistetaan metallista. Onneksi STUK on valmistelemassa uutta YVL-ohjeistoa. Ehkä pitkä, vuosiksi venynyt valmistelu-aika johtuu osittain siitä, että aikaa on käytetty laajasti erilaisten vaihtoehtojen selvittämiseen.

– Reaktorin laidalla –

Kirjoittaja ei työskentele primääripiirien materiaalien parissa. Hänen kirjoituksensa eivät edusta edes hänen omia näkemyksiään, puhumattakaan työnantajan tai ATS:n näkemyksistä.

TAPAHTUMAKALENTERI

ATS:n jäsentilaisuus syys- / lokakuu

Lisätiedot ja ilmoittautumiset:

Silja Häkkinen
sihteeri@ats-fns.fi

Syysseminaari 3.11.2011

Säätytalo, Helsinki

Lisätiedot:
Silja Häkkinen
sihteeri@ats-fns.fi

ATS 45-vuotisjuhlat 3.11.2011

Palace Gourmet, Helsinki

Lisätiedot:
Silja Häkkinen
sihteeri@ats-fns.fi

*Lisätietoja kaikista ATS:n tapahtumista
löytyy internetistä: www.ats-fns.fi*

UUDET JÄSENET

Seuraan on hyväksytty seuraavat uudet jäsenet:

VARSINAISIA JÄSENIÄ

- Eero Holma, Pohjoismainen ydinvakuutuspooli
- Esko Salosaari
- Anna Lehtiranta, TVO
- Jukka Päivärinta, Fortum
- Jukka Mononen, STUK
- Tiia Puukka, TVO
- Jouni Punnonen, TVO
- Tuire Haavisto, TVO
- Anna Lahkola, STUK

OPISKELIJAJÄSENIÄ

- Essi Ahonen, LUT
- Timo Korpinen, LUT
- Otso-Pekka Kauppinen, LUT

Kokouksen 10.5. jälkeen seurassa oli 673 varsinaista jäsentä ja 36 opiskelijajäsentä.

Kunniajäseniä oli 13 ja kannatusjäseniä 18.

Seuran jäseneksi pääsee johtokunnan hyväksymällä hakemuksella.

Hakemukseen tarvitaan kahden jäsenen suositus.

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

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA —

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



Palautus
Suomen Atomiteknillinen Seura
PL 78
02151 Espoo

Kannatusjäsenet

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

ATS internetissä:

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