

ATS

2|2018

Vol. 47

YDINTEKNIikka

SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA – ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND

SAFIR2022 on alkamassa

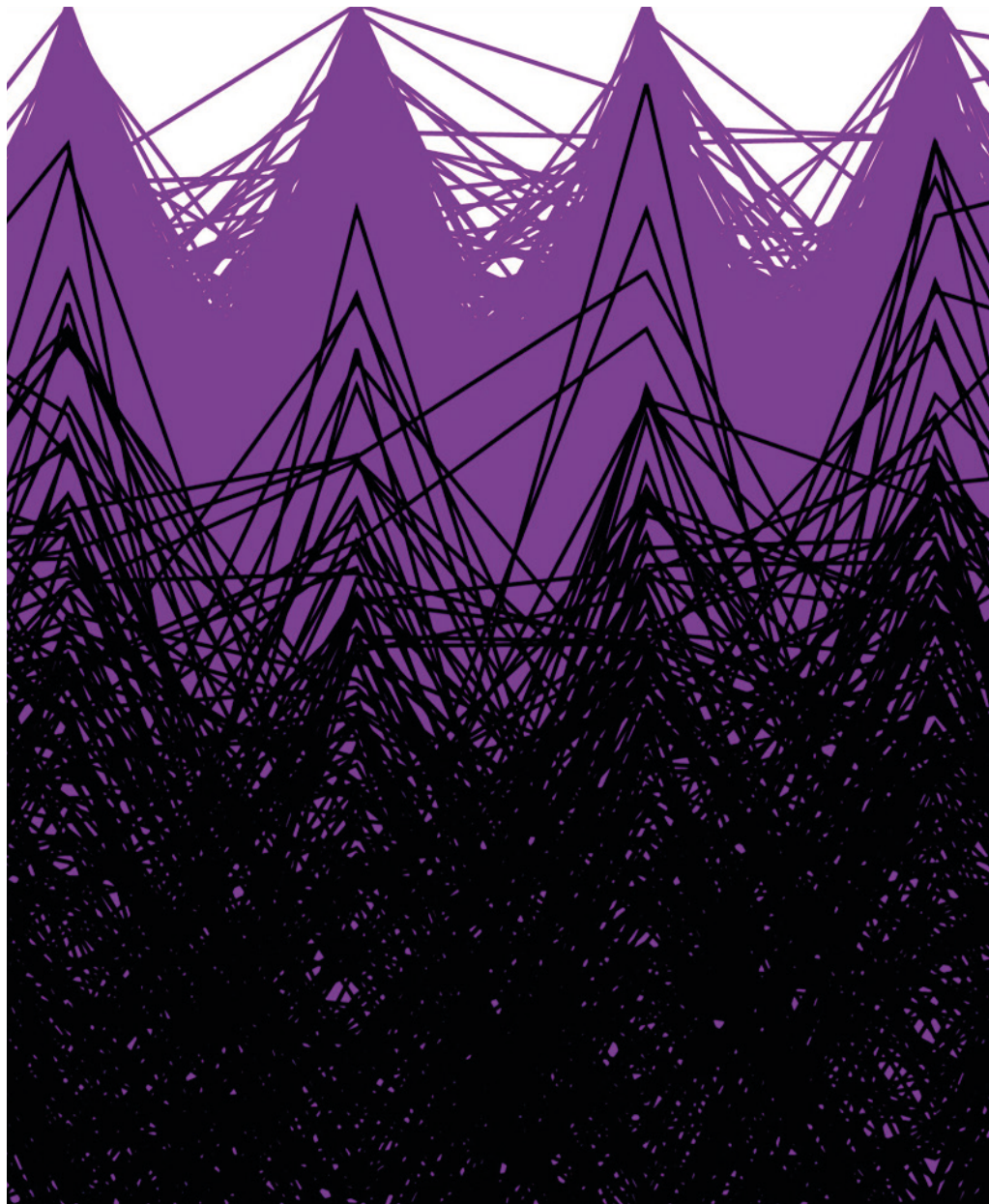
Excellence-hankkeilla jatkuvuutta ja lyhyillä hankkeilla dynaamisuutta.

Turvallisuus- osaamista maailmalle

STUK International Oy vie suomalaista ydin- ja säteilyturvallisuusosaamista ulkomaille.

Tilastolliset menetelmät

Väitöstyössä kehitettiin menetelmä jäähdytteenmenetysonnettomuudessa vaurioituvien polttoainesauvojen lukumäärän arvioimiseksi ja sovellettiin herkkyyksianalyysia rikkoutumisten taustatekijöiden selvittämiseksi.



Julkaisija / Publisher

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

Johtokunta / Board

Puheenjohtaja / President

DI Tuomas Rantala
puheenjohtaja@ats-fns.fi

Varapuheenjohtaja / Vice President

DI Toivo Kivirinta
toivo.kivirinta@fortum.com

Sihteeri / Secretary General

FM Antti Rätty
sihteeri@ats-fns.fi

Rahastonhoitaja / Treasurer

DI Pekka Kupiainen
rahastonhoitaja@ats-fns.fi

Jäsenet / Board Members

DI Antti Paajanen
antti.paajanen@fennovoima.fi

TkT Jaakko Leppänen
jaakko.leppanen@vtt.fi

TkT Vesa Tanskanen
vesa.tanskanen@lut.fi

Toimihenkilöt / Functionaries

ATS Young Generation

SK Tuomo Huttunen
tuomo.huttunen@energia.fi

Kansainvälisten asioiden sihteeri / International Affairs

DI Henri Ormus
henri.ormus@fennovoima.fi

Women in Nuclear Finland

FM Eveliina Muuri
eveliina.muuri@helsinki.fi

www.vastaava / Webmaster

DI Juha-Pekka Hyvärinen
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 Jarmo Ala-Heikkilä
jarmo.ala-heikkila@aalto.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 Lauri Rintala
lauri.rintala@fennovoima.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 yhdyssiteenä 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 pitää itsellään oikeuden lyhentää, tiivistää ja muokata julkaistavaksi tarkoitettuja artikkeleja ja kirjoituksia.

Elämämme kuplat

KUPLA ON RAJATTU JA SUOJATTU TILA, jonka sisään ei pääse mitään sen ulkopuolelta. Myöskään kuplan sisältä ei voi kurkottaa ulkopuolelle hajottamatta kuplaa. Kun puhutaan kuplassa elämisestä, viitataan yksilötasolla ihmiseen, jonka maailma rakentuu vain omien näkemysten ja mielipiteiden tai yksittäisen asian ympärille. Viimevuosina on puhuttu paljon myös ihmisryhmien kuplista, jolloin tarkoitetaan samalla tavalla ajattelevien ja mahdollisesti myös elävien ihmisten joukkoa. Valitettavan usein sävy on ollut negatiivinen korostaen vastakkainasettelua.

Uskon että kaikki ihmiset käyvät läpi elämänsä aikana useamman kuplan. Tyypillisimpiä tilanteita on ainakin opiskeluaika, jolloin ollaan väistämättä tekemisissä samoista asioista kiinnostuneiden ihmisten kanssa. Myös isot elämänmullistukset, vaikkapa lasten saaminen, johtavat usein henkilökohtaiseen kuplaan, joka tyypillisesti on kuitenkin väliaikainen.

Kuplan rikkoutuminen on useimmin toivottavaa. Millainen maailma olisi, jos emme ottaisi muiden mielipiteitä huomioon tai yrittäisi ymmärtää oman sisäpiirimme ulkopuolisia näkemyksiä? Joku voisi toki huomauttaa, että olemme saaneet tästä esimakua aivan lähiaikoina kansainvälistä politiikkaa seurattessamme.

Itse elän DI-kuplassa, sekä töissä että vapaa-ajalla. Tämä on ehdottomasti enemmän vahinko kuin tietoinen ratkaisu, johon toki tietyt valintani ovat johtaneet. Suurimmalla osalla säännöllisesti kohtaamistani ihmisistä on tekninen koulutus kuten itselläni. Tämä väistämättä vaikuttaa meidän ajatusmaailmaamme sekä keskusteluihimme. Voimme tehdä tietyn perusoletuksen siitä, millaiset taustatiedot toisella osapuolella on. Tähän tottuminen aiheuttaa haasteita viestinnälle.

Uskon että monella alallamme olevalla on melko samanlainen tilanne kuin itselläni.



Voisiko tässä olla juurisyy ydinvoimaviestinnän vaikeudelle? Olemme tottuneet kommunikoinnissamme keskittymään teknisiin yksityiskohtiin taustoittamatta asiaa kovin tarkasti. Lisäksi viestistämme puuttuu herkkyyttä ja tarinallisuus, jotka auttaisivat kuulijaa samaisumaan. Tämän tiedostaminen voisi olla yksi askel kuplan puhkaisemiseen ainakin viestinnän näkökulmasta.

Anna Nieminen

Vastaava päätoimittaja

SISÄLTÖ

Vakiopalstat

Päätoimittajalta: Elämämme kuplat	3
Pääkirjoitus: SAFIR2022 alkaa tammikuussa 2019	4
Editorial: SAFIR2022 starts in January	5
Pakina: Ymmärrettävyyttä tutkittavaan asiaan laadukkaalla täsmäviestinnällä – ymmärrys kiittää, harhaan johtavassakin viestinnässä	22

Tapahtumat

ATS YG Summer Symposium 2018 järjestettiin Porvoossa	6
Ydinenergia-alan kesäkoululaiset Suomen Turussa	8
Ajankohtaista	
SAFIR2022 – voimayhtiöiden ajatuksia tutkimusohjelmalle	10
STUK International Oy vie turvallisuusosaamista maailmalle	12

Tiede ja tekniikka

Lentokonetörmäys ydinvoimalaan	14
<i>Ari Vepsä, Alexis Fedoroff</i>	
Väitös: Polttoainesauvojen käyttäytyminen onnettomuusilanteissa	18
<i>Asko Arkoma</i>	
Diplomityö: Pienten ja modulaaristen ydinvoimalaitosten turvallisuusluokittelu	20
<i>Rasmus Karell</i>	



SAFIR2022 alkaa tammikuussa 2019

UUSI KANSALLISEN YDINVOIMALAITOSTEN turvallisuustutkimuksen jaksoksi SAFIR2022 on alkamassa ensi vuoden alussa. Ohjelman tarkoitus on entistä määrätietoisemmin kehittää kansallista kyvykkyyttä ydinturvallisuuteen kannalta merkittävien asioiden käsittelyssä. Käynnissä olevan SAFIR2018-tutkimusohjelman tutkimusalueet - kokonaisturvallisuus ja systeimin lähentymistapa turvallisuuteen, reaktorturvallisuus sekä rakenteellinen turvallisuus ja materiaalit – ovat osoittautuneet hyväksi tavaksi jäsentää ja ohjata tutkimusta. Tämän johdosta samat tutkimuksen alueet säilyvät myös uudessa ohjelmassa.

Uutena piirteenä SAFIR2022-tutkimusohjelmassa ovat kahdeksan ajankohtaista yli ohjelman ulottuvaa teemaa osoittamassa ohjelman painopisteitä. Teemat nostavat esille muun muassa kokonaisturvallisuuden arviointimenetelmien kehittämisen, turvallisuuden arviointimenetelmien modernisoinnin, laitosten pitkäaikaisen käytön sekä muuttuvan toimintaympäristön asettamat vaatimukset ydinvoimalaitosten turvalliselle käytölle. Kokonaisturvallisuuteen ja polttoaineen elinkaareen liittyvät teemat ovat yhteisiä ydinjäte-turvallisuustutkimusohjelman KYT2022 kanssa ja ohjelmien välistä yhteistyötä halutaankin

edelleen tiivistää. Tutkimusinfrastruktuurin uudistaminen jatkuu tulevilla ohjelmakaudella.

Tutkimukseen liittyvät menettelyt uudistuvat SAFIR2022-tutkimusohjelmassa. Tutkimushankkeista muodostetaan projektisalkku ja hankkeet kiinnitetään ohjelman yli meneviin teemoihin. Tavoitteita teemoille on asetettu alkavan ohjelman loppuun vuodelle 2022, ja myös seuraavalle ohjelmakaudelle. Uudistumista edistetään osoittamalla määriteltä osuus rahoituksesta lyhytkestoisille hankkeille. Edelleen hyväksi havaittujen SAFIR-johtoryhmän aloitteesta käynnistyvien uuteen tutkimukseen tähtäävien pienhankkeiden määrää kasvatetaan hieman. Toisaalta jatkuvuutta ohjelmaan tuodaan ottamalla käyttöön nk. Excellence-hankkeet, joissa kansainvälisesti korkeatasoinen tutkimus saa varmuutta rahoituksen jatkumisesta useamman vuoden ajalle tutkimuksen edetessä suunnitellusti. Useampivuotisen hankkeiden hakumenettelyjä myös suoraviivaistetaan.

Kansallisen ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimusohjelman merkitys kansallisen osaamisen kehittäjänä ja ydinergian käyttöön liittyvän tutkimuksen strategian yhtenä toimeenpanijana on saanut kiitosta niin kansallisesti kuin kansainvälisesti. Suuri joukko

alan toimijoita luvanhaltijoiden, viranomaisen ja teknistä tukea tuottavissa organisaatioissa on saanut syvällisen ydinturvallisuustuntemuksen tutkimusohjelman hankkeissa. Tutkimus on tuottanut useita menestystarinoita ja kykyä oikea-aikaisesti ottaa kantaa suomalaisilla ydinvoimalaitoksilla esille nousseisiin turvallisuuskysymyksiin.

Käynnissä olevan SAFIR2018-tutkimusohjelman kansainvälinen arviointi kehui ohjelmaa kokoaan suuremmaksi. Arvioijien mukaan pystymme tuottamaan kansainvälisesti merkittävää tutkimustietoa maamme kokoon nähden odotettua enemmän. Kiitosten ja kehujen lisäksi arvioijat esittivät kehityskohteita ja varoittivat paikallaan pysymisestä joidenkin tutkimusaiheiden kohdalla. Arviointi tuotti arvokasta palautetta ja sen tulokset on otettu huomioon uuden SAFIR2022-tutkimusohjelman runkosuunnitelman valmistelussa. Nyt onkin huolehdittava, että hyvät ajatukset siirtyvät myös käytäntöön ja uskallamme mennä oman mukavuusalueemme ulkopuolelle.

Nykyisessä dynaamisessa kansainvälisessä toimintaympäristössä korostuu entisestään osaaminen ja kansallinen kyvykkyyks arvioida ydinturvallisuutta. Ydinalan toimittajien verkosto supistuu ja myös joissakin kehittyneissä maissa ollaan valmistautumassa ydinergian käytön siirtymiseen käytöstäpoistovaiheeseen. Tämä korostaa kansallisten toimijoiden vastuuta turvallisuuteen liittyvän tiedon säilymisestä ja edelleen kehittämistä. Toisaalta kansallisiin toimintoihin kohdistuu yhä enenevässä määrin erityyppisiä vertaisarvioiteja, joiden positiivisesta vaikutuksesta ydinturvallisuuteen on huolehdittava.

Energiajärjestelmään kohdistuu suuria muospaineita, mikä näkyy muun muassa ydinvoimalaitosten käyttötavoissa ja mahdollisten uusien teknologioiden tulemisena markkinoille. Osaamista arvostetaan ja pienen maan mahdollisuudet vaikuttaa kansallisesti ja kansainvälisesti ydinturvallisuuden parantamiseen syntyvät juuri osaamisen kautta. SAFIR2022-tutkimusohjelma antaa mahdollisuuksia myös luoda valmiuksia uusien ydinvoimalaitosteknologioiden turvallisuuden arviointiin.

Marja-Leena Järvinen

SAFIR2022-työryhmän puheenjohtaja
Johtava asiantuntija, Säteilysurvakeskus

SAFIR2022 starts in January

THE NEW FOUR-YEAR public nuclear safety research programme SAFIR2022 will start in January 2019 aiming at maintenance and development of high national nuclear safety assessment capabilities. The research themes of the ongoing SAFIR2018 programme – plant safety and systemic approach to safety, reactor safety, and structural safety and materials – have proven to be a functional way to structure and steer the research. This is why the same research themes remain in the new programme.

A new feature in the SAFIR2022 programme are eight topics overarching the whole programme and showing the focus areas. These topics emphasize, for example, development of assessment methods for overall safety, modernization of safety assessment methods, plant aging management, and the requirements posed by a changing operational environment. Overall safety and fuel lifecycle are common topics with the nuclear waste management programme KYT2022, so the cooperation between the programmes is to be enhanced. Additionally, renewal of research infrastructure will continue during this four-year period.

New procedures will be introduced in SAFIR2022 programme. All research projects will belong to the project portfolio and they will be connected with overarching topics. Goals have been set for the topics until the end of the programme period 2022 and also over the following period. Renewal of the programme is promoted by reserving a share of the annual funding for short projects. Experiences with small projects ordered by the Management Board, a concept introduced in SAFIR2018, were positive, so their share will be slightly increased. On the other hand, continuity of the programme will be supported by so-called Excellence projects where internationally high-level research obtains se-

curity of funding for several years when the project proceeds according to plans. Funding of these several-year projects is made more streamlined.

The importance of a national nuclear safety research programme for developing national competence and implementing the strategy for all research related to nuclear energy has been appreciated both nationally and internationally. A fair share of the people working at utilities, regulators, and technical support organizations have obtained profound expertise on nuclear safety in the projects of these programmes. This research has produced many success stories and capabilities to promptly tackle safety issues encountered at Finnish nuclear power plants.

The ongoing SAFIR2018 programme was complimented to be larger than its size in the international evaluation. The evaluators stated that we can produce internationally significant results proportionally more than would be expected from a small country. In addition to praises and compliments, the evaluators proposed subjects for further development and warned about the risks of stagnation on some research issues. The evaluation provided valuable feedback and its results have been taken into account in the preparation of the framework plan of SAFIR2022. Care must be taken to ensure that these good ideas are also implemented in practice and that we dare to go outside of our comfort zone.

In the current dynamic international environment it is even more important to have know-how and national competence to assess nuclear safety. The network of nuclear plant vendors is decreasing and even some developed countries are getting prepared for phasing out nuclear energy. This emphasizes the responsibility of national stakeholders to preserve safety-related knowledge and to develop it further. On the other hand, national

activities are peer-reviewed in various ways at an increasing pace and the positive effects of these reviews have to be ensured.

There are substantial changes ongoing in the energy system, which will be reflected in operational practices of current power plants and by a market potential for new technologies. Know-how is appreciated and it is the channel for a small country to improve nuclear safety nationally and internationally. The SAFIR2022 programme provides a potential to create capabilities for also assessing the safety of new nuclear technologies.

Marja-Leena Järvinen

Chairman of the SAFIR2022 working group
Principal Advisor, Radiation and Nuclear Safety Authority

Fennovoiman osallistajat pokkasivat kokonaiskilpailun voiton.

ATS YG Summer Symposium 2018 järjestettiin Porvoossa

ATS YG Summer Symposium keräsi nuoret ydinvoima-alan ammattilaiset jälleen vaihtamaan kokemuksia ja verkostoitumaan.

Teksti: Antti Lammela **Kuvat:** Jari Havuaho, Fortum Oyj



Ins. Antti Lammela
Käyttöinsinööri
Fennovoima Oy
antti.lammela@fennovoima.fi

PERINTEKSI MUODOSTUNUT ATS YG summer symposium järjestettiin tänä vuonna kauniissa Villa Molnby:n maisemissa Porvoossa 15.6. Järjestelyistä vastasi Fortumin Loviisan voimalaitoksen YG:läiset.

Tapahtuman luonteena on kerätä yhteen ydinvoiman parissa työskentelevät tai siitä kiinnostuneet nuoret luentoja ja leikkimielisen rastikilpailun pariin. Toki tilaisuuteen kuuluu myös ruokailu ja sauna suomalaisen tavan mukaan. Tänä vuonna tilaisuuteen osallistui noin 70 nuorta eri organisaatioista ympäri Suomea.

Digitaaliset ratkaisut ydinvoimaympäristössä, NURES ja Loviisan käyttöön jatkaminen

Tilaisuuden luento-osuudesta vastasivat Fortumin asiantuntijat. Niklas Hurmerinta ker-

toi aluksi Fortumin kehittämissä digitaalisista ratkaisuista, joita voidaan hyödyntää ydinvoimaympäristössä esimerkiksi koulutuksessa ja töiden suunnittelussa. Aihe oli erittäin mielenkiintoinen. Viime aikoina on kovasti ollut puhetta digitalisaation ja ydinvoiman yhdistämisen ympärillä. Niklas esitteli erilaisia laitoksen skannausmenetelmiä 3D-muotoon sekä lisätyn todellisuuden hyödyntämismahdollisuuksia suojakypärän visiirin näytössä.

Niklaksen esityksen jälkeen oli vuorossa Jussi-Matti Mäki ja hänen esityksensä Fortumin radioaktiivisten jätevesien puhdistusteknologia NURES:ista. Esitys antoi perustietoa NURES:ista sekä tämänhetkiset kuulumiset Fukushima-laitospaikalta, jossa NURES-teknologiaa käytetään onnettomuuden jälkihoidossa syntyvien aktiivisten vesien puhdistukseen.



Säteilysuojelurastilla testattiin henkilökohtaisten suojavarusteiden käyttöä.

pääasiassa ydinvoima-aiheisista ryhmätehtävistä. Rastitehtävien aiheena oli esimerkiksi säteilysuojelurasti, jossa tehtävänä oli pukea ja riisua suojavarusteet ja kulkea kenkäräjän yli oikeaoppisesti; käyttökokemusmuistipeli, jossa oli tarkoituksena liittää ydinonnettomuudet ja tapahtumat yhteen oikeiden lisätietokorttien kanssa sekä polttoaineen lataus, jossa osa ryhmästä latsi ”polttoainenippuja” paikoilleen silmät sidottuina muiden ohjeistuksen perusteella.

Suorituksistaan ryhmät saivat pisteitä, joiden mukaan määriteltiin ryhmien paremmuusjärjestys. Lopputulosten perusteella laskettiin myös paras organisaatio, joka voitti perinteisen Symposium-kiertopalkinnon. Tänä vuonna voiton vei Fennovoima, jolle voitto oli ensimmäinen.

Seminaarin esiintyjät tulivat Fortumilta.

Lopuksi oli vuorossa Ari-Pekka Kirkinen. AP:n aiheena oli mahdolliseen Loviisan käyttöön jatkoon liittyvät tekniset selvitykset. Esitys käsitteli yleisellä tasolla ydinvoimalaitoksen käyttöön jatkamisen edellytyksiä Suomessa sekä Loviisassa tehtyjä esiselvityksiä mahdolliseen käyttöön jatkon hakemiseen liittyvistä teknisistä haasteista ja mahdollisista laitosmuutoksista.

Verkostoitumista rastikilpailun lomassa

Esitysten jälkeen oli ruokailu, josta siirryttiin kohti leikkimielistä rastikilpailua. Rastikilpailua varten osallistujat jaettiin sekaryhmiin välttämättä ryhmien muodostuminen jo ennestään tuttuun kesken. Ryhmät kiersivät vuoroillaan eri rasteja, jotka koostuivat





Kesäkoulun osallistajat ja osa luennoitsijoista yhteiskuvassa Åbo Akademin päärakennuksen edustalla.

Ydinenergia-alan kesäkoululaiset Suomen Turussa

Juhannusviikonloppuna Suomi lähtee totutusti viettämään kesälomaa, joka kansainvälisen mittapuun mukaan on pitkä. Eurooppalaisen yhteistyön laajentuessa tähän ei aina kuitenkaan ole mahdollisuutta, mistä esimerkkinä on kansainvälinen kesäkoulu, jonka järjestimme kesällä 2018. Ajankohdan valinta osoittautui vaikeaksi, koska eri maissa yliopistojen lukukaudet päättyvät eri aikaan. Juhannuksen jälkeinen viikko osoittautui ainoaksi toimivaksi kompromissiksi, varsinkin kun paikaksi valitussa Turussa heinäkuun ensimmäinen viikko on jo 50 vuoden ajan pyhitetty rokkaamiselle.

Teksti: Jarmo Ala-Heikkilä **Kuvat:** Kineret Janatuinen, Dippi Design



TkT Jarmo Ala-Heikkilä
Asiantuntija, ydintekniikka
Aalto-yliopisto, Teknillisen fysiikan laitos
jarmo.ala-heikkila@aalto.fi

HUOLI YDINENERGIA-ALAN työvoiman riittävydestä on ollut esillä jo pitkän aikaa Euroopassa. Perimmäisenä syynä on pitkä hiljaiselo uusien rakennusprojektien rintamalla. Kun vanhat työntekijät siirtyvät eläkkeelle, korvaajien löytäminen on entistä vaikeampaa, ja tähän on kehitettävä ratkaisuja.

Tässä suhteessa Suomen tilanne on valoisampi: opiskelijamäärät nousivat alan yliopistokoulutuksissa Olkiluoto 3 -projektin alussa ja taso on pysynyt. Hanhikivi 1 -projektin myötä on nähty, että Suomeen tarvitaan osaajia myös ulkomailta, mutta kuten todettu vastaavia hankkeita on vähänlaisesti käynnissä muualla Euroopassa.

Koulutus ja koulutettavat kohtaamaan

Koulutuspuolella on monessa maassa nähty opiskelijamäärien laskua ydinalan kursseilla ja koulutusohjelmissa, ja ongelman ratkaisua on lähdetty hakemaan yhdessä. Esimerkiksi EU:n rahoittamassa ANNETTE-projektissa (www.annette.eu) pyritään kokoamaan eurooppalaisia kurssitarjontaa yhteisen sateenvarjon alle, jotta koulutus ja koulutettavat saataisiin kohtaamaan.

Hanke kattaa sekä yliopistojen maisteri- ja tohtoritasoisen koulutuksen että ammatissa työskenteleville tarjottavan täydennyskoulutuksen elinikäisen oppimisen tavoitteella. Tässä kohtaa täytyykin kannustaa kaikkia lu-

kijoi: tarkista ANNETTE-kurssitarjonta tuolta verkkosivulta siltä varalta, että sieltä löytyy oman osaamisen päivittämiseen sopivia koulutuksia, ja hae mukaan!

ANNETTE-hankkeen puitteissa tarjotaan erilaisia ydinalan koulutuksia kesästä 2018 kesään 2019. Tänä aikana saatujen kokemusten perusteella pyritään suunnittelemaan tulevaisuuden eurooppalaista kurssitarjontaa. Hankkeen tarjoama koulutus on enimmäkseen maksutonta, minkä lisäksi samaan aikaan käynnissä olevasta ENEN+-hankkeesta (plus.enen.eu) on hyvät mahdollisuudet saada tukea matka- ja majoituskustannuksiin ulkomaille.

Tavoitellaan elinikäistä oppimista

ANNETTE-kurssit ovat enimmäkseen 1–2 viikon intensiivikursseja ja osan niistä voi suorittaa verkkokursseina. Tällä on pyritty korjaamaan ongelma perinteisten yhden periodin tai lukukauden mittaisten yliopistokurssien kanssa, jotka ovat hankalia yhdistää työelämään tai kotiyliopiston opintoihin.

ANNETTE-kesäkoulu suunniteltiin ”sisäänheittotuotteeksi” muille projektin tarjoamille kursseille. Aalto-yliopisto otti sen pääjärjestelyvastuun, mutta suunnitteluryhmään kuului professoreita ja senioritutkijoita kaikkiaan noin kymmenestä eurooppalaisesta organisaatiosta. Suunnitteluryhmä aloitti toimintansa huhtikuussa 2017 ja kokoontui matkan varrella kertaalleen fyysisesti ja useamman kerran verkkokokouksissa.

Kun Aalto oli pääorganisaattori, kesäkoulun paikaksi valikoitui luonnollisesti Suomi. Totesimme varhaisessa vaiheessa, että Olkiluoto on paikka, jonka haluamme kesäkoulun osallistujille ja luennoitsijoille näyttää. Koska Helsinki ja Espoo ovat hankalan bussimatkan päässä Olkiluodosta, päädyimme pitämään kesäkoulun Turussa. Ja onhan Turku mukava kaupunki muutenkin!



Torstai-iltana vietettiin saunailtaa merkeissä Ruissalossa.

Turun yliopiston ja Åbo Akademin geologian laitokset, jotka toimivat yhteisissä tiloissa Geotalossa aivan Turun tuomiokirkon kupeessa, ottivat kesäkoulun ystävällisesti vastaan. Professorit Joffi Eklund ja Pietari Skyttä olivat paikallistuntemuksellaan korvaamattomia järjestelyjen kannalta, joten heitä on tässäkin sytä kiittää.

Uutta Euroopassa: tieteenhaarat yhdessä

Yksiviikkoinen kesäkoulun suunnittelu oli haastavaa, kun sen tarkoitus oli kattaa ydintekniikka (fissio ja fuusio), ydinjätehuolto ja säteilysuojelu. Isommille Euroopan maille on ollut tapana pitää nämä neljä alaa visusti erillään. Eryisesti fuusion hyväksyminen mukaan vaati jonkin verran sulattelua, mutta suomalaisjärjestäjillä ei ollut monialaisen koulutuksen onnistumisesta minäänlaisia epäilyksiä.

Ohjelma laadittiin siten, että maanantai ja perjantai olivat kaikille yhteisiä plenaari-päiviä, jolloin kaikki osallistujat saivat laajan yleiskäsityksen ydinalasta, kun taas tiistai ja torstai pidettiin yksityiskohtaisempia rinnakkaisluentoja kolmella yllämainitulla polulla. Keskiviikkona kävimme Olkiluodossa tutustumassa käytännön toimintaan ydinvoiman ja jätehuollon alalla, mihin liittyi vierailut laitospuolella, OL3-työmaalla, voimalaitosjätevarastossa, Posivan tutkimusalueella sekä vierailukeskuksen näyttelyssä.

Kesäkoulun haku-aika oli helmi-maaliskuussa ja suunnitteluryhmä teki opiskelijavalinnan huhtikuun alussa. Tavoitteena oli saada tila- ja budjettirajoitusten sanelemana 60 osallistujaa, 20 kullekin kolmelle polulle. Hakijoita saimmekin kiitettävät 85, joten karsintaa jouduttiin tekemään jonkin verran. Säteilysuojelupolulle oli vähemmän hakijoita kuin kahdelle muulle ja lisäksi sille hyväksytyistä hakijoista osa peruutti tulonsa eri syistä,

joten kesäkouluun saatiin lopulta 52 osallistujaa (20+20+12). Luennoitsijoita oli kaikkiaan 29 ja heistä 12 suomalaisia.

Osallistujavalinnassa haluttiin suosia monimuotoisuutta. Numeroiden valossa tässä onnistuttiinkin: osallistujien sukupuolijakauma oli noin 40/60, mukana oli 24 eri kansallisuutta, ja osallistujista 16 oli maisteriopiskelijoita, 25 tohtoriopiskelijoita ja 11 nuoria ammattilaisia. Kesäkoulu herätti eniten kiinnostusta Ilossa-Britanniassa, Italiassa ja Puolassa, joista karsinnan jälkeenkin tuli suurimmat osallistujaryhmät.

Pilotti onnistui, seuraako jatkoa?

Valittuja hakijoita ohjeistettiin ahkerasti huhti-kesäkuun aikana ja onnistuneesti saatiin kaikki Turkuun. Sää oli oikein suosiollinen – heinä-elokuun ennätyslämmöt olivat vielä edessäpäin – joten senkin ansiosta kesäkoulu saatiin vedettyä läpi onnistuneesti. Suuri osa kesäkoululaisista kastautui Itämeressä torstain saunailan yhteydessä, joten isäntienkin täytyi heittää talviturkkinsa Ruissalossa.

Perjantain luentojen jälkeen oli aika jakaa osallistumistodistukset ja lähettää osallistujat kotimatalle. Osa viipyi vielä perjantai-illan Turussa, jossa Aura-joen varressa sattumoisin olleet keskiaika-, ruoka- ja käsityömessut saivat opiskelijoistamme kansainvälisiä asiakkaita.

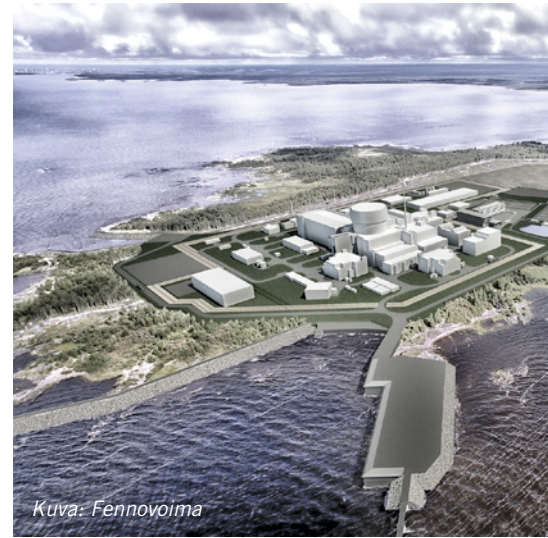
Kesäkoulun osallistujilta ja myös luennoitsijoilta pyydettiin palautetta. Vastausprosentti osallistujien osalta oli 96 % ja valtaosaltaan palaute oli positiivista tai erittäin positiivista kaikkien polkujen osalta. Sekä kesäkoulun monialainen konsepti että käytännön toteutus onnistuivat, vaikka ihan täydellisiä emme oleetkaan. Eryitysmainintana täytyy todeta, että 2/3 osallistujista antoi keskiviikon Olkiluoto-ekskursiosta arvosanaksi erinomainen, joten kiitän vierailun järjestäneitä TVO:n ja Posivan emäntiä ja isäntiä kesäkoulupanostuksesta.

Koska ANNETTE-hankkeen tavoitteena on saada uutta väkeä ydinalalle, palautteessa kysehtiin miten kesäkoulu oli vaikuttanut osallistujien urasuunnitelmiin. Useimmilla vastaus oli neutraali tai lievän positiivinen – eihän viikossa tehdä ihmeitä. Toisaalta osallistujat arvioivat, että kesäkouluun osallistuminen kehitti heidän osaamistaan niin, että töiden saamisen alalta helpottuu. Tämä jää nähtäväksi.

ANNETTE-kesäkoulu toteutettiin pilotti-hankkeena, joten sen jatkosta ei ole mitään suunnitelmia. Keskusteluani osallistujien, luennoitsijoiden ja suunnitteluryhmän kanssa näen, että tällaisella konseptilla olisi selkeätä tilausta vastaisuudessaakin. Valtteja ovat monialaisuus, monimuotoisuus, Suomen yleinen kiinnostavuus ja ydinalan kaikki alueet käytännössä demonstroiva Olkiluoto.

SAFIR2022 – voimayhtiöiden ajatuksia tutkimus- ohjelmalle

Kansallisen ydinturvallisuustutkimusohjelman (SAFIR) uuden ohjelma-
kauden käynnistyessä on hyvä katsoa taaksepäin ja ottaa mukaan siel-
tä hyviä asioita. Samalla on kuitenkin tarpeen suunnata katse eteenpäin
ja uudistaa ohjelmaa tulevien haasteiden voittamiseksi. SAFIR2022-
ohjelman suunnittelu on vaatinut monelta organisaatiolta ja henki-
löltä suuren työmäärän. Myös voimayhtiöt – Fortum, Fennovoima ja
Teollisuuden Voima - ovat omalta osaltaan tuoneet yritysten näkemystä
ja tarpeita tähän suunnittelutyöhön.



Kuva: Fennovoima

Teksti: Arto Kotipelto, Hanna Virlander ja Matti Kattainen

KANSALLINEN ydinturvallisuustutkimus-
ohjelma on osaltaan luonut tärkeää
yhteistyö- ja tutkimusalustaa suoma-
laiselle ydinvoimateollisuudelle monestakin
näkökulmasta katsottuna. Voimayhtiöille on
tärkeää olla tiiviissä yhteistyössä ja vuorovai-
kutuksessa sekä tutkimuslaitosten, valvojan
viranomaisen (STUK), ministeriön (TEM) että
myös toistensa kanssa.

Tutkimustulosten hyödynnettävyys on tärkeää

Uuden ydinturvallisuuden liittyvän tutkimus-
tiedon tuottaminen ja sen vieminen käytän-
töön alan teollisuudessa on erittäin tärkeää.
Myös tätä kautta syntyvien uusien osaajien
saaminen osaksi kansallista ydinvoimayh-
teisöä on tärkeää ja palvelee viranomaisen

ohella myös alan teollisuutta. SAFIR-ohjelma
edeltäjineen on tuottanut paljon hyvää osaa-
mista ja tietoa. Ohjelman on kuitenkin hyvä ja
myös tarpeen uudistua. Uuden ohjelmakau-
den suunnittelun yhteydessä on tuotu esiin
toiveita, että ohjelmaan saataisiin enemmän
dynamiikkaa ja uusiutumista.

Tutkimusprojektien pitäisi keskittyä entis-
tä enemmän alan teollisuudessa esiintyviin



TkT Arto Kotipelto
R&D Manager
Teollisuuden Voima
arto.kotipelto@tvo.fi



DI Hanna Virlander
Nuclear Engineering Manager
Fennovoima
hanna.virlander@fennovoima.fi



DI Matti Kattainen
Head of Nuclear Safety Engineering
Department
Fortum
matti.kattainen@fortum.com



Kuva: TVO



Kuva: Fortum

haasteisiin, jolloin tutkimusprojektien tulosten hyödyntäminen ja käyttöönotto olisi helpompaa, mikä puolestaan on laitosten ydinturvallisuuden kannalta erittäin tärkeää. Tämä on varmasti myös tutkimuslaitosten ja tutkijoiden näkökulmasta mielekäästä ja auttaa valvovaa viranomaista omassa työssään ja parantaa myös ohjelman kykyä vastata lakisääteiseen tavoitteeseensa, eli tarjota osaamista ja tutkimusinfraa viranomaiselle yllättäviä tilanteita varten.

Lyhyet tutkimushankkeet tuovat dynaamisuutta ohjelmaan

SAFIR2022-ohjelman runkosuunnitelman suunnittelutyössä on huomioitu eri tahojen toiveita ja esimerkiksi ohjelman dynamiikkaa on tarkoitus parantaa käynnistämällä kestoltaan eri pituisia hankkeita, jolloin ohjelman reagoitiherkkyys uusien tilanteiden ja haasteiden noustessa esiin ohjelmakauden aikana olisi entistä parempi. Samalla myös tarkasti rajattuihin ongelmiin voidaan hakea ratkaisua lyhyillä tutkimushankkeilla.

Jatkuvuuden ohella voimayhtiöt toivovat tutkimusryhmiltä avauksia täysin uusista tutkimusaiheista, jolloin ohjelmalla on mahdollisuus uudistua myös sisällön osalta. Tulevaisuuden toiveena voimayhtiöillä on, että projektit voisivat jatkua tarvittaessa seuraavan ohjelmakauden puolelle ja että ohjelmakausien asemesta voitaisiin harkita jopa jatkuvaluonteista toimintamallia.

Meillä on edessä taas mielenkiintoinen uusi aika ja uudet haasteet suomalaisen ydinturvallisuuden edelleen parantamisen tiellä. SAFIR-tutkimusohjelma on kansainvälisestäkin monin tavoin ainutlaatuinen, ja voimme olla siitä ja sen puitteissa tehtävästä työstä ylpeitä.

STUK International Oy vie turvallisuusosaamista maailmalle

Vuoden 2016 lopussa perustettu STUK International Oy on Suomen valtion omistama yhtiö, joka vie turvallisuusosaamista ulkomaille. Liiketoiminnan tavoitteena on palveluita myymällä parantaa ydin- ja säteilyturvallisuutta sellaisissa maissa, joissa siihen on tarvetta, mutta riittävää osaamista toimintaan ei vielä löydy. Suomalaisella osaamisella on tällä toimialalla kansainvälisesti erittäin hyvä maine ja yhteistyön tekeminen kanssamme kiinnostaa.

Teksti: Pekka Ottavainen

SÄTEILYTURVAKESKUKSEN (STUK) alkutahdit lyötiin vuonna 1958, jolloin toimintansa aloitti pieni lääkintöhallituksen alainen Säteilyfysiikan laitos. Sen tehtävä oli tarkastaa sairaaloissa käytettävät säteilylaitteet. Ydinturvallisuusvalvonta tuli mukaan 1960-luvun lopussa ja vuonna 1984 nimi muutettiin Säteilyturvakeskukseksi. Vuosien kuluessa, tiedon lisääntyessä ja säteilyn ja radioaktiivisten aineiden käytön yleistyessä, STUK on saanut uusia tehtäviä.

Yli kolmensadan huippuosaajan STUK on tänä päivänä kansainvälisesti arvostettu ja haluttu yhteistyökumppani säteily- ja ydinturvallisuusasioissa. STUKin keskeisiksi osaamisalueiksi ovat muodostuneet ydinenergian käytön ja säteilytoiminnan valvonta sekä ympäristön säteilyvalvonta ja valmiustoiminta. Viime vuosien aikana erityistä kiinnostusta myös viranomaistoiminnan osalta on herättänyt ydinjätehuolto, eikä vähiten käytetyn polttoaineen loppusijoitus.

STUK International perustettu kaupallisen liiketoimintaan

Säteilyturvakeskus on myynyt useiden vuosien ajan osaamistaan kaupallisin perustein. Vuoden 2016 lopussa Valtioneuvosto päätti perustaa STUK International Oy:n. Yhtiön perustaminen mahdollistaa uusien liiketoimintojen kehittämisen ja asiantuntijapalvelujen myynnin liiketaloudellisesti kannattavalla ja markkinaehtoisesti toimivalla tavalla. Yhtiö pystyy virastoa (STUK) paremmin vastaamaan alan kilpailuun sekä reagoimaan eri maista tulevien asiakkaiden tarpeisiin. Myös riskienhallinta paranee, kun toiminta on markkinaehtoista eikä osa viraston toimintaa. STUK International Oy:n ja edelleen viranomaisteh-

täviä hoitavan STUKin toiminta ja talous ovat selkeästi erillään ja riippumattomia toisistaan.

Käytännössä STUK International Oy hallinnoi kansainvälisiä palveluhankkeita ja ostaa niihin tarvittavan asiantuntemuksen pääasiassa Säteilyturvakeskuksesta. Lisäksi pienimuotoisesti on mahdollista käyttää muitakin alihankkijoita, joiden valinnassa korostuvat korkea viranomaistyöhön liittyvä osaaminen ja riippumattomuus. Kaikkien toimeksiantojen osalta varmistetaan aina, ettei viranomaistoiminta Suomessa miltään osin ole ristiriidassa palveluliiketoiminnan kanssa. Tämän vuoksi palveluita ei lähtökohtaisesti myydä Suomeen.

Asiakkaat maailmalla

STUK International myy siis palveluitaan valikoidusti Suomen ulkopuolelle. Yhtiön asiakkaita ovat eri maiden säteily- ja ydinturvallisuudesta vastaavat viranomaiset ja muut alan toimijat. Jälkimmäisen osalta asiakassuhteet voimayhtiöiden ja/tai laitostoimittajien suuntaan arvioidaan kuitenkin huolellisesti etukäteen. Tämä johtuu siitä, että yhtiö ei voi eikä se saa edistää ydinenergiaa. Palvelutarjoama lähtee säteily- ja ydinturvallisuuden viranomaistoiminnan kehittämisestä ja parantamisesta.



DI Pekka Ottavainen

Toimitusjohtaja

STUK International Oy

pekka.ottavainen@stukinternational.fi

Tavoitteena on pitkäaikaisten kumppanuuksien rakentaminen. Hyvänä esimerkkinä edellisestä on yhteistyö Saudi-Arabian kanssa. Yhteistyön pohjalta löytyy kesäkuussa 2017 voimaan tullut Valtioneuvoston asetus yhteistyöstä ydinenergian rauhanomaisessa käytössä Suomen tasavallan hallituksen ja Saudi-Arabian kuningaskunnan hallituksen välillä (Suomen säädöskokoelman n:o 316/2017).

Jo yhtiön perustamisvaiheessa säteilyturvakeskuksen pääjohtaja Petteri Tiippana toteasi: ”Tavoitteena on, että Saudi-Arabiaan syntyy riippumaton, osaava sekä tehokas ydin- ja säteilyturvallisuusviranomainen. Yhteistyössä on nyt keskitytty lainsäädännön ja turvallisuusvaatimusten laatimiseen, viranomaisorganisaation rakentamiseen ja henkilöstön kouluttamiseen sekä viranomaisen valvontamallin luomiseen. Tällaiset projektit ovat hyödyllisiä myös siksi, koska ne entisestään vahvistavat säteily- ja ydinturvallisuusalan osaamista Suomessa”. Pääjohtajan toteamus tuo esille myös STUKin oman osaamisen ke-



hittämisen ulottuvuuden ja sen merkityksen yhtiön perustamisessa.

Yhtiön kannalta kiinnostavimmat markkina-alueet ovat sekä ydinenergian hyödyntämistä aloittavissa maissa, ns. Emerging Nuclear

Energy Countries, että ydinjätteiden käsittelyn saralla. Molempien osalta Suomesta löytyy erinomaista viranomaisosaamista. Nämä painopistealueet ovat STUK Internationalin toiminnan keskiössä lähivuosien ajan.

SYP



Suomalaisen Ydintekniikan Päivät 2019

30.–31.10.2019

Marina Congress Center, Helsinki

Varaa aika kalenteriisi!

Lentokonetörmäys ydinvoimalaan

Ari Vepsä, Alexis Fedoroff
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

Lentokoneen törmäys on hyvin epätodennäköinen mutta mahdollinen ja potentiaalisesti tuhoisa uhka, joka ydinvoimalaitosta voi kohdata. Potentiaalisen tuhoivoimansa johdosta on tärkeää, että lentokonetörmäys pystytään mallintamaan ja sen mahdolliset haittavaikutukset analysoimaan luotettavasti, jotta niihin voidaan varautua jo laitoksen suunnitteluvaiheessa. Luotettava mallinnus vaatii sekä ammattitaitoisen mallintajan, todennetut mallinnustyökalut ja -menetelmät että tarpeeksi laajan joukon paikkansapitäviä lähtötietoja.

Aircraft crash is an improbable but yet possible and potentially disastrous threat that can encounter a nuclear power plant. Due to its destructive power, it is important that this event can be reliably modelled and its consequences analyzed so that they can be prepared for already in the design phase of the plant. Reliable modelling calls for skilled modeller, validated modelling tools and methods as well as sufficiently extensive set of tenable initial data.

Lentokoneen törmäys on yksi uhista, jotka voivat kohdata ydinvoimalaitosta. Vaikka tämänkaltaisen törmäyksen onkin äärimmäisen epätodennäköinen, on se kuitenkin mahdollinen. Toteutuessaan törmäys saattaa pahimmassa tapauksessa aiheuttaa reaktorirakennuksen tuhoutumisen ja radioaktiivisen päästön ympäristöön. Tämän takia onkin tärkeää, että törmäyksen mahdollisuus otetaan huomioon suunniteltaessa ja rakennettaessa uusia laitoksia.

Historiaa

Lentokonetörmäyksen mahdollisuus tiedostettiin jo 1960-luvulla, jolloin ydinvoimalaitoksia ensimmäisen kerran rakennettiin maailmassa suuremmissa mittakaavoissa. Tällöin tosin otaksuttiin, että mahdollinen törmäys olisi vahinko, joka todennäköisimmin kohtaisi laitoksia, jotka sijaitsevat lentokenttien läheisyydessä. Tähän aikaan ajoittuvat myös ensimmäiset tieteelliset artikkelit, jotka käsittelevät aihetta, kuten J. Rieran uraauurtava artikkeli lentokonetörmäyksen rakenteisiin kohdistamista kuormista [1]. Suoritettujen tutkimusten perusteella Yhdysvaltalaiset päätyivät aikanaan johtopäätökseen, jonka mukaan lentokenttien lähellä sijaitsevien ydinvoimalaitosten tulisi kestää tuon ajan suurimpien matkustajalentokoneiden, kuten esimerkiksi Boeing 707–320:n, törmäys lento-ohjauksen/laskeutumisenopeudella, joka on noin 103 m/s. Vastaavasti saksalaiset, jotka olivat myös tutkineet aihetta

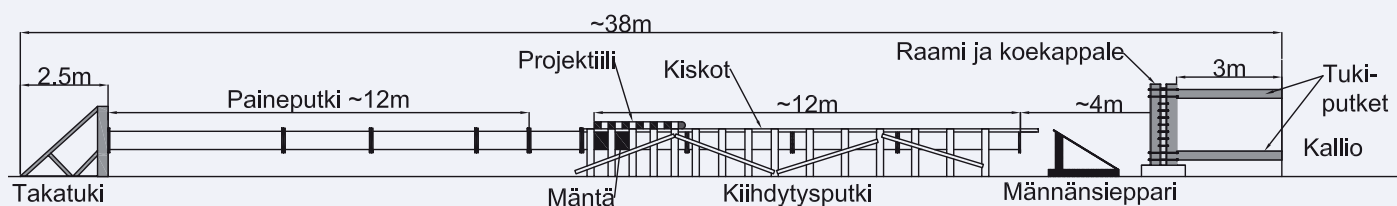
runsaasti, päätyivät lopputulemaan, että laitojen tulisi kestää tämän ajan suurimman hävittäjälentokoneen, F4-Phantomin, törmäys opepointinopeudella, joka on noin 200 m/s. Uusimpien lentokoneiden koko on kuitenkin kasvanut huomattavasti tästä ajasta. Lisäksi World Trade Centeriä kohtaan tehdyt terroristi-iskut osoittivat myös tahallaan suoritettujen törmäyksen mahdollisuuden.

Mallinnus

Lentokonetörmäyksen aiheuttamaa haittaa rakenteille voidaan tutkia erilaisilla mallinnus- ja analyysimenetelmillä. Kun lentokonetörmäyksiä ensimmäisen kerran ruvettiin tutkimaan, olivat käytössä olevat analyysi- ja mallinnusmenetelmät huomattavasti rajoituneempia ja tehottomampia kuin nykyään. Vuosien kuluessa menetelmät ja työkalut ovat kehittyneet niin, että nykyään samaan malliin voidaan sisällyttää sekä koko tarkasteltava rakennus että siihen törmäävä lentokone. Vaikka nykyisillä työkaluilla saadaan lähes järjestään aikaiseksi graafisesti näyttäviä tuloksia, eivät niillä lasketut tulokset kuitenkaan ole automaattisesti sen parempia tai luotettavampia kuin 50 vuotta sitten käytössä olleilla menetelmillä saadut.

Simulointi- ja mallinnustehtävänä lentokoneen törmäys teräsbetoniseen rakenteeseen ei ole missään mielessä siltä helpoimmasta päästä. Tapahtumaan liittyy lukuisia fysikaalisia ilmiöitä, jotka mallin-

Ari Vepsä esitteli IMPACT-kokeita myös ATS:n jäsentilaisuudessa 12.6. johon osallistui 34 ATS:n jäsentä.



Kuva 1. Periaatepiirustus VTT:n lentokonetörmäystesteissä käyttämästä testilaitteistosta.

tajan tulee tuntea ja jotka mallin tulee pystyä simuloimaan. Lisäksi nämä vaikuttavat ilmiöt tapahtuvat hyvin lyhyessä ajassa, mikä tekee tapahtumasta erittäin dynaamisen ja jolloin materiaalien ominaisuudet eivät ole samanlaisia kuin mitä ne kutakuinkin ajasta riippumattoman kuormituksen tapauksessa ovat. Betonin käyttäytyminen materiaalina on huomattavasti monisyisempää kuin teräksen. Tästä johtuen sitä ei tunneta läheskään niin hyvin kuin terästä. Näistä syistä johtuen betonille on myös huomattavasti vaikeampi löytää tarvittavaa määrää luotettavia lähtötietoja.

Mallintajilta vaaditaan tapahtumaan liittyvien ilmiöiden ymmärrystä sekä niihin vaikuttavien tekijöiden tuntemusta. Tämä tarkoittaa käytännössä syvällisiä opintoja rakenteiden mekaniikan aihepiirissä sekä betonin käyttäytymisen tuntemusta. Mallintajan käyttämän mallinmenetelmän sekä mallin tulee pystyä kuvaamaan kaikki rakenteen käyttäytymiseen merkittävästi vaikuttavat ilmiöt riittävällä tarkkuudella, olettaen että mallintajalla on käytössään paikkansapitävät lähtötiedot. Lisäksi mallintajalla on oltava käytössään edellä mainitut lähtötiedot sekä ymmärrys hänen käyttämiensä työkalujen mahdollisuuksista sekä rajoitteista. Lyhyesti sanoen, käytettävien mallien tulee olla sekä todennettuja (verified) että kelpoistettuja (validated). Muutoin tuloksien luotettavuutta ei juurikaan voida arvioida luotettavasti.

Testaus ja mallin kelpoistus

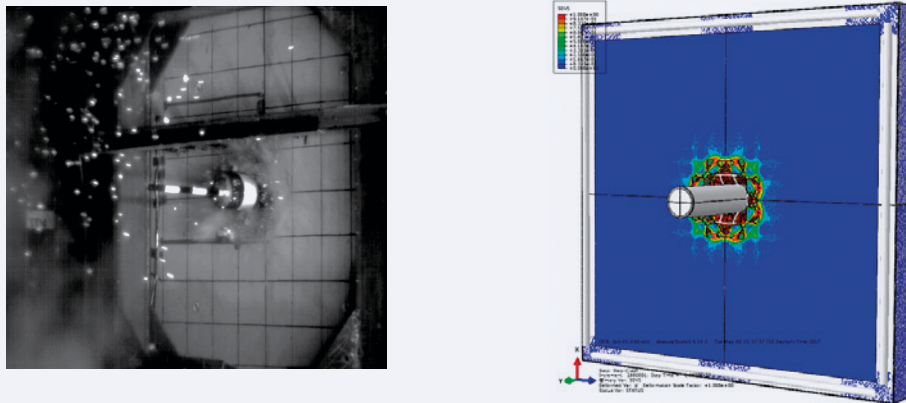
Lentokonetörmäyksen yhteydessä tapahtuvien ilmiöiden testausta tarvitaan juuri laskentamallien kelpoistukseen. Tämä kelpoistus tapahtuu mallintamalla kyseessä oleva testi käyttämällä samoja työkaluja, menetelmiä ja materiaalmalleja, kuin mitä oikean lentokonetörmäyksen mallinnuksessa käytetään. Mallinnuksella saatuja tuloksia verrataan testin antamiin tuloksiin, ja näiden vastaavuuden perusteella tehdään päätelmiä mallin oikeellisuudesta. Jos mallin antamat ja testeissä saadut tulokset vastaavat toisiaan hyvin, voidaan mallin antamiin tuloksiin luottaa paremmin myös oikean lentokonetörmäyksen tapauksessa. Jos taas mallin antamat ja testeissä saadut tulokset eroavat toisistaan

huomattavasti, pitää eroavaisuuksien syyt selvittää ja mallia korjata asianmukaisesti.

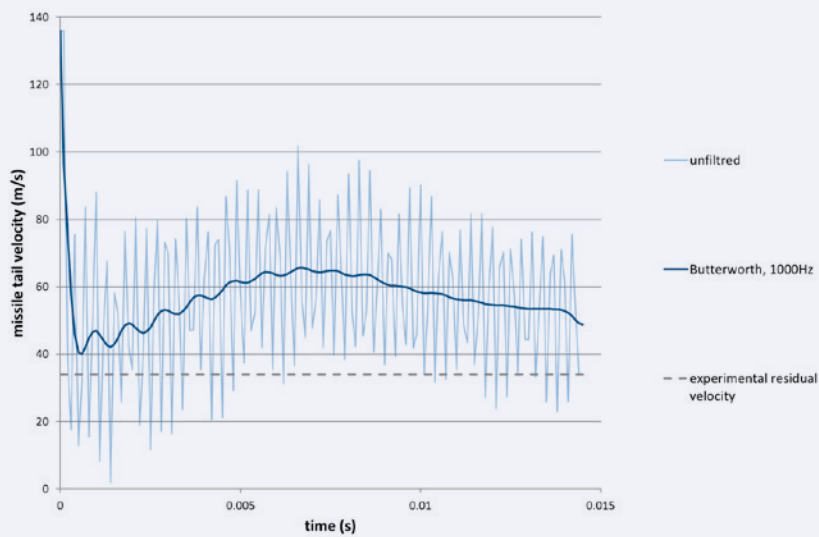
Yksi kelpoistamisen ongelmista on käytettävissä olevan relevantin ja luotettavan kokeellisen datan saatavuus. Koska aihetta on tutkittu vain suhteellisen vähän aikaa ja koska tällaiset testit ovat varsin kalliita toteuttaa, on testejä saatikka kattavia testisarjoja tehty suhteellisen vähän, ja tehdyistä sarjoistakin on julkisesti saatavilla vain varsin vähän dataa. Tunnetuimpia testisarjoja lienevät Suganon kumppaneineen tekemät koesarjat lentokoneen moottoreilla ja näitä simuloivilla yksinkertaisilla projektiileilla [2], [3] sekä yksittäinen koe oikealla F-4 Phantom -hävittäjällä [4]. Etenkin tämä kokonaisella hävittäjällä tehty testi oli aikanaan huomattavan tärkeä, koska sen tulokset mahdollistivat Rieran artikkelissa [1] esitetyn törmäysvoiman laskentamenetelmän kelpoistamisen. Suganon testien lisäksi Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) Meppenissä, Saksassa 70- ja 80-luvuilla tekemä koesarja noin 6x6 m kokoa olevilla teräsbetonilaatoilla ja noin 1 000 kg painoisilla muokkautuvilla projektiileilla [5] on aihetta tunteville tuttu.

Syyskuun 11. päivän terroristi-iskujen sekä julkisesti saatavilla olevan testidatan niukkuuden motivoimana Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy on rakentanut itselleen testilaitteiston, jolla pystytään saamaan pienessä mittakaavassa aikaan samoja ilmiöitä, joita oikeassa lentokonetörmäyksessä esiintyy. Laitteistolla pystytään tällä hetkellä testaamaan 2,1 x 2,1 m kokoa olevia teräsbetonilaattoja sekä myös monimuotoisempia rakenteita. Laitteisto hyödyntää paineistettua ilmaa kiihdyttämään projektiilit haluttuun nopeuteen. Tällä hetkellä sillä on mahdollista saavuttaa törmäysnopeudet 170 m/s asti projektiin painon ollessa 50 kg. Periaatepiirustus testilaitteistosta on esitetty kuvassa 1.

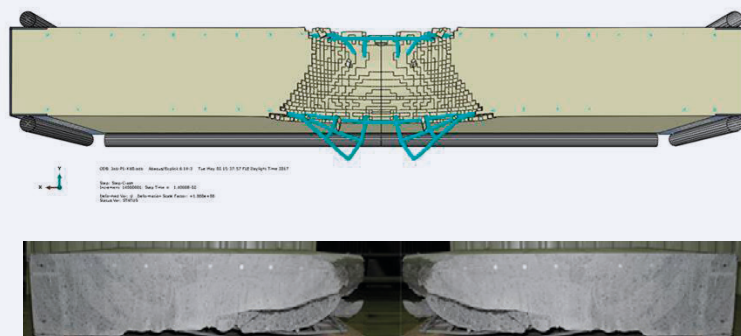
Testilaitteistolla on tähän mennessä tehty yli 120 törmäystä eri-tyyppisillä teräsbetonirakenteilla. Suurin osa testeistä on tehty projekteissa, joissa rahoittajina on toiminut suuri määrä sekä kotimaisia että ulkomaisia ydinvoima-alalla toimivia organisaatioita. Testeistä on saatu tuloksena huomattava määrä kokeellista dataa, jota on käytetty hyödyksi VTT:llä kehitettäessä entistä parempia laskentamalleja.



Kuva 2. Pysäytyskuva VTT:llä tehdystä törmäystestistä (vasemmalla) sekä tämän kokeen numeerisesta simulaatiosta (oikealla).



Kuva 3. Testatun laatan jäännösnopeus (harmaa katkoviiva) sekä vastaava simulaation tulos (siniset viivat).



Kuva 4. Testatun laatan keskeltä sahattu poikkileikkaus (yllä) sekä vastaava simulaation tuloksena saatu poikkileikkaus.

Kuvassa 2 on vasemmalla esitetty malliksi suurnopeusvideomateriaalista otettu pysäytyskuva yhdestä VTT:llä tehdystä testistä, jossa tutkittiin teräsbetoniseinän läpäisykestokykyä, kun siihen törmätetään niin kutsuttu kova projektiili. Kuvassa oikealla on vastaavanlainen pysäytyskuva saman testin numeerisesta simulaatiosta. Haluttaessa arvioida mallin hyvyttä voidaan esimerkiksi verrata simulaatiosta saatua pro-

jektiin nopeutta laatan lävistymisen jälkeen kokeessa saatuun tulokseen. Tätä on havainnollistettu kuvassa 3, jossa siniset käyrät kuvaavat laskennan tuloksia ja harmaa katkoviiva testin tulosta. Lisäksi voidaan verrata esimerkiksi testatun laatan keskeltä sahattua poikkileikkausta simulaation tuloksena saatuun vastaavaan, kuten kuvassa 4 on tehty.

Viitteet

- [1] Riera, J.D., 1968. On the Stress Analysis of Structures Subjected to Aircraft Crash on Building Structures. Nuclear Engineering and Design. Vol. 8. pp. 415–426.
- [2] Sugano, T., Tsubota, H., Kasai, Y., Koshika, N., Ohnuma, H., von Riesenmann, W.A., Bickel, D.C. and Parks, M.B., 1993a, Local damage to reinforced concrete structures caused by impact of aircraft engine missiles Part 1. Test program, methods and results. Nuclear Engineering and Design. Vol. 140. pp. 387–405. North-Holland Publishing Company.
- [3] Sugano, T., Tsubota, H., Kasai, Y., Koshika, N., Itoh, C., Shirai, K., von Riesenmann, W.A., Bickel, D.C. and Parks, M.B., 1993b, Local damage to reinforced concrete structures caused by impact of aircraft engine missiles Part 2. Evaluation of test results. Nuclear Engineering and Design. Vol. 140. pp. 407–423. North-Holland Publishing Company.
- [4] Sugano, T., Tsubota, H., Kasai, Y., Koshika, N., Orui, S., von Riesenmann, W.A., Bickel, D.C. and Parks, M.B., 1993c, Full-Scale Aircraft Impact Test for Evaluation of Impact Force. Nuclear Engineering and Design. Vol. 140. pp. 373–385. North-Holland Publishing Company.
- [5] Nachtsheim, W. and Stangenberg F., 1982. Interpretation of results of Meppen slab tests - comparison with parametric investigations. Nuclear engineering and design, Vol.75, pp.283-290, North-Holland Publishing Company.

Kirjoittajat



DI Ari Vepsä
Erikoistutkija
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
ari.vepsa@vtt.fi



TkT Alexis Fedoroff
Tutkija
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
alexis.fedoroff@vtt.fi

Väitös: Polttoainesauvojen käyttäytyminen onnettomuustilanteissa

Asko Arkoma
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

Väitöskirjassa kehitettiin menetelmiä kevytvesireaktorin polttoainesauvojen käyttäytymisen arviointiin onnettomuustilanteissa. Ensimmäisenä tutkimuskohteena oli tilastollisen analyysimenetelmän kehittäminen jäähdytteenmenetysonnettomuudessa vaurioituvien polttoainesauvojen lukumäärän arvioimiseksi, ja herkkyysanalyysimenetelmien soveltaminen rikkoutumisten taustatekijöiden selvittämiseksi. Väitöskirjan toisena aiheena oli polttoaineen käyttäytymistä reaktiivisuudennettomuudessa mallintavan SCANAIR-ohjelman mukauttaminen kiehutusvesireaktorin olosuhteisiin.

In the dissertation, methods for the evaluation of light water reactor fuel rods' behaviour in accident conditions were developed. The first research topic was the development of a statistical analysis method for the evaluation of the number of failing fuel rods in a loss-of-coolant accident, and application of sensitivity analysis methods to find out the underlying factors for fuel failures. The second topic of the dissertation was to adapt the reactivity-initiated accident fuel behaviour code SCANAIR for boiling water reactor conditions.

Ydinvoimalaitosten ja niissä käytettävien polttoaineiden suunnittelussa on varauduttava ennalta erilaisiin onnettomuuksiin. Väitöskirjassa tutkittiin suunnitteluperusteisia onnettomuuksia, joiden oletetaan esiintyvän harvemmin kuin kerran tuhannessa käyttövuodessa ja joita ydinvoimala on suunniteltu kestäämään ilman säteilyvaikutuksia väestölle. Tutkimuksessa hyödynnettävät tietokoneohjelmat mallintavat yksittäisten polttoainesauvojen käyttäytymistä häiriö- ja onnettomuustilanteissa.

Oletettuja onnettomuuksia tutkitaan tyypillisesti koereaktoreissa sekä yksittäisiä ilmiöitä kuvaavissa erilliskokeissa. Jotta näitä kokeellisia tuloksia voitaisiin soveltaa sähköntuotantoon käytettäviin reaktoreihin, tarvitaan tulosten skaalaamiseen laskennallista mallintamista. Kokeellisen toiminnan ja mallinnuksen yhdistelmällä voidaan varmistaa ydinvoiman turvallisuus kaikissa tilanteissa.

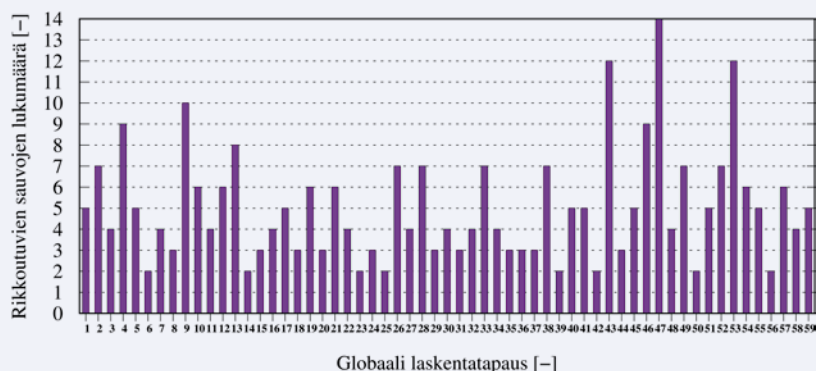
Rikkoutuvien sauvojen lukumäärän arviointi

Jäähdytteenmenetysonnettomuuden tutkimus keskittyi tilastollisen analyysimenetelmän kehittämiseen onnettomuudessa vaurioituvien polttoainesauvojen arvioimiseksi. Tilastollista menetelmää sovellettiin EPR-tyyppisen reaktorin isoon jäähdytteenmenetysonnettomuuteen, ja tutkittiin Säteilyturvakeskuksen (STUK) asettamien ydinturvallisuusohjeiden täyttymistä. Vaatimusten mukaan tämän tyyppisessä oletetussa onnettomuudessa vaurioituvien polttoainesauvojen lukumäärä ei saa

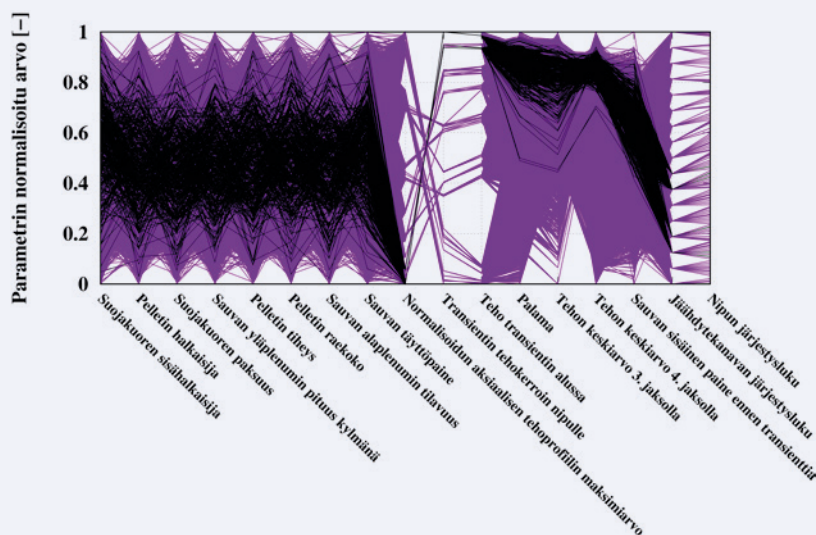
ylittää 10 %:a reaktorissa olevien polttoainesauvojen kokonaismäärää. Suomessa ei ole aiemmin ollut käytettävissä väitöskirjassa esitellyn kaltaista tilastollista menetelmää rikkoutuvien sauvojen lukumäärän arvioimiseksi.

Polttoainemallinnus vaatii reunaehtoina sauvojen perussäteilytyksen tehohistoriat (saadaan neutroniikkalaskuista) sekä onnettomuuden kulun kuvauksen (saadaan systeemikoodista), ml. termohydrauliset reunaehdot. Tarvittavien laskujen minimimäärä, 59, saatiin epäparametristen menetelmien tuloksesta, varmuustason ja todennäköisyyden molempien ollessa 95 %. Onnettomuusanalyysin reunaehdot saatiin 59:stä Apros-simulaatiosta (www.apros.fi), joissa varioitiin laskentaohjelman syöteparametreja. Polttoaineanalyysissä varioitiin sauvojen valmistusparametreja (jokaiselle sauvalle arvottiin sauvakohtaiset arvot) sekä laskentaohjelmien malliparametreja (59 parametrijoukkoa). Reaktorin kaikkien sauvojen simulointi polttoaineohjelmalla 59 kertaa ei ole laskentakapasiteetin puolesta mahdollista, joten reaktorin latauskaaviosta arvottiin 1000 sauvaa, jotka analysoitiin 59 kertaa, reunaehtoja ja malliparametrijoukkoja vaihdellen, muodostaen 59 globaalia laskentatapausta.

Rikkoutuvien sauvojen lukumäärä globaaleissa laskentatapauksissa on esitetty kuvassa 1. Pahimmassa tapauksessa 1.4 % analysoiduista sauvoista rikkoutui. Tulos voidaan skaalata koko reaktorin tasolle; skaalaus tuo tulokseen ylimääräistä konservatiivisuutta hajonnan lisääntymisessä, kun laskentajoukon koko on rajattu. Kehitetyllä menetelmällä vaatimusten mukaisuus esimerkkitapauksessa osoitettiin.



Kuva 1. Jäähdytteenmenetysonnettomuudessa rikkoutuvien sauvojen lukumäärä arvioitiin simuloimalla 1000 reaktorista arvottua sauvaa 59 kertaa. Nämä 59 globaalia laskentatapausta muodostettiin käyttäen jokaisessa tapauksessa eri reunaehtoja (Apros-systeemikoodista saadut termohydrauliset reunaehdot ja jälkilämpöteho) sekä eri joukkoa polttoainekoodien arvotuista malliparametreista. Pahimmassa tapauksessa 1,4 % sauvuista menetti tiiviytensä. Tulos voidaan skaalata koko reaktorin tasolle, jolloin voidaan todeta että vaatimus rikkoutuvien sauvojen osuudesta, alle 10 %, toteutuu.



Kuva 2. Herkkyysoanalyysin kvalitatiivisessa vaiheessa kartoitettiin polttoainesauvojen rikkoutumisten potentiaalisia taustatekijöitä. Kuvassa parametrien arvot on skaalattu välille 0–1, ja yksittäisten sauvojen arvot on yhdistetty viivoilla. Niiden sauvojen, joiden suojakuoren plastinen kehävenymä ylittää 20 %, viivat on piirretty tummemmalla. Mikäli tummempi viivavarvi on levittäytynyt valtaosaan tietyn parametrien vaihteluvälistä, tällä parametrilla ei ole merkittävää vaikutusta sauvan eheyteen (esim. sauvojen valmistusparametrit kuvaajan vasemmassa osassa). Vastaavasti tummempien viivojen keskittymät kertovat, että parametri vaikuttaa suojakuoren palloontumiseen.

Väitöskirjassa on lisäksi kehitetty monivaiheinen systemaattinen herkkyysoanalyysimenetelmä polttoainesauvojen rikkoutumisten taustatekijöiden selvittämiseksi. Menetelmä sisältää kvalitatiivisen osuuden, jonka perusteella potentiaalisten taustatekijöiden määrää karsitaan. Kuvassa 2 on tässä vaiheessa tehty verkkodiagrammi (cobweb graph). Tärkeimmiksi päätellyille parametreille laskettiin kvantitatiivisessa vaiheessa herkkyysoindeksit. Herkkyysoanalyysin lähtötietojoukon kasvattamiseksi reaktorin kaikki sauvat simuloitiin polttoainekoodilla käyttäen pahimman globaalin tapauksen reunaehtoja ja malliparametreja. Vasteparametreina käytettiin maksimiarvoja suojakuoren ulkolämpötilalle, plastiselle kehävenymälle ja -jännitykselle. Herkkyysoanalyysissa ei huomioitu muihin globaaleihin tapauksiin liittyviä varioituja parametreja, mutta tutkimusta on tarkoitus jatkaa globaalien parametrien vaikuttavuuden selvittämiseksi. Lokaaleista taustatekijöistä tärkeimmiksi osoittautuivat jälkilämpöteho, sauvan perussäteilyhistoria (palama) sekä termohydrauliset olosuhteet sauvan ympäristössä.

Reaktiivisuosonnettomuus kiehutusvesireaktorissa

Reaktiivisuosonnettomuuden tutkimus keskittyi ranskalaisen IRSN-organisaation SCANAIR-polttoainemallinnusohjelman mukauttamiseen kiehutusvesireaktorin (BWR) olosuhteisiin. SCANAIR on suunniteltu reaktiivisuosonnettomuuden mallinnukseen painevesireaktoreissa, eikä siinä ennestään ollut malleja BWR:lle. Väitöskirjassa mallinnusohjelmaan lisättiin materiaalikorrelaatioita, tehtiin kytkentä termohydrauliikkaohjelmaan (yksittäisen polttoainesauvan ympäristöä kuvaava termohydrauliikkamalli), sekä tutkittiin sauvojen rikkoutumisennusteita. Suomessa on käytössä kaksi BWR-tyyppistä ydinvoimalaitosyksikköä, joten kansallista tarvetta mallinnustyökälulle on. Reaktiivisuosonnettomuuden aikaisen termohydrauliikan mallinnusvalmiuksien kehitys on viime vuosina ollut kansainvälisesti ajankohtainen aihe, ja olemassa olevissa malleissa riittää huomattavasti kehitettävää. Tehty termohydrauliikkakytkentä vaatii vielä kelpoistusta.

Väitöstilaisuus pidettiin 8.3.2018 Aalto-yliopistossa. Vastaväittäjänä toimi tohtori Inmaculada C. Sagrado Garcia, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT, Espanja) ja kustoksena professori Filip Tuomisto.

Kirjoittaja

TkT Asko Arkoma
 Tutkija
 Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
 asko.arkoma@vtt.fi

Diplomityö: Pienten ja modulaaristen ydinvoimalaitosten turvallisuuksluokittelu

Rasmus Karell
Fortum

Diplomityössä määritettiin NuScalen pienen ja modulaarisen ydinvoimalaitoksen turvallisuustoimintojen turvallisuusluokat suomalaisen lainsäädännön mukaan. Tämän mahdollistamiseksi laitokselle määritettiin sen alkutapahtumat, tavoitetilat sekä turvallisuustoiminnot. Työ tehtiin NuScalen Yhdysvaltojen viranomaisille toimittaman lisensointiaineiston pohjalta.

The safety classification of safety functions of NuScale small and modular nuclear power plant was determined according to Finnish legislation in this master's thesis. In order to do that, plant initiating events, end states and safety functions were first determined. The work was done based on material that NuScale has delivered to the authorities as a part of the licensing process in the USA.

Kuten edellisestä ATS Ydintekniikan numerosta (1/2018) kävi ilmi, uudentyyppisiä pieniä ja modulaarisia ydinreaktoreita tutkitaan tällä hetkellä paljon. Eri laitoskonsepteja on suunnitteilla useita, ja osaa ollaan jo rakentamassa. Yhtenä haasteena ennen niiden laajamittaista käyttöönottoa on kuitenkin vielä laitosten lisensointi.

Laitoksen ja reaktorin rakenne

NuScalen ydinvoimalaitos muodostuu korkeintaan 12 moduulista, jotka sijaitsevat reaktorirakennuksen reaktorialtaassa. Rakennuksen poikkileikkaus on esitetty kuvassa 1. Moduulit ovat lähes kokonaan upotettuina veteen, jota on riittävästi kaikkien moduulien jälkilämmön poistamiseksi.

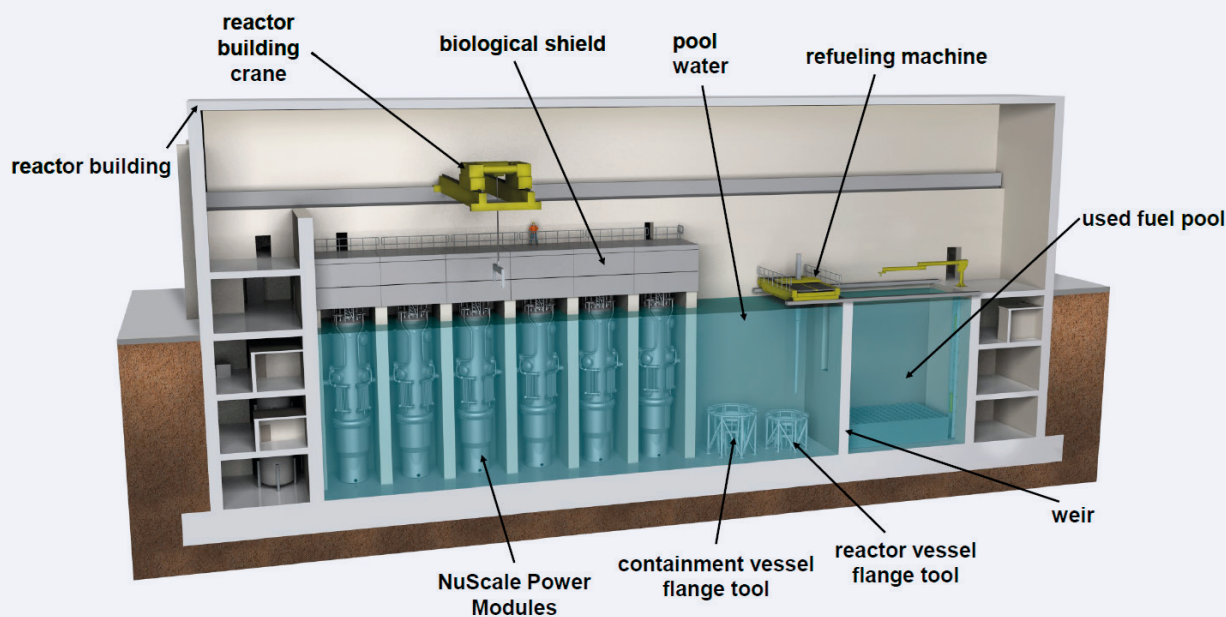
Moduulin, jonka korkeus on noin 23 metriä, uloimman kerroksen muodostaa suojakuori, joka vastaa toiminnaltaan perinteisen ydinvoimalaitoksen suojarakennusta. Moduulin sisällä on integroitu painevesireaktori eli koko perinteisen painevesilaitoksen primääripiiri sijaitsee reaktorin paineastian sisällä. Reaktori toimii luonnonkierrolla, mikä tarkoittaa, että pääkiertopumppuja ei laitoksessa tarvita. Reaktori käyttää

polttoaineenaan rikastettua uraania, eli siltä osin laitos luottaa perinteisempään teknologiaan.

Onnettomuudenhallinta

Onnettomuudenhallinnan näkökulmasta moduuli on hyvin riippumaton sekundääripiiristä tai ulkoisista veden tai sähkön lähteistä. Valtaosa alkutapahtumista johtaa vain pikasulkuun, moduulin erottamiseen sekundääripiiristä ja lämmön johtamiseen reaktorialtaan veteen lämmönvaihtimien kautta. Primääripiirin vuotoilanteessa reaktorin paineastissa olevat venttiilit avautuvat, jolloin reaktorin ja suojakuoren välille syntyy vesi-höyry-kierto ja lämpö poistuu suojakuoren läpi reaktorialtaaseen johtumalla.

Onnettomuudenhallinnassa ei NuScalen lisensointiaineiston mukaan tarvita ollenkaan sähköä, lisävoimaa eikä operaattorien toimenpiteitä. Onnettomuustilanteissa laitos päättyy automaattisesti turvalliseen tilaan, jossa se voi pysyä hyvin pitkän aikaa. Tästä johtuen laitoksen onnettomuudenhallinnan malli on selvästi yksinkertaisempi kuin perinteisillä painevesilaitoksilla.



Kuva 1. Poikkileikkaus NuScale-ydinvoimalaitoksen reaktorirakennuksesta [NuScale].

Turvallisuusluokittelu

NuScale on itse määritellyt laitoksen komponenttien turvallisuusluokat Yhdysvaltojen lainsäädännön mukaisesti, mutta siellä luokittelu on erilainen kuin Suomessa, sillä käytössä ovat vain luokat "safety-related" ja "nonsafety-related". Diplomityössä tunnistettiin laitoksen turvallisuustoiminnot ja luokiteltiin ne Säteilyturvakeskuksen ohjeen YVL B.2 vaatimusten mukaisesti, eli luokkiin 2, 3, EYT/STUK ja EYT.

Nykyiset YVL-ohjeet on tehty perinteisempiä ydinvoimalaitoksia ajatellen, minkä takia ne eivät välttämättä kaikilta osin sovellu uudentyyppisille voimalaitoksille. Esimerkiksi laitoksella tulee vaatimusten mukaan olla turvallisuusluokan 2 järjestelmä, jolla pystytään varmistamaan sähkön saatavuus. NuScalen tapauksessa tämä ei olisi välttämätöntä, sillä laitos ei tarvitse jatkuvaa sähköntuotantoa onnettomuustilanteissa. Toisaalta sähkön välttämättömyyden osalta on kysymys siitä, kuinka luotettavasti se on osoitettu, ja kuinka monimutkaisiin vikayhdistelmiin tulee varautua. Tämän tyyppiset kysymykset vaativat varmasti vielä keskustelua.

Diplomityö on hyväksytty Aalto-yliopistossa 16.4.2018.

Kirjoittaja



DI Rasmus Karell
Suunnitteluinsinööri
Fortum
rasmus.karell@fortum.com



Ymmärrettävyyttä tutkittavaan asiaan laadukkaalla täsmäviestinnällä – ymmärrys kiittää, harhaan johtavassakin viestinnässä

JUTUN OTSIKKOA TUKEMAAN esimerkit ydinenergia-alalta ja ilmastotutkimuksesta. Kesällä Posiva Oy kertoi TV-kanavilla ja sanomalehdissä selkeän yksinkertaisesti ja uskottavasti, kuinka ydinpolttoaineen loppusijoitus suunnitellaan toteutettavaksi Olkiluodossa. Suuriin kuparilieriöihin suljettu käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan runsaan 400 metrin syvyyteen. Lopuksi maan syvyyskuviin louhittu tunneliverkosto täytetään savella ja laitos suljetaan. Ja miksi-pä ei suomalainen voisi tähän uskoa, kun asiantuntijat ja -omaiset asian näin selkeästi kertovat.

Ilmastotutkimus on mittavan laaja globaali kysymys lukuisine erityisaihepiireineen. Kuinka viestiä ymmärrettävästi, niin että tavallinen kadunkulkijakin sitä ymmärtäisi? Tällaiseenkin

aihepiiriin uskon, että vähitellen, pieninä paloina, vaihe vaiheelta, aihe aiheelta. Helsingin Sanomissa oli kesäkuumilla kaupunkimeteorologiasta kertonut juttu. Apulaisprofessori tutki kaupungin ilman laatua kiiveten mittamaan muun muassa Hotelli Tornin katolle. Jutun mukaan terassiravintolaa ei terveysystävällisyyttä kannata perustaa vilkasliikenteisen kadun varteen. Ilman laatu on parempaa etäällä liikenteen pääväyliltä. Asuinpaikan valinnassa mahdollisimman puhdas ilma on hyväksi. Tutkijan mukaan ihmisten kollektiivisen terveyden kannalta haitallisinta Suomessa liikenteen ja lämmityksen jälkeen on polttaminen pienhiukkaspäästöjen lähteinä.

Yllä mainituilla luonnontieteen aloilla tutkimusta on tehty jo vuosikymmeniä ja tutkimuksen tuloksia voidaan ja pitääkin kertoa suu-

relle yleisölle ymmärrettävästi ja uskottavasti. Haaste on suuri erityisesti median kentälle. Sen tehtävänä on jakaa ja kansanomaistaa tietoa hankalasti ymmärrettävistä asioista suurelle yleisölle ja heidän ohellaan totta kai myös poliitikoille ja päätöksentekijöille. Lehdessämme tapaamme pitäytyä ydinenergia- ja energia-asioissa, mutta otsikon sanoma pätee varmasti yleisestikin, myös yhteiskunnallisten ja politiikan kysymysten aihepiirissä kuten vaikkapa sote- ja maakuntauudistus.

Tähänkin kesäkuumien Hesari antoi Tanskan kesäkirjeenvaihtajan kolumnissa eväitä ymmärtää kokonaisuutta. Hän kertoi, kuinka Tanskassa on toimittu. Kuntauudistuksessa vuonna 1971 maan 1 100 kuntaa supistettiin 275 kuntaan ja vuonna 2007 edelleen 98 kuntaan erityisen rakenneuudistuskomission työn pohjalta. Samana vuonna Tanskan vähemmistöhallitus polkaisi 14 maakunnan sijasta viiden alueen pohjalle valinnanvapauden perustuvan sote-uudistuksen. Kerralla ei tullut valmista, vaan sotea kehitetään jatkuvasti. Kansalaisilla on esimerkiksi oikeus omalääkäriin, mutta se ei toimi kovin hyvin, koska lääkäreistä on pulaa. Ja nyt puhutaan, että välitason eli alueet voisi poistaa.

Ruotsissa vastaavasti terveydenhuollon järjestämisvastuu on 20 maakäräjäalueella ja sosiaalipalveluista huolehtivat Ruotsin 290 kuntaa. Sekä Ruotsille että Tanskalle yhteistä on hyvinvointivaltioille käytännön läheinen pragmatismi ja sama pätee pohjimmiltaan kyllä Suomeenkin. Aika näyttää, mille alueelliselle

pohjalle sote Suomessa lopulta perustuu.”Harmitsevan viisaalla viivyttylläkin” saattaa tässä olla sijansa, niin asioiden ratkaisuisa kuin niiden jatkokehityksessäkin.

Luontevaa ja toivottavaa on, että media tekee parhaansa tuottaakseen soten osa-aiheista laadukasta tietoa suurelle yleisölle. Hankalat käsitteet ja perustuslain haasteet tulisi avata ja selittää, sellaiset kuin mm. maakuntakohdainen vuosittainen menokehitys, ilmeinen eriarvoistumiskehitys alueiden ja väestöryhmien välillä ja digitalisaation mahdollisuudet ja merkitys soten tehokkuuden parantamiseksi ja väestön terveystietokantojen yhtenäistämiseksi.

Muita relevantteja yhteiskunnallisia aiheita medialle voisivat olla vaikkapa työttömien aktiivimalli, koko maan asuttaminen, eri- ja tasa-arvokysymykset, perheudistusasiat, sosiaaliturvauudistus, koulutuskysymykset, alkoholilakiuudistuksen vaikutukset, taksiliikenteen vapautus ja KELA-kuljetukset. Aiheita kyllä riittää, mutta infoähkyä on syytä välttää. Tiedonhaluinenkin väki väsy.

Entä mikä olisi havainnollinen esimerkki harhaan johtavasta viestinnästä? Suurvaltojen presidentit olivat juuri lähteneet Helsingistä, kun heinäkuun 17. päivän Hesari julkaisi Jyväskylän yliopiston vertailevan liiketoimintahistorian professorin kirjoittaman viesraskolumnin. Se on saattanut monelta jäädä lukematta saman aikaisen mediamylläkin jaloissa. Kolumnin otsikko oli täysin harhaan johtava ja perätön: ”Höyryvoiman suosio jäi lyhytaikaiseksi”, olkoonkin että itse kolumnin sisältö oli

muilta osin loppupäätelmää lukuunottamatta erinomaisen uskottavaa totta.

Juttu alkoi toteamuksella, kuinka uuden teknologian seurauksena vanhoja ammatteja kuolee ja uusia syntyy luovan tuhon mekaniismilla tilalle. Sitten vuorossa oli sähköauton ja siihen liittyvän infrastruktuurin kasvava esiinmarssi. Tästä kirjoittaja jatkoi kertoen professuuriinsa liittyen merenkulun historialta, siirtymisestä purjelaivoista höyrykonekäyttöisiin ja lopulta moottorikäyttöisiin laivoihin. Merenkulun ammattikunta parin sadan vuoden aikana vaihtui moneen kertaan työn sisällöllisesti, ikäjakaumaltaan ja määrällisesti. Kolumnin johtopäätös oli suorana lainauksesta: ”Höyry oli lopulta ylimenokauden teknologia. Sähköenergia syrjäytti höyryn tehtaissa ja polttomoottori liikenteessä.”

Niinpä niin. Kirjoittamansa perusteella professori ei näytä tunnevan höyryn edelleen jatkuvaa keskeistä merkitystä ja roolia. Höyryvoima on edelleen välttämätön lähes kaikessa sähköntuotannossa. On turpiinit, lämmönvaihtimet, lauhduttimet ja pumput. Höyryä tuotetaan ja lauhdutetaan suljetuissa prosesseissa. Puunjalostusteollisuus ei pärjää ilman höyryä, ei liioin kemian teollisuus. Kotikeittiöissä höyry on kelpo energialähde. Globaalina luonnonilmiönä päivantasajaan leveysasteilla merivedestä höyrystyvä vesihöyry ja pohjoisemmilla ja eteläisemmällä leveysasteilla aitona ”taivaan lahjana” maahan makeana vetenä satava entinen vesihöyry on elämää maapallolla ylläpitävä luonnonilmiö. Hengittämämme ilma sisältää

sopivasti vesihöyryä. Luonnon maailmanjärjestykseen kuuluu sekin, että vesi nesteenä on raskaimmillaan +4-asteisena eikä 0-asteisena. Jos niin ei olisi, järvet jäätyisivät läpeensä talven aikana ja maaperän pohjavesi hakeutuisi ties minne. Elämälle onneksi on vesi eri olomuotoineen!

Miksi turvallisuusfilosofina tällaisia tuumailin? Ymmärrettävyyden tutkimusasioissa edistäminen ja lopulta asioiden ymmärtäminen on uskoakseni keskeinen avain ja tie sille, että luottamus asioihin ja niiden paikkansa pitävyyteen kasvaa. Koheneeko siinä yksilöiden ja suuren yleisön turvallisuuden tunne vaiko joskus kenties vähenee? Riippuu asiasta ja tutkimus siinä on hyvästä, sen tarkemmin tuskin voi asiaan vastata. Eino Leinon Hymyilevän Apollon viisain sanoin: ”Hyvä on, että sitäkin tutkimme, ei tutkimus ole väärä.”

Turvallisuusfilosofi

Palautusosoite:

Suomen Atomiteknillinen Seura
PL 78
02151 ESPOO



KANNATUSJÄSENET

Fennovoima Oy

Pohjolan Voima Oyj

Teollisuuden Voima Oyj

FinNuclear ry

Posiva Oy

TVO Nuclear Services Oy

**Fortum Power
and Heat Oy**

Saanio & Riekkola Oy

Voimaosakeyhtiö SF Oy

Platom Oy

Siemens Osakeyhtiö

Wärtsilä Projects Oy

**Pohjoismainen
Ydinvakuutuspooli**

**Teknologian
tutkimuskeskus VTT Oy**