

ATS

2|2023

Vol. 52

YDINTEKNIikka

SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA – ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND

Kaukolämpöreaktori selviää sähkön menetyksestä

Perusteellisten analyysien perusteella VTT:n LDR-50-kaukolämpöreaktori selviää sähkön-syötön menetyksestä viikkojen ajan ilman toimenpiteitä.

Mikä tai kuka on säteilyturvallisuus-asiantuntija?

Säteilylain uudistus toi teollisuuden säteilytoimintaan ja ydinennergian käyttöön uuden ammattikunnan, STA:t, joiden toiminnasta on nyt neljän vuoden verran kokemusta.

Energiakriisi viivästävässä purkuprojekteja

Vanhojen ydinvoimalaitosten elin-ikiä on pidennetty monestakin syystä, mikä vaikuttaa merkittävästi käytöstäpoistohankkeiden aikatauluihin.



Julkaisija / Publisher

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

Johtokunta / Board

Puheenjohtaja / President

TkT Markus Airila
puheenjohtaja@ats-fns.fi

Varapuheenjohtaja / Vice President

DI Hanna Tynys
hanna.tynys@fortum.com

Sihteeri / Secretary General

FM Jussi Peltonen
sihteeri@ats-fns.fi

Rahastonhoitaja / Treasurer

DI Elina Syrjälähti
rahastonhoitaja@ats-fns.fi

Jäsenet / Board Members

DI Olli Nevander
olli480@hotmail.com

Prof., TkT Samuli Siltanen
samuli.siltanen@helsinki.fi

TkT Antti Snicker
antti.snicker@aalto.fi

Toimihenkilöt / Functionaries

ATS Young Generation

DI Pekka Pihlanko
pekka.pihlanko@platom.fi

Kansainvälisten asioiden sihteeri / International Affairs

DI Santeri Myllynen
santeri.myllynen@fortum.com

Women in Nuclear Finland

FM Jenna Levo
jenna.levo@tvo.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

TkT Jarmo Ala-Heikkilä
jarmo.ala-heikkila@aalto.fi

Tieteellinen päätoimittaja / Scientific Chief Editor

FT Antti Rätty
antti.ratty@vtt.fi

Ajankohtaispäätoimittaja / Topical Chief Editor

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

Ulkoasu ja taitto / Layout

Katariina Korhonen
Creatus
katariina@creatus.fi

Toimitus / Editorial Staff

FM Sophie Haapalehto
sophie.haapalehto@posiva.fi

DI Klaus Kilpi
klaus.kilpi@gmail.com

TkT Henri Loukusa
henri.loukusa@gmail.com

DI Alekski Savolainen
aleksi.savolainen@tvo.fi

FT Mervi Söderlund
mervi.soderlund@fortum.com

Toimituksen yhteystiedot

ATS Ydintekniikka

c/o Jarmo Ala-Heikkilä
PL 15100
00076 Aalto
p. 050 433 1198

Painopaikka

Hämeen Kirjapaino 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 pidättää itsellään oikeuden lyhentää, tiivistää ja muokata julkaistavaksi tarkoitettuja artikkeleja ja kirjoituksia.

Lähteekö ydinenergia kansainväliselle kasvu-uralle?



KUN ON PITKÄÄN SEURANNUT YDINENERGIA-ALAA, niin on ehtinyt kokea aallonharjoja ja -pohjia. Uusia ydinvoimalaprojekteja ja -konsepteja ilmaantuu, kun ilmapiiri siihen kannustaa, mutta ilmapiirin muuttuessa nämä siirtyvät hissukseen taka-alalle. Joskus 20 vuotta sitten puhuttiin ydinvoiman renessanssista ja määriteltiin sukupolvia, joista III, III+ ja IV olivat kovasti tulossa seuraavina vuosina. Varsinkaan länsimaissa ei kuitenkaan siirrytty sanoista tekoihin.

Viime vuosina Euroopan Unionissa on pyritty edistämään kasvihuonekaasujen vähentämistä määrittelemällä yhteinen luokittelu, kuuluisa EU-taksonomia, jonka perusteella ilmastolle suotuisampia energiahankkeita voidaan rahoittaa pienemmällä luottokustannuksella kuin haitallisia. Sinänsä selkeää tavoitetta mutkistivat poliittiset väännöt, joiden lopullinen tai ainakin tämänhetkinen tulos on, että aurinko-, tuuli- ja vesivoiman lisäksi ydinenergia kuuluu tuohon suotuisampaan joukkoon, samoin maakaasu. Jotkut ympäristöjärjestöt ovat haastaneet EU:n oikeuteen noista kahdesta viimeisimmästä lisäyksestä, joten viimeistä sanaa ei ole vielä sanottu.

Ranska, joka hinta- ja huoltovarmuustavoitteilla hoiti myös päästönsä kuntoon 1970-luvun ydinenergiapanostuksella, on käynnistämässä voimalaitosten uusintakierrosta. Se hakee tukea muilta mailta ”ydinallianssin” muodossa, johon on jo ilmoittautunut 15 EU-maata ja Iso-Britannia. Ydinenergiaa käyttävien EU-maiden lisäksi allianssissa ovat mukana ydinvoimakentämisen aloittamista suunnittelevat Viro ja Puola, mikä ei yllätä. Yllättävämpiä osallistujia ovat Belgia, joka on ollut julkisuudessa lähinnä ydinvoiman alasajosuunnitelmien takia, sekä Italia, joka sammutti kaikki neljä tehoreaktoriansa pian Tšernobylin onnettomuuden jälkeen.

Vielä kummempaa kuuluu Norjasta: yhtiö nimeltä Norsk Kjernekraft AS on ihan toisinaan selvittämässä mahdollisuuksia rakentaa ydinenergiaa maahan, jossa viimeisetkin tutkimusreaktorit sammutettiin hiljattain ja vesivoima tuottaa sähköstä yli 90%. Norja vie sähköä Pohjoismaiden lisäksi Iso-Britanniaan ja ilmeisesti ennusteet näyttävät sellaista lisäkysyntää, että vesivoiman potentiaali ei riitä kattamaan sitä. Monen muun maan tapaan myös Norjassa tähtäin on pienreaktoreissa eli SMR-issa.

Positiivisten uutisten vastapainoksi kannattaa lukea ATS Ydintekniikka 1/2023:ssa julkais-

tu Janne M. Korhosen artikkeli siitä, miksi ydinenergian rakentaminen ei ole lähtenyt lentoon kannatuksen noususta huolimatta. Tärkein syy on ydinvoiman rahoituksen hinta, joka vie taloudellisen kilpailukykyyn nykypäivän kvartaalitaloudessa. Korhosen mukaan ongelma ei ratkea ilman julkisen rahoituksen mukaantuloa muodossa tai toisessa. Kannattaa huomata, että Korhonen on kirjoittanut kaksi tiedekirjaa ydinvoiman puolesta (Uhkapeli ilmastolla 2015, Musta hevonen 2016), joten hänellä on perusteellinen tuntemus energia-alasta.

Selvästikään en pysty tarjoamaan vastausta otsikon kysymykseen, ainoastaan toisaalta-toisaalta-näkökulmia. Sen voin kuitenkin luvata, että tilanteen seuraaminen säilyy mielenkiintoisena.

Jarmo Ala-Heikkilä

Vastaava päätoimittaja

SISÄLTÖ

Vakiopalstat

Päätoimittajalta: Lähteekö ydinenergia kansainväliselle kasvu-uralle? 3

Pääkirjoitus:

Loviisan voimalaitos tarjoaa vakaata ja puhdasta sähköä pitkälle tulevaisuuteen... 4

Editorial:

Loviisa power plant provides stable and clean electricity for a long time to come... 5

Pakina:

Oikea turvallisuus ja suomalaisuus 26

Tapahtumat

Vuosikokous 2023 Tieteiden Talolla 6

Voimalaitoskemian seminaari 2023 8

Terveiset ENYGF2023:sta ja IAEA:n johtamiskoulusta! 12

Ajankohtaista

Säteilyturvallisuusasiantuntijan päivä Fortumilla – käytännön kokemuksia STA:na toimimisesta 14

Säteilyturvallisuusasiantuntija

– käytännön kokemuksia viranomaisen näkökulmasta 18

Muistoissa:

Loviisan ydinvoimalaitosprojektin ”oravakomppania” menetti jäsenen 20

Energy Crisis and the Decommissioning Market 21

Tiede ja tekniikka

VTT:n kaukolämpöreaktori LDR-50 ja sähkönsyötön menetys 23
Rebekka Komu

Loviisan voimalaitos tarjoaa vakaata ja puhdasta sähköä pitkälle tulevaisuuteen

MONIPUOLINEN, KOTIMAINEN JA PUHDAS SÄHKÖNTUOTANTO varmistaa, että arki pyörii Suomessa. Loviisan ydinvoimalaitoksen saama uusi käyttö lupa luo edellytyksiä tekemiselle ja investoinneille, tuemme suomalaista hyvinvointia vielä vuosikymmeniä eteenpäin.

Valtioneuvoston tekemän käyttö lupapäätöksen mukaan Loviisan voimalaitoksen uusi käyttö lupa vuoteen 2050 saakka on Suomen sähköhuollon turvaamisen kannalta perusteltua. Laitos vahvistaa Suomen sähköomavaraisuutta, mikä on omiaan vaikuttamaan alentavasti sähkön hintatasoon Suomessa. Siitä hyötyvät niin kotitaloudet, elinkeinoelämä kuin kaikki muutkin sähkökäyttäjät.

Meille Loviisan voimalaitoksella työskenteleville käyttö lupa luo jatkuvuutta. Fortum on merkittävä työllistäjä Loviisan alueella: voimalaitos työllistää suoraan noin 550 henkilöä ja 100 urakoitsijayritysten työntekijää. Lisäksi työllistämme vuosittain noin 80 kesäharjoittelijaa. Loviisan voimalaitoksen aluetaloudelliset vaikutukset ovat huomattavat.

Ammattitaitoinen henkilöstömme on huolehtinut siitä, että voimalaitos on hyvässä kunnossa ja sen myötä käyttöä pidetään mahdollisena. Huolehdimme turvallisuudesta jatkuvan parantamisen periaatteella ja laitoksen tekninen turvallisuus onkin maailman huippua. Voimalaitosta on sen laitoshistorian aikana modernisoitu ja uusittu pitkäjänteisesti niin laitteiden, järjestelmien kuin rakenteidenkin osalta. Myös henkilöstön ja organisaation osaamista on kehitetty jatkuvasti.

STUK totesi päätöksessään Loviisan voimalaitoksen turvallisuusarviosta, että Fortumilla on tarvittavat edellytykset, menettelyt, osaaminen ja resurssit turvallisen käytön jatkamiseksi. Yhtiö on myös tehnyt ikääntymisen hallintaa koskevat suunnitelmat ja valinnut menettelyt, jotka STUKin arvion mukaan ovat riittävät laitoksen kunnan seuraamiseksi ja tarvittavien parannustoimenpiteiden käynnistämiseksi.

Suomi on edelläkävijä ydinjätteen hallinnassa. Panostamme kaiken jätteen vastuulliseen käsittelyyn, ja ydinjätteiden hallintamietelmämme ovatkin maailman huipputasoa. Vastuullinen jätteenkäsittely, oli sitten kyse tavanomaisesta tai radioaktiivisesta jätteestä, on keskeinen osa työtämme kohti puhtaampaa maailmaa.

Ydinvoima on menestystarina niin Suomessa kuin Ruotsissa ja ydinvoima on tulevaisuuden energiamuoto yhdessä muiden puhtaiden tuotantomuotojen kanssa. Ydinvoima nauttiikin kansalaisten ja päätöksentekijöiden laajaa luottamusta Suomessa. Tuoreen Energiategollisuuden teettämän kyselyn mukaan jopa 68 % suomalaisista suhtautuu ydinvoimaan myönteisesti, ja vain 6 % kielteisesti.

Tulevina vuosikymmeninä teollisuuden ja liikenteen sähköistyminen lisää merkittävästi hiilidioksidipäästöttömän sähkön tarvetta. Uusiutuvaa sähköä tarvitaan lisää, mutta sääriippuvuuden vuoksi uusiutuvilla ei yksin voida kattaa kysyntää. Ydinvoimaa tuotetaan kaikkina vuorokauden aikoina ja sääillä kuin sääillä. Se turvaa vakaan ja luotettavan sähköntuotannon sääolosuhteista riippumatta.

Fortumilla on yli 40 vuoden kokemus Loviisan ydinvoimalaitoksen turvallisesta ja luotettavasta käytöstä ja tätä osaamista voimme hyödyntää uusissa ydinvoimahankkeissa, myös pienten modulaaristen ydinvoimaloiden (SMR) kehittämisessä. Vuosikymmenien aikana kehitetty ydinvoimaosaamisemme on haluttua, vientituote jo itsessään. Ydinvoima on myös tärkeä osa kansallista ja eurooppalaista turvallisuutta ja energiaomavaraisuutta.

DI Sasu Valkamo

voimalaitosjohtaja, Fortum
Loviisan ydinvoimalaitos
Sasu.Valkamo@fortum.com



Loviisa power plant provides stable and clean electricity for a long time to come



DIVERSIFIED, DOMESTIC AND CLEAN electricity production ensures that everyday life in Finland keeps rolling. The new operating licence for the Loviisa nuclear power plant creates the conditions for actions and investments, supporting Finnish prosperity for decades to come.

The Government's decision to grant a new operating licence for the Loviisa power plant until 2050 is justified in terms of securing electricity supply in Finland. The plant will strengthen Finland's electricity self-sufficiency, which is likely to have a moderating effect on electricity prices in Finland. This will benefit households, businesses and all other electricity users.

For us who work at the Loviisa power plant, the licence extension provides continuity. Fortum is a major employer in the Loviisa area: the power plant directly employs about 550 people and 100 employees of contractors. In addition, we employ around 80 summer trainees every year. The regional economic impact of the Loviisa power plant is significant.

Our skilled staff have ensured that the plant is in good condition, which has made it possible to extend its lifetime. We take care of safety using the principle of continuous improvement and the technical safety of the plant is world class. Over the course of its history, the plant has been modernized and renewed with a long-term mentality, both in terms of equipment, systems, and structures. The skills and knowledge of the staff and organisation have also been continuously developed.

In its evaluation of the safety assessment of the Loviisa power plant, STUK concluded that Fortum has the necessary conditions, procedures, expertise and resources to continue safe operation. The company has also made ageing management plans and selected procedures that, in STUK's assessment, are sufficient to monitor the condition of the plant and initiate any improvement measures considered necessary.

Finland is a pioneer in nuclear waste management. We invest in the responsible management of all waste, and our nuclear waste management methods are state of the art. Responsible waste management, be it conventional or radioactive waste, is a key part of our work towards a cleaner world.

Nuclear power is a success story in both Finland and Sweden, and nuclear power is the energy of the future together with other clean forms of production. Therefore, nuclear power enjoys a broad confidence of citizens and decision-makers in Finland. According to a recent survey commissioned by the Finnish Energy Industry, as many as 68% of Finns have a positive attitude towards nuclear power, and only 6% a negative one.

In the coming decades, the electrification of industry and transport will significantly increase the need for carbon dioxide-free electricity. More renewable electricity will be needed, but because of weather dependence, renewables alone cannot meet demand. Nuclear power is produced at all times of the day and in all weathers. It ensures a stable and reliable electricity supply regardless of weather conditions.

Fortum has more than 40 years of experience in the safe and reliable operation of the Loviisa nuclear power plant, and we can use this expertise in new nuclear power projects, including the development of small modular reactors (SMR). Our nuclear know-how developed over decades is in demand, an export product as such. Nuclear power is also an important element of national and European security and energy independence.

M.Sc.(Tech.) Sasu Valkamo

Vice President

Loviisa NPP

Sasu.Valkamo@fortum.com



Kai Salminen (oikealla) otti vastaan Erkki Laurila -palkinnon Markus Airilalta ja Jussi Peltoselta (kuva: Antti Rätty, VTT).

Vuosikokous 2023 Tieteiden Talolla

Teksti: Jussi Peltonen



Jussi Peltonen

Tutkija, ATS:n johtokunnan sihteeri
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
sihteeri@ats-fns.fi

ATS:n vuosikokous järjestettiin maanantaina 20.3. Helsingissä upealla Tieteiden Talolla, jonka peruskorjaukset ovat valmistuneet syksyllä 2022. Tilaisuus esitettiin myös Zoomin välityksellä, keräten noin 30 osallistujaa paikan päällä ja 15 etäyhteydellä. Vuoden 2022 myötä seuran toiminta on palannut normaaliin mittakaavaansa, ja seura onnistui keräämään noin 780 tapahtumaosallistumista vuoden mittaan. Suurimpana tapahtumana oli Suomalaisen Ydintekniikan Päivät 2022, minkä lisäksi järjestettiin kaksi jäsentapahtumaa, illallisristeily, vuosikokous sekä lukuisia toimintaryhmien omia tapahtumia.

Aiempien vuosien tapaan Tuomas Rantala toimi vuosikokouksen puheenjohtajana, ja kokouksessa käytiin läpi seuran toimintakertomus ja tilinpäätös vuodelta 2022, sekä toimintasuunnitelma ja talousarvio vuodelle 2023. Seuran jäsenmaksut palaavat pandemiaa edeltäneeseen tasoon, eli 50 € vuosijäsenmaksuun ja 25 € opiskelijajäsenmaksuun.

Seuran toimintaa jatketaan vuonna 2023 jäsentilaisuuksien, syksyn Olkiluoto 3:n ekskursion ja syysseminaarin sekä toimintaryhmien tapahtumien myötä. Agendalla ovat myös seuran verkkosivu-uudistus sekä tietenkin ATS Ydintekniikka -lehden laadukas tuottaminen. Seuran taloudellinen tilanne on hyvä ja mahdollistaa jäsentapahtumien tukemisen sekä samalla jo pitkjänteisen varautumisen seuraaviin Suomalaisen Ydintekniikan Päiviin (SYP), jotka tullaan järjestämään vuonna 2025.

Johtokunnan kokoonpano muuttui varapuheenjohtaja Ana Jambrinan (VTT), rahastonhoitaja Maria Lindholmin (Fortum) sekä Tuomo Huttusen (Rolls-Royce SMR) toimikausien päättyessä – suuret kiitokset vielä teille viime vuosien yhteistyöstä! Uusiksi jäseniksi johtokuntaan valittiin varapuheenjohtajaksi Hanna Tynys (Fortum) ja johtokunnan jäseneksi Samuli Siltanen (Helsingin yliopisto).

Seuran puheenjohtaja Markus Airila (VTT), sihteeri Jussi Peltonen (VTT) sekä johtokunnan jäsen Olli Nevander (Nuconeva Oy) jatkoivat kolmannelle ja viimeiselle sääntömääräiselle kaudelleen. Toiselle kaudelleen jatkoivat Antti Snicker (VTT) sekä Elina Syrjälahti (TVO), joka otti vastaan myös rahastonhoitajan roolin.

Sääntömääräisten asioiden lisäksi vuosikokouksessa käytiin keskustelua kunnallisten sähköyhtiöiden mahdollisista kannatusjäsenyyksistä, seniorien jäsenmaksusta sekä seuran yhteyksistä STUKiin. Tilaisuudessa myös myönnettiin Erkki Laurila -palkinto ATS Ydintekniikka -lehden menneen vuoden parhaasta artikkelista Kai Salmisen kirjoitukselle 'Oikea määrä turvallisuutta', joka julkaistiin ATS Ydintekniikan numerossa 4/2022.

Palkittu kirjoitus tarjoaa urauurtavaa turvallisuuden ulkoiskustannusten ja ydinenergian taloudellisten edellytyksien pohdintaa, keskittyen oivallisesti ALARA-periaatteen R-käsitteeseen ("reasonably"). Teksti tarkastelee energiantuotannon turvallisuuden ristiriitaista suhdetta markkinatalouteen ja kysyy, tuotetaanko turvallisuutta oikea määrä. Kai Salminen otti vastaan Erkki Laurila -palkinnon paikan päällä ja piti tilaisuuden päätteeksi esityksen artikkelinsa aiheesta. 🌱



KUVA: FORTUM

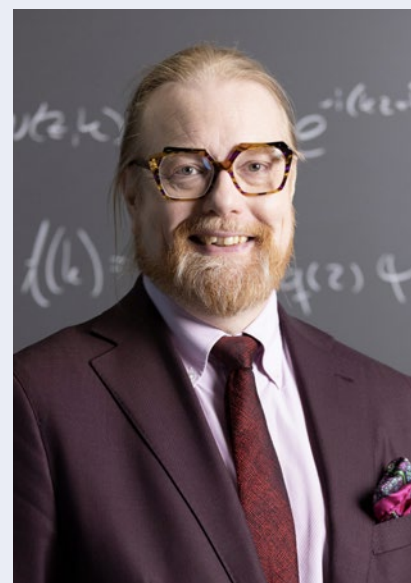
Hanna Tynys

Fortum

Päädyn lukion jälkeen opiskelemaan energia-alalle LUT-yliopistoon, koska ajattelin, että fysiikasta kiinnostuneelle DI-opinnot voisivat tarjota kiinnostavia uranäkymiä. Ydinvoimaopinnot eivät olleet alkuperäinen suunnitelmani, mutta kesätyöt Loviisan voimalaitoksella säteilyvalvonnassa ohjasivat minut tälle polulle. Maisterivaiheessa opiskelinkin sitten syventymiskohteena ydinvoimatekniikkaa.

Olen työskennellyt Fortumin pääkonttorilla Nuclear Services -osastolla vuodesta 2016 lähtien. Työtehtäväni ovat keskittyneet asiakasprojekteihin niin myynnin, projektinhallinnan kuin erinäisten asiantuntijatehtävien puitteissa. Viime vuodesta lähtien olen työskennellyt pääasiassa Fortumin uuden ydinvoiman selvityshankkeen, Newbuild Feasibility Study:n parissa.

ATS:ssa olen aiemmin ollut mukana ensisijaisesti YG-toiminnassa. Olen toiminut Fortumin pääkonttorin ATS YG -yhteyshenkilönä ja ollut mukana muun muassa järjestämässä ATS YG:n ekskursiota Tšernobyliin 2019. Ehdin olla myös ATS YG -puheenjohtajana valitettavan tapahtumaköyhänä ensimmäisenä koronavuonna 2020. Parin vuoden tauon jälkeen on mukava palata taas ATS-toiminnan pariin.



KUVA: HELSINGIN YLIOPISTO

Samuli Siltanen

Helsingin yliopisto

Samuli Siltanen on teollisuusmatematiikan professori Helsingin yliopistossa, jossa hän toimii myös Matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan yhteiskunnallisen vuorovaikutuksen varadekaanina. Hän teki DI- ja tohtorintutkintonsa TKK:n Teknillisellä fysiikalla vuosina 1994 ja 1999. Alkeishiukkasten lumoa hän pääsi kokemaan CERNin kesäopiskelijana vuonna 1991.

Siltanen tieteellinen tutkimusala on inversio-ongelmat eli epäsuorien mittausten matemaattinen tulkinta. Lääketieteellisessä kuvantamisessa sellaisia tulee vastaan esimerkiksi röntgentomografiassa ja sähköisessä impedanssitomografiassa, joihin Siltanen on kehittänyt uusia algoritmeja. Atomitekniikan saralla hän keskittyy käytetyn ydinpoltoaineen passiiviseen gammaemissiokuvantamiseen; katso Erkki Laurila -palkittu artikkeli numerossa ATS Ydintekniikka 4/2020. Siltanen panostaa yleistajuiseen tiedeviestintään kirjassaan Astu matematiikan maailmaan (Otava 2019) sekä YouTubessa Samun tiedekanaavalla, joka sai J.V. Snelman -palkinnon 2018.

Vapaa-ajallaan Siltanen harrastaa viihdettä, soittoa bassoa ja valokuvaa hämähäkkejä. Hänellä on myös pieni mutta säkenöivä kokoelma uranilasiesineitä.

Voimalaitoskemian seminaari 2023

Voimalaitoskemian seminaari 10.3.2023 keräsi yhteen ydinvoimalaitosvesikemian asiantuntijoita ajankohtaisten ja hieman tulevaisuuteenkin katsovien teemojen alle.

Teksti: Miia Lampén, Konsta Sipilä ja Mervi Söderlund

VOIMALAITOSKEMIAN SEMINAARI järjestettiin nyt kolmannen kerran. Ensimmäisen kerran seminaari järjestettiin Säteilyturvakeskuksessa (STUK) vuonna 2016, seuraavan kerran VTT:n tiloissa Otaniemessä vuonna 2018 ja sitten seminaari saikin hetken odottaa, sillä Covid-19 esti yhteisen kokoontumisen Fennovoiman tiloissa Salmisaaressa vuonna 2020. Asiantuntijoiden – voimalaitoskemistit, tutkijat, viranomaiset, opiskelijat – läsnäkoettu verkostoituminen katsottiin tärkeäksi elementiksi seminaarin onnistumisen kannalta.

Seminaarin järjestäminen tapahtuu yhteistyössä VTT:n, STUKin, Fortumin Loviisan voimalaitoksen, Teollisuuden Voiman (TVO) sekä Helsingin yliopiston (HU) radiokemian laboratorion kesken. Vuoden 2023 seminaari päättyi järjestämään STUKissa, sillä viranomaisen uudet tilat Vantaan Jokiniemessä kutsuivat tutustumaan samalla uusiin laboratoriotiloihin sekä valmiuskeskukseen. Seminaarin ava-

si Säteilyturvakeskuksen Ydinvoimalaitosten valvontaosaston johtaja Tapani Virolainen, joka totesi ydinvoima-alan tarvitsevan myös ”sitä oikeanlaista kemialla”.

Kemikaalien käyttö

Ydinvoimalaitoksella käytettävien kemikaalien tarve on erilainen laitoksesta riippuen. Seminaariin oli kutsuttu puhujaksi Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (TUKES) ylitarkastaja Matti Peippo. Vaarallisten kemikaalien käyttö teollisuusympäristössä on osa suomalaisten ydinvoimalaitosten arkea. Täten sekä Loviisan että TVO:n voimalaitoksilla toimii vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin vastuuhenkilöt, eli niin kutsutut kemikaalien käytönvalvojat. Käytönvalvojan tehtävänä on valvoa, että toiminnassa noudatetaan säädöksiä.

Lainsäädännön tarkoitus on ehkäistä kemikaaleista aiheutuvia onnettomuuksia ja rajoit-

taa niistä ihmisille, omaisuudelle tai ympäristölle aiheutuvia seurauksia. Peippo alleviivasi esityksessään prosessiturvallisuuden merkitystä ja ymmärtämistä, sillä kemikaalien käytössä luonnollisesti korostuu ensisijaisesti työturvallisuus. Prosessiturvallisuus on kuitenkin laajempi kokonaisuus, joka kattaa muun muassa yrityksen johtamisjärjestelmän, turvallisuuskulttuurin, muutosten hallinnan sekä sisäisen laaduntarkkailun.

Ydinvoimalaitoksilla hapen poistoon yleisesti käytettävä hydratsiini luokitellaan vaaralliseksi kemikaaliksi. Hapen poistaminen prosessivedestä on olennainen toimenpide komponenttien ja materiaalipintojen korroosion ehkäisemiseksi. VTT:n Konsta Sipilä esitteli tutkimuksen tuloksia, jossa hydratsiinille on etsitty korvaavaa kemikaalia.

Tutkimuksessa mukana olleita erilaisia vaihtoehtoisia kemikaaleja olivat karbohydraatti, dietyylihydroksyyliamiini, metyylietyyliketoksiini ja erytorbiinihappo. Vaihtoehtoisten



FL Miia Lampén
Tarkastaja,
Ydinvoimalaitosten valvonta
Säteilyturvakeskus
miia.lampen@stuk.fi



DI Konsta Sipilä
Senior Scientist,
Advanced materials for nuclear energy
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
konsta.sipila@vtt.fi



FT Mervi Söderlund
Suunnitteluinsinööri,
Säteilyturvallisuus ja ympäristö
Fortum Power and Heat Oy
mervi.soderlund@fortum.com

TUKESin ylitarkastaja Matti Peippo muistutti kuulijakunnalle TUKESin toiminta-ajatuksista: teemme Suomesta turvallisemman elää ja toimia (kuva: M. Söderlund).



kemikaalien soveltuvuutta hydratsiinin korvauksiksi arvioitiin perustuen kolmeen eri kriteeriin, jotka olivat hapensyöntitehokkuus, vaikutukset vesikemiaan ja rakennemateriaalien korroosioon.

Hapensyöntitehokkuus oli suurimmalla osalla vaihtoehtoisista kemikaaleista samankaltainen mitä hydratsiinilla. Suurempia eroavaisuuksia eri kemikaalien välillä saatiin, kun tutkittiin niiden vaikutusta vesikemiaan. Hydratsiini tuottaa hapen kanssa reagoidessaan tyyppiä ja vettä. Lisäksi korkean lämpötilan vaikutuksen myötä hydratsiinin termisessä hajoamisessa syntyy ammoniakkia. Nämä hajoamistuotteet eivät vaikuta negatiivisella tavalla sekundääripuolen vesikemiaan, päinvastoin, ammoniakkin muodostuminen on jopa hyödyllistä, jos sekundääripuolen pH:n säätö tapahtuu ammoniakilla.

Karbohydratsiinin hajoamistuotteet olivat samoja kuin hydratsiinilla, ja näiden lisäksi veteen muodostui hiilidioksidia. Muiden kemikaalien osalta vaikutukset vesikemiaan olivat moninaisempia. Esimerkiksi erytorbiinihapon hajoamisessa muodostui useita orgaanisia yhdisteitä, jotka laskivat veden pH-arvoa ja vaikuttivat vesikemian mittauksiin (hapen johtokyky).

Tutkimus vaihtoehtoisten hapensyöjäkemikaalien osalta jatkuu edelleen tehtäessä lisäanalyysejä hajoamistuotteista ja näiden vaikutuksesta rakennemateriaalien korroosioon.

Vesikemia

TVO:n pääkemisti Kimmo Tompuri kävi läpi esitelmässään OL3 EPR (European Pressurized Water Reactor) -laitoksen vaiheita ja totesi, että prosesseissa käytettävä vesikemia kehittyi vaihteittain. Koska kaikkien lo-

pullisten käytettävien kemikaalien syöttöä ei sisällytetty alkuperäiseen kokoonpanoon, niin käyttöön oton aikana rakennettiin omat syöttölinjansa eri kemikaaleille. Tompuri korosti esityksessään, että kemikaalin annostelu on onnistunut silloin, kun se on joko vaa'alla punnittu, pinnan mittauksella todettu tai kemiallisella analyysillä varmistettu.

Tompuri kertoi, että projektin alussa laitostekniikkaan kuului rikastetun boorin käyttö. Rikastetussa boorissa neutroneita kaappaavan isotoopin B-10 osuutta on kasvatettu luonnonbooriin nähden. PSAR (alustava turvallisuusseloste) -vaiheessa vuonna 2005 keskityttiin primääripiiriin kemiassa erityisesti litiumpitoisuuteen ja sen vaikutuksiin polttoaineen suojakuorelle sekä korkealämpötila-pH-arvoihin. Vuonna 2013 primääripiiriin vesikemiaan tuli mukaan myös köyhdytetyn sinkin syöttö.

IAEA:lla (International Atomic Energy Agency) työskentelevän Kari Mäkelän esityksessä perehdyttiin muun muassa sinkin syötön hyötyihin reaktorijäähdytteessä. Sinkin syöttö ohentaa materiaalipinnan oksidikalvoa, vähentää stabiilin kobolttin liukenemista materiaalista reaktorijäähdytteeseen, poistaa aktiivisuutta kobolttia oksidikalvosta ja estää aktiivisuuteen koboltti-isotooppien siirtymistä

oksidikerrokseen. Sinkin syötön suurin hyöty on siis säteilyannosten, jotka johtuvat korkeanenergisestä Co-60-isotoopin vaikutuksesta, vähentämisessä.

Mäkelä esitteli maailmalta myös hyvänä käytäntönä todetun menettelyn, jossa sekundääripiiriin veteen lisätään amiineja, jotka muodostavat materiaalin pinnalle erityisen kalvon. IAEA suorittaa ympäri maailmaa sijaitsevilla ydinvoimalaitoksilla niin kutsuttuja OSART (Operational Safety Review Team) arvioiteja. Yhtenä arvioitava kohteena on kemia. Arvio suoritetaan IAEA:n standardia SSG-13 (Specific Safety Guide No. 13, Chemistry Programme for Water Cooled Nuclear Reactors) vasten. Mäkelä kertoi, että kyseistä standardia ollaan paraikaa uudistamassa.

Prosessikemian insinööri Linda Javanainen esitteli Loviisan voimalaitoksella sekundääripiirissä tehdyn vesikemian muutoksen. Muutoksen lähtökohdaksi oli parantaa painerajapintojen eheyden varmistamista, ylläpitää sekundääripiiriin järjestelmien ja laitteiden eroosioroosio mahdollisimman vähäisellä tasolla sekä minimoida korroosiotuotteiden kulkeutuminen höyrytymiin. Muutoksessa nostettiin sekundääripiiriin pH arvosta 9,2 arvoon 9,6.

Javanainen esitti, että käytössä ollut pH 8,9–9,4 on ollut kompromissi sekä rautamateriaalien että kuparimateriaalien optimi-pH:sta. Javanainen kertoi, että kuparikomponentit tunnistettiin ja tarvittaessa vaihdettiin. Kuparipitoisuutta seurattiin tarkasti myös hetkellisessä pH:n nostokokeilussa vuonna 2015. Vuonna 2018 laitoksella tehtiin tarvittavat kemikaalisyyttömuutokset ja sekundääripiirin pH nostettiin kummallakin laitoksella marraskuussa 2018.

Aikaisemmin pH:ta ylläpidettiin pelkällä hydratsiinisyötöllä, ja nyt lauhteeseen syötetään ammoniakivettä perustuen johtokykymittaukseen sekä hapenpoistamiseksi syöttövedeen syötetään hydratsiinivettä vakio-kapasiteetillä. Javanainen kertoi, että rautapitoisuus syöttövedessä ja höyrystymien ulospuhalluksessa on laskenut odotetusti. Magnetiitin määrä höyrystymissä vähenee vähitellen, mikä tarkoittaa harvempia puhdistusvälejä, ja siten myös henkilöstön säteilyannoksien pienenevistä vuosihuolloissa.

Epäpuhtauksien hallinta

Käyttökemian ryhmäpäällikkö Sorella Buddas esitteli Fortumin Loviisan voimalaitoksella tehdyn prosessimuutoksen, minkä ansiosta primäärijäähdytettä kyetään nykyään tehokkaasti puhdistamaan epäpuhtauksista myös vuosi-

huollon aikaan. Primääriveden suodatusjärjestelmään lisättiin pumppu, jonka avulla kyetään ylläpitämään virtausta anioni- ja kationihartsisuodattimien läpi prosessin ollessa paineettomassa tilassa. Projektin hyötötavoitteiksi oli asetettu seisokkitilan suodatuksen lisäksi primääripiirin vesikemian optimointi, höyrystymien säteilytasojen madaltaminen, laitoksen vuosituotannon kasvattaminen sekä käytettävien kemikaalien ja syntyvien jätteiden määrän vähentäminen.

Buddas totesi, että prosessissa on havaittu annosnopeuksien laskua. Aikaisemmin pääkiertopumppujen pysäytys ja luonnonkiertoon siirtyminen ovat nostaneet luoppien annosnopeuksia, mutta nyt seisokin aikaisen suodatinkierron käynnistäminen tasaa annosnopeuksia, eikä luonnonkierron aikana enää nähdä annosnopeuksien kasvua. Buddas kertoi myös, että prosessista poistetuista hartseista voitiin havaita hartseihin sitoutuneen 100 kertaa enemmän korkeaaenergiaa Ag-110m-nuklidia kuin mitä aikaisemmin on keskiarvoisesti havaittu. Tällä on todettu olevan merkitystä vuosihuollon aikaisiin säteilyannoksiin, jotka johtuvat kontaminoituneiden materiaalien puhdistuksista.

Vesikemian optimointiin Buddas kertoi suodatusmuutoksella olleen vaikutusta: kylästettävä hartsimäärä väheni kolmasosaan aiemmasta ja käytettävien kyllästyskemikaali-

lien määrä väheni samassa suhteessa. Tällä on suora vaikutus syntyvän jätteen määrään, joten prosessimuutos toteutti myös nämä tavoitteet.

Kemian insinööri Anne Nurminen Teollisuuden Voimalta esitteli kiehutusvesilaitoksille tehtyjen prosessimuutosten sargan lauhteenpuhdistuksen optimoinnista. Lauhteenpuhdistus puhdistaa lauhteen pääasiallisesti korroosiotuotteista. Lisäksi lauhteenpuhdistuksella on kiehutusvesilaitoksella erityinen merkitys puhdistaa merivedestä peräisin olevia epäpuhtauksia merivesivuotilanteissa.

Lauhteenpuhdistusta seurataan sekä laboratorionäytteenotoin että jatkuvatoimisilla johtokykymittauksilla raakalauhteesta, puhdistetusta lauhteesta, syöttövedestä sekä reaktorivedestä. Lauhteenpuhdistuksen optimointiin ovat vaikuttaneet useat tehonnostot sekä viimeisimpänä prosessimuutos lauhteen eteenpäinpumppauksessa, jossa osa korkeapaineisesta sivulauhteesta pumpataan puhdistamatta syöttövedeen.

3D-komponentit

VTT:n Timo Saario piti mielenkiintoisen esityksen 3D-tulostetuista komponenteista. Saarion mukaan 3D-tulostus on tullut jossain määrin kypsään vaiheeseen ja löytänyt runsaasti sille sopivia sovellusalueita, muun muassa auto-, lento-, avaruus- ja lääketieteellisyydessä. 3D-tulostuksella voidaan valmistaa monimutkaisia geometrioita, jolloin voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä painossa ja valmistuskustannuksissa.

Ydinvoimaloissa ensimmäiset 3D-tulostuksella tuotetut komponentit on otettu käyttöön vuosina 2020–2022. Esimerkkinä 3D-tulostetuista komponenteista mainittakoon polttoainepipun tukielementti, jollaisia on ensimmäisenä asennettu USA:ssa Browns Ferry -laitokseen vuonna 2021. Muita esimerkkejä ovat muun muassa USA:ssa Byron 1 -laitoksessa vuonna 2020 käyttöön otettu polttoainepipun lukituspää sekä Ruotsissa Oskarshamn 3 ja Suomessa Olkiluoto 2 -laitoksissa vuonna 2022 käyttöön otetut reaktorin sydämen alle sijoitetut siivilät. Siivilöiden tehtävänä on estää kiinteiden partikkelien ohjautuminen reaktorin sydämeen, missä ne voisivat aiheuttaa mekaanisia vaurioita.

Suurin osa 3D-tulostettujen materiaalien käyttökohteista toimivat alle 100°C lämpötilassa, ja ydinvoimalan käyttölämpötiloissa (>280°C) on tehty toistaiseksi vain vähän



LUT:n professori Juhani Hyvärinen avasi SMR-konsepteja maailmalla (kuva: M. Söderlund).

IAEA:lla työskentelevä Kari Mäkelä toi ajankohtaista viestiä siitä, mitä IAEA:n standardissa SSG-13 muuttuu uuden päivityksen myötä (kuva: M. Lampén).

tutkimusta. VTT:llä tehdyssä tutkimuksessa todettiin, että PWR-tyyppisissä laitoksissa 3D-tulostetusta AISI 316 -ruostumattomasta teräksestä liukenee itse asiassa jonkin verran vähemmän metalli-ioneja kuin vastaavasta valssatusta AISI 316 NG -laadusta.

3D-tulostetun materiaalin korroosiota hidastava oksidikerros on hieman erilainen kuin valssatussa materiaalissa: siinä on paikallisia nopeamman korroosion kohtia, joiden vaikutusta materiaalin pitkäaikaiskestävyyteen on syytä tutkia tarkemmin. Korroosionkeston lisäksi 3D-tulostetun AISI 316 -ruostumattoman teräksen pinnanlaatu, liuotushehkuslämpötila ja orientaatio vaikuttavat jännityskorroosioalttiuteen.

SMR

Voimalaitoskemia seminaari sai arvoisensa päätöksen, kun LUT-yliopiston energiatekniikan professori Juhani Hyvärinen vihkiytty seminaarikansaa pienten modulaaristen ydinreaktorien (SMR) kiehtovaan maailmaan. Esitys tarjosi kuulijakunnalle läpileikkauksen Itämeren ympärysvaltioissa kehitteillä oleviin SMR-projekteihin kattaen Ruotsin, Suomen, Viron, Puolan ja Tanskan tiedossa olevat hankkeet. Tällä hetkellä kaikista kunnianhimoisin suunnitelma taitaa olla Puolalla, jossa näkyvässä on useiden kymmenien SMR:ien rakentaminen.

Terminä ”pieni modulaarinen” on hyvin väljä, sillä käsite kattaa alleen useita lämpöteholtaan monimuotoisia reaktoreita, jotka kelluvat vetten päällä laivaan asennettuna tai ovat kiinteästi maan kamaralle rakennettuja. Perinteiseltä painevesilaitokselta ja kiehutusvesilaitokselta tutun kevytvesireaktortyyppin lisäksi SMR-teknologiat tuovat mukanaan totutusta poikkeavia ratkaisuja komponenttien (esimerkiksi höyrystimenä kompakti levylämmönvaihdin), modulaarisuuden (sarjatuotetut komponentit, rakennukset tai rakennusten osat), jäähdytykseen käytetyn väliaineen suhteen (esimerkkinä grafiittimoderoitu kaasujäähdytys tai lyijyjäähdytys) sekä hyvin alhaisen, alle 120° C käyttölämpötilan. Professori Hyvärisen mukaan SMR:ien hyvänä puolena ovat pitkälti luontainen tai passiivinen, alhaiseen ulkoiseen käyttövoimaan perustuva turvallisuus.

Professori Hyvärisen maalaaman kuvan mukaisesti SMR:ien vesikemia ei poikkea suuremmilta sisaruksiltaan tutuksi tulleesta vesi-



kemiasta. Esimerkiksi BWRX-300-reaktorin vesikemia on normaalia kiehutusvesilaitoksen vesikemiaa. Myös integroitujen painevesilaitosten vesikemia ainekset ovat entuudestaan tuttuja, sillä reaktiivisuuden säätämiseen saatetaan käyttää boorihappoa. Boorauksen sijaan reaktiivisuutta voidaan hallita myös suurella määrällä säätösauvoja, joko yhdistettynä palavaan neutronimyrkkyyden tai ilman tätä.

Kaasujäähdytteisten SMR:ien primääripiirin kemia riippuu jäähdytteestä sekä mahdollisista epäpuhtauksista – esimerkkinä mainittiin käytön aikaisen epäpuhtauden, kuten veden tai voiteluöljyn, tihkuminen primääripiiriin ja tästä muodostuvan vedyn, hapen ja häkä-

kaasun muodostuminen. Sulasuola- ja lyijyreaktoreissa jäähdyte saattaa olla erittäin korrodoivaa rakenteita kohtaan, jolloin primääripiirin pinnoille tarvitaan hyvää passivoimaa hallintaa oksidipinnoitteen tai muun vastaavan pinnoitteen muodossa.

Professori Hyvärisen esitys sai raikuvat suosionosoitukset ja lämpimät kiitokset seminaariväen puolelta. Seminaaria pidettiin onnistuneena ja tärkeänä alan ammattilaisten kohtaamispaikkana. Näistä tunnelmista on hyvä jäädä odottamaan seuraavaa voimalaitoskemia seminaaria, joka järjestettäneen vuonna 2024 Helsingin yliopiston radiokemian laboratorion toimesta.

Terveiset ENYGF2023:sta ja IAEA:n johtamiskoulusta!

ENYGF2023 (European Nuclear Young Generation Forum) sekä NEM (Nuclear Energy Management) -johtamiskoulu järjestettiin toukokuussa 2023 Krakovassa, Puolassa. Limittäiset tapahtumat onnistuivat keräämään suuren joukon ydinalan asiantuntijoita, opiskelijoita sekä YG (Young Generation) -edustajia kymmenistä maista. Järjestelyistä vastasivat Puolan atomiteknillinen seura, IAEA sekä valtava määrä innostuneita ENS (European Nuclear Society) -aktiiveja.

Teksti: Jenna Järvenpää, Inkeri Kotisalo ja Marton Szogradi

JÄRJESTYKSESSÄÄN KYMMENES
ENYGF keräsi yli 200 osallistujaa 32 eri maasta historialliseen ja kuvankauniiseen Krakovaan 8.-12.5.2023. Lähellä useita UNESCO:n maailmanperintökohteita, kuten Krakovan vanhaa kaupunkia, Wieliczkan ja Bochnian kuninkaallisia suolakaivoksia sekä Auschwitz-Birkenauun keskitysleiriä, osallistujat tutustuivat Puolan ydinvoimarenessanssiin, erilaisiin tutkimusreaktoreihin sekä monipuolisiin tapoihin tehdä yhteistyötä ydinvoima-alalla. Osallistujista noin 1/3 oli naisia ja loput miehiä.

Suomen Atomiteknillistä Seuraa edustivat ENYGF2023:ssa tutkija Jenna Järvenpää VTT:ltä ja laitosturvallisuusinsinööri Inkeri Kotisalo TVO:lta. Lisäksi rinnakkain sekä ENYGF2023:een että NEM-johtamiskouluun osallistui vanhempi tutkija Marton Szogradi VTT:ltä.

Suuret ydinvoimaohjelmat

ENYGF2023:ssa osallistujat saivat kuulla Puolan suuresta ydinvoimaohjelmasta sekä muista uusista hankkeista, kuten SAUDI2020-visiosta. Pohjois-Puolaan, Lubiatowoon ja Zarnowieciin, on tarkoitus rakentaa kuusi AP1000-reaktoria muutaman vuoden välein (tavoite 6–9 GWe). Ensimmäisen reaktorin pitäisi olla toiminnassa vuonna 2033. Näiden lisäksi myös SMR:lle on kysyntää: periaatepäätöstä on haettu kuudelle GE Hitachi BWRX-300 reaktorille.

Puolassa ydinvoiman rakentamisen kannatus on korkeaa ja kasvanut viime vuosina. Ydinvoima tulee parantamaan Puolan energiaomavaraisuutta sekä vähentää sen riippuvuutta hiilestä. Osallistujat saivat kuulla, että jopa 43 % Puolan energiasta tulee hiilestä ja Puola on energian tuojamaa. Puolan ydinoh-

jelma tukee ydinalan koulutusta yliopistoissa sekä kansainvälistä alan yhteistyötä yritysten sekä tutkimuslaitosten välillä.

Esitykset ja workshopit

ENYGF2023:n ohjelma koostui neljästä eri ajankohtaisesta teemasta (energiasiirtymä, neutronien hyödyntäminen, viestintä ja koulutus sekä tulevaisuuden ydinreaktorit) sekä neljästä eri teknillisestä teemasta (reaktorifysiikka ja termohydrauliikka, ydinturvallisuus, käyttö ja huolto, sekä polttoainekierto sekä säteilysuojelu).

Ajankohtaiseen viestintä- ja koulutustee- maan liittyen saimme kadehtia muun muassa Espanjan huippuaktiivista atomiteknillistä seuraa ja heidän YG-toimintaansa. Vaikka Espanjassa suunnitellaan kaikkien ydinvoimailoiden sulkemista vuoteen 2035 mennessä, heidän YG-toimintansa on koko ajan laajene- massa ja houkuttelee mukaan nuoria osaajia. Espanjan YG myös järjestää paljon yritys- ja kouluyhteistyötä, osallistuu erilaisiin tapahtu- miin sekä järjestää yleisölle avoinna olevia tilai- suuksia ydinvoimaan liittyvistä kysymyksistä.

Saman teeman alla pääsi Jenna Järvenpää esittelemään NOMATEN-nimistä EU-projektia sekä kansainvälistä materiaalitutkimuksen huip- pukeskusta, joka sijaitsee NCBJ:n (National Centre for Nuclear Research) yhteydessä Varsovan lähellä. VTT:n, NCBJ:n ja CEA:n yh- teinen monivuotinen EU-projekti tukee tämän NOMATEN-huippukeskuksen kehittymistä ja sen neljän materiaalitutkimusryhmän ja yh- den radiofarmasian tutkimusryhmän toimintaa. Paikalla olleiden huippukeskuksen tutkijoiden kanssa keskustelua riitti moneksi päiväksi.

Erialaisten teemojen lisäksi osallistujat pääsivät kuulemaan seitsemää eri paneeli- keskustelua ydinvoiman roolista energiasiir- tymässä liikkuvuusohjelmiin sekä fuusion mahdollisuuksiin. Matkakärpäsen pistämä- nä suosittelemme lämpimästi kaikkia ATS



DI, FM Jenna Järvenpää

Tutkija

Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy
jenna.jarvenpaa@vtt.fi



DI Inkeri Kotisalo

Laitosturvallisuusinsinööri
Teollisuuden Voima Oyj
inkeri.kotisalo@tvo.fi



TKT Marton Szogradi

Vanhempi tutkija

Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy
marton.szogradi@vtt.fi



Tyytyväinen yleisö lähes viikon puserruksen ja informaatiotulvan jälkeen (kuva: ENYGF2023 viralliset arkistot).

YG:läisiä hakemaan matka-apuraha ENEN++-liikkuvuusohjelmasta niin kauan kuin ohjelmassa riittää rahoitusta. Lisäksi ohjelmassa oli kymmenen eri workshopia, joista hyviä muistoja jäi muun muassa radionuklidipelin kehittämisestä sekä ydinohjelman lanseeraamisesta uuteen maahan.

NEM-johtamiskoulu

Kansainvälinen atomienergiäjärjestö (IAEA) ja Puolan Atomiteknillisen Seura (PTN) järjestivät yhteistyössä Nuclear Energy Management (NEM) -johtamiskoulun 2.–12. toukokuuta Krakovassa. Kurssille valittiin noin 180 hakijasta 31 osallistujaa nelivaiheisen IAEA:n valintaprosessin kautta. Pääosin nuorista ammattilaisista koostuvan kurssin osallistajat olivat enimmäkseen kotoisin Iso-Britanniasta, Espanjasta ja Puolasta. Suomea NEM-johtamiskoulussa edusti vanhempi tutkija Marton Szogradi VTT:ltä.

Ensimmäisen viikon aikana opiskelijoilla oli mahdollisuus kuulla IAEA:n vanhempia tutkijoita ja oppia lisää monista aiheista, kuten ydinjätehuollosta, kyberturvallisuudesta sekä ydinenergia-alan kehityksestä. Tämä ensimmäisen kerran korona-ajan jälkeen järjestetty NEM-johtamiskoulu oli muodoltaan hybridi, ja osa esitelmistä pidettiin etänä. Kuitenkin workshopit järjestettiin paikan päällä.

Kurssilaiset pääsivät muun muassa tutustumaan ja testaamaan ydinalan talouden

vaikutuksia IAEA:n PowerInvest-sovelluksen avulla. Sovelluksessa tutkittiin esimerkiksi kustannusten, päästöjen ja verkkovakauden välistä tasapainoa fiktiivisen maan tilanteessa. Tiimiyhteistyön kehittämiseksi osallistujat jaettiin kuuteen ryhmään koulun alussa, ja jokainen ryhmä sai eri tehtävän. Nämä tehtävät vaihtelivat muun muassa uuden tutkimusreaktorin asennuksen, voimalaitoksen käytöstä poistamisen ja Energiaministeriölle laadittavan hätävalmiussuunnitelman välillä.

Toisella viikolla jokainen ryhmä esitteli innovatiivisia ratkaisujaan muille ryhmille, ratkaisut vertaisarvioitiin ja eri lähestymistavoista käytiin loppukeskustelu. ENYGF23:n aikana opiskelijat kuuntelivat paneelikeskusteluja ja esittivät omaa tutkimustaan yleisölle rinnakkain omien tehtäviensä kanssa. NEM-johtamiskoulu päät-

tyi tenttiin toisen viikon lopussa. Yhteenvetona NEM-johtamiskoulu oli loistava tilaisuus kehittää omaa ja muiden ymmärrystä ydinvoima-teollisuuden nykyisistä ja tulevista haasteista.

Krakovasta Zagrebiin

Näiden kahden tapahtuman lisäksi ENS YGN (European Nuclear Society Young Generation Network) järjesti vuoden 2023 toisen CCM-tapaamisen (Core Committee Meeting) 6.–7.5. Krakovassa ENYGF23:n alkupalaksi. Ensimmäisen päivän ohjelmassa oli ENS YGN -jäsenmaiden ydinalan kuulumiset keväältä, uuden hallituksen valinta kaudelle 2023-2024 sekä päätös Jan Runermark -palkinnon saajasta (Emilia Janisz, Director of Strategy, ENS). Toisena päivänä tutustuttiin kävelen Krakovan upeaan vanhaan kaupunkiin ja käytiin opastulla kierroksella Wawelin linnassa.

Kulttuurikierros vanhassa kaupungissa järjestettiin myös ENYGF2023-osallistujille ja pääsimme kaikki kokemaan trubaduurin soiton sekä lohikäärmeen syöksemässä tulta. Toki osallistujille järjestettiin myös tyylikäs gaalailallinen, tekninen vierailu SOLARIS-sykladronilla sekä paljon muuta kuten I4N (Innovation for Nuclear) -finaali.

Kannustamme kaikkia kiinnostuneita osallistumaan niin ATS YG:n, ENS:n kuin myös kansainväliseen IYNC (International Youth Nuclear Congress) -toimintaan ja laittamaan kalenteriin Dubaissa järjestettävä IYNC2024 sekä Zagrebissa järjestettävä ENYGF2025. Nähdään parin vuoden päästä Kroatiaassa! 🌟



Tulevia ydinalan johtajia todistukset kädessä Krakovassa (kuva: Bartomiej Piwowski).

Säteilyturvallisuusasiantuntijan päivä Fortumilla – käytännön kokemuksia STA:na toimimisesta

Säteilylain (859/2018) uudistuksen myötä säteilyturvallisuusasiantuntijaa (STA) on käytettävä työntekijöiden ja väestön säteilysuojelun suunnittelussa, toteutuksessa ja seurannassa turvallisuuspäätöksissä edellyttävässä toiminnassa. Fortumilla työskentelee useita säteilyturvallisuusasiantuntijoita erilaisissa toimissa niin Loviisan voimalaitoksella, erilaisissa asiakkaille tarjottavissa koulutus- ja asiantuntijatehtävissä kuin myös puhtaassa asiantuntijatyössä. Riippuen säteilyturvallisuusasiantuntijan työnkuvasta säteilylain aiheuttama muutos ei ole vaikuttanut työtehtäviin merkittävästi vaan ennemmin mahdollistanut toimenkuvan laajentamisen ja osaamisen hyödyntämisen uusille alueille. STA:n koulutuksen ja osaamisen ylläpidolla on myös tärkeä merkitys arjessa.

Teksti: Julia Viljanmaa, Pasi Karvonen, Mika Pikkarainen, Jere Luukkanen, Maria Lindholm

TÄSSÄ ARTIKKELISSA Fortumilla toimivat säteilyturvallisuusasiantuntijat tai tiiviisti aiheen kanssa kytköksissä olevat henkilöt luovat vapaamuotoisen katsauksen omaan päiväänsä ja tehtäviinsä. Oma osionsa on omistettu myös STA:n pätevyiden hankkimiselle sekä saadun pätevyiden ylläpidolle ja osaamisen kehittämiseksi. Lue ja kiinnostu miten erilaisia tehtäviä saman ammattinimikkeen alle mahtuukaan!

Päivä STA:n matkassa ydinvoimalaitoksella

Loviisan voimalaitoksella on kahdenlaista säteilyn käyttöä: ydinenergian käyttöön liittyvää ja teollisuuden ja tutkimuksen alle kuuluvaa säteilyn käyttöä. Suuri osa ydinvoimalaitoksella työskentelevistä tietää kyllä ydinenergian käyttöön liittyvän säteilyn käytön, mutta harva tietää erillisestä säteilylain alaisesta säteilyn

käytöstä. Kummallakin osa-alueella on omat säteilyturvallisuusvastaavat (STV) ja säteilyturvallisuusasiantuntijat (STA). Osa on asiantuntijoina molemmissa osa-alueissa. Millaista työtä näihin kahteen sitten kuuluu?

Lähdetään liikkeelle ydinenergian käytön alle kuuluvasta säteilyn käytöstä. Ydinvoimalaitoksella säteilyturvallisuusasiantuntijan tyypilliseen päivään sisältyy muun muassa säteilysuojelusuunnitelmien laati-



FM Julia Viljanmaa
Säteilysuojelusuunnittelija
Fortum Power and Heat Oyj
julia.viljanmaa@fortum.com



FT Pasi Karvonen
Pääsuunnittelija, säteilyturvallisuus
Fortum Power and Heat Oyj
pasi.karvonen@fortum.com



DI, FM Mika Pikkarainen
Vanhempi tekninen asiantuntija
Fortum Power and Heat Oyj
mika.pikkarainen@fortum.com

mista valvonta-alueella toteutettavista töistä. Suunniteltava työ voi olla esimerkiksi käytetyn polttoaineen siirtosäiliön ulko- ja sisäpintojen puhdistus. Suunnitelmissa esitetään muun muassa aiemmat kokemukset vastaavanlaisista töistä, säteilysuojelliset toimenpiteet työvaiheittain, työstä aiheutuvan annoksen arviointi ja toiminta poikkeustilanteissa.

Töiden suunnittelu vaatii usein työskentelyolosuhteiden arviointia paikan päällä, mistä saa mukavaa vaihtelua koneen ääressä istumiseen. Lisäksi tyyppilliseen STA:n päivään tällä osaamisalueella kuuluu muiden ryhmien (esimerkiksi jätehuolto) ohjeiden tarkastus säteilyturvallisuusmielessä sekä laitosmuutosten kommentointi STA:n näkökulmasta.

Teollisuuden ja tutkimuksen osa-alueen säteilyn käytöllä on oma turvallisuuslupa, johon sisältyy useita eri toimintoja. Loviisan voimalaitoksen säteilyn käytön turvallisuuslupaan sisältyy muun muassa umpilähteiden ja avolähteiden käyttö, umpilähteiden asennus, korkea-aktiivisten umpilähteiden kuljetustoiminta sekä röntgenlaitteiden hallinnointi. STA:n tehtävänä tällä osaamisalueella on esimerkiksi turvallisuuslupan ja -arvion päivitys toiminnan muuttuessa ja laissa määritellyin väliajoin.

Toiminnan muutoksia ovat esimerkiksi uusien umpilähteiden hankinta, joita voimalaitoksella käytetään säteilymittareiden toiminnan tarkastuksiin. Turvallisuusarviossa tulee esittää normaalitoiminnasta sekä mahdollisista poikkeustilanteista aiheutuvat altistukset. Poikkeustilanteista tulee esittää toimet poikkeamien ennalta ehkäisemiseksi ja toimet mahdollisen poikkeaman sattua. Tarkasteltavia poikkeamia ovat vaikkapa säteilylähteen katoaminen tai vuotaminen. Lisäksi STA osallistuu umpilähteille tehtäviin vuosittaisiin tarkastuksiin ihan käytännönkin tasolla.



Ins. Jere Luukkanen
Projektipäällikkö
Fortum Power and Heat Oyj
jere.luukkanen@fortum.com

Lisäksi molempien osaamisalojen STA:t osallistuvat laitoksella säteilysuojelua käsittelevien koulutusmateriaalien laadintaan ja tarkastukseen. STA:t pitävät myös paljon koulutuksia eri aiheista, kuten säteilymittauksista, säteilylähteiden käsittelystä, töiden säteilysuojelusuunnittelusta ja työskentelystä korkean säteilyriskin alueella – erilaisia koulutuspaketteja on kymmeniä. Osa koulutuksista on perinteisiä luokkahuonekoulutuksia, mutta osa pidetään käytännön koulutuksina valvonta-alueella. STA:n työ on siis vaihtelevaa ja päivät voimalaitoksella ovat hyvinkin erilaisia.

STA teknisessä tuessa: aamun rutiinit

Taas olisi edessä yksi viikon harvoista työpäivistä pääkonttorilla. Työpisteen virittely ja aamukahvin hakemisen jälkeen on aika luoda katsaus sähköpostiin, jossa kaiken muun viestinnän joukossa odotteleekin muutama suunnittelu- ja kelpoistusaineisto vailla säteilyturvallisuusasiantuntijan näkökulmaa.

Loviisassa uusitaan laitteistoja hyvällä pohinällä, eivätkä erilaiset kelpoistusaineistot ole säteilyturvallisuusasiantuntijoille mitenkään harvinaista herkkua. Itse asiassa erilaisten suunnitteluaineistojen kommentointi ja tarkastaminen säteilynäkökulmasta muodostaakin varsinaisten säteilyanalyysien ja säteilysuojelusuunnitelmien laatimisen ohella varsin merkittävän osan pääkonttorilla toimivien säteilyturvallisuusasiantuntijoiden ydinenergiapuolen käyttösektorin tehtävistä.

Ensimmäinen aineisto koskee varaosina hankittavien kaapeleiden soveltuvuusarviota. Tämä tapaus vaihtaaakin olevan helppo näki, sillä kaapeleiden säteilykestoisuudelle ei tausta-aineiston tietojen valossa tarvitse asettaa erityisiä vaatimuksia. Samalla, kun listaan kommentteihin haaviini jääneet kirjoituserheet, pyydän painottamaan tausta-aineistossa esi-



FM Maria Lindholm
Johtava vanhempi erityisasiantuntija,
säteilyturvallisuus
Fortum Power and Heat Oyj
maria.lindholm@fortum.com

tettyjä kaapeleiden käyttötarkoituksia ja sijoituskohteita vielä varsinaisessa soveltuvuusarviossa.

Tavoitteenani on lähinnä muistuttaa tulevaisuuden suunnittelijoita soveltuvuusarvion rajoitteista siinä tapauksessa, että kaapeleille saatettaisiin myöhemmin keksitä luovempaa käyttöä enemmän säteilyaltistusta aiheuttavissa kohteissa. Lopuksi pyydän lisäämään asiakirjaan tarkastusalueen "E&P Säteilyturvallisuus STA YE" ja sen tarkastajaksi Karvosena.

Yhteistyön voimaa

Seuraava aineisto koskee laitoksen erään venttiilityypin toimilaitteen rakennesuunnitelmaa. Loviisan laitos on puskenut sähköä verkkoon jo hyvän tovin, eikä kaikkiin sen käytössä oleviin komponentteihin tahdo enää helposti löytä varaosia markkinoilta. Osa varaosista voidaan kunnostaa tai valmistaa itsekin, kunhan ensin varmistetaan, että tällainen varaosa ja sen valmistusrutiinit täyttävät niille asetetut vaatimukset.

Tunnistan toimilaitteen kohdeventtiilin liittyvän osaksi laitoksen onnettomuuden hallintaa, joten laitan tiedustelun niiden tarkemmasta roolista onnettomuustilanteessa sisäryhmässä toimiville ydinturvallisuusasiantuntijoille. Asia jää näiltä osin odottamaan tarkempaa tietoa.

Kahvini ei ole ehtinyt juurikaan kupissa ni viilenemään, kun yksi edellä mainitun sisäryhmän asiantuntijoista ohi kulkiessaan tempaisee minut mukaansa juuri alkavaan palaveriin koskien laitoksella uusittavien termostaattien ympäristöolosuhdekelpoistukselle asetettavia vaatimuksia. Paikalla onkin hyvä joukko eri alojen asiantuntijoita, ja värikkään keskustelun lomassa asiat tuntuvat lopulta loksahtelevan paikoilleen kuin polttoaineniput reaktoriin konsanaan.

Eri alojen asiantuntijoiden yhteistyö on varsinkin ydinvoimapuolella välttämätöntä, jotta voidaan varmistaa riittävä turvallisuustaso suunnittelulle. Tässä yksittäisessä tapauksessa turvallisuutta pönkittää se, että kykenemme muodostamaan riittävän selkeän kuvan tarkasteltavien laitteiden toiminnasta ja niiden kokemista olosuhteista erilaisissa onnettomuustilanteissa.

Moodin vaihto

Palaverin ja ruokataun jälkeen päätän jatkaa rakennesuunnitelman vilkuilua, joka kuitenkin keskeytyy takanani kuuluvaan selkeästi tunnistettavaan hörähdykseen. Vanhempi tekninen asiantuntija Pikkarainen, päätoimisesti teol-

lisuuden ja tutkimuksen säteilyturvallisuus-asioiden parissa uraa tekevä säteilyturvallisuus-asiiantuntijamme, on päätyneet kenttäkierroksien välissä pääkonttorille ja istahtaa viereeni. Se on varma merkki hetkestä, jolloin on aika vaihtaa toimintamoodi ydinenergian puolelta teollisuuden ja tutkimuksen säteilyaskeleiden pariin.

Pakollisen sääkeskustelun jälkeen pääsemme lopulta itse asiaankin. Eräs hänen asiakkaansa oli hiljan miettinyt uuden mittauslaitteen hankintaa tuotantolinjallensa, ja oli sen ohessa jäänyt ihmettelemään laitteessa käytettäviä erikoiselta kuulostavia säteilyilmäisiä. Vastaavanlaisten ilmaisimien kanssa leikkiskelin aina aika ajoin yliopistoaikoina, joten vilkaisimme laitteen tietoja yhdessä ja laadimme asiakkaalle täppilistää kysymyksistä mittalaitteen esittelytilaisuuteen. Pääsääntöisesti STA:n työ keskittyy henkilöstön, toiminnan ja väestön säteilyturvallisuuteen, mutta toki pyrimme auttamaan asiakkaitamme myös muissa säteilyyn liittyvissä kysymyksissä.

Täppilistän laadinnan jälkeen vaihdamme perinteiseen tapaan kuulumiset yhteisten asiakkaidemme osalta ja samalla myös vähän muidenkin, sillä vaikka meillä STA-toiminta henkilöityy asiakkaan näkökulmasta ensisijaisesti heille nimettyyn asiiantuntijaan, täältäpäin katsoen asioita kuitenkin työstetään tarvittaessa myös isommalla tiimillä. Säteilyturvallisuuden pelikenttä on laaja, ja parhaiten hommat saadaan maaliin, kun niitä tehdessä hyödynnetään tehokkaasti eri asiiantuntijoiden vahvuusalueita.

Suuruusluokat hallussa

Keskustelu katkeaa kalenterihälytykseen. Olin jo ehtinyt vallan unohtaa antaneeni vihdoin suostumukseni purukalustoni tarkastamiseen, jonne oli jo aika kiirehtiä. Hammaslääkärin ehdotellessa leukaperieni kuvantamista heidän hienolla ja uutuutnaan kiiltävällä röntgenlaitteellaan, utelen että mahtaakos lääkäri osata kertoa, että kuinka paljon säteilyannosta operaatiosta minulle koituukaan?

Hieman empien hän muistelee annoksen vastaavan samaa suuruusluokkaa, kuin mitä täältä kylmästä pohjolaista Euroopan ylitse etelään lämpöön lentämällä saisi. ”Eli parisen sataa banaaniekvivalenttia, kuten Pikkarainen koulutuksessaan toteaisi” naurahdan hiljaa mielessäni, samalla kun totean hänen esittämän

Hyvin laadittu työmäärän sisältää työn luonteen huomioivan työkohtaisesti laaditun säteilysuojelusuunnitelman varmistamaan henkilöstön mahdollisimman alhaisen altistumisen säteilylle (kuva: Fortum).

suuruusluokan olevan riittävän kohdillaan. STA hallitsee myös säteilyn moninaiset mittayksiköt.

Päivä STA:n matkassa teollisuudessa ja tutkimuksessa

Herätyskello soi kuudelta. Sitä se on tehnyt arkipäivisin jo kymmenen vuotta. Samana ovat pysyneet myös muut aamurutiinit. Koiran murrot likoamaan ja puolentunnin päästä aamupalan tarjoilu sekä siitä sitten suoraan aamulenkillille. Tämän jälkeen omien hampaiden pesu, varusteiden keräily ja tiedustelut siitä kenet pitää tänään kyyditä ja minne.

Tämä on normaali aamuni kotona koronapandemian jälkeen. Siirryn nykyisin hyvin mielelläni toimistolle reilun kahden kotona vietetyn vuoden jälkeen. Toimistolla on työskentelyyn tarkoitettu ergonomia, useita lounasvaihtoehtoja ja ennen kaikkea muita ihmisiä. Nykyisin jään kotiin vain, jos jokin sitä erikseen vaatii.

Toimistolla aamu aloitetaan kahdella kupilla teetä. Hyvällä tuurilla ensimmäinen palaveri on vasta joskus kymmenen jälkeen, mutta yleensä siihen törmää jo yhdeksältä. Ilman palaveria siinä ehtii edes hieman katsoa päivän, viikon ja ehkä seuraavan viikon tehtäviä. Mutta tämä ei eroa kenenkään toimistotyöntekijän rutiineista.

Maailmalle

Kun aloitin aikoinani työt Fortumilla turvallisuusryhmässä, niin esimies sanoi, ettei näissä hommissa sitten tarvitse juosta. Ja sama pätee myös STA-hommissa. Kyllä reissuun lähdöt mo-

nesti sovitaan vähintään kuukautta eteenpäin, joten pakkaamisen jättäminen viime tinkaana on ihan itsestä kiinni. Pääkaupunkiseudulla sijaitseva asuinpaikkani yleensä aiheuttaa sen, että asiakkaiden luokse mennessä aamuherätykset tahtovat olla kohtuu aikaisia. Monesti siirtymä kannattaa tehdä jopa edellisenä iltana. Valtaosa asiakkaista kun sijaitsee kuitenkin selvästi Kehä III:n ulkopuolella.

Asiakkaan luokse mennään useasta eri syystä. Tutustumiskäynnillä luodaan hyvä suhde asiakkaaseen ja opitaan paljon heidän toimintatavoistansa sekä -ympäristöstänsä. Tällöin katsotaan läpi dokumentaatiota, organisaatiota ja tietenkin säteilylähteet. Tällöin kannattaa olla varautunut kaikkeen, eli kaikki kalusto mukaan. Myöhemmällä vierailulla asiakas ja heidän tapansa ovat tulleet jo tutummiksi, joten osan varusteista voisi tiputtaa pois kyydistä. Mutta koskaan ei tiedä tuleeko matkan varrelle jokin yllätysmutka.

Koulutuskäynneissäkin löytyy eroja. Luokahuonekoulutukseen pienimmillään voi varautua kannettavalla ja sen laturilla. Mukaan voi lisätä VR (virtual reality) -lasit tai vaikka säteilylähdesimulantit etsintäharjoitusta varten. Todellisessa ympäristössä tapahtuva koulutus vaatii jo sitten usein suojaruustuksen ja mitauskalustoa mukaan.

Asiakkaan tontille pääseminen on joskus sitten oma hommansa. Hiemankin isommat firmat omaavat omat koulutukset alueella liikumiseen, jotka suoritetaan joko etukäteen netissä tai sitten vastaanotto toimiston tiskillä. Myös vaadittu suojaruustus terästehtaan ja leipomon välillä vaihtelee huomattavasti.



STUKin teollisuuden ja tutkimuksen 14. säteilyturvallisuuspäivillä päästiin kokeilemaan umpisäteilylähteen tarkastuskoulutukseen kehitettyä VR-sovellusta (kuva: Iiro Naamanka).



Yhteistyön voima

Eikä tässä yksin pakkaa sekoiteta, kun käytössä on ison organisaation edut. Kun asiakkaan säteilynkäyttö liittyy luonnonsäteilyyn, niin hiivin varmistamaan mielikuviani johtavan vanhemman erityisasiantuntija Lindholmin juttusille. Kun ajatukseni tarvitsevat vahvistuksia kentällä tehtävän mittaamisen saralla, MS Teams ottaa yhteyden Loviisan säteilysuojeluinsinööriin Hirvelä/Mattila/Salminen/Viljanmaa, riippuen käytettävästä mittaustavasta.

Kun asiakkaan asioissa liikutaan akselilla röntgenit, labramittaukset, analyysit ja annokset niin pyrin taklaamaan tällöin pääsuunnittelija Karvosen. Niitin on vain osuttava kohdalleen, sillä hänen vastataklauksensa alle jääminen tietää ikävyyksiä. Tässä vain muutamia nimiä mainittuna meidän asiantuntijoiden laajasta piiristä.

Ja tietenkin sitten on vielä lähin taisteluparini projektipäällikkö Luukkanen, joka tietää kaiken menoistani ja tuloistani sekä osaa usein kertoa minulle miltä tulevaisuus näyttää, niin aikataulun kuin talouden osalta.

Keskiössä asiakas

Meillähän näitä hommia tehtäisiin ilman ulkopuolisia asiakkaitakin, kun noita omia laitoksia ja niiden säteilylähteitä löytyy jos jonkinlaiseen puuhasteluun. Mutta kyllä asiakkaiden kirjava säteilylähdevalikoima tuo hyvät mausteet mukanaan töihimme. Muutamista perusumpilähteistä huolehtiminen menisi nopeasti rutiinin puolelle.

Pahinta tässä työssä on hotellikuolema. Ensimmäinen, toinen ja joskus vielä kolmas ilta samassa hotellissa menee, mutta sen jälkeen alkaa sekin rutinoitua niin pahasti, että toivoo edes jotain vaihtelua. Ehdottomasti parasta tämän työn antia ovat ihmiset, niin oman

firman kollegat kuin asiakkaatkin. On hienoa nähdä kuinka hyvää työtä eri alojen ihmiset tekevät ja ennen kaikkea kuinka ylpeitä he työstään ovat ja kuinka innoissaan he siitä puhuvat. On ehdottomasti kunnia saada mahdollisuus parantaa heidän työturvallisuuttaan.

Koulutusta säteilyn käyttäjille teollisuudessa ja tutkimuksessa

Projektipäällikkö Luukkasen toimistopäivä alkaa matkustamisella linja-auto-juna-metroyhdistelmällä Tampereelta pääkonttorille Espoon Keilalahteen. Matkalla ehtii hoidella projektien, markkinoinnin, tarjousten, tilausten ja tuotekehityksen kirjallisia tehtäviä.

Toimistolla vanhempi tekninen asiantuntija Pikkarainen murahtaa iloisesti, kun saavun hänen lähistölleen ja yritän löytää vapaan työpisteen keskusteluetäisyydeltä. Yleensä sellainen tarvitsijalle löytyy. Käymme läpi STA-palveluiden tilannetta laajalla skaalalla. Tarkistamme asiakastöiden tilanteen ja mietimme, missä järjestyksessä ja kenen toimesta tarvittavia toimenpiteitä tehdään. Kun asiakaspuolen asiat on juteltu, huomio siirtyy koulutuspalveluihimme ja ennen kaikkea koulutuksen kehittämiseen digitaalisiin muotoihin.

RadEx tuottaa vuodessa useita koulutuksia teollisuuden ja tutkimuksen ulkoisille asiakkaille. Koulutettavina on usein säteilyn käyttöön osallistuvaa henkilöstöä, säteilytyöntekijöitä ja säteilyturvallisuusvastaavia. STV:n tutkintokoulutusta emme tällä hetkellä toimita, mutta täydennyskouluksemme ovat kelvanneet asiakkaillemme mainiosti.

Olimme jo pari kolme vuotta aiemmin alkaneet kehittämään koulutuksia varten VR-sovellusta, jolla voi harjoitella teollisuudessa yleisten umpilähteiden tarkastusta ja erilaisia poikkeamatilanteita tarkastukseen liittyen. Se

on ollut toimivana tuotantoversiona jo yli vuoden. VR-sovellus on käytössä täydennyskoulutusten tukena. Koulutuksen kokijat ovat olleet tyytyväisiä elämykseen. Meluisassa prosessitilassa koulutuksen sijaan oppijat suorittavat koulutuksen hyvin todentuntuisesti ja immerssiivisesti.

Asiakashaastattelujen sekä erilaisten toimintamallien kokeilemisen myötä meille on kertynyt ymmärrystä erilaisista digitaalisista ratkaisuista palveluidemme ja koulutuksen apuna. VR-elämyksen rinnalle kokeilemme VR-koulutusaineistosta muokattua 360-mikrokoulutusta, joka on mahdollista suorittaa oppijan omalla kännykällä, tabletilla tai läppärillä.

Viime syksynä aloimme viemään eteenpäin ajatusta säteily- ja säteilyturvallisuusosaamisen monistamisesta verkkokoulutukseksi. Asiantuntijoidemme energian määrä oli – jos mahdollista – yli kaikkien mitta-asteikoiden, kun ideoimme ja puristimme korkeimman tason osaamista mahdollisimman yksinkertaiseen ja ymmärrettävään muotoon.

Hyödynnämme verkkokoulutusta osana lähikoulutustarjontaamme, jolloin yksittäinen oppija pääsee keskittymään aiheeseen hänelle sopivana ajankohtana ennen luokahuonekoulutusosuutta. Verkkokoulutus sopii loistavasti myös perehdytykseen ja perusasioiden kertaukseen. Verkkokoulutus on julkaistu käyttöön omalle henkilökunnallemme ja lisäksi sitä myydään kiinnostuneille verkkokoulutuksia myyvässä verkkokaupassa. Verkkokoulutus on saatavilla suomenkielisen version lisäksi ruotsiksi ja englanniksi.

Koulutusjärjestelmävisioiden kehittäminen jatkuu: esimerkkinä mainittakoon jo toteutettujen koulutusmoduulien parantaminen. Esittelimme STA-palveluitamme ja koulutuksiamme STUKin teollisuuden ja tutkimuksen 14. säteilyturvallisuuspäivillä huhtikuussa 2023.

Koulutusta STA:lle

Kuten artikkelista on käynyt ilmi, STA:n osaaminen on laaja-alaista ja työtehtävät voivat vaihdella merkittävästi yksittäisenkin päivän sisällä. STA:n ammattitaito perustuu laaja-alaiseen pohjakoulutukseen, säteilysuojeluosaamiseen ja oman toimialansa erityispiirteiden ymmärtämiseen. Jotta asiantuntija voisi hakea STA:n pätevyyttä STUKilta, hänellä tulee olla ylempi korkeakoulututkinto soveltuvalta matemaattis-luonnontieteelliseltä tai tekniseltä alalta ja hänen on saatava oman osaamisalan edellyttämä säteilysuojelukoulutus.

STA:n säteilysuojelukoulutus kerrytetään nykyisin tyypillisesti osana ylempää korkeakoulututkintoa. Hallituksen esityksessä (28/2018) teoreettisen koulutuksen kokonaisuudeksi on mainittu noin 15 op. Säteilysuojelukoulutus jakautuu neljään osaamisalueeseen: tieteellinen perusta ja yleistieto säteilystä, mittaustekniikka ja laskennalliset menetelmät, säteilysuojelu ja säteilytoiminta. Suomessa ei ole vielä saatavilla STA:n pätevyyteen soveltuvaa säteilysuojelukoulutusta: aihetta käsittelee STUKin ja yliopistojen muodostama STA-koulutusta koordinoiva neuvottelukunta (STAKONE).

Pelkät paperit eivät kuitenkaan takaa ammattipätevyyttä vaan STA:n tulee osoittaa, että hänelle on kertynyt riittävästi työkokemusta. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa ionisoivasta säteilystä (1044/2018) edellytetään, että STA:n pätevyyttä hakevalla on kertynyt vähintään kahden vuoden työkokemus

osaamisalaltansa tai sitä vastaavissa tehtävissä. Tällä taataan, että STA:lla on tarvittava ymmärrys säteilytoiminnasta sekä rautainen osaaminen työtekijöiden ja väestön säteilyturvallisuuden varmistamisessa.

Uusia, tulevaisuudessa STA-pätevyyttä hakevia perehdytetään Fortumilla työn ja roolin vaatimuksiin erilaisten toimeksiantojen kautta. Esimerkiksi teollisuuden ja tutkimuksen toimeksiantoissa asiantuntija osallistuu pätevyyden omaavan STA:n kanssa toiminnanharjoittajan säteilytoimintaan ja laatii STA:n tukiessa turvallisuusarvion säteilytoiminnalle. Vastaavasti asiantuntijat osallistuvat päivittäin luvanhaltijalta tuleviin toimeksiantoihin kuten säteilysuojeluslaskentaan tai säteilysuojelusuunnitelmien laadintaan. Nämä kerryttävät tarvittavaa työkokemusta, mutta myös kouluttavat tekijänsä asiantuntija-alueensa erikoispiirteisiin.

Pätevyyden ylläpitoa tarvitaan


Koulutus ei kuitenkaan rajaudu vain perehdytykseen: kerran hankittua pätevyyttä tulee STA:nkin ylläpitää. Edellytyksenä on, että täydennyskoulutusta tulee saada tai hankkia vähintään 20 tuntia viiden vuoden aikana. Koulutukset koostuvat osin asioita kertaavista asioista, mutta niiden tulee olla myös uutta osaamista kerryttäviä tai jo hankittua syventäviä.

Koulutuksissa voidaan käydä esimerkiksi läpi lainsäädännön päivityksiä ja niiden vaikutuksia toimintaan, mutta myös syventyä säteilyannostasojen mallintamiseen tai väestön

säteilyannoslaskennan saloihin. Joissakin koulutuksissa voidaan käydä läpi toimeksiantoja, joissa esitellään suunnitteluun osallistuneiden asiantuntijoiden toimesta tehtyjä analyysejä ja hyväksi havaittuja menettelyitä sekä jaetaan saatuja oppeja mutta myös kohdattuja haasteita laajemmin asiantuntijajoukolle.

Fortumilla STA:n koulutuksia painotetaan osaamisalojen mukaisesti säteilytoimintaan teollisuudessa ja tutkimuksessa tai ydinenergian käyttöön. Osa koulutuksista voidaan antaa yhteisinä molemmille osa-alueille. Ydinvoimalaitoksen säteilyyn käyttö on laaja-alaista ulottuen aina avolähteistä loppusijoitettavaan ydinjätteeseen. Monesti koulutuksissa voidaan siten hyödyntää ydinenergian käytön työntekijöiden ja väestön säteilysuojelussa hyväksi todettuja menettelyitä, joissa huomioidaan teollisuuden ja tutkimuksen erityispiirteitä.

Osaamisen ylläpitoa tukee myös Fortumin asiantuntijoiden arkinen aherrus, jossa STA:t kertaavat oppimiaan asioita toimiessaan luvanhaltijoiden tai toiminnanharjoittajien säteilyturvallisuusvastaavien tukena tai muissa mahdollisissa asiantuntijatehtävissä.

Miten STA:n ammattipätevyyden ylläpitoa seurataan? Fortumilla työntekijöiden koulutuksista löytyy kirjanpito, jonka perusteella STA:n saama täydennyskoulutus voidaan todentaa. Lisäksi toiminnanharjoittaja tai luvanhaltija voi pyytää STA:ta osoittamaan, että hän saanut riittävän määrän täydennyskoulutusta ja siten ylläpitänyt omaa ammattitaitoaan. 

Säteilyturvallisuusasiantuntija – käytännön kokemuksia viranomaisen näkökulmasta



FM Maaret Lehtinen

Johtava asiantuntija
Säteilyturvakeskus
maaret.lehtinen@stuk.fi

Uudistettu säteilylaki toi mukanaan uuden ammattikunnan, säteilyturvallisuusasiantuntijat, ydinenergian käyttöön ja säteilytoimintaan teollisuudessa ja tutkimuksessa. Tässä artikkelissa luodaan katsaus uudistuksen taustoihin ja käytännön kokemuksiin.

Teksti: Maaret Lehtinen

SÄTEILYTURVALLISUUSASiantuntijat (STA) ovat suhteellisen uusi ammattikunta. Suomessa tämä tehtävä otettiin käyttöön, kun säteilylaki uusittiin vuonna

2018. Tavoitteena oli lisätä asiantuntijoiden käytettävyyttä ja palveluiden saatavuutta. Toisaalta tavoitteena oli myös poistaa viranomaiselta kaksoisrooli, jossa säteilyyn käyttäji-

en opastuksesta ja neuvonnasta turvallisisa toimintatavoissa ja säteilyturvallisuusjärjestelyissä sekä näihin kohdistuvasta valvonnasta vastasi sama taho.

Keitä nämä STA:t ovat?

STA:t ovat säteilysuojeluun syvällisesti perehtyneitä asiantuntijoita, joilla on sekä teoreettista että käytännön kokemusta omalta osaamisalaltaan. STA:n osaamisalat ovat ydinenergian käyttö, säteilytoiminta teollisuudessa ja tutkimuksessa sekä säteilytoiminta terveydenhuollossa ja eläinlääketieteessä. Viimeksi mainitulla osaamisalalla STA:na voivat toimia sairaalafyysikot ja sillä alalla lakiuudistuksen vaikutukset olivat melko vähäiset eläinlääketiedettä lukuun ottamatta.

Osaamisaloista erityisesti säteilytoiminta teollisuudessa ja tutkimuksessa on hyvin laaja ja sisältää paljon erilaisia toimintoja varsinaisen teollisuuden ja tutkimuksen lisäksi, kuten säteilyn käytön opetuksessa ja luonnonsäteilylle altistavan toiminnan.

Osa STA:ista toimii asiantuntijatehtävissä pääosin omassa työpaikassaan, mutta osa tarjoaa STA-palvelua toisille yrityksille. Osa toimii lähinnä yksin, mutta lisäksi on muutamia STA-palveluita tarjoavia tahoja, joissa STA:iden muodostama tiimi tuottaa palvelua yhdessä.

Mistä sopiva STA? Mitä pitää huomioida?

Oleellista – ja välillä hankalaakin – on löytää omaan toimintaan sopiva STA. Erityisesti sellaisessa toiminnassa, joka sisältyy hyvin laajaan osaamisalaan, kuten säteilytoiminta teollisuudessa ja tutkimuksessa, on hyvä varmistaa ennalta, että odotukset ja tarjonta kohtaavat. Vaikka STA:lla onkin oikeus toimia kaikissa kelpoisuutensa mukaisen osaamisalan toiminnissa, on sanomattakin selvää, että osaaminen kohdentuu laajalla alalla aina joihinkin tiettyihin käyttösovelluksiin ja altistustilanteisiin.

Yleisiä ohjeita ja neuvoja saa varmasti kaikilta asiantuntijoilta, mutta toiminnasta ja asiantuntijan taustasta riippuen yhteistyötä asiantuntijan ja toiminnanharjoittajan sekä muiden vastuuhenkilöiden, kuten säteilyturvallisuusvastaavan (STV), välillä saatetaan tarvita eri määrää. Ja joka tapauksessa tiedon on kuljettava sujuvasti molempiin suuntiin.

Ennen asiantuntijan palkkaamista tai sopimuksen tekemistä onkin hyvä selvittää, että oman yrityksen toiminnan säteilysuojeluun liittyvät erityistarpeet ja -vaatimukset tulevat varmasti huomioiduksi. Tätä varten on varmistuttava siitä, että STA:lla on tarvittava osaaminen ja soveltuva kokemus juuri kyseisestä

toiminnasta. Kannattaa myös muistaa toiminnanharjoittajan vastuu, eli yksikään asiantuntija ei voi ratkoa ongelmia tai esittää toimivia ratkaisuja ilman riittävää tiedonsaantia ja yhteistyötä. Toiminnanharjoittaja vastaa aina turvallisuudesta.

Muodollisen kelpoisuuden ja työkokemuksen lisäksi STA tarvitsee siis ennen kaikkea riittävän syvällisen toimialatuntemuksen voidakseen antaa soveltuvia ja hyödyllisiä neuvoja ja ohjeita. Varsinaisen asiantuntemuksen lisäksi on hyvä varmistua siitä, että viestintätavat kohtaavat siinä määrin, ettei väärinkäsityksiä tule ja asiantuntija osaa selittää monimutkaista tietoa riittävästi – mutta ei liikaa – yksinkertaistaen ja ymmärrettävällä tavalla. Muutoin on vaarana se, että neuvojen tarkoitus ja merkitys ei avaudu eikä niitä siitä syystä tule noudatettua. Asiantuntijan tavoitettavuus on myös oltava riittävä toimintaan nähden.

Mitä STA:t käytännössä tekevät?

Säteilylain mukaan toiminnanharjoittajan on kuultava säteilyturvallisuusasiantuntijaa työntekijöiden ja väestön säteilysuojelua koskevissa kysymyksissä, mikäli toiminnasta voi aiheutua työperäistä, väestön tai potentiaalista altistusta. Ylipäänsä STA:n puoleen on syytä kääntyä aina, kun neuvoja tarvitaan.

Typillisesti STA:ta käytetään uutta säteilytoimintaa aloitettaessa tai toimintaa muutettaessa niin, että työperäisen tai väestön altistuksen luokka muuttuu. STA:n neuvoja tarvitaan myös, kun säteilytoiminta lopetetaan ja kyse on ollut radioaktiivisten aineiden käsittelystä. Myös mikä tahansa sellainen tilanne, jossa työntekijöiden tai väestön säteilysuojelussa havaitaan ongelmia, on hyvä käsitellä STA:n kanssa. Erityisesti säteilyturvallisuuspoikkeamat ja niihin varautuminen ovat tällaisia asioita.

Säteilytoiminnan aloittaminen ja sen suunnittelu on se hetki, jolloin kannattaa olla tarkkana ja varmistaa STA:n osaamista hyödynnäen, että työnteko on alusta alkaen turvallista. Toiminnan aloitusvaiheeseen liittyy paljon sellaisia tehtäviä, joiden pohjalta luodaan hyvät ja toimivat käytännöt sekä laaditaan erilaisia työssä tarvittavia dokumentteja ja ohjeita. Erityisesti näihin on syytä käyttää STA:n asiantuntemusta samalla siitä huolehtien, että toimintaan osallistuvat perehtyvät kukin tarvittavilta osin näihin asioihin.

Toimitilojen osalta on mietittävä työskentelyalueet, niiden luokittelu, säteilylähteiden ja -laitteiden käyttöpaikat, varastointi ja tarvittavat varoitusmerkinnät. Työntekijöiden ja väestön osalta taas on arvioitava altistuminen ja luokiteltava säteilytyöntekijät mahdollisen altistumisen perusteella, sekä mietittävä miten

altistusta saadaan rajoitettua ja säteilysuojelutoimet optimoitu. Säteilyalistuksen seuraaminen sekä tarvittaessa työntekijöiden annosmittarien käyttö on järjestettävä ja hankittava muutenkin tarpeelliset ja käyttöön soveltuvat säteilymittarit.

Säteilytoiminnasta on myös laadittava turvallisuusarvio, tehtävä laadunvarmistusohjelma ja tarvittaessa turvajärjestelysuunnitelma. Säteilyn parissa työskenteleviä varten on laadittava ohjeistusta sekä tavanomaista toimintaa että säteilyturvallisuuspoikkeamia varten. Lisäksi on määriteltävä, millaista säteilysuojelukoulutusta tarvitaan ja tehtävä koulutussuunnitelma.

Parhaimmillaan STA:t voivat siis auttaa yrityksiä varmistamaan työntekijöidensä säteilyturvallisuuden, noudattamaan säädöksiä ja lisäämään tuottavuutta samalla, kun minimoidaan säteilyyn liittyvien onnettomuuksien tai vaaratilanteiden riski.

Hyötyä vai haittaa?

Kuka ja miten tästä kaikesta sitten hyötyy? Viranomaisena toimivan STUKin osalta tilanne on helpottunut siltä osin, että on selkeästi jokin taho, jonka puoleen voi kehottaa kääntymään, kun säteilytoiminnassa tarvitaan asiantuntevaa apua eli vankkaa säteilyturvallisuuden ja toimialan tuntemusta. Aiemmin tilanne on ollut hankala, jos viranomaisena on joutunut neuvomaan säteilyturvallisuusjärjestelyissä ollen kuitenkin itse se taho, joka myös valvoo toimintaa.

Läpinäkyvyys ja riippumattomuus on lisääntynyt huomattavasti STA:n ammattikunnan myötä. Viranomaisen kannalta pienenä haittana voidaan nähdä työmäärän lisääntyminen kelpoisuuspäätösten tekemisessä ja uudenlaisen prosessin luominen. Pidemmällä aikavälillä tämä kuitenkin varmasti maksaa itsensä takaisin.

STA:iden osalta taas asiantuntijuudelle on nyt hieman aiempaa laajemmat markkinat ja selkeä tilaus. Myös yhteistyön tekeminen samaa asiaa hoitavien kesken voi olla luontevampaa kuin se olisi muuten. Työmäärä STA:illa ei kuitenkaan pysy vakiona, sillä suurin tilaus STA:n osaamiselle on silloin, kun säädökset muuttuvat suuresti – erityisesti turvallisuusarvioiden tekeminen ja niissä neuvominen on työllistänyt STA:ita. STA:iden on huolehdittava oman asiantuntemuksen ylläpidosta myös silloin, kun asiantuntijatyötä on vähemmän tarjolla. Tämä on siis otettava työjärjestelyissä huomioon.

Säteilytoimintaa harjoittavat hyötyvät tilanteesta siten, että heillä on mahdollisuus saada omaan toimintaansa nähden yksilöllistä, asiantuntevaa opastusta, neuvoja ja tukea. Hyödyt

– ja vastaavasti haitat – vaihtelevat paljonkin yrityksen koon mukaan, kuten myös säteilytoiminnan laajuuden mukaan. Isommassa yrityksessä, jossa säteilyä käyttöä on laajasti, se on vaativaa tai oleellinen osa yrityksen toimintaa, voi olla luontevaa, että STA on yrityksen oma työntekijä. Tällöin asiantuntemuksen saatavuus, toiminnan tuntemus ja työtehtävien joustava käyttö on helpompi järjestää.


Pienemmissä yrityksissä ja silloin, jos säteilyä käyttö on vain pieni sivujuonne toiminnassa, voi konsulttipalvelun ostaminen olla parempi vaihtoehto. Tämä tuo kustannuksia, mutta toisaalta asioiden tekemisellä ja opetelmisella on joka tapauksessa hintansa. Lisäksi asiantuntijat voivat auttaa tunnista-

maan paremmin mahdollisia vaaratilanteita, opastaa ja kouluttaa työntekijöitä tarvittavilta osin sekä parhaimmillaan tätä kautta auttaa estämään säteilyturvallisuuspoikkeamien syntyminen ja siten auttaa välttämään niiden selvittämisestä aiheutuvaa työtä ja kustannuksia.

Entä tulevaisuus?

STA:n käyttö on vasta vakiintumassa osaksi säteilyturvallisuustyötä. Koulutusta on toistaiseksi tarjolla melko vähän, mutta sen osalta on menossa hankkeita, joissa kootaan STA:lle soveltuvaa koulutuspakettia. Tarkoitus on myös luoda uusi verkkokurssi, joka kattaisi niitä osa-alueita, joihin koulutusta ei tällä hetkellä

oikein löydy. Erityisesti säteilytoimintaan liittyvät asiat opitaan nykyisin vain käytännössä, mikä väistämättä kaventaa asiantuntijoiden osaamiskenttää, sillä harva ehtii tai harvalla on käytännön tasolla mahdollisuus osallistua kovin monenlaiseen säteilytoimintaan.

STA:n käyttövelvoitteen toimivuutta ja koko konseptia tullaan arvioimaan säteilylainsäädännön kokonaisuudistuksen onnistumista arvioitaessa. Erityisesti osaamisalojen laajuus on aiheuttanut keskustelua vahvuksiensa ja haasteidensa vuoksi. Myös ulkomailla koulutuksen saaneiden osalta tilannetta ja kelpoisuuden saantimahdollisuutta sekä työvoiman liikkuvuutta arvioidaan kansainvälisissä työryhmissä. 

MUISTOISSA

Loviisan ydinvoimalaitosprojektin ”oravakomppania” menetti jäsenen

DIPLOMI-INSINÖÖRI VIKTOR NOVITSKY kuoli Espanjan kodissaan El Vergerissä 29. tammikuuta 2023 äkilliseen sairauskohtaukseen. Hän oli 81-vuotias, syntynyt Helsingissä 13. syyskuuta 1941. Viktor Novitskyn perheeseen kuului vaimo Nina sekä kaksi poikaa.

Viktor Novitsky kirjoitti ylioppilaaksi Suomalais-venäläisestä koulusta 1958. Diplominsinööriksi hän valmistui Teknillisestä Korkeakoulusta Koneinsinööriosaston laivanrakennuksen opintosuunnalta vuonna 1970.

Työuransa Novitsky aloitti vuonna 1969 tutkimusassistenttina Teknillisessä Korkeakoulussa. Imatran Voimaan hän tuli projekti-insinööriksi yhtiön Atomivoimaprojektiryhmään vuonna 1970. Tämän nuorekkaan ”oravakomppaniaksi” kutsutun yksikön tehtävänä oli toteuttaa IVOssa Suomen ensimmäinen ydinvoimalaitosprojekti, neuvostoliittolaisella painevesireaktorilla varustettu malli VVER 440. Niitä rakennettiin 1970-luvulla kaksi yksikköä, Loviisa 1 ja 2.

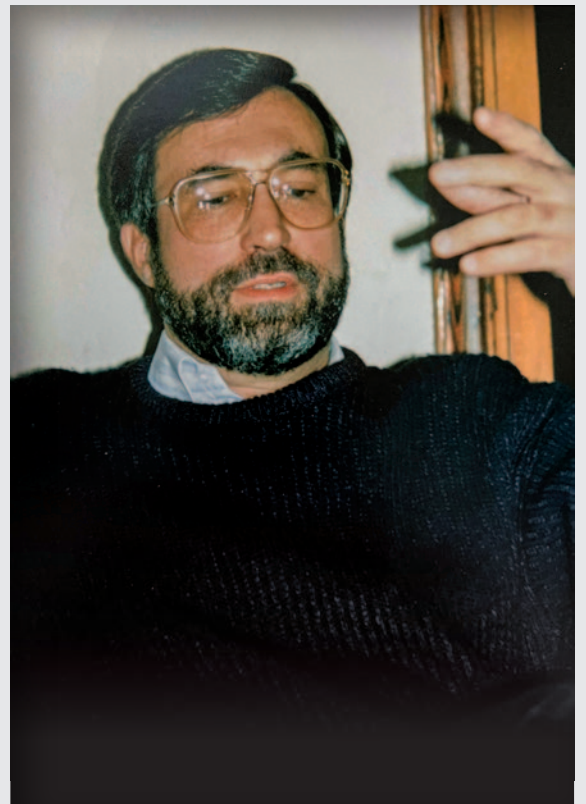
Yksiköt muunnettiin kansainvälisiksi läntiset turvallisuusvaatimukset täyttäväksi laitoksiksi ja ne ovat jatkuvasti kuuluneet alallaan maailman parhaimmiston; käyttöluvatkin on

hiljattain jatkettu vuoteen 2050 saakka. Novitskyn avuna vaativassa hankkeessa oli teknillisen osaamisen ohella täydellinen venäjän kielen taito.

Vuosina 1978–1981 Viktor Novitsky toimi Moskovassa Suomalais-neuvostoliittolaisen kauppakamarin Moskovan edustuston johtajana. IVOon Novitsky palasi eri asiantuntijatehtäviin 1981. IVO International – Power Engineeringin markkinointijohtajana Novitsky toimi vuodet 1989–1998. Uudessa Fortum Power Engineeringissä hän oli vuodet 1998–2001, minkä jälkeen hän jäi eläkkeelle.

Eläkkeelläkään mies ei jäänyt toimettomaksi. Hän perusti konealalla toimivan vienti- ja tuontiyhtiön Pronoco Oy:n, joka toimi menestyksellä useissa energia-alan projekteissa.

Työn ja energia-alan lisäksi perhe oli Viktorille tärkeä. Myös matkailu vaimonsa Ninan kanssa vei parin usein erilaisten vesistöjen maisemiin. Poliittinen historia sekä sukututkimus olivat myös rakkaita harrastuk-



sia. Lastenlapset olivat Viktorille tärkeitä. Hän nautti suuresti seurattessaan heidän kasvuaan ja kehitystään.

Sotilasarvoltaan Viktor Novitsky oli vänrikki.

Kirjoittajat: Juhani Santaholma, Kalervo Nurminen, Andrei Novitsky ja Aleksii Novitsky
Kirjoittajat ovat Viktor Novitskyn työtovereita ja poikia.

Energy Crisis and the Decommissioning Market

The energy crisis, electrification, war in Ukraine, emissions trading, and the lack of newbuild create increased demand for lifetime extensions for old nuclear power plants. Consequently, decommissioning of nuclear power plants might drop in new projects starting in the 2030s.

Text and figures: Daniel Kaartinen

AS PART OF THE DECOMM PROJECT, VTT conducted a study [1] on the decommissioning market in Europe, focusing on the decommissioning schedule of every power reactor in Europe. What year is each reactor planned to shut down, enter decommissioning, and finish decommissioning? What is the general trend, and what variables affect the schedule in various countries with differing energy policies? With these questions

answered, it became evident that the energy crisis and national energy policies are major factors for the decommissioning market.

Energy Crisis Driving a Change

The European energy landscape changed forever on the 24th of February 2022 with the Russian offensive in Ukraine. The following shortage of gas and oil helped the price of electricity and heat rise dramatically. Unfortunately, this happened at an inconvenient time: the emissions trading system had only recently begun to be effective, strengthening the energy shortage, while the world had globally begun its electrification, demanding more electricity.

The crisis has hit worst those countries most reliant on oil and those who have phased out their nuclear fleet, but even the countries with large shares of nuclear have had their share of price hikes. Now, if ever, nuclear is one of the ways to free a country from fossil fuel dependency. Not only is nuclear a way to a carbon-neutral future but a source of reliable baseload energy, which energy grids sorely need after the phase-out of fossil fuel-powered conventional plants.

A Demand to Keep Operating

The rise in electricity prices due to the war in Ukraine, electrification, and emissions trading is causing pressure on countries to keep their nuclear power plants running. Also, global warming demands more efforts regarding carbon-free electricity—nuclear seems like a good candidate, so why not keep operating?

Nuclear lifetime extensions have been the new norm for the past few years, as plants worldwide have applied for and received lifetime extension permits. The trend seems straightforward, but some uncertainty remains: How long will it go? As much as there is a need to keep the plants up, techno-economic challenges will eventually catch up; the ageing fleet can be kept online only for so long. Even countries that have decided to shut down all plants are keeping some plants operating longer than planned due to grid pressures.

As long as we do not build new plants, the need for lifetime extensions will rise, and with each new shutdown, there is increased pressure to keep the existing plants operating longer. So, in the long run, it will be a balance between techno-economic viability and safety—a challenge for both the regulators and the operators.

Ageing Fleets—Diverging Strategies during Energy Crisis

So far in Europe, four new reactors have started operating in the past 20 years. However, as the average plant age at shutdown is getting close to 45 years, and every year this is growing, and new reactor projects in Europe have had their share of difficulties, countries are responding with various strategies. Countries like Belgium, Germany, and Spain, who have already decided to phase out nuclear completely, are delaying their phase-out by operating the remaining plants for a few years longer to alleviate electricity demands for the moment.

Other countries have opted to extend the lifetime of their nuclear power plants. In Finland, Loviisa units will continue operation until 2050, and Olkiluoto units 1 and 2 until 2038. France has begun studying extensions of the lifetime of their ageing fleet to 60 years, and in the US, DOE (Department of Energy) is supporting extensions for up to 80 years. These and others have already decided on extensions or are preparing for extensions. Either way, one should not be surprised to see lifetimes of 60 to 80 years in the future for existing plants.



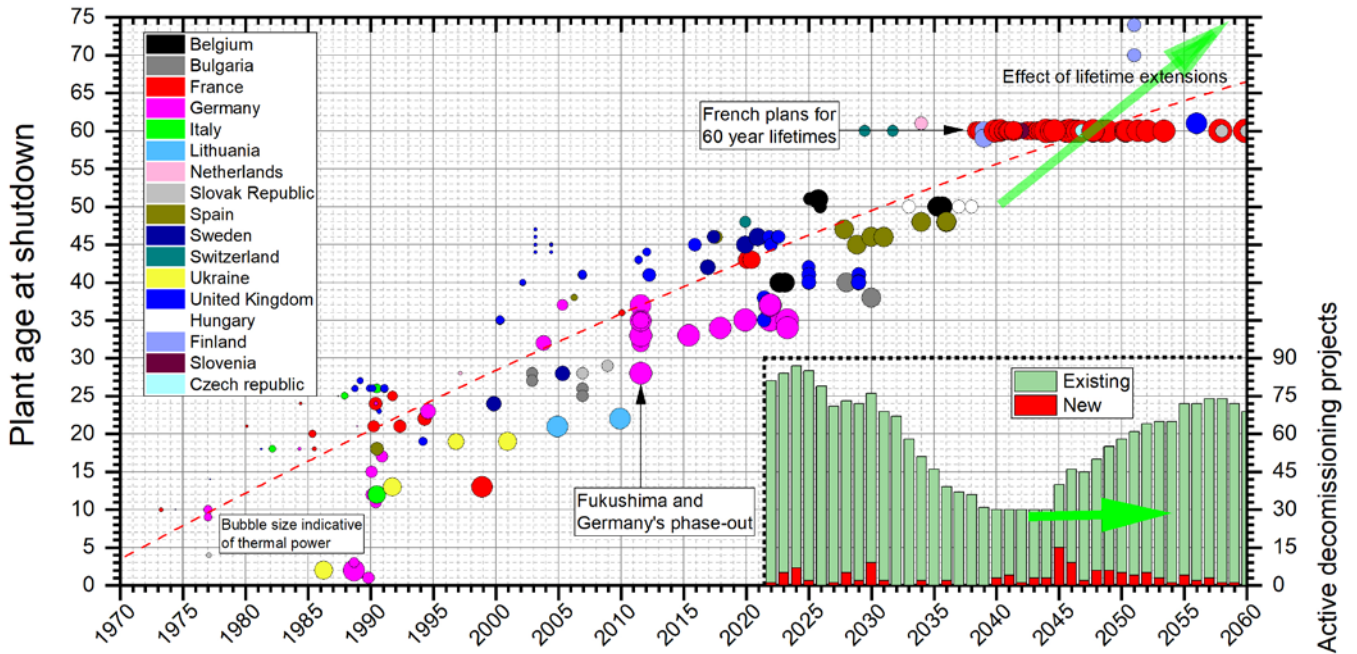
M.Sc. (Tech.) Daniel Kaartinen

Research Scientist

VTT Technical Research Centre of Finland Ltd.

daniel.kaartinen@vtt.fi

Permanent shutdowns of nuclear power reactors in Europe



Realized and foreseen nuclear power plant shutdowns in Europe, and the number of active decommissioning projects during the upcoming years [1]. The continuing lifetime extensions will push plant ages even further and consequently delay the start of decommissioning of a large part of the European fleet, causing a decline in the number of decommissioning projects starting from the 2030s.

Lastly, some countries have chosen new build, which is ultimately the long-term solution for the ageing fleets. Romania, Poland, Netherlands, Finland, France, UK, and Estonia have built, are building, or will build new plants soon. Even so, the electricity demand will keep growing, and more than the number of plants planned will be needed to fill the voids left by those shutdowns.

Uncertainty of Lifetime Extensions is Uncertainty for the Decommissioning Market

So, when is a plant being decommissioned? In ten years. And if one asked the same question ten years later, one would probably get the same answer. It is simply the nature of periodic safety reviews that there are no definite lifetimes. So, instead, the regulator tends to stamp another 5 to 15 years on a plant. The effect of this uncertainty is demonstrated in

the figure above: while one can only forecast the reactor shutdowns and the beginnings of decommission projects, these issues have major impact on the market.

The situation is constantly evolving: When only two years ago the French regulator granted a 50-year lifetime for the 900 MWe fleet, it is now exploring 60 years lifetime option, which will, if successful, push back decommissioning projects another decade. As our understanding of various ageing mechanisms improves, so does our knowledge of the capabilities of existing plants. It may be that we have been too conservative and the old plants still have much to give, or that we discover something new, which makes us re-evaluate lifetime extensions.

At the moment, only those countries adamant about nuclear phase-out provide a more predictable decommissioning market. However, because these projects are happening relatively soon, all the contracts may have already been signed.

Nuclear Renaissance and the Future of Decommissioning

As mentioned earlier, nuclear newbuild is one of the most reliable ways to solve the energy crisis. Looking at newly announced European projects and the upcoming SMR technology, things look bright. Nevertheless, there is still a long way to go before we reach a balance between ageing and new plants. The announced projects are far from the numbers needed to keep electricity demand in check.

From the point of decommissioning, there is a long-term possibility to plan to decommission the new modular plants. Just as the construction of the plants is a modular, assembly-line type of production, so can the decommissioning be planned to be similar to allow for a more straightforward type rather than case-by-case as has been the case for many existing large plants.

¹ D. Kaartinen, "European Decommissioning Market from 2022 onwards," EcoSMR & dEComm seminar, 23.11.2022

VTT:n kaukolämpöreaktori LDR-50 ja sähkönsyötön menetys

Rebekka Komu
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

VTT on kehittämässä pienreaktoria, joka toimii matalassa lämpötilassa ja paineessa. Reaktorin suunnittelu nojaa tunnettuun kevytvesireaktoriteknologiaan ja passiivisiin turvajärjestelmiin. Merkittävin innovaatio on passiivinen suojarakennustoiminto, joka kykenee jälkilämmönpoistoon ilman ainuttakaan mekaanista liikkuvaa osaa. Toiminnon testaukseksi analysoitiin sähkönsyötön menetys Aprosilla. Tulokset osoittavat, että passiivinen jälkilämmönpoisto onnistuu ja reaktori selviytyy tällaisesta tilanteesta viikkoja ilman aktiivisia toimenpiteitä.

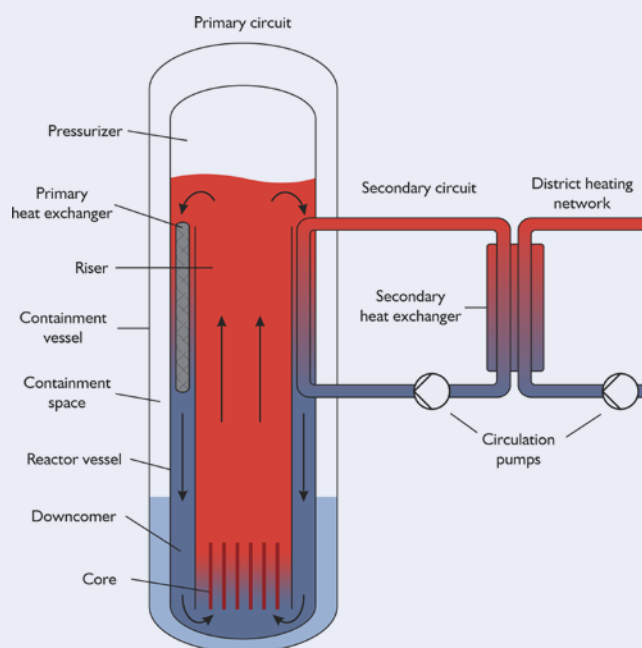
VTT is developing a small modular reactor that operates at low temperature and pressure. The design relies on traditional LWR technology and passive safety systems. A significant innovation is the passive containment function, which is capable of removing decay heat without any mechanical moving parts. The function was tested by analyzing a station blackout transient with Apros. The results show that the decay heat removal works as planned and the reactor manages on its own for weeks without any actions needed.

Vuodesta 2020 lähtien VTT on kehittänyt omaa pienreaktoria kaukolämmön tuotantoa varten. LDR-50 (Low-temperature District heating Reactor) nojaa hyvin tunnettuun kevytvesireaktoriteknologiaan ja passiivisiin turvajärjestelmiin. Nimellisteholtaan 50 megawatin reaktori toimii luonnonkierrolla matalassa lämpötilassa ja paineessa. Tärkeimpänä innovaationa on passiivinen suojarakennustoiminto, joka kykenee jälkilämmönpoistoon ilman yhtään mekaanista liikkuvaa osaa.

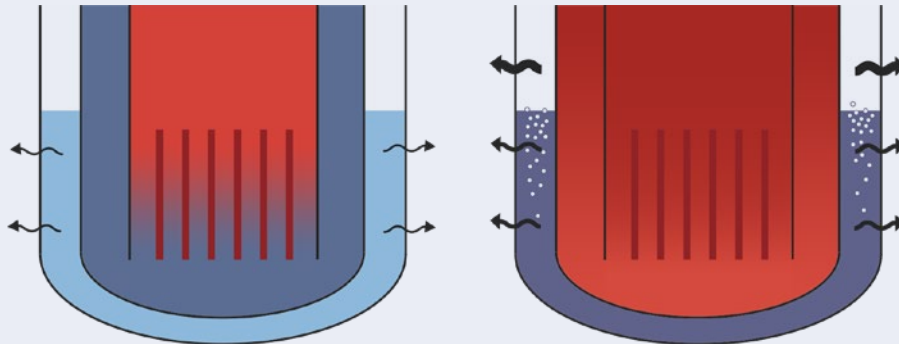
LDR-50 ja passiivinen jälkilämmönpoisto

Kaaviokuva LDR-50-yksiköstä on esitetty kuvassa 1. Yksikkö koostuu kahdesta sisäkkäisestä paineastiasta, jotka ovat upotettuna altaaseen. Sisempi astia, reaktoriastia, pitää sisällään reaktorisydämen ja koko primääripiirin. Ulompi astia toimii suojarakennuksena. Reaktori on erotettu kaukolämpöverkosta välipiirillä ja kahdella lämmönvaihtimella. Primääripiirissä jäähdyte kiertää luonnollisen konvektion avulla, kun taas sekundääripiiriin jäähdytettä kierrättävät pumput. Reaktori esipaineistetaan tyypellä, minkä jälkeen paine seuraa sydämen ulostulolämpötilaa.

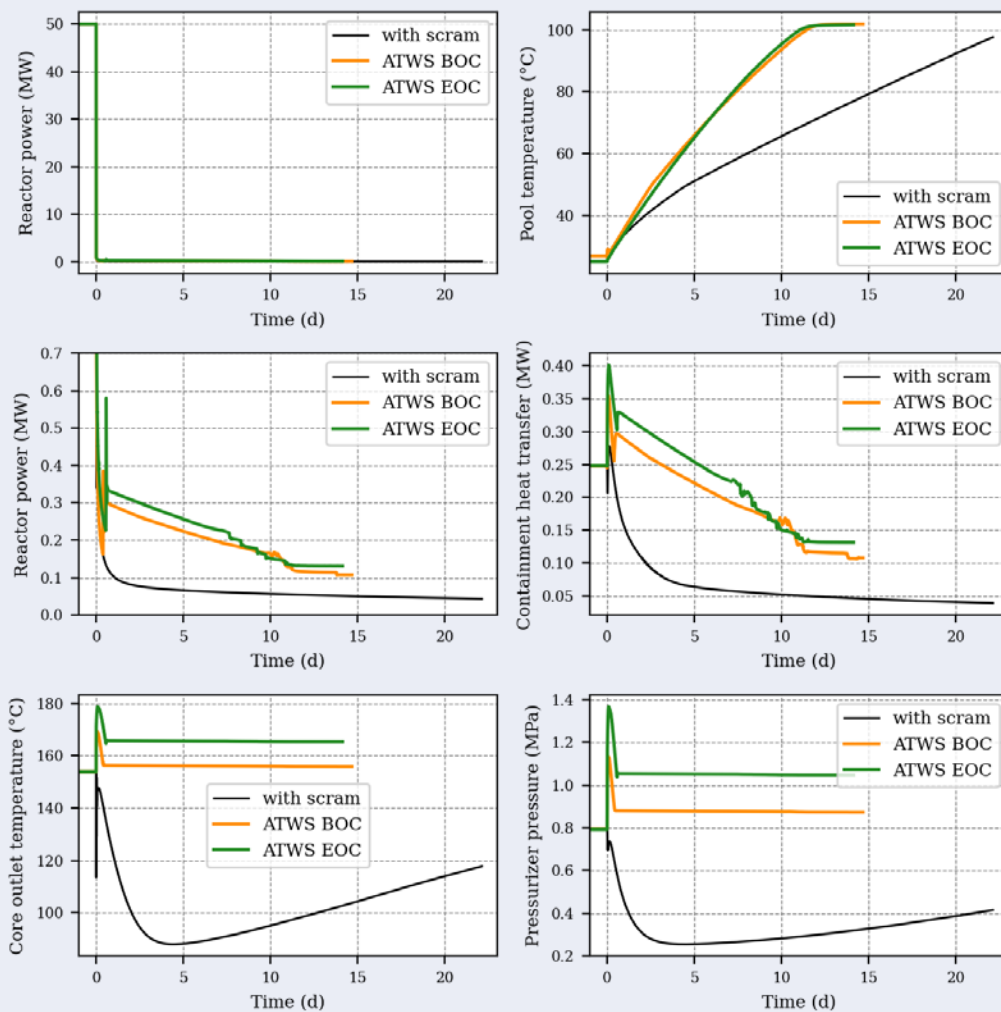
Passiivinen jälkilämmönpoistotoiminto on havainnollistettu kuvassa 2. Välitila kahden paineastian välissä on täytetty osittain vedellä. Normaalin käytön aikana välitilan veden lämpötila pysyy kiehumispisteen alapuolella, jolloin lämpöhäviöt altaaseen ovat pieniä (< 1%). Jos ensisijainen jäähdytysreitti lämmönvaihtimen kautta menetetään, ja primääripiiriin ja myöhemmin välitilan lämpötilat alkavat kohota, välitilan



Kuva 1. Kaaviokuva LDR-50-reaktoriyksiköstä.



Kuva 2. Normaali-tilassa lämpöhäviöt altaaseen ovat pieniä (vasemmalla). Primääripiirin lämpötilan noustessa suojarakennuksen vesi alkaa kiehua, mikä avaa tehokkaasti lämmönsiirtoreitin altaaseen, kun vesi aluksi höyrystyy ja tiivistyy sitten allasta vasten olevalle viileälle seinälle (oikealla).



Kuva 3. Apros-simulaation tulokset sähkönsyötön menetyksestä: reaktorin teho kahdessa eri skaalassa, altaan lämpötila, lämmönsiirto suojarakennuksen kautta altaaseen, sekä primääripiirin lämpötila ja paine [2].

vesi saavuttaa lopulta saturaatiopisteen ja alkaa kiehua. Veden kiehumisen ja lauhtuminen allasta vasten olevalle viileämmälle seinälle siirtää lämpöä tehokkaasti altaaseen. Näin jälkilämmönpoisto primääripiiristä altaaseen on onnettomuustilanteissa taattu.

Apros-analyysi sähkönsyötön menetyksestä

Sähkönsyötön menetys on esimerkki tilanteesta, jossa passiivinen jälkilämmönpoisto on tärkeässä roolissa. Tavallisista tehoreaktoreista poiketen kaukolämpöreaktorilla ei ole vahvaa yhteyttä sähköverkkoon, mikä kasvattaa tällaisen tilanteen todennäköisyyttä. Analyyseissa oletettiin, että kaikki sähkönsyöttö laitokselle menetetään, eli ulkoisen sähköverkon menetyksen lisäksi ei oletettu laitosalueella olevan esimerkiksi hätädieselgeneraattoreita. Tällöin sekundääripiirin pumpput ja altaan jäähditys pysähtyvät. Tuloksissa kiinnostavaa on saavutettavat maksimilämpötilat ja -paineet sekä kuinka kauan menee, että lopullisena lämpönieluna toimiva allas saavuttaa kiehumispisteen.

Sekä LDR-reaktorin suunnittelussa että onnettomuusanalyyseissa on käytetty VTT:n ja Fortumin yhdessä kehittämää prosessisimulaatio-ohjelmistoa Aprosia. Analyyseista tehtiin kolme muunnelmaa, joista yhdessä reaktorin pikasulun oletetaan tavalliseen tapaan onnistuvan ja kahdessa pikasulku epäonnistuu (ATWS) joko jakson alussa (BOC) tai lopussa (EOC). Hätäboorausta ei näissä analyyseissa otettu huomioon, vaikka todellisuudessa järjestelmä aktivoituisi pikasulun epäonnistuessa.

Analyyseissa käytettiin pistekinetiikkamallia takaisinkytkentöjen huomioimiseksi. Samassa altaassa reaktorimoduulin kanssa oletettiin olevan käytettyä polttoainetta viimeisen viiden jakson ajalta, mikä tuottaa altaaseen ylimääräistä lämpöä 88 kilowatin edestä.

Reaktori pärjää omillaan viikkojen ajan

Simulaation tulokset on esitetty kuvassa 3: reaktorin teho kahdessa eri skaalassa, altaan lämpötila, lämmönsiirto suojarakennuksen kautta altaaseen, sekä primääripiirin lämpötila ja paine.

Pikasulun onnistuessa säätösauvat putoavat sydämeen, kun sähköt menetetään, ja ainoastaan jälkilämpö jää jäljelle. Pikasulun epäonnistuesssa primääripiirin lämpötila alkaa nousta, mikä lopulta aiheuttaa reaktorin sammumisen noin 15 minuutin jälkeen negatiivisten takaisinkytkentöjen kautta. Jakson lopussa takaisinkytkennät ovat heikompia, minkä takia lämpötilat nousevat korkeammalle. Lämpötila ja paine saavuttavat huippunsa muutamassa tunnissa, minkä jälkeen ne kääntyvät laskuun lämmönsiirron altaaseen tehostuessa. Korkeimmillaan lämpötila on 179 °C ja paine 14 baaria, mikä on suunnittelupaineen (16 bar) alapuolella.

Kun primääripiirin lämpötila on laskenut tarpeeksi, reaktori palaa uudelleen kriittiseksi tapauksissa, joissa säätösauvat ovat reaktorin ulkopuolella. Todellisuudessa hätäbooraus estäisi tämän. Lämpötilat asetuvat uuteen tasapainotilaan ja teho samalle tasolle kuin lämmönsiirto altaaseen. Pikasulullisessa tapauksessa lämpötilat jatkavat laskuaan, kunnes lämmönsiirto altaaseen heikkenee kohonneen altaan lämpötilan vuoksi pienemmäksi kuin jälkilämpöteho.

Allas saavuttaa kiehumispisteen 100 °C pikasulun epäonnistuesssa noin 12 päivässä ja pikasululla 22 päivässä. Tulokset ovat linjassa aiempien vastaavien simulaatioiden kanssa [1], joskin mallinnuksen epävarmuudet ovat vielä suuria. Tulokset tarkentuvat sekä laskentamallien että reaktorikonseptin tarkentuessa, joten toistaiseksi ne ovat enemmän kvalitatiivisia kuin kvantitatiivisia. Analyysit kuitenkin osoittavat, että passiivinen jälkilämmönpoisto suojarakennuksen kautta toimii ja sähkönsyötön menetys ei aiheuta vaaraa reaktorin turvallisuudelle. Reaktori selviää jopa viikkoja ilman sähköä ja aktiivisia toimenpiteitä.

Viitteet

- [1] R. Komu, S. Hillberg, J. Leppänen, J. Leskinen. "A Finnish District heating reactor: Thermal-hydraulic design and transient analysis." In proc. ICONE-28, Virtual Conference, Aug. 4-6, 2021.
- [2] R. Komu, S. Hillberg, J. Leppänen, "Station Blackout Transient Analyses for VTT's SMR Design LDR-50." In proc. SYP2022, Helsinki, Finland, Nov. 1-2, 2022.

Kirjoittaja



DI Rebekka Komu

Tutkija

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
rebekka.komu@vtt.fi

Oikea turvallisuus ja suomalaisuus

MIKÄ ON OIKEA MÄÄRÄ TURVALLISUUTTA YDINVOIMALAITOKSELLE? Entä mitä on suomalaisuus?

Ydinvoiman rauhanomainen käyttö alkoi toden teolla 1960-luvulla, jolloin yleistä turvallisuuskäsitystä hallitsi ydinsota. Avaruusjärjestö Nasa ja kuun valloitus olivat seurausta Neuvostoliiton ja ydinsodan pelosta. Ydinvoimalaitosten turvallisuussuunnittelu keskittyi väestön suojaamiseen onnettomuustilanteissa.

Suomalaiset laitokset taas rakennettiin aikanaan suomalaisella turvallisuuskäsityksellä. Se edellytti enemmän turvallisuutta ja sen takaavia järjestelmiä kuin naapurimaissamme. Ruotsalaiselle riitti alkuun amerikkalainen taso, kun omaa ydinasetakin puuhattiin. Mutta 1980-luvulla, Ruotsin ydinlaitosten jo valmistuttua, ydinvoimaa alettiin pitää liian vaarallisena kansankotiin. Suomessakin turvallisuutta haluttiin lisää. Harrisburgin ja Tshernobylin ydinturmien opit ja vakava sydämen sulamisonnettomuus otettiin mukaan jo 1990-luvulla. Käyvien laitoksien suunnittelua

paranneltiin jatkuvasti kokemusten perusteella. Moni muu maa tyytyi selittelemään ilman rahaa kuluttavia toimia.

Fukushiman onnettomuuskaan ei saanut kaikkia katsomaan suunnittelua uudelleen, vaan joissain länsimaissa on tyydytty 1960-luvun turvallisuustasoon ilman suuria laitosmuutoksia. Käytännölliset ja kauas tulevaisuuteen katsovat kiinalaiset taas ovat vieneet laitok-

siensa turvallisuuden ja rakentamisen mallit modernille tasolle.

Nyt kysymykseen oikeasta turvallisuudesta yritetään vastata aloittamalla ydinvoiman teknologinen kehitys uudestaan alusta. Uusi alku on nimetty SMR-laitoksiksi. Ydinvoimalle luodaan ihka uutta kolmen kirjaimen tavaramerkkiä, brändiä: SMR-laitos. Tällä odotetaan ydinvoiman pelastuvan rahoittajien silmissä.



Tekoälyn tuottama kuva turvallisesta suomalaisesta SMR-reaktorista.

Pienuudestaan mahtavaa turvallisuusetua saavat SMR-reaktorit ovat usein Loviisan yksikön kokoisia. Modulaarisuuteen eli identtisten yksiköiden sarjavalmistamiseen tukeutuvia SMR-laitosten tyyppejä on suunnittelun alla jo yli 80 erilaista.

Kolmesta maagisesta kirjaimesta viimeinen on vaikein: R eli reaktori. Yksi ratkaisu on jättää turpiini pois ja tuottaa vain kaukolämpöä, silloinhan reaktori on lähes huomaamaton. Pelkkä reaktorin lupaprosessi on helppo ilman turpiinia ja hankalia sähköjuttuja. Sähköhän on näkymättömänä vaikea hahmottaa. Massiivinen, koskena kuohahtava, tai lempeänä merenä aaltoileva vesisäiliö on parempi, passiivinen turvallisuusjärjestely. Vaikka tsunami pelottaa yhä.

SMR-laitokset aloittavat usein suunnittelun uudestaan perusteista, unohtaen aiemmat opit. IAEA:n ohjeet, jotka on laadittu ydintekniikan aakkosia tavaaville Afrikan maille kuten Kenialle, Malesialle ja Marokolle, ovat yllättäen käytössä myös joissain Euroopan maissa. Myös kalliosijoitus on keksitty nostaa taas esiin. Aikanaan tämän lehden numerossa 1/1972 Heikki Raumolin kertoi, että Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG oli tutkimuksessaan arvioinut ydinvoimalaitosten sijoituksen syvälle kallioperään olevan yleensä tarpeetonta.

SMR-laitosten myötä pääsemme ehkä taas ydinvoiman alkuun, jossa pikasulku eli SCRAM (safety control rod axe man) tehdään käsin. Onneksi Norman Hilberryn kirveen heilautusta säätösauvan pudottamiseksi ei koskaan tarvittu. Noilta alkuajoilta on peräisin myös arvio lakimiesten tarpeesta projekteissa. Kysymykseen: ”Mikä on sata lakimiestä merenpohjassa?”, on vain yksi oikea vastaus: ”Se on hyvä alku projektille!” Onneksi Suomessa ydinvoiman rakentaminen ei ole vielä muuttanut lakimiesarmeijan askareeksi.

Ydinvoimalaitoksissa pitäisi käyttää uutta, laajasti käytössä olevaa ja standardoitua tekniikkaa, mutta vanhanaikaiset ydinvoimasäännökset joutuvat aina ristiriitaan teollisuusstandardien kanssa. Mutta teollisuusstandardit eivät käy, ydinvoimaohjeistoa on noudatettava, ja pilkulleen: ”Säännös sanoo näin. Pulinat pois”.

Viranomaisen edustajat uskovat yhteiskunnan ja turvallisuuden asiaa hoidettavan poliisitoimena. Suomessakin autolla voi ajaa turvallisesti jopa satasta, ei tarvitse ajaa vain 10 kilometriä tunnissa ja seurata varoituslippua heiluttavaa henkilöä. Ei, vaikka nopeusvalvonta olisi siten helpompaa. Ydinvoiman tekniikka ja riskit ovat vaikeita, joten omistajan vastuu ja oma tekeminen ovat avainasemassa.

Oikeaa määrää turvallisuutta on tosiaan vaikea arvottaa. Lentokoneille se on onnistuttu määrittämään, kun kansainvälinen, tai käytännössä amerikkalainen viranomainen, on ottanut vastuun turvallisuustason asettamisesta ja yksityiskohtaisista teknisistä säännöksistä. Ydinvoiman puolella samaa on haettu ja haetaan yhä IAEA:n lukuisten, eri tasoisten standardien ja niiden kanssa kilpailevien kansallisten säännöskokoelmien avulla. Löytävätkö viranomaiset joskus yhteisen sävelen epäviralliseen soittoonsa?

SMR-laitoksia on suunniteltu toteutettavan siten, että lisensointi tehdään kansainvälisenä yhteistyönä. Kukahen maksaa kunkin SMR-tyypin yksityiskohtaisen suunnittelun reilun miljardin euron kustannukset? Sehän pitää tehdä ainakin kerran, jotta eri maiden lupaviranomaiset voisivat sitten yhdessä tarkastaa ja hyväksyä suunnittelun. Ennustan, että tulevaisuudessa tarjolla on vain yksi SMR-laitoksen tyyppi, jonka paineastian pohjassa on tarra ”Made in USA”. Kehitysmaat saavat sitten halpakaupasta myös ”Made in China”-version, jossa on paljon helposti rikkoutuvia, halpoja muoviosia.

Mitä on sitten suomalaisuus? Huudamme kurkku suorana jääkiekkokatsomossa. Kuuntelemme hevumusiikkia, pukeudumme mustiin riepuihin ja otamme mustia, synkkiä tatuointeja. Joskus tuntuu, että me Suomessa kilpailemme pukeutumisen ja ulkonäön rumaudessa. Mitä kertoo Suomesta se, kuinka pitkäaikaisin presidenttimme halutaan muistaa? Hänet esitetään uudestaan ja uudestaan vanhana dementikkona, jota talutetaan takaisin sisään viimeisen pakoyrityksensä jälkeen. Miksi? Hän oli energinen, arvostettu johtaja. Hän kahmi liikaa valtaa, mutta hänen työnsä tuki maamme vapautta ja kehitystä.

Nyt Suomi on Naton jäsen ja maailman onnellisin maa. Onnellisuutta ei näe suomalaisten kasvoilta. Suomi on myös turvallinen ja tasa-arvoinen maa, jossa naisen ja miehen mahdollisuudet yhteiskunnassa ovat yhtäläiset. Lehdistö on vapaa ja sillä paljon valtaa.

Usein lehdistö käyttää valtaansa yksitaitäisten poliitikkojen ajojahtiin. Uhri vaikuttaa valikoituvan satunnaisesti ja pirstaker-toimen perusteella. Huhu alkoholin käytöstä voi saada aikaan lukuisten viinanostokuitien tarkastuksen ja kymmenien edustustilaisuuk-sien tapahtumien tuloksettomana kaivelun. Toisaalta muut pahemmat skandaalit peit-tyvät kulloinkin pinnalla olevan jahdin kuo-huihin. Lehdistön kirjoittamisen tasoa kuvaa usein seuraava ajatus: ”Etsin lahjaa toimit-tajaystävälleni.” – ”Ahaa. Sopsisiko tällainen suuri, kaunis paperikori?”

Ruotsin tie Natoon katkesi Turkkiin ja Unkariin. Kuin sattumalta molemmat maat saavat miljardien hyödyn Venäjän rahoittamis-ta ydinvoimalaitosten rakentamishankkeista ja halvan energian tuonnista. Turkin ulkopoliitii-kaa ohjailee sen vuosisatainen imperialistinen menneisyys ja siitä jääneet perinteet. Turkki kylvää epäsuopua ja uhkaa kaikille rajoilleen. Kreikkalainen, syyrialainen, irakilainen, armenialainen, bulgarialainen, romanialainen tai Kyproksen kreikkalainen eivät halua tulla myy-dyksi ja orjuutetuksi turkkilaisessa basaarissa.

Unkarilainen taas on mielipiteitään venäläinen EU:n sisällä. Mielipiteitä leimaavat suur-vallan muistot. Itävalta-Unkarissa unkarilainen oli imperialistisen suurvallan eliittiä ja heidän asuma-alueensa oli paljon nykyistä suurempi. Reilu sata vuotta sitten, Trianonin rauhansopimuksessa, noin 60 % unkarilaisista jäi Unkarin rajojen ulkopuolelle. Naapurimaiden unkarinkielisille henkilöille myönnetään hel-posti Unkarin kansalaisuus. Yli 90 % Unkarin ulkopuolella asuvista unkarilaisista äänestää Orbanin puoluetta, Fidesziä. Suur-Unkarin kaipuu ohjaa politiikkaa. Unkarilainen pitää itseään muita parempana ja ukrainalaisen sortaminen on hänelle luonnollista. Meillä Suur-Suomi-ajatus katosi onneksi jo 80 vuot-ta sitten.

Maailma on tosiaan erilainen kuin aiemmin. Olemme siirtyneet markkinataloudesta tyk-käämistalouteen, jonka seuraava vaihe on me-taversumin seuraajatalous. Metaversumissa ei voi tietää, onko henkinen opas tai mestari oikeasti olemassa, vai seuraammeko tekoälyn luomaa hahmoa. Tekoäly ohjaa kohta maail-maa, mutta sen neuvojen tulkitseminen ei ole helppoa.

Fortumissa kysyttiin aikanaan julkisuuden paineessa neuvoa tekoälyltä. Tekoäly vastasi, että munauksista vastuulliset johtajat pitää toi-mittaa sinne mistä he ovat tulleet, sinne minne aurinko ei paista ja muille saisi antaa oikein kunnolla ”isän kädestä” ansionsa mukaan. Nyt tekoäly sihisee sinisenä kiukusta. Nokia sai takaisin liikeneronsa, tulospalkkioita yri-tettiin korottaa ja Pohjois-Suomen kaivoksilla odotetaan uusia tunnelitöiden johtajia.

Oheissa tekoälyn muutamassa sekun-nissa tuottama kuva suomalaisesta SMR-reaktorista. Se, että tekoäly on oppinut maa-laamaan hienoja taideteoksia, on kuitenkin uhkaavaa. Voi vain kuvitella, mitä lopulta ta-pahtuu, kun tekoälyä ei hyväksytä Wienin tai-deakatemiaan.

Yrjö Ydin



Palautusosoite:

Suomen Atomiteknillinen Seura
c/o Jussi Peltonen
PL 1000
02044 VTT

Osoitteenmuutokset:

sihteeri@ats-fns.fi



ATS

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

KANNATUSJÄSENET

FinNuclear ry

Pohjolan Voima Oyj

Teollisuuden Voima Oyj

**Fortum Power
and Heat Oy**

Posiva Oy

TVO Nuclear Services Oy

Platom Oy

Sweco Finland Oy

Westinghouse

**Pohjoismainen
Ydinvaruutuspooli**

**Teknologian
tutkimuskeskus VTT Oy**