

ATTS

3|2015

Vol. 44

YDINTEKNIikka

SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA – ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND

Fennovoiman hanke etenee

Yhtiön tie rakentamislupa-
hakemukseen ja toimittaja-
organisaation esittäytyminen.

YTERA päättyy rahoituskuvioiden muututtua

Kolmen ja puolen toimintavuoden
aikana YTERA on tuottanut 11
tohtoria. Miten käy ydinalan
tohtorikoulutuksen?

Turvallisuusfilosofin tuumailua

Uusi pakinoitsija pohtii asioita
laajalla fokuksella ja filosofisella
otteella.



Julkaisija / Publisher

Suomen Atomiteknillinen Seura – Atomtekniska Sällskapet i Finland r.y.
www.ats-fns.fi

Johtokunta / Board

Puheenjohtaja / President

DI Kai Salminen
puheenjohtaja@ats-fns.fi

Varapuheenjohtaja / Vice President

TkT Filip Tuomisto
filip.tuomisto@aalto.fi

Sihteeri / Secretary General

DI Henri Loukusa
sihteeri@ats-fns.fi

Rahastonhoitaja / Treasurer

DI Lauri Pyy
rahastonhoitaja@ats-fns.fi

Jäsenet / Board Members

DI Ilkka Männistö
ilkka.mannisto@fennovoima.fi

DI Tuomas Rantala
tuomas.rantala@tvo.fi

FL Lasse Koskinen
lasse.koskinen@posiva.fi

Toimihenkilöt / Functionaries

ATS Young Generation

DI Henri Ormus
henri.ormus@fennovoima.fi

Kansainvälisten asioiden sihteeri / International Affairs

TkT Jari Tuunanen
jari.tuunanen@fortum.com

Energiakanava / Energy Channel, WiN Finland

TkT Liisa Heikinheimo
liisa.heikinheimo@tvo.fi

Ekskursios sihteeri / Excursions

DI Ville Lestinen
ville.lestinen@fortum.com

www-vastaava / Webmaster

TkT Heikki Suikkanen
webmaster@ats-fns.fi

ATS-Seniorit / ATS-Seniors

TkL Eero Patrakka
eero.patrakka@kolumbus.fi

Toimitus / Editors

Vastaava päätoimittaja / Editor-in-Chief

DI Anna Nieminen
anna.nieminen@vtt.fi

Tieteellinen päätoimittaja / Scientific Chief Editor

TkT Liisa Heikinheimo
liisa.heikinheimo@tvo.fi

Ajankohtaispäätoimittaja / Topical Chief Editor

DI Tapani Raunio
tapani.e.raunio@fortum.com

Toimitussihteeri / Lay-out Editor

Katariina Korhonen
Suunnittelutoimisto Creatus
katariina@creatus.fi

Toimitus / Editorial Staff

DI Klaus Kilpi
klaus.kilpi@welho.com

DI, FM Anna-Maria Länsimies
anna-maria@lansimies.com

DI Lauri Rintala
lauri.rintala@fennovoima.fi

DI Eveliina Takasuo
eveliina.takasuo@vtt.fi

TkT Vesa-Matti Tikkala
vesa-matti.tikkala@fortum.com

DI Risto Vanhanen
risto.vanhanen@aalto.fi

Toimituksen yhteystiedot

ATS Ydintekniikka

c/o Anna Nieminen
PL 1000
02044 VTT
p. 040 159 1156

Painopaikka

Wellprint Oy, Espoo

ISSN-0356-0473

Vuonna 1966 perustetun Suomen Atomiteknillisen Seuran (ATS) tarkoituksena on edistää ydintekniikan alan tuntemusta ja kehitystä Suomessa, toimia yhdysseitinä jäsentensä kesken kokemusten vaihtamiseksi ja ammattitaidon syventämiseksi sekä vaihtaa tietoja ja kokemuksia kansainvälisellä tasolla. ATS on Tieteellisten seurain valtuuskunnan jäsenseura.

ATS Ydintekniikka on ATS:n julkaisema, neljästi vuodessa ilmestyvä aikakautinen julkaisu. ATS:n tavoitteena on, että ATS Ydintekniikka on johtava teknistieteellinen ammattijulkaisu Suomessa.

ATS ei vastaa julkaistuissa artikkeleissa ja kirjoituksissa olevista tiedoista ja näkökannoista. Toimitus pidättää itsellään oikeuden lyhentää, tiivistää ja muokata julkaistavaksi tarkoitettuja artikkeleja ja kirjoituksia.

Tutkimuksen laatu?

LAADUN MÄÄRITTÄMINEN on haastavaa, sillä sille ei ole olemassa yksiselitteisiä mittareita. Usein tyydyimme asettamaan asioita paremmuusjärjestykseen vertaillen saatavilla olevaa määrällistä tietoa, joka harvemmin kertoo koko totuuden. Tutkimuksen laadun määreenä tarkastellaan tyypillisesti vertaisarvioitujen julkaisujen määrää ja akateemisia loppututkintoja. Pitääkö paikkansa, että vain väitöskirjan tehnyt henkilö voi olla uskottava tutkija?

Erytisesti ydinvoima-alalla korostuu myös tutkimuksen hyödynnettävyys. Yliopistorankingeissa tätä mitataan artikkeleihin tehtyjen viittausten määrällä, mutta toinen mahdollisuus olisi tarkastella sitä miten tutkimustulokset saadaan vietyä reaali maailmaan loppukäyttäjien toimesta. Me olemme onnekkaita, sillä loppukäyttäjämme joukko on

selkeästi rajattu ja tutkimusta tehdään jo nyt tiiviissä yhteistyössä. Valitettavan usein kuitenkin julkaisuja on helpompi tehdä aiheista, jotka eivät ole suoraan sovellettavissa käytäntöön.

En kiistä etteikö väitöskirja osoittaisi, että väittelijä on alansa huippuasiantuntija, jonka työ on tyypillisesti myös kansainvälisesti arvostettua, mutta haluan uskoa, että se ei ole ainoa laadun tae. Toki omakin tavoitteeni tutkijana on tulevaisuudessa tehdä väitöskirja, mutta ainakin tällä hetkellä kannustimeni ovat väärät. Väitöskirja tulisi tehdä aihe edellä eikä itsekäistä lähtökodista.

Tämä ATS Ydintekniikan numero sisältää tuhdin paketin liittyen Ydintekniikan ja radiokemian tohtoriohjelmia YTERAan ja sen tutkimusaiheisiin. Ohjelman koordinaattori Jarmo Ala-Heikkilä kutsuu tekstissään jatko-opiskelijoita tutkijakoulutettaviksi. Akateemisesta



maailmasta tuleva määritelmä korostaa tohtoritutkimuksen arvoa tutkimuksessa. VTT:llä kuitenkin tutkijan työtä tekee moni, joka ei välttämättä koskaan väittele. Tutkimusta myös tehdään asiakaslähtöisemmin kuin yliopistolla, mutta se ei mielestäni vähennä tutkimuksen laatua, päinvastoin.

Anna Nieminen

Vastaava päätoimittaja

SISÄLTÖ

Vakiopalstat

Päätoimittajalta: Tutkimuksen laatu? 3

Pääkirjoitus:
Tutkimus viitoittaa tulevaisuutta 4

Editorial: Research guides
the way to the future 5

Turvallisuusfilosofin tuumailua 38

Tapahumat

ATS YG tutustui Ruotsin
ydinvoimaloihin 6

Hanhikivi 1:en rakentamislupa-
hakemus kiinnosti ATS:n jäseniä 10

Ajankohtaista

Syksy on mittavien rekrytointien
aikaa Fennovoimassa 11

Rakentamislupaa hakemassa
– Fennovoiman matka
luvanhakijaksi 12

Fennovoiman
rakentamislupahakemus 14

Jälleen rakentamassa
suomalaista ydinvoimalaa 16

YTERA päättyy kesken
nousukiidon – miten käy ydinalan
tutkijakoulutuksen? 18

Johtokunta ehdottaa muutoksia
sääntöihin 22

Tiede ja tekniikka

Radionuklidien sorptiotutkimukset
radiokemian laboratoriossa (HYRL) 25
*FM Mervi Söderlund ja
FM Sinikka Virtanen*

Luonnonkierron pysähtyminen
ja häiriöt painevesireaktorissa 28
DI Otso-Pekka Kauppinen

Hydrogen effects on mechanical
properties of reduced activation
ferrite-martensite and ODS-RAFM
steels 31

*M.Sc. (Tech.) Evgenii Malitckii,
Dr. Yuriy Yagodzinskyy ja
Dr. Hannu Hänninen*

Väitös: Ydinvoimalaitosten
turvallisuusanalyysien
epävarmuudet pienemmiksi 36
TkT Juhani Vihavainen

ATS:N UUDET JÄSENET

Varsinaiset jäsenet

Torsti Alku, VTT
Joni Mustonen, EnviroCase Oy
Jesse Santtila, Fennovoima
Eveliina Muuri, HY
Tomas Lindén, HIP
Janne Peltonen, Fennovoima
Elmo Wiikinkoski, HY
Vesa-Matti Tikkala, Fortum
Johanna Koskenranta, TVO
Risto Valkeapää, eläkkeellä
Pekka Rantanen, Fortum

Opiskelijajäsenet

Aku Korhonen, Fortum
Tuomas Vähämäki, TVO
Magnus Strandberg, VTT
Siiri Jämsen, LUT
Satu Tolvanen, LUT

Tutkimus viitoittaa tulevaisuutta



UUDISTUNEEN ATS YDINTEKNIIKAN sivuille on ilmestynyt viite ”Tiede ja tekniikka” osoittamaan lukijoille, että tämä kirjoitus kertoo tehdystä väitöstyöstä, kuvaa tutkimusprojektissa saavutettuja tuloksia tai kertoo uudesta mallinnusmahdollisuudesta tai menetelmästä ja näiden hyödyntämisestä. Tiede ja tekniikka on ikkuna tutkimuksen maailmaan ydinenergiatekniikan ja -tuotannon alueella.

Tutkimuksessa tapahtuu paljon. Pitkän aikaa on jätehuollon tutkimus ollut alan yhtiöille ensisijainen tutkimusalue ainakin rahassa mitattuna. Turvallisuustutkimus on kuitenkin kansainvälisesti katsottuna merkittävää sekä määrän, mutta mikä tärkeintä, myös laadun osalta. Teknologian tutkimustakin tarvitaan, sen paikkaa vain ei ole selkeästi piirretty tutkimuskarttaamme. Sitä tehdään yritysten tilaamana, Tekesin rahoittamana erityisesti jos hyödyntäjäjoukko on laajempi kuin ydinenergia-alan muutama voimayhtiö, EU:n rahoittamana ja muutamissa muissa kansainvälisissä ryhmissä.

Syksyn alkaessa TEM järjesti laajan keskustelutilaisuuden EU:n ”Strategic Energy Technology Plan (SET Plan)” tiekartan toteut-

tamisesta Suomen energia-alan tutkimuksessa. Yhtenä työryhmäaiheena tilaisuudessa oli ydinenergian tuotanto ja tutkimus. Tuloksena listasimme aiheesta seuraavia huomioita:

- SET-PANissa on turvallisuusaspekti ja ydinjätteen loppusijoitus mukana.
- Tinkimättä turvallisuudesta myös teknis-taloudellisen näkökulman tulisi olla mukana.
- Innovaatioiden tukeminen nykYTEKNOLOGIAN pohjalta pitäisi huomioida.
- Uutta liiketoimintaa ydinvoimasta; olemassa olevan osaamisen myyminen tulisi asettaa tavoitteeksi.
- Ydinenergiantuotanto osana uudistuvaa energiantuotantojärjestelmää Suomessa ja EU:ssa tulisi nostaa tutkimusaiheeksi.

Tärkeinä teknisinä tutkimusaiheina, myös innovaatioiden tuottajana, pidimme työryhmässämme kokonaisturvallisuusajattelua, polttoainekierron, pitkän laitosten käyttöajan ja eliniän pidentämisen vaatimaa tutkimusta sekä edelleen kehittyneiden reaktoritekniikoiden (SMR, GenIII++) tutkimusta ja arviointia.

Tutkimusmaailma ei kuitenkaan ole irrallinen kenttä energiantuotannosta vaan siihen vaikuttavat toimintaympäristön muutokset hyvinkin herkästi. Toisaalta tutkimuksen avulla voidaan hankkia toimintaan joustavuutta, jolla ennakoidaan tai sopeudutaan muutoksiin. Tällä hetkellä alan suurimmat haasteet tulevat poliittisten päätösten seurauksista, mistä esimerkkeinä ovat Ruotsin ja Saksan tapahtumat.

Tutkimusmaailmakin on ollut kovassa muutoksessa viime vuodet. Yliopistojen hallintomallia ja rahoitusta on Suomessa muutettu, VTT:stä tuli osakeyhtiö vuoden alussa ja Euratom:n puiteohjelmaakin rakennettiin muuhun EU-tutkimukseen sopivaksi vuosi sitten uuden ohjelman Horizon2020 alkaes-

sa. Samaan aikaan omassa tiiviissä ydinenergia-alan yhteisössämme käynnistyivät uudistuneet tutkimusohjelmat SAFIR2018 ja KYT2018. Ohjelmista voimme koota kokemuksia ja tuloksia varmasti jo ensi vuonna, sillä nyt on käynnissä toisen tutkimusvuoden hakuaika ohjelmiin.

Aloitteita eri tutkimusohjelmiin ja projekteihin tulee yhtälailla tutkimuksen tekijöiltä, kansainvälisistä tutkimuspiireistä kuin suoraan voimayhtiöiden tarpeistakin. Kaikkia tarvitaan ja tarvitaan myös foorumia, jossa pohtia ja varmistaa näiden risteyspaikka ja edelleen keskustella tutkimuksen kulloisistakin tavoitteista. Tutkimuksesta saatavan hyödyn arviointi edellyttäisi kuitenkin selkeistä mittareista sopimista. Totuus on, että tutkimuksesta saadaan tuotteena useimmiten paperia ja sivutuotteena osaamis pääomaa ja joskus jopa innovaatioita. Kiristyvässä rahoitustilanteessa toimivat mittarit auttaisivat ehdotusten arvioinnissa myös hyödyntämisen näkökulmasta.

Merkittäviä tuloksia voidaan saada aikaan suhteellisen pienilläkin panoksilla, tästä esimerkkinä on tohtorikoulu YTERA, joka rakentuu kolmen yliopiston yhteistyölle. Tuloksista kerrotaan tässä lehdessä -tohtorikoululaisten saavutuksista saamme varmasti kuulla vielä pitkän aikaa tämän jälkeenkin.

Hyviä ideoita tutkimuksen ja tieteen teemoista ja kirjoittajista olisi ilo saada uudistuneeseen lehteemme. Myös kommentteja siitä, osuivatko tiede ja tekniikkajutut lukijan kannalta oikeaan kohtaan, olisi mukava lukea. Tutkimuksen suorittajien toivon laittavan mukaan suunnitelmiinsa ATS Ydintekniikan julkaisukanavana.

TkT Liisa Heikinheimo
Tieteellinen päätoimittaja
ATS Ydintekniikka

Research guides the way to the future

OUR READERS CAN RECOGNIZE a change in the appearance of this ATS Ydintekniikka journal where a new header for "Science and Technology" is included. The new section is reserved for articles about new thesis work, results of research projects, developments in modelling tools and methods and – what is most important – how these can benefit us in the future.

For a long time the topic of waste management has played the most important role in the research portfolio of nuclear energy companies in Finland. The role and volume of nuclear safety research is important, too, and needed today especially for the licensing of new nuclear units. The position of technology oriented research is somewhat blurred, however, there is a clear need for this for example in LTO and in applying new techniques. The main customer for this type of research is industry, but also some competed funding is available from the Technology Agency (Tekes). EU-funding and co-operation in international working groups complement these but are mostly based on existing contacts for the co-operation.

This September TEM organized a workshop to discuss the EU Strategic Energy Technology Plan (SET Plan) road map and its implementation. One of the ten topics in the road map is nuclear energy. As a result of the workshop, the following remarks were listed:

- The road map of SET-PLAN discusses nuclear safety issues, nuclear waste management and final disposal of spent fuel.
- Financial targets and criteria should be mentioned, too, without sacrifices in safety.
- Support for innovations, based on current fleet and the new built projects, should be included in the plan as well.

- Creating new business from nuclear energy technology and related expertise is an important target.
- The role of nuclear energy production as a part of the future energy system of Finland and in EU should be one of the research items in the plan.

The research field is not an isolated area in the energy production system. All changes in our operating environment affect it and mostly in a very responsive way. The benefit of research is that it can offer tools for flexibility and anticipation. However, the major challenges today come from the political decisions and not from the energy sector itself. Clear examples of these are the decisions made in Sweden and in Germany.

Also the research field itself in Finland has faced many changes during the last few years. The governing and financing of universities have been changed, VTT is now a company and the Euratom research framework programme will be fitted into the same model as other sections in the H2020 programme. Meanwhile, we started two new programmes in our own nuclear energy research community, SAFIR2018 and KYT2018. We will get the first results and experiences from these in the beginning of next year when the second programme year will be started in both of them.

Typically, ideas for research projects come both from research organisations or international forums and from power companies with practical needs for new data or tools. All these initiatives are necessary, but we also need a common forum to discuss and work with common issues and targets. There is, however, a need for clever tools to evaluate the research proposals and their potential. In fact, the main

research product is typically printed paper while the side products are knowledge and sometimes even innovations. In the present situation with very strict economical conditions, diversified tools would be useful in the evaluation work.

It is evident that the volume of research funding is not directly linked to the results. One good example of this is the doctoral school YTERA based on co-operation between three Finnish Universities. In this volume, there are articles that describe the results of YTERA. I hope that we will get more such articles in the future and benefit from the thesis works of this forum widely.

I would also appreciate ideas of interesting themes as well as of writers who could contribute to our renewed journal. General comments from all readers are also very welcome. For scientists, I would like to suggest ATS Ydintekniikka as a forum for publishing already in the stage of research plans.

Dr.Sc. (Tech.) Liisa Heikinheimo

Scientific Chief Editor
ATS Ydintekniikka



ATS YG tutustui Ruotsin ydin- voimaloihin

Suomen Atomiteknillisen Seuran Young Generation (ATS YG) -toimintaryhmä järjesti YG-ikäisille opintomatkan Ruotsiin 16.–20. syyskuuta 2015. Vierailukohteina olivat Ringhalsin käytössä oleva ydinvoimalaitos Göteborgin lähellä ja Barsebäckin jo suljettu laitos aivan Ruotsin eteläkärjessä. Laitosvierailuiden lisäksi järjestettiin verkostoitumisillallinen Göteborgissa paikallisten ydinvoima-alalla työskentelevien nuorten kanssa. Verkostoitumista jatkettiin ryhmätöiden merkeissä Kööpenhaminassa. Matkalle osallistui 18 nuorta kahdeksasta eri organisaatiosta.

Teksti ja kuvat: Henri Ormus, Maria Kaipainen, Antti Rintala ja Toivo Kivirinta
Kartta: FreeVectorMaps.com **Kaupunkikuvat:** Simon Paulin (imagebank.sweden.se), Annika Örnborg (vattenfall.se), Felix Gerlach (eon.se), Kim Wyon (visitdenmark.digizuite.dk)



Göteborg



Ringhals



Kööpenhamina



Barsebäck

Opintomatkoilla syntyy uusia näkökulmia

Oppiminen tapahtuu helpoimmin kokemuksen kautta. On tärkeää, että nuorille ydinvoima-alan osaajille annetaan mahdollisuus nähdä itse mitä ulkomailla tapahtuu ja miten asioista siellä huolehditaan. Näin voidaan arvioida muiden toimintatapoja: tekevätkö he jotain paremmin tai huonommin. Tämä laajentaa ajattelukykyä luoden uusia näkökulmia joita kukin voi hyödyntää omassa työssä. On vaikeaa kyseenalaistaa omia työrotiineja tai kehittää uusia hyviä käytäntöjä ilman vertailukohtia.

Osaamisen ja ymmärryksen kasvattamisen lisäksi kansainväliset ydinvoimalaitosvierailut laajentavat nuorten verkostoja, joka on ATS YG:n toiminnan keskeisenä tavoitteena. On myös erittäin tärkeää tuntea oman maan asiantuntijoita eri organisaatioista. Ydinvoimalan toimijoiden joukko on verrattain suppea varsinkin tarkastellessa spesifioituja osaamisalueita. Ihmisten tunteminen helpottaa keskustelun avaamista mahdollisista avoimista kysymyksistä ja mahdollistaa yhteistyön tulevaisuudessa. Jotta voisimme tutustua paremmin myös paikallisiin ydinvoima-alan asiantuntijoihin, järjestettiin laitosvierailujen ja niihin liittyvien pienseminaarien lisäksi paikallisen YG:n kanssa myös verkostoitumisillallinen, jossa jatkettiin päivällä aloitettuja mielenkiintoisia keskusteluja ja kokemusten vaihtoa.

Ydinvoiman tilanne Ruotsissa

Ruotsin energiapolitiikkaa riippuu ”poliittisen tuulen” suunnasta. 1980-luvulla kansanäänestyksellä päätettiin, että Ruotsin kaikki ydinvoimalat suljetaan jo vuoteen 2010 mennessä. Myöhemmin vuonna 2009 päätös kumottiin ja uusien ydinvoimaloiden rakentamiskielto poistettiin 1.1.2010, jolloin maan energiapolitiikka muuttui merkittävästi. Ruotsin uusin energialaki sallii sen, että nykyiset reaktoriyksiköt voidaan modernisoida tai korvata kokonaan uusilla yksiköillä, kunhan toimivien reaktoriyksiköiden maksimimäärä on kymmenen. Paikanvalinta on myös rajoitettu: energialain mukaan vain nykyiset laitospaikat soveltuvat rakentamisalueeksi.

Tällä hetkellä Ruotsilla on yhteensä kymmenen toiminnassa olevaa ydinreaktoria kolmessa voimalaitoksessa Ringhalsissa, Forsmarkissa ja Oskarshamnissa, jotka tuot-

tavat noin 40 prosenttia maan sähköenergiasta. Ringhalsissa on neljä reaktoria, joista yksi on kiehutusvesireaktori ja loput painevesireaktoreita. Forsmarkin ja Oskarshamnin kaikki reaktorit ovat kiehutusvesireaktoreita. Ydinvoimalaitosten pääomistajat ovat ruotsalainen Vattenfall (70 % Ringhalsista ja 66 % Forsmarkista), saksalainen E.ON (55 % Oskarshamnista, 30 % Ringhalsista ja alle 10 % Forsmarkista) ja suomalainen Fortum (43 % Oskarshamnista ja 22 % Forsmarkista). Ruotsin jo suljetun laitoksen Barsebäckin nykyinen omistaja on E.ON. Vattenfall kuitenkin toteuttaa Barsebäckin reaktorin purkamisen, koska se omisti voimalan aiemmin.

Tällä hetkellä Ruotsin energianpolitiikka ei vaikuta suotuisalta ydinvoimalle. Ruotsin nykyisen hallituksen lähtökohtana on, että maan ydinvoimalat korvataan uusiutuville energialähteillä. Kaikki uudet ydinvoimahankkeet ovat jäissä. Vattenfallin uuden laitoksen suunnitelu Ringhalsissa keskeytettiin jo vuonna 2014. Tänä vuonna Vattenfall on ilmoittanut kahden reaktorin sulkemisesta Ringhalsissa ja E.ON on kertonut sulkevansa kaksi Oskarshamnin ydinreaktoriaan suunniteltua aikaisemmin. Näistä toinen yksikkö on viimeksi tuottanut sähköä 2013 ja kyseistä yksikköä ei tulla ajamaan enää ylös. Toinen yksikkö suljetaan 2017–2019 aikana. Energiayhtiöt mainitsevat sulkemisen syiksi korkeat verot ja niistä johtuvat kannatta-

vuusongelmat sekä sähkön pitkään alhaisena pysyneen hinnan, mutta eivät mainitse poliittisia tekijöitä.

Ringhalsin yksiköt 1 ja 2 ajetaan ennenaikaisesti alas 2018–2020

Ringhalsissa on Pohjoismaiden suurin ydinvoimalaitos. Sen yksiköiden yhteenlaskettu sähköteho on 3924 MW ja vuotuinen tuotanto noin 28 TWh. Reaktoriyksiköt on otettu käyttöön 1975–1983. R1 on Asea-Atomin kiehutusvesireaktori (881 MW) ja R2–R4 ovat Westinghousen painevesireaktoreja (tehoiltaan 865 MW, 1063 MW ja 1115 MW).

Huhtikuussa Vattenfall ilmoitti, että se aikoo aikaistaa R1- ja R2-yksiköiden käytöstä aiemmin määritellystä 2020-luvun puolesta välistä tapahtumaan välillä 2018–2020. Syyksi ilmoitettiin sähkön heikot markkinahintaennusteet tuleville vuosille ja kapasiteettivero, joka Ruotsissa on määrätty ydinvoimalle. Osakassopimuksen mukaan Ringhalsin omistajien on oltava yksimielisiä laitosyksiköiden sulkemisesta. E.ON ei ole ollut Vattenfallin kanssa samaa mieltä laitosyksiköiden sulkemisen osalta, vaikka onkin itse aikaistamassa Oskarshamnin yksiköiden sulkemista, josta taas osaomistaja Fortum on erimielinen.

Syyskuussa Vattenfall päätti rajoittaa



Tutustuminen Ringhalsin täysin uudistettuun ja digitalisoituun valvomoon koulutussimulaattorilla.

R1 ja R2-yksiköiden investointibudjettia. Peruttujen ja tekemättä jäävien investointien johdosta yksiköt tullaan väistämättä ajamaan alas viimeistään 2020. Teknisesti Ringhalsin laitokset ovat edelleen hyvässä kunnossa. Niihin on tehty kattavasti turvallisuusparannuksia ja muita muutoksia vuosien saatossa, mm. höyrystimet on vaihdettu kaikista painevesivoimalaitoksista ja automaatiuusinta on tehty yksiköillä 1 ja 2.

Tehdyt sulkemispäätökset perustuvat taloudellisiin tekijöihin. Jäljelle jäävien R3 ja R4-yksiköiden sekä Forsmarkin kolmen yksikön osalta Vattenfall tavoittelee vähintään 60 vuoden käyttöikä.

Barsebäckissä pilotoidaan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistoa

Barsebäckin ydinvoimalaitoksella on kaksi sähköteholtaan 615 MW:sta kiehutusvesire-

aktoria, jotka käynnistettiin vuosina 1975 ja 1977 ja suljettiin pysyvästi vuosina 1999 ja 2005. Laitosprojekti piti alun perin toteuttaa yhteistyössä tanskalaisten kanssa ja Tanskan puolelle salmea oli jopa suunniteltu vastavalmilaisia laitosyksiköitä. Lisäksi tarkoituksena oli tuottaa kaukolämpöä alueen suurille kaupungeille. Suunnitelmat Tanskan laitoksista tai kaukolämmön tuotannosta eivät kuitenkaan toteutuneet. Barsebäckin laitos päätettiin sulkea, kun Ruotsi päätti luopua ydinvoimasta. Sulkemispäätökseen vaikutti todennäköisesti myös tanskalaisten mielipide laitoksen sijainnista johtuen sekä se, että laitos oli kahdella yksiköllään Ruotsin pienin.

Ykkösyksikön sulkemisen jälkeen kakkosyksikön käyttöä jatkettiin normaalisti ja meneillään oli myös yksikön modernisoinnin suunnittelu. Yksikön epävarmasta tulevaisuudesta johtuen oli erityisen tärkeää keskittyä laitoksen normaaliin käyttöön, jotta turvallisuuskulttuuri

säilyisi hyvällä tasolla. Kakkosyksikkö kuitenkin suljettiin ennen modernisointien toteutusta.

Korvauksena tuotannon menetyksestä laitoksen osaomistaja Sydkraft (nykyinen E.ON) sai osuuden Ringhalsin ydinvoimalaitoksen tuotannosta. Ruotsin valtio maksoi Vattenfallille myös korvauksen tuotannon menetyksestä. Lisäksi johtuen laitoksen ennenaikaisesta sulkemisesta, valtio maksaa laitoksen ylipitkän ylläpitojakson kustannukset laitosten alkuperäisen 40 vuoden käyttöiän loppuun, eli vuoteen 2017 asti.

Laitoksen sulkupäätöksen tullessa ei sille ollut vielä olemassa käytöstäpoistosuunnitelmaa. Myöskään Ruotsin säteilyturvallisuusviranomaisella Strålsäkerhetsmyndighetenillä (SSM) ei ollut vaatimuksia käytöstäpoistolle. Tämä johtui muun muassa siitä, että Ruotsissa ydinvoimaa ei saa tukea epäsuorastikaan, joten voimalaitosyhtiöt joutuvat rahoittamaan tämänkaltaisen toiminnan. Tällä hetkellä vaatimukset eivät vielä ole valmiit, mikä hankaloittaa käytöstäpoiston suunnittelua ja toteutusta. Esimerkiksi kriittiseen ryhmään kuuluvan henkilön vuosiansioksi, joka aiheutuu käytöstäpoistosta, ei ole vielä säädetty rajaa.

Laitosalueelta on poistettu kaikki käytetty polttoaine jo vuonna 2006. Polttoaine on siirretty Oskarshamnissa sijaitsevaan CLAB-keskusvälivarastoon odottamaan loppusijoitusta. Polttoaineen poisto oli tärkeä askel käytöstäpoistossa, sillä sen jälkeen turvallisuusanalyysissä ei ole enää tarvinnut käsitellä käytetyn polttoaineen turvallisuutta. Sama vaikutus oli myös vaarallisten aineiden, kuten erilaisten kemikaalien poistolla.

Vuonna 2008 suoritettiin onnistunut pääjärjestelmien dekontaminointi. Lisäksi laitoksella on tehty eri tilojen sekä järjestelmien radioaktiivisuuden karakterisointi. Laitoksen varsinainen purkamisen suunniteltu toteutettavan ns. rip and ship -menetelmällä. Menetelmän pääkohtana on vain itse purkamisen hoitaminen laitospaikalla ja varsinaisen jätteenkäsittelyn toteuttaminen lopullisessa sijoituspaikassaan.

Laitoksen purkamista ei ole vielä päästy aloittamaan, sillä purkujätteelle ei ole vielä loppusijoituspaikkaa. Ruotsissa myös matala- ja keskiaktiivinen purkujäte loppusijoitetaan keskitetysti SFR-keskusloppusijoitusvarastoon Forsmarkiin. Toistaiseksi laitos ottaa vastaan vain käytönaikaisia jätteitä. Purkujätteitä varten suunnitellun laajennuksen piti valmistua vuonna 2020, mutta toistaiseksi se on myö-



Barsebäckin reaktorihalli: vasemmalla näkyy polttoaineen latauslaite.

Kenkäräjällä Barsebäckissä (alla).



Viikonloppuna Kööpenhaminassa tutustuimme toisiimme hauskojen kilpailujen ja ryhmätöiden myötä joista yksi oli valokuvakilpailu. Taustalla näkyy the Gefion suihkulähde.




hästynyt vuoteen 2023. Todennäköisesti laajennuksen valmistuminen myöhästyy vielä tästäkin. Tästä syystä suunnitelmassa on matala- ja keskiaktiivisten jätteiden välivarastointi laitospaikalla. Reaktorin sisäosien varasto olisi säteilysuojattu, mutta muun jätteen varasto olisi lähinnä sääsuoja. Reaktoripaineastiat on suunniteltu loppusijoitettavan kokonaisuena, kun taas reaktorin sisäosat paloitellaan.

Kaiken kaikkiaan vaatimusten ja jätteiden loppusijoituspaikan puuttuminen on haitannut projektin suunnittelua sekä toteutusta huomattavasti. Erityisesti nämä koskettavat projektia vuodesta 2017 alkaen, sillä tällöin valtion tuki loppuu, ja kustannukset katetaan ydinjäterahastosta. Isäntiemme sanoin: tällöin loppuu lomailu.

Vaatimusten tärkeydestä esimerkkinä toimii jäähdytysveden purkupaikan sedimentin käsittely. Sedimentti on lievästi radioaktiivista lämpimässä poistovedessä viihtyneistä simpukoista johtuen. Simpukat ovat kerryttäneet

luonnosta esimerkiksi cesiumia itseensä ollen täten heikosti radioaktiivisia. Jopa tämä aktiivisuus tulee käytöstäpoistossa ottaa huomioon, vaikka se ei olekaan ydinvoiman käytöstä johuttavaa; seikka joka on opittu tutkimalla muun muassa Saksan ja Yhdysvaltojen säännöstöä. Lopullisena tavoitteena on laitospaikan palauttaminen ns. greenfield-tilaan ja suunnitelmassa on alueen ottaminen asumiskäyttöön.

Pilottiprojektia suunnitellessa voi helposti jäädä joitain seikkoja huomioimatta: kuleman mukaan sähköntuotannon loputtua ensimmäinen laitoksen saama sähkölasku

yllätti suuruudellaan ja vaihtoehtoja sähkönkulutuksen pienentämiseksi ryhdyttiin kartoittamaan saman tien. Lisäksi tuotantoprosessin hukkalämmön poistuminen aiheutti ulkoseinien läheisyydessä putkirikkoja ensimmäisenä talvena. 

Erityisen suuret kiitokset Ruotsin paikallisille järjestäjille ÅF:stä, Ringhalsista ja Barsebäckistä, sekä Fennovoimalle ja Energiateollisuudelle taloudellisesta tuesta, joka mahdollisti yhteiset illalliset ja antoi uuden ulottuvuuden tälle opintomatkalle.



DI Henri Ormus
ATS YG:n puheenjohtaja
Fennovoima Oy
henri.ormus@fennovoima.fi



FM Maria Kaipainen,
Radiokemian laboratorio,
Helsingin yliopisto
maria.kaipainen@helsinki.fi



DI Toivo Kivirinta
Ryhmäpäällikkö, koulutus
Nuclear and Thermal Power
-divisioona, Fortum Oyj
toivo.kivirinta@fortum.com



TkK Antti Rintala
Tutkimusharjoittelija
Teknologian tutkimuskeskus
VTT Oy
antti.rintala@vtt.fi

Hanhikivi 1:en rakentamislupahakemus kiinnosti ATS:n jäseniä

ATS järjesti 25.8. Fennovoiman rakentamislupahakemusta käsitelleen jäsentilaisuuden. Johtuen mahdollisesti kesän jännittävistä käänteistä, jäsentilaisuuteen saapui yli 90 ATS:n jäsentä.

Teksti: Anna Nieminen



Viranomaisyhteydenpidon päällikkö Niina Miettinen on vastannut Fennovoiman rakentamislupahakemuksen kokoamisesta. Hakemuksessa kuvataan muun muassa valittu laitospaikka, laitostyyppi, tärkeimmät turvallisuusjärjestelmät sekä Fennovoiman organisaatio.



DI Anna Nieminen
Vastaava päätoimittaja
ATS Ydintekniikka
anna.nieminen@vtt.fi

AIHEEN KÄSITTELY aloitettiin Työ- ja elinkeinoministeriön puheenvuorolla, jonka piti yli-insinööri Jorma Aurela. Tämä esitys varmasti kiinnosti ennätysellisen suurta yleisöä, joka ilmiselvästi toivoi lisätietoa Fennovoiman omistusehtojen lopullisesta täyttymisestä ennakkoon asetettua aikarajaa myöhemmässä aikataulussa.

Omistusehtojen täyttymistä ei olisi välttämättä täytynyt käsitellä heti rakentamislupahakemuksen jättämisen jälkeen. Hankkeen yhteiskunnan kokonaisedun mukaisuus päätettiin kuitenkin tarkastaa jo tässä vaiheessa, jotta välttyttäisiin hakemuksen laajemmalta käsitteilyltä mahdollisesti turhaan. Vaikka tilanne aluksi oli toinen, onneksi omistusehdot lopulta täytyivät ennen kuin valtioneuvosto aloitti rakentamisluvan käsittelemisen.

Fennovoiman viranomaisyhteydenpidon päällikkö Niina Miettinen jatkoi kuvaten tiivistetysti ydinvoimalaitoksen lisensiointiprosessin ja käyden läpi rakentamislupahakemuksen pääkohdat. Hän on laatinut tähän lehteen aiheesta kirjoituksen ”Rakentamislupaa hakemassa – Fennovoiman matka luvanhakijaksi”.


Mitä seuraavaksi?

Projektin jatkoa valotti lisensiointipäällikkö Janne Liuko. STUKille toimitetaan turvallisuus selvityksiä vaiheittain noin kahden

vuoden ajan. Pääosa materiaalista tulee laitoksen suunnittelijoilta, mutta luvanhakijana Fennovoima on luonnollisesti vastuussa projektista kokonaisuutena, sekä tekee josain määrin varmentavia analyysejä. Lisäksi Fennovoima vastaa kokonaisuudessaan esimerkiksi valmiussuunnittelusta.

Verrattuna referenssilaitos Leningrad 2:een, tietyt tekniset yksityiskohdat tullaan toteuttamaan eri tavalla, jotta laitos vastaa suomalaisia viranomaismääräyksiä:

- Suojarakennus mitoitetaan kestävämmän ison matkustajalentokoneen törmäys.
- Oletetun onnettomuuden hätäjäähdytyspumppujen fyysistä erottelua parannetaan.
- Primääripiirin paineenalennusjärjestelmä on erillinen vakavan ja oletetun onnettomuuden varalle.

Kirjallisen materiaalin valmistelun lisäksi projektin työt etenevät myös konkreettisesti laitospaikalla, kuten alihankintaketjun ja työmaan kehitystehtävissä työskentelevä Juha Miikkulainen kertoi. Tällä hetkellä laitosalueen uusi yhdystie, joka on kauttaaltaan korotettu 4,6 m:iin merenpinnasta, on viimeistely ja aluetta ympäröivä aita on lähes valmis. Seuraavaksi aletaan rakentaa koulutus- ja palvelukeskusta sekä pääporttirakennusta. Sähköä Hanhikiveltä on tavoitteena saada vuonna 2024. 

Syksy on mittavien rekrytointien aikaa Fennovoimassa

Teksti: Eija Salo, Fennovoiman HR-johtaja

TAMMIKUUSSA 2014 fennovoimalaisia oli noin 80. Nyt, melkein kaksi vuotta myöhemmin, lukumäärä lähestyy jo 300:a, kun mukaan luetaan sisäiset konsultit. Fennovoiman kasvutavoitteet ovat suuret myös tulevina vuosina. Talouden taantuman ja irtisanomisten aikana on etuoikeus työskennellä HR-johtajana Suomalaisessa yrityksessä, jonka tavoitteena on kasvaa 400–500 hengen organisaatioksi.

Pääosa henkilöstöstä työskentelee tällä hetkellä Helsingissä, mutta rakentamisvaiheen edetessä työntekijöitä siirtyy yhä enemmän laitospaikkakunnalle. Tällä hetkellä Pyhäjoella työskentelee 12 henkilöä, jotka huolehtivat työmaan valmisteluun, valvontaan ja viestintään liittyvistä asioista.

Oletko sinä tuleva fennovoimalainen?

Loppuvuoden rekrytointiaalloissa haemme yhteensä 50–60 osaajaa joukkoomme. Rekrytointiemme painopiste on tässä vaiheessa laaja-alaisesti teknisen alan asiantuntijoissa, erityisesti kokeneemmissa ammattilaisissa. Haemme ennen kaikkea voimalaitos- ja turbiiniosaamista, sähkö- ja automaatiopuolen ammattilaisia sekä ydin-, rakenne- ja kone-tekniikan osaajia. Arvostamme hakijoiden projekti- ja ydinvoima-alan osaamista. Lisäksi tarvitsemme jonkin verran myös esimerkiksi viestinnän, hallinnon, tietotekniikan ja turvallisuuspuolen osaajia.

Voimakkaasti kasvavan yrityksen organisaatiokulttuuri elää ja kehittyy henkilöstömäärän kasvaessa. Myös monikulttuurisuus näkyy Fennovoiman arjessa, sillä kotimaan osaajien lisäksi yritys tarvitsee vahvistuksia ulkomailta.

Tervetuloa suurhankkeeseen mukaan

Eri alojen osaajille Fennovoima tarjoaa mahdollisuuden osallistua ainutlaatuisen hank-

keeseen. Meille tärkeitä asioita ovat turvallisuus ja laatu, keskinäinen kunnioitus, hyvä johtaminen ja työssä jaksaminen.

Fennovoimalaisten tehtävänkuvat elävät hankkeen myötä, mikä mahdollistaa myös työntekijöiden henkilökohtaisen kasvun – niin omien erityisalojensa osaajina kuin fennovoimalaisinakin.

Tutustu fennovoimalaisiin osoitteessa www.fennovoima.fi/rekry

Kuluvan vuoden aikana Fennovoimassa on aloittanut yli 100 asiantuntijaa.

Juttu on julkaistu ATS Ydintekniikassa vastineena ATS YG:n opintomatkan tukemisesta.

Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitos rakennetaan Pohjois-Pohjanmaalla sijaitsevaan Pyhäjoen kuntaan, Hanhikiven niemelle (kuvassa oikealla ylhäällä).

Rakentamislupaa hakemassa – Fennovoiman matka luvanhakijaksi



FM Niina Miettinen

Viranomaisyhteydenpidon päällikkö
Fennovoima Oy
niina.miettinen@fennovoima.fi

Fennovoima, rakentamislupahakemus, Pyhäjoki, aktivistit – sanoja, jotka ovat olleet jokaisen reportterin huulilla koko kylmän kesän 2015. Kesä oli haasteellinen niin Fennovoimalle kuin koko Suomen ydinvoimateollisuudelle, mutta loppujen lopuksi Fennovoiman hankkeessa saavutettiin yksi projektin tähän asti merkittävimmistä etapeista. Mutta kertoakseen nykyhetkestä ja tulevasta täytyy palata hieman menneisyyteen...

Teksti: Niina Miettinen

Unelmia ja toimistohommia

Eräällä kalareissulla pienen suomalaisen sähköyhtiön ja hieman suuremman suomalaisen teräsyhtiön johtajat tuskailivat yhdessä sähkön kallista hintaa. Ratkaisua pohdittuaan ilmoille heitettiin hurja ajatus – uuden ydinvoimayhtiön perustaminen ja kokonaan uusi ydinvoimala. Tämä pienen suomalaisen sähköyhtiön johtaja otti yhteyttä pariin muuhun

suomalaiseen yhtiöön, ja pian he olivat yhdessä löytäneet kumppanikseen muun muassa melko suuren saksalaisen energiayhtiön, jolla oli kokemusta ydinvoimasta. Ja niin 6. kesäkuuta 2007 hotelli Marskissa järjestetyssä tiedotustilaisuudessa kerrottiin ensimmäisen kerran julkisuuteen Fennovoimasta. Samalla kerrottiin Fennovoiman etsivän lisää osakkaita hankkeeseen.

Fennovoiman taival alkoi samalta paikalta kuin missä se tänä päivänä yhä jatkuu: osoitteesta Salmisaarenaukio 1, naapureinaan Alko ja IT-firma. Vuonna 2007 Fennovoimaan rekrytoitiin heti kymmenkunta ihmistä, muun muassa toimitusjohtaja, assistentti, ydinturvallisuusjohtaja, rahoitusjohtaja, rakentamisjohtaja, ympäristöpäällikkö sekä kehityspäällikkö laitospaikkavaihtoehtoja etsimään.

Alkutaipaleen, YVA-prosessin ja periaatepäätöshakemuksen jättämisen, jälkeen valtioneuvosto myönsi Fennovoimalle periaatepäätöksen toukokuussa 2010, ja eduskunta vahvisti sen saman vuoden heinäkuussa. Tässä periaatepäätöksessä linjattiin jo Fennovoiman tulevia vuosia: Fennovoiman tuli jättää rakentamislupahakemus viiden vuoden sisällä kesäkuun 2015 loppuun mennessä. Lisäksi käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyen Fennovoiman tulee esittää kesäkuun 2016 loppuun mennessä joko yhteistyösopimus nykyisten jätehuoltovelvollisten tahojen kanssa tai oman loppusijoituslaitoksen YVA-ohjelma.

Vuoden 2010 jälkeen hanke eteni vakaasti kohti neuvotteluja ja lopullista laitostoimittussopimusta, kun 11. maaliskuuta 2011 tapahtui Japanissa Tōhokun alueella maanjäristys. Tämän Sendain maanjäristyksen ja siitä seuranneen tsunamin aiheuttamiin kau-

heuksiin lukeutui Fukushima ydinvoimalaonnettomuus. Fukushima onnettomuus oli ensimmäinen vakava ydinvoimalaonnettomuus sitten Tshernobylin ja se nosti ydinvoiman riskit koko maailman keskustelun aiheeksi. Fukushima onnettomuus myös kiihdytti osaltaan Saksassa käynnissä olevaa energiavallankumousta, "Energiewendeä", ja sen seurauksena Saksa päätti luopua ydinvoimasta viimeistään vuoden 2022 kuluessa. Syksyllä 2012 Fennovoiman saksalainen omistajayhtiö E.ON ilmoitti myyvänsä kaikki toimintonsa Suomessa ja samalla vetäytyvänsä Fennovoiman ydinvoimahankkeesta. Tästä eteenpäin Fennovoiman omisti kokonaisuudessaan suomalaisten yritysten yhteenliittymä Voimaosaakeyhtiö SF.

Omistajapuolella tapahtuneista muutoksista huolimatta hanke eteni Salmisaarenaukion seinien sisäpuolella, ja joulukuussa 2013 Fennovoima teki lopullisen laitostoimittussopimuksen venäläisen JSC Rosatom Overseasin kanssa Rosatom-konsernin kehittämästä AES-2006 ydinvoimalaitoksesta. Seuraavana keväänä JSC Rosatom Overseasin tytäryhtiö tuli Fennovoiman omistajaksi sen ostaessa E.ONin jättämän 34 %:n osuuden.

Edellä kuvatuista Fennovoiman omistuksessa ja laitosvaihtoehdossa tapahtuneis-

ta muutoksista johtuen, Fennovoima päätti hakea valtioneuvostolta juridisesti pätevää hyväksyntää ja täydennystä vuoden 2010 periaatepäätökselle siten, että olemassa olevaa periaatepäätöstä täydennettäisiin käsittämään myös Rosatomin AES-2006-laitostyyppi. Valtioneuvosto ja eduskunta myönsivät Fennovoimalle periaatepäätöksen täydennyksen, mutta linjasivat samalla, että rakentamislupahakemuksen jättämisen hetkellä Fennovoiman EU- tai EFTA-maista tulevan omistuksen tulee olla yli 60 %. Näin haluttiin taata, että hanke olisi yhteiskunnan kokonaisedun mukainen.

Samoihin aikoihin Itä-Euroopasta alkoi kuulua synkkiä uutisia ja Fennovoimalta tiedusteltiin Krimin ja Ukrainan tilanteen vaikutuksesta hankkeeseen. Uutisotsikoissa ja hanketta vastustavien puheissa kaikuivat epäilykset venäläisestä laitostoimittajasta ja omistajasta – oliko hanke karkaamassa kokonaan venäläisten käsiin? Vaikka on selvää, että Venäjän ulkopolitiittinen tilanne on muuttunut kevästä 2013, ei muuttuneella tilanteella ole suoraa vaikutusta Fennovoiman hankkeeseen. Venäläisiä laitoksia on käytetty Suomessa hyvällä menestyksellä jo vuosikymmeniä eikä venäläinen omistajakaan eroa olennaisesti saksalaisesta.



Fennovoiman työntekijät valmistelevat periaatepäätösjuhlia Salmisaareissa vuonna 2010. Tuolloin yhtiön 30 työntekijää mahtuivat yhteen kerrokseen.



Fennovoiman viestintäjohtaja Maira Kettunen (vas.), toimitusjohtaja Toni Hemminki sekä allekirjoittanut rakentamislupaa hakemassa 30.6.2015.



Laitospaikalle vievän yhdystien rakentaminen aloitettiin Hanhikiven niemellä syyskuussa 2014. Laitospaikan valmistelevat työt jatkuvat rakentamislupahakemuksen myöntämiseen saakka, minkä jälkeen voidaan aloittaa ydinturvallisuuden kannalta merkittävät rakennustyöt.



Elokuussa 2015 laitospaikalle vievä yhdystie ja rakennustyömaata ympäröivä turva-aita ovat valmistuneet. Ydinvoimalaitoksen on tarkoitus olla kaupallisessa käytössä vuonna 2024.

Rakentamislupa vai rakennuslupa?

Yleisessä keskustelussa rakentamislupa sekoitetaan hyvin usein rakennuslupaan, joka on kuitenkin monella tavoin aivan eri asia. Siinä missä rakentamislupa on yksi yksittäinen lupa, tullaan rakennuslupia Fennovoiman hankkeessa hakemaan useita. Rakentamislupaa haetaan valtioneuvostolta, kun taas rakennusluvat myöntää rakennusviranomaisena Pyhäjoen kunta. Rakentamislupa ydinvoimalaitokselle tarvitaan, ennen kuin laitoksella voidaan aloittaa ns. ydinturvallisuuden kannalta merkittävät rakennustyöt, kuten turvaluokitellun reaktorirakennuksen rakentaminen. Rakennuslupia Fennovoimalle on sen sijaan myönnetty jo useita, ja niiden pohjalta laitospaikalle on jo rakennettu mm. turva-aita ja sähkönjakelukeskus.

Alkuperäisen periaatepäätöksen mukaisesti Fennovoima toimitti työ- ja elinkeinoministeriölle 30. kesäkuuta 2015 hartaasti valmistellun rakentamislupahakemuksen. Tämä hakemus oli pituudeltaan 250 sivua ja painaa noin 690 grammaa. Varsinaisen ministeriölle osoitettavan rakentamislupahakemuksen lisäksi Fennovoima toimitti samaan aikaan rakentamislupahakemukseen liittyvää materiaalia Säteilyturvakeskukseen.

Työ- ja elinkeinoministeriö pyysi pian hakemuksen jättämisen jälkeen Fennovoimaa toimittamaan lisätietoja hakemuksessa esitetyistä uusista omistajista. Ministeriö totesi 16. heinäkuuta, ettei tehtyjen selvitysten ja saatujen tietojen perusteella ole voitu riittävästi varmistua siitä, että uuden yhtiön määräysvalta olisi tosiasiallisesti tahoilla, joiden asuin- tai kotipaikka on EU:n tai EFTA-maiden alueella. Elokuun 5. päivä Fennovoiman omistajayhtiö

Voimaosakeyhtiö SF toi kuitenkin ilmoille iloisia uutisia: hankkeeseen oli saatu kaksi uutta omistajaa ja yksi yhtiön alkuperäisistä omistajista oli edelleen kasvattanut omistustaan. Ministeriö julkaisi tiedotteen, jonka mukaan Fennovoiman hakemuksen käsittelyä voitiin jatkaa.

Fennovoiman toimittamaan hakemukseen perustuen ministeriö laittoi lausuntopyynnöt eteenpäin mm. useille ministeriöille,

Fennovoiman rakentamislupahakemus

RAKENTAMISLUPAHAKEMUSPROJEKTI käynnistyi syyskuussa 2014. Projektin ydintiimiin kuului 13 asiantuntijaa.

Fennovoima jätti rakentamislupahakemuksen valtioneuvostolle 30.6.2015. Hakemusta täydennettiin omistajatietojen osalta 5.8.2015. Käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen liittyvät tiedot tullaan täydentämään kesäkuun 2016 loppuun mennessä.

Hakemus ja 13 liitettä olivat yhteensä 250 sivua. Hakemuksesta n. 70 sivua olivat yhtiön kaupparekisteriote ja tilinpäätökset, joita ei ole mukana hakemuksesta tehdyssä julkaisussa.

Liitteet sisältävät ydinenergia-asetuksen 35 §:n mukaiset tiedot koskien hankkeen rahoitusta ja toteutusta, Fennovoiman asiantuntemusta, laitospaikkaa ja ympäristövaikutuksia, ydinvoimalaitoksen tekniikkaa ja turvallisuutta sekä ydinjäte- ja ydinpolttoainehuoltoa.

Rakentamislupahakemuksesta suoritettiin valtioneuvoston asetuksen (1474/2001) mukainen 58 900 euron maksu.

naapurikunnille ja lukuisille eri yhdistyksille. Lausuntopyyntö laitettiin myös Säteilyturvakeskukselle, joskin heidän lausuntoaikansa on huomattavasti muita tahoja pidempi. Myös kansalaisilla on mahdollisuus ilmaista mielipiteensä hankkeesta ministeriölle, mutta toisin kuin periaatepäätöksestä, ei Fennovoiman rakentamisluvasta järjestetä yleistä kuulemistilaisuutta.

Vuonna 2010 myönnetyn periaatepäätöksen mukaan Fennovoima esittää käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta joko yhteistyösopimuksen nykyisten jätehuoltovelvoitusten kanssa tai oman loppusijoituslaitoksen YVA-ohjelman kesäkuun 2016 loppuun mennessä. Fennovoima tulee tuolloin täydentämään rakentamislupahakemustaan tältä osin.

Vaatimusten uudet ajat

Kun Olkiluoto 3:lle myönnettiin rakentamislupa, olivat ajat toiset. Tuolloin rakentamislupa ydinvoimalaitokselle voitiin myöntää, vaikka laitoksen järjestelmäsuunnittelu ei ollut vielä valmis. Olkiluoto 3:n rakentamisen aikaiset haasteet osoittivat kuitenkin suomalaisille viranomaisille, että viranomaisvaatimustaso on tältä osin kiristämisen tarpeessa. Joulukuussa 2013 Säteilyturvakeskus julkaisikin uudet YVL-ohjeet, jotka sellaisenaan pätevät uusiin ydinvoimahankkeisiin. Nykyisten vaatimusten mukaisesti rakentamisluvan saamiseksi tulee laitoksen järjestelmätason suunnittelun olla suurelta osin valmistunut.

Selvää siis on, että Hanhikivi 1 -hankkeessa rakentamisluvan saamiseksi tulee aikaisempaan verrattuna tehdä enemmän työtä lyhyemmässä ajassa. Tämä tarkoittaa nopeita rekrytointeja, paljon paperia ja uusien YVL-ohjeiden tulkintaa.


Rakentamislupahakemuksen lausuntopyynnössä Säteilyturvakeskusta pyydetään antamaan Fennovoiman hankkeesta lausuntoja sekä alustava turvallisuusarvio. Nämä antaakseen Säteilyturvakeskus tarkastaa Fennovoiman toimittaman aineiston

ja varmistuu siitä, että Fennovoiman suunnittelema laitos täyttää suomalaiset vaatimukset ja se voidaan rakentaa turvalliseksi. Säteilyturvakeskuksen tulee varmistua myös Fennovoiman organisaation kyvykkyydestä hoitaa valtaisa rakennusprojekti pitäen turvallisuutta aina etusijalla. Tätä varten Säteilyturvakeskus tarkastaa Fennovoiman organisaatiota ja tarpeen vaatiessa myös tärkeimpiä alihankkijoita. Vastuu laitostoimittajan ja alihankkijoiden valvonnasta on kuitenkin Fennovoimalla, sillä luvanhakijana (ja myöhemmin luvanhaltijana) Fennovoima on vastuussa laitoksensa turvallisuudesta.

Rakentamislupahakemusprosessin on suunniteltu kestävän n. 2,5 vuotta, ja varsinaisen ydinvoimalaitoksen rakentamisen on suunniteltu alkavan vuonna 2018. Käyttölupaa laitokselle suunnitellaan haettavan vuonna 2021 ja sähköä laitoksen on tarkoitus tuottaa vuonna 2024.

Sananen lopuksi

Syyskuussa 2015 Fennovoima täytti 100 kuukautta ja merkkipäivää juhlistettiin kakkukahvein samassa toimistossa, johon Fennovoima aikoinaan perustettiin. Joskin ennen puoli kerrosta käsitteilytoimistotila on laajentunut neljään kerrokseen, työntekijät ovat kolmella eri paikkakunnalla ja 10 hengen tiimi on nykyään 250-henkinen organisaatio.

Fennovoimalta on perustajayhtiöitä myöten vaadittu tietynlaista pioneerihenkeä, ja tuskin 100 kuukautta sitten kukaan noista suomalaisista yhtiöistä osasi aavistaa, millaisia haasteita Fennovoiman hanke tulee kohtaamaan. Tunnelma Salmisaarenaukiolla ja Pyhäjoella on kuitenkin nykyään rauhallinen ja työntekijät voivat keskittyä töiden tekoon uutisten seuraamisen sijaan. Kahden kalastamassa olleen yritysjohtajan unelma edullisesta ydinsähköstä ei ole kadonnut mihinkään. Sitä kaikki fennovoimalaiset ovat nimittäin tulleet toteuttamaan – rakentamaan Suomen kuudennen ydinvoimalan Pyhäjoelle. 

Ministeriön kommentti Fennovoiman rakentamislupahakemukseen

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) teki 5.8.2015 tilannearvion ja viestitti, että Fennovoima Oy:n Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen 30.6.2015 jätetyn rakentamislupahakemuksen käsitelyä voidaan jatkaa, koska on saatu riittävä varmuus siitä, että yhteiskunnan kokonaisedun mukaisuuden kannalta keskeinen omistusta koskeva 60 %:n edellytys täyttyy Fortum Oyj:n ja SRV Yhtiöt Oyj:n päätettyä tulla Fennovoima Oy:n osakasyhtiö Voimaosakeyhtiö SF:n osakkaiksi ja Outokumpu Oyj:n päätettyä kasvattaa osuuttaan osakasyhtiössä. Omistusta koskevan 60 %:n edellytyksen tulee täytyä koko hankkeen ajan. Työ- ja elinkeinoministeriö seuraa asiaa.

Ydinenergian käytön tulee olla yhteiskunnan kokonaisedun mukaista. Lupa ydinlaitoksen rakentamiseen voidaan myöntää, milloin ydinlaitoksen rakentaminen on periaatepäätöksessä katsottu yhteiskunnan kokonaisedun mukaiseksi ja eduskunta on päätöksellään jättänyt periaatepäätöksen voimaan. Lisäksi rakentamisluvan myöntämisedellytysten tulee täytyä.

TEM käynnisti lausuntokierroksen pyytämällä Säteilyturvakeskukselta lausunnon ja turvallisuusarvion 8.9.2015. Syksyn aikana käynnistyy myös muu lausuntokierros ja valtioneuvostossa rakentamislupapäätös voisi olla alkuvuodesta 2018.

Jälleen rakentamassa suomalaista ydinvoimalaa

Fennovoiman ydinvoimahanke on tuttu monesta eri yhteydestä. Kuitenkin suurelle yleisölle Fennovoiman toinen omistaja RAOS Voima Oy ja sen sisaryhtiö RAOS Project Oy ovat suhteellisen tuntemattomia. RAOS Voima Oy:n maajohtaja Alina Haapalainen-Kamenev avaa seuraavassa laitostoimittajan organisaatiota sekä sen suunnitelmia ja vastuuta.

Teksti: Alina Haapalainen-Kamenev



Alina Haapalainen-Kamenev

Maajohtaja
RAOS Voima Oy

alina.haapalainen-kamenev@rosatom.fi

KAKSI VUOTTA SITTEN joulukuussa 2013 teimme Fennovoiman kanssa sopimuksen venäläistekniikalla varustetun ydinvoimalaitoksen toimittamisesta Pyhäjoelle. Samaan aikaan sovittiin, että Rosatom osallistuu hankkeeseen myös omistajana 34 prosentin osuudella. Kolme kuukautta myöhemmin huhtikuussa 2014 perustimme RAOS Voiman, joka Rosatomin suomalaisena tytäryhtiönä edustaa yritystä Suomessa. Tällä hetkellä RAOS Voimalla on Helsingissä viisi henkeä töissä.

Osuutemme sähköstä myymme Suomen sähkömarkkinoille

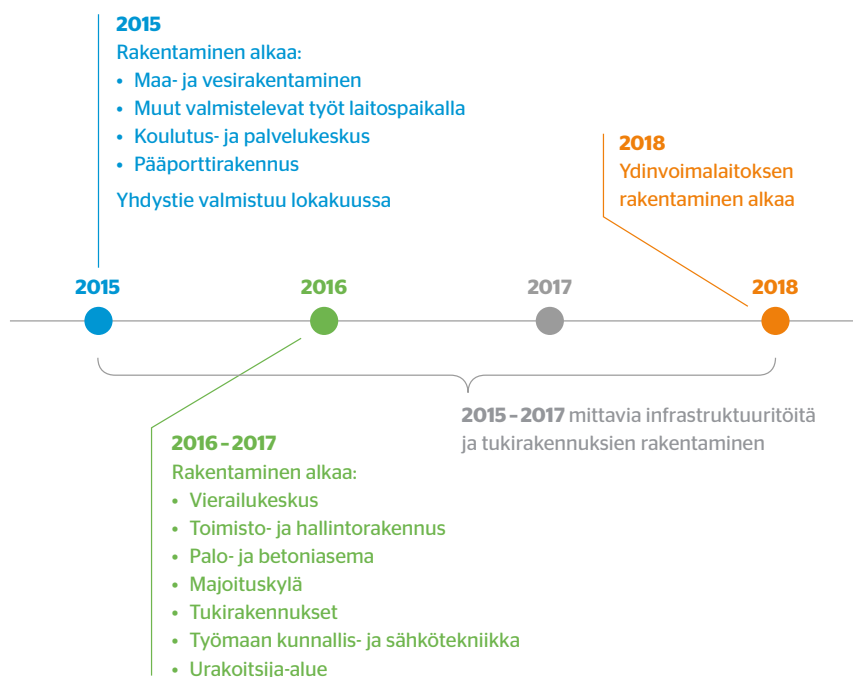
Fennovoiman omistajana olemme sitoutuneet hankkeeseen myös rakentamisurakan valmistuttua. Tutkimme tällä hetkellä sähkönmyyntimarkkinoita ja pohdimme omaa strategiamaamme. Näillä näkymin tulemme myymään osuutemme Fennovoiman ydinvoimalan sähköntuotannosta pohjoismaisen Nord Pool Spot -sähköpörssin kautta.

RAOS Voimalla on kaksi päätehtävää. Fennovoiman omistajina yhdessä Voimaosa-

keyhtiö SF:n kanssa varmistamme osaltamme, että hanke etenee suunnitelmien mukaan ja kaikki toimii niin kuin pitää. Toinen yhtä tärkeä tehtävä on Rosatomin edustaminen Suomessa. Osallistun viikoittain erilaisiin paikallisille ja yrittäjille suunnattuihin tapahtumiin ja työryhmiin Pyhäjoella ja laajemmin Pohjois-Suomessa. Yhdessä Fennovoiman kanssa kerromme yrittäjille hankkeesta, sen toimijoista ja mahdollisuuksista päästä hankkeeseen mukaan. Jos olet yrittäjä ja kiinnostunut hankkeestamme, olemme mahdollisesti tavanneet Oulun suurhankeinfossa tai jossain muussa tilaisuudessa tänä vuonna.

RAOS Projectilla laitostoimituksen langat käsissä

RAOS Project Oy perustettiin huhtikuun alussa 2015 hallinnoimaan laitostoimitusta. Olemme sisaryrityksiä ja toimimme tiiviisti yhdessä. Laitostoimittajana RAOS Project vastaa hankkeen aikataulussa pysymisestä, projektin johtamisesta ja laitostoimittajalle kuuluvista hankinnoista.



RAOS Projectilla on päätoimisto Pietarissa ja tämän lisäksi toimisto Helsingissä ja Pyhäjoella. Suurin osa henkilökunnasta on projektin tässä vaiheessa vielä Pietarissa. Helsingissä työskentelee neljä henkeä ja Pyhäjoella toistaiseksi kaksi. Tämän syksyn aikana Pyhäjoelle on tarkoitus rekrytoida reilu kymmenen uutta työntekijää. Rakennustöiden edetessä hankkeen ja henkilöstön pääpaino siirtyy Pietarista Pyhäjoelle.

RAOS Project koordinoi pääurakoitsijoidensa työtä

Joulukuussa 2014 laitostoimittajan päähankintasopimukset allekirjoitettiin Titan-2-, Atomenergomas- ja Gidropress-yritysten kanssa. Kaikilla on paljon arvokasta kokemusta Rosatomin ydinvoimahankkeista.

Laitostoimittajan pääurakoitsija Titan-2 avasi toimiston Pyhäjoelle kesällä ja kerää tietokantaa urakoista kiinnostuneista yrityksistä. Noin sata rakennus- ja muun alan yritystä on tähän mennessä rekisteröitynyt Titan-2:lle, joista pääosa on suomalaisia yrityksiä. Titan-2:n vastuulle kuuluvat maa- ja vesirakenta-

miseen, infrastruktuuritöihin ja laitosalueen kunnallisteknisiin järjestelmiin liittyvät työt, reaktori- ja turbiinisaarekkeen sekä apurakennusten rakentaminen, materiaalit, komponentit, automaatio ja asennustyöt.


Päälaitetoimittaja Atomenergomas hankkii ydinvoimalaitoksen pitkän toimitusajan vaatimat reaktori- ja turbiinisaarekkeen pääkomponentit. Gidropress taas hoitaa reaktori- ja turbiinisaarekkeen prosessisuunnittelun. Laitoksen pääsuunnittelija Atomproekt vastaa hankkeen suunnittelutyöstä ja luvutukseen liittyvän laitosdokumentaation valmistamisesta.

Ydinvoimalan työmaa tekee vaikutuksen

Kävin katsomassa rakennustöiden edistymistä Hanhikiven niemen työmaalla syyskuussa. Se teki vaikutuksen. Hankkeen mittakaavan ja vaikutuksen voi jo nähdä laitospaikalla. Nyt käynnissä on voimalaitosalueen aitaaminen sekä tieyhteyksien jatkaminen voimalaitosalueelle sekä tulevan majoituskylän alueelle, jotka kuuluvat Fennovoiman urakoihin. Valmistelevia töitä tekee laitospaikalla tällä

hetkellä noin 46 urakoitsijaa lähes 210 hengen voimin. Joukossa on myös Titan-2:n ensimmäinen urakoitsija Destia, joka aloitti rakennustyöt elokuun lopussa.

Ennen rakentamisluvan myöntämistä Fennovoiman laitospaikalla rakennetaan infrastruktuuria ja tukirakennuksia.

Fennovoiman ydinvoimalaitos on ensimmäinen Rosatomin rakentama laitos Euroopassa ja siksi tärkeä projekti meille. Fennovoiman ydinvoimalaitos rakennetaan tiukkojen suomalaisten viranomaisvaatimusten mukaisesti. Yhteistyö suomalaisten kanssa on tuttua. 1970-luvulla Loviisaan rakennetut voimalaitokset ovat hyvä esimerkki aikaisemmasta yhteistyöstä ja haluamme toistaa Loviisan menestystarinan Pyhäjoella ja tehdä siitä käyntikorttimme maailmalla. 

YTERA päättyy kesken nousukiidon – miten käy ydin alan tutkijakoulutuksen?

Verkostomainen Ydintekniikan ja radiokemian tohtoriohjelma YTERA saatiin käynnistettyä vuoden 2012 alussa. Rahoitus saatiin nelivuotiskaudeksi ja tarkoitus oli hakea jatkorahoitusta, mutta tohtorikoulutuksen kansalliset rahoituskuviot muuttuivat. Nyt opetus- ja kulttuuriministeriö jakaa yliopistojen määrärahat könttäsuumana, ja yliopistot itse päättävät rahojen käytöstä. Autonomia lisääntyi, mutta rikottiin samalla toimivaksi todettu tutkijakoulutusjärjestelmä?

Teksti: Jarmo Ala-Heikkilä

YLIPISTOISSA maisteri- tai DI-tutkinnon jälkeiset jatko-opinnot katsotaan varsinaiseksi tutkijakoulutukseksi, jolloin opitaan enenevässä määrin itsenäistä tieteentekoa. Suomessa tutkijakoulutuksen suunnitelmallinen kehittäminen aloitettiin 20 vuotta sitten. Tuossa ajassa suorittettujen tohtorintutkimusten määrä on kolminkertaistunut noin 1 600 tutkinnon vuositason.

Keskeisenä työkaluna kehittämisessä oli opetus- ja kulttuuriministeriön (OKM) ja Suomen Akatemian erillirahoitus tohtoriohjelmille. Erityisesti rahoituksella pyrittiin edistämään verkostomaisia, useamman yliopiston

yhteisiä tohtoriohjelmiä, jotta eri tieteenaloille saatiin kriittistä massaa: toisiaan sivuavilla aloilla, mutta eri puolilla Suomea, toimivat tutkimusyksiköt saatiin yhteistyöhön keskenään. Joidenkin arvioiden mukaan samalla tohtoriohjelmat jäivät osittain irralleen yliopistojen muusta opetus- ja tutkimustoiminnasta.

YTERA syntyi tarpeesta

Aalto-yliopiston edeltäjällä TKK:lla ja Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla (LUT) sekä VTT:llä on pitkät perinteet ydinenergia-alan tutkimusyhteistyöstä. Ydinjätteen loppusijoitustutkimuksen myötä myös Helsingin yliopiston Radiokemian laboratorio (HYRL) alkoi lähentyä mainittua kolmikkoa. Toukokuussa 2010 nämä tutkimusorganisaatiot kokoontuivat alan muiden toimijoiden kanssa ja päättivät yhteisvoimin hakea OKM:ltä ja Akatemialta uusia tutkijakoulutuspaikkoja.

Hakijakonsortion johtajaksi valittiin prof. Rainer Salomaa Aallosta. Tohtoriohjelman nimeksi valittiin demokraattisella äänestyksellä YTERA, ja siihen pyrittiin saamaan mukaan kolmen osallistuvan yliopiston kaikki yksiköt, jotka tekevät ydinenergiaan liittyvää tutkimusta. Tässä ydinenergia tulkittiin laajasti kattamaan reaktorifysiikan, termohydrauliikan, radiokemian, materiaalit, loppusijoitus-tutkimuksen, automaation, turvallisuuskriittiset organisaatiot jne.

YTERA-hakemus jätettiin Akatemialle 15.9.2010. Käsittelyn jälkeen Akademia päätti myöntää OKM:n palkkaraaha sekä omaa toimintarahaansa seitsemälle täyspäiväiselle tohtoriopiskelijalle. Päätös on päivätty 22.3.2011, joten jää arvailujen varaan vaikuttiko Fukushima Dai-ichin onnettomuus rahoituspäätökseen. Luultavasti ei ehtinyt.

Seitsemän uutta tutkijaa alalle

YTERAlla on akateemiseksi tohtoriohjelmaksi poikkeuksellisen tiiviit yhteydet liike-elämään ja alan viranomaisiin. Sille muodostettiin johtoryhmä, johon varattiin paikat osallistuvien yliopistojen ja VTT:n lisäksi alan yritysten ja viranomaisten edustajille. Johtoryhmä on koontunut noin kolme kertaa vuodessa.

Johtoryhmällä on ollut päätösvalta YTERAn budjetista ja opiskelijavalinnoista. Se myös laati YTERALLE johtosäännön ja toimintakäsikirjan. Paitsi aktiivisella johtoryhmätyöskentelyllä ydinenergia-alan neljä suurinta suomalaista yritystä ovat tukeneet YTERAn toimintaa merkittäväällä tukirahoituspanostuksella vuosittain.

Johtoryhmän ensimmäisiä tehtäviä oli seitsemän tutkijakoulutuspaikan täyttö vuoden 2011 lopulla. Päädyttiin ratkaisuun, jossa Aallon Perustieteiden korkeakoulu, Lappeenrannan teknillinen yliopisto ja Helsingin yliopiston Radiokemian laboratorio



TkT Jarmo Ala-Heikkilä

Asiantuntija, YTERAn koordinaattori
Aalto-yliopiston Perustieteiden korkeakoulu
jarmo.ala-heikkila@aalto.fi



YTERAn tohtoriopiskelijoita Tvärminnessä toukokuussa 2012. (Kuva: Marjatta Palmu)

saivat kaksi paikkaa kukin. Seitsemäs YTERA-rahoitettu tohtoriopiskelija valittiin Aallon Insinööritieteiden kouluun. (Valittujen opiskelijoiden esittelyt löytyvät ATS Ydintekniikan numerosta 2/2012.)

Näiden OKM:n ja Akatemian kustantamien tohtoriopiskelijoiden lisäksi YTERAan on kutsuttu liittännäisjäseniksi kaikki muulla rahoituksella olevat jatko-opiskelijat, joiden väitöstyö liittyy ydinenergiaan laajasti ymmärrettyinä. Liittännäisjäseniä on neljän toimintavuoden aikana ollut yhteensä 37, joten YTERA on tosiaankin saanut kerättyä kriittisen massan. Tosin pientä kasvunvaraakin on, sillä VTT:lle, STUKiin ja yhtiöihin on jäänyt piiloon jonkin verran aktiivisia jatko-opiskelijoita.

Perinteisiä toimintamuotoja, ja vähän uusiakin

Verkostomaisten tohtoriohjelmien tavoitteena on kerätä alan tutkijoita yhteen, ja siinä seminaarit ovat luonteva toimintatapa. Näin myös YTERAssa, joka on pitänyt neljä kaksipäiväistä vuosiseminaaria toukokuuna 2012–15 (ATS Ydintekniikka 2/2012). Lisäksi YTERAn jatko-opiskelijat järjestivät keskenään yhden opiskelijaseminaarin Aallossa syksyllä 2013.

Seminaareissa on pyritty kattamaan YTERAn laaja aihepiiri ja pitämään esitykset sen verran kansantajuisina, että naapuritie-teenalan edustajatkin ovat saaneet niistä lisä-

sivistystä. Jatko-opiskelijoiden omien esitysten lisäksi vanhemmat suomalaistutkijat ovat päässeet ääneen. Kolmessa viimeisimmässä YTERA-seminaarissa on lisäksi ollut ulkomalaisia professoreita tähtiesiintyjinä.

YTERAn toimintakauden aikana ei ole järjestetty erikoiskursseja pelkästään yteralaisille. Tämä johtuu osittain opiskelijoiden laajasta erikoistumiskirjosta ja osittain heidän pienestä lukumäärästään. On kuitenkin pyritty mainostamaan sopivia koti- ja ulkomaisia kursseja ja kesäkouluja, ja niihin osallistumista on suositeltu.

Tärkeänä osana YTERAn toimintaa ovat olleet matka-apurahat, joita on myönnetty sekä varsinaisille että liittännäisjäsenille. YTERA on järjestänyt neljä hakukierrosta vuosittain ja jakanut yhteensä yli 100 000 euroa konferenssi-, seminaari- ja kesäkouluosallistumisiin sekä pitempiin tutkijavaihtoihin. Tälläkin alalla huippututkimuksen vaatimus on kansainvälisyys.

Perinteisten toimintamuotojen lisäksi YTERA-johtoryhmä päätti pilotoida väitöskirjan loppupuristuksen rahoittamista. Muualla kuin yliopistoissa toimivien jatko-opiskelijoiden on nimittäin vaikea saada rauhoitettua aikaa väitöskirjan viimeistelyyn muiden työtehtävien paineessa. Vuoden 2015 aikana neljä jatko-opiskelijaa siirtyi 4–5 kuukaudeksi yliopistojen palvelukseen ja he puristavat sinä aikana väitöskirjansa esitarkas-

tukseen. Kokemukset kirjataan talteen, ja mikäli ne ovat positiivisia kuten vaikuttaa, kokeilua jatketaan rahoitustilanteen sallimissa raameissa.

Tuloksellista toimintaa

Kolmen ja puolen toimintavuoden aikana YTERA on tuottanut 11 tohtoria. Vuoden 2015 jälkipuoliskolla valmistuu vielä kolmisen tohtoria lisää. Jos YTERA olisi ehtinyt saavuttaa tasapainotilanteen, niin se tuottaisi vuosittain noin viisi tohtoria ydinenergiaan liittyville eri tieteenaloille.

Tohtorintutkimuksen nimellinen kesto on neljä vuotta ja käytännön mediaani viiden vuoden hujakoilla, joten YTERA-palkkarahoitusta saavat tuoreet jatko-opiskelijat eivät kaiki ehdi väitellä nelivuotisen toimintakauden aikana. Osa YTERAn sadosta korjataan siis ensi vuoden puolella. Itse asiassa tähänastisista YTERA-tohtoreista kaikki ovat olleet liittännäisjäseniä, poikkeuksena yksi YTERAan jatko-opintojensa puolivälissä valittu henkilö.

Ydinenergia-alan läheinen liityntä tutkimukseen, teollisuuteen ja viranomaisiin on perinteisesti tarkoittanut sitä, että suuri osa väitöstyöstä tehdään yliopistojen ulkopuolella. Erityisesti voidaan todeta, että VTT:n rooli tutkijakoulutuksessa on huomattava. Tätä tilannetta YTERA ei ole muuttanut eikä se ole ollut tavoitteenakaan.



YTERA-vuosiseminaarin tauolla toukokuussa 2014 Lappeenrannan Marjolassa. (Kuva: Marjatta Palmu)

Sisäinen evaluointi: varsin positiivista

YTERAn eri osapuolet eli professorit, johtoryhmän edustajat ja jatko-opiskelijat arvioivat YTERAn toiminnan kesällä 2015 järjestetyssä verkkokyselyssä. Noin 40 vastaajan joukko, joista valtaosa oli ollut mukana YTERAssa kolme vuotta tai pitempään, antoi YTERAlle yleisarvosanan 4,0 skaalalla 0–5. Toimintaan on siis oltu varsin tyytyväisiä.

Eryityisesti YTERAn palkkarahoitus ja matka-apurahat on koettu positiivisiksi. Tämä näkyy sekä numeroarvioinneissa että kirjallisissa kommentteissa. Myös kotimaisen verkoston tiivistyminen on koettu YTERAn keskeiseksi ansioksi.

Heikoimman arvosanan kyselyssä sai verkostoituminen ulkomaisten yliopistojen ja tutkimuslaitosten kanssa: uusia kontakteja ei juurikaan ole saatu luotua. Lisäksi YTERA-kurskien puute on haitannut, mutta sen syyksi on ymmärretty YTERAn tieteenalojen laaja kirjo. YTERA-suunnitteluvaiheessa visioitu tiiviimpi ohjausyhteistyö yliopistojen ja teolli-

suuden välillä ei ole ehtinyt toteutua, ja osa teollisuudessa toimivista jatko-opiskelijoista on jäänyt YTERA-sateenvarjon ulkopuolelle. Näihin asioihin on syytä panostaa jatkossa.

Mihin suuntaan jatketaan?

Jälkikäteen osoittautui, että YTERA sai rahoituksensa OKM:n ja Akatemian viimeisestä tohtoriohjelmasta. Vuoden 2012 lopulla OKM nimittäin päätti, että yliopistorahoitus hoidetaan yhtenä könttänä niin, että yliopistot saavat autonomisesti päättää myös tohtoriohjelmistaan. YTERAn kaltaisten ”vanhanmallisten” tohtoriohjelmaverkostojen viimeinen toimintavuosi on siis 2015.

Yliopistot ovat keskuudessaan neuvotelleet verkostojen jatkamisesta. Osa yliopistoista on allekirjoittanut yhteisen toimintamallin, jonka mukaan toimitaan YTERA-jatkossakin, jos ja kun sellaista halutaan. Merkittävä muutos on, että uudenmalliseen verkostoon ei suoraan palkata yhtäkään jatko-opiskelijaa, vaan yli-

opistot päättävät verkostoihin osallistumisestaan. Verkostoon kuuluvien jatko-opiskelijoiden palkkarahoitus saadaan yliopistoilta tai niiden hankerahoittajilta.

Uudessa verkostomallissa ei myöskään saada Akatemian toimintarahaa, joka on ollut luokkaa 4000 euroa per rahoitettu opiskelija per vuosi. Toimintarahalla on voitu järjestää seminaareja ja kursseja sekä myöntää matka-apurahoja. Jatkossa kukin yliopisto tekee oman linjauksensa toimintarahansa suuruudesta, joka näyttää asettuvan haarukkaan 0–1000 euroa/opiskelijavuosi.

YTERA-johtoryhmä on pohtinut verkoston tarvetta ja toimintaedellytyksiä uudessa tilanteessa ja kokouksessaan 18.5.2015 päätti perustaa YTERAn työtä jatkavan tohtorikouluverkoston. Uuteen verkostoon pyritään saamaan partnereiksi kaikki Suomen yliopistot, joissa tehdään ydinenergiaan liittyvää tutkimusta kolmen YTERA-yliopiston lisäksi. Jokainen yliopisto tekee kuitenkin omat päätöksensä verkostoon osallistumisesta.



YTERAn ekskursio
Olkiluotoon touko-
kuussa 2013.
(Kuva: AREVA)

NST = Nuclear Science and Technology


Aallon Perustieteiden korkeakoulussa (Aalto/SCI) verkosto nimettiin näin: Doctoral Education Network in Nuclear Science and Technology eli NST. Sen yhteyshenkilönä toimii prof. Filip Tuomisto, joka kutsui mukaan muut SCI-professorit. Lisäksi hän ehdotti vastaavan verkostonoodin perustamista muissa Aallon teknillisissä korkeakouluissa sekä muissa Suomen yliopistoissa.

Tätä kirjoittaessa prosessi on kesken, joten uuden verkoston laajuutta ei vielä tiedetä, mutta ovi on avoinna kaikille tutkimusryhmille, joiden työ liittyy ydinenergiaan. Päätökset tehdään loppuvuoden aikana. Tavoitteena on säilyttää verkoston tieteellinen laaja-alaisuus ja mahdollisuuksien mukaan jopa laajentaa sitä.

Myös jatkossa ydinenergia-alan tutkijakoulutuksesta merkittävä osa tapahtuu VTT:llä sekä teollisuuden ja viranomaisen palveluksessa. NST pyrkii pitämään nämä tahot mu-

kana YTERAn tapaan, vaikka toimintaraami muuttuukin merkittävästi. TEM:n johdolla tehdyn kansallisen ydinenergiatutkimuksen strategian mukaan tällaista monitieteistä ja kattavaa koulutusverkostoa tarvitaan tällä alalla.

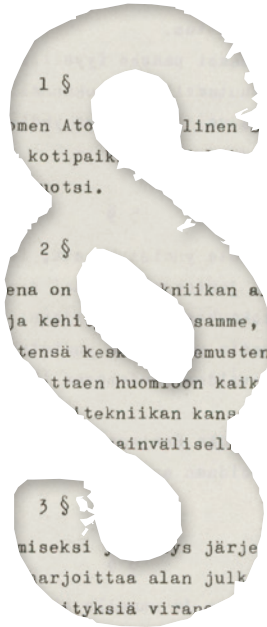
YTERAn tutkimusalueen monitieteellisyydestä saa aavistuksen lukemalla kolme tä-

män lehden Tiede ja tekniikka -osion artikkeleita, joissa YTERAn jatko-opiskelijat kuvaavat tutkimusaiheitaan. Sanomattakin on selvää, että merkittävä osa YTERA-tieteenaloista jää kattamatta. Niistä saatte tietoa seuraavissa ATS Ydintekniikan numeroissa sekä YTERAn verkkosivuilta. 

Linkit

YTERA: physics.aalto.fi/studies/ytera/

Kansallinen strategia: www.tem.fi/files/40977/TEM_jul_17_2014_web_24092014.pdf



Johtokunta ehdottaa muutoksia sääntöihin

Kohta viisikymmenvuotias Atomiteknillinen Seura on uudistumassa, koska jäsenistömme tarpeet ja odotukset muuttuvat, ydintekniikka-ala muuttuu ja yhteiskunta ympärillämme muuttuu. Modernisoinnin tarkoituksesta ja tavoitteista on kerrottu tarkemmin ATS Ydintekniikan numerossa 1/2015. Uudistumisen läpivienti edellyttää myös sääntöjen tarkastelua.

Teksti: Johtokunnan asettama Säännöt ja toimintaohjeet -työryhmä: Kai Salminen (pj.), Henri Loukusa, Lauri Pyy ja Anna Nieminen

ATS:N UUDISTUMISEEN liittyvät asiat tulevat jäsenistön keskusteltavaksi ja päätettäväksi johtokunnan valmistelemalla sääntömuutosehdotuksen kautta. Yhdistyksen 23 §:n mukaan sääntöjen muuttamisesta päättää yhdistyksen kokous ja omien sääntöjemme 12 § mukaan muutosehdotukset on käsiteltävä kahdessa peräkkäisessä yhdistyksen kokouksessa, joiden välillä on oltava vähintään kuukausi. Toisen kokouksista on oltava vuosikokous.

Johtokunta on kaavaillut, että sääntömuutokset tuotaisiin viralliseen käsittelyyn alkuvuodesta 2016 pidettävässä jäsentilaisuudessa ja vuosikokouksessa 2016. Sitä ennen jäsenistöä kuullaan ja palautetta pyydetään tämän artikkelin perusteella.

Edellinen muutos 6 vuotta sitten

ATS:n sääntöjä on edellisen kerran muutettu vuonna 2009. Sääntöihin lisättiin tuolloin muiden muassa toimintamuotoina ATS Young Generation ja ATS Ydintekniikan julkaiseminen, johtokunnan kokoonpano ja päätöksentekoa tarkennettiin sekä jäsenen erottamista maksamattomien jäsenmaksujen takia helpotettiin.

Nyt käsillä olevassa päivityksessä tärkeimmät muutosehdotukset koskevat sääntöjen

pykälä 4, 5 ja 6. Muutokset koskevat 4 §:ssä toiminnan organisoimista, 5 §:ssä uutta jäsenkategoriaa eli ansioitunutta jäsentä sekä 6 §:ssä jäsenmaksunsa laiminlyöneen jäsenen erottamista. Näiden lisäksi sääntöihin ehdotetaan lukuisia pienempiä muutoksia, jotka ovat enemmän teknisluonteisia. Sääntömuutoksen yhteydessä pykäliin ehdotetaan lisättäväksi otsikot.

Toimintaryhmät ajan tasalle

Yhdistyksen sääntöjen ja tosiasiallisen toiminnan on vastattava toisiaan. Siksi sääntöjen 4 §:n ensimmäisestä momentista on hyvä ilmetä ATS Young Generationin lisäksi myös Energiakanava ja ATS-Seniorit. Nämä ovat nimenomaisesti toimintaryhmiä, jotka järjestävät toimintaa pääasiassa yhdistyksen nuoriso-, nais- ja eläkeläisjäsenille. Nykysääntöjen termi ”työryhmä” varataan yleistä merkitystään paremmin vastaavaan käyttöön, eli tarkoittamaan organisoitumista tiettyä työskentelyä varten.

Pykälän 4 alle ehdotetaan lisättäväksi uusi 5 momentti, jolla vakiinnutetaan yhdistykselle ATS Ydintekniikka 1/2015:ssa julkaistussa artikkelissa kuvattu toimikuntarakente. Pysyvät toimikunnat on tarkoitettu nimetty julkaisutoiminnalle, kansainvälisille asioille, lausuntojen

valmistelulle, normien laatimiselle sekä tapahtumien järjestämiselle. Nykysääntöjen 4 § 3 momentin antama mandaatti johtokunnalle työryhmien perustamiselle ja toimihenkilöiden nimeämiseksi säilytetään ennallaan.

Ansioituminen seuran hyväksi työskentelystä

ATS:n henkilöjäsenkategorioihin, joita nykyisellään ovat vakinaiset jäsenet, ainaisjäsenet, opiskelijajäsenet ja kunniajäsenet, ehdotetaan lisättäväksi uusi kategoria: ansioitunut jäsen. Ansioitunut jäsen sijoittuu hierarkiasa normaalin jäsenen ja kunniajäsenen välimaastoon. Ansioituneet jäsenet hyväksyy ehdotuksen mukaan yhdistyksen vuosikokous, mutta erona kunniajäseneneen, ansioituneen jäsenen on oltava meritoitunut ATS:n toiminnassa.

Ansioituneen jäsenen erottaminen omaksi kategoriakseen on osa pyrkimystä lisätä ATS-toiminnan järjestämisen arvostusta. Ehdotuksen mukainen jäsenkategoria muistuttaa monien tieteellisten seurojen ja alan kansainvälisten sarsseurojemme järjestelyjä. Esimerkiksi American Nuclear Societyssä on tieteellisesti ansioituneen Fellow-statusuksen rinnalla Honorary Life Member -kategoria,

Yhdistyksen tarkoitus on pysynyt samana alkaen aina ensimmäisistä säännöistä vuodelta 1966. 2 §:än sisältöön ei ehdoteta muutoksia tälläkään kertaa.

jonka hyväksymiskriteerinä on pitkä toiminta ANS:ssä. Ajatuksena on, että henkilön on itse anottava ansioituneen jäsenen statusta annettujen kriteerien täytyessä.

Ansioituneen jäsenen vapauttaminen kunniajäsenten ohella jäsenmaksusta vaikuttaa luonnollisesti yhdistyksen talouteen. Myös tästä syystä kriteerit, joilla ansioituneeksi jäseneksi pääsee, on oltava sellaiset, että kasvava ”jäsenmaksurälssi” ei uhkaa ATS:n toiminnan rahoitusta. Periaatteellisesti kysymys on kuitenkin samanlaisesta järjestelystä kuin ainaijäsenyydessä: ansioituneen jäsenen kohdalla tulevat jäsenmaksuvelvoitteet yhdistystä kohtaan hoidetaan kuitenkin tekemällä työtä muiden eteen, ei kukkaron nyörejä kertaalleen raottamalla.

Tiukempi kuri jäsenmaksuissa

ATS:n jatkuvana ongelmana on ollut alhainen jäsenmaksuprosentti, sillä maksuhuomautuksista huolimatta seuralta jää tuhansia euroja saamatta vuosittain. Esimerkiksi vuosina 2010–2014 jäsenmaksutuloa jäi seuralta saamatta arviolta noin 20 000 euroa. Oma ongelmansa on myös siinä, että menneiden vuosien rästejä ei yritetä aktiivisesti periä eikä niiden maksamista myöskään pidetä edellytyksenä jäsenyyden jatkumiselle.

Johtokunnalla ei ole käytettävissään keinoja pakottaa passiivisia jäseniään jäsenmaksurästien maksamiseen. Maksamattomuuden taustalla saattaa usein myös halu erota ATS:stä, sillä kynnys kirjallisen eroilmoituksen antamiselle voi olla suurempi. Varsinaisesta vapaamatkustamisesta ei ole näyttöä, vaikka nykysysteemi käytännössä mahdollistaisi jäsenmaksun maksamisen joka toinen vuosi tai harvemminkin.

Johtokuntaa haluaa muuttaa sääntöjä siten, ettei jäsenmaksun laiminlyöneiden erottamisesta tarvitse tehdä erillistä päätöstä vaan että eroamisen voidaan katsoa de facto tapahtuneen, jos maksu on laiminlyöty seuraavan vuoden vuosikokoukseen saakka. Jatkossa eronneeksi katsottavat jäsenet todettaisiin

aina vuosikokouksen jälkeen edellisen vuoden jäsenmaksujen osalta. Katumapäälle tuleville jäsenyyden palauttaminen olisi mahdollista johtokunnan päätöksellä maksurästien suorittamisen jälkeen.

Samassa sääntöjä ehdotetaan muutettavan siten, että muilta kuin maksamattomien jäsenmaksujen osalta yhdistyslakiin perustuvan erottamisen menettelyä kevennettäisiin. Jatkossa esimerkiksi ATS:ää vahingoittavan toiminnan johdosta tapahtuvasta erottamisesta päättäisi ehdotuksen mukaan johtokunta eikä vuosikokous.

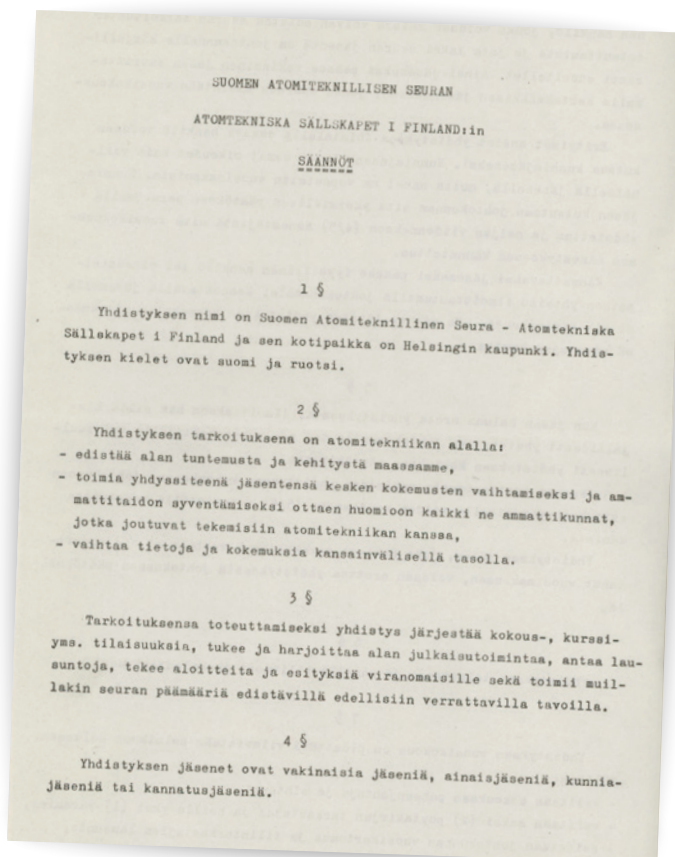
Seuralle oma laatujärjestelmä

Edellä kuvatut sääntöuudistukset ovat oikeastaan sivutuote työssä, jossa laaditaan ja koostetaan ATS:lle kattavat toimintaohjeet. Johtokunnan tavoitteena on toimintaohjeiden ensimmäisen version hyväksyminen ja käyttöönotto vuoden 2015 loppuun mennessä. Ohjeisto toimitetaan myös jäsenistölle tiedoksi.

Toimintaohjeissa käydään läpi yhdistyksen toiminnan ja hallinnon järjestelyjä, jäsenten, luottamus- ja toimihenkilöiden oikeuksia ja velvollisuuksia sekä toimintaryhmien, toimikuntien ja työryhmien toiminnan järjestämistä. Ensi vaiheessa niiden on tarkoitus kattaa ATS:n yleinen toiminta, toimintaryhmistä ATS Young Generation ja ATS-Seniorit sekä ATS Ydintekniikka.

Ydintekniikan alalla toimivalle teknisteille yhdistykselle oman ”laatujärjestelmän” olemassaolo pitäisi olla itsestään selvyyttä, sillä ydintekniikan hyödyntämiseen liittyy poikkeuksetta vaatimukset korkeatasoisesta johtamisesta ja organisaatiokulttuurista. Yksinkertaisemmin sanottuna toimintaohjeiden tarkoituksena on helpottaa ATS päivittäistä toimintaa, turvata jatkuvuutta ja mahdollistaa hallittu kehittyminen.

Palautetta seuran uudistamisesta ja sääntöjen muuttamisesta voi antaa sähköpostilla puheenjohtaja@ats-fns.fi.



Muutosehdotukset ATS:n sääntöihin

1 § Yhdistyksen nimi

Yhdistyksen nimi on Suomen Atomiteknillinen Seura – Atomtekniska Sällskapet i Finland ja sen kotipaikka on Helsingin kaupunki. Yhdistyksen kielet ovat suomi ja ruotsi.

2 § Yhdistyksen tarkoitus

Yhdistyksen tarkoituksena on ydintekniikan alalla:

- tieteellisen seuran ominaisuudessa edistää alan tunteumusta ja kehitystä maassamme,
- toimia yhdysiteenä jäsentensä kesken kokemusten vaihtamiseksi ja ammattitaidon syventämiseksi ottaen huomioon kaikki ne ammattikunnat, jotka ovat tekemisissä ydintekniikan kanssa ja
- vaihtaa tietoja ja kokemuksia kansainvälisellä tasolla.

3 § Toiminta

Tarkoituksensa toteuttamiseksi yhdistys järjestää kokouksia, kursseja yms. tilaisuuksia, tukee ja harjoittaa alan julkaisutoimintaa, antaa lausuntoja, tekee aloitteita ja esityksiä viranomaisille sekä toimii muilla seuran yhdistyksen päämääriä edistävillä, edellisiin verrattavilla tavoilla.

4 § Toimintaryhmät, toimikunnat ja jäsenlehti

Yhdistyksen alaisuudessa toimivat seuraavat pysyvät toimintaryhmät: nuorten ATS Young Generation, nais-ten Energiakanava ja eläkeläisten ATS-Seniorit (AFS-YG) työryhmä, jonka tehtävänä on kannustaa, kehittää ja yhdistää ydintekniikka-alalla työskenteleviä nuoria.

Yhdistyksen alaisuudessa toimivat seuraavat pysyvät toimikunnat: julkaisutoimikunta, kansainvälisten asioiden toimikunta, lausuntotoimikunta, normitoimikunta ja tapahtumatöimikunta.

Yhdistys julkaisee ATS Ydintekniikka -nimistä ammattijäsenlehteä. Yhdistyksen johtokunta nimeää lehdelte päätoimittajan, joka johtaa lehden toimintana toimivan työryhmän työtä.

Tarvittaessa johtokunta voi perustaa muita yhdistyksen toiminnan tarkoitusta ja kehittämistä tukevia avustavia työryhmiä sekä nimetä toimihenkilöitä.

5 § Jäsenet

Yhdistyksellä on henkilöjäseniä ja kannatusjäseniä. Henkilöjäsenet ovat vakinaisia jäseniä, ainaisjäseniä, opiskelijajäseniä, ansioituneita jäseniä tai kunniajäseniä tai kannatusjäseniä.

Vakinaiseksi tai opiskelijajäseneksi voidaan johtokunnan päätöksellä hyväksyä sellainen luonnollinen henkilö, jonka voidaan katsoa voivan edistää seuran yhdistyksen tarkoitusten toteutumista ja jota kaksi seuran yhdistyksen jäsentä on johtokunnalle kirjallisesti suositellut. Ainaisjäseneksi voidaan johtokunnan päätöksellä hyväksyä pääsee vakinainen jäsen, joka suorittaa vuosikokouksen määrittelemän suorittamattakertakaikkisen jäsenmaksun, jonka suuruus määrätään vuosikokouksessa. Ainaisjäsenellä on samat oikeudet kuin jäsenillä, mutta hänet on vapautettu jäsenmaksuista.

Opiskelijajäseneksi voidaan hyväksyä johtokunnan päätöksellä sellainen luonnollinen henkilö, joka on päätoiminen korkeakouluopiskelija ja joka täyttää jäsenen edellytykset. Opiskelijajäsenellä on samat oikeudet kuin jäsenellä. Opiskelijajäsenen velvollisuutena on ilmoittaa yhdistykselle valmistumisestaan, jonka jälkeen hän siirtyy ilman erillistä päätöstä jäseneksi. Valmis-

tumisen jälkeen opiskelijajäsen siirtyy johtokunnan päätöksellä vakinaiseksi jäseneksi, ja häneltä peritään vakinaiselle jäsenelle määrätty jäsenmaksu.

Ansioituneeksi jäseneksi voidaan johtokunnan ehdotuksesta ja vuosikokouksen päätöksellä hyväksyä jäsen, joka on erityisen ansioitunut yhdistyksen toiminnassa. Ansioituneella jäsenellä on samat oikeudet kuin jäsenellä, mutta hänet on vapautettu jäsenmaksuista.

Erytiset ansiot yhdistyksen toimialalla ydintekniikan alalla Suomessa ja yhdistyksen toiminnassa omaava henkilö voidaan kutsua kunniajäseneksi. Kunniajäsenellä on samat oikeudet kuin vakinaisella jäsenellä, mutta hänet on vapautettu jäsenmaksuista. Kunniajäseneksi kutsutaan johtokunnan yksimielisesti esittämä ja vuosikokouksen neljän viidesosan (4/5) enemmistöllä annetuista äänistä kannattama henkilö.

Kannatusjäseneksi pääsee luonnollinen henkilö tai voidaan johtokunnan päätöksellä hyväksyä oikeuskelpoinen yhteisö, joka toimii ydintekniikan alalla tai jonka voidaan katsoa edistävän yhdistyksen tarkoituksen toteutumista ilmoittautumalla johtokunnalle ja maksamalla kyseisen vuoden kannatusjäsenmaksun. Kannatusjäsenellä ei ole puhe- tai äänioikeutta yhdistyksen kokouksissa, mutta kannatusjäsen voi lähettää edustajansa yhdistyksen kokouksiin ja muihin jäsentäisuuksiin.

6 § Eroaminen

Kun jäsen haluaa erota yhdistyksestä, hänen tulee ilmoittaa siitä kirjallisesti (kirjeitse, faksilla tai sähköpostilla) yhdistyksen johtokunnalle tai sen puheenjohtajalle, tai ilmoittaa erosta yhdistyksen kokouksessa.

Yhdistyksen jäsen, joka ei ole suorittanut edellisen vuoden jäsenmaksua seuraavaan vuosikokoukseen mennessä, voidaan katsoa eronneen yhdistyksestä huomautuksen jälkeen erotta yhdistyksestä johtokunnan päätöksellä. Muusta yhdistyslain 14 ja 15 §:n mukaisesti tapahtuvasta jäsenen erottamisesta päättää yhdistyksen johtokunta etään yhdistyksen kokouksessa johtokunnan esityksen perusteella viiden kuudesosan (5/6) enemmistöllä annetuista äänistä.

7 § Toimikausi ja tilivuosi

Yhdistyksen toimikausi ja samalla tilivuosi on kalenterivuosi.

8 § Vuosikokous

Yhdistyksen vuosikokous on pidettävä viimeistään maaliskuun kuluessa. Tällöin:

- valitaan kokouksen puheenjohtaja ja sihteeri;
- valitaan kaksi (2) pöytäkirjan tarkastajaa ja heille yksi (1) varahenkilö;
- esitetään johtokunnan edellisen vuoden toimintakertomus, tilinpäätös ja toiminnan hintatarkastajien lausunto;
- päätetään yhdistyksen tuloslaskelman ja taseen vahvistamisesta;
- päätetään tili- ja vastuuvapauden myöntämisestä johtokunnalle;
- valitaan johtokunnan puheenjohtaja ja muut johtokunnan jäsenet;
- valitaan johtokunnan keskuudesta varapuheenjohtaja, sihteeri ja rahastonhoitaja;
- valitaan kaksi (2) toiminnan hintatarkastajaa ja heille yksi (1) varahenkilö;
- esitetään johtokunnan ehdotus alkaneen vuoden talousarvioksi ja toimintasuunnitelmaksi;
- määrätään liittymis- ja ainaisjäsenmaksut sekä vuosittaiset jäsenmaksut vakinaiselle jäsenelle, opiskelijajäsenelle ja kannatusjäsenelle;
- määrätään toimihenkilöiden palkkiot;
- käsitellään johtokunnan ja jäsenten tekemiä esityksiä; sekä
- hyväksytään alkaneen vuoden toimintasuunnitelma ja talousarvio.

9 § Kokoukset

Yhdistys kokoontuu myös muulloin johtokunnan harjoituksen mukaan tai kun viidesosa (1/5) henkilöjäsenistä sitä kirjallisesti erityistä asiaa varten vaatii.

Johtokunnan on kutsuttava jäsenet yhdistyksen kokoukseen kirjallisesti (kirjeitse, faksilla tai sähköpostilla) viimeistään kymmenen (10) päivää ennen kokousta.

Kokouksissa jäsen saa äänestää myös toisen jäsenen valtakirjalla. Kukaan ei kuitenkaan voi äänestää useammalla kuin yhdellä valtakirjalla.

10 § Johtokunta

Yhdistyksen hallituksena on johtokunta, jonka muodostavat puheenjohtaja, varapuheenjohtaja, sihteeri, rahastonhoitaja sekä vähintään kolme ja enintään viisi muuta jäsentä.

Puheenjohtaja ja muut johtokunnan jäsenet valitaan vuodeksi kerrallaan.

Puheenjohtaja ja johtokunnan jäsen voidaan välittömästi peräkkäin valita uudelleen korkeintaan kahdesti. Puheenjohtajan ja muiden johtokunnan jäsenten maksimikausi on siten kolme (3) vuotta, jonka jälkeen uudelleenvaivalinta on mahdollista aikaisintaan kolmen (3) vuoden kuluttua toimikauden päättymisestä. Johtokunnan jäsen, jonka toimikausi on kestänyt kolme (3) vuotta, voidaan kuitenkin välittömästi tämän jälkeen valita puheenjohtajaksi. Johtokunnan tasaisen vaihtuvuuden edistämiseksi pyritään siihen, että johtokunnan jäsenistä vaihtuisi kunakin vuonna keskimäärin kaksi jäsentä.

Johtokunta on päätösvaltainen, jos puheenjohtaja tai varapuheenjohtaja ja kaikkiaan vähintään puolet johtokunnasta on paikalla.

Päätökset tehdään yksinkertaisella äänen enemmistöllä. Äänen mennessä tasan kokouksen puheenjohtajan ääni ratkaisee.

Johtokunnan tehtävänä on:

- hoitaa juoksevat asiat;
- toteuttaa yhdistyksen kokousten päätökset;
- vastata yhdistyksen talouden hoidosta;
- valmistella yhdistyksen kokoukselle tehtävät esitykset;
- edustaa yhdistystä ulospäin; ja
- nimetä toimihenkilöt;
- vahvistaa toimintaohjeet; sekä
- valvoa yhdistyksen toimintaryhmien, toimikuntien, työryhmien ja toimihenkilöiden toimintaa.

11 § Nimen kirjoittaminen

Yhdistyksen nimen kirjoittaa puheenjohtaja tai varapuheenjohtaja, jompikumpi yhdessä jonkun johtokunnan jäsenen kanssa tai johtokunnan valtuuttamina puheenjohtaja, sihteeri tai rahastonhoitaja yksinään.

12 § Sääntömuutokset

Sääntöjen muutosehdotukset on käsiteltävä kahdessa perättäisessä yhdistyksen kokouksessa, joiden välin tulee olla vähintään kuukausi. Kokouksista toisen oltava vuosikokous ja kokouskutsuissa on mainittava muutosehdotukset. Jos molemmilla kerroilla vähintään kolme neljäsosa (3/4) annetuista äänistä äänestää muutosten puolesta, katsotaan sääntömuutokset hyväksytyiksi.

13 § Yhdistyksen purkaminen

Yhdistys voidaan purkaa sen jälkeen kun kaikille jäsenille on asiasta kokouskutsussa tiedotettu ja päätös tehty samalla tavalla kuin sääntöjen muutosta koskeva päätös. Viimeisessä kokouksessa on päätettävä yhdistyksen omaisuuden luovuttamisesta yhdistyksen päämääriä vastaavaan tarkoitukseen.

Radionuklidien sorptiotutkimukset radiokemian laboratoriossa (HYRL)

Mervi Söderlund, Sinikka Virtanen
Helsingin yliopisto

Helsingin yliopiston Radiokemian laboratoriossa on jo pidemmän aikaa tehty laajamittaista radionuklidien kulkeutumistutkimusta, jonka yhtenä osa-alueena on ydinjätteen loppusijoituksen kannalta merkittävien radionuklidien pidättyminen, eli sorptio, geologisessa ja maanpinnan ympäristössä.

Ydintekniikan ja radiokemian tohtoriohjelma (YTERA) on mahdollistanut kaksi väitöskirjatutkimusta, joista toinen keskittyy anionisten radionuklidien pidättymiseen ja kemialliseen muotoon maaperässä ja toinen kationisten radionuklidien pidättymiseen kallioperän mineraalien pinoille. Tutkimuksissa on pyritty hyödyntämään moderneja spektroskopisia ja kromatografisia menetelmiä, joiden avulla voidaan selvittää radionuklidien kemiallinen muoto niiden pidättyessä mineraalien tai maaperän partikkelien pinoille.

The wide-ranging migration studies of radionuclides have been conducted in the Laboratory of Radiochemistry almost since its early days in the 1960s. One aspect of the research lies in the final disposal of spent nuclear fuel, as the sorption of the relevant radionuclides are investigated on geological and soil surface environments.

Doctoral Programme on Nuclear Engineering and Radiochemistry (YTERA) has enabled two doctoral students to conduct their research for the doctoral thesis. The subjects were the retention and chemical form of anionic radionuclides in soil and the sorption of cationic radionuclides on the surfaces of bedrock minerals. In these studies, modern spectroscopic and chromatographic methods were applied in order to gain insight into the chemical form of radionuclides when they are sorbed on the mineral or soil particle surfaces.

Mutta jodiahan lisätään ruokasuolaankin?

Jodi ja seleeni ovat ihmiselle elintärkeitä hivenaineita. Luonnossa ne voivat esiintyä useassa erilaisessa kemiallisessa muodossa, jolloin yksittäisen ionin (esim. Se^0) tai kompleksiyhdisteen (esim. IO_3^-) sähköinen varaus voi saada negatiivisen, varauksetoman tai positiivisen arvon. Miksi tällä sähköisellä varauksella ja kemiallisella muodolla on sitten merkitystä?

Maaperässä tyypillisesti vallitsevissa olosuhteissa jodi ja seleeni esiintyvät negatiivisesti varautuneina, eli niin kutsutussa anionisessa muodossa. Myös maaperän useimmat mineraalipartikkelipinnat ovat negatiivisesti varautuneita ja koska saman merkkiset varaukset hylkivät toisiaan, anioneiden pidättymistä ei käytännössä tapahdu. Vain tietyt mineraalit, kuten raudan ja alumiinin yhdisteet, pystyvät pidättämään anioneita pH-arvoltaan neutraalissa ja lievästi emäksisessä maaperässä.

Anioneiden pidättymisen tehokkuus kasvaa pH-arvon laskiessa (kuva 1), mutta käytännössä mineraalimaassa pH laskee harvoin alle kuuden. Paljon orgaanista ainesta sisältävässä humuskerroksessa pH voi olla huomattavasti alhaisempi ja johtuen myös orgaanisen aineksen erinomaisesta kyvystä pidättää ioneja, anioneiden sorptio orgaanisesta aineksestä rikastuneisiin maakerroksiin on huomattavasti suurempaa kuin mineraalimaahan. Pidättymistä kuvaavaa suuretta kutsutaan ja-kaantumiskertoimeksi eli K_d -arvoksi, joka voidaan määrittää laboratoriossa kemiallisesti muuttuvissa olosuhteissa

Ja kemiallisen muodon merkitys on..?

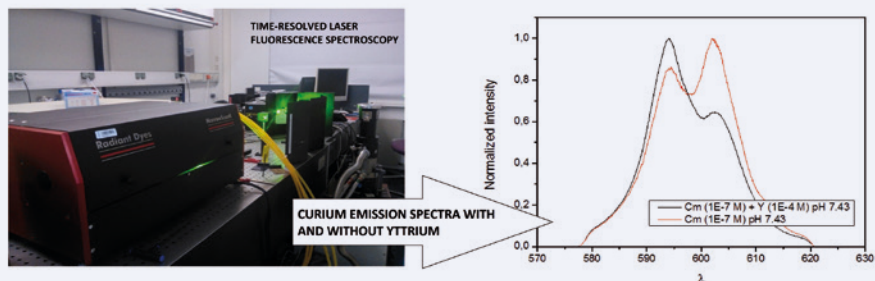
Alkuaineen kemiallinen muoto määrää sen käyttäytymisen: kuinka se kulkeutuu maaveden tai pohjaveden mukana, siirtyy maaperästä kasviin tai eritoten millainen on sen taipumus pidättyä erilaisille pinoille.

pinnalle sitoutuneiden metallien hapetustilojen sekä naapuriatomien ja lähimpien atomien sidospituuksien muutokset. Tässä tutkimuksessa XAS-menetelmää on hyödynnetty neptuniumille, jonka sitoutumista alumiinioksidin pinnalla tutkittiin lisäämällä näytteisiin ennen neptuniumia kemiallisesti erilaisia ja vahvemmin sitoutuvaa gadoliniumia (kuva 4). Spektrissä on havaittavissa pieniä eroja näytteiden välillä, mikä tarkoittaisi pinnalle sitoutuneen neptuniumin muodostaman kompleksin rakenteen olevan erilainen gadoliniumin läsnäollessa verrattuna tilanteeseen ilman gadoliniumia.

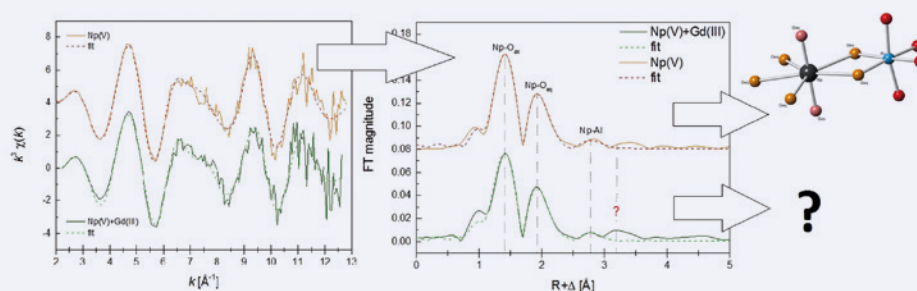
Summa summarum

YTERAn mahdollistama neljän vuoden tutkimuskausi on ollut rikas ja antoisa. Mukaan on mahtunut konferenssimatkoja, tutkimusvierailuja eri instituutteihin, pro gradu -ohjauksia sekä artikkelikäsitelmäkäsikirjoituksia. Tutkimuksen antiin lukeutuvat mm. havainnot jodin spesiaatiomuutoksista kemiallisten olosuhteiden muuttuessa sekä muutokset metallien sorptiomuodoissa muiden metallien läsnäollessa.

Vuonna 2016 on luvassa ensimmäinen väitös Sinikka Virtasen väitellessä aiheesta "Competitive sorption of radionuclides on oxide minerals". Mervi Söderlundin väitös sijoittunee vuoden 2017 puoliväliin aiheena "Behaviour of iodine and selenium in soils". Lopuksi haluamme kiittää YTERAa rahoituksesta.



Kuva 3. Curiumin TRLFS-määritykset alumiinioksidin pinnalla pH-arvossa 7,5. Toinen näyte sisältää vain 1×10^{-7} mol/l curiumia ja toinen curiumin lisäksi myös 1×10^{-4} mol/l yttriumia.



Kuva 4. Neptuniumin XAS-määritykset alumiinioksidin pinnalla. Toiseen näytteistä lisättiin vain neptuniumia ja toiseen gadoliniumia ennen neptuniumia. Molempia metalleja sisältävän näytteen XAS-spektristä tehtävässä Fourier-muunnoksessa on havaittavissa tunnistamaton piikki, mikä viittaisi neptuniumin pidäytymisen mineraalin pinnalle eroavan näytteiden välillä.

Kirjoittajat



FM Mervi Söderlund
Tohtorikoulutettava

Radiokemian laboratorio, Kemian laitos, Helsingin yliopisto
mervi.soderlund@helsinki.fi



FM Sinikka Virtanen
Tohtorikoulutettava

Radiokemian laboratorio, Kemian laitos, Helsingin yliopisto
sinikka.m.virtanen@helsinki.fi

Luonnonkierron pysähtyminen ja häiriöt painevesireaktorissa

Otso-Pekka Kauppinen
Lappeenranta University of Technology

Luonnonkiertoa hyödynnetään nykyisin ydinvoimalaitoksissa poistamaan jälkilämpöä reaktorista seisokin aikana sekä onnettomuustilanteissa. Uudemmissa laitoskonsepteissa luonnonkierron merkitys kasvaa, kun yhä useammat passiiviset turvallisuusjärjestelmät ja jopa ydinvoimalaitoksen normaalikäyttö on suunniteltu entistä enemmän luonnonkierron varaan.

In current nuclear power plants natural circulation is used to remove decay heat from core in shutdown and post-accident conditions. In the next generation nuclear power plants, the role of the natural circulation as a heat removal mechanism will be increased when most of the passive safety systems and core cooling even under normal operating conditions will be increasingly based on the natural circulation.

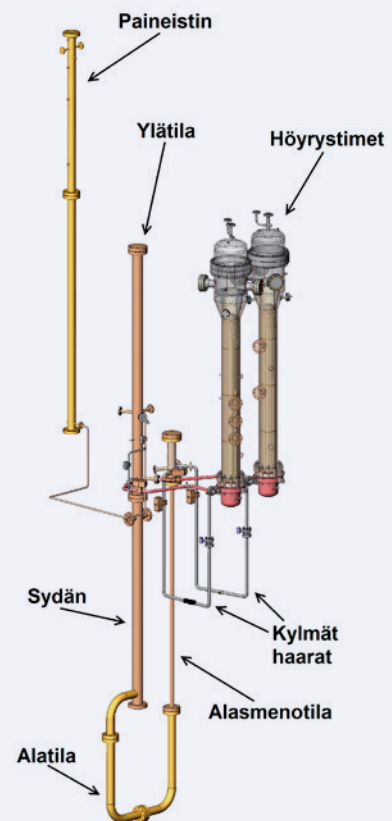
Luonnonkiertojärjestelmässä neste virtaa vapaasti suljetussa piirisä lämmönlähteen sekä korkeammalla sijaitsevan lämpönielun välillä. Ajava voima perustuu nesteen nostevoimiin, jotka ovat seurausta lämmönlähteen ja lämpönielun aiheuttamista nesteen tiheyseroista tai olomuodon muutoksista (höyrystyminen ja lauhtuminen).

Luonnonkierto ei siis tarvitse ulkoista energialähdettä toimiakseen, eikä se voi mennä epäkuuntoon kuten mekaaniset laitteet. Näin ollen luonnonkiertoon perustuvan järjestelmän rakenne on yksinkertaisempi, mikä luo kustannussäästöjä sekä vähentää altistusta mahdollisille laitevioille. Lisäksi luonnonkierron etuna on sen luontainen ominaisuus hakeutua tasapainoon lämmönlähteen, lämpönielun ja järjestelmän painehäviöiden suhteen niin, että sen siirtämä lämpöteho muuttuu järjestelmän olosuhteiden mukana.

Luonnonkiertojärjestelmässä massavirta sekä virtausta ajava nostevoima ovat kuitenkin tavallisesti paljon pienempiä kuin pakotetussa pumpuilla tuotetussa virtauksessa. Tämän vuoksi luonnonkiertojärjestelmät ovat alttiimpia virtauksen epästabiilisuuksille sekä mahdollisille seisauksille erilaisissa termohydraulisisissa olosuhteissa, jotka voivat vaihdella paljon. Nämä ominaisuudet vähentävät luonnonkierron luotettavuutta toimia lämpöä siirtävänä mekanismina voimalaitoksen normaalikäytössä ja onnettomuustilanteissa.

PWR PACTEL -koelaitteisto ja termohydrauliikka-ohjelmistot LUT:ssa

Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla (LUT) EPR-tyyppisten (European Pressurized Reactor) painevesilaitosten termohydrauliikkaa on tutkittu vuodesta 2009 lähtien PWR PACTEL -koelaitteistolla. PWR PACTEL on integraalikoelaitteisto, joka käsittää U-mallisen paineastian, kaksi primäärikiertopiiriä, paineastimen, kaksi pystyhöyrystintä sekä hätäjähdytysjärjestelmät. Laitteiston koetoiminta keskittyy pääosin luonnonkierron ja muiden termohydraulisten ilmiöiden tutkimiseen ydin-



Kuva 1. PWR PACTEL -integraalikoelaitteisto Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla.

voimalaitoksen primääripiirissä onnettomuustilanteiden aikana. Koetuloksia hyödynnetään myös laskentaohjelmistojen kelpoistamiseen.

PWR PACTEL -kokeiden suunnittelussa ja koetulosten tarkastelussa hyödynnetään rinnakkain kahda termohydrauliikkaohjelmistoa (systeemikoodia), Yhdysvaltojen ydinvoimaviranomaisen kehittämää TRACE-laskentaohjelmistoa (The TRAC/RELAP Advanced Computational Engine) sekä VTT:n ja Fortumin kehittämää APROS-laskentaohjelmistoa (Advanced Process Simulation Environment). Molemmat ohjelmistot ovat parhaan arvon termohydrauliikkaohjelmistoja, joita käytetään ydinvoimalaitosten suunnittelussa ja turvallisuusanalyysissä.

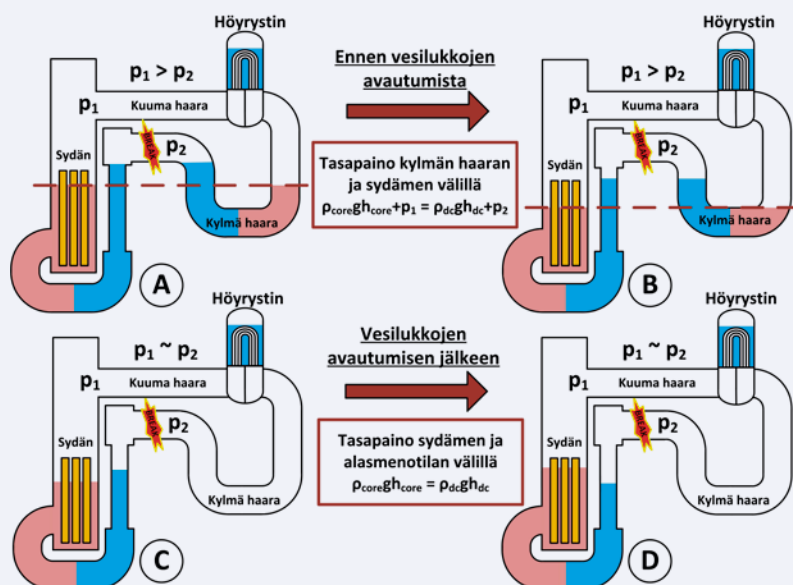
Vesilukon muodostuminen jäähtytteenmenetysonnettomuuden aikana

Jäähtytteenmenetysonnettomuuden aikana luonnonkierto primääripiirissä tapahtuu joko yksifaasisena, kaksifaasisena tai reflux-tyyppisenä riippuen primääripiirin vesi-inventaariosta. Primääripiirin veden määrän vähentyessä voi primääripiirin kylmiin haaroihin muodostua kuitenkin hetkellisesti vesilukot, jotka katkaisevat luonnonkierron primääripiirissä ja voivat aiheuttaa sydämen osittaisen kuivumisen ja polttoaineen lämpötilan nousun.

LUT:ssa testattiin termohydrauliikkaohjelmistojen ja ohjelmilla rakennettujen PWR PACTEL -simulointimallien kykyä simuloida vesilukkoilmiötä laskemalla PWR PACTEL -koelaitteistolla tehtyä jäähtytteenmenetysokeetta [1]. Kokeessa primääripiirin vuoto sijaitti kylmän haaran lopussa lähellä alasmennätilaa ja vastasi suuruudeltaan 1.3 % kylmän haaran poikkipinta-alasta. Laskenta suoritettiin käyttämällä molempia LUT:ssa käytössä olevia termohydrauliikkaohjelmistoja.

Molempien ohjelmistojen laskentamallit onnistuivat mallintamaan jäähtytteenmenetysokeksen etenemisen suhteellisen hyvin. Vesilukon syntymisen ja aukeamisen, hätäjäähdytyspumpun käynnistymisen sekä paineakun ruiskutuksen ajoitus vastasi koetuloksia hyvin vaikka pieniä eroja syntyi johtuen vuotomassavirran eroista laskennan ja koetulosten välillä. Primääripiirin paine sekä pinnankorkeudet ja lämpötilat laitteiston eri osissa vastasivat pääosin hyvin koetuloksia. Lämpötilan nousu sydämessä ennen vesilukon aukeamista aliarvioitiin molemmilla koodilla. Tämä johtui liian korkeasta pinnankorkeudesta sydämessä juuri ennen vesilukon aukeamista sekä höyrystimestä takaisin sydämeen virtaavan lauhtuneen veden liian suuresta määrästä.

Polttoaineen suojakuoren lämpötilan maksimi on tärkeimpiä kriteereitä turvallisuutta arvioitaessa. Nyt se aliarvioitiin johdonmukaisesti, vaikkakin vain muutaman kymmenen astetta; tämä muistuttaa miten



Kuva 2. Jäähtytteenmenetysonnettomuuden aikana veden määrä primääripiirissä vähenee ja jäljellä oleva vesi pyrkii kerääntymään pääosin laitteiston alempiin osiin. Riippuen muun muassa vuodon sijainnista ja suuruudesta, voi vesi muodostaa primääripiiriin kylmiin haaroihin hetkellisen vesilukon, joka voi pysäyttää luonnonkierron kiertopiireissä ja aiheuttaa epätasapainon primääripiiriin paineeseen. Tilanne voi johtaa lopulta sydämen osittaiseen kuivumiseen ja polttoaineen ylikuumentumiseen. Vesilukko aukeaa, kun veden määrän jatkuva väheneminen sekä kasvava paine-epätasapaino primääripuolella vapauttaa höyryn virtaamaan vesilukon läpi. Vesilukon aukeaminen palauttaa painetasapainon primääripiirissä ja katkaisee lämpötilan nousun sydämessä.

tärkeää on tehdä huolellinen epävarmuustarkastelu, kun käyttää parhaan arvon ohjelmia. Molemmat mallit yliarvioivat lisäksi sekundääripuolen paineen ja lämpötilan.

Vesilukon muodostuminen ja aukeaminen vastasi hyvin koetuloksia molemmissa laskuissa. Kokeessa ja laskuissa vain toisen kiertopiiriin vesilukko aukesi ja laskuissa aukeava kiertopiiri oli sama kuin kokeessa. Vesilukkojen aukeamisjärjestyksen huomattiin olevan herkkä noodituksen muutoksille ja laskennan alkuarvoille.

Virtauksen kääntyminen pystyhöyrystimen U-putkissa luonnonkierron aikana

Luonnonkierron aikana veden tiheyserot pystyhöyrystimen putkien nousevalla ja laskevalla puolella voivat aiheuttaa suuremman paineen höyrystimen ulosvirtaustilavuuteen kuin sisäänvirtaustilavuuteen ja johtaa virtauksen kääntymiseen joissain höyrystimen putkissa. Virtauksen kääntyminen ei vaikuta höyrystimen lämmönsiirtokapasiteettiin, niin kauan kun tuubinippu on kokonaan veden peitossa höyrystimen sekundääripuolella. Sisäinen kierto höyrystimessä on myös sekoitusmekanismi, ja tasoittaa piirissä mahdollisesti ilmeneviä booripitoisuuseroja, mikä on turvallisuuden kannalta edullista. Lisäksi kääntynyt virtaus voi hiukan nostaa höyrystimen kokonaisvirtausvastusta ja näin pienentää kiertopiirin luonnonkiertovirtausta, mikä voi olla turvallisuuden kannalta epäedullista. Ilmiöllä voi olla merkitystä ydinvoimalaitoksen turvallisuusanalyysien tuloksiin, jos analyysissä käytetyissä laskentamalleissa höyrystinputkien rinnakkaista virtausta ei ole otettu huomioon.

Virtauksen kääntymistä ja kääntyneiden virtauksien sijaintia putkikipussa tutkittiin kokeellisesti PWR PACTEL -koelaitteistossa luonnonkiertokokeiden avulla [2]. Analyttistä mallia yksidimensioiselle putkivirtaukselle käytettiin apuna koetulosten tarkastelussa.

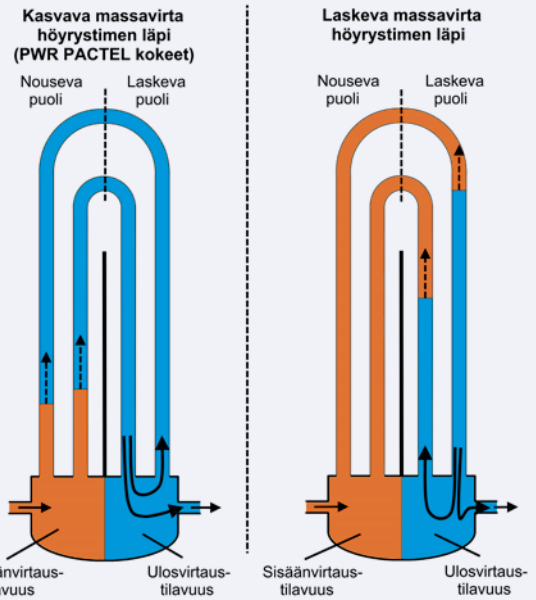
PWR PACTEL -kokeissa höyrystimen ulosvirtaustilavuuden paine oli suurempi kuin sisäänvirtaustilavuuden ja veden lämpötila sisäänvirtaustilavuudessa oli selkeästi pienempi kuin kiertopiirin kuuman haaran lämpötila. Nähdään siis, että kokeissa virtaus oli kääntynyt joissain höyrystimien putkissa. Energian ja massan säilymisyhtälöiden perusteella arvioitiin, että virtaus oli kääntynyt noin kolmasosassa putkista.

Teoreettisen tarkastelun perusteella virtauksen odotettiin kääntyvän kokeissa höyrystimen lyhimmissä putkissa johtuen PWR PACTEL -koelaitteiston matalista höyrystimistä (korkeussuhde 1/4 EPR-laitoksen referenssihöyrystimiin verrattuna). Kokeissa virtaus kääntyi kuitenkin höyrystimen pidemmissä putkissa lähellä kuuman haaran sisään-tuloa. Ero kokeellisen datan ja teorian välillä todennäköisesti johtui siitä kuinka luonnonkierto-olosuhteet oli kokeissa saavutettu. Todellisessa voimalaitoksessa luonnonkiertotilanteeseen tullaan yleensä korkeista massavirroista pumpppujen pysähtyttyä. PWR PACTEL -kokeissa luonnonkiertotila saavutettiin kuitenkin nostamalla massavirtaa kiertopiireissä lisäämällä sydämen tehoa. Erilainen luonnonkierron alkutilanne PWR PACTEL -kokeissa todennäköisesti aiheutti erilaiset tiheyserot höyrystimen putkien nousevalle ja laskevalle puolelle ja käänsi virtauksen pidemmissä putkissa.

Kokeissa virtauksen kääntymisen kuuman haaran lähellä sijaitsevista putkista johtui todennäköisesti epätasaisesta lämpötilajakaumasta sisäänvirtaustilavuuden sisällä. Epätasainen lämpötilajakauma oli seurausta kuuman haaran virtauksen ja kääntyneiden putkivirtauksien epätasaisesta sekoittumisesta. Sisäänvirtaustilavuuden lämpötila putkinipun alapuolella oli matalampi lähellä kuuman haaran sisään-tuloa, koska sisään virtaus kuumasta haarasta on melko nopeaa. Putkien matalampi sisäänmenolämpötila pienentää tiheyseroa putkien nousevan ja laskevan puolen välillä ja lisää putkivirtauksen vastakkaiseen suuntaan ajavaa voimaa.

Lähteet:

- [1] O-P. Kauppinen, V. Kouhia, V. Riikonen, J. Hyvärinen. Computer analyses on Loop Seal Clearing Experiment at PWR PACTEL. Annals of Nuclear Energy, Volume 85, November 2015, p. 47–57.
- [2] O-P. Kauppinen, V. Riikonen, V. Kouhia, J. Hyvärinen. Analysis of reverse flow in low-rise inverted U-tube steam generator of PWR PACTEL facility. The conference proceedings of the 16th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NURETH-16), August 30th - September 4th 2015, Chicago, USA.



Kuva 3. Lähestyttäessä matalista virtauksista kuumavesipatsas putken sisällä kasvaa virtauksen kasvaessa ja hydrostaattinen paine-ero putken nousevalla ja laskevalla puolella pakottaa virtauksen kääntymään pidemmissä putkissa (vasen kuva). Lähestyttäessä korkeista massavirroista kuumavesipatsas putken sisällä pienenee virtauksen pienetessä ja hydrostaattinen paine-ero putken nousevalla ja laskevalla puolella pakottaa virtauksen kääntymään lyhemmissä putkissa (oikea kuva). Luonnonkierrolla kitkapainehäviö putkissa on niin pieni, että hydrostaattinen painehäviö on vallitseva.

Kirjoittaja:



DI Otso-Pekka Kauppinen
 Tohtoriopiskelija/Nuorempi tutkija
 LUT School of Energy Systems/
 Nuclear Engineering
 Lappeenranta University of Technology (LUT)
 otso-pekka.kauppinen@lut.fi

Hydrogen effects on mechanical properties of reduced activation ferrite-martensite and ODS-RAFM steels

Evgenii Malitckii, Yuriy Yagodzinsky, Hannu Hänninen
Aalto University School of Engineering

Significant amounts of hydrogen and helium are generated in the structural materials of the nuclear reactor systems by the interaction of the alloying elements with both fast and thermal neutrons. Hydrogen can also be effectively absorbed by other environmental processes. Helium and hydrogen stabilize the small vacancy clusters and facilitate the further formation of the voids that causes the swelling of the structural steels. At the same time, hydrogen plays an important role in degradation of the mechanical properties of the structural steels due to the hydrogen embrittlement (HE). The deleterious effects of hydrogen are studied on the reduced activation ferrite-martensite (RAFM) and oxide dispersion strengthened (ODS) RAFM steels, which are promising materials for Gen IV nuclear reactor systems.

Ydinreaktorien rakennemateriaaleihin muodostuu seosaineiden ja nopeiden sekä termisten neutronien vuorovaikutuksessa huomattavia määriä vetyä ja heliumia. Vety voi absorboitua tehokkaasti materiaaleihin myös muissa ympäristövaikutteisissa prosesseissa. Helium ja vety stabiloivat pieniä vakanssiryhmiä ja helpottavat tyhjän tilan muodostumista, joka aikaansaa teräksen turpoamista. Teräkseen absorboitunut vety johtaa mekaanisten ominaisuuksien heikkenemiseen vetyhaurauden seurauksena. Vedyn haitallisia vaikutuksia on tutkittu matala-aktiivisissa Fe-Cr ferriittis-martensiittisissa (RAFM) ja ODS RAFM teräksissä, jotka ovat lupaavia materiaaleja Gen IV ydinreaktorin rakennemateriaaleiksi.

Activities of a number of European Union research programmes are focused on developing advanced materials and nanotechnologies solutions in order to provide the required sustainability and security of new generation fission (Gen-IV nuclear reactors) and fusion (international thermonuclear experimental reactor (ITER) and DEMOnstration power plant (DEMO)) nuclear power systems. The proper choice of the materials for structural components of the nuclear reactors offers a challenge due to extreme reactor conditions, such as high core outlet temperature and high radiation dose of the core internal structures.

High chromium (9-12%Cr) ferrite-martensite steels were first considered for application in heat affected structural components such as cladding, wrappers and ducts of the fast neutron reactors in 1970s [1]. The idea was supported by many countries initiating the extensive research programmes which were called to investigate and improve the properties of the ferrite-martensite steels. According the safety requirements for new generation of the nuclear reactor systems a concept of reduced activation ferrite-martensite (RAFM) steels was proposed. Restriction of alloying with low-activated elements (C, Si, Ti, Fe, Cr, V) allows to decrease the induced radioactivity of the RAFM steels. Alloying with isotopically-enriched elements may also decrease signif-

icantly the induced radioactivity of the steels [2] that contributes in safety during nuclear power plant operation and in reduction of nuclear waste generation after component replacement or plant decommissioning. This property promotes also the RAFM steels for application in first wall and blanket construction of the fusion reactor [3]. Further, the ferrite-martensite steels have a relatively good swelling resistance [1]. However, their high temperature creep and strength properties are doubtful especially for application in very high temperature reactor (VHTR) or DEMO fusion reactor.

Non-metallic inclusions (NMI) may affect in different ways the mechanical properties of the steels depending on their size, shape, orientation, interfacial strength and physical properties relative to the matrix [4]. For instance, precipitate particles such as carbides which occur during the phase transformation stage of the steel manufacturing may increase significantly hardness of the steels, however, continued growth of the particles caused by overaging results in their loss of coherency with matrix and softening of the steels as shown in Fig. 1 [5]. Nevertheless, the phenomenon of precipitate hardening was successfully implemented in development of new promising materials for application in Gen IV nuclear reactor systems and DEMO fusion reactor, namely, oxide dispersion

Table 1. Chemical composition of EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels.

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	W	V	Ti	Co	P
ODS-EUROFER*	0.086	0.03	0.39	9.2	0.02	0.0056	0.003	1.14	0.1965	<0.003	0.0036	40–50 ppm
EUROFER 97	0.11	0.03	0.55	8.95	0.013	<0.005	0.009	1.06	0.202	<0.003	0.004	40–50 ppm

*ODS-EUROFER steel is mechanically alloyed with addition of 0.3 wt% of Y_2O_3 .

strengthened (ODS) steels based on RAFM alloys [6]. In the ODS-RAFM steels the ferrite-martensite matrix is strengthened with dispersoid phase of yttrium oxide nanoparticles using mechanical alloying [6, 7, 8]. The developed ODS steels show better creep resistance and strength properties at high temperatures, and resistance to radiation-induced swelling in comparison with base RAFM steels [6].

Strengthening of the RAFM steels with yttria nanoparticles provides a detrimental effect increasing ductile-brittle transition temperature [9]. Furthermore, the embrittlement effect can be enhanced by hydrogen or/and helium accumulated into the steels due to the (n, p) and (n, α) transmutation reactions, that inevitably occur in the active zones of the fusion and fission reactors [10]. The susceptibility of most materials to hydrogen embrittlement (HE) increases with increasing strength. In principle, microstructures with a number of inclusions such as carbide or oxide particles which act as crack-initiation sites should be susceptible to HE due to strong hydrogen trapping at the interfaces of the particles. On the other hand, small precipitates that do not easily initiate cracks, should inhibit hydrogen diffusion to the crack-initiation sites increasing the resistance to HE [11].

Aim of the present work is to investigate how the strengthening of the RAFM steel with a dispersoid phase of the yttrium oxide nanoparticles effects on the susceptibility to HE at room and elevated temper-

atures. Also, hydrogen uptake and its trapping properties are studied as well as hydrogen effects on the mechanical properties of the RAFM EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels. The role of dispersoid phase of yttria nanoparticles in hydrogen trapping is discussed. The research is focused also on investigation of mechanism of the hydrogen-induced crack initiation and propagation in the studied steels during tensile testing at ambient and elevated temperatures.

Interaction of hydrogen with RAFM EUROFER 97 steel was studied in comparison with oxide dispersion strengthened ferrite-martensite ODS-EUROFER steel. EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels were provided by Forschungszentrum Karlsruhe Institute for Materials Research. The chemical composition of the studied steels is shown in Table 1.

Uptake and trapping of hydrogen

Hydrogen uptake and trapping in ferrite-martensite EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels were studied after electrochemical hydrogen charging in 0.1N NaOH solution with addition of 20 mg/l of thiourea ($CS(NH_2)_2$) at controlled cathodic potentials of -1.7 V and room temperature. Suitable duration of the hydrogen charging procedure was experimentally found to be about 18 h to provide the homogeneous

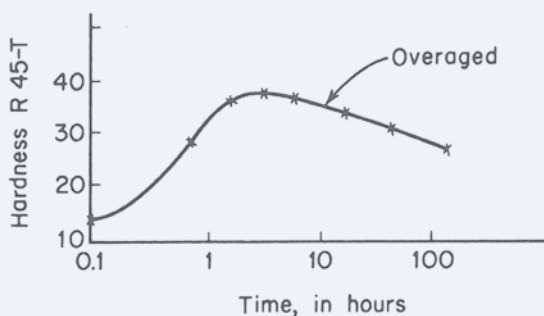


Figure 1. Change in hardness during the aging treatment. Alloy is iron with 0.015%C, and aging temperature is 90°C [5].

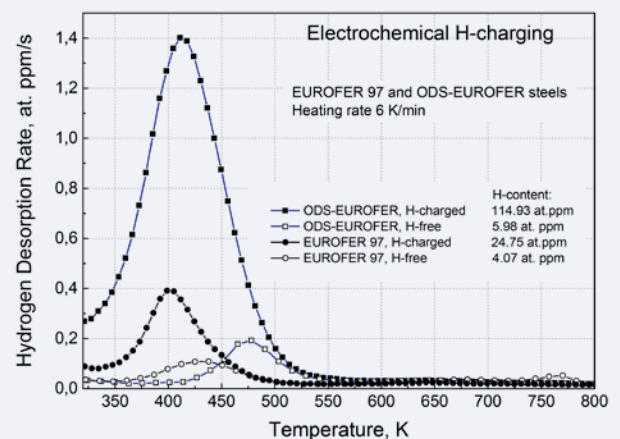


Figure 2. TDS spectra of hydrogen release from H-free and H-charged EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels.

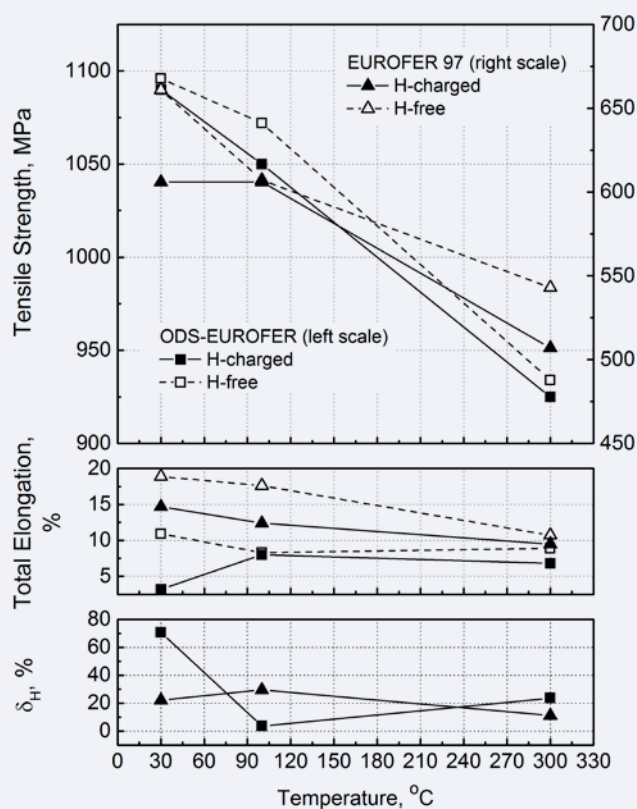


Figure 3. Tensile strength and total elongation to fracture of H-free and H-charged ODS-EUROFER and EUROFER 97 steels and sensitivity to hydrogen as a function of temperature [14]. The parameter of sensitivity to hydrogen is defined as $\delta_H = (\varepsilon - \varepsilon_H) / \varepsilon$, where ε and ε_H are total elongation to fracture of H-free and H-charged specimens, respectively.

hydrogen distribution over the sample cross-section. Hydrogen release was measured using thermal desorption apparatus during the linear heating rate of about 6 K/min from room temperature (RT) to 1100 K. Curves of thermal desorption spectroscopy (TDS) of hydrogen release shown in Fig. 2 manifest that the hydrogen uptake in ODS-EUROFER steel is markedly higher than that in EUROFER 97 steel. The total hydrogen concentration in H-charged ODS-EUROFER steel was calculated to be 115 at.ppm, while the EUROFER 97 steel has only 25 at.ppm of hydrogen. The concentration of hydrogen accumulated in as-supplied ODS-EUROFER and EUROFER 97 steels plates from the atmosphere was found to be about 6 at.ppm and 4 at.ppm, respectively. Since the chemical composition of the EUROFER 97 and matrix ODS-EUROFER steels are almost the same, significant change of the hydrogen uptake in ODS-EUROFER steel can be attributed to the hydrogen trapped at the dispersoid phase of yttria nanoparticles.

Hydrogen effects on mechanical properties

Mechanical properties of the EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels were studied in terms of their sensitivity to hydrogen embrittlement after electrochemical hydrogen charging at potential of -1.7 V and -1.85 V for 70 h [12]. Round-shape tensile specimens with gauge length of 10 mm and 3 mm dia. were made from the steel plates parallel and transverse to the rolling direction. Decrease of the applied electrochemical potential to -1.85 V causes an increase of hydrogen concentration from 190 at.ppm to 297 at.ppm in ODS-EUROFER steel and from 82 at.ppm to 98 at.ppm in EUROFER 97 steel. The results of hydrogen effect on tensile test parameters of the studied steels are summarized in Table 2. Hydrogen reduces markedly the elongation to fracture of ODS-EUROFER steel, if its concentration exceeds a certain critical value which is between 190 and 297 at.ppm, while the threshold character of HE of EUROFER 97 steel is less pronounced.

The mechanical properties of EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels were studied during continuous hydrogen charging using hy-

Table 2. Hydrogen effect on the tensile properties of the longitudinal specimens of EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels. The parameter of sensitivity to hydrogen is defined as $\delta_H = (RA - RA_H) / RA$. The strain rate is 10^{-4} s^{-1} [12].

Material	Hydrogen charging at -1.70 V				Hydrogen charging at -1.85 V			
	$\frac{R_{p02}, \text{ MPa}}{R_{p02H}, \text{ MPa}}$	$\frac{R_m, \text{ MPa}}{R_{mH}, \text{ MPa}}$	$\frac{RA}{RA_H}$	δ_H	$\frac{R_{p02}, \text{ MPa}}{R_{p02H}, \text{ MPa}}$	$\frac{R_m, \text{ MPa}}{R_{mH}, \text{ MPa}}$	$\frac{RA}{RA_H}$	δ_H
EUROFER 97	$\frac{565}{575}$	$\frac{704}{694}$	$\frac{73.1\%}{73.0\%}$	1.0%	$\frac{565}{596}$	$\frac{704}{711}$	$\frac{73.1\%}{65.6\%}$	10.3%
ODS-EUROFER	$\frac{1030}{1030}$	$\frac{1123}{1117}$	$\frac{62.7\%}{50.7\%}$	19.1%	$\frac{1030}{1060}$	$\frac{1123}{1109}$	$\frac{62.7\%}{7.3\%}$	88.4%

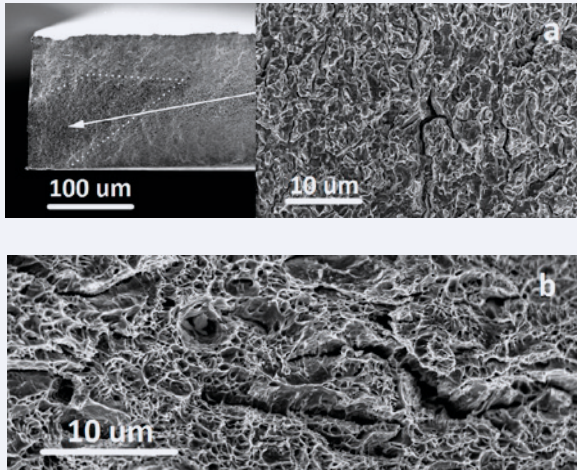


Figure 4. Fracture surfaces of ODS-EUROFER (a) and EUROFER 97 (b) steels during continuous hydrogen charging at RT after 2 h of hydrogen pre-charging [15].

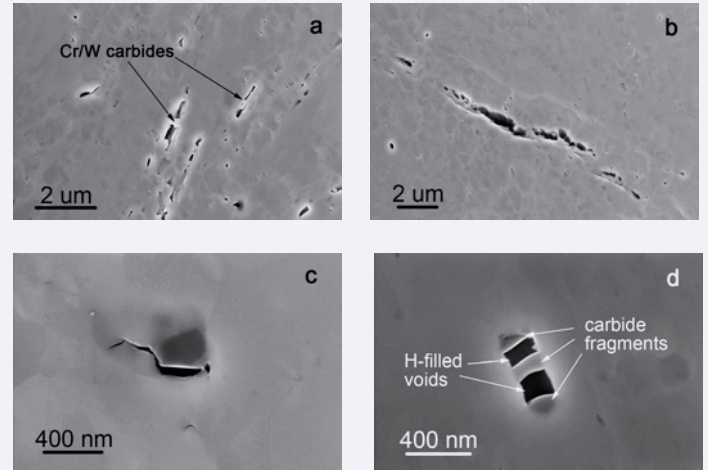


Figure 5. Micrographs of the interiors of the continuously H-charged EUROFER 97 steel (a, b) and ODS-EUROFER steel (c, d) specimens tested at RT (a, c) and 300 °C (b, d) [15].

drogen charging process instrument [13] at room and elevated temperatures. Hydrogen charging was performed from glow discharge H-enriched plasma at acceleration voltage of about 30 V resulting in H-ion flux of about $1.6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ on the surface of the tensile specimens. Flat-shape tensile specimens of the studied steels with gauge length of $4 \times 2 \times 0.2 \text{ mm}$ were cut from the steel plates transverse to the rolling direction. Both steels were tested in H-free and continuous H-charging conditions at temperatures of about 100 and 300 °C. The tensile testing was performed after 2 h of hydrogen pre-charging, that causes the hydrogen concentration of about 108 at.ppm and 16 at.ppm in ODS-EUROFER and EUROFER 97 steels, respectively. The results of hydrogen effect on tensile test parameters are summarized in Fig. 3. The elongation to fracture of the studied steels tends to be less sensitive to continuous hydrogen charging at temperature of 300 °C than at RT. However, the slight hydrogen effect on tensile strength of both studied materials looks independent of temperature. Hydrogen effect on the mechanical properties of ODS-EUROFER steel decreases with the increase of temperature up to 300 °C, while susceptibility to hydrogen of EUROFER 97 steel remains approximately the same at all testing temperatures.

Fracture surfaces of the EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels tested at room and elevated temperatures in H-free conditions are fully ductile dimpled [14]. The dimples containing often chromium and tungsten carbide particles of sub-micrometer size are larger in EUROFER 97 than in ODS-EUROFER steel. Hydrogen charging results

in a different HE mode of ODS-EUROFER and EUROFER 97 steels as shown in Fig. 4. Extensive brittle fracture areas of tens of micrometers are formed starting from the specimen outer surface. It is evident that the fracture mode has a well-defined intergranular character. Size of the brittle fracture areas observed in ODS-EUROFER steel decreases with the increase of testing temperature from RT to 300 °C. On the other hand, the fracture surface of continuously H-charged EUROFER 97 steel contained a net of secondary cracks the length of which was about 10 µm after tensile testing at RT (see Fig. 4b) and it increased at higher testing temperatures.

Interiors of the tensile test specimens were studied in order to understand better the mechanism of the crack initiation and propagation in the presence of hydrogen (see Fig. 5) [15]. Site for SEM observation was an area with highest plastic deformation which was close to the fracture surface of the specimens. Hydrogen enhances significantly the formation of the voids and micro-cracks, which initiate at chromium and tungsten carbide particles in both EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels. With increase of the testing temperature up to 300 °C, the hydrogen-induced micro-cracks agglomerate in sub-micrometer size cracks in EUROFER 97 steel, while the hydrogen-induced intergranular cracking in ODS-EUROFER steel is effectively suppressed. Hydrogen-induced cracking in ODS-EUROFER steel initiates preferably from chromium and tungsten carbide particles the size of which is close to the maximum of the size distribution of the NMIs. Reduction of the large size precipitate particles may improve markedly the resistivity to the hydrogen embrittlement.

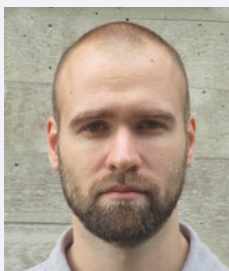
Acknowledgements

The research has been partly supported by Doctoral Programme for Nuclear Engineering and Radiochemistry YTERA in Finland. The EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels were provided by Forschungszentrum Karlsruhe Institute for Materials Research.

References

- [1] R.L. Klueh. Elevated temperature ferritic and martensitic steels and their application to future nuclear reactors. *International Materials Reviews*, vol. 50, pp. 287-310 (2005).
- [2] T.N. Kompaniets. On steel choice for DEMO reactor. VANT. *Nuclear Fusion*, YDK 621.039.6, pp. 16-24 (2009).
- [3] K.L. Murty, I. Charit. Structural materials for Gen-IV nuclear reactors: Challenges and opportunities. *J. Nuclear Materials*, vol. 383, pp. 189-195 (2008).
- [4] P.A. Thornton. The influence of non-metallic inclusions on the mechanical properties of steel: A review. *J. Materials Science*, vol. 6, pp. 347-356 (1971).
- [5] R. E. Reed-Hill, R. Abbaschian. *Physical Metallurgy Principles*. Third edition, PWS-KENT Publishing Company, Boston (1991).
- [6] R. Lindau, A. Möslang, M. Rieth, M. Klimiankou, E. Materna-Morris, A. Alamo, et al. Present development status of EUROFER and ODS-EUROFER for application in blanket concepts. *Fusion Engineering and Design*, vol. 75–79 pp. 989–996. (2005).
- [7] S. Ukai, M. Harada, H. Okada, et al. Alloying design of oxide dispersion strengthened ferritic steel for long life FBRs core materials. *J. Nuclear Materials*, vol. 204, pp. 65-73 (1993).
- [8] J.J. Fischer. Dispersion strengthened ferritic alloy for use in liquid-metal fast breeder reactors (LMFBRS). Patent file date (1978).
- [9] G. Filacchioni, U. De Angelis. Impact Properties of an Improved Oxide Dispersion. Strengthened Eurofer-based Steel. ENEA Report MAT RT 16-05 (2005).
- [10] L.R. Greenwood, F.A. Garner, B.M. Oliver, M.L. Grossbek, W.G. Wolfer. Surprisingly large generation and retention of helium and hydrogen in pure nickel irradiated at high temperatures and high neutron exposures. *J. ASTM International*, vol. 1, pp. 117-125 (2004).
- [11] S.P. Lynch. Hydrogen embrittlement phenomena and mechanisms. *Corrosion Reviews*, vol. 30, pp. 105-123 (2012).
- [12] Y. Yagodzinskyy, E. Malitckii, M. Ganchenkova, S. Binyukova, O. Emelyanova, T. Saukkonen, H. Hänninen, R. Lindau, P. Vladimirov, A. Moeslang. Hydrogen effects on tensile properties of EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels. *J. Nuclear Materials*, vol. 444, pp. 435-440 (2014).
- [13] E. Malitckii, Y. Yagodzinskyy, H. Hänninen. Hydrogen charging process instrument. *Fusion Engineering and Design*, DOI information: 10.1016/j.fusengdes.2015.04.069.
- [14] E. Malitckii, Y. Yagodzinskyy, H. Hänninen. Hydrogen uptake from plasma and its effect on EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels at elevated temperatures. *Fusion Engineering and Design*, DOI information: 10.1016/j.fusengdes.2015.05.049.
- [15] E. Malitckii, Y. Yagodzinskyy, H. Hänninen. Hydrogen-induced crack nucleation in tensile testing of EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels at elevated temperature. *J. Nuclear Materials*, vol. 466, pp. 286–291 (2015).

Writers



M.Sc. (Tech.) Evgenii Malitckii
Researcher
Aalto University School of Engineering
evgeny.malitskiy@aalto.fi



Dr. Yuriy Yagodzinskyy
Researcher
Aalto University School of Engineering
yuriy.yagodzinskyy@aalto.fi



Dr. Hannu Hänninen
Professor
Aalto University School of Engineering
hannu.e.hanninen@aalto.fi

Väitös: Ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysien epävarmuudet pienemmiksi

Juhani Vihavainen
Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Väitöstyössä laadittiin uusi menetelmä ohjelmistojen kelpoisuuden arvioimiseksi. Uusi menetelmä varmistaa ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysien oikeellisuutta ja pienentää analyysihin liittyviä epävarmuuksia. Menetelmää sovellettiin TRACE-ohjelmistolle, jolla mallinnettiin laaja joukko Loviisan reaktoreiden jäähdytettävyyttä koskevia PACTEL-kokeita.

In the Doctoral Thesis a new method was developed to evaluate the validity of programs. The new method can assure the accuracy of the safety analyses respective to nuclear power plants and reduce the uncertainties associated with the analyses. The method was applied for TRACE software to model several PACTEL experiments to analyse the coolability of Loviisa type reactors.

Ydinvoimalaitoksen turvallisuus osoitetaan analyyseillä, jotka pohjautuvat suurelta osin tietokoneohjelmien. Turvallisuusanalyysit tehdään suurilla ja monimutkaisilla tietokoneohjelmilla. Analyyttisten menetelmien on oltava luotettavia ja kelpoistettuja käyttötarkoitukseensa. Analyysien avulla on osoitettava, että turvallisuusvaatimukset täyttyvät suurella varmuudella. Laskentatulosten epävarmuutta on pystyttävä arvioimaan ja ne on otettava huomioon turvallisuusmarginaaleja määriteltäessä. Analyysien on laajuudeltaan katettava laitoksen kaikki normaalit käyttötilanteet, käyttöhäiriöt ja oletetut onnettomuudet. Tietokoneohjelmointiin liittyy epävarmuuksia, jotka vaikuttavat analyysin lopputuloksiin. Perinteisesti epävarmuuksia on arvioitu kahdella tavalla: vertaamalla laskentaa ja kokeita

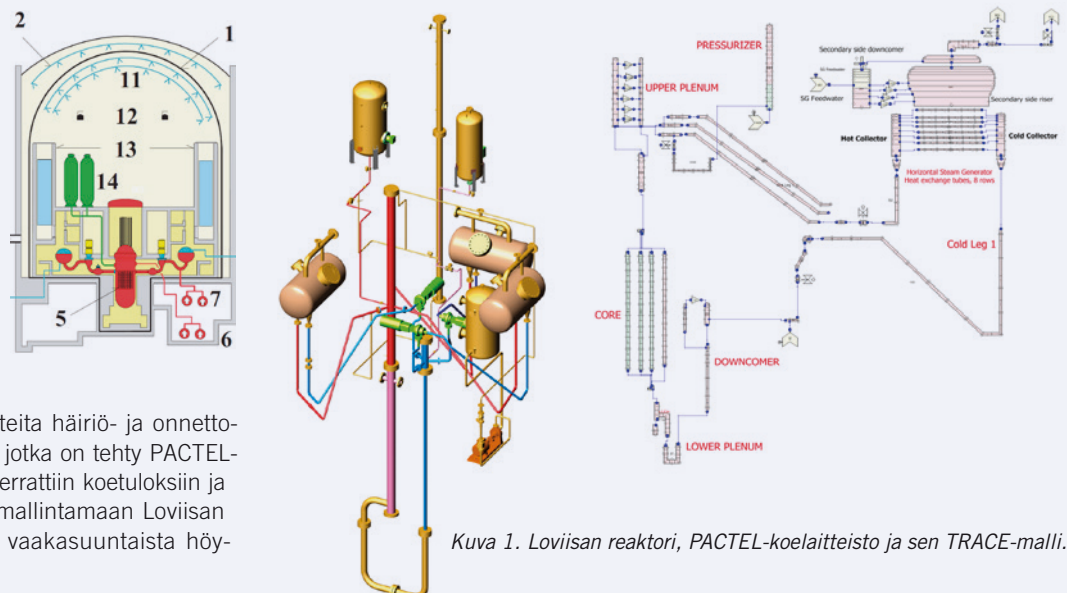
sekä yksittäisiä laskentaparametreja koskevia tilastollisia analyysejä. Epävarmuuksien pitää olla kohtuullisen pieniä, jotta turvallisuusarvioinnissa voidaan käyttää järkeviä varmuusmarginaaleja.

Loviisan ydinvoimalaitoksen reaktoreiden rakenteelliset piirteet asettavat erityisiä haasteita tietokoneohjelmointille. Väitöstutkimuksessa on laskettu Yhdysvalloissa kehitetyllä TRACE-systeemiohjelmistolla laaja joukko Loviisan reaktoreiden lämpö- ja virtausolosuhteita häiriö- ja onnettomuustilanteissa kuvaavia kokeita, jotka on tehty PACTEL-koelaitteistolla. Laskentatuloksia verrattiin koetuloksiin ja ohjelmiston todettiin soveltuvan mallintamaan Loviisan laitostyyppin erityispiirteitä kuten vaakasuuntaista höy-

rystintä ja primaaripiiriin kuumaa haaran vesilukkoja. Kuvassa 1 on esitetty Loviisan reaktori, joka on mallinnettu skaalatulla PACTEL-koelaitteistolla ja tätä edelleen TRACE-laskentaohjelmalla.

Väitöstutkimuksessa laadittiin uusi menetelmä ohjelmistojen kelpoisuuden arvioimiseksi. Uusi menetelmä jäsentää epävarmuustekijöitä niiden luonteen ja vaikutuksen mukaan, mikä auttaa varmistamaan ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysien oikeellisuutta ja pienentää analyysihin liittyviä epävarmuuksia.

Kehitetty menetelmä kattaa epävarmojen laskentaparametrien lisäksi ohjelmalle lähtötiedoiksi laadittavan laskentatilan ja myös käyttäjän itsensä vaikutuksen tuloksiin. Näiden epävarmuustekijöiden vai-

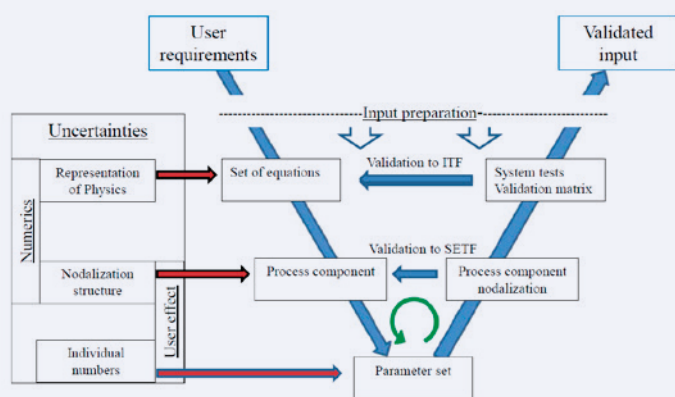


Kuva 1. Loviisan reaktori, PACTEL-koelaitteisto ja sen TRACE-malli.

kutus ei ole ollut aiemmin käytetyin tilastollisin menetelmin arvioitavissa. Luonteeltaan erilaisten epävarmuuksien tunnistaminen, luokittelu ja niiden vaikutusten arviointi on kelpoisuuden arvioimisessa keskeistä.

Epävarmuuksien tunnistaminen ja arviointi

Perinteisesti termohydrauliikkaohjelmiston kelpoistus kohdistuu ohjelmaan itseensä. Ohjelmiston kelpoistuksessa tutkitaan ohjelman suorituskykyä ja kykyä mallintaa fysikaalisia ilmiöitä. Olennainen osa ohjelmiston kokonaiskelpoistusta on sille laadittavan mallin eli syöttötiedoston kelpoistaminen. Tätä tarkoitusta varten kehitettiin uudistettu menetelmä, joka pohjautuu ohjelmistokelpoistuksessa paljolti käytettyyn V-malli -lähestymistapaan, jota on laajennettu ja kehitetty sisältämään myös erityyppisten epävarmuuksien vaikutukset lopputulokseen.



Kuva 2. Uusi V-malli laskentamallin kelpoistamiselle.

Kuvassa 2 on esitetty uutta menetelmää kuvaava V-malli, johon on liitetty epävarmuustyyppit ja niiden vaikutukset eri mallinnuksen vaiheisiin. Mallin kehityksen alussa (vasemmalla ylhäällä) määritellään asetettavat vaatimukset mallille (user requirements). Proseduurissa edetään fysikaalisten mallien, tarvittavien komponenttimallien ja yksittäisten parametrien asetelun kautta yksittäisten parametrien arvojen määrittelyyn. Yksittäisiä prosessikomponentteja kelpoistetaan erillisinä ja niitä liitetään yhteen ja muodostetaan suurempia mallikokonaisuuksia. Mallinnus on luonteeltaan iteratiivista. Lopulta päädytään kelpoistettuun malliin, johon on vaiheittain liitetty eri epävarmuustekijöiden tunnistaminen ja niiden vaikutusten arviointi.

Laskentamallin epävarmuus voidaan luokitella kolmeen eri luokkaan:

1. Fysiikan ilmiöiden kuvauksen vaikutus
2. Noodituksen eli laskentahilan vaikutus
3. Yksittäisten numeroarvojen eli parametrien vaikutus

Käyttäjän vaikutusta (user effect) on suoraan varsin vaikea arvioida, sillä käyttäjä tekee valintoja ohjelman käytön useissa eri vaiheissa ja kaikilla edellä mainituilla tasoilla. Useissa ohjelmissa käyttäjä voi valita käyttöön tai poistaa käytöstä erillisilmiöiden fysiikkaa koskevia malleja (taso 1). Tasolla 2 käyttäjä laatii laskentahilan (noodituksen), jossa määritellään laskentamallin rakenne ja jakautuminen pienempiin osiin (hilakoko). Valintoja tehdessään käyttäjän on pohdittava esimerkiksi millä tarkkuudella on tarpeen kuvata rinnakkaisia virtauskanavia, kuten polttoainenuippuja tai höyrystinputkia. On päätettävä myös kuinka pitkiä tai lyhyitä laskentamallin alkioiden tulee olla. Erityisen tärkeää

on kuvata haarautuvien tai yhtyvien putkien liitännät toisiinsa fysikaalisesti kulloinkin edustavimmalla tavalla. Tietokoneohjelmissa on yleensä vielä käyttäjän valittavana ja aseteltavana lukuisia ilmiömallien sisäisiä parametreja (taso 3), esimerkiksi seinämäkarheuksia ja kertavastuksia.

Väitöstyön keskeiset tulokset

Väitöstyön keskeinen tehtävä on ollut TRACE-ohjelman validointi eli kelpoisuuden arviointi VVER-440 reaktorityypin laskentaa varten, LUT:in PACTEL-koelaitteistolla tehtyjä koesarjoja vasten. Kelpoistusta varten valittiin 15 PACTEL-koetta, joita vasten tietokonemallia arvioitiin. Valitut kokeet edustavat mahdollisimman laajaa valikoimaa erityyppisiä jäähdytettävyyttä arvioivia kokeita. Tavoitteena oli haastaa TRACE-ohjelmiston käyttökelpoisuus VVER-440 reaktorityypin erityispiirteisiin nähden. Kelpoisuuden arviointia varten laadittiin uusi menettelytapa, jossa erityisesti laskentamallin ja siihen sisältyvien syöttötietojen kelpoisuutta arvioidaan vaiheittain. Uusi tapa sisältää epävarmuuksien tunnistamisen, luokitteluun ja arvioinnin. Vanhoissa menetelmissä epävarmojen laskentaparametrien vaikutusta on arvioitu tilastollisesti ja vain epävarmuuksien alimmalla tasolla (ilmiöparametrit). Uusi menetelmä kattaa ohjelmalle lähtötiedoiksi laadittavan laskentahilan itsensä vaikutuksen tuloksiin. Laskentahilan ja käyttäjän aiheuttamien epävarmuustekijöiden vaikutus ei ole tilastollisin menetelmin arvioitavissa. Työssä on myös esitetty validoidun ohjelman ja laskentamallin (syöttötietojen) sekä validoidun käyttäjän tunnusmerkit.

TRACE-ohjelman todettiin soveltuvan VVER-440-tyyppisen laitoksen erityispiirteiden mallintamiseen. TRACE-ohjelman fysiikka riittää PACTEL-laitteiston mallinnukseen tutkituissa tilanteissa. Todellisen laitoksen mallinnustulosten ei voida olettaa olevan parempaa kuin PACTEL-mallinnuksen. PACTEL on geometrialtaan monelta osin olenaisesti yksiuotteinen, kuten TRACEn fysiikkamallinnuskin on; todelliset laitokset sisältävät kuitenkin osia, joissa yksityiskohtainen virtauskäyttäytyminen on kolmiuotteista. Laskentahilan rakenteella on olennaista vaikutusta tuloksiin; sitä ei voi määrittää tilastollisesti. Uuden menetelmän mukaisesti jäsenneily epävarmuustarkastelu helpottaa ohjelman ja laskentamallin kelpoisuuden arviointia.

Väitöstilaisuus pidettiin 12.12.2014 Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla. Väitöstyön ohjaajana toimi professori Juhani Hyvärinen ja vastaväittäjänä dosentti, TkT Harri Tuomisto (Fortum Power and Heat). Väitöskirja on julkaistu yliopiston Acta Universitatis Lappeenrantaensis -tutkimussarjassa numerolla 618. Väitöskirja on luettavissa sähköisessä muodossa osoitteessa urn.fi/URN:ISBN:978-952-265-717-6.



TkT Juhani Vihavainen

Laboratorionsinööri
Lappeenrannan teknillinen yliopisto
juhani.vihavainen@lut.fi

Yleishumaanista turvallisuuspohtiskelua ensin...

TURVALLISUUS on mielenkiintoinen ja kiehtovakin käsite. Siitä puhuttaessa kyse on useamminkin turvatomuudesta, vähän niin kuin pituuskin voi olla lyhyttä. Samoin käsite on suhteellinen, ei niinkään absoluuttinen – tiskivesi tuntuu kuumalta mutta samassa lämpötilassa sauna on enemmänkin vilpola. Asiatyhteys ratkaisee. Turva ja turvallisuus on kuin tunteen, korvienvälirikokeman ja mielikuvien luoman harmaan tuhkan alla kytevä hiillos, pohjalaisterminä umpimähkä. Sitä sohiessa päivien päästäkin tuli vielä roihahtaa, kunhan vanhan keon päälle pinoaa uutta kuivaa ”turvallisuuksuuta”.

Näkökulma sitten. Yhden turva on usein toisen turvattomuuden tunnetta ja kasvua. Iso vastaan pieni, enemmistö versus vähemmistö. Kuin nollasummapeliä. Nykyisen Eurooppaan suuntautuvan jatkuvasti kasvavan pakolaisvirran myötä on syntynyt myös turvattomuuden ketjuuntuvaa kasvua. Pakolaiset sumputetaan kahden valtion väliselle rajalle aitojen ympäröimään karsinaan, siitä edelleen ehkä jollekin muulle rajalle. He kaipaivat turvaa ja turvallisuutta mutta kokevatkin turvattomuutta niin menneessä kuin tulevassa ajassa. Sisempänä maan vastaanottokeskuksien liepeillä kummatkin tahot, niin turvapaikan hakijat kuin paikalliset kantaa-asukkaat, alkavat kokea turvattomuuden tunnetta toisiaan kohtaan.

Maantiedekin vaikuttaa, kaukaa on helpompaa olla toista mieltä. Helsingissä ei susista ole häittä, omia ei ole eikä Kiteeltä asti tule. Kiteellä susia ihan aidosti pelätään, Helsingissä enemmänkin sitä, missä määrin Suomen pitää olla EU:n susiensuojelureservaatti. Mitä pienemmäksi ja uhatummaksi jokin eläinkanta käy, sitä turvattummaksi tuon kannan olot näyttävät kehittyvän. Susilla pyyhkii hyvin. Aika kivasti menee liito-oravillakin. Pitkään Porvarinlahden vesialueen eräät harvinaiset lintulajitkin pärjä-

sivät poliittisissa Natura-väännöissä ennen Vuosaaren suursataman rakentamista, ideasta valmiiseen satamaan hurrahti 40 vuotta. Tuulipuistoja voi kernaasti rakentaa Lappiin ja rannikkomerialueille, sitä mieltä on pubiparlamentti Kampissa. Mutta Tornionjoelle kutemaan pyrkivät lohet eivät tuulipuistoalueiden matalikoille uskaltaudu lepäämään ja ravintoa syömään, koska pelkäävät tuulipuiston ääniä ja tärinää.

... energia-aiheista perään...

ENERGIA-ASIAT kietoutuvat monin tavoin turvallisuuteen tai turvattomuuden vähentämiseen. Yritetään estää ilmasto lämpenemästä yli kahden Celsius-asteen hiukkaspäästöjä vähentämällä. Talouden kasvun kautta haetaan kilpailukykyä, vakautta ja turvallisuutta. Raaka-ainevarojen tuhlausta suitetaan. Eri maiden ja tahojen energiaratkaisut kilpailevat keskenään. Missä määrin valtiot ja valtioliittoumat tekevät yhteistyötä yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi, missä määrin eri tahot pyrkivät itse hyötymään muiden kustannuksella, kukapa siihen voi vastata? Pariisin ilmastokokouksen alla näyttää olevan kuuden vuoden takaiseen Kööpenhaminan kokoukseen verrattuna enemmän realismia ja yhteistyön meininkiä, ennen kaikkea poliitikkojen tasolla. On EU:n suurten maiden Saksan, Ranskan ja Britannian yhteistyötä ja sen myötä ehkä koko EU:n yhteistä linjaa. On USA:n ja Kiinan ”yhtä köyhtä” -yhdistyksen pyrkimystä, Intiakin on kuulemma tulossa mukaan talkoisiin. No, jouluna sitten tiedetään, missä mennään?

Joskus olen havahtunut mietteissäni, untako vai jokin näkemäni havainnollinen TV-dokumentti (?), ajattelemaan Martin Luther Kingin ”I have a dream” -puhetta tai John Lennonin ”Imagine”-laulua. Entä jos annettaisiin arvo sille, mille se kuuluu, auringolle? Kaikki energia on auringosta, kaikki paitsi vuorovesivoima. Ja sekin epäsuorasti, sillä tottahan aurinko ylivoimaisen suurella massallaan ja ihmisikään nähden ehtymättömällä energiallaan aurinkokuntamme planeetat ja niin

Yhden turva on usein toisen turvattomuuden tunnetta ja kasvua.

maan kuin kuunkin kuta kuinkin ”ruodussa pitää”. Ei ihan mutta lähes, sillä kuu maan moukarivarren päässä kieppuessaan etäännytyy vuodessa 6 cm maasta ja vuosi-miljardien kuluessa lopulta liian kauas. Kuulla on siis väliä. Kuun liikaa maasta etäännytyessä maapallohyrrän pyörimisnopeus hidastuu, vuodenaajat muuttuvat vuosien mittaisiksi maan akselikulman aurinkoon nähden alkaessa holtittomasti vaappua ja muuttua. Samasta ilmiöstä on kyse kuin pyörinnän loppuvaiheessa hyrrällä olohuoneen lattialla. Maan biosysteemi ei muutosta romahtamatta kestä, pitkää kylmää kyllä tai kuumaa, mutta ei molempia.

Ei ollut tarkoitus pelotella. Biosysteemin romahdus toki joskus tapahtuu ja yli 10 miljardin vuoden päässä aurinko muuttuu kuolleeksi mustaksi kääpiöksi. Mutta tässä nykyajassamme voitaisiin kuitenkin Kingiä, Lennonia, Mandelaa ja Dylaniakin esikuvina pitää julistaa aurinko globaalien maapallon kiistämättömäksi kingiksi. Siitä on kaikki energia, oli se uusiutuvaa, fossiilista tai ydinvoimaa. Aurinkoa, tuulta, vettä, aaltoa, bioa, hiiltä, öljyä, maakaasua, turvetta, uraania. Ja vielä, geoa, akkua, vetyä, jne. Ydinvoimaa viime kädessä.

... ja lopuksi käytännön keissi


OLETUKSELLA että maailman maat ja poliittiset liittoumat onnistuisivat löytämään yhteisen ilmastostrategian ja rupeaisivat sitä tehokkaasti toteuttamaan, Suomella voisi tuossa uudessa uljaassa yhteisymmärryksen maailmassa olla luonteva insinöörikanan roolinsa. Kansainvälisen työnjaon pohjalta kukin maa tekisi itselleen sopivimpia asioita. Suomi voisi ottaa kontolleen ydinjätteen loppusijoituksen, onhan Suomen maaperä isolta osalta vakaata



Turvallisuutta se on työturvallisuuskin, myös loppusijoituskonseptia suunnitella.
(Kuva: Posiva Oy)

precambrikan peruskalliota, miljardien vuosien ikäistä. Tavara pysyisi turvallisesti syvällä Suomen maaperässä. Kun jälleenkäsittely kymmeniä kertoja maailman ydinvoimaloissa usio-käytetty ydinpolttoaine kaikkialta maailmasta lopulta tulisi Suomeen, Suomen insinöörit tietysti suunnittelisivat aina vain tehokkaampia säilöjä. Ydinpolttoaine-elementit purettaisiin osiin, polttoainejäte pelleteiksi, purusiksi tai kukaties vieläkin pienempään kokoon. Maan syvyysiin loppusijoitettaisiin vain korkea-aktiivinen ydinpolttoainejäte. Robotit tekisivät työn, olisi siten

turvallista ihmisen näkökulmasta. Ihan kuin auto kootaan autoksi ja päinvastaisessa järjestyksessä puretaan takaisin osikseen, samoin talon rakentaminen ja purku. Rakentamisessa muuten ollaan jo siirrytty ”naulakaudesta ruuvikauteen”. On helpompi rakentaa kuin myös turvallisempaa purkaa, ei tule sorkkaraudasta laakia leukaan. Mitä vastaavaa kehitystä voisi olla ydinvoima-alalla, en tiedä, mutta kunhan taas ruvettaisiin aidosti tutkimaan ja tekemään kehitystyötä myös ydinerogia-alalla. Aivan niin kuin tehdään muullakin energia-alalla.

Tässä olisi yksi osa Suomen insinöörien kontribuutiota. Suomella maana olisi toki paljon muutakin tarjota ja muilla mailla vastavasti omia vastuualueitaan. Mitä erilaisia, olisi sitäkin kiva miettiä? Yhteiseksi turvallisuus-painotteiseksi parhaaksi elämän eri saroilla, tieteissä, taiteissa, ravinnon ja makean veden tuotannossa, väestönkasvun hillinnässä, köyhyyden vähentämisessä, teollisessa valmistuksessa, aineettomien hyödykkeiden kehitystyössä, ym. Mutta ehkä sitten joskus toiste? 

Turvallisuusfilosofi

katsoo maailmaa empaattisesti ”humanistin atomi-insinöörin rillien läpi”, seuraa uteliaana, ennakkoluulottomasti ja luovasti tieteellistä, kulttuurista ja yhteiskunnallista keskustelua, **on ihmisten ja ilmiöiden ihmettelijä.**

Palautusosoite:

Suomen Atomiteknillinen Seura
PL 78
02151 ESPOO



ATS

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

KANNATUSJÄSENET

B+Tech Oy

Platom Oy

**Teknologian
tutkimuskeskus VTT Oy**

Fennovoima Oy

**Pohjoismainen
Ydinvakuutuspooli**

Teollisuuden Voima Oyj

FinNuclear ry

Pohjolan Voima Oy

TVO Nuclear Services Oy

**Fortum Power
and Heat Oy**

Posiva Oy

Voimaosakeyhtiö SF Oy

**Mirion Technologies
(RADOS) Oy**

Saanio & Riekkola Oy

Wärtsilä Finland Oy

Siemens Osakeyhtiö