

ATS Ydintekniikka

SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA - ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND RY

3  2014 vol. 43



SAFIR2018

Ennaltaehkäisevä taso

Suojaava taso

Vaikutuksia lieventävä taso

Ydinvoimalaitos, sen suunnittelu, rakentaminen ja muutosten hallinta

Turvallisuuden analysointi

Ydinvoimalaitoksen käyttökuntoisuus

Ydinvoimalaitoksen ja sen toimittajien organisaatioiden toiminta

Alkutapahtumat

Etenemisen esteet

Laitostoiminnot

Tässä numerossa:

- 3** Pääkirjoitus:
ATS Ydintekniikka ja seuran julkaisutoiminta
- 4** Editorial: ATS Ydintekniikka and FNS's publications
- 5** Tapahtumia: ATS:n WANO-seminaari
- 7** Uusi SAFIR2018 -ohjelmakausi käynnistyi
- 10** Ydinvoiman tutkimustoiminta Fortumilla
- 11** Ydinvoima ja uusiutuvat: Eripuolilla rajalinjaa vai eikö sittenkään?
- 13** ATS YG Seminaaristeily 24.–25.10.2014
- 14** Matkakertomus: Vierailu Fukushima ydinvoimalassa
- 17** Diplomityöt
- 20** Reaktorin laidalla
- 22** Yhteystiedot
- 22** ATS:n uudet jäsenet

SAFIR2018:n visiona on olla valpas, maailmalla arvostettu ja hyvin verkotunut osaamiskeskittymä

Päätoimittajalta

Taaas sitä tullaan myöhässä, terve vaan. Lehden kokoaminen otti takapakkia jo syksyllä, kun jutuja oli myöhässä, tuli ”kaikenlaista” ja kokoamisaikataulut pettivät. Pienen toimituksen suuri ongelma.

Viimeisten kymmenen vuoden aikana moni yhdistys on miettinyt painetun ja sähköisen tiedottamisen suhdetta. Vielä joku ne jäsenkirjeet tekee, mutta printtaus ja postitus leikkaavat valtaosan lähes yhdistyksen kuin yhdistyksen budjetista.

Varsinaisten jäsen- ja sidosryhmälehtien tekeminen on vähentynyt viime vuosina kovaa vauhtia. Esimerkiksi Tiedetoimittajat, toinen TSV:n jäsenjärjestö, siirtyi sähköisen lehteen, ydinalan toimijoista mm. STUK siirsi ALARA-lehden sähköiseksi ja voimayhtiöistä ainakin TVO ja Fortum on leikanneet painettujen lehtien määrää reilusti.

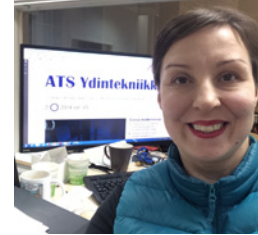
ATS:n piirissä on keskusteltu lehden tarpeesta oman toimintani aikana

muutamaan otteeseen. Paperiversio on kyselyidenkin perusteella kouriintuntuva jäsenetu, joka tuo vastinetta jäsenmaksulle. Tästä huomautti myös turvallisuusinsinööri blogikirjoituksessaan 22.12.2014 (turvallisuusinsinööri.wordpress.com/). A propos (joka on muuten Suomen Akatemian verkkojulkaisun nimi), jos olisimme sähköisessä ympäristössä, tässähän siis olisi linkki.

ATS Ydintekniikan jatkosta järjestetään jäsenkysely. Kysymyksen asettelua mietitään vielä, sillä vaihtoehtoisia toimintatapojakin on vielä selvittelyssä. Ensimmäinen askel on löytää ihminen tai porukka, joka lähtee lehteä kehittämään. Nykymuodossa tekijöitä on haastava löytää ainakin oman kokemukseni pohjalta. Lehden linjaa on vaikea määrittellä, kun työkaluina ovat jäsenkunnan talkookontribuutiot ja harrastamisessa ”porkkana ja keppi”-tasapainon on kalistuttava ensimmäiseen.

Yhdistyksen lehti on sen jäsenistön näköinen. Se on ollut minulle ATS

Ydintekniikan kokoamisessa kaikkein palkitsevinta ja mahtavinta. Olen tätä kautta saanut tutustua nerokkaiisiin kirjoittajiin, älykkääseen pohdintaan ja asiastaan innostuneisiin kollegoihin. Nyt toimikauteni lähestyy kuitenkin loppua omasta pyynnöstäni. Olen lupautunut jatkamaan nykymallilla vielä tämän ja seuraavan lehden (4/2014) ajan, joka tulee tuutista ulos viimeistään helmikuussa. Siitä eteenpäin kenttä on vapaa seuraajalle. Tartu tilaisuuteen.



Anna-Maria Länsimies
päätoimittaja
anna-maria.lansimies@fortum.com

Talven kuva

Fortumin Loviisan voimalaitoksen ykkösyksikön jäähdystornin lämmönvaihtimet nostettiin paikoilleen loka-marraskuun vaihteessa 2014, jonka jälkeen nostot tehtiin kakkösyksikölle. Uuden ilmajäähdytteisen järjestelmän tarkoituksena on turvata laitosyksiköiden jälkilämmön poisto sellaisissa mahdollisissa ääritilanteissa, joissa laitoksen normaali merivesijäähdytys ei jostakin syystä olisi käytettävissä. Tornirakennuksia tulee kaikkiaan kolme ja ne sulautuvat maisemaan täydellisesti. Ilmajäähdytteinen jäähdytysjärjestelmä valmistuu vuoden 2015 aikana. Kuva: Fortum.



ATS Ydintekniikka ja seuran julkaisutoiminta

Seuran oma tiedotuslehti sai alkunsa 1972, kun ATS alkoi julkaista ATS tiedotuslehteä. Lehden tarkoitus oli sisältää pääasiassa seuran kokouksissa pidettyjä esitelmiä, mutta ovi jätettiin auki myös muuhun aineistoon.

Tiedotuslehden nimi muuttui ATS Ydintekniikaksi vuonna 1975 kolmannen numeron kohdalla. Vuonna 1976 toisen numeron kohdalla löytyi lehdestä jo maininta päätoimittajasta. Lehden ilmestymistiheydeksi vakiintui 1975 neljä numeroa per vuosi. Viime vuosina ATS Ydintekniikan ilmestyminen on ollut takkuista ja syksy/joulupainotteista. Viimeksi 2009 kaikki vuoden numerot ilmestyivät joulu-kuun loppuun mennessä.

ATS Ydintekniikan päätoimittaja vaihtuu vuoden 2014 lehtien ilmestymisen jälkeen. Päätoimittajan vaihtuminen antaa hyvän tilaisuuden arvioida seuran tiedotustoimintaa. ATS käyttää sähköpostia, painettua lehteä ja verkkosivujaan tiedottamiseen. Sosiaalista mediaa ATS ei ole vielä kokeillut, vaikka seura haluaakin toimia jäsentensä yhdyssiteenä. Poikkeuksena tähän on Young Generation, jolla on Facebookissa oma sivustonsa. Erilaisten kanavien puutteeseen ei ATS:n julkaisutoiminnan ainakaan pitäisi kaatua.

Eräs haaste ATS Ydintekniikan säännöllisen julkaisun kannalta on juttujen niukkuus. Kuitenkin alallamme on tapahtunut viime vuosina paljon. Samoin hyviä esityksiä (ja kuulijoita) on riittänyt ATS:n jäsentilaisuuksissa. Kerrottavaa siis löytyy, mutta onko kynnys artikkelin kirjoittamiseen liian korkea? Hyvin kirjoitetun artikkelin tekemiseen menevässä ajassa ehtii pitäämään useamman esityksen eri tilaisuuksissa. Erona on, että seuran lehti tavoittaa koko jäsenistön, esitys vain paikalla olevat henkilöt. Uskon, että jäsenistössä on tilausta tiedon tiheämpään jakamiseen. Ammattitaidon kehityksen kannalta on nopeampaa ottaa muilta oppia, kuin keksiä pyörä uudestaan.

ATS Ydintekniikan toimitus ja johtokunta pohtivat joulu-kuussa lehden muuttamista kahdesti vuodessa ilmestyväksi, kuten vuoden viimeisessä uutiskirjeessä mainittiin. Muutoksella saataisiin ATS Ydintekniikka ilmestymään ajallaan. Jotta juttujen lukumäärä ei vähenisi julkaisutiheyden vuoksi, tulisi lehden rinnalle tiheimmin ilmestyvä ATS:n oma verkkojulkaisu, joka sopisi lyhyempien ja vähemmän aikaa ”tuoreena” pysyvien juttujen julkaisuun.

ATS Ydintekniikan julkaisutiheyden muuttamisaiheet ovat herättäneet ansaittua keskustelua. Tämän johdosta johtokunta selvittää mahdollisuutta säilyttää ATS Ydintekniikka neljästi vuodessa ilmestyvänä lehtenä ja tekee aiheesta jäsenkyselyn.

Jotta ATS Ydintekniikka saadaan julkaistua neljä kertaa vuodessa, tarvitaan lisää artikkeleita, vahvistuksia toimitukseen ja luonnollisesti neljän lehden takana seisova päätoimittaja.

Seuramme toimii talkoovoimin ja pohjimmiltaan jäsenistön aktiivisuus määrittää myös seuran toiminnan laajuuden. Seuramme hakee uutta päätoimittajaa ATS Ydintekniikalle. Lehden toimittamisen lisäksi uudelta päätoimittajalta toivotaan aktiivista osallistumista johtokunnan kokouksiin.

Päätoimittajapestistä kiinnostuneiden toivotaan ottavan yhteyttä ATS:n puheenjohtajaan ja sihteeriin. ATS Ydintekniikan päätoimittajan virka on yksi seuran tärkeimmistä tehtävistä ja kannustan kiinnostuneita hakemaan päätoimittajaksi tai toimituksen jäseneksi!

Julkaisutoiminnan lisäksi uskon jäsenistön keskuudessa olevan tilausta myös omalle keskusteluforumille. Seuran julkaisutoiminnan ja ylipäättänsä toiminnan kehittäminen ansaitsee jo oman fooruminsa, kuten ATS Ydintekniikan muutossuunnitelmat osoittivat.

Lisäksi viime vuosien aikana olisin mielelläni keskustellut muiden alan ammattilaisten kanssa Fukushima onnettomuuden etenemisestä ja seuraamuksista, uusista YVL-ohjeista ja regulaation optimimäärästä, Saksan Energiewendestä, jne. Seuran jäsenistöä on tuskin jättänyt kylmäksi myöskään uusien ydinvoimahankkeiden poliittinen käsittely ja laitoshankkeiden viimeisimmät käänteet. Tällä hetkellä keskusteluissa syntyvät oivallukset jäävät ainoastaan kahvipöydän ääreen.



Tarvitaan lisää artikkeleita, vahvistuksia toimitukseen ja luonnollisesti neljän lehden takana seisova päätoimittaja.

ATS Ydintekniikka and FNS's publications

FNS's own magazine "ATS Ydintekniikka" began its life as a newsletter in 1972. Newsletter's original aim was to publish the presentations held in FNS's events, and other interesting material. Newsletter's name was changed to ATS Ydintekniikka magazine in the issue 3/1975. First mention of a chief-editor can be found in issue 2/1976. Starting from 1975 ATS Ydintekniikka has been published four times annually. Lately magazine's publication schedule has been often delayed resulting in many Autumn/December issues. 2009 is the latest year when all the issues were published before the end of December.

The chief-editor of ATS Ydintekniikka will change after all the issues of 2014 have been published. This change gives us an ample opportunity to review our society's publication strategy. FNS uses e-mail, printed magazines and our web-pages for communication. So far FNS has not been active in social media. An exception to this is Young Generation work group, which has a Facebook site. All in all, FNS has many different channels available for communication with its members.

One of the obstacles hindering the regular publication of ATS Ydintekniikka is the diminished supply of articles. A lot has happened in our industry in Finland and abroad during the previous years. Also the supply of presentations (and the number of participants) for our events has been high. There evidently are many stories to be told, but perhaps the threshold for writing an article is too high for many people? A well written article takes considerably more time to prepare than a presentation. However, an article in ATS Ydintekniikka reaches all our members, whereas a presentation only the audience. I believe there is a demand for more frequent communication between our members. Developing our professional abilities is more efficient, if we do not need to reinvent the wheel every time.

The staff of ATS Ydintekniikka and board of FNS pondered in December the publication frequency of ATS Ydintekniikka. Perhaps it is time to publish ATS Ydintekniikka only twice a year? With this change the magazine could meet its publication schedule. In order to keep the amount of articles constant, a supplementary digital publication could be used for shorter articles, which do not stay "fresh"

for long. The possible publication frequency change has sparked some discussions. Hence the FNS board will examine the possibility to keep the current publication frequency and issue a questionnaire about the topic to our members. In order to publish four issues annually, more articles, more reporters, and naturally a chief-editor committed to four issues annually are needed.



Our society works by voluntary work and the activity of our members also defines the extent of our activities. Our society is looking for a new chief-editor for ATS Ydintekniikka. Besides editorial responsibilities, the board wishes active participation to board meetings from the new chief-editor. Interested parties should contact our chair and secretary. The chief-editor position is one of the most important positions in our society and I encourage all the interested people to apply for the chief-editor or a staff position in ATS Ydintekniikka! It is also the best way to influence our publication future.

In addition to our current activities, I believe that FNS should form its own discussion forum. This would be an ideal place for the discussion involving our society's publication strategy, and other decisions affecting our society's future.

During the past years there have also been several significant events, such as Fukushima accident, new YVL regulations by STUK, Energiewende in Germany. I would have welcomed the possibility to discuss these and current events with other industry professionals. The political process of our new build projects in Finland and the politicians motivations is an another tasty topic for discussion. Currently the discussion is limited to coffee break small talk.

More articles, more reporters, and naturally a chief-editor committed to four issues annually are needed.

Kuparitalo 7.11.2014

ATS:n WANO-seminaari

ATS järjesti TVO:n Helsingin konttorilla Kuparitalossa seminaarin, jossa käsiteltiin World Association of Nuclear Powerplant Owners (WANO) -järjestön toimintaa ja sähkömarkkinoita. Paikalle oli saapunut kuutisenkymmentä aiheesta kiinnostunutta ATS:n jäsentä, jotka edustivat kattavasti kaikkia alan toimijoita.

Tellervo Taipale, WANOn QA- ja viestintäjohtaja, piti esitelmän, joka alkoi lyhyellä WANOn yleisesittelyllä. WANOn jäsenyysrakenteen on viime vuosina kehittänyt. Nykyään WANOn jäsenenä on laitosten luvanhaltijoiden lisäksi myös luvanhaltijoiden emoyhtiöitä sekä mm. Sellafieldin ja La Hague'n jälleenkäsittelylaitokset.

WANOn johtaa johtokunta (governing board), jossa on kaikkien aluekeskusten johtokuntien edustus sekä WANOn toimitusjohtaja, puheenjohtaja ja pääjohtaja. Uutta on myös se, että jäsen voi liittyä jäseneksi kahteenkin aluekeskukseen (esim. Pariisiin ja Tokioon).

Pariisin keskus on suurin: noin sata työntekijää, joista 80 jäsenen komentamia henkilöitä ja loput palkattua tukihenkilöstöä. Komennettu henkilökunta työskentelee WANOn yleensä kolmesta neljään vuotta.

WANO-jäsenyys edellyttää jäsenen aktiivisuutta; pelkällä jäsenmaksulla ei selviä. Jäsenyhtiön toimitusjohtajan edellytetään osallistuvan aktiivisesti kokouksiin ja muun ylimmän johdon WANOn luottamustoimiin.

Lisäksi edellytetään, että jäsen antaa asiantuntijoitaan WANOn käyttöön ja lähettää osallistujia seminaareihin sekä kokouksiin. Jäsenten on myös toimittava järjestön päämäärien hyväksi: yhteisesti jaettu luottamuksellinen tieto on pidettävä salassa, omat käyttökokemukset on jaettava ja toiminnan puutteet korjattava reippaasti.

WANOn Pariisin keskuksen tärkein toiminto on *peer review* -vertaisarviointi. Vertaisarviointeihin osallistuvat henkilöt, jotka ovat jäsenen tehtävään osoittamia kokeneita asiantuntijoita, koulutautuvat Pariisin keskuksessa kutakin vertaisarviointitehtävää varten noin kaksi viikkoa ennen vertaisarviointivaltuuskunnan lähtöä tehtävänsä.

Vertaisarviointityön lisäksi kerätään käyttökokemuksia ja seurataan laitosten ns. indikaattoreita. Tämän lisäksi tarjotaan, kunkin laitoksen toimintasuunnitelman mukaisesti, ammatillista ja teknillistä tukea sekä teknisiä tukihankkeita (technical support missions). Näitä kohdistetaan erityisesti laitoksiin, joilla on runsaasti avoimia kehitysalueita ja ongelmia näiden korjaamisessa.

Fukushiman onnettomuus johti merkittäviin WANOn sisäisiin kehitystoimiin. WANOn kaikki aluekeskukset suorittivat itsearviointit, joista nousi esille parannuskohteita. Näistä voi mainita mm. valmiusjärjestelyiden kehittämisen, polttoaineen varastoinnin laitoksella, turvallisuussuunnitteluperusteiden läpikäynnin ja laitosten turvallisuuden arvioinnin.

Esityksen jälkeen kysyttiin, mikä on ero INPON ja WANOn välillä. INPO on Taipaleen mukaan WANOn sisäjärjestö. Yhteistyö on läheistä. Suurin osa Atlantan keskuksen työntekijöistä on INPON sinne komentamia. Keskustelussa nousi esille se, että WANO on tähän asti kiin-

nittänyt huomiota lähinnä käyttöturvallisuuteen ja turvallisuuskulttuuriin. Teknisiin turvallisuusparannuksiin ei ole kiinnitetty huomiota. Nostettiin esille myös se, ettei WANO ollut vaatinut parannuksia Fukushima tsunamisuojaukseen, vaikka vain sadan kilometrin päässä Onagawan prefektuurissa laitoksen yksikölle oli rakennettu 15 m korkea tsunamisuojausseinämä, kun tsunamiriski oli huomattu.

WANOn vertaisarvioinnin tarkoitus ja toteutus

Bertrand Chaloïn, WANOn suunnitteluprojektin johtaja, joka on aiemmin työskennellyt EdF:n suunnittelupuolella, piti esitelmän WANOn vertaisarviointitoiminnasta.

Vuonna 2014 suoritettiin 50 vertaisarviointia. Vertaisarvioinnissa arvioidaan n. 17 arviointialuetta. Arviointiryhmään kuuluu n. 25 henkeä, jotka ovat muiden WANO-jäsenten henkilöstöä. Tuloksena on luottamuksellinen raportti,





joka annetaan vain kohteena olevan laitoksen johtajalle.

WANOn ideologiassa ydinturvallisuus riippuu kahdesta perustasta: hyvästä suunnitteluperustasta ja hyvästä käyttötoiminnaista.

Kaikissa tähänastisissa vakavissa onnettomuuksissa suunnitteluperustan huono ymmärrys ja suunnitteluperustan huono hoito on ollut eräs onnettomuuteen johtanut syy.

Uudessa vertaisarviointityön toimintamuodossa, laitoksen suunnittelupohjan arvioinnissa tavoitteena on arvioida, onko laitoksen suoriutuminen riittävää, kun huomioidaan suunnittelufilosofian perusperiaatteet ja arvioida, vaarantuvatko perusturvallisuustoiminnot (reaktiivisuuden hallinta, jälkilämmönpoisto, suojarakennustoiminto).

Tavoitteena ei kuitenkaan ole laitossuunnittelun kokonaisarviointi. Metodissa olennaista on, että arviointiryhmä saa ennen laitoksen arviointia perusymmärryksen laitoksen rakenteesta. Tämän jälkeen laitoksen käyttötoiminta arvioidaan saavutetun ymmärryksen valossa.

Chaloin katsoi, että uusi menetelmä mahdollistaa sekä tehokkaamman vertaisarvioinnin että paremmin todellisiin turvallisuuspuutteisiin kohdistuvat parannusehdotukset. Lisäksi WANOn keskustusten ymmärrys laitosten suunnittelusta paranee, mikä mahdollistaa tehokkaamman teknisen tuen. Tulevaisuudessa vertaisarviointia seuraa keskukselta käsin tekninen tukiryhmä, joka kykenee antamaan tukea teknisissä kysymyksissä kentälle oleville vertaisarvioijille.

Vertaisarviointien kehitystyö on alkanut BWR 6:lla. Tämän jälkeen edetään PWR- ja AGR-reaktorien pariin. Viimeisenä uuden vertaisarviointimenettelyn piiriin tulee Asea-BWR-laitostyyppi, jonka osalta tarkoituksena olisi ottaa menetelmä käyttöön n. 2016. Tähän mennessä menetelmää on sovellettu kahdella laitoksella. Näillä laitoksilla ei kuitenkaan vielä kyetty yhdistämään teknistä ja perinteistä vertaisarviointia toisiinsa vaan

arvioinnit etenivät rinnakkain, mutta itenäisesti. Uusi toimintamalli vaatii vertaisarviointiryhmältä asennemuutosta ja ryhmän johtajalta vahvaa otetta ja halua muutokseen.

Keskustelussa kysyttiin, kuinka suuri työmäärä vertaisarviointiin kokonaisuudessaan kuluu. Chaloin vastasi, että vertaisarviointi edellyttää vertaisarviointiryhmän kaikilta jäseniltä n. kuukauden työpanoksen. Lisäksi WANOn keskuksessa on noin yksi insinööri 15 jäsentä kohti. Kysyttiin myös, mikä on eurooppalaisten laitosten sydänvauriotaajuus. Chaloin'n vastauksena oli, että se on tyypillisesti luokkaa 10-6 1/a. Vastausta seurasi laajahko keskustelu tämän lukeman merkityksestä ja mielekkyydestä.

Sähkötöiden kehitys

Seminaarin päätti TVO:n **Juha Poikolan** pitämä esitys sähkötöiden kehityksestä.

Poikolan mukaan ydinenergian rakentaminen edellyttää viittä asiaa:

- pätevän valvontaviranomaisen
- toimivan lainsäädännön ja säännösten
- toimituskykyisen laitostoimittajan
- toimivat sähkötöiden ja kysyntä puhtaalle sähkölle
- pätevän luvanhaltijan

Suomessa löytyvät useimmat näistä tekijöistä, mutta energiapolitiikassa on ongelmia. EU:n energiapolitiikan ongelmia ovat energian korkea hinta, uusiutuvan energian tuet, riippuvuus Venäjältä tuoduista fossiilisista polttoaineista ja päästökaupan toimimattomuus. Sähkön hinta on noussut, mutta silti sähkön tuotanto ei kannata oikein millään tuotantomenetelmällä. Eurooppalaisten sähköyhtiöiden pörssi-arvo on laskenut viidessä vuodessa noin viisisataa miljardia euroa.

Suomi on hoitanut sähköpolitiikkansa suhteellisen hyvin, sillä energian hinta on matala. Erityisesti teollisuussähkön hinta on EU:n halvin.

USA:ssa liuskekaasun hyvä saatavuus tulee pysyvästi laskemaan energian hinnan Pohjois-Amerikan mantereella. LNG:n kuljetuskustannukset ovat kuitenkin niin suuret, ettei LNG:n rahtaus Yhdysvalloista Eurooppaan tule muuttamaan maakaasun hintaa Suomessa olennaisesti, vaikka se parantaisikin kaasun toimitusvarmuutta.

Lopuksi Poikola siirtyi käsittelemään päästökaupan vaikutuksia. Tulevat hiilidioksidipäästörajoitukset iskevät voimakkaammin Intiaan ja Kiinaan, joissa ominaispäästö on n. kaksinkertainen kuin EU:ssa keskimäärin ja noin viisinkertainen Suomeen verrattuna. Päästökauppa ei kuitenkaan nykyisellään vaikuta olennaisesti suomalaisen energiantuotantorakenteeseen, sillä sähkön hinta on likimain sama kuin ennen päästökaupan käyttöönottoa. Suomi tuo jatkuvasti merkittävästi sähköä Ruotsista, mutta aluehinnat eriytyvät voimakkaasti, sillä siirtokapasiteetti on täysin käytössä.

Päästöoikeuden hinta tulee kasvamaan tuntuvasti vuodesta 2015 eteenpäin, mikäli nykyinen EU:n sitoutuminen päästörajoituksiin jatkuu. Keskustelua syntyi päästökaupan mekanismeista ja päästöjen rajoittamisen tarkoituksenmukaisuudesta. Haasteena on se, että uusiutuvan energian tukeminen ja päästökauppa ovat toistensa vastaisia sääntelykeinoja. Uusiutuvan energian tuet laskevat hiilidioksidipäästöjen hintaa, mikä heikentää markkinaehtoisia ratkaisuja.



TkT Mikko Lemmetty
Asiantuntija
TVO Oyj
mikko.lemmetty@tvo.fi



Kansallinen ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimus 2015–2018

Uusi SAFIR-ohjelmakausi käynnistyi

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) julkaisi runkosuunnitelman kansalliselle ydinvoimalaitosten teknistieteelliselle turvallisuustutkimukselle, joka kattaa vuodet 2015–2018. Tutkimusohjelmasta käytetään lyhennettä SAFIR2018. Ohjelmaa rahoittavat Valtion ydinjätehuoltorahaston (VYR) lisäksi muut ydinenergia-alalla toimivat keskeiset organisaatiot.

SAFIR2018 edeltävän SAFIR2014-ohjelman rahoitus oli noin 10 miljoonaa euroa vuodessa. Kansallisen ydinturvallisuustutkimuksen infrastruktuurien kehittäminen edellyttää uudella ohjelmakaudella merkittävää VYR-rahoituksen kasvua, joka on edellyttänyt ydinenergia-alan muutosta (HE320/2014).

Vuoden 2016 alusta alkaen merkitykseltään huomattavan ydinlaitoksen haltijat eli voimayhtiöt maksavat Valtion ydinjätehuoltorahastoon vuosittain korotettua maksua, joka on 570 euroa vuosina 2016–2020 ja 390 euroa vuosina 2021–2025 kultakin luvassa ilmoitetulta nimellislämpötehon megawatilta. Uusille laitoksille velvoite astuu voimaan rakentamislupahakemusvaiheessa. Edellisen päivityksen yhteydessä kesäkuussa 2012 vuosittainen maksu säädettiin 260 euroon kultakin luvassa ilmoitetulta nimellislämpötehon megawatilta.

SAFIR2018:n suunnittelujaksolle sisältyy useita käytössä olevien ja uusien laitosten lupaprosesseja: Loviisa 1 ja 2 laitosyksiköiden automaation uudistus jatkuu, Olkiluoto 3-laitosyksikölle tullaan hakemaan käyttö lupaa ja uusille ydinvoimalaitoshankkeille tullaan hakemaan rakentamislupaa. Myös käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitokselle rakentamislupaa on haettu valtioneuvostolta. Nämä prosessit heijastuvat usealla tavalla kansalliseen turvallisuustutkimukseen.

Julkisrahoitteisissa tutkimusohjel-

missä kehitettyä tietotaitoa sovelletaan luvitusprosesseissa. Uusien laitoshankkeiden eteneminen lisää asiantuntijaresurssien tarvetta. Uudet hankkeet ovat lisänneet kansainvälistä kiinnostusta Suomessa tehtävää ydinturvallisuustyötä ja -tutkimusta kohtaan. Uuden laitoksen rakentaminen ja muut uudet hankkeet ovat myös lisänneet alan kiinnostavuutta työnantajana, mikä näkyy sekä alan opiskelijoiden määrän kasvuna että rekrytointien yhteydessä alalle hakeutuvien henkilöiden määrässä.

Ydinturvallisuustutkimus vaatii suorittajiltaan syvällistä koulutusta ja sitoutumista alueeseensa. Tutkimusohjelma toimii ympäristönä, joka takaa toiminnalle pitkäjänteisyyttä. Tämä on erityisen tärkeää tilanteessa, jossa tutkijoiden keskuudessa tapahtuu sukupolvenvaihdos ja uusi tutkijapolvi on saatava rekrytoitua ja sitoutetuksi.

SAFIR2014:lle tehtiin kansainvälinen arviointi, joka arvioi tutkimusohjelman varsin tuloksekkaaksi ja hyväksi. Yksi

edellytys hyvälle toiminnalle oli arvioitsijoiden mukaan se, että VTT ja Lappeenrannan teknillinen yliopisto (LUT) ovat pitkäjänteisesti sitoutuneet ydinturvallisuuden tutkimukseen. Tämän tyyppisen toimintatavan jatkuminen eri organisaatioissa on nopeampoisessa nyky maailmassa vaativa haaste.

Arviointiryhmän teki myös suosituksia tulevalle ohjelmalle ja ne olivat:

- SAFIR-ohjelman tulisi kattaa koko tutkimuksen kenttä
- tulevassa ohjelmassa olisi korostettava teemoja eikä vain tutkimusalueita
- uusia tutkimusaiheita voidaan tunnistaa ydinlaitosten kunnossapidon ja käyttötoiminnan piiristä
- ohjelman rahoituksen tulisi vastata Osaamistyöryhmän raportin edellyttämiä valmiuksia
- Suomessa tulisi järjestää enemmän kansainvälisiä tapahtumia liittyen SAFIR-ohjelmiin
- myös tutkijakoulutusta tulisi voida rahoittaa SAFIRin piirissä
- aikaisempien kansainvälisten arviointien suosituksia tulisi ottaa huo-

Kansallinen ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimus 2015–2018.
Uuden tutkimusohjelman SAFIR2018 runkosuunnitelma hankehakua varten.

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Energia ja ilmasto. 34/2014.

Julkaisu löytyy kokonaisuudessaan <http://safir2018.vtt.fi>. Tekstin on lyhentänyt Anna-Maria Länsimies.



Ydinturvallisuuden varmistaminen ja siihen liittyvät tehtävät.

- mioon jatkokehityksessä
- ohjelman hallinnossa tulisi kiinnittää huomiota itsearviointeihin, jous-tavuuteen, strategiseen arviointiin ja hallinnon kevyteen.

Globalisoituvaa toimialaa, oma toimintaympäristö

Ydinalan toiminta globalisoituu ja verkottuu kansainvälisesti kovaa vauhtia. Tämä lisää paineita yhdenmukaisten ydinturvallisuusvaatimusten ja valvontakäytäntöjen luomiseksi ja kansallisella tutkimuksella on tässä merkittävä rooli sillanrakentajana.

Parhaillaan on meneillään useita kansalliseen säännöstyön sekä kansainvälisiin vaatimuksiin ja ohjeisiin liittyviä hankkeita. Euroopan Unioni sai viime syksynä muutospäätöksiin vuoden 2009 ydinturvallisuuskonventiiville ja myös IAEA:n ydinturvallisuuskonventio on uudistumassa. YVL -ohjeiden rakenneuudistus on juuri valmistunut. Vuonna 1996 alkanut IAEA:n

säännöstyön perusteellinen uudistus on tähdännyt aikaisemman minimitason sijaan ydinturvallisuuden kehittämiseen jäsenmaissa.

Ydinvoimaa käyttävien EU:n jäsenmaiden ydinturvallisuutta valvovien viranomaisten päälliköt perustivat vuonna 1998 yhteistyöfoorumin nimeltä WENRA (Western European Nuclear Regulators' Association).

Sen tarkoitus on vastata kansalaisten ydinturvallisuutta koskeviin odotuksiin ja turvata tasavertainen toimintaympäristö ydinenergian käytölle kaikissa Euroopan maissa.

WENRalla on merkittävä rooli myös ydinturvallisuuskonventiivien uudistami-

ssa ja monissa toiminnoissa kuten uudet aihekohtaiset vertaisarviointit.

Vuonna 2012 TEMin Osaamistyöryhmä määrittä ydinalalle sekä nykyiset henkilöresurssit ja tutkimusinfrastruktuurin että tulevat tarpeet. Useat työryhmän suosituksista vaikuttavat tutkimustyöhön ja ne on huomioitu SAFIR2018-ohjelman runkosuunnitelmaa laadittaessa.

Ohjelman tarkoitus ja yhteiskunnalliset vaikuttavuustavoitteet

SAFIR2018 tutkimusohjelman tarkoituksen on varmistaa, että jos ilmenee ydinlaitosten turvallisen käytön kannalta uusia seikkoja, joita ei ole ollut mahdollista ottaa ennalta huomioon, viranomaisten saatavilla on riittävästi ja kattavasti sellaista ydinteknistä asiantuntemusta ja muita valmiuksia, joita käyttäen voidaan tarvittaessa viivytyksettä selvittää tällaisten seikkojen merkitystä.

Ohjelmaan kuuluvien tutkimushankkeiden on oltava tieteellisesti korkeatasoisia ja niiden tulosten on oltava julkaisutavissa sekä tulosten käytettävyyden ei saa rajoittua vain yhden luvanhaltijan ydinlaitosten luvitukseen.

Ohjelma kattaa vuonna 2014 päättyvän SAFIR2014-tutkimusohjelman aihepiirit: ihmisten ja organisaation toiminta, automaatio, polttoaine, termohydrauliset menetelmät, vakavien onnettomuuksien tutkimus, primääripiirin tutkimus, rakenteiden tutkimus sekä todennäköisyyspohjaisten menetelmien tutkimus.

Nämä alueet sisältävät jo Japanissa vuonna 2011 maanjäristyksen ja sitä seuranneesta tsunamista aiheutuneen Fukushima Daiichin ydinvoimalaitoson-

nettomuuden johdosta tehdyt täydennykset ohjelmaan.

Saataessa uutta tietoa onnettomuuslaitoksista ja organisaatioiden sekä japanilaisen yhteiskunnan toiminnan arviointien valmistuttua on odotettavissa, että käynnistyy myös uusia kansainvälisiä onnettomuuden hallintaan liittyviä tutkimushankkeita.

Uusina aiheina tutkimusohjelmaan on lisätty turvallisuuden, turvajärjestelyjen, ydinmateriaalivalvonnan ja ympäristövalvonnan rajapinnat.

Kokonaisturvallisuuden hallinta ja huomion kohdentaminen ydinvoimalaitoksen turvallisuuden kannalta olennaisiin seikkoihin on entistä tärkeämpää, kun valmistaudutaan käytössä olevien ydinlaitosten hyvin pitkäikäiseen käyttöön ja uusiin laitoshakkeisiin.

Eri toimijoiden, niin itse laitoshakkeeseen ja sen arviointiin osallistuvien kuin myös yhteiskunnallisten toimijoiden roolien ja toimintatapojen merkityksen ymmärtäminen verkottuneessa maailmassa muodostavat myös tärkeän kokonaisuuden tutkimusohjelmassa.

Tutkimusohjelman aihepiiriin kuuluu useita aiheita kuten ydinpoltoaine, rakenteelliset leviämissesteet, organisaatioiden toiminta sekä yhteiskunnalliset selvitykset, joissa voidaan löytää synergiaetuja kansallisen ydinjätehuollon tutkimusohjelman KYT2018 kanssa.

Uudessa ohjelmassa pyritään siihen, että tutkimukseen käytettävä rahoitus jatkuu samana tai hieman korkeampana kuin SAFIR2014 -tutkimusohjelmassa. Ohjelman kokoa pyritään kasvattamaan hankkimalla lisää kansainvälistä rahoitusta. Ydinturvallisuustutkimuksen odotetaan kasvavan ohjelmakauden jäl-

Tutkimuksen aihepiirit	Pääasiainen tutkimuskohde	Rajapinnat huomioon otettavaksi ja yhteistyökohteiksi
	Puolustuslinjat (DID, Defence In Depth) laajasti ymmärrettyinä	Yhteiskunta (viestintä, yhteiskunnan odotukset) Muut turvallisuuskriittiset / kompleksiset alat (tiedon ja osaamisen vaihto)
Kokonaisturvallisuuskäsitys	Mitkä ovat puolustuslinjat laitossuunnittelussa ja miten ne kannattaa muodostaa? Miten puolustuslinjat näkyvät organisaatioiden verkoston toiminnassa? (Organisaation organisaatio)	Poliittiset päättäjät Kansalaiset Intressiryhmät Kansainväliset organisaatiot Ydinenergian vastustajat
Toimintaprosessit (Systems Engineering)	Miten puolustuslinjat rakentuvat suunnittelutoimintoihin? Näkyvätkö puolustuslinjat toiminnan suunnittelussa?	Toimijoiden yhteiskuntasuhteet Kansalaisuorovaikutus YVA- ja lupaprosesseissa
Tekniikka/laitos ja turvallisuusratkaisuihin vaikuttavat tekijät	Rakenteelliset puolustuslinjat Toiminnalliset puolustuslinjat Miten ihmisen ja yksittäisen organisaation osaaminen ja toiminta näkyvät laitoksen puolustuslinjoissa?	Laitos toimittaa yhteiskunnalle sähköä ja verotuloja sekä työllistää lähialueella. Ympäristövaikutukset.

Tutkimusalueen kokonaisuus ja rajapinnat.

keen merkittävästi ydinturvallisuustutkimukseen tarvittavan kansallisen infrastruktuurin kehityksen myötä. VTT:n Ydinturvallisuustalo muodostaa yhdessä Lappeenrannan teknillisen yliopiston koelaitteistojen kanssa keskeisimmät kehityskohteet.

Tutkimusohjelman avulla luodaan osaamista, yhteistoimintaa ja verkottumista.

Tutkimusohjelman tuloksellisuus

Tutkimusohjelmaa voidaan arvioida neljästä näkökulmasta: vaikuttavuus, resurssit ja uudistuminen, prosessit ja rakenteet sekä talous.

Tutkimusohjelman vaikuttavuutta mitataan ensisijaisesti sillä miten ohjelma on onnistunut tehtävässään. Vaikuttavuuden yhteiskunnalliset vaikuttavuusmittarit ovat ohjelman volyyymi ja volyyymi suhteessa Euratomin ydinturvallisuustutkimukseen, kansainvälisen rahoituksen volyyymi, menetelmäkehityksen, laitteiston ja infrastruktuurin toteutumisasteet, osaamisen saatavuus ja tutkimuksen mahdollistama liitetointiminta.

Tutkimusohjelman hankkeiden tuloksellisuutta ja tavoitteiden saavuttamista voidaan mitata tutkimusohjelman loppukäyttäjiltä saadulla dokumentoidulla palautteella, tutkimusohjelman hankkeissa syntyneiden julkaisujen määrällä sekä menetelmien ja infrastruktuurin toteutumisen asteella asetettuun tavoitteeseen nähden. Ulkopuoliset kotimaiset ja kansainväliset arviointit mittaaavat tutkimusohjelman ja sen osa-alueiden sijoittumista kansainväliseen osaamiskent-

tään. Koulutusvaikutuksen suoria indikaattoreita ovat hankkeissa syntyneet akateemiset opinnäytteet, toteutuneet tutkimustyövuodet, tutkijoiden vaihto ulkomaille ja Suomeen sekä tutkimuksesta syntyneiden spin-offien määrä.

Talouden näkökulman mittarit, tutkimusohjelman volyyymi ja henkilötövuodet sekä rahoitus kertovat osaltaan ohjelman yhteiskunnallisesta vaikuttavuudesta. Projektihallinnon vaatimien resurssien määrä tulee olla hyvin perusteltu ja oikeassa suhteessa hankkeen kokoon.

Tutkimuksesta tiedottaminen ja tiedonvaihto

Tutkimusohjelmalla on merkittävä rooli uuden asiantuntijapolven kouluttamisessa ja tiedonsiirrossa. Oppiminen tapahtuu osallistumalla tutkimustyöhön kokeneempien tutkijoiden ohjauksessa. Yliopistoille tehtävät opinnäytetyöt ovat osa tulosten raportointia.

Korkeatasoinen tutkimustyö, kansainvälinen yhteistyö ja uudet yhteydet eri tieteenalojen ja tekniikan alojen välillä syventävät ja laajentavat myös kokeneempien tutkijoiden osaamista.

Syvällisen asiantuntemuksen saavuttaminen edellyttää jatko-opintojen suorittamisen ja väitöskirjatyön tekemisen. Väitöskirjojen ja muiden opinnäytetöiden syntyminen on yksi SAFIR2018-ohjelman tuloksellisuuden mittari. Jatko-opinnot myös lisäävät ohjelman tutkimuksen pitkäjänteisyyttä ja tuottavat tieteellistä tasoa nostavia julkaisuja.

Työskentely ohjelman johtoryhmässä, tutkimusalueiden ohjausryhmissä ja tukiryhmissä on tärkeää myös tiedon-

SAFIR2018-ohjelman missio

*Kansallisella ydinturvallisuustutkimuksella kehitetään ja luodaan asiantunte-
musta, koelaitteistoja sekä laskenta- ja
arviointimenetelmiä tulevaisuudessa
ilmenevien turvallisuuskysymysten
ratkaisemiseksi.*

SAFIR2018-ohjelman visio

*SAFIR2018-tutkimusyhteisö on valpas,
kansainvälisesti arvostettu ja vahvasti
verkottunut osaamiskeskittymä, joka te-
kee tieteellisesti korkeatasoista tutkimusta
ajantasaisin menetelmin ja koelaitteistoin
suomalaisten ydinvoimalaitosten turvalli-
suuden kannalta olennaisista aiheista.*

vaihdon kannalta. Tutkimuksen tulokset leviävät loppukäyttäjille ja toisaalta tutkimustarpeet tutkijoille. Ohjelman seminaarit toimivat myös tehokkaina tiedonvaihtokanavina.

VYR-rahoitteisen turvallisuustutkimuksen rooli on ydinenergialaissa selkeästi rajattu koskemaan nykyisiä ja rakenteilla olevia ydinlaitoksia. Tutkimusohjelmassa pyritään kuitenkin myös edistämään sekä seuraavan sukupolven reaktoreihin että

SAFIR2018-ohjelman sisällön suhteen rajapinnoilla olevin tutkimusaiheisiin liittyvää tiedonvaihtoa (mm. KYT2018-ohjelma).

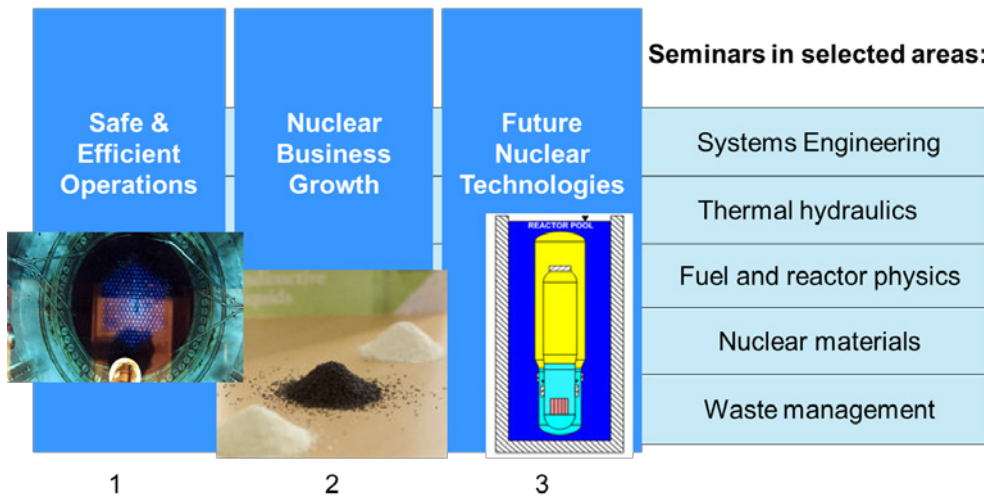
Kansallinen ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimus 2015–2018. Uuden tutkimusohjelman SAFIR2018 runkosuunnitelma hankehakua varten.

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Energia ja ilmasto. 34/2014.

Julkaisu löytyy kokonaisuudessaan <http://safir2018.vtt.fi>. Tekstin on lyhentänyt Anna-Maria Länsimies.

Ydinvoiman tutkimustoiminta Fortumilla

New Fortum Nuclear R&D Programs



Olemme Fortumilla muuttamassa tutkimuksen suuntaa, sillä muuttuvassa maailmassa myös ydinvoiman rooli ja toimintatapa ovat muutoksen kourissa. Tämä muutos istuu hyvin juuri tähän ajankohtaan, sillä myös uusi SAFIR ohjelma (SAFIR2018) alkoi vuoden 2015 alusta.

Fortum on aiemmin organisoinut ydinvoimapuolen tutkimuksen tekniikanalakohtaisiin ohjelmiin, mutta tätä rakennetta muutetaan nyt toiseen muotoon ja jatkossa meillä on kolme ydinvoimatutkimuksen ohjelmaa:

1. Safe and efficient operations (Turvallinen ja luotettava käyttö)
2. Nuclear business growth (Ydinvoimaliiketoiminnan kasvu)
3. Future nuclear technologies (Tulevaisuuden reaktoriteknologiat)

Muutoksen tarkoitus on selventää tutkimuksen suuntausta ja tavoitteita. Lisäksi on hyvä muuttaa tutkimusta aika ajoin, jotta uusia tutkimusaiheita löydetään ja tekemistä uudistetaan tarpeiden mukaan. Uuden rakenteen avulla pyrimme myös fokuoimaan tutkimusaktiiviteetteja meille tärkeimpiin aiheisiin.

Ohjelma 1 keskittyy tehokkaaseen ja turvalliseen käyttöön niin Loviisassa, kuin Fortumin osa-omisteisillakin laitoksilla (Oskarshamn, Forsmark ja Olkiluoto). Tämän alueen tutkimusta olemme tehneet jo pitkään ja muutos pyrkii lähinnä keskittämään tutkimusta tärkeimpiin aiheisiin, kuten käyttöikään liittyviin kysymyksiin. Etsimme myös mahdollisia synergioita eri laitosyksiköiden välillä tutkimustoiminnassa.

Ohjelma 2 on sisällöltään uuden tyyppinen ja sen tarkoitus on kehittää Fortumin kompetensseihin perustuen uusia tuotteita ja näin ollen tukea ulkoisen

bisneksen kasvua Fortumin strategian mukaisesti. Tähän ohjelmaan kuuluvat jo kehittyneet tuotteemme: APROS simulointityökalu, sekä NURES tuoteperhe radioaktiivisten nuklidien erottamiseen nesteistä. Tämän lisäksi käymme läpi tuotekehityksen prosessia useiden aiheiden osalta.

Ohjelma 3 katsoo tulevaisuuteen ja keskittyy kehittyneisiin reaktoriteknologioihin. Tämän ohjelman yhteydessä käymme läpi niin Gen3 ja Gen3+ laitosten valittuja piirteitä, kuin myös teemme tutkimusta SMR ja Gen4 aihealueilla. Kaikista kauimmas tulevaisuuteen ulottuu fuusio-aihe, mitä myös sivuamme tässä ohjelmassa.

Kuhunkin ohjelmaan on valittu vetäjät, jotka ovat **Satu Sipola** (ohjelma 1), **Miko Olkkonen** (ohjelma 2) ja **Juho Vierimaa** (ohjelma 3). Ohjelmille on nimitetty ohjausryhmät, jotka auttavat ohjelman suuntaamisessa ja tavoitteiden asettelussa. Lisäksi kukin ohjelma sisältää lukuisia projekteja, joita vetävät asiaan vihkiytyneet projektipäälliköt.

Uuden rakenteen mukaiseen tutkimukseen siirrytään vuoden 2015 alusta, mutta kuten kaikkien muutosten yhteydessä, kokonaisvaltaisen suunnittelun on tärkeää ja se on alkanut jo keväällä 2014.

Uuden tutkimuksen kriteereinä pidämme merkitystä ydinvoimaliiketoiminnalle ja oikeiden ongelmien ratkaisua, sekä uuden tiedon ja osaamisen

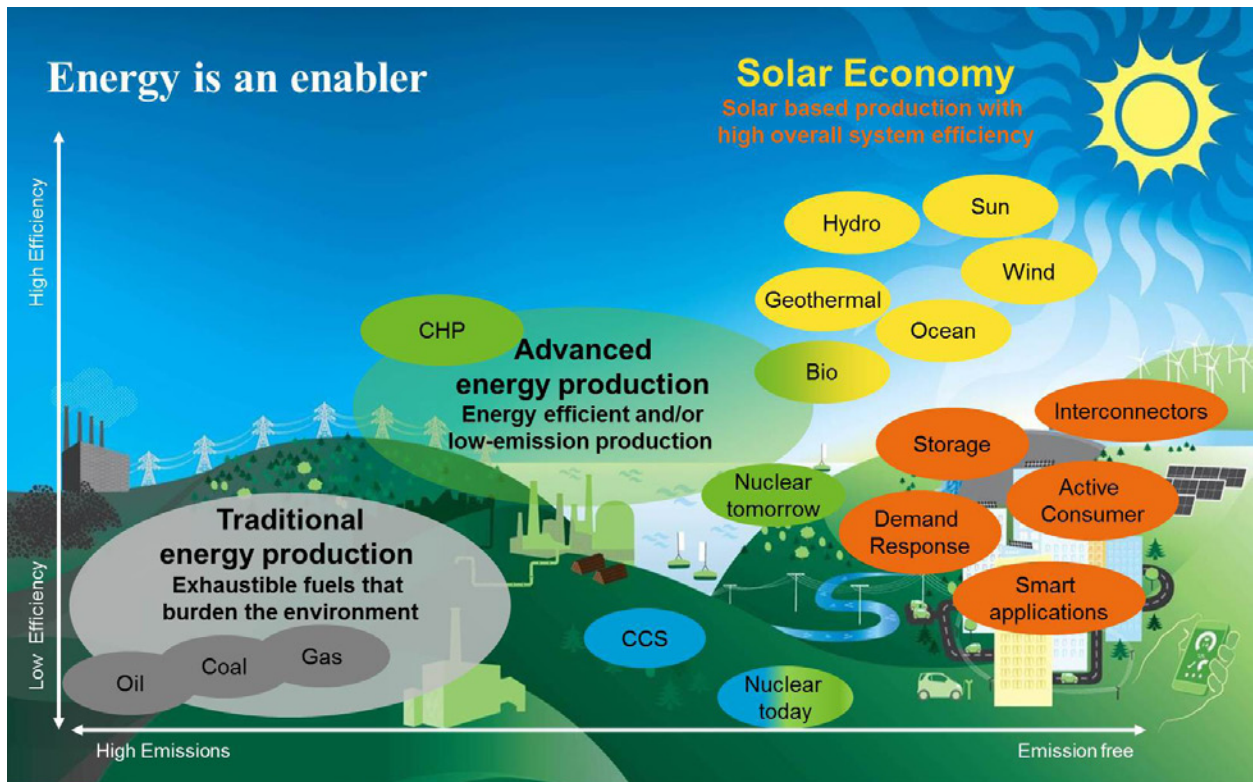
luomista. Projektien tulee olla riittävän suuria kokonaisuuksia, jotta tuloksia syntyy. Lisäksi tutkimuksen avulla tulee avata ovia korkeatasoisten kansainvälisten partnereiden suuntaan kiinnostavissa aktiviteeteissa. Haluamme siis tehdä korkeatasoista ja meille tärkeää tutkimusta ja haluamme myös näyttää osaamistamme maailmalla.

Olemme varsin innostuneita uudesta tutkimusrakenteesta ja olemmekin avoimesti kertoneet kehityksemme suunnasta jo alkuvaiheessa. Osallistumme jatkossakin aktiivisesti kansallisiin tutkimusaktiiviteetteihin, kuten SAFIR ja KYT, sekä teemme yhteistyötä useiden kansallisten ja kansainvälisten organisaatioiden kanssa.



TkT Kristiina Söderholm
Head of Nuclear R&D
Fortum

kristiina.soderholm@fortum.com



Aurinkotalousmalli, kohti puhdasta energiaa. Kuva: Fortum.

Ydinvoima ja uusiutuvat

Eripuolilla rajalinjaa vai eikö sittenkään?

Maapallon resurssit ovat rajalliset. Uudenlaista ajattelua resurssien käyttöön tarvitaan. Jotta voimme taata myös tulevaisuudessa asuinkelpoisen maapallon, pitää resurssien käytössä huomioida perinteisen arvoketjuajattelun lisäksi resurssien kokonaisvaltainen riittävyys ja niiden käytön tehokkuus.

Viiime vuosina on keskusteltu paljon vaikkapa siitä onko oikein käyttää viljelysmaaksi sopivia alueita energiakäyttöön tarkoitetun palmuöljyn tuottamiseen? Vastaavasti voidaan pohtia, että kannattaako puuta polttaa vai pitäisikö puukuiduista saatavilla jalosteilla korvata esimerkiksi metalleja? Tulevaisuudessa lähtökohtana resurssien hyödyntämiselle pitää olla toisaalta ensin ihmisen perustarpeiden ensisijainen tyydyttäminen ja seuraavaksi tärkeiden uusiutumattomien raaka-aineiden säästäminen tulevien sukupolvien käyttöön niin paljon kuin mahdollista. Tämän ajattelutavan mukaisesti esimerkiksi

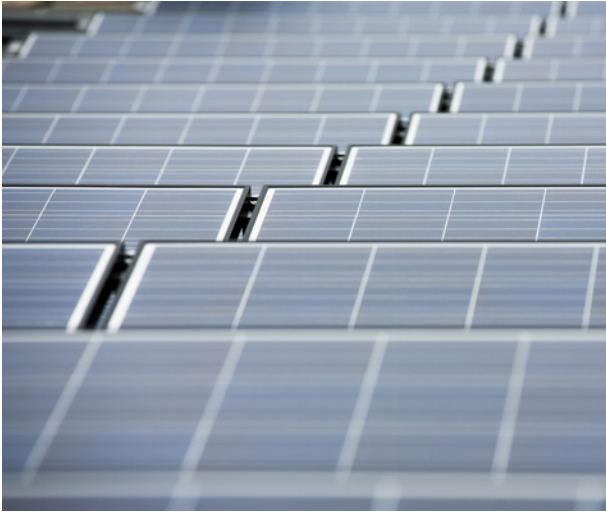
uraanin käyttö energiaksi on järkevää, koska uraanille ei juuri muuta käyttöä ole.

Energia ja aurinkotalousmalli

Energiantuotanto elää murrosvaihetta. Uusiutuvat energialähteet kasvattavat osuuttaan ja kasvihuoneilmiö asettaa uusia vaatimuksia energiateollisuuden päästöille. Energiantuotannon rinnalle tarvitaan myös energian varastointia. Lisäksi sähköverkot muuttuvat älykkäiksi ja kuluttajien rooli muuttuu. Kuluttaja ei

ole enää vain kuluttaja, vaan joskus myös myyjä, ja myös sähkövarasto. Tulevaisuuden energiajärjestelmässä energiantuotanto, -varastointi ja -kulutus tulee optimoida tehokkaaksi kokonaisuudeksi. Tätä lähestymistapaa kutsumme Fortumissa Aurinkotalousmalliksi.

Tulevaisuudessa energiaa tuotetaan tehokkaammin ja puhtaammin. Tuotanto sisältää paljon uusiutuvia energiantuotantomuotoja ja energiavarastoja, mutta myös ydinvoimaa, joka on erinomainen CO₂-päästötön perusvoiman tuotantoratkaisu pitkälle tulevaisuuteen. Ydinvoiman koko tuotantoketjussa uraanin louhinnasta lähtien syntyy toki myös



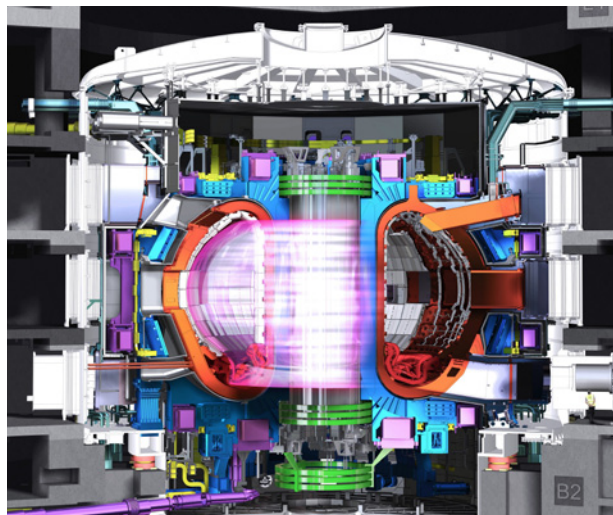
Cafe Carusel Helsingissä käyttää aurinkoenergiaa. Fortumin toimittaman järjestelmän sähköntuotannon kokonaisteho on 19,6 kW. Suurin osa 80 paneelista asennettiin kahvilan katolle ja muutama terassille. Kuva: Fortum.



Fortum on testannut aaltovoimaa Lysekilissä Ruotsissa yhteistyössä Uppsalan yliopiston kanssa. Kuva: Fortum.



Fortum Otso -bioöljyä valmistetaan puuperäisestä raaka-aineesta nopeapyrolyysiprosessin avulla. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi lämpölaitoksilla ja teollisuus-höyryn tuotannossa korvaamaan raskasta tai kevyttä polttoöljyä. Tulevaisuudessa bioöljy voi toimia myös raaka-aineena erilaisille biokemikaaleille tai liikenteen polttoaineille. Kuva: Fortum.



Sähköistyvä yhteiskunta tarvitsee luotettavaa perusvoimaa. Tulevaisuuden ydinvoiman tulee toimia osana monipuolista uusiutuviin energialähteisiin pohjautuvaa energiantuotantojärjestelmää. Mallinnos ITER Tokamakista plasman kanssa. Kuva: ITER Organization, Design Integration Section, 2013.

hiilidioksidipäästöjä, kuten kaikkien muidenkin energiantuotantomuotojen kohdalla. Nämä välilliset päästöt ovat kuitenkin sekä ydinvoimalla että uusiutuville hyvin vähäisiä verrattuna fossiilisten polttoaineiden päästöihin.

Tulevaisuuden ydinvoima ei kuitenkaan voi olla vain yksi perusvoiman tuotantotapa, vaan sen tulee tukea uusiutuvien energialähteiden yleistymistä ja toimia osana monipuolista uusiutuviin energialähteisiin pohjautuvaa energiantuotantojärjestelmää.

Perusvoiman ja uusien energialähteiden yhdistäminen toimivaksi energiajärjestelmäksi tulee olemaan suuri haaste. Tavoitteen saavuttaminen vaatii paitsi

pitkäjänteistä työtä myös teknologiakokonaisuuksien testaamista käytännössä ennen niiden kaupallistamista.

Tämä tilanne tarjoaa Fortumille ja Suomelle mahdollisuuden luoda kansainvälisesti merkittävä aurinkotalouspilottikohde. Käytännössä tämä pilotti voi olla esimerkiksi sopivan kokoinen kylä tai asuinalue, jonne rakennetaan erilaisia energiantuotanto- ja varastointimuotoja ja testataan niiden toimivuutta käytännön olosuhteissa. Eräs mahdollisuus olisi tehdä aurinkotalouspilotista kansainvälinen tutkimuskohde jolloin rahoituksen hankinta olisi mahdollisesti helpompaa.

Joka tapauksessa koko energiasektori on historiallisen muutoksen edessä. Sekä

energiantuotanto että -kulutus tulee mullistumaan lähivuosikymmenten aikana. Tämä muutos tulee tarjoamaan meille kaikille haasteellisia hetkiä energian parissa.



*DI Ville Lestinen
Nuclear Business
Development Manager
Fortum
ville.lestinen@fortum.com*

ATS YG Seminaariristeily 24.–25.10.2014

Suomen Atomiteknillisen seuran YG-työryhmä järjesti 24.–25.10.2014 seminaariristeilyn Helsingistä Tallinnaan. Seminaarin teemana oli *Ydinvoimalaitoksen elinkaari*. Paikalle oli saatu puhumaan teemaan liittyvistä aiheista Juha Miikkulainen (Fennovoima), Sasu Kämäräinen (TVO) sekä Minna Tuomainen (STUK). Seminaariin osallistui 50 asiantuntijaa 10:stä eri organisaatiosta.



Seminaarin esitelmät

Ydinvoimalan rakennuspaikan etsintä ja valinta
Juha Miikkulainen, Kehityspäällikkö, Fennovoima

Ydinvoimalaitoksen rahoitus projektista käytöstäpoistoon
Sasu Kämäräinen, Varainhankintapäällikkö, TVO

Ydinvoimalaitoksen ja muutostöiden luvitusaskeleet sekä tarkastustoiminta elinkaaren eri vaiheissa
Minna Tuomainen, Projektipäällikkö, STUK



Säteilyturvakeskuksen Minna Tuomaisen esityksen aiheena oli ydinvoimalaitoksen ja muutostöiden luvitusaskeleet sekä tarkastustoiminta eri vaiheissa. Kuva: Antti Paajanen.



TVO:n Sasu Kämäräisen esityksen aiheena oli Ydinvoimalaitoksen rahoitus projektista käytöstäpoistoon. Kuva: Antti Paajanen.

Reissu käynnistyi perjantaina aamukymmeneltä Helsingin Länsisatamasta, mistä lähdettiin *M/S Starin* kyydissä kohti Tallinnaa. Seminaari aloitettiin laivassa ryhmätöillä, joilla pyrittiin selvittämään toiminnot, sidosryhmät ja organisaatiot ydinvoimalaitoksen elinkaaren eri vaiheissa. Ryhmätyön tarkoituksena oli tutustuttaa seminaarin osallistujat iltapäivän esitysten aiheisiin sekä myös muihin osallistujiin ja näiden työtaustoihin.

Laivan saavuttua puolen päivän maisa Tallinnaan seminaariväki siirtyi satamassa sijaitsevan *Tallink Spa Hotellin* tiloihin, missä seminaari jatkui lounaan jälkeen puhujien esityksillä.

Esityksiä elävöitti hieman puhujien paluumatkojen peruuntuminen tuuli-

olosuhteiden vuoksi ja tästä aiheutuneet pikaiset seminaarin aikataulumuutokset. Kaikesta huolimatta esitykset saatiin esitettyä suunnitellusti ja puhujat pääsivät kotiin lähes alkuperäisen aikataulun mukaisesti. Myös menomatalla tehdyt ryhmätyöt esitettiin puhujien esitysten lomassa. Koska esitykset poikkesivat aiheiltaan perinteisistä yleensä varsin teknisistä seminaariesityksistä, löytyi yleisöstä runsaasti kysyttävää mm. mediassa paljon tapetilla olevista ydinvoimalaitosprojektien rahoitusasioista.

Pitkä seminaaripäivä päättyi kello kuuden maissa, minkä jälkeen iso osa osallistujista suuntasi yöpaikkanamme toimineen hotellin kylpyläosastolle virkistytymään. Seminaarimatkan kruunasi paikallistuntumusta omaavan *Henri*

Ormuksen (Pöyry) onnistuneet illallispaikkavinkit, joiden myötä osallistujat pääsivät tutustumaan loppuillasta myös Tallinnan hieman perinteisiltä turistireiteiltä poikkeaviin ravintoloihin (erityismainintana *Kohvik Similind*, Määrivahe 50).



DI Antti Paajanen
Ydinturvallisuusinsinööri
Fennovoima Oy
antti.paajanen@fennovoima.fi



Vierailijaryhmämme bussissa Fukushima laitosalueella. Tämän jutun kirjoittaja toiseksi takimmaisessa rivissä toinen vasemmalta. Huomaa muovilla suojatut penkit. Kuva TEPCO.

Vierailu Fukushiman ydinvoimalassa

Japanissa järjestettiin syyskuussa ydinturvallisuuskonferenssi, jonka viimeisenä päivänä pääsimme käymään ydinonnettomuuden tapahtumapaikalla, Fukushima Daiichi -voimalaitoksella. Bussimatkalla kuljimme läpi kylien, jotka ovat olleet asumattomina onnettomuudesta lähtien.

Fukushima Daiichi -ydinvoimalassa kolmen reaktorin sydän pääsi sulamaan maaliskuussa 2011. Onnettomuus aiheutui tsunamista, joka katkaisi laitoksilta kaikki sähköt moneksi päiväksi. Tämä oli ensimmäinen vakava ydinvoimalaonnettomuus 25 vuoteen koko maailmassa. Kun Tokion yliopistolta tuli kutsu konferenssiin, jonka osallistujille tarjottiin mahdollisuus vierailla onnettomuuspaikalla, niin tartuin tietys-

ti tilaisuuteen.

Fukushiman voimalaitos sijaitsee kolmen tunnin bussimatkan päässä Tokiosta. Matkustimme tavallisella tilausajobussilla evakuoitalueen eteläreunalle, 20 kilometrin päähän voimalaitoksesta. Siellä sijaitsee J-Village, joka on rakennettu jalkapallon harjoituskeskukseksi, mutta jota voimayhtiö TEPCO käyttää nykyään tukikohtanaan ydinonnettomuuden sotkujen siivoustyössä. J-Villa-

gessa söimme lounaan, ja sinne piti jättää kamerat ja puhelimet.

Evakuoitujen kylien läpi

Matkaa J-Villagesta kohti voimalaitosta jatkettiin TEPCOn omalla bussilla, jossa penkit ja lattiat oli peitetty muovilla dekontaminoinnin helpottamiseksi. Alkumatka kulki läpi kylien, jotka evakuoitiin onnettomuuden aikana, mutta joissa



Kuva: Gill Tudor, IAEA.

asukkaat saavat nykyään käydä päiväs-aikaan. Tällä alueella maanjäristyksessä vaurioituneita kattoja ja ikkunoita oli paikkailtu pressuilla, mutta nurmikot olivat leikkaamatta ja kaupat ja huolto-asetat kiinni. Tunnelman kohottamiseksi opas kuulutti säteilyn annosnopeuksia bussin sisällä. 0,3 mikrosievertiä tunnissa, 0,7 mikrosievertiä tunnissa, 1,1 mikrosievertiä tunnissa...

Puolimatkassa J-Villagesta voimalaitokselle oli tiesulku, josta pääsi läpi vain TEPCOn kulkuluvalla. Tiesulun takana olevat kylät olivat kirjaimellisesti maanjäristyksen jäljiltä. Yli kolme vuotta sitten romahtaneet katot ja särkyneet ikkunat olivat edelleen korjaamatta. Opas jatkoi annosnopeuksien kuuluttamista: 3 mikrosievertiä tunnissa, 7 mikrosievertiä tunnissa, 17 mikrosievertiä tunnissa.

Voimalaitoksen portilla poistuimme bussista rakennukseen, jossa saimme dosimetrit ja suojaruusteet (hengitysuojain mallia hammaslääkäri, kenkäsuojat ja kertakäyttöhanskat). Fukushima käy yksi tai kaksi vierailijaryhmää päivässä, joten vieraiden varustaminen käy TEPCOlaisilta rutiinilla. Sitten ulos ja toiseen muovitetuun bussiin.

Piha täynnä vesitankkeja

Reaktorirakennusten kellareihin virtaa joka päivä 400 kuutiometriä pohjavettä, joka sitten kontaminoituu ja täytyy puhdistaa. Laitoskierroksella ensimmäiseksi tuli vastaan ALPS-laitteisto, jossa puhdistetaan kontaminoituneita vesiä Fortumin toimittamalla Nures-järjestelmällä. Likaista ja osittain puhdistettua vettä säilötään laitosalueella kymmenissä suurissa tankeissa yhteensä 430 tuhatta kuutiometriä. Vertailun vuoksi Talvivaaran kaivosalueella on varastoituna 7 miljoonaa kuutiometriä vettä.

naa kuutiometriä vettä.

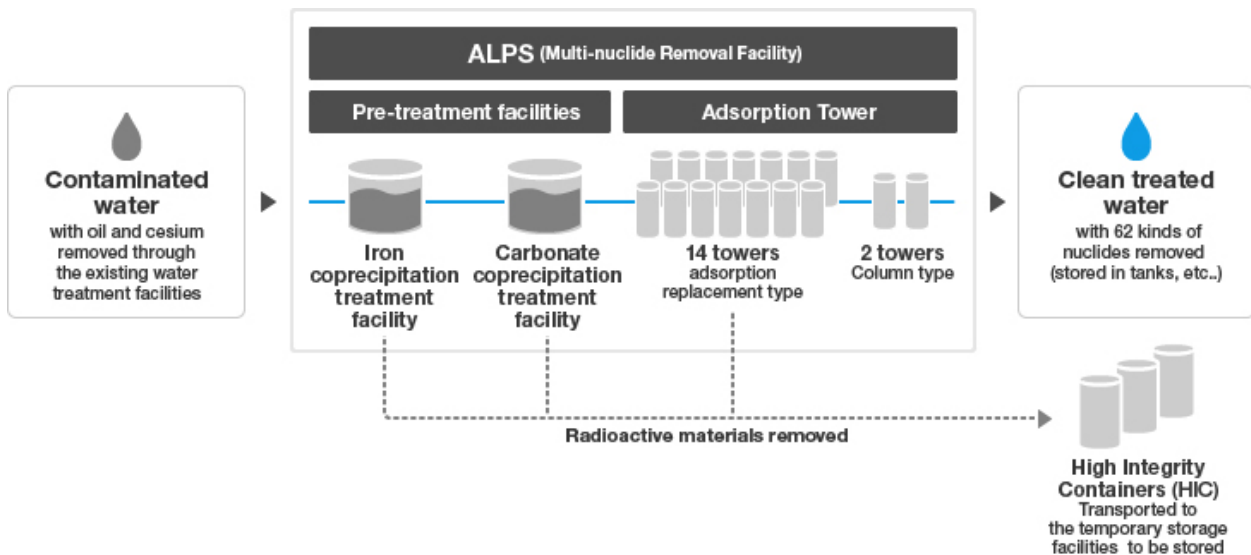
Massiiviset työt olivat käynnissä pohjaveden ohjaamiseksi rakennusten ohi suoraan mereen, jotta kontaminoituvan veden määrää saataisiin vähennettyä. Reaktorirakennusten eteen on tehty kaivoja, joista pumpataan pohjavettä pois. Lisäksi TEPCO aikoo jäädyttää maaperää rakennusten ympäriltä ja siten pysäyttää pohjaveden virtauksen. Näimme viereen upotettuja pystysuoria putkia, joissa kierrätetään jäähditysainetta keinotekoisien routaseinän luomiseksi.

Laitosalueen korkeuserot ovat yllättävän suuret. Reaktorirakennukset on rakennettu 10 metriä merenpinnan yläpuolelle, mutta heti niiden takana on jyrkkä ylämäki, ja suurin osa laitosalueesta on 35 metriä merenpinnasta. Jyrkkäpiirteinen maasto varmaankin kasvattaa veden virtausmääriä reaktorirakennuksiin.

Seuraavaksi bussi kuljetti meidät itse reaktorirakennusten viereen. Ykkösyksikön rakennus on peitetty väliaikaisella pressuypypisellä suojalla, jolla vähennetään radioaktiivisen pölyn leviämistä ympäristöön. Kakkösyksikkö näyttää samalta kuin ennen onnettomuutta, koska siinä ei tapahtunut vetyräjähdystä ja siten seinät ja katto ovat vielä ehjät. Kolmosyksiköllä on purettu vetyräjähdysessä vaurioituneet viidennen kerroksen seinät, ja seuraavaksi sekini aiotaan peittää rakennelmalla, jonka suojassa voidaan poistaa käytetty polttoaine reaktorirakennuksen altaasta. Nelösyksiköllä siivoustyö on edennyt pisimmälle, koska se oli huoltoseisokissa maanjäristyksen tapahtuessa ja sen takia polttoainetta ei päässyt sulamaan. Nelösyksikön reaktorirakennuksen ympärille on rakennettu uudet massiiviset seinät ja niiden suojissa 77 prosenttia käytetyistä polttoainepuista oli jo siirretty pois. Työ saatiin loppuun



J-Village tunnettiin aiemmin Japanin jalkapallomaajoukkueen harjoittelukeskuksena. Fukushiman ydinonnettomuuden jälkeen voimayhtiö TEPCO on käyttänyt keskusta tukikohtanaan ydinonnettomuuden sotkujen siivoustyössä. Lehtitietojen mukaan TEPCO suunnittelee tukikohtansa siirtämistä muualle. Alueen puhdistuksen jälkeen keskus olisi palautumassa jalkapallomaajoukkueen käyttöön vuonna 2018 sopivasti Tokion olympiakisoiden alla, jotka järjestetään vuonna 2020. Kuva: Greg Webb, IAEA



ALPS-laitteisto puhdistaa radioaktiivisia vesiä täydellä kapasiteetilla 750 tonnia päivässä. Koekäyttövaiheen aikana vesiä oli puhdistettu yhteensä noin 230 000 tonnia (joulukuun 2014 lukema). Kuva: TEPCO.



Absorptio-laitteisto. Kuva: TEPCO.



ALPS-laitteiston asennustyö syyskuussa 2012. Kuva: TEPCO.



ALPS-rakennus lähes valmiina maaliskuussa 2013. Kuva: TEPCO.

marraskuussa.

Seuraavaksi siirryimme viitos- ja kuutosreaktoreille, jotka on rakennettu hieman erilleen neljästä ensimmäisestä yksiköstä. Kuutosreaktorilla yksi dieselgeneraattori oli sijoitettu ylempään kerrokseen ja selvisi tsunamista kuivana. Koska viitos- ja kuutosreaktoreiden sähköverkot oli kytketty toisiinsa, niin tällä yhdellä toimivalla generaattorilla saatiin molempien reaktoreiden jäähdytysvesipumput pyörimään ja polttoaineen sulaminen estettyä. Näimme myös korkeajännitelinjan pylvään, joka kaatui maanjäristyksessä ja katkaisi yhden laitokselle tulevista sähkölinjoista.

Anti-earthquake rakennus

Viimeinen vierailukohde oli ”anti-earthquake building”, joka toimi onnettomuuden aikana johtokeskuksena ja työntekijöiden tukikohtana. Tämä maanjäristyksen kestävä rakennus päätettiin rakentaa korjaavana toimenpiteenä, kun vuoden 2007 maanjäristys vahingoitti Kashiwazaki Kariwa -ydinvoimalan hätätilanteita varten tarkoitettuja tiloja. Rakennus valmistui puoli vuotta ennen Fukushima onnettomuutta, eli tässä kohtaa kävi hyvä tuuri. Se sijaitsee parinsadan metrin päässä ykkösreaktorista.

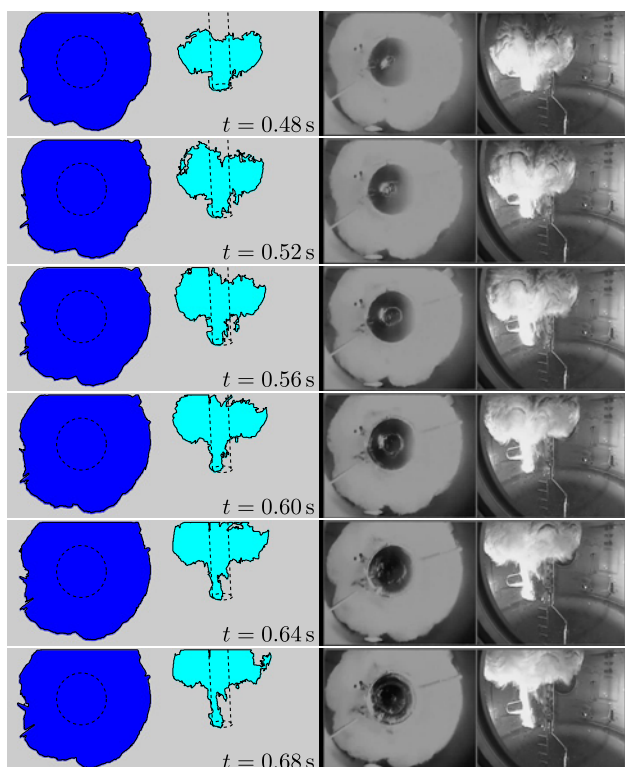
Anti-earthquake rakennus oli ainut kohde, jossa vierailijaryhmämme pääsi poistumaan bussista. Rakennus kontaminoitui onnettomuuden aikana, mutta se on myöhemmin siivottu niin hyvin, että säteilytaso sisällä on lähellä Japanin normaalia taustasäteilyä. Rakennus on luokiteltu ei-valvotuksi alueeksi, eli siellä ei tarvita kenkäsuojia eikä muita suojarusteita. Siellä voivat työskennellä

myös ne työntekijät, joiden vuosittainen annosraja on jo täynnä. Puhtaiden toimistotilojen sijainti keskellä kontaminoitunutta voimalaitosaluetta on melko epäkäytännöllinen. Aina töihin tullessa ja kotiin lähtiessä täytyy pukea suojarusteet ja matkustaa bussilla kontaminoituneen alueen läpi. Rakennus toimii edelleen onnettomuuden siivoustöiden johtokeskuksena. Voimalaitoksella käy töissä yli 5000 ihmistä.

Ai paljonko tuli annosta? 17 mikrosievertiä, joka vastaa muutaman päivän luonnon taustasäteilyä Suomessa. Vertailun vuoksi, Helsinki-Tokio-lennolla sain noin 40 mikrosievertiä avaruudesta tulevasta kosmisesta säteilystä.



Kirjoittaja:
DI Tuomo Sevón
Erikoistutkija
VTT
Ydinturvallisuus,
vakavat onnettomuudet
tuomo.sevon@vtt.fi



Esimerkki algoritmin toiminnasta

Kuplan muodostumisen ja luhistumisen arviointi lauhdutusaltaissa hahmontunnistuksen avulla

Evaluation of Bubble Formation and Break Up in Suppression Pools by Using Pattern Recognition Methods

Mahdollisen jäähdytteenmenetysonnettomuuden aikana suuri määrä höyryä vapautuu kiehutusvesireaktorin paineastiasta lauhdutusaltaaseen. Höyryn tiivistyminen lauhdutusaltaassa aiheuttaa dynaamisia ja rakenteellisia kuormituksia altaaseen.

Höyryn lauhdumista sekä lauhdumattomien kaasujen vaikutusta lauhdutusaltaaseen on tutkittu Lappeenrannan teknillisen yliopiston ydinturvallisuuden tutkimusyksikön POOLEX ja PPOOLEX-laitteistoilla useita vuosia. Visuaalisia havaintoja lauhdutusaltaaseen syntyvien kuplien muodostumista ja luhistumista voidaan mitata sopivan hahmontunnistusalgoritmin avulla.

Diplomityön tarkoituksena oli parantaa tutkijatohtori Vesa Tanskasen väitöskirjassaan kehittämää hahmontunnistusalgoritmia MATLABilla. Sekä laajentaa algoritmi kahden kameran tapaukseksi. PPOOLEX-laitteistolla mitattua, lämmön kerrostumis- ja sekoittumiskokeiden aikana kahdesta eri suunnasta kuvattuja videoita käytettiin referenssinä algoritmia kehitettäessä. Algoritmi koostuu kahdesta osasta: kuplien hahmontunnistuksesta sekä tunnistettujen kuplakuvien analysoinnista. Kuplia analysoidessa on pyritty määrittämään kuplan halkaisijan suuruutta sekä chugging-taajuutta.

Kuplien tunnistus algoritmilla toimii hyvin, mutta laitteiston monimutkaisesta rakenteesta johtuen joitakin virheitä esiintyy. Suljetun laitteiston vähäinen valaistus

aiheuttaa suurimmat ongelmat kuvankäsittelyyn. Kuvien analysoinnin tulokset ovat järkeviä ja kuplille määritetyt halkaisijat ovat suuruusluokaltaan todenmukaisia. Kuplien tilavuuden tai pinta-alan määrittäminen ei ollut järkevää kahden kameran kuvien perusteella suurien virherajojen vuoksi. Chugging-taajuudet, jotka laskettiin käyttäen FFT:tä (Fast Fourier Transform), sopivat hyvin kokeissa mitattuihin oskillointitaajuuksiin.

Algoritmi toimii olosuhteissa, joihin se on suunniteltu. Muutokset mittaustalaitteistossa aiheuttavat muutoksia myös algoritmiin. Työtä jatketaan laajentamalla kahden kameran laitteisto 3D-laitteistoksi, jossa kolmella suurnopeuskameralla pystytään määrittämään chugging-taajuudet aiempaa tarkemmin sekä pyritään saamaan tietoa myös kuplien pinta-aloista sekä tilavuuksista.

Opinnäytetyö, "Evaluation of Bubble Formation and Break Up in Suppression Pools by Using Pattern Recognition Methods", on hyväksytty Lappeenrannan teknillisen yliopiston teknillisessä tiedekunnassa huhtikuussa 2013.

DI, FM Elina Hujala

Nuorempi tutkija

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

LUT Energia, Ydinvoimatekniikan laboratorio

Elina.Hujala@lut.fi

Apros-simulointiohjelmiston termohydrauliikkaratkaisijan rinnakkaistaminen

Simuloinnin nopeuttamiseksi Apros-laskennan raskain osa, termohydrauliikkalaskenta, rinnakkaistettiin. Tavoitteena on kehittää käyttäjän näkökulmasta täysin automaattinen rinnakkaistus.

Fortumin ja VTT:n yhdessä kehittämä prosessisimulointiohjelmisto Apros on suunniteltu prosessiteollisuuden laitosten, kuten ydinvoimaloiden, systeemitasoiseen simulointiin. Termohydrauliikkaratkaisija, jota ohjelmistossa käytetään prosessin virtausten, painetransienttien ja lämmönsiirron ratkaisemiseen, on simulaattorin keskeisin osa. Erityisesti veden ja höyryn kaksifaasivirtaus on tärkeä osa-alue ydinvoimasovelluksissa. Aprosissa nesteen ja kaasun käyttäytymisen ratkaisemiseen käytetään 6-yhtälömallia, joka perustuu erikseen molemmille faaseille sovellettaviin massan, liikemäärän ja energian säilymislaakeihin.

Diplomityön tavoite oli rinnakkaistaa Apros:n 6-yhtälömallin laskenta ja osoittaa, että tehty toteutus on käyttökelpoinen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laskennan tulee nopeutua tulosten oikeellisuuden tai tarkkuuden karsimatta. Työssä käytiin läpi eri rinnakkaistumenetelmiä ja -strategioita, suunniteltiin ja toteutettiin rinnakkainen algoritmi, sekä testattiin tehtyä toteutusta.

Rinnakkaistamiseen käytettiin Message Passing Interface (MPI) -rajapintaa, joka on muodostunut standardiksi viestinvälitysmalliin pohjautuville ohjelmille. MPI:n perusajatus on yksinkertainen: ohjelma koostuu erillisistä prosesseista, jotka kommunikoivat keskenään lähettämällä viestejä. MPI-toteutukset hyödyntävät olemassa olevia kommunikointiprotokollia ja -tekniikoita, ja ovat siten sovellettavissa erilaisissa ympäristöissä, kuten moniydinkoneissa tai laskentaklustereissa.

Tehtyissä algoritmissa Apros:n laskentaverkko jaetaan eri prosessien kesken siten, että jokainen on vastuussa oman alueensa ratkaisemisesta. Eri alueet eivät ole riippumattomia toisistaan, ja näiden riippuvuuksien hallinta muodostaa suuren osan rinnakkaistustyöstä.

Tehtyä toteutusta testattiin laskentatulosten oikeellisuuden ja laskennan nopeutumisen osalta. Kahdessa validointimallissa kolmesta rinnakkaistetun algoritmin tuottama tulos vastasi erittäin hyvin sekventiaalisen algoritmin tulosta, kun taas yhdessä mallissa rinnakkaisella versiolla ilmeni pieniä numeerisia ongelmia. Nämä ongelmat on myöhemmässä kehityksessä onnistuttu ratkaisemaan.

Laskenta nopeutui parhaimmillaan 2,1–3,7 -kertaiseksi testimallista riippuen. Saavuttu nopeutus on hyvin malliriippuvainen, ja eniten hyötyvät suuret mallit, joissa 6-yhtälömallin laskentaan kuluva ajan osuus muuhun laskentaan nähden on suuri. Nopeutumista mitattiin käytettyjen prosessin lukumäärän funktiona, ja mittaukset tehtiin 8-ytimisellä moniydinkoneella.

Diplomityössä saatujen lupaavien tulosten perusteella kehitystyötä on jatkettu. Tavoitteena on laajentaa rinnakkaistuksen toiminta puhtaasta 6-yhtälömallista koko Apros-ympäristöön. Lopullisena päämääränä on saada rinnakkaistus osaksi virallista ohjelmistojulkaisua siten, että sen hyödyntäminen on käyttäjälle helppoa.

Opinnäytetyö on hyväksytty Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulussa.

*DI Erkki Laurila
Suunnitteluinsinööri
Fortum Power and Heat Oy
Mallinnus ja simulointi -osasto
Erkki.Laurila@fortum.com*



Loviisan voimalaitoksen ydinpolttoaineen mallintaminen TRANSURANUS-koodilla

Diplomityössä on käyty läpi TRANSURANUS-polttoainelaskentakoodin käyttöönotto Loviisan VVER-440 -reaktoreilla sekä mallinnettu Loviisan polttoainesauvojen käyttäytymistä normaaleissa käyttötilanteissa.

TRANSURANUS-laskujen tuloksia on verrattu aiempiin laskennallisiin sekä kokeellisiin tuloksiin.

Loviisan ydinvoimalaitoksen kahteen VVER-440 -yksikköön pätevät tavanomaiset kevytvesireaktorien käyttö- ja turvallisuusperiaatteet. Turvallisuusrajoissa pysyminen voidaan osoittaa eri keinoin, joihin lukeutuvat myös erilaiset laskennalliset menetelmät. Eräs menetelmä on polttoaineen mekaanista sekä termodynaamista käyttäytymistä mallintavan laskentaohjelman käyttö. Diplomityössä analysoidaan Loviisan ydinpolttoainesauvojen käyttäytymistä TRANSURANUS-koodin avulla.

TRANSURANUS on Euroopan komission alaisen JRC-ITU:n (Institute for Transuranium Elements) kehittämä 1,5-dimensioinen polttoaineen käyttäytymistä mallintava laskentaohjelma, joka mahdollistaa yksittäisten polttoainesauvojen mallintamisen eri geometrioissa ja reaktori-tyypeissä sekä käyttö- että onnettomuustilanteissa. Sen juuret ulottuvat 1970-luvulle ja koodin kehitys jatkuu tsaaisena tänä päivänäkin. Useat itäeurooppalaiset käyttäjät ovat edesauttaneet mallien laajennusta kohti laajempaa tukea VVER-440 ja -1000 -polttoaineelle. TRANSURANUS on valittu käyttöön Loviisan polttoaineen mallinnuksessa etenkin valmiin VVER-440 -tuen, jatkuvan mallikehityksen sekä aktiivisen käyttäjäpohjan vuoksi.

TRANSURANUS-koodin käyttöönotto toteutetaan valitsemalla lähtöarvoparametreja sekä perustelemalla eri laskentamallien käyttöä. Teoreettisia malleja polttoainesauvojen mekaanisen ja termodynaamisen käyttäytymisen kuvaamiselle pidetään valintaprosessin lähtökohtana. Sauvojen karakterisointi lähtöarvoilla ja laskentamalleilla luo pohjan polttoainelaskuille, joita tehdään realistisille käyttöhistorioille, tilastollisille tapauksille sekä lineaaritehorajan tapaukselle. TRANSURANUS-laskujen tuloksia analysoidaan keskittyen niiden ja aiempien tulosten eroihin sekä todistaen, että Loviisan polttoaineen käyttö on turvallista ja että laskentamallit pätevät Loviisan yksiköille. Lisäksi pelletin ja suojakuoren välisen kaasuraon aktiivisuutta tutkitaan

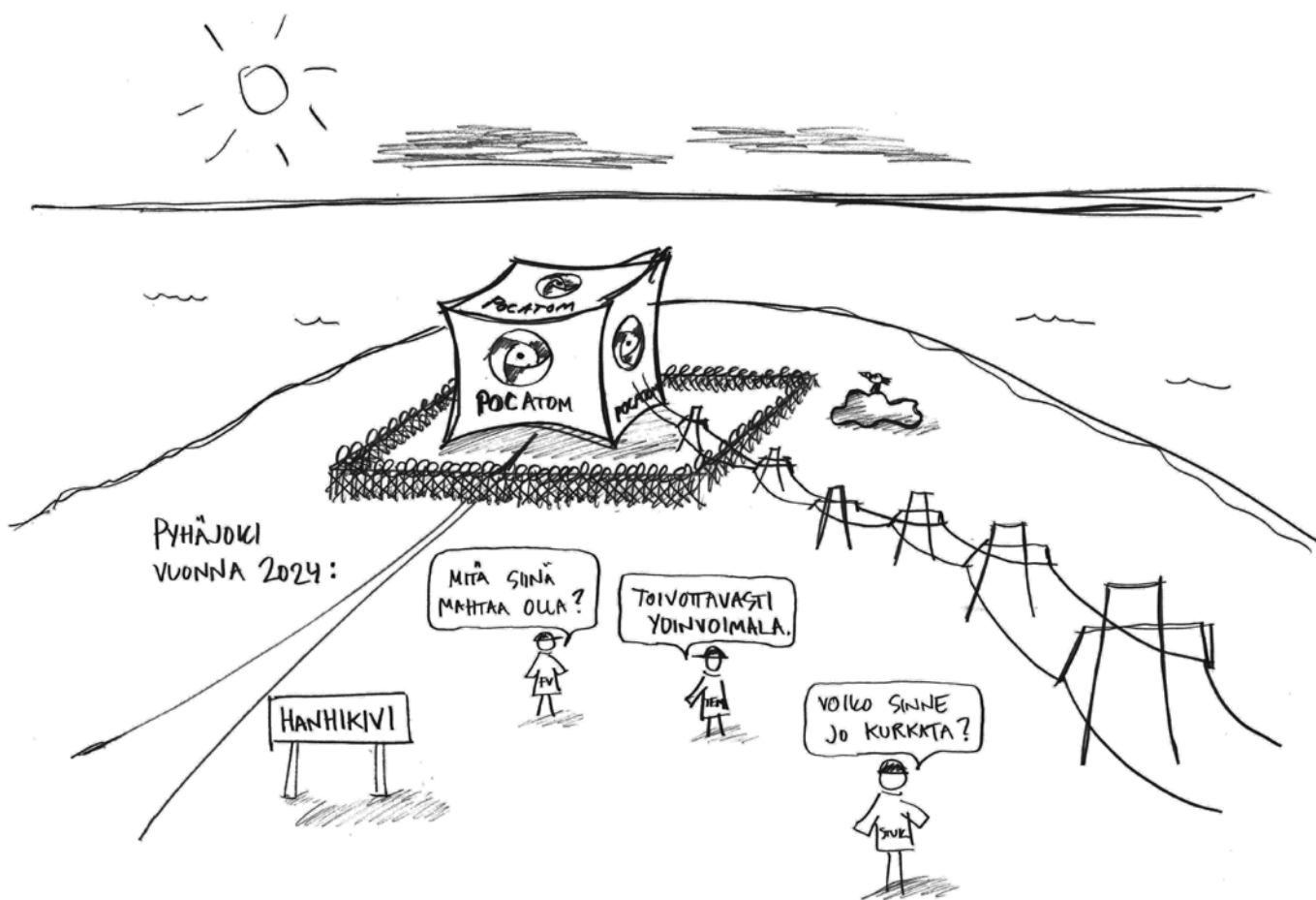
ottamalla käyttöön ANS-5.4-2011 -malli radioaktiivisten kaasumaisten fissiotuotteiden vapautumislaskuja varten. Lopuksi diplomityössä eritellään mahdollisia jatkosovelluskohteita TRANSURANUS-laskuille Fortumilla.

Diplomityössä vahvistetaan aiemmat tulokset, joiden mukaan Loviisan polttoaineen käyttö on turvallista sauvojen käyttäytymisen osalta. Realistisissa tapauksissa polttoaineen lämpötilat pysyvät 1000 °C:ssa ja sen alapuolella ja ääritapauksissakin alle 1250 °C:ssa. Lisäksi kaikissa laskentatapauksissa sauvan sisäinen paine jää merkittävästi jäähdytteen painetta pienemmäksi ja fissiokaasujen vapautuminen tyypillisen matalalle muutaman prosentin tasolle ja sen alle. Radioaktiivisten kaasumaisten fissiotuotteiden vapautumisasteet ovat hyvin matalia, vain tuhannesosia, ja vastaavat aiempia laskentatuloksia. Polttoainesauvan piteneminen vastaa myös mittaustuloksia kasvunopeudella ~0,1 %/10 MWd/kgU, joskin suojakuoren säteittäinen viruminen vaatii lisätutkimuksia. Yleisellä tasolla TRANSURANUS:n antamat tulokset kuvaavat Loviisan sauvojen oletettua käyttäytymistä valmiita malleja käyttäenkin hyvin. Siten TRANSURANUS-laskuissa on olemassa otolliset lähtökohdat entistäkin monipuolisemmille Loviisan VVER-440 -polttoaineelle räätälöidyille analyyseille.

Opinnäytetyö on hyväksytty Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulussa.

DI Ville Peri
Polttoaineinsinööri
Fortum Power and Heat Oy
Ydinturvallisuus ja polttoaine
ville.peri@fortum.com





Schrödingerin ydinvoimala

Kuka enää muistaa kevään 2007, kun saksalainen E.ON ilmoitti ostavansa Loviisasta tontin ydinvoimalaitosta varten. Ulkomaalaisen ydinvoimajätin kiinnostuksesta Suomeen nousi hirveä haloo.

Saksalaisille annettiin tylsti rukkaset, minkä seurauksena se meni kimppaan neljän suomalaisyhtiön kanssa, ja Fennovoima näki päivänvalon.

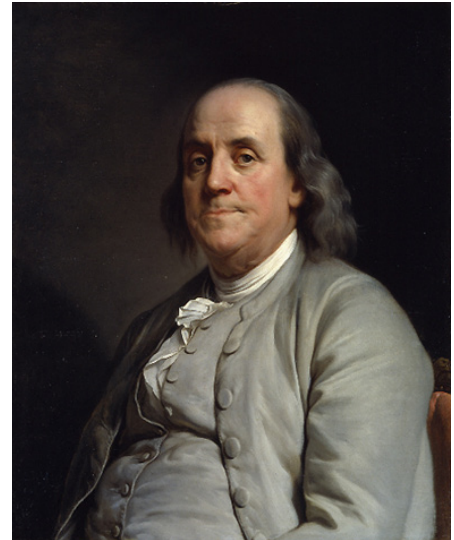
Jos Loviisan valtuusto olisi päättänyt hyväksyä kaupunginhallituksen tonttikaupat E.ONin kanssa huhtikuussa 2007, olisi Fennovoima-ilmiö jäänyt syntymättä, Fortum olisi saanut periaatepäätöksen vuonna 2010 ja rakentaisi paraikaa Loviisaan kolmatta reaktoriyksikköä. Kukupäätös olisi arvannut.

E.ONin omistus oli alussa kuin punainen vaate keskustelussa, kun periaatepäätöstä havigellivat samanaikaisesti valtion sähköyhtiö ja suomalainen metsäteollisuus. Fennovoiman intresseissä oli antaa kuva, että suomalaiset ovat ja pysyvät vallan kahvassa. Saksalaisten roolina on tuoda tuiki tarpeellista osaamista, ja ovat insinöörikansaa ihan kuin me härmäläiset.

Ydinvoimaosaaminenkin on toki ydinvoimalaitoshankkeessa tarpeeseen, mutta ennen kaikkea tarve oli E.ONin

”Jos haluat tietää rahan arvon, yritä saada sitä lainaksi.”

Benjamin Franklin



*Ranskalaisen Joseph-Siffrein Duplessisin (1725–1802) noin vuonna 1785 maalaama muotokuva Benjamin Franklinista (1706-1990).
Kuva: Wikimedia Commons.*

rahoitusmuskeleille: saksalaisjätin tase kun oli yksistään suurempi kuin 63 suomalaisosakkaan yhteenlaskettu. Siksi E.ONin ilmoitus lähteä lätkimään hankkeesta syksyllä 2012 pisti hankkeen polvilleen kuin romanikerjäläisen. Preussilainen marssitahti vaihtui slaavilaiseen valitusvirteen.

Raha tuo valtaa, se on selvää jo esikouluikäisellekin. Ja paljon fyrkkaa tarkoittaa sanelupolitiikkaa. Ydinvoimalaitoksen rakentamista Pyhäjoelle vastustava Pro Hanhikivi kävi useana vuotena E.ONin yhtiökokouksessa Essenissä vetoamassa, että yhtiö vetäytyisi hankkeesta. Rosatomin yhtiökokoukseen ei taida Hanna Halmeenpäällä olla asiaa.

Ydinvoimalaitoshankkeet ovat eräänlaisia makroskooppisia kvantti-ilmioita. Niiden ominaisuudet, kuten kannattavuus tai poliittisen hyväksynnän status, ovat ilmeisen epämääräisiä, kunnes asiayhteyden ja näkökulman määrittely antaa ominaisuudelle hetkellisesti täsmällisen, havaittavan arvon. Muun aikaa kaikki mahdolliset tilat ovat superpositiossa, läsnä samanaikaisesti.

Vihreät ovat erityisesti kunnostautu-

neet omilla variaatiollaan Schrödingerin kissasta. Koe on yksinkertainen: vihreiden puheenjohtaja pistetään ministerinautoon ydinvoimakantansa kanssa vaalikauden aluksi ja muut hallituskumppanit spekuloiivat, että jos auton takapenkille kurkattaisiin, niin ovatko vihreät vielä hallituksessa vai eivät.

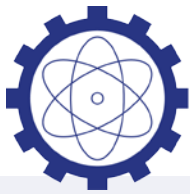
Vihreille ydinvoima on samanaikaisesti sekä liian kallista että halpaa ja täsmälleen sama teknologia on yhtäältä vaarallisen vanhentunutta mutta toisaalta vaarallisen uutta. Ydinjätteiden lopetusjohdotus on vihreidenkin hyväksymä mutta ongelma on silti ratkaisematta. Periaatepäätöksetkin ovat samalla sekä vanhoja että uusia.

Kun hallituksessa syyskuussa 2014 tehdyillä periaatepäätöksillä superpositio romahdutettiin, niin hups, valtioneuvoston Mersusta löytyi tällä kertaa ministerinpäivänsä päättänyt ympäristöministeri Ville Niinistö. Vuonna 2010 samanlaisessa kokeessa vihreiden ministerit selvisivät kuin mitään ei olisi tapahtunut, mikä saattaa tuntua paradoksaaliselta. Onneksi kyse on vain politiikassa havaittavasta ilmiöstä, jolle ei ole vasti-

netta reaali maailmassa.

Puoliso on taas innostunut salaatin syömisestä. Luomuhyllyssä oli kotimaisia tomaatteja kahta sorttia. Halvemman laatikon olivat oikein isoja ja kypsän punaisia, kun kalliimmassa oli pieniä ja hailakoita. Alkoi epäilyttää. Oli pakko kysyä myyjältä, että mitä eroa niissä on.

Myyjä totesi, että kalliimmat olivat suomalaisia, halvemmat vain kotimaisia. Lisäsi vielä, että samaa on kysytty paljon sen jälkeen, kun elinkeinoministeri linjasi, että kotimaista on suomalaisen lisäksi kaikki EU:sta ja ETA-alueelta tuleva. Jäin miettimään, että mitäköhän tästä melko laveasta tulkinnasta ajattelisi amerikkansuomalainen pappi Jooseppi Riippa, joka kaipuustaan Pohjanmaan lakeuksille sävelsi Michiganin Hancockissa 1890-luvulla laulun ”Kotimaani onmpi Suomi”?



ATS

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

Johtokunta

Puheenjohtaja Chairperson	TkT Liisa Heikinheimo Teollisuuden Voima Oyj Puhelin + 358 (0)2 83 811 puheenjohtaja@ats-fns.fi
Varapuheenjohtaja Vice-chairperson	DI Tapani Raunio Fortum Power and Heat Oy tapani.e.raunio@fortum.com
Sihteeri Secretary	DI Anna Nieminen VTT sihteeri@ats-fns.fi p. +358 40 159 1156
Rahastonhoitaja Treasurer	TkT Arto Ylönen Lappeenrannan teknillinen yliopisto rahastonhoitaja@ats-fns.fi
Jäsenet Board Members	DI Essi Ahonen STUK essi.ahonen@stuk.fi
	DI Ilkka Männistö Fennovoima ilkka.mannisto@fennovoima.fi
	DI Juhani Palmu Posiva juhani.palmu@posiva.fi
	TkT Filip Tuomisto Aalto-yliopisto filip.tuomisto@aalto.fi
	TkT Timo Vanttola VTT timo.vanttola@vtt.fi

Toimihenkilöt

ATS Young Generation	DI Ville Kakkonen Platom Oy ville.kakkonen@platom.fi
Kv-asioiden sihteeri International affairs	TkT Jari Tuunanen Fortum jari.tuunanen@fortum.com
Energiakanava Energy Channel WiN Finland	DI, FM Anna-Maria Länsimies, Fortum anna-maria.lansimies@ fortum.com
Ekskursios sihteeri	DI Juhani Palmu Posiva Oy juhani.palmu@posiva.fi
Www-vastaava	DI Heikki Suikkanen Lappeenrannan teknillinen yliopisto webmaster@ats-fns.fi
ATS-Info	TkT Seppo Vuori seppo.vuori@welho.com
ATS Seniorit	Tekn. lis. Eero Patrakka eero.patrakka@kolumbus.fi

Toimitus ja yhteystiedot

Julkaisija:

Suomen Atomiteknillinen Seura ry
PL 78, 02151 Espoo
www.ats-fns.fi

Lehti ilmestyy neljä kertaa
vuodessa.

ISSN-0356-0473

Wellprint Oy

Vuoden 2014 lehtien teemat:

1/2014

ATS YG -ekskursio, tutkimus

2/2014

Ympäristöasiat

3/2014

ATS Työryhmät

4/2014

Ekskursio

Päätoimittaja, Editor in Chief:

DI, FM Anna-Maria Länsimies
ATS Ydintekniikka
c/o Kymen Ydinviestintä
PL 39, 48101 Kotka
anna-maria@lansimies.com
p. +358 50 561 5176

Taitto: Kymen Ydinviestintä

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

Erikoistoimittajat:

DI Risto Vanhanen
risto.vanhanen@aalto.fi
DI Eveliina Takasuo
eveliina.takasuo@vtt.fi
FM Johanna Hansen
johanna.hansen@posiva.fi
DI Riku Mattila
riku.mattila@stuk.fi
DI Pekka Nuutinen
pekka.nuutinen@fortum.com
DI Lauri Rintala
lauri.rintala@fennovoima.fi
YTK Pasi Tuohimaa
pasi.tuohimaa@tvo.fi
Haastattelutoimittaja:
DI Klaus Kilpi
klaus.kilpi@welho.com



ATS:n 
uudet jäsenet

Varsinaiset jäsenet:

Tuomas Rantala, TVO
Erkki Laurila, Fortum
Niko Mononen, STUK
Tero Repo, Fortum
Teemu Törönen, Platom
Merja Tolonen, Platom
Tapio Riihelä, Fortum
Jaana Isotalo, Posiva
Ville Kangasniemi, EnviroCase Oy
Juho-Antti Rissanen, Fennovoima
Nikolaos Papakonstantinou, VTT
Karo Kustonen, Fortum
Jarno Säippä, STUK
Hannu Lappalainen, Platom Oy
Pekka Kupiainen, Fortum
Juhani Lehtonen, Fennovoima

Opiskelijajäsen:

Ville Sahlberg, VTT
Henri Loukusa, VTT
Kaisa Mäkinen, Oulun yliopisto
Jarkko Ahokas, LUT
Kimmo Hilden, Posiva
Essi Karstinen, Oulun yliopisto
Sini Piiparinen, LUT

Palautusosoite:
Suomen Atomiteknillinen Seura
PL 78
02151 ESPOO

Kannatusjäsenet:

Alstom Finland Oy

B+Tech Oy

Fennovoima Oy

FinNuclear ry

Fortum Power and Heat Oy

Mirion Technologies (RADOS) Oy

Platom Oy

Pohjoismainen Ydinvakuutuspooli

Pohjolan Voima Oy

Posiva Oy

PrizzTech Oy

Saanio & Riekkola Oy

Siemens Osakeyhtiö

Teknologian tutkimuskeskus VTT

Teollisuuden Voima Oyj

TVO Nuclear Services Oy

Voimaosakeyhtiö SF Oy

Wärtsilä Finland Oy