

ATS

3|2017

Vol. 46

YDINTEKNIikka

SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA – ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND

Uusi YJK-kurssi alkaa

Ydinturvallisuuden ja ydinjätehuollon kansalliset kurssit yhdistyivät.

Ydinenergiain muuttaminen

Euratom on muuttanut ydinturvallisuutta koskevaa direktiiviä yksityiskohtaisemmaksi Fukushima seurauksena. Lisäksi laki saatetaan ajan tasalle käytöstä poistamisen osalta.

Kyselytutkimus ydinjätteen loppusijoituksesta

Suomalaiset kannattavat Olkiluotoa Fennovoiman käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituspaikkana.



Julkaisija / Publisher

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

Johtokunta / Board

Puheenjohtaja / President

DI Kai Salminen
puheenjohtaja@ats-fns.fi

Varapuheenjohtaja / Vice President

DI Tuomas Rantala
tuomas.rantala@tvo.fi

Sihteeri / Secretary General

FM Antti Rätty
sihteeri@ats-fns.fi

Rahastonhoitaja / Treasurer

DI Lauri Pyy
rahastonhoitaja@ats-fns.fi

Jäsenet / Board Members

FL Lasse Koskinen
lasse.koskinen@posiva.fi

DI Toivo Kivirinta
toivo.kivirinta@fortum.com

DI Antti Paajanen
antti.paajanen@fennovoima.fi

Toimihenkilöt / Functionaries

ATS Young Generation

DI Mikko Pihlanko
mikko.pihlanko@fortum.com

Kansainvälisten asioiden sihteeri / International Affairs

DI Henri Ormus
henri.ormus@fennovoima.fi

Energiakanava / Energy Channel, WiN Finland

www-vastaava / Webmaster

TkT Heikki Suikkanen
webmaster@ats-fns.fi

ATS-Seniorit / ATS-Seniors

TkL Eero Patrakka
eero.patrakka@kolumbus.fi

Toimitus / Editors

Vastaava päätoimittaja / Editor-in-Chief

DI Anna Nieminen
anna.nieminen@vtt.fi

Tieteellinen päätoimittaja / Scientific Chief Editor

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

Ajankohtaispäätoimittaja / Topical Chief Editor

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

Toimitussihteeri / Lay-out Editor

Katariina Korhonen
Suunnittelutoimisto Creatus
katariina@creatus.fi

Toimitus / Editorial Staff

DI Klaus Kilpi
klaus.kilpi@welho.com

DI Lauri Rintala
lauri.rintala@fennovoima.fi

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

TkT Risto Vanhanen
risto.vanhanen@tvo.fi

Kannen kuva: Milla Korhonen

Toimituksen yhteystiedot

ATS Ydintekniikka

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

Painopaikka

Wellprint Oy, Espoo

ISSN-0356-0473

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

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

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

Yksinkertainen viesti menee perille

TÄNÄ SYKSYNÄ olen päässyt pitämään useamman luennon oman osaamisalueeni piiristä. Olen aina oletanut olevani suhteellisen hyvä esiintyjä ja ymmärtäväni jotain pedagogisista perusteista. Saamani palaute ei kuitenkaan täysin vastannut mielikuvaani. Yleisö oli kriittinen: se huomautti, jos luin lauseen suoraan kalvolta tai jos ylitin aikani viidelläkin minuutilla. Yleisö myös kritisoi, että kalvoilla oli liikaa asiaa. Varsinaisen asiasisällön omaksuminen oli vaikeaa, kun piti seurata esitystä välillä kalvoja lukien ja välillä luennoitsijaa kuunnellen.

Kritiikin vastaanottaminen ei ole parhaita puoliani: ensin suutuin ja sitten turhauduin. Tämä tosin taitaa olla kohtalaisen yleinen reaktio. Pikkuhiljaa kuitenkin aloin arvostaa saamaani palautetta ja taisteluhenkki heräsi: seuraavalla kerralla tahdon tehdä asiat paremmin.

Sain itseasiassa parhaat pisteet niistä luennoista, joiden aiheesta tiesin vähiten. Olin val-

mistaunut tutustumalla vain ja ainoastaan kaikkein oleellisimpaan sisältöön, jonka pystyin itsekin omaksumaan lyhyessä ajassa. Selkeyttäessäni asiaa itselleni, tein siitä tarpeeksi selkeää myös muille.

Luennoidessani minulle tutummista asioista, loin kalvoja tehdessäni monimutkaisia lauserakenteita, jotka sisälsivät maksimoidun määrän informaatiota. Yrittäessäni kertoa nämä asiat luennolla, turvauduin liian usein aiemmin muotoiltuun monimutkaiseen ilmaisuun. Pitäisi luottaa siihen, että se mitä minulla on sillä hetkellä sanottavana, vaikkei se loppuun viilatun viimeistellyltä kuulostaisikaan, on tarpeeksi. Tällöin pystyn selittämään aisan ymmärrettävästi.

Tuntuu että tutkijoilla on paha tapa yrittää selittää kaikki oman tutkimusalueensa hienoudet, kun he pääsevät kertomaan aiheestaan. Tämä saattaa toki olla vain innostuksen mukanaan tuoma sivuoire, mutta tästä



huolimatta yleisö pitäisi aina muistaa huomioida. On kuitenkin todella vaikea asettua yleisön rooliin ja ymmärtää, mikä on oikea informaation taso.

Saamani palaute opetti minulle ennen kaikkea, että vähemmän on enemmän. Tämä on nähdäkseni erityisen hyvä ohje, jos haluaa viestiä ymmärrettävästi monimutkaisista aiheista kuten ydinvoimasta.

Anna Nieminen

Vastaava päätoimittaja

SISÄLTÖ

Vakiopalstat

Päätoimittajalta:	
Yksinkertainen viesti menee perille	3
Pääkirjoitus:	
Ydinturvallisuuden ja ydinjätehuollon kansalliset kurssit yhdistyvät	4
Editorial:	
National courses on nuclear safety and radioactive waste management are being combined	5
Pakina:	
Megatrendejä ja turvallisuutta	30

Tapahtumat

Vaatimuksia ja luvitusta	
Summer Symposiumissa	6

Ajankohtaista

Heikki Raumolin	
– ydinenergia-alan erityisyleismies	8
Ydinenergiain muuttaminen	14

Tiede ja tekniikka

Fennovoiman loppusijoituslaitoksen yhteiskunnallinen hyväksyttävyyden vaihtoehtoihin? Anna-Riikka Aarnio, Matti Kojo, Tapio Litmanen	16
--	----

Doctoral dissertation: Computational fluid dynamics analysis of steam condensation in nuclear power plant applications	21
<i>Gitesh Kumar Patel</i>	

Väitös: Serpent-koodin käyttö kytkettyjen ongelmien ja transienttien mallintamiseen	24
<i>Ville Valtavirta</i>	

Diplomityö: Umpilähdekapselien ikääntyminen teollisuuden sovelluksissa	27
<i>Milla Korhonen</i>	

Diplomityö: Käytetyn ydinpolttoaineen väli-varastoinnin turvallisuuskartoitus	28
<i>Hanna Tynys</i>	

Ydinturvallisuuden ja ydinjätehuollon kansalliset kurssit yhdistyvät

SUOMI ON MAAILMAN PARAS MAA. Tämä ilmenee muun muassa talkooperinteenämme, vastaava vapaaehtoinen ponnistelu yhteiseksi hyväksi kun on muualla maailmassa harvinaista.

Kun viides reaktori alkoi toteutua 2000-luvun alussa, TVO ja STUK totesivat, että hankkeen myötä alalle tultaisiin rekrytoimaan paljon muissa töissä jo pätevöitynyttä työntekijäkuntaa. Uudet työntekijät tarvitsisivat tasokkaan mutta nopean koulutuksen ydinturvallisuusasioista.

TVO:n tekninen johtaja Ami Rastas ja STUKin pääjohtaja Jukka Laaksonen kutsuivat alan organisaatiot yhdessä suunnittelemaan ydinturvallisuuskurssin järjestämistä. Ensimmäisen suunnittelukokouksen puheenjohtajaksi ryhtyi professori Riitta Kyrki-Rajamäki Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta. Ydinturvallisuuskurssin (YK) rehtorin pestistä tuli Riitalle pysyvä, ja se päättyi vasta 12 kurssia myöhemmin, kun hän jäi eläkkeelle vuonna 2015. Ensimmäinen YK-kurssi alkoi syksyllä 2003, ja kursseja on pidetty joka vuosi, siis 14 kertaa. Kurssin on käynyt noin 900 osallistujaa.

Kurssin sisältö otettiin IAEA:n turvallisuuskurssista, jonka pituus oli 30 päivää, eli kuusi täyttä työviikkoa. Heti huomattiin, että kurssia on järkevää tiivistää, ja YK8:sta alkaen YK-kurssien pituudeksi vakiintui 21 päivää, kuusena jaksona.

Toteutustapa oli talkoot, eli kurssin järjestävät organisaatiot antoivat opetuksen omaan laskuunsa, ja saivat oppilaspaikkoja antamansa opetuksen määrän mukaan. Opetusjaksot sijoiteltiin alussa Loviisaan, Olkiluotoon, Lappeenrantaan, Espoon Otaniemeen ja Keilaniemeen ja Helsinkiin Roihupeltoon. Viime vuosina on yksi jakso pidetty Helsingin Salmisaareissa Loviisan asemesta. Kurssia koordinoi LUT. Koordinoiminen on iso työ, sillä kursilla on pitkälti toista sataa luennostijaa, kaikki oman toimensa ohessa. Kurssin ensimmäinen koordinaattori Kirsi Ruotsalainen jäi eläkkeelle 2015, ja hänen jälkeensä kokonaisuutta paimentaa Minna Pelkonen.



Järjestelyistä koituvat juoksevat kulut on jyvitetty kurssille osallistuville yhtiöille. Alkuun tämä olikin yksinkertaista, koska kurssia järjestämässä oli kolme yhtiötä, Fortum, Posiva ja TVO, muut toimijat olivat valtion virastoja. Tänä päivänä valtion virastoista jäljellä ovat enää STUK ja TEM, yliopistot ja tutkimuslaitokset on yksityistetty. Kustannusjakomallin rakensi Exceliin VTT:n Seppo Vuori.

Ydinjätehuollon puolella luotiin 2000-luvun loppupuolella myös talkoomallilla toimiva kansallinen YJH-kurssi, jolla opettivat ydinjätehuollon toimijat. YJH-kurssi pohjautui Posivan sisäisiin koulutuksiin, täydennettynä järjestäjäorganisaatioiden tarjoamalla aiheilla. YJH-kurssit kestivät kuusi päivää ja niille osallistui noin 20 opiskelijaa vuosittain, tähän mennessä yhteensä noin 150. Kurssia koordinoi Aalto-yliopisto, ja kurssia järjestämässä oli enemmän konsulttiyrityksiä kuin YK-kurssilla, muuten YK- ja YJH-kurssien toimintatapa on ollut hyvin samanlaista.

Ajan mittaan todettiin, että erillisten kurssien järjestäminen samoista aiheista on tehotonta. Niinpä keväällä 2016 syntyi päätös YK- ja YJH-kurssien yhdistämisestä. Toimintamalliksi otettiin edelleen talkoot, ja uuden kurssin rakenne muotoiltiin yhteisesti uudessa suunnitteluryhmässä, jossa ovat mukana kaikki YK- ja YJH-kurssien tuottamiseen osallistuneet toimijat sekä jokunen kokonaan uusi-kin ydinturvallisuudesta kiinnostunut toimija. Pohjatyötä kurssien yhdistämiseksi tekivät erityisesti TEMin Linda Kumpula ja LUTin Juhani Hyvärinen, TVO:n Jaana Isotalon ja TEMin Jorma Aurelan vahvalla taustatuella. Kustannusjakomalli noudattaa YK-kurssin mallia, ja LUTin Juhani Vihavainen teki suuren työn muokatessaan mallin kattamaan laajentuneen kurssirakenteen.

Uusi kurssi on nimeltään YJK, ydinvoimalaitosten ja ydinjätehuollon kansallinen turvallisuuskurssi. Lukuvuonna 2017–2018 järjestettävä kurssi on YJK15; juokseva numerointi koettiin tärkeäksi säilyttää.

YJK-kurssin laajuus on kuusi jaksoa ja 23 päivää, ja sen voi suorittaa kolmella eri tavalla:

1. ydinjätehuoltoon keskittyvä kokonaisuus (yhteensä 2 jaksoa, 7 päivää)
2. ydinvoimalaitoksiin keskittyvä kokonaisuus (yhteensä 5 jaksoa, 20 päivää)
3. kaiken kattava kokonaisuus (yhteensä 6 jaksoa, 23 päivää).

Lisäksi on mahdollista kuunnella YJK-kurssin ensimmäinen jakso lyhyenä johdatuksena ydinvoimalaitosten ja ydinjätehuollon turvallisuuteen (4 päivää).

YJK15-kurssin ensimmäinen opetusjakso alkaa Lappeenrannassa 23.10.2017. Kurssille on ilmoitettu 90 opiskelijaa joista melkein 60 aikoo suorittaa kaiken kattavan kokonaisuuden. Yhdistetylle kurssille on siis suuri kysyntä! Näin koulutustalkoomme ottavat uuden, entistäkin tehokkaamman muodon, yhteiseksi hyväksi.

Prof. Juhani Hyvärinen

Ydintekniikan mallintamisen professori, YJK-suunnitteluryhmän puheenjohtaja Lappeenrannan teknillinen yliopisto

National courses on nuclear safety and radioactive waste management are being merged

FINLAND IS THE BEST COUNTRY in the world. This is demonstrated by “talkoot”, a tradition of voluntary joint effort towards common good, which is rare elsewhere.

When the fifth reactor started to realize in the early 2000s, it was TVO and STUK found that many new experienced employees will be recruited to nuclear sector from fields other than nuclear. These new workers would need high quality and effective training on matters related to nuclear safety.

The Director of Technology at TVO Ami Rastas and the Director General of STUK Jukka Laaksonen invited representatives from nuclear organisations to plan a common course on nuclear safety. Professor Riitta Kyrki-Rajamäki from the Lappeenranta University of Technology agreed to chair the first planning meeting. Riitta then became the rector of the course and it took 12 courses before the duty ended when she retired from the professor's position in 2015. The first course started in the autumn in 2003 and since that, the course has been organised annually. This far the course has been arranged 14 times and there have been approximately 900 participants in total.

The content of the course was taken from a safety course organised by IAEA that lasted 30 days, i.e. six full working weeks. Soon it was noted that condensing the course content is necessary, and starting from the eighth course, the duration has been 21 days divided into six periods.

The course was organised based on in-kind contribution. The participating organisations prepared and gave the lectures without financial compensation but earned this way seats at the course. At the beginning, the periods were organised in Loviisa, Olkiluoto, Lappeenranta, in Espoo in Otaniemi and Keilaniemi, and in Helsinki at Roihupelto. During the recent years, one period has been organised at Salmisaari in Helsinki, instead of Loviisa. The coordinator of the course is LUT. Coordinating requires notable amount of work,

since the course has way more than 100 lecturers who all are doing their part in addition to their normal duties. The first coordinator of the course, Kirsi Ruotsalainen, retired in 2015, and now this task is in the able hands of Minna Pelkonen.

The expenses from the course were divided to the companies participating the course. At first, this was simple since there were only three companies organising the course (Fortum, Posiva and TVO) while others were governmental bodies. Nowadays only STUK and TEM retain the governmental status; Universities and research centres have been privatised. The cost sharing model was originally developed by Seppo Vuori from VTT.

In the end of 2000s, a national course on radioactive waste management was established, also organised on a voluntary basis among the actors in the field. The course was based on internal trainings of Posiva completed with special topics provided by other organising organisations. The course lasted for six days and it was attended by approximately 20 persons yearly, altogether roughly 150 by today. The coordinator was Aalto University and there were many more consultant companies participating in the course than was the case for the course on nuclear safety. Otherwise, the working methods of the two courses were mostly similar.

In time it became evident that organising two separate courses on similar topics was ineffective. Therefore, in the spring of 2016 was decided that the courses would be merged. The operational model was still based on voluntary in-kind contributions and the structure of the new course was planned together in a new planning group that consisted of all the parties that had been participating in organising the previous courses and a few new members interested in nuclear safety. The groundwork for combining the courses was especially performed by Linda Kumpula from TEM and Juhani Hyvärinen from LUT with a strong support from Jaana Isotalo from TVO and Jorma Aurela from TEM.

The new course is called the national course on safety of nuclear power plants and radioactive waste management, “YJK”. The course organised in the academic year of 2017-2018 is the fifteenth one. It was considered important to keep the running numbering that originates from the previous courses.

The duration of the new course is 23 days, divided into six periods. The course may be completed in three alternative fashions:

1. Part focusing on radioactive waste management (in total 2 periods, 7 days)
2. Part focusing on nuclear power plants (in total 5 periods, 20 days)
3. The whole course (in total 6 periods, 23 days)

In addition, there is a possibility to just participate in the first period as a short introduction into the safety of nuclear power plants and radioactive waste management (4 days in total).

The first period of the new fifteenth course begins in Lappeenranta on October 23rd, 2017. There are 90 participants registered to the course and 60 of them are going to participate to the whole course. So, there is an obvious demand for the combined course! This way our common effort for education will assume a new more effective shape, for a common good.

Prof. Juhani Hyvärinen

Professor of Modelling in Nuclear Engineering
The Head of the planning group of the national course on safety of nuclear power plants and radioactive waste management (YJK-course)
Lappeenranta University of Technology

Vaatimuksia ja luvitusta Summer Symposiumissa

ATS YG Summer Symposiumin järjesti tänä vuonna Platom Oy Raumalla. Aiheina oli vaatimuslähtöinen toimintatapa sekä luvitukseen ja kelpoistukseen liittyvät asiat.

Teksti: Joel Maunula

ATS YG SUMMER SYMPOSIUM järjestettiin 30.6.2017 Rauman Kuuskajaskarin saarella. Isäntänä toimi Platom



DI Joel Maunula

Asiantuntija, Ydinvoimatekniikka
Platom Oy
joel.maunula@platom.fi

Oy. Osallistujia tuli noin 40 eri kotimaisista yrityksistä ja opinahjoista. Toiminta aloitettiin asialuennoina, joiden aiheina oli vaatimuslähtöinen toimintatapa sekä komponenttien luvitus. Päivällisen jälkeen siirryttiin ryhmätehtävien pariin, missä testattiin osallistujien tuntemusta ydinvoima-alasta sekä luennoilla opittuja asioita. Illalla verkostoiduttiin saunan ja makkarapaiston merkeissä.

Vaatimuslähtöinen toimintatapa

Ensimmäinen luento käsitteli vaatimusmäärittelyä sekä siihen liittyviä ongelmia ja mahdollisuuksia. Luennoitsijana toimi Tero Lytsy Platomilta. Luennolla tähdennettiin hyvän vaatimusmäärittelyn ja vaatimustenhallinnan tärkeyttä tehokkaan ja tavoitteellisen toiminnan keskipisteenä. Puutteelliset vaatimukset aiheuttavat suurimman osan myöhemmin tarvittavista korjaavista toimenpiteistä. Vaatimusten

perusteellinen määrittäminen ja hallinta nähdään kuitenkin usein ylimääräisenä byrokraatiana eikä niiden tarkoitusta ja merkitystä onnistuneessa suunnittelussa ymmärretä.

Ydinvoimalaitosten elinkaari on hyvin pitkä. Elinkaaren aikana toteutetaan useita hankkeita ja muutostöitä ja henkilökuntakin vaihtuu. Laadukkaan työskentelyn kannalta on tärkeää pitää vaatimukset koko ajan mielessä: mitä olimmekaan tekemässä? Vaatimusten tulee riisua ominaisuus tai tavoite perusteisiinsa: mitä puhtaampi ja selkeämpi vaatimus, sitä enemmän saadaan vapautta toteuttaa vaatimus eri tavoilla. Vaatimusten tulee lisäksi olla perusteltavissa, ja niiden täyttymisen on oltava verifioitavissa ja validoitavissa. Vaatimusmäärittely kulkee mukana koko projektin elinkaaren ajan. Hyvällä vaatimusmäärittelyllä vältetään paitsi puutteellinen suunnittelu, mutta myös ylikonservatiivisuus sekä säästetään rahaa.

Vasemmalla: Laivan kannella nautittiin auringosta. Matka Kuuskajaskariin kesti noin puoli tuntia Rauman Poroholmasta (kuva: Joel Maunula).

Kun vaatimukset pysyvät hallitusti yhdessä paikassa, on myös niiden mukainen tehokas ja laadukas toiminta helpompaa. Vaatimustenhallintajärjestelmät mahdollistavat suurenkin vaatimismäärän hallinnan. Esimerkkeinä vaatimustenhallintajärjestelmistä esitettiin DOORS sekä POLARION.

Luvittamalla kelpo komponentti

Toinen luento käsitteli luvitus- ja kelpoistusprosessia. Luennoitsijana oli Maria Nordlund Platomilta. Luennon tarkoituksena oli esitellä yleisellä tasolla ydinenergian käyttöä ja valvontaa säätelevää lainsäädäntöä (mm. perustuslaki, ydinenergi laki sekä -asetus), Säteilyturvakeskuksen (STUK) määräyksiä, ydinturvallisuusohjeita eli YVL-ohjeita sekä niissä esitettäviä laatu- ja kelpoistusvaatimuksia. Luennolla kerrottiin myös STUKista, joka on säteily- ja ydinturvallisuutta valvova viranomainen Suomessa. Luennolla muistutettiin, että ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta vastaa kuitenkin aina voimayhtiö.

YVL-ohjeissa esitetään vaatimuksia myös STUKille toimitettavien tarkastus- ja luvitusaineistojen sisällöstä sekä niiden toimituskataulusta. YVL-ohjeiden aineistovaatimukset on pyritty laatimaan niin, että ydinturvallisuudelle

tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden suunnittelu- ja valmistusaineistot, joissa vaatimusten täytyminen esitetään, tulisi laadittua myös ilman STUKin suorittamaa asiakirjavalvontaa.

Sekä tarkastus- ja luvitusaineistot että vaatimukset jaetaan yleisesti laitos-, järjestelmä- ja laitetasolle. Luennolla käytiin ylätasolla läpi eri tasoilla laadittavia luvitusaineistoja, esimerkiksi periaatesuunnitelmaa ja luvitusuunnitelmaa (laitostaso), ennakkotarkastusaineistoa ja kelpoistus suunnitelmaa (järjestelmätaso) sekä rakennesuunnitelmia ja soveltuvuusarvioita (laitetaso). Aineistot toimitetaan viranomaiselle käsittelyyn joko hyväksyttäväksi tai tiedoksi. Ylemmän tason aineistojen tulee pääsääntöisesti olla hyväksytyjä ennen kuin voidaan siirtyä alemman tason aineistojen laadintaan.

Ydinturvallisuudelle tärkeät järjestelmät, rakenteet ja laitteet kelpoistetaan ennakkoon eli ennen valmistusta ja käyttöönottoa, koska kelpoistaminen (esim. testaaminen) jälkikäteen on usein mahdotonta. Kelpoistusprosessin tulee kattaa turvallisuusluokittelun kohteen koko



Vaatuslomakkeen tulkintaa harjoiteltiin askartelemalla Platomin uuden Mikkelin toimiston pienoismalli (kuva: Maria Nordlund).

elinkaari eli suunnittelu, valmistus, asennus, käyttöönotto, tarkastukset sekä käytön aikaiset toimenpiteet. Luvitus- ja kelpoistusaineistot tulee sitoa esimerkiksi edellä mainittuihin vaiheisiin. Kelpoistusprosessin avulla on lisäksi osoitettava, että järjestelmät, rakenteet ja laitteet ovat käyttötarkoitukseensa sopivia ja täyttävät niille asetetut turvallisuusvaatimukset (sekä toiminnalliset että ei-toiminnalliset). Tulee kuitenkin muistaa, että laatu- ja kelpoistusvaatimukset määräytyvät kohteen turvallisuusmerkityksen mukaan siten että korkeammassa turvallisuusluokassa on myös korkeampi vaatimustaso.

Ryhmätehtäviä ja verkostoitumista

Osallistujat jaettiin päivällisen jälkeen ryhmiin ja lähetettiin kiertämään tehtävärasteja. Rasteilla testattiin muun muassa osallistujien ydinvoimasanastoa, vaatimustenhallintaa, sekä ydinvoimalaitosten tunnistusta. Osallistujat pääsivät myös tutustumaan Kuuskajaskarin luontoon ja maisemiin. Tehtävien jälkeen palkittiin voittajat ja siirryttiin saunaan. Symposiumin kiertopalkinto meni tänä vuonna Teollisuuden Voimalle.

Vuoden 2017 Summer Symposium oli kaksin puolin onnistunut tapahtuma. Osallistujia oli runsaasti, varsinkin opiskelijoita ja kesätyöntekijöitä. Kesäkelit olivat kerrankin kohdallaan. Tapahtuma tarjosi mukavaa vaihtelua työviikkoon ja hyvän mahdollisuuden verkostoitua ja vaihtaa kuulumisia muiden alalla työskentelevien ja opiskelevien kanssa.

Voittajajoukkue suoriutui mainiosti kaikilla rasteilla (kuva: Joel Maunula).



Kylässä kyselemässä Heikki Raumolin – ydinenergia- alan erityisyleis- mies



Kuva: Fortum

Eletään talvea 2017. Olen matkalla Heikki Raumolinin kotiin Espoon Kauklahteen tehdäkseni hänestä haastattelutun ATS Ydintekniikka -lehteen. Heikki asuu vuoden 2006 kauniilla asuntomessualueella ja olin kotona huolella tarkistanut, kuinka sinne ajetaan. Pieleen kuitenkin meni, sillä huomaan lopulta ajavani perille jalankulkijoiden kävelypolkua pikkupoikien morjestaessa minua iloisesti.

Kirjoittaja: Klaus Kilpi

Lahdesta opin tielle Otaniemeen

Aloitetaan. Heikki, mistä olet kotoisin, en sitä tiedäkään?

Lahdessa olen kouluni käynyt, kirjoittanut ylioppilaaksi vuonna 1963 Lahden lyseosta. Eri asia sitten, mistä olen kotoisin. Olen nimittäin tavannut sanoa, etten ole juuri mistään kotoisin. Äitini oli Pohjois-Karjalasta, luovutetun alueen Wärtsilästä ja isä Vakka-Suomesta Uudenkaupungin seudulta. Isä sai sodan jälkeen vuonna 1946 juristina töitä Lahdesta ja niin perhe muutti sinne. Mutta muuta su-



DI Klaus Kilpi
Toimittaja
ATS Ydintekniikka
klaus.kilpi@welho.com

kuu meillä ei siellä ollut. Lahdessa oli toisaalta hyvin yleistä, että sinne oli tultu muualta. Kansakoulussa kysyttiin, kenen vanhemmat ovat käyneet koulua Lahdessa. Eipä moni ollut luokalla semmoinen, vaikka oli iso luokka.

Aloitit sitten opiskelusi Otaniemessä Teknillisessä korkeakoulussa. Mikä johti siihen valintaan?

Ei oikeastaan mikään erityinen syy. Meitä oli porukka kavereita, jotka lähdimme karsintakursseille. Muistaakseni minun luokaltani neljä pääsi teknilliseen fysiikkaan. Kai sitä jo vähän kahdeksannella tähtäiltiin, että sinne pyritään. Sinänsä itselleni ihan vieras laji, sillä ei minulla suvussa insinöörejä ole.

Entä mikä vei teknilliseen fysiikkaan?

Kyllä siinä varmaan sitäkin oli, että kun sinne oli vaikea päästä, niin sinne piti yrittää. Harrastin kyllä tähtitiedettä ja tykkäsin, että matematiikka oli kohtuullisen helppoa. Fysiikka kiinnosti ja sen historiasta olin lukenut kouluvuosina enemmänkin, mm. Manhattan-projektista ja Robert Oppenheimerista.

Suuntaudit opinnoissasi sitten ydinvoima-alalle. Suuntautumismahdollisuuksia oli tietysti useita, miksi siis ydinvoima?

Piti valita lähinnä kolmen professorin kesken. Oli Pekka Jauho, Olli Lounasmaa ja

Teuvo Kohonen. En ollut kauhean innostunut kellarista, niin kun Lounasmaan kylmälaboratoriota kutsuttiin. Oli ehkä liian käytännöllistä laitteiden kanssa väsäämistä ja kuri ja meininkikin tarpeettoman kovaa. Ei Kohonenkaan innostanut. Jauho oli sen sijaan tietyllä lailla innostava tyyppi, vaikka paljon lähettikin sijaisia. Ja sitten oli se Triga, jossa työskentelevistä vanhemmista tyypeistä ajateltiin, että ovat varmasti hohdokasta porukkaa. Yksi tärkeä valintaani vaikuttanut seikka oli myös, että eräänä vuonna olin VTT:n kojetekniikan laboratoriossa kesätöissä ja tein töitä Erkki Laurilalle.

Teitkö Jauholla diplomityön? Milloin valmistuit?

Tammikuussa 1970. Jauholla tein, Wärtsilä Oy:n tutkimusosastolla Merihaassa. Työn aihe liittyi paperin valmistukseen. Tein mm. merkkiainekokeita Trigalla ja tutkin kuitujen suuntausta paperiviirillä. Aika erikoinen työ kaiken kaikkiaan. Mielenkiintoisena sivutyönä oikoluin äidinkieleltään ruotsinkielisen patenttiventurien suomen kielelle laatimia Wärtsilän patenttihakemuksia.

Ministeriöön toimistoinsinööriksi

Mitä sitten diplomityön ja Wärtsilän jälkeen?

Näin ilmoituksen, että kauppa- ja teollisuusministeriössä haettiin Trigalle kohinan



Innokas ekskursio-osallistuja jo vuosikymmenien ajan. Kuvassa vasemmalta paikallinen isäntä, Heikki Raumolin ja Antero Tamminen ATS:n Neuvostoliiton ekskursioillallisella Novoronesissa vuonna 1971 (kuva: Heikki Raumolin).

mittauksiin tutkijaa Otaniemeen ja ilmaisen kiinnostukseni tehtävään. Saman aikaisesti ministeriöstä lähti kuitenkin kaksi henkilöä lyhyen ajan sisällä muihin tehtäviin ja niinpä Ilkka Mäkipentti tarjosi minulle Triga-aiheisen tutkijan toimen sijaan tilapäisen toimistoininööriin tointa, jossa sitten aloitin. Saman tien vuodenvaihteessa 1969/1970 minusta tuli Atomienergianeuvottelukunnan (AEN) pöytäkirjasihteeri. Valmistelin palkkauspäätöksiä eri tutkimustehtäviin, istuin AEN:n kokouksissa ja esittelin sen raha-asioita ja hakemuksia. Ministeriön palveluksessa oli luokkaa 50 ihmistä ja heille kaikille piti vuosittain tehdä työsopimukset ja huolehtia hallintotyöstä.

Juuri tuolloinhan ydinenergia-alan tutkimusta ja viranomaistoimintaa varsinaisesti ruvettiin järjestämään ja organisoimaan, eikö niin?

Kyllä. Kun aloitin ministeriössä, niin todettiin, että vanha ei käy. Vanhaa oli kauan käytössä ollut tutkimusapurahajärjestelmä. Oli sellainen käsitys, että nyt täytyy kiireesti ruveta kasvattamaan osaamista ja rahoitusta ja järjestämään sekä viranomais- että tutkimustoimintaa paremmin ja saada homma yleensä pyörimään. Minulla oli se pyörytyspuoli siinä yhtenä tehtävänäni. Vähän aikaisemmin oli perustettu Jauhon alaisuuteen ydinenergia-tutkimuksen koodiryhmä ja sitten perustettiin myös materiaali-, luotettavuus- ja dynamiikkaryhmät.

Olin ministeriössä reilut kolme vuotta, kunnes lopetin huhtikuun alussa 1973. Mutta

sinä aikana tapahtui hurjasti. Tuli ensimmäinen virka STUKiin eli silloiseen Säteilyfysiikan laitokseen ja Antti Vuorisesta tuli sen apulaistoimittaja. Samaten VTT:lle perustettiin sähkö- ja atomitekniikan osasto, jonne ministeriön ydintekniikkatoiminta, Triga ja ydinenergian tutkimusryhmät siirrettiin. Samoin Ilmatieteen laitoksen, Merentutkimuslaitoksen ja Helsingin

yliopiston radiokemian laitoksen toiminnot organisoitiin ministeriöstä riippumattomiksi ja itsenäisiksi.

Olkiluoto 1:n projektiryhmään

Ministeriöstä siirryit vuonna 1973 TVO:hon, millaisiin töihin?

TVO aloitti silloin Olkiluodossa, palkkasi ihmisiä ja etsi projekti-insinööriä. Aluksi oli hyvin pieni ryhmä, vain muutama henkilö. Magnus von Bonsdorff oli toimitusjohtaja ja Erkki Vaara projektiosaston johtaja. Oli vasta Olkiluoto 1 -projekti. Kun aloitin, oltiin juuri saatu tarjous, jota ruvettiin käymään läpi ja neuvottelemaan. Minun vastuulleni tuli neuvotteluvaiheessa projektihallinto, aikataulut ja kustannusseuranta. Me oltiin sitten projektiryhmä ja ruvettiin pistämään laitoshankintaa toimeksi. Projekti-insinööriin tehtävä oli hoitaa osittain sellaisia tehtäviä, mitä muut eivät suoraan hoitaneet. Neuvoteltavia sopimusspesifikaatioita muistan olleen aika hurjasti. Projektiryhmälle niissä oli paljon uutta, kun taas Asea-Atomilla oli kokemusta avaimet käteen -tarjouksesta jo runsaasti. Projektin varrella saimme hyödyllistä ja tärkeää oppia Barsebäckistä, Forsmarkista ja Oskarshamnista.

Myöhemmin olin sitten Olkiluoto 1:n projektipäällikkö. Laitoksen käyttööntötvaiheesta vuonna 1980 siirryin käynnistämään ja

Perjantaina, marraskuun 8. päivänä 1985

Länsi-Suomi

Selvitystä tehty viidellä miljoonalla

Ydinjätteen sijoitus Suomen kallioperään tutkittu turvalliseksi

Käytetyn ydinpoltoaineen loppusijoitus Suomen kallioperään on turvallista. Tämä on keskeinen tulos Teollisuuden Voiman kolme vuotta tekemässä käytetyn polttoaineen loppusijoitus selvityksessä, joka torstaina luovutettiin kauppa- ja teollisuusministeriölle. Merkittävien osien yhteensä viisi miljoonaa markkaa maksaneesta selvitystyöstä käsittelee loppusijoituksen turvallisuutta.

— Käytetyn polttoaineen loppusijoitus on otettu huomioon tämän vuoden loppuun mennessä laadun selvityksen valmistamisessa vuonna 1983 tekemässä perustamiskäytössä ja Oikkuuden voimalaitoksen käyttökäytökseen, kerrotaan TVO:sta.

Turvallisuus selvityksen laadinnassa on otettu huomioon työssä saadut kokemukset sekä tutkimukset ja ulkomaiset tutkimustulokset. Analyysit on tehnyt Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen ydinmateriaalilaboratorio.

Työhön ovat lisäksi osallistuneet Geologian tutkimuskeskus, VTT:n metallilaboratorio, VTT:n geotekniikan laboratorio, Helsingin yliopiston radiokemian laitos, IVO ja Saastoliikenne Oy.

Kuvassa loppusijoituksen yleisperiaate, jossa uudet perustalliset esteet estävät radioaktiivisten aineiden leviämisen.

Turvallisuus selvityksessä on tavonmaiton hyvin hitaiden luolien lisäksi tarkasteltu myös maastotason ja jäärakenteen vaikutuksia. Nyt valmistuneet väliaikaiset historialliset tutkimukset ovat kansainvälisestikin katsottuna johtavia. Kaikkina tapauksissa Suomen turvallisuus jätteen sijoitus alle luonnosta olevan luonnonolosuhteiden tason, kerrotaan TVO:sta.

Kapseloidun jätteen määrä tarkistettu

Turvallisuus selvityksen lisäksi TVO on arvioinut uudelleen käytetyn polttoaineen määrän, joka on noin 1 200 tonnia ja 1 270 tonnia ja suunnitellut kapselointilaitoksen tarpeita vastaavaksi. Arvioinnin oli käytössä ruotsalainen suunnitelma. Myös loppusijoituslajin suunnitella on tarkistettu.

Poltoaine sijoitetaan selvityksen mukaan ruotsalaiseen KRS-3-suunnitelman mukaiseen kuparikapseliin, jonka sisällä on 10 sentin pakkaus, kun sisäinen suunnitelma käytetään 20 sentin seinäpakkuuta. Ajon tasalle saatettu kustannusarvio kapseloinnin ja loppusijoituksen kokonaiskustannuksista puolestaan päättyy 2 100 miljoonaan markkaan. Sääntöjen mukaan se merkitsee alle pennin kilowattitunnilla. Varjo jätteen sijoitukseen kerätään ja nyt suora ydinvoimakannatus. (STT)



Posivan perustamissopimuksen allekirjoitustilaisuus lokakuussa 1995. Alhaalla vasemmalta Heikki Raumolin, Anders Palmgren, Mauno Paavola ja Ami Rastas. Ylhäällä vasemmalta Markku Leino, Kalevi Numminen, Veijo Ryhänen, Timo Rajala ja Heikki Kolehmainen (kuva: Posiva).

koordinoimaan merkitykseltään selkeässä kasvussa olevaa TVO:n ydinjätetutkimusta.

Nykyisin ydinvoimaprojektit ja monet yhteiskunnallisesti tärkeitä infrastruktuuriprojektit viivästyvät ja kallistuvat huomattavasti. Oliko projektitoiminta ja hallinto ennen yksinkertaisempaa ja sujuvampaa?

Periaatteessa se on kyllä edelleen samalaista. Olihan Olkiluoto 1:n rakennuspuolella toki joskus tiukkaa, mutta kyllä projektitoiminta aina oli mielestäni varsin sujuvaa. Pyrittiin saamaan asiat kuntoon ja luvat ilman tarpeettomia viivästyksiä. Sehän on ollut Suomen vahvuus.

Olkiluodon laitokset saatiin käyttöön jokseenkin ajallaan ja ovat toimineet hyvin. Olen aina ymmärtänyt, että hyvinhän se sujui.

No kyllä silloin joskus tuntui, että meni kauhean huonosti ja vaikeuksia oli. Mutta jälkeen päin arvioiden projekti toki meni hyvin. Silloin projektin aikaan olin aika paljon myös vierailujen isäntänä. Totesin joskus, että projektimiehiä ei saa liian paljon päästää olemaan vieraitten kanssa, koska he aina kertovat, että tässä oli vaikeata ja tässä oli vaikeata. Vaikeudet ja ongelmat muistaa, koska niitähän siellä ratkotaan. Sen sijaan käyttömies aina kehuu, että kaikki menee hyvin ja kuinka koko käyttöönotto onnistui erinomaisesti. Niin siis näin reilusti karrikoiden.

Mutta projektissa oli esimerkiksi hurjasti lakkoja. 1970-luvulla oli ihan eri lakkoilultius kuin nykyään. Koko työmaalla oli pitkään taistolainen pääluottamusmies, joka koetti koko ajan tehdä kaikennäköistä hankaluutta. Ruotsalaiset rakennusliikkeen johtajat eivät ensin olleet oikein mukana suomalaisessa työmarkkinakäytännössä ja taas oli lakkoja ja riideltiin.

Kun lakoista sitten päästiin ja saatiin vähän työmaata eteenpäin, niin juuri ennen kesälomia 1975 tehtiin suojarakennuksen betonivalussa erityisen suuri virhe. Silloin oli rakentajilla ehdottomat kesälomat, kaikkien piti ne pitää eikä töitä ollut lupa tehdä. Lomien jälkeen havaittiin, että valussa oli rotankoloja. Valettu rakenne oli hyvin vaativa, sisällä oli paljon terästä, joten betoni olisi pitänyt täristää huolellisesti, jotta se olisi täytännyt kaikki kolot. Siinä valtiolta asetti jo toimikuntia ja korkeakouluja ja VTT:n professoreita myöten ongelmaa arvioitiin ja haettiin ratkaisua.

Helmikuun alussa 1976 todettiin, että valua voidaan jatkaa, mutta sitten tuli tulipalo. Paloi koko roska siinä viikonloppuna ensimmäisen valun lämmityksen takia. Oli taas aivan uusi tilanne. Asea-Atominhan vastuulla asia oli. Tehtiin monenlaisia suunnitelmia ja korjauksia. Oskarshamn kakkosella oli tapahtunut vähän samankaltainen tulipalo, joten pyysimme sieltä projektinjohtajia Olkiluotoon

kertomaan, miten he olivat tulipaloja ja palokorjauksia hoitaneet. Tapahtunut oli erinomainen esimerkki Asea-Atomin joustavasta suunnittelusta. He pystyivät suunnittelemaan projektin uudestaan niin, ettei ihan karmeita myöhästymisiä tullut.

Vuorineuvos Wolter Westerholmin johdolla sitten käytiin neuvottelut siitä, kuinka rakentamista jatketaan. Sovittiin, miten ”viulut jaetaan” ja annettiin bonuksia tai porkkanoita. Jos Asea-Atom saa aikataulua kiinni, niin se saa tietyn korvauksen per kiinniotettu päivä. Rakentamissuunnitelmaa muutettiin uuteen aikatauluun niin, että kun tavallisesti taloa rakennetaan alhaalta ylös, niin nyt reaktorirakennusta tehtiinkin ylhäältä alas. Päästiin takaisin kriittiselle linjalle paineastian aikaa vievissä asennustöissä.

Olkiluoto 1:n projektipäällikkönä sain itseleni mielestäni hyvän yleiskuvan, kuinka tällainen kokonaisuus sujuu ja hoidetaan. Tietoa tuli yllin kyllin ja voi aidosti sanoa, että tuli ”pää täyteen”. En paljon muuta maailman menoista muista silloin niin hyvin seuranneenikaan, erityisesti vuosina 1978-1979 projekti vei ajatukset hyvinkin kokonaan.

TVO:n ydinjätetutkimuksen pariin

Siirryit sitten vuonna 1980 Olkiluoto 1:n projektipäällikön tehtävästä TVO:n ydinjätetutkimuksen aihepiiriin. Mikä oli tilanne silloin käytetyn ydinpolttoaineen huollon suhteen TVO:ssa, Suomessa ja maailmalla noin yleensäkin?

Kun aloitin TVO:n ydinjätetutkimuksen aihepiirissä, oltiin asian hoitamisessa tullut kriittiseen vaiheeseen. Vielä 1970-luvun alussa oli ajateltu, että ydinjätetutkimusta selviydytään polttoainehuollon sivutoimintona. Perusidea oli, että käytetty ydinpoltoaine viedään ulkomaille ja jälleenkäsittelijä Ranskassa tai Englannissa käsittelee sen ja pitää jätteet.

Kun Olkiluoto 1 alkoi valmistua, TVO:ssa ja sen omistajien kesken käytiin iso sisäinen kiista siitä, tehdäänkö jälleenkäsittelysopimus ennen käyttöluvan hakemista. Lopulta päätettiin toteuttaa väliarastointi Olkiluodossa ja hakea käyttö lupaa. Kun luvat saatiin, niissä oli ehtoja käytetyn polttoaineen hoitamisesta. Ruotsista saatiin tutkimustietona, että ydinjäte voitaisiin ehkä sellaisenaan loppusijoittaa Suomen kallioperään. Se olisi yksi mahdollinen vaihtoehto ja lisäksi tutkittaisiin myös ulkomaisia vaihtoehtoisia palveluja ja ratkaisuja. TVO teki päätöksen perustaa ydinjätetoimisto ja hankki väkeä selvittämään vaihtoehtoja. Suunnilleen tähän ongelmatilanteeseen minä sitten tuloin aloittaessani TVO:n ydinjätetutkimuksen parissa.

Ydinenergialakia laadittiin aikoinaan toistakymmentä vuotta 1980-luvun jälkipuoliskolle asti. Missä määrin lain valmistelutyö vaikuttii mm. ydinjätetutkimukseen ja käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen?

Lain valmistelun edetessä päädyttiin aikaan ratkaisuun, että yhtiöt hoitavat ydinjätetuhoon kokonaan alusta loppuun: tekevät ja toteuttavat suunnitelmat ja keräävät varat. Pitkään kiisteltiin siitä kuinka kerättyjä varoja hallinnoidaan. Ratkaisuksi tuli valtion budjetin ulkopuolella hallinnoitava Valtion ydinjätetrahasto, jonne varat kutakin tuotettua sähköenergiayksikköä kohden kerättiin ja josta yhtiöt ja muut tietyt tahot voivat niitä tietyllä korolla takaisin lainata. IVO:n ja TVO:n keskinäistä yhteistyötä, tutkimusta ja julkaisuja, tehtiin voimayhtiöiden ydinjätetoimikunnassa. Olkoonkin että historiallisista syistä yhtiöiden välillä oli toisistaan eriäviä intressejä ydinjätetuhoon liittyen.

Kerroit VTT:n olleen eri linjoilla TVO:hon nähden ydinjätetuhoon järjestämisessä. En tunne taustoja, mutta tieto yllättää. Erimielisyydet kai sitten saatiin ratkaistuiksi, vai kuinka?

Kyse saattoi tuolloin olla pohjimmiltaan epäluulosta ja luottamuksen puutteesta. Meidän ensimmäinen ja ensisijainen tehtävämme uudessa TVO:n ydinjätetoimistossa olikin lähteä herättämään luottamusta. Kertoa että otamme oman ydinjätetutkimuksemme vakavasti, hallitsemme ja osaamme sen ja hankimme sille arvostusta sekä lisäksi tilaamme koordinoidusti tutkimusta tutkimuslaitoksilta.

Ydinjätetutkimuksen turvallisuusarviointityön myötä TVO:n yhteistyö VTT:n kanssa kasvoi ja vakiintui ja työnjako sai selkeät koordinoitua puitteet. Teroreettiset ja laskennalliset työt tilattiin VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorion ja kokeellinen, kuten pohjaveden kulkeutumiseen ja bentoniittiin liittyvä tutkimus

reaktorilaboratoriosta. Kun tilauksia ruvettiin tekemään kasvavassa määrin, uskon huomautun, että kyllä VTT:ltä ainakin yhtä paljon tilataan kuin mitä valtion kassasta olisi tilattu. Ja luultavasti varmemmin, koska voimayhtiöt tilaavat pitkäaikaisen tutkimusohjelman ja velvoitteen pohjalta. Joten alun epäluulot yhteistyössä nopeasti hälvenivät.

Perusvoima Oy:n tarjouspyyntövaihe

TVO:n työvuosiesi jälkeen kohdallasi alkoi keväällä 1986 erikoinen vaihe vastaperustetussa Perusvoima Oy:ssä. Kertoisitko hie-

man tästä.

IVO ja TVO tekivät jo vuonna 1982 sopimuksen ja ryhtyivät keskenään selvittämään uutta laitoshanketta. Lopulta alkuvuodesta 1986 katsottiin, että uudelle ydinvoimalaitoshankkeelle oli poliittisesti tarpeeksi suopeutta. Niinpä päätettiin perustaa IVO:n ja TVO:n puo-



Tutustumassa amerikkalaiseen loppusijoituskonseptiin; Posivan hallitus Yucca Mountainin tunnelin suulla tammikuussa 2003. Kuvassa vasemmalta Mauno Paavola, Heikki Raumolin, Heikki Väyrynen, Ami Rastas ja Veijo Ryhänen (kuva: Posiva).



Heikki Raumolin ATS:n Syysseminaarissa vuonna 2012 esittelemässä Posivan tarinaa (kuva: Anna Nieminen).

liksi omistama osakkuusyhtiö, Perusvoima Oy, joka tulisi rakennuttamaan uuden ydinvoimalaitoksen ja kirjoitettiin ja ministeriölle jätettiin periaatepäätöshakemus.

Minulta joskus huhtikuussa kysyttiin halukkuuttani tulla Perusvoimaan teknilliseksi johtajaksi. Juhani Santaholma oli varatoimetusjohtajana ja Anders Palmgren osapäiväisenä toimitusjohtajana. Suostuin tarjottuun työhön, katsoin että ydinjätetyötä TVO:ssa voi jo muutkin hoitaa. Mutta viikko sen jälkeen tuli Tsernobyli.

Tässä vaiheessa Perusvoima päätti, että periaatepäätöshakemuksen käsittely jäädytetään. Ministeriö suostui ja hakemus jäi lepäämään. Tuolloin myös päätettiin, että Perusvoima Oy:lle ei palkata omaa henkilökuntaa, vaan se muuttuu valmistelevaksi organisaatioksi, joka vuokraa henkilökuntansa. Työnjohto oli Perusvoimalla, mutta jatkoin edelleen aina vuoden 1993 loppuun TVO:n palveluksessa.

Minkä strategian Perusvoima valitsi sen jälkeen, kun periaatepäätöshakemus jätettiin lepäämään?

Ensiksi tietysti jäätettiin ihmettelemään ja selvittelemään. Pian kuitenkin jatkettiin neuvotteluja eri toimittajien kanssa. Tarkoit

oli käynnistää tarjouskilpailu sekä kiehulaitoksesta että painevesilaitoksesta, siten että kiehulaitokset tulisivat Olkiluotoon ja painevesilaitokset Loviisaan. 90-luvun alussa alkoi näyttämään, että Tsernobyli alkaa jäädä taka-alalle ja uudelle ydinvoimalle on taas mahdollisuus. Perusvoimassa ei riittänyt väkeä homman liikkeelle laittamiseen, vaan työ tehtiin TVO:ssa tai IVOssa.

Sitten päätettiin, että laitoksen tilaavat IVO ja TVO yhdessä ja Perusvoima on vain konsultti. Tästä seurasi hyvin monimutkainen sopimus, että jos laitos tulee Olkiluotoon, niin sen omistaa TVO ja IVO osallistuu 50 %:lla sen käyttöömaisuuteen elinkeinoverolain jonkun pykälän jonkun momentin mukaan. Ja toki vastaavasti toisin päin, jos laitos tulee Loviisaan.

Keväällä 1991 tehtiin räätälöidyt kyselypaperit. Oli monta vaihtoehtoa, joissa oli eri tavoitteet ja eri tyypiset ehdot riippuen siitä, oliko takana IVO vai TVO. Kaikille neljälle toimittajaehdokkaalle lähetettiin kyselypapereita oikein vino pino. Tarjouksia tuli ja niitä ruvettiin vertaamaan.

Lopulta Perusvoiman hakemus vedettiin pois ministeriöstä ja IVO ja TVO hakivat ministeriöltä yhdessä. Valtioneuvosto hyväksyi helmikuussa 1993 periaatepäätöksen,

joskin pääministeri Aho vastusti päätöstä. Eduskunta teki syyskuussa 1993 hylkäävän päätöksen äänin 107-90. Äänestyspäätöksen myötä pistettiin pillit pussiin Perusvoimassa. Yhtiötä ei lopetettu, mutta sillä ei ollut enää toimintaa.

Ja vielä Fortumiin eri tehtäviin

Eduskuntaäänestyksen jälkimainingeissa, Perusvoiman toiminnan loputtua, sinulla oli sitten edessäsi lopullinen siirtyminen TVO:n palkkalistoilta IVOon. Minkälaisiin tehtäviin?

Palmgren tarjosi minulle töitä IVOssa. Missään ei ollut intoa uusiin ydinvoimalaitoshankkeisiin siinä äänestyspäätöksen jälkeisessä pettelytyydyden tilassa. Perusvoimassa työskentely oli kuitenkin ollut hyvinkin paljon IVOssa oloa. Olihan Perusvoima vuokrannut IVOlta toimistotilat ja -palvelut Voimatalon kuumennesta kerroksesta. IVO:n palvelukseen siirtyminen oli siten aika luonteva ratkaisu.

Siinä oli kaikenlaisia erityishommia. Olin työtehtävissä suoraan Palmgrenin alainen, mutta hallinnollisesti Antti Aution johtamassa tuotantotoimintojen organisaatiossa, jossa oli mukana kaikki hiilivoimalaitokset, kaasuvoimalaitokset ja erilaiset järjestelmät. Olin sen organisaation johtoryhmässä tietystä mielestä ydinvoiman edustajana. Ihan mielenkiintoista työtä, missä sai hyvän kokonaiskäsityksen tuotannosta.

IVO:n puolelta ylläpidin tiettyä valmiutta uuteen ydinvoimalaitokseen. TVO:n kanssa sovittiin tietyt ohjelmat sillä erolla, että TVO kävi läpi kiehulaitoksia ja me painevesilaitoksia. T&K -mielessä tehtiin koko ajan selvityksiä tietyllä budjetoidulla rahalla. IVOssa oli silloin aika vahva tilaaja-tekijä -systeemi, millä tarkoitetaan, että sisäisissä toimeksiannoissa toimitaan samoin kuin ulkopuolisille tehdyissä toimeksiannoissa. Siinä rahat ovat tilaajalla, joka on ne "ansainnutkin". Tästä samasta asiastahan käydään kädenvääntöä esimerkiksi sote-uudistuksessa. IVO Engineeringillä, jossa selvityksiä tehtiin, oli varsin iso organisaatio. Koordinoin tiettyjä rahoja ja budjetoin ne T&K:ssa. Kyse oli vähän samasta kuin mitä olin 70-luvun alussa tehnyt ministeriössä.

Yksi iso asia IVO:n aikaan oli Posiva. Mauno Paavola TVO:n puolelta ja minä IVO/Fortumin puolelta aika pitkälle neuvottelimme Posivan perustamisopimuksen. Prosessi käynnistyi neljän henkilön tapaamisesta, missä meidän kahden lisäksi mukana olivat osakkuusyhtiöiden johtajista IVO:n Palmgren ja PVO:n Timo Rajala. Perustamisopimusneuvottelut olivat huomattavan hankalia johtuen osakkuusyhtiöitten huomattavista intressi- ja yritys-kulttuurieroista ja keskinäisten kustannusten jaosta.

Sopimus saatiin kuitenkin lopulta aikaan ja Posiva Oy perustetuksi vuonna 1995. Noihin aikoihin 2000-luvulle tultaessa valmisteltiin viidennen ydinvoimalaitoksen periaatepäätöshakemusta ja kuten Paavola oli todennut, hakemuksen jättäminen ei ollut poliittisesti mahdollista, ennen kuin Posiva-asia saatiin maaliin. Katsottiin välttämättömäksi ehdoksi, että ensin perustetaan Posiva ja sen jälkeen vasta jätetään uuden ydinvoimalaitoksen periaatepäätöshakemus. Paavolasta tuli sitten hallituksen puheenjohtaja ja minusta hallituksen jäsen.

Uuden ydinvoimalaitoshankkeen YVA-työ Loviisaan käynnistyi jossain vuosien 1998-1999 tietämissä ja muun muassa Jorma Aurela oli mukana projektiryhmässä. Olin käynnistämässä Loviisan YVAa ja vedin työtä aina syyskuulle 2001. Muistan ajankohdan hyvin, koska silloin tapahtui World Trade Centerin terrori-isku ja pidimme yhdessä Fortumin ja TVO:n kanssa juuri silloin informaatiotilaisuutta yleisölle Loviisan Seurahuoneella. Kun Fortumin ja TVO:n keskinäisen sopimuksen pohjalta laitospaikaksi lopulta valikoitui Olkiluoto, jäin sivuun hankkeesta.

Vieläkö sen jälkeen ehdit olla mukana uusissa ydinvoimalaitoshankkeissa?

Jäin eläkkeelle vuoden 2007 lopussa. Oikeastaan viimeinen uusiin hankkeisiin liittynyt työni oli YVAN käynnistäminen Loviisa kolmoselle vuonna 2006 tai ehkä 2007. Silloin olin jo tietoinen, että en sitä työtä loppuun vie. Olin alussa kehittämässä työtä vanhan mallin mukaan. Työ oli muuttunut valtiovallan taholta aika paljon erilaiseksi 2000-luvun alun YVAan nähden. Lopultahan ministeriö päätti karsia Loviisa kolmosen hakemuksen pois, koska kaikkia kolmea hakemusta ei voitu viedä eteenpäin. Mutta kyllä Loviisa kolmosesta YVA ja periaatepäätöshakemus tehtiin.

Ydinenergia-alan erityisyleismies

Olet työurallasi ollut erittäin monessa mukana, et viranomaisena, mutta läheltä sivuten ministeriössä. Olet TVO:n pitkän linjan mies, työskennellyt Perusvoimassa, IVOssa, Fortumissa, ollut Posivaa perustamassa ja sen hallituksessa. Takanasi on neljän vuosikymmenen mittainen työura alalla eri tehtävissä. Minkä erityisalan mieheksi itseäsi luonnehtisit?

Eero Patrakan kanssa asiaa joskus huumorimielellä pohdiskeltiinkin. Lääketieteessä hän on yleislääketieteen erikoislääkäreitä. Totesin olevani vähän samanlainen ydinenergia-alalla: ydinenergia-alan erityisyleismies. Tässä ei tietenkään kaikki ole tullut esille. Mutta totta kai

melkein aina löytyy tai olisi löytynyt joku, joka tietää paremmin kulloisestakin asiasta.

Nyt kun sanot, että kaikkia ei tässä ole tullut esille, niin mitä sellaista tulee mieleesi päällimmäisenä, joista en edes ole osannut kysyä?

Tuntematta kauheasti Loviisan tekniikkaa olin vetämässä ja käynnistämässä tehonkorotusta 90-luvulla. Nostettiin Matti Komsin ja Antero Tammisen kanssa lämpöteho 1375 MW:sta 1500 MW:iin. Myöskin Komsin vetämässä turvallisuustoimikunnassa olin kymmenkunta vuotta, itselleni hieman oudolla alalla. Porukalla pohdittiin vaikeita kysymyksiä ja käytettiin niihin aikaa. Kokoonnuimme yleensä Loviisassa. Kiva elin, ei vaadittu jonkun tietyn aihepiirin erityisasiantuntijuutta. Olin kerran myös valmiussuunnitelmarajoituksissa Myyrmäen esikunnan vetäjänä joskus 1990-luvulla.

Olkiluodossa jouduin suunnittelemaan ja vetämään ihan konventionaalisia rakennusurakoita. Tehtiin esimerkiksi konttorirakennuksen laajennusta 1980-luvun alussa. Projektipäällikkönä saatiin joutua tekemään työmaasuunnitelmia, jos muita ei tehtävään löytynyt. Rakentaja- ja arkkitehtityötä oli myös ja aluesuunnittelua Asean kanssa. Turvajärjestelyistä vastanneen Mikko Valkosen kanssa hoidin 1970-luvun lopulla vartiointi- ja turvajärjestelmän projektipuolen.

Olkiluodon KPA-varaston rakentamisessa toimin maanjäristyksen asiantuntijana. Se johti myöhemmin siihen, että teetäin IVOnkin KPA-välivaraston maanjäristysselvityksen.

Olit varmaan asiantuntijana myös kansanedustajien kuultavana eduskunnassa?

Perusvoiman aikaan ja alkuajanani IVOssa kävin aika useinkin eduskunnan valiokunnissa, lähinnä talousvaliokunnan verojaostossa selittämässä. Kokemukseni oli, että kansanedustajat saattoivat innostua kyselemään ihan mistä vaan ydinvoima-asioista. Kiinteistöveroasiat, jättevaraus ja ydinvastuuasiat olivat tyyppisiä käsiteltäviä asioita. Olin myös Fortumin edustaja, kun Ruotsin ydinvastuulainsäädäntöä uudistettiin. Fortumhan oli yhdessä E.O.N.:in kanssa merkittävä omistaja muun muassa Oskarshamnissa.

Ajatuksia ja analyysiä ATS:n taipaleelta

Olet yksi kokeneimpia toimijoita ATS:ssä, olit vuosien saatossa monessa eri tehtävässä ja roolissa kuten johtokunnan puheenjohtajana 1980-luvun alkupuolella ja lehden päätoimittajana 1980-luvun loppupuolella.

Millainen on mielestäsi ATS:n matka ollut ja mitä toivoisit sille kohti tulevaa?

ATS oli aluksi eräänlainen johtajien hanke, kun kaikin tavoin piti saada Suomeen ydinenergia-alan asiantuntemusta. ATS:n uskottiin olevan yksi väline tässä osaamisen kehittämisessä. Alalla ja seurassa oli innokasta pioneerihenkeä. Sitten 1980-luvulle tultaessa alalla elettiin jo ydinvoimalaitosten käyttövaihetta. Henki seurassa oli muuttunut: alun innostunut pioneerihenki oli vakiintunut toiminnan ylläpidoksi ja intokin oli laimeampaa. Rutiinit olivat kyllä hyviä, oli ekskursiot ja kokoukset, mutta kuukausikokouksiin osallistuttiin laiskasti.

Tsernobylin onnettomuuden aikoihin ATS:stä tuli taas tietyllä lailla johtajien projekti, kun eri tahot pyrittiin saamaan mukaan informoimaan ja viestimään ydinvoiman puolesta ja sen tarpeellisuudesta sekä eduista hyväksynnän saamiseksi ydinvoimalle. Tuli syysseminaarit 1990-luvun alussa ja ulkomailta erilaisia sidosryhmiä. Sen jälkeen en ole nähnyt, että ATS:llä olisikaan enää ollut vahvoja strategisia malleja. Toiminta on enimmäkseen sisäistä yhdessä oloa: tiedon lisäämistä porukalle ja porukan yhteen tuomista. En tiedä sitten, voiko se juuri enempää ollakaan?

Mutta ehkä nyt voisi olla tarpeen strategian kertaalleen muuttaminen, mitä Kai Salminen onkin lähtenyt vetämään. Voisiko löytyä jotain tähän uuteen energia- ja kustannustilanteeseen ja nuoremmalle väelle soveltuvaa strategiaa? Se on erittäin suuri haaste. Aiemmin on ajateltu enemmänkin, että ydinvoimaväki on erillään muusta energia-alasta. Nyt on kuitenkin kasvavassa määrin tarvetta olla tietoisia koko energiakentästä ja kansainvälisestä, tai ainakin pohjoismaisesta, sähkömarkkinasta. Se asia pitäisi olla hallussa ihan eri lailla.

Olen kaikilta kolmelta ATS:n vuoden 2016 uudelta kunniajäseneltä kysynyt ja nyt myös sinulta, että miltä tuntui, kun sinut kutsuttiin kunniajäseneksi?

No yllätyin nyt ainakin. Ajattelin itseäni rivijäseneksi muiden samanlaisten lailla. Sanotaan nyt vaikka, että ensin on nämä perustamisisät. Heitä on ollut aina Laurilasta lähtien, Jauhota ja muut johtajat ja professorit. Meitä olisi mielestäni aika paljon muuta samaa porukkaa, jotka ovat tehneet perustamisisien jälkeen töitä seuraavana portaina. Siinä mielessä mietin, että olenko nyt sen kummallisemmin ansioitunut kuin moni muu tästä samasta ikäluokasta. Mutta totta kai, jos nyt näin on katsottu, niin tyytyväinen olen ja olin oikein otettu kunniajäsenyydestä. Tämä on hyvin hieno muistaminen minua kohtaan. Yllätys ja minusta kiva yllätys kaiken kaikkiaan. ☺

Ydinenergiain lain muuttaminen

Ydinenergiain laki on ollut voimassa vuodesta 1988 asti, mutta sitä on muutettu sen voimassaoloajan aikana lähes 30 kertaa. Vuonna 2016 aloitettiin hanke ydinenergiain selkeyttämisestä, jossa tarkasteltiin kattavasti lain kehittämistarpeita.

Teksti: Netta Skön ja Kirsi Alm-Lytz

NÄKÖKULMA ydinenergiain lain selkeyttämiseen ja kehittämiseen oli laaja ja mieli avoin; aluksi pöydällä oli hyvin laaja kirjo teemoja ydinlaitoksen sijaintipaikan luvituksen kysymyksistä aina uusien teknologioiden käyttöönottoon. Heti alkuun todettiin myös, että muutoksia ja tarpeita on tarkasteltu pitkän ajan kuluessa useassa yhteydessä aina perustuslakiuudistuksesta alkaen. Näitä aikaisempien tarkastelujen tuloksia käytettiin myös hyödyksi hankkeen raamittamisessa.

Hankkeessa ei ole kyse ydinenergiain kokonaisuudistuksesta, josta on vuosien kuluessa eri yhteyksissä keskusteltu. Näkökulma hankkeessa on ollut niin sanotusti ylhäältä-alas tai yleisestä-erityiseen. Nyt hankkeen

ollessa pois ministeriön lainvalmistelun käsistä ja valmiina ensimmäiseltä osaltaan, voidaan todeta, että lopputulos myös noudattaa tätä niin sanottua suppilomallia.

Direktiivit työn aikatauluttajina

Euroopan atomienergiayhteisö Euratomin puitteissa annetut direktiivit raamittavat myös Suomen ydinenergia-alan lainsäädäntöä. Direktiivien vaatimukset ovat olleet ensisijainen ja keskeinen iso ydinenergiain muutostarve, ja direktiivien vaatimusten täytäntöönpano on myös vaikuttanut hankkeen aikatauluun. Lakimuutoksen tarkoituksena on ennen kaikkea panna täytäntöön Euratomin ydinturvalli-

suusdirektiivin muuttamista koskeva direktiivi¹. Alkuperäinen direktiivi on vuodelta 2009² ja muutettu direktiivi on hyväksytty vuonna 2014. Euratom on muuttanut direktiiviä yksityiskohdaisemmaksi Fukushima onnettomuuden seurauksena. Sen lisäksi sääntelyssä näkyy myös korostunut avoimuus- ja tiedonantovelvollisuus osana ydinenergian käyttöä yhteiskunnassa. Suomen ydinenergiain koskeva lainsäädäntö pitkälti vastaa muutetun direktiivin vaatimuksia. Suomessa ydinturvallisuutta koskeva sääntely ja turvallisuusvaatimukset ovat olleet jo korkealla tasolla.

Muutetun direktiivin johdosta lakiin ehdotetaan lisättäväksi säännökset ydinturvallisuuteen ja ydinjätehuoltoon liittyvistä vertaisarvioinneista, luvanhaltijan tietojenantovelvollisuudesta sekä lupaviranomaisen toteuttamasta kuulemisesta lupavaiheessa. Ydinlaitosten ydinturvallisuuteen liittyviin, luvanhaltijan velvollisuuksia koskeviin, säännöksiin ehdotetaan lisäksi eräitä täsmennyksiä. Kaikki muutostarpeet eivät johdu kuitenkaan ydinturvallisuusedirektiivistä. Euratomin ydinjätedirektiivi³, joka on annettu vuonna 2011, on pantu Suomessa täytäntöön vuonna 2013 ydinenergiain muutoksella. Direktiivin vaatimusten arvioinnissa on havaittu täsmennystarpeita laissa. Tästä syystä lakiin ehdotetaan esimerkiksi lisättäväksi säännökset kansallisen ydinjätehuollon ohjelman laatimisesta ja seurannasta.

Kansalliset kysymykset

Direktiiveistä johtuvien muutostarpeiden lisäksi hankkeessa tarkasteltiin useita erillisiä niin sanottuja kansallisia kysymyksiä. Nämä kysymykset ovat sellaisia asiakokonaisuuksia, jotka eivät suoraan liity Euratomin direktiivien täytäntöönpanoon, vaan johtuvat lainsäädännön muusta kehittämistarpeesta. Hankkeen kuluessa muutostarpeita tarkasteltiin laajasti, mutta lopulliseen esitykseen jäi ehdotus uudesta luvasta ydinlaitosten käytöstä poistamiseksi.

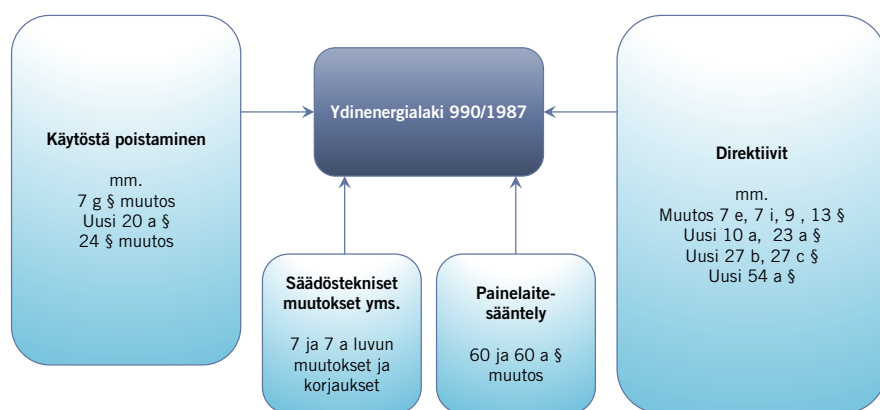
Suomessa ydinlaitoksia ei ole toistaiseksi poistettu käytöstä, eikä tälle luvalla ole ollut tarvetta ennen vuotta 2017. Laki ei myöskään ole sisältänyt sääntelyä ydinlaitosten käytöstä poistamisen luvasta. Kesäkuussa 2017 Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy on kuitenkin jättänyt ensimmäisen hakemuksen ydinlaitoksen käytöstä poistamiseksi. VTT Oy:n FIR 1 -tutkimusreaktorin käyttö on päät-



OTM Netta Skön
Ylitarkastaja
Työ- ja elinkeinoministeriö
netta.skön@tem.fi



Tekn.lis. Kirsi Alm-Lytz
Johtaja, Ydinvoimalaitosten valvontaosasto
Säteilyturvakeskus
kirsi.alm-lytz@stuk.fi



Hallituksen esitykseen otettiin (tässä muutosehdotuksessa) mukaan vain osa käsitellyistä kokonaisuuksista. Eräitä muita keskeisiä kokonaisuuksia valmistellaan TEM:ssä edelleen.

tynyt ja sen purkaminen tulee ajankohtaiseksi. Käytännössä FiR 1 -tutkimusreaktoria koskeva hakemus on voimassa olevan lain mukaan vielä käyttölujarahakemus, jonka sisältönä on käytöstä poistaminen.

Käytöstä poistamisen osalta ydinenergalaki on tarpeen saattaa ajan tasalle, jotta sääntely kattaa ydinlaitoksen elinkaaren eri vaiheet. Myös kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA on kiinnittänyt huomiota käytöstä poistamisen luvan puuttumiseen Suomen kansallisesta lainsäädännöstä. Lupavaihe on siksi tarpeen lisätä lain järjestelmään. Käytöstä poistamisen osalta päädyttiin lainvalmistelussa erilliseen lupaan, jota on haettava valtioneuvostolta, kuten rakentamislupaa ja käyttöilupaa. Käytöstäpoistolupa päättää tulevaisuudessa laitoksen käytön.

Valmistelun edetessä päätettiin eriyttää omaksi erillismuutokseksi niin sanotut

turvajärjestelyasiat, jotka ovat muutosten käsitellyistä kokonaisuuksista. Eräitä muita keskeisiä kokonaisuuksia valmistellaan TEM:ssä edelleen.

turvajärjestelyasiat, jotka ovat muutosten käsitellyistä kokonaisuuksista. Eräitä muita keskeisiä kokonaisuuksia valmistellaan TEM:ssä edelleen.

turvajärjestelyasiat, jotka ovat muutosten käsitellyistä kokonaisuuksista. Eräitä muita keskeisiä kokonaisuuksia valmistellaan TEM:ssä edelleen.

Valmisteluprosessi

Valmistelussa valittiin linjaksi avoin, keskusteltava linja. Hankkeessa on ohjausryhmä, jossa on edustus työ- ja elinkeinoministeriöstä sekä

Säteilyturvakeskuksesta. Ohjausryhmän alaisuudessa työskenteli kaksi työryhmää, joissa käsiteltiin direktiiveistä johtuvia muutostarpeita sekä kansallisia kysymyksiä. Työryhmissä oli yhteensä kuultavana noin 40 henkilöä, ja edustettuina oli ydinenergia-alan toimijoita voimayhtiöistä tutkimusyhteisöihin. Työryhmät kokoontuivat useita kertoja syksyn 2016 ja kevään 2017 aikana.

Keskeisistä valmistelun kysymyksistä tuotiin työryhmille valmistellut esitykset, joista työryhmät keskustelivat. Luonnos lakimuutoksiksi oli lausunnoilla 1.3.–12.4.2017. Lausunnot jätettiin jälkeen valmistelu jatkui virkatyönä. Hallituksen esitys annettiin 24.8.2017. Ohjausryhmän työskentely jatkuu lakimuutosten voimaansaattamiseen asti päättyen 1.1.2018. Turvajärjestelyjä koskevan työryhmän tavoiteaikataulu on vielä avoin ja ohjausryhmän työskentelyä voidaan mahdollisesti jatkaa tämän takia vielä vuoden 2018 puolelle.

Työ jatkuu

Ydinenergalain muutosta koskeva lakiesitys käsitellään eduskunnassa syksyllä 2017. Muutosten tavoiteltu voimaantulo on 1.1.2018. Nyt ehdotettavilla muutoksilla selkeytettäisiin osaltaan ydinenergalakia ja varmistettaisiin ydinturvallisuuden sekä ydinturvallisuutta koskevan kansallisen sääntelykehikon korkea taso Euratomin direktiivien edellyttämällä tavalla.

Ydinenergalain toimivuutta ja kehittämiskohteita tarkastellaan jatkuvasti. Toimintaympäristön jatkuvasta muutoksesta johtuen tulevia muutoksia ei ole poissuljettu ja ydinenergalain kehittäminen onkin jatkuva prosessi. Nyt käsiillä oleva muutos ei siten varmasti ole viimeinen. Yksi tältä päivytyskierrokselta pois pudonnut aihe on uusien teknologioiden luvittaminen ydinenergian käytössä. Tämä aihe voi kuitenkin olla valmistelijoiden pöydällä uudelleen hyvinkin pian.

1 Neuvoston direktiivi 2014/87/EURATOM, annettu 8 päivänä heinäkuuta 2014, ydinlaitosten ydinturvallisuutta koskevan yhteisön kehityksen perustamisesta annetun direktiivin 2009/71/Euratom muuttamisesta

2 Neuvoston direktiivi 2009/71/EURATOM, annettu 25 päivänä kesäkuuta 2009, ydinlaitosten ydinturvallisuutta koskevan yhteisön kehityksen perustamisesta

3 Neuvoston direktiivi 2011/70/EURATOM, annettu 19 päivänä heinäkuuta 2011, yhteisön kehityksen perustamisesta käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen vastuullista ja turvallista huoltoa varten

Fennovoiman loppusijoituslaitoksen yhteiskunnallinen hyväksyttävyys: miten suomalaiset suhtautuvat vaihtoehtoihin paikkoihin?

Anna-Riikka Aarnio¹, Matti Kojo¹, Tapio Litmanen²

¹Tampereen yliopisto, ²Jyväskylän yliopisto

Artikkelissa tarkastellaan suomalaisten suhtautumista Fennovoiman käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen vaihtoehtoihin sijoituspaikkoihin ja ulkomailta tuodun käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen Olkiluotoon. Aineistona on elo-lokakuussa 2016 kerätty koko maan kattava kyselyaineisto. Suomalaiset kannattavat Olkiluotoa Fennovoiman ydinvoimalan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituspaikkana enemmän kuin Pyhäjokea. Ydinjätteen tuonnin suomalaiset tyrmäävät.

The focus of the article is on studying opinions of Finns on the alternative final disposal sites for the repository for spent nuclear fuel produced by Fennovoima and final disposal of foreign imported spent nuclear fuel into Olkiluoto. The study is based on the nation-wide survey conducted between August and October 2016. Finns support more frequently Olkiluoto than Pyhäjoki as the site for the repository for spent nuclear fuel from Fennovoima NPP unit. Import of spent nuclear fuel is rejected totally by the Finns.

Fennovoima Oy jätti käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitosta koskevan ympäristövaikutusten arviointiohjelman (YVA) työ- ja elinkeinoministeriölle kesäkuussa 2016. Laitoksen vaihtoehtoisiksi paikoiksi yhtiö nimesi Eurajoen ja Pyhäjoen Sydännevan [1, s. 18–20].

Pyhäjoki valikoitui vaihtoehtoksi suunnitteilla olevan ydinvoimalaitosyksikön sijoituspaikan mukaan. Valinta ei ole yllätys, sillä työ- ja elinkeinoministeriö ohjeisti jo huhtikuussa 2012 ydinjätehuoltoyhteistyön ohjausryhmässä, että ydinvoimalaitos yksikön sijaintikunnan tulee olla yhtenä paikkavaihtoehtona YVA-ohjelmassa [2].

Eurajokikaan ei ole vaihtoehtona yllätys. Fennovoima on perustamises-taan lähtien yrittänyt päästä mukaan Posiva Oy:n loppusijoitushankkeeseen Olkiluodossa [3]. Posiva ja sen omistajat ovat kuitenkin toistuvasti tyrmänneet ajatuksen. Yhtenä keskeisenä perusteluna on ollut se, että Olkiluotoon rakennettava laitos on varattu vain Posivan omistajien tuottaman käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen. Posiva huolehtii omistajien jätehuoltovelvoitteista, jotka ovat yhtiökohtaisia, eivät kansallisia.

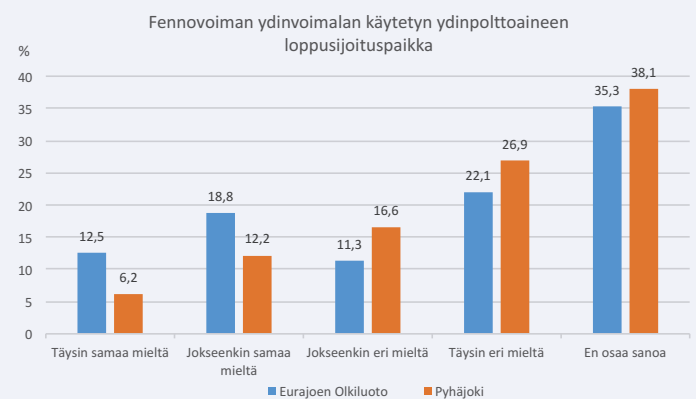
Huomionarvoista on se, että YVA-ohjelmassa ei rajattu tarkempaa tutkimusaluetta Eurajoelta. Vaihtoehtona ei myöskään arvioida loppusijoitusta koskevaa yhteistyösopimusta Posivan ja sen omistajien kanssa. Olkiluotoa voidaan kuitenkin edelleen pitää Fennovoiman keskeisenä tavoitteena, vaikka eri toimijoiden välisten suhteiden rakentamisen taikaa sitä ei haluttu esittää.

Eurajoen kunta on suhtautunut Fennovoiman ydinjätteiden sijoittamiseen Olkiluotoon nihkeästi, joskaan laitoksen YVA-ohjelmasta antamassaan lausunnossa kunta ei ilmaissut kantaansa. Ydinenergiailain mukaan kunnalla, jonka alueelle on ehdotettu ydinlaitosta, on veto-oikeus.

Päätös Posivan loppusijoituslaitoksen kapasiteetin lisäämisestä ei sinänsä ole uusi asia, mutta yhtiöiden välinen julkinen kiistely ja mah-

dollinen toinen loppusijoituslaitos ovat herättäneet ansaitusti kansallisen tason keskustelua. Vastuuministerit ovat vuorollaan väläyttelleet keppiä kiistan osapuolille.

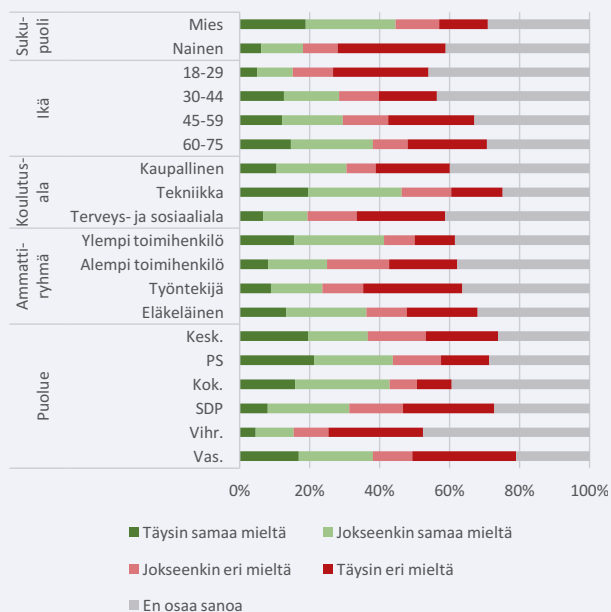
Joulukuussa 2016 ministeriö totesi, että se ”pitää tavoiteltavimpana ratkaisuna Fennovoiman käytetyn ydinpolttoaineen sijoittamista Posivan loppusijoituslaitokseen” [4]. Ratkaisun toivotaan syntyvän yhteisten kaupallisten neuvotteluiden pohjalta.



Kuva 1. Suomalaisten mielipiteet Fennovoiman käytetyn ydinpolttoaineen vaihtoehtoisista loppusijoituspaikoista. Prosenttiosuuksien virhemarginaalit ovat pienimmän luvun kohdalla $\pm 1,3$ prosenttiyksikköä ja suurimman $\pm 2,6$ prosenttiyksikköä.

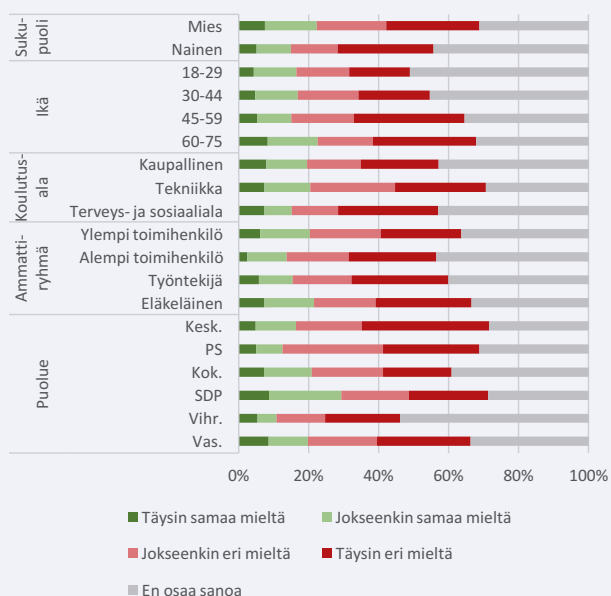
Tämän artikkelin tehtävänä on tarkastella sitä, miten suomalaiset suhtautuvat Eurajoen Olkiluotoon ja Pyhäjokeen vaihtoehtoisina sijoituspaikkoina Fennovoiman käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitokselle. Koska Suomen ydinjätepolitiikka on monimutkaistunut Fennovoiman suunnitteleman ydinvoimalan myötä, on hyvä katsastaa, mitä mieltä suomalaiset ovat loppusijoituspaikoista.

Loppusijoituslaitos Eurajoen Olkiluotoon



Kuva 2. Kansalaisten mielipiteet Fennovoiman ydinjätteen loppusijoituksesta Eurajoen Olkiluotoon taustamuuttujittain tarkasteltuna.

Loppusijoituslaitos Pyhäjoelle



Kuva 3. Kansalaisten mielipiteet Fennovoiman ydinjätteen loppusijoituksesta Pyhäjoelle taustamuuttujittain tarkasteltuna.

Lisäksi tarkastelemme sitä, miten suomalaiset suhtautuvat ulkomailla tuotetun käytetyn ydinpolttoaineen tuontiin ja loppusijoitukseen Suomeen. Jälkimmäinen kysymys nousee aika-ajoin esiin niin suomalaisessa kuin myös kansainvälisessä keskustelussa. Monikansallisten laitosten haasteena pidetään erityisesti hyväksyttävyyttä [5]. Suomessa ja Ruotsissa, jotka nähdään loppusijoitushankkeessa edelläkävijöinä, hyväksyttävyyden perustuu kansalliseen vastuuseen. Suomen ydinenergialaki kieltää ydinjätteen tuonnin ja viennin.

Tutkimustulokset perustuvat Tampereen yliopiston vuonna 2016 keräämään koko maan kattavaan kyselytutkimusaineistoon suomalaisten energia-asenteista. Aineiston otokseen valikoitui 4000 18–75-vuotiasta suomalaista. Aineisto kerättiin postikyselynä 23.8.–17.10. välisenä aikana ja kyselyn vastausprosentti oli 33,7 (N=1349) [6].

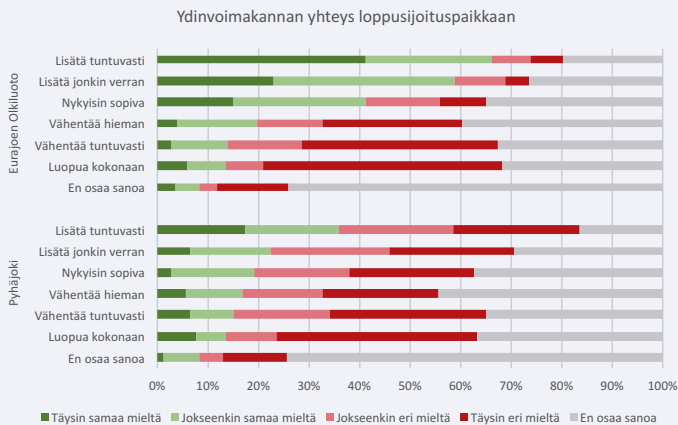
Tampereen ja Jyväskylän yliopistojen yhteistyönä on selvitetty aiemmin sekä suomalaisten että Eurajoen ja sen lähikuntien asukkaiden ydinjäteasenteita [ks. esim. 7 & 8]. Tässä artikkelissa esiteltujen tulosten lisäksi tutkimusryhmä analysoi parhaillaan Eurajoen ja Pyhäjoen asukkaiden näkemyksiä, mikä tulee täydentämään kuvaa loppusijoituksen yhteiskunnallisesta hyväksyttävyydestä.

Fennovoiman ydinjätteiden loppusijoituspaikka

Artikkelin pääasiallisena tarkoituksena on tarkastella kansalaisten mielipiteitä siitä, mihin Fennovoiman ydinvoimalan käytetty ydinpolttoaine pitäisi loppusijoittaa. Kyselyn perusteella kansalaiset kannattavat Fennovoiman ydinvoimalan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta selvästi enemmän Eurajoen Olkiluotoon kuin Pyhäjoelle rakennettavaan omaan loppusijoituslaitokseen. Toisaalta myös iso osa vastaajista ei kannata kumpaakaan loppusijoituspaikkaa tai ei osaa sanoa kantaansa. Kuvasta 1 nähdään, että Eurajoen Olkiluotoon loppusijoituksesta samaa mieltä on yli 30 prosenttia vastaajista, kun taas vastaava luku Pyhäjoen kohdalla jää alle 20 prosenttiin. Kolmannes vastaajista on loppusijoituksesta Eurajoelle eri mieltä ja toinen kolmannes ei osaa sanoa kantaansa, eli vastaajat jakautuvat melko tasaisesti kannattajiin, vastustajiin ja kannoistaan epävarmoihin. Pyhäjokea vastustetaan Eurajoeta selvästi enemmän, sillä yli 40 prosenttia vastaajista on eri mieltä loppusijoituslaitoksen rakentamisesta Pyhäjoelle.

Taustamuuttujittain tarkasteltuna varsinkin Eurajoen kohdalla löytyy selkeitä eroja siinä, ketkä kannattavat ja ketkä vastustavat loppusijoituslaitosta (kuva 2). Miehistä lähes 45 prosenttia eli suurin osa kannattaa loppusijoitusta Eurajoelle, kun taas naisista alle viidesosa on väitteen kanssa samaa mieltä. Naisista noin 40 prosenttia on väitteen kanssa eri mieltä ja toiset 40 prosenttia ei osaa sanoa kantaansa. Tarkasteltaessa Pyhäjokea sijoitusvaihtoehtona (kuva 3) suurin osa sekä miehistä että naisista vastustaa loppusijoituslaitoksen rakentamista. Silti miehet suhtautuvat laitoksen sijoittamiseen Pyhäjoelle hieman naisia myönteisemmin, sillä samaa mieltä väitteen kanssa on reilu 20 prosenttia miehistä ja alle 15 prosenttia naisista. Toisaalta miehistä suurempi osa myös vastustaa Pyhäjoen loppusijoituslaitosta kuin naisista.

Tarkasteltaessa Eurajoeta sijoitusvaihtoehtona vanhemmat vastaajat näyttävät suhtautuvan loppusijoitukseen myönteisemmin kuin nuoremmat: 60–75-vuotiaat ovat ainoa ikäryhmä, josta suurempi osa kannattaa kuin vastustaa loppusijoituslaitosta. Huomionarvoista on myös, että ”en osaa sanoa” -vaihtoehto on sitä yleisempi, mitä nuorempi vastaaja on. Sijoituksessa Pyhäjoelle ikäryhmien väliset erot eivät tule yhtä selvästi esiin, sillä kaikista ikäryhmistä suurin osa vastustaa loppusijoituslaitoksen rakentamista. Eurajoelle sijoittamisen tapaan vanhimmassa ikäryhmässä myönteisesti suhtautuvia on kuitenkin hieman enemmän kuin muissa ikäryhmissä.



Kuva 4. Ydinvoimakannan yhteys Fennovoiman ydinjätteen loppusijoituspaikkaan. Ydinvoimakantaa mitattiin kysymyksellä ”Mihin suuntaan ydinvoiman käyttöä tulisi kehittää Suomessa vuoteen 2030 mennessä?”.

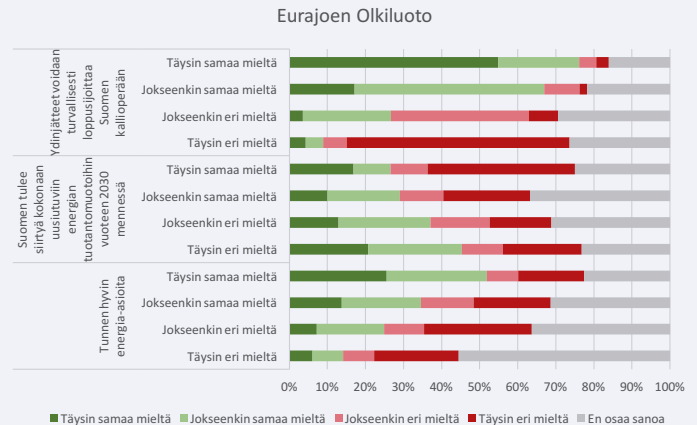
Vastaajan koulutusala vaikuttaa merkittävästi mielipiteeseen loppusijoituslaitoksen sijoittamisesta Eurajoelle. Tekniikan koulutuksen saaneet kannattavat selvästi enemmän Olkiluotoa kuin esimerkiksi terveys- ja sosiaalialan koulutuksen saaneet. Lähes puolet tekniikan alan koulutetuista kannattaa loppusijoitusta Eurajoelle, kun taas terveys- ja sosiaalialan koulutetuista alle 20 prosenttia on samaa mieltä väittämän kanssa. Suurin osa vastaajista koulutusalaan riippumatta vastustaa loppusijoitusta Pyhäjoelle, joskin tekniikan alan koulutetut vastustavat sitä vielä muitakin enemmän: yli puolet tekniikan alan koulutetuista on väitteen kanssa eri mieltä.

Ammattiryhmistä ylemmät toimihenkilöt ja eläkeläiset kannattavat loppusijoitusta Eurajoelle useammin kuin vastustavat, kun taas alemmissa toimihenkilöissä ja työntekijöissä suurempi osa vastaajista vastustaa loppusijoitusta. Ylemmät toimihenkilöt ja eläkeläiset suhtautuvat myös Pyhäjoen loppusijoituslaitokseen hieman muita myönteisemmin.

Puolueittain tarkasteltuna erityisesti perussuomalaisia ja kokoomusta äänestävät suhtautuvat loppusijoitukseen Eurajoelle myönteisesti, sillä molemmista ryhmistä yli 40 prosenttia on väitteen kanssa samaa mieltä. Sen sijaan vihreiden äänestäjät ovat vähiten samaa mieltä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta Eurajoelle. Muiden taustamuuttujien tavoin puoluekannoista riippumatta suurin osa vastaajista vastustaa loppusijoitusta Pyhäjoelle rakennettavaan omaan laitokseen. Myönteisimmin Pyhäjoen loppusijoituslaitokseen suhtautuvat kuitenkin sosialidemokraattien, kokoomuksen ja vasemmistoliiton äänestäjät.

Odotetusti ydinenergian käytön lisäämistä kannattavat suhtautuvat myös myönteisemmin ydinjätteen loppusijoitusvaihtoehtoihin. Kuvasta 4 nähdään, että mitä enemmän vastaaja kannattaa ydinenergian käytön lisäämistä energianlähteenä, sitä myönteisemmin hän suhtautuu loppusijoitukseen Eurajoen Olkiluotoon. Ydinenergian käytön lisäämistä vuoteen 2030 mennessä tai nykyisellään sopivana pitävät ovat väitteen kanssa useammin samaa kuin eri mieltä. Sen sijaan ydinenergian käytön vähentämistä tai siitä kokonaan luopumista kannattavat vastustavat myös loppusijoitusta.

Tarkasteltaessa Pyhäjokea sijoitusvaihtoehtona suurin osa vastaajista vastustaa loppusijoituslaitoksen rakentamista riippumatta siitä, mitä mieltä vastaaja on ydinenergian käytöstä energianlähteenä. Kuitenkin Pyhäjoenkin vaihtoehdossa ydinenergian käytön lisäämisen kannalla olevat suhtautuvat myönteisimmin loppusijoituspaikkaan. Toisaalta väitteen kanssa eri mieltä olevien osuus ei vaihtelee kovinkaan paljon



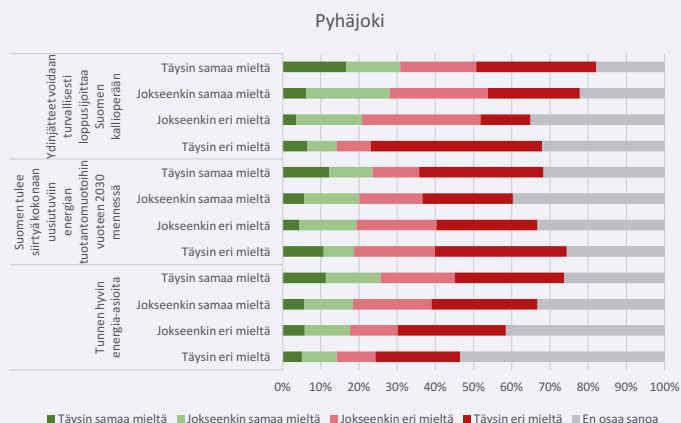
Kuva 5. Kansalaisten mielipide Fennovoiman käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta Eurajoen Olkiluotoon suhteessa mielipiteeseen ydinjätteen loppusijoituksen turvallisuudesta ja Suomen siirtymisestä uusiutuviin energian tuotantomuotoihin sekä omaan tietämykseen energia-asioista.

ydinenergian käyttöä koskevan kannan mukaan, sillä eri mieltä loppusijoituksesta Pyhäjoelle olevien osuus on sekä ydinenergian lisäämistä että vähentämistä kannattavien keskuudessa hieman alle 50 prosenttia.

Myös näkemyksillä siitä, voidaanko ydinjätteitä loppusijoittaa turvallisesti maaperään, pitäisikö Suomen siirtyä kokonaan uusiutuviin energian tuotantomuotoihin vuoteen 2030 mennessä ja tunteeko vastaaja hyvin energia-asioita, on yhteys vastaajan mielipiteeseen loppusijoituspaikasta. Niistä vastaajista, joiden mielestä ydinjätteet voidaan turvallisesti loppusijoittaa Suomen kallioperään, huomattava enemmistö kannattaa ydinpolttoaineen loppusijoitusta Eurajoen Olkiluotoon (kuva 5). Vain noin 10 prosenttia ydinjätteen loppusijoitusta turvallisena pitävistä vastustaa loppusijoituksesta Olkiluotoon. Vastaavasti ne vastaajat, jotka eivät pidä loppusijoitusta turvallisena, eivät myöskään kannata Eurajoen Olkiluotoa loppusijoituspaikkana. Pyhäjoelle rakennettavan loppusijoituslaitoksen kohdalla eri mieltä olevia on tasaisemmin kaikissa turvallisuuskäsitelmien luokissa, joskin loppusijoitusta vähiten turvallisena pitävät ovat myöskin kriittisimpiä Pyhäjokea kohtaan (kuva 6). Ainoastaan täysin eri mieltä väitteen ”Ydinjätteet voidaan turvallisesti loppusijoittaa Suomen kallioperään” kanssa olevista suurempi osa kannattaa loppusijoituslaitoksen rakentamista Pyhäjoelle ennemmin kuin loppusijoitusta Eurajoen Olkiluotoon.

Toinen väittämä, jonka suhteen mielipiteitä loppusijoituspaikasta tarkastellaan kuvissa 5 ja 6, on ”Suomen tulee siirtyä kokonaan uusiutuviin energian tuotantomuotoihin vuoteen 2030 mennessä”. Vahvimmin loppusijoitusta Eurajoelle kannattavat ne vastaajat, jotka ovat eri mieltä Suomen siirtymisestä uusiutuviin energiamuotoihin. Vastaavasti eniten vastustusta löytyy niistä vastaajista, jotka kannattavat siirtymistä kokonaan uusiutuviin tuotantomuotoihin vuoteen 2030 mennessä. Täysin samaa mieltä uusiutuviin siirtymisestä olevista noin neljännes kannattaa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta Eurajoen Olkiluotoon, kun taas täysin eri mieltä uusiutuviin siirtymisestä olevista lähes puolet suosii Eurajokea loppusijoituspaikkana. Pyhäjoen loppusijoituslaitoksen kohdalla jakaumat näyttävät melko tasaisilta kaikissa väittämän luokissa, mutta täysin Suomen siirtymistä uusiutuviin kannattavissa on myös suurin osa Pyhäjoen loppusijoituslaitosta kannattavista. Vastaavasti uusiutuviin siirtymisestä täysin eri mieltä olevista suurin osa vastustaa myös Pyhäjoelle rakennettavaa laitosta.

Kyselyn perusteella energia-asioita omasta mielestään hyvin tuntevat kannattavat loppusijoitusta Eurajoen Olkiluotoon huomattavasti



Kuva 6. Kansalaisten mielipide Fennovoiman käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta Pyhäjoelle suhteessa mielipiteeseen ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta ja Suomen siirtymisestä uusiutuviin energian tuotantomuotoihin sekä omaan tietämykseen energia-asioista.

enemmän kuin ne vastaajat, jotka eivät tunne energia-asioita. Täysin samaa mieltä väitteen ”Tunnen hyvin energia-asioita” kanssa olevista yli 50 prosenttia on samaa mieltä myös ydinjätteen loppusijoituksesta Olkiluotoon. Mitä huonommin vastaaja kokee tuntevansa energia-asioita, sitä pienempi on myös Olkiluotoon loppusijoitusta kannattavien osuus. Parhaiten energia-asioita tuntevista noin neljännes vastustaa loppusijoitusta Eurajoelle, kun taas toiseksi huonoiten energia-asioita tuntevissa vastustajia on lähes 40 prosenttia. Eri tietämyksen tason luokissa Eurajoelle loppusijoitusta vastustavien osuus ei kuitenkaan vaihtele yhtä suuresti kuin sitä kannattavien osuus. Pyhäjoen kohdalla loppusijoituslaitosta vastustetaan enemmän kuin kannatetaan kaikissa energia-asioiden tietämyksen luokissa. Energia-asioita hyvin tuntevista vähän alle 50 prosenttia vastustaa loppusijoituslaitoksen rakentamista Pyhäjoelle, huonoiten energia-asioita tuntevista laitosta vastustaa noin kolmannes vastaajista. Toisaalta myös eniten Pyhäjoelle rakennettavaa loppusijoituslaitosta kannattavia löytyy energia-asioita parhaiten tuntevista. Toisin sanottuna sekä Pyhäjokea loppusijoituspaikkana kannattavia että vastustavia on eniten energia-asioita parhaiten tuntevissa.

Ydinjätteiden tuonti ulkomailta Eurajoen Olkiluotoon

Vaikka Olkiluoto saa jonkin verran kannatusta Fennovoiman ydinjätteiden sijoitusvaihtoehtona, niin ulkomailta tuotetun ydinjätteen loppusijoitukseen Olkiluotoon suomalaiset suhtautuvat yhtenäisen kielteisesti (kuva 7). Lähes kolme neljästä vastaajasta on eri mieltä väitteen ”Hyväksyn ulkomailta tuotetun ydinjätteen loppusijoituksen Eurajoen Olkiluotoon, jos se todetaan turvalliseksi” kanssa. Pelkästään täysin eri mieltä olevienkin osuus on yli 60 prosenttia. Vain reilu 10 prosenttia kyselyyn vastanneista on väitteen kanssa jokseenkin tai täysin samaa mieltä. Vuoden 2007 kyselyyn verrattuna kannat ulkomaisen ydinjätteen loppusijoituksesta ovat entistä tiukemmat. Ulkomaista tuontia kannattavien osuus ei ole juurikaan muuttunut, mutta yhä useampi on vuonna 2016 täysin eri mieltä ulkomaisen ydinjätteen loppusijoituksesta Eurajoen Olkiluotoon.

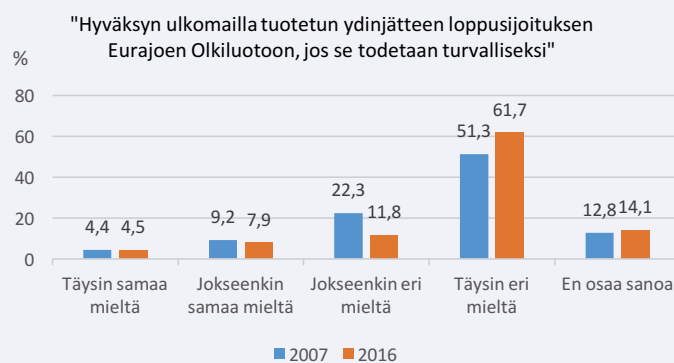
Kriittinen suhtautuminen näkyy myös tarkastellessa väittämää muiden muuttujien suhteen, sillä hyvin selvä enemmistö vastaajista ei kannata ulkomaisen ydinjätteen tuontia taustamuuttujasta riippumatta. Voidaan kuitenkin sanoa, että muita hieman vähemmän kriittisesti ydinjätteen tuontiin suhtautuvat miehet, 30–44-vuotiaat, luonnontieteellisen,

maa- ja metsätalouden tai tekniikan koulutuksen saaneet sekä yrittäjät ja ylemmät toimihenkilöt. Muita myönteisemmin tuontiin suhtautuvat myös ydinvoiman käytön lisäämistä energianlähteenä muutenkin kannattavat sekä ydinjätteen loppusijoitusta turvallisena pitävät.

Johtopäätökset

Fennovoiman käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen YVA-menettely ja samalla toisen laitoksen suunnittelu Suomeen on siis aloitettu. Vaikka Fennovoiman loppusijoituslaitoksen paikanvalinta voi olla vasta vuosikymmenten päästä, on kansalaismielipiteillä merkitystä alan tulevaisuuden kannalta. Yhtiöt huolehtivat ennen kaikkea omista hankkeistaan ja niihin liittyvistä vastuista. Alan toimijoiden pitää kuitenkin pystyä perustelemaan uskottavasti myös se, miten kansallises-ta vastuusta huolehditaan. Toisen loppusijoituslaitoksen paikanvalinta vaatii enemmän kuin vain riittävän hyvän kallioliuhon löytämisen. Rakentamiseen vaikuttavat myös käsitykset riskeistä, poliittiset näkemykset, taloudelliset intressit ja sosio-eettiset kysymykset. Millaisten neuvottelujen ja kenties kiistelyiden tuloksena Fennovoiman ydinjätteiden loppusijoituspaikka tulee valituksi, jää nähtäväksi, mutta on syytä muistaa, että samalla on kyse kansallisen vastuun kantamisesta.

Tutkimuksen perusteella suomalaiset kannattavat Eurajoen Olkiluotoa Fennovoiman ydinvoimalan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituspaikkana enemmän kuin Pyhäjokea. Tuloksessa on nähtävissä tukea kansalliselle keskitetylle ratkaisulle. Sijoitusta Eurajoen Olkiluotoon kannattavat ennen kaikkea miehet, iäkkäämmät vastaajat,



Kuva 7. Suomalaisten suhtautuminen ulkomailta tuotetun ydinjätteen loppusijoitukseen Eurajoen Olkiluotoon vuosina 2007 ja 2016. Prosenttiosuuksien virhemarginaalit ovat pienimmän luvun kohdalla $\pm 1,1$ prosenttiyksikköä ja suurimman $\pm 2,9$ prosenttiyksikköä.

tekniikan koulutuksen saaneet, ylemmät toimihenkilöt ja eläkeläiset sekä perussuomalaisia ja kokoomusta äänestävät. Loppusijoituksessa Pyhäjoelle erot taustamuuttujien suhteen ovat samansuuntaiset, joskin huomattavasti pienemmät, sillä Pyhäjoelle sijoittamisen vastustus on yleisesti suurempaa kuin Eurajoelle sijoittamisen.

Molempien loppusijoitusvaihtoehtojen kohdalla myös ydinvoimakannalla on merkittävä yhteys siihen, kuinka hyväksyttävänä loppusijoitus nähdään. Erityisesti suuri enemmistö ydinenergian käytön lisäämistä kannattavista pitää Eurajokea sopivana loppusijoituspaikkana. Vastaavasti ydinenergian käytön vähentämisen kannalla olevat eivät näe kumpaakaan loppusijoitusvaihtoehtoa hyvänä. Eurajoen Olkiluotoa loppusijoituspaikkana kannattavat keskimääräistä selvästi enemmän myös ydinjätteen loppusijoitusta yleisesti turvallisena pitävät, Suomen siirtymistä uusiutuviin energian tuotantomuotoihin vuoteen 2030 mennessä vastustavat sekä energia-asioita hyvin tuntevat. Pyhäjoen kohdalla energia-asioita parhaiten tuntevat sekä kannattavat että vastustavat loppusijoitusta enemmän kuin huonommin energia-asioita tuntevat.

Ulkomailla tuotetun ydinjätteen loppusijoituksen Eurajoen Olkiluotoon suomalaiset tyrmäävät yksimielisesti. Tältä osin suomalaiset tukevat selvästi kansallista vastuuta loppusijoituksesta.

Loppusijoitus on sosio-tekniikka hanke, jonka on tärkeää saada oikeutus ja hyväksyttävyyttä myös kansalaisten silmissä. Kansalaismielipide näyttäisi tutkimuksen tulosten pohjalta lisäävän paineita Fennovoiman ja Posivan välisille neuvotteluille sekä tukevan työ- ja elinkeinoministeriön tavoitteita edistää yhtiöiden välisiä neuvotteluita. Fennovoima joutuu panostamaan myös suhteiden rakentamiseen Eurajoen kuntapäätäjien ja asukkaiden kanssa.

Kyselytutkimus toteutettiin Tampereen yliopistossa osana ”Transition to a resource efficient and climate neutral electricity system” (EL-TRAN) -hanketta, jota rahoittaa Strategisen tutkimuksen neuvosto. Aineisto analysoitiin osana KYT2018-tutkimusohjelmasta rahoitettua SAFER-hanketta.

Viitteet

- [1] Fennovoima (2016) Käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutusten arviointiohjelma. Kesäkuu 2016. Fennovoima, Helsinki. www.fennovoima.fi/userData/fennovoima/publications/Fennovoima-YVA_Suomi_16082016_web.pdf
- [2] TEM (2012) Ydinjätehuoltoa koskeva selvitys – Ydinjätehuoltoyhteistyön ohjausryhmän (YORY) kokous 2/2012. Kokouspöytäkirja 17.4.2012. Työ- ja elinkeinoministeriö.
- [3] Kojo, M. & Oksa, A. (2014) The Second Repository for Disposal of Spent Nuclear Fuel in Finland: An analysis of the Interests, Resources and Tactics of the Key Actors. InSOTEC Working Paper. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-44-9514-4>
- [4] TEM (2016) Fennovoiman odotetaan jatkavan neuvotteluja yhteisestä loppusijoituksesta. Työ- ja elinkeinoministeriön tiedote 16.12.2016. http://tem.fi/artikkeli/-/asset_publisher/fennovoiman-odotetaan-jatkavan-neuvotteluja-yhteisestä-loppusijoituksesta
- [5] Boutellier, C., McCombie, C. & Mele, I. (2006) ‘Multinational repositories: ethical, legal and political/public aspects’, Int. J. Nuclear Law, 1(1), 36–48.
- [6] Ruostetsaari, I. (2017) Stealth democracy, elitism, and citizenship in Finnish energy policy, Energy Research & Social Science 34, 93–103, <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2017.06.022>
- [7] Kari, M., Kojo, M. & Litmanen, T. (2010) Community divided: adaptation and aversion towards the spent nuclear fuel repository in Eurajoki and its neighbouring municipalities. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-4149-9>
- [8] Kojo, M., Kari, M. & Litmanen, L. (2012) Nuclear community considering threats and benefits of final disposal. Local opinions regarding the spent nuclear fuel repository in Finland, Int. J. Environmental Technology and Management, 15 (2), 124–145.

Kirjoittajat



YTK Anna-Riikka Aarnio

Tutkimusapulainen

Tampereen yliopisto, johtamiskorkeakoulu
anna-riikka.aarnio@uta.fi



YTT Matti Kojo

Tutkijatohtori

Tampereen yliopisto, johtamiskorkeakoulu
matti.kojo@uta.fi



YTT, dosentti Tapio Litmanen

Sosiologian professori

Jyväskylän yliopisto, yhteiskuntatieteiden
ja filosofian laitos
tapio.a.litmanen@jyu.fi

Doctoral dissertation: Computational fluid dynamics analysis of steam condensation in nuclear power plant applications

Giteshkumar Patel
Lappeenranta University of Technology

Detailed experimental and numerical investigations of safety systems and various key components of nuclear power plant are important from both viewpoints of safety and economical aspects. This article presents a dissertation work on computational fluid dynamics analysis of steam condensation phenomena appearing in a pressure suppression pool of a boiling water reactor and in a low-pressure steam turbine.

Ydinvoimalaitoksien turvallisuusjärjestelmien ja erinäisten keskeisten komponenttien yksityiskohtaiset kokeelliset ja numeeriset tutkimukset ovat tärkeitä sekä turvallisuuden että taloudellisuuden näkökulmista. Tässä artikkelissa esitetään väitöstyö, jossa on mallinnettu numeerisella virtausdynamiikalla höyryn tiivistymisilmiötä kiehutusvesireaktorin lauhdutusaltaassa ja matalapaineturpiinissa.

The nuclear power safety has been considered the most important issue during the past decades. Therefore, the constructors and the operators of nuclear power plants (NPPs), and the regulating authorities of nuclear technologies always acknowledge the nuclear power safety as a top priority. NPPs are always built with multiple layers of safety systems and structures designed to protect the plant, the workers at site and the community.

The pressure suppression pool (PSP) is one of the key safety systems of boiling water reactor (BWR) NPPs. Along with NPP safety system studies, the analysis of various key components of NPPs is also profitable, e.g., steam turbine, which plays a key role in power production. Worldwide, more than 60% share of the total electricity generation is held by steam turbines. As steam turbines are vital for power generation, the studies aiming to the efficiency improvement of steam turbines are crucial for efficient power plants.

Why this research is important?

The construction of the PSP is essential in BWRs containment because the pressure build-up and the released energy in the containment during a loss of coolant accident (LOCA) or safety valve actuation are mitigated by the PSP. Further, PSP is the emergency core cooling system's (ECCS) coolant source. Steam released from the reactor vessel is vented through the blowdown pipes via the upper drywell of the PSP system in case of LOCA or through quenchers in case of safety relief valve (SRV) operation. Steam condenses in the pressure suppression water pool, if the pool water remains under saturation.

By varying steam injection mass flux and increasing pool water temperature, different condensation modes can be observed, varying from the direct contact condensation (DCC) onto stable interfaces, through

oscillatory interfaces and chugging bubbles, to condensation within quasi-steady jet interfaces. The discharge of steam into the condensation pool is a quite intricate event which is associated with hydrodynamics and thermodynamics including bubble dynamics, thermal stratification, turbulent mixing, natural circulation, and steam condensation within the water pool, ducts, and at wall surfaces. Also, the pool water acceleration during steam blowdown and bubble collapsing events instigates a pressure pulse in the water pool, which induces hydrodynamic loads to the pool structures and submerged venting systems. Therefore, a detailed analysis of steam blowdown phenomena in PSP either by experiments or with numerical simulations has a great importance from the nuclear reactor safety point of view.

As the exhaust pressure of steam turbines is designed to be low to achieve the maximum energy output, the steam temperature drops due to rapid expansion in the last stages of the low-pressure (LP) steam turbine. Steam condenses and, as a result, additional losses appear. The presence of moisture in the LP turbine decreases the overall efficiency. Therefore, the analysis of condensing flow in a steam turbine is essential for the turbine designers and manufacturers to account for wetness effects during blade profile selection and whole stage design. Even a marginal advancement in the LP turbine performance could prove significantly profitable.

Research method

Computational fluid dynamics (CFD) has become an increasingly applicable tool for thermal-hydraulic investigations in the field of nuclear safety analysis. However, the published numerical work on the CFD simulations of DCC phenomena in the PSP with vertical air/steam blowdown is relatively scant.

In this dissertation, all simulations of DCC in PSP were obtained by using the OpenFOAM CFD solver and compared to corresponding results of NEPTUNE_CFD solver in which the steam-water system was simulated with the Eulerian-Eulerian two-fluid approach. In this approach, the interface between the phases is not necessarily tracked, because the existence of separate conservation equations for each phase does not require that. However, separate closure laws are required to close the equations and make the behaviour of smeared interface physical. The interfacial heat transfer between steam and water was modelled by using different DCC models. The two-equation turbulence models were used to model flow turbulence.

Regardless the availability of CFD tools for turbomachinery flow research, the accurate modelling of complex aerodynamics and thermodynamics phenomena, and corresponding loss generation appearing in LP turbine flows still presents a considerable challenge to recent CFD methods and solvers because the flow and corresponding expansion phenomena occur in a non-equilibrium way.

In this work, all simulations of LP turbine were conducted by using the ANSYS CFD codes. The mixture of vapour and liquid phases was solved by employing Reynolds-averaged Navier-Stokes equations based on the Eulerian-Eulerian approach. The classical nucleation theory was adopted to model nucleation process. Droplet growth models were used to calculate the droplet growth rate. Also, the effect of turbulence modelling on wet-steam flow was studied by modifying the two-equation turbulence models.

Key findings of the dissertation

In this work, the open pool test facility (POOLEX) and the pressurizing drywell-wetwell suppression pool facility (PPOOLEX) tests of Lappeenranta University of Technology (LUT) [1] were used as references. Various issues, namely the performance of different DCC models, significance of reference bubble diameter, sensitivity of sub-cooling rate on DCC phenomena, the influence of turbulence modeling, interfacial momentum transfer, geometry and interface initialization were briefly analyzed.

Figure 1 displays the event of initial steam jet penetration in the POOLEX STB-28-4 test and the instantaneous contours of OpenFOAM simulations. The POOLEX STB-28-4 test refers to the rapid chugging

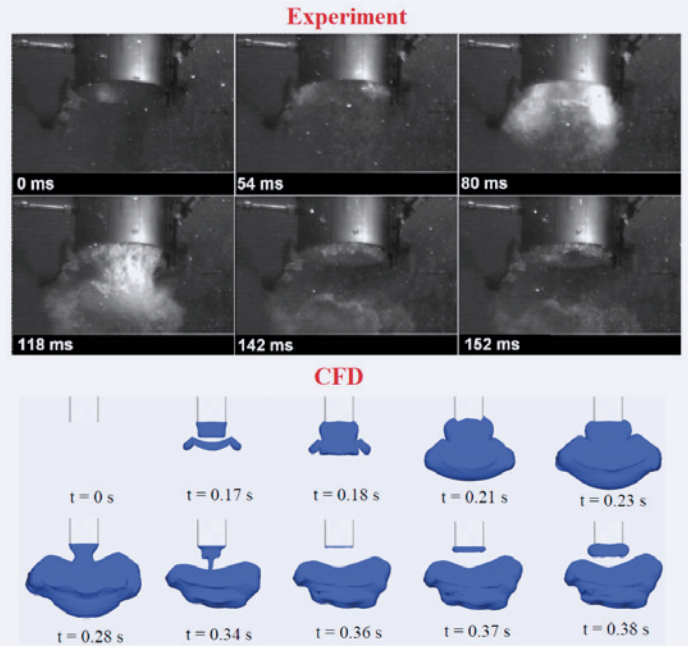


Figure 1. Photographs of the initial steam jet penetration into the pool in the POOLEX STB-28-4 test, and corresponding results of the 3D OpenFOAM simulation.

DCC mode. In the beginning, the steam/water interface was inside the blowdown pipe. As the steam mass flux increased, the interface moved downwards inside the blowdown pipe and a steam bubble was formed at the pipe outlet. In the OpenFOAM simulation, the size of the initial bubble was larger than in the experiments. Also, the bubble remained a little longer and it travelled further towards the pool bottom.

Further, the 2D-axisymmetric simulations of PPOOLEX DCC-05 experiment were performed. The significance of interfacial area modelling on the chugging DCC was examined by employing the Rayleigh-Taylor Interfacial area model of Pellegrini et al. (2015) [2]. The Fast Fourier Transform (FFT) was used to estimate the frequency of chugging motion from the recognized bubble volume obtained with pattern recognition

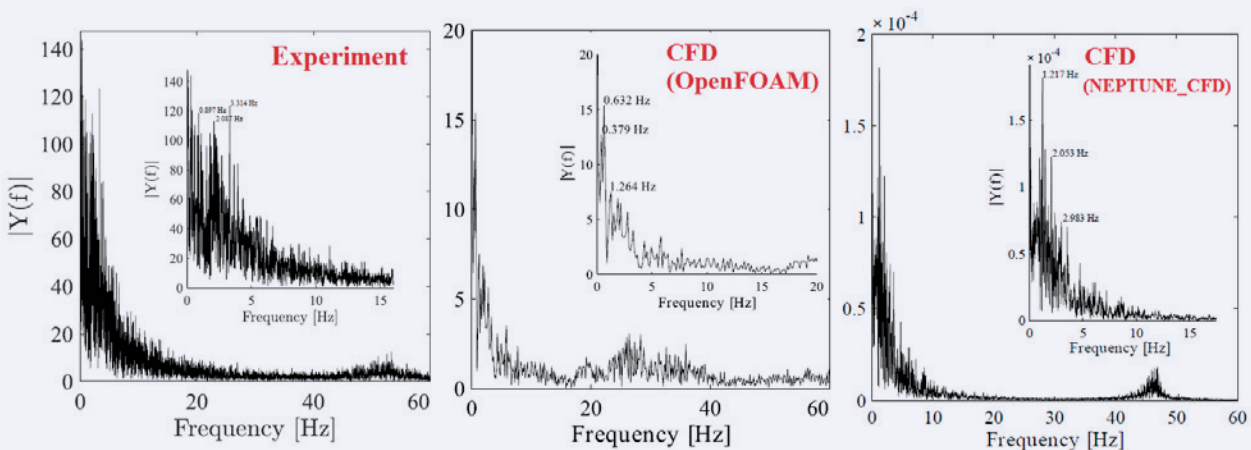


Figure 2. FFT from the recognized bubble volume.

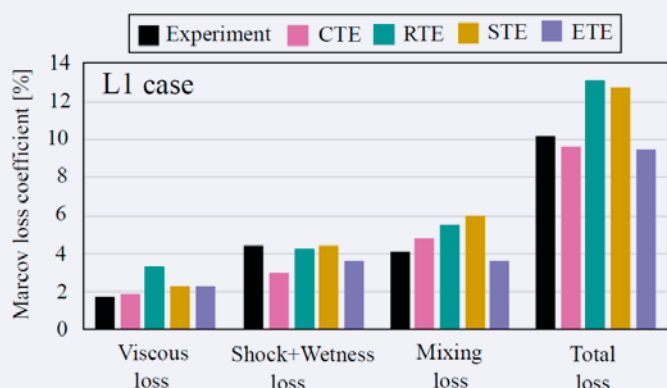


Figure 3. Predicted Markov loss coefficients with different trailing edge shapes compared with the experiments.

and from the CFD data. Figure 2 displays the FFT from the recognized bubble volume in the DCC-05-4 experiment and in the CFD simulations. It can be seen that the chugging frequencies are around 2 Hz in the PPOOLEX DCC-05-5 experiment.

In the OpenFOAM simulations, the chugging frequencies were in the range of 0.5 - 2.5 Hz. However, the most significant 25 Hz of interface oscillations did not correspond to the test at all. A rapid natural interface oscillation of 50 Hz was seen in the test, but not clearly in the OpenFOAM simulations.

In the NEPTUNE_CFD simulations, the Rayleigh-Taylor instability modelling enlarged interfacial area which increased the condensation rate. The predicted power spectrum of bubble volume in the NEPTUNE_CFD with Rayleigh-Taylor instability modelling was quite close to the experimental result.

It was demonstrated that the compressible two-phase CFD solver was essential for the simulations of DCC of pressure suppression pool. It was concluded that certain grid density is needed to resolve the interfacial heat and mass transfer, but the user should determine carefully whether he is operating with the interfacial instability modelling system or with the interfacial instability resolving system. The results of

this dissertation showed that interfacial area modeling and turbulence modelling were the dominant factors for the chugging DCC modelling in the PPOOLEX simulations.

Throughout this work, condensing steam flows were modelled with various computational domains including convergent-divergent nozzles, a stationary cascade of turbine and 3D stator-rotor stage. The influence of local geometrical details of steam turbine blades including blade trailing edge shapes, dimple inclusion and blade surface tapering on the flow expansion, condensation phenomena and corresponding loss generation was studied. For this purpose, four different trailing edge shapes i.e. conic trailing edge (CTE), semicircular trailing edge (RTE), square trailing edge (STE), and elliptic trailing edge (ETE) were chosen.

The presented results revealed that the flow expansion was affected notably by the different trailing edge shapes. As a result, the nucleation, droplet growth processes and other key features of wet-steam flows were altered. The highest nucleation rate was observed in the elliptic trailing edge case due to highest expansion and, thus, it yielded the smallest average droplet radius among all cases. Both the round and square trailing edge cases had strong wake regions which raised the rate of entropy generation and predicted the higher total loss (Figure 3). Results revealed that the elliptic trailing shape yielded the lowest loss generation among all the cases and it predicted about 7 % less total loss compared with the experiment of White et al. (1996) [3].

Furthermore, the effect of turbulence modelling on wet-steam flow was studied by modifying the two-equation turbulence models. The influence of turbulence modelling studies revealed that the accurate turbulence modelling is required for precise condensing steam flow prediction. The modified two-equation turbulence models were able to predict accurate wet-steam flows of LP turbine.

The doctoral dissertation was defended on April 4, 2017 at the Lappeenranta University of Technology. The dissertation was supervised by Professor Juhani Hyvärinen and Associate Professor Teemu Turunen-Saaresti. Associate Professor Pavel Kudinov (KTH Royal Institute of Technology, Sweden) acted as an opponent. The dissertation has been published at the university series Acta Universitatis Lappeenrantaensis, study series number 738. The dissertation can be read electronically at <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-062-5>.

References

- [1] Puustinen M., Kyrki-Rajamäki R., Tanskanen V., Räsänen A., Purhonen H., Riikonen V., Laine J., Hujala E. (2013a). BWR suppression pool studies with POOLEX and PPOOLEX test facilities at LUT. In The 15th International Topical Meeting on Nuclear Thermal Hydraulics (NURETH-15), Pisa, Italy, 12–17 May, pp. 1–12.
- [2] Pellegrini M., Naitoh M., Josey C., Baglietto E., (2015), Modeling of Rayleigh-Taylor instability for steam direct contact condensation. In The 16th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NURETH-16), Chicago, IL, August 30–September 4, pp. 1–15.
- [3] White A.J., Young J.B., Walters P.T., (1996), Experimental validation of condensing flow theory for a stationary cascade of steam turbine blade. Philos. Trans. Roy. Soc. London., Vol. A 354, pp. 59–88.

Author



D.Sc. (Tech.) Giteshkumar Patel
Postdoctoral researcher
Lappeenranta University of Technology
giteshkumar.patel@lut.fi

Väitös:

Serpent-koodin käyttö kytkettyjen ongelmien ja transienttien mallintamiseen

Ville Valtavirta
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

Käyvän ydinreaktorin sydämen mallintaminen on monimutkainen ongelma, koska sydämen tehojakauma, lämpötilajakauma ja tiheysjakauma täytyy ratkaista samanaikaisesti. Työssä laajennettiin suomalaisen Monte Carlo neutronikuljetuskoodin Serpentin kykyjä toimia osana neutronisydäntä mallintavaa laskentajärjestelmää. Väitöskirjatyön jälkeen Serpent voidaan helposti kytkeä erilaisiin ulkoiisiin tai sisäisiin ratkaisijoihin sekä ajasta riippumattomissa että aikariippuvissa laskuissa.

Modelling the core of an operating nuclear reactor is a complex problem as the power, temperature and density distributions of the core need to be solved simultaneously. This thesis expanded the capabilities of the Finnish Monte Carlo neutron transport code Serpent to work as a part of a larger computational framework that models an operating nuclear reactor. Serpent can now be easily coupled to external or internal solvers both for time-independent and time-dependent simulations.

Käyvän ydinreaktorin mallintaminen on monimutkainen kytketty ongelma, jossa useampi erillinen fysiikan osa-alue vuorovaikuttaa. Väitöstyössäni kehitin ja implementoin menetelmiä, joilla VTT:llä kehitettävää Serpent nimistä Monte Carlo neutronikuljetuskoodia voidaan mukavasti ja tehokkaasti käyttää suuremman laskentajärjestelmän osana ratkaisemaan reaktorimallinnuksen multifysiikkaongelman neutroniikkaosuus.

niin nopeaa, että menetelmiä voidaan hyvin soveltaa kytkettyjen ongelmien ratkaisemiseen.

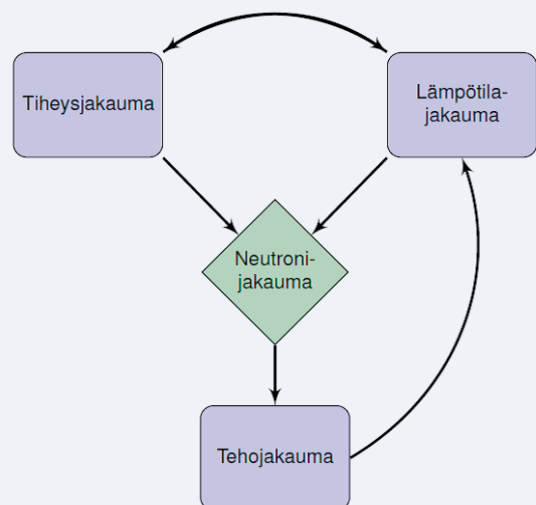
Monte Carlo referenssiratkaisijana

Jatkuvaenerginen Monte Carlo -neutroniikka lisää mallinnustarkkuutta deterministisiin menetelmiin nähden sivuuttamalla näiden tekemät

Reaktorimallinnuksen kytketty kolminaisuus

Reaktorisydämen mallinnuksessa sydämen tehojakauma on vahvasti kytketty sydämen materiaalien (polttoaine, jäähdyte/moderaattori) lämpötila- ja tiheysjakauksiin. Polttoaine- ja jäähdytemateriaalien lämpötila ja tiheys vaikuttavat olennaisesti neutronien vuorovaikutustodennäköisyyksiin sydämessä. Toisaalta neutronivuorovaikutukset tuottavat reaktorisydämeen tehojakauksen, jonka seurauksena sekä polttoainesauvoihin että jäähdytemateriaaliin muodostuu lämpötila- ja tiheysjakauma. Tästä syystä sydämen neutroniikan ratkaisemiseksi täytyy tuntea sydämen materiaalien lämpötila- ja tiheysjakaukset, mutta näiden ratkaisemiseksi täytyy tuntea sydämen tehojakauma (neutroniikka). Tämän kytketyn ongelman ratkaisemiseksi eri jakaumat ratkaistaan tyypillisesti vuorotellen useaan kertaan, millä tavoin päästään ratkaisu ratkaisulta lähemmäs todellista kytkettyä ratkaisua. Jakaumien välistä kytkentää havainnollistetaan kuvassa 1.

Koska myös neutroniikkaongelma täytyy ratkaista useampaan kertaan, käytetään sen ratkaisemiseksi tavallisesti ns. deterministisiä menetelmiä, jotka pyrkivät ratkaisemaan neutronien keskimääräiselle käyttäytymiselle kirjoitetun tasapainoyhtälön (transport-yhtälön). Tasapainoyhtälö on yleisessä muodossaan varsin vaikea ratkaista, mistä syystä deterministiset menetelmät turvautuvat muutamaan selkeään yksinkertaistukseen, joiden ansiosta yhtälön ratkaisemisesta saadaan



Kuva 1. Reaktorisydämen teho-, lämpötila- ja tiheysjakauma ovat kytketyneet toisiinsa sydämen neutronijakauman kautta. Jotta yhden jakauman voisi ratkaista, täytyy myös muiden ratkaisut tuntea.

energiaryhmä-, tilavuushomogenisointi- ja kulma-approksimaatiot mallintamalla keskimääräisen neutronipopulaation (neutronivuon) sijaan suuren määrän yksittäisiä neutroneita mahdollisimman tarkasti. Saavutetun tarkkuuden käänköpuolena on tyypillisesti huomattava kasvu laskenta-ajassa, mistä syystä deterministiset menetelmät ovat tavallisesti käytössä päivittäisessä reaktorimallinnuksessa.

Monte Carlo -menetelmät toimivatkin erinomaisena referenssiratkaisuna perinteisille deterministisille menetelmille. Mainio esimerkki on Serpentin käyttö suomalaisen ARES-nodaalikoodin neutroniikkarakaisun arviointiin [1, 2].

Yhtenä haasteena vastaavien referenssiratkaisujen laskemiseen käynnissä olevalle reaktorille on se, että perinteisesti Monte Carlo neutronikuljetuskoodit, kuten yhdysvaltalainen MCNP ja suomalainen Serpent, on kehitetty mallintamaan systeemejä, jotka ovat joko huoneenlämmössä (kriittisyysturvallisuus- ja säteilysuojelutarkastelut) tai jonkinlaisessa hyvin määritellyssä tasaisessa lämpötilassa ja tiheydessä (ryhmävakioiden generointi). Käyvissä ydinreakteoreissa jäähdytteen ja polttoaineen lämpötilat ja tiheydet noudattavat monimutkaisia jakaumia, jotka täytyy ratkaista tarkoitukseen sopivilla erillisillä työkaluilla. Tästä syystä myös Serpentin soveltaminen käyvän reaktorin mallintamiseen oli väitöskirjatyöni alussa hankalaa, ja väitöskirjatyöni oli tarvetta.

Yksi yhtenäinen kytkentätapa

Työni tarkoituksena oli mahdollistaa Serpentin kytkeminen joko sisäiseen tai ulkoiseen polttoaine- ja/tai virtausratkaisijaan aikariippumattomissa laskuissa, palamalaskuissa sekä aikariippuvissa transienttilaskuissa. Yksi tärkeimmistä työn alussa tehdyistä valinnoista oli varmistaa, että tiedon siirtoon käytettävä multifysiikkarajapinta sekä kytketyn ratkaisun hakemiseen käytettävä iteraatioalgoritmi toimivat samalla tavoin kaikissa eri laskentamoodoissa.

Perinteinen tapa asettaa lämpötila- ja tiheystieto Monte Carlo -laskuissa on ollut joko koppijakoon (MCNP) tai materiaaliin (Serpent) perustuva. Tämä on tarkoittanut sitä, että mikäli esimerkiksi termohydrauliikkaratkaisijaan haluttaisiin lisätä koppeja aksiaalisuuntaan, täytyy samalla joko muuttaa neutroniikkaratkaisijan geometriamallia tai käsitellä uusi jakauma erikseen esimerkiksi keskiarvoistaen vanhaan geometriamalliin.

Multifysiikkarajapinnan tärkein tehtävä on erottaa geometriainformaatio (missä on mitään materiaalia) lämpötila- ja tiheysinformaatiosta (missä on mitenkään lämmintä ja/tai tiheää). Rajapinta toimii välittäjänä Serpentin fysiikka- ja geometriarutiinien sekä sisäisten tai ulkoisten ratkaisijoiden välillä siten, että Serpentin neutronikuljetusrutiini ei tarvitse tietää minkälaisesta ratkaisijasta lämpötila- ja tiheyskentät tulevat ja missä muodossa. Toisaalta käyttäjän ei tarvitse tehdä laskentageometriansa muutoksia siirtyessään pelkistä neutroniikkalaskuista kytkettyihin multifysiikkalaskuihin tai vaihtaessaan käyttämäänsä lämpötila- ja/tai tiheysratkaisijaa. Ainoastaan Serpentin input-tiedostoon linkitettävä lämpötila- ja tiheysjakaumat sisältävä rajapintatiedosto täytyy päivittää. Kuvassa 2 on kuvattu saman polttoainesauvan poikkileikkaus Serpentissä käyttäen kolmea erilaista lämpötilaprofiilia polttoaineelle. Lämpötilaprofiilin muuttaminen ei vaadi muutoksia geometriamalliin.

Kehitystä ajan kanssa

Reaktorin käyttäytymisen aikariippuva mallintaminen (reaktoridynamiikka) on huomattava osa reaktorimallinnusta. Reaktoridynamiikassa mallinnetaan sekä neutroniikan että fysikaalisten tehotakaisinkytkentö-

jen (polttoaineen ja jäähdytteen käyttäytyminen) aikakehitystä tyypillisesti jonkinlaisessa häiriö- tai onnettomuusskenaariossa.

Monte Carlo neutronikuljetuksen muuttaminen aikariippuvaksi ratkaisuksi on periaatteessa suoraviivaista: samalla kun yksittäisiä neutroneita liikutetaan paikasta toiseen, niitä voidaan siirtää myös ajassa eteenpäin. Serpentin soveltaminen reaktoridynamiikkalaskuihin vaati kuitenkin kahden uuden menetelmän kehittämisen ja implementoinnin: 1) viivästyneiden neutronien tehokas käsittely ja 2) aikariippuvat muutokset materiaalien lämpötiloissa ja tiheyksissä sekä ongelma-geometriassa.

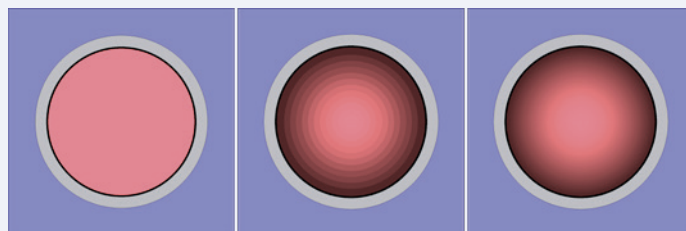
Väitöstyössäni implementoin Serpentiin erillisen käsittelytavan viivästyneille neutroneille aikariippuvia laskuja varten. Aikariippuvissa laskuissa Serpent tuottaa fissioreaktioissa viivästyneiden neutronien prekursoriytimiä, joista pidetään laskun aikana kirjaa ja joista voidaan tuottaa simuloitavaksi suuri määrä pienen tilastollisen painon omaavia viivästyneitä neutroneita tai pieni määrä suuren tilastollisen painon omaavia viivästyneitä neutroneita tarpeen mukaan.

Lämpötila- ja tiheyskenttien päivittämistä varten aikariippuvat laskut suoritetaan aikaväleittäin. Aikavälin alussa olevien neutroni- ja prekursorijakaumien annetaan kehittyä aikavälin yli, samalla pidetään kirjaa aikavälin aikana tuotetusta lämpöenergiasta. Kun neutronit saavuttavat aikavälin lopun, ne pysäytetään ja jätetään odottamaan seuraavan aikavälin laskemista. Jokaisen aikavälin simuloinnin jälkeen voidaan välittää aikavälillä laskettu tehojakauma jollekin sisäiselle tai ulkoiselle ratkaisijalle ja tämän ratkaisun perusteella päivittää materiaalien lämpötila- ja tiheyskentät aikavälin lopussa. Neutroneita kuljetettaessa, paikallinen lämpötila- ja tiheys voidaan interpoloida aikavälin alku- ja loppukenttien väliltä. Kukin aikaväli voidaan laskea uudelleen kunnes on saavutettu lopullinen kytketty ratkaisu kyseisellä aikavälillä.

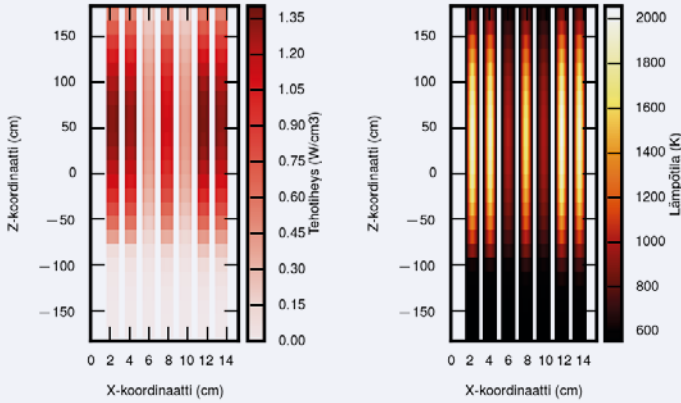
Aikariippuvat laskut ovat tavallistakin Monte Carlo laskentaa työlämpiä, mikä on ainakin toistaiseksi rajoittanut Monte Carlo transienttilaskentaa lähinnä pienten kooreaktorien sekuntimittakaavan tehomuutoksiin.

Kytketyn laskennan hedelmiä

Väitöskirjatyön suurimpana saavutuksena on Serpentin kyky ratkaista sellaisia kytkettyjä ongelmia, joihin se ei aiemmin pystynyt. Näille kyyville etsittiin jo väitöskirjatyön aikana muutamia sovelluksia tarkastelemalla erityisesti neutroniikkalaskuissa käytettävän polttoaineen lämpötilajakauman vaikutusta neutroniikkalaskun tuloksiin.



Kuva 2. Koska multifysiikkarajapinta erottaa lämpötila- ja tiheysinformaation geometriamallista, käyttäjän ei tarvitse tehdä muutoksia geometriamalliin, mikäli polttoainesauvaa mallinnettaessa polttoaineen tasainen lämpötilajakauma (vasemmalla) halutaankin korvata askelprofiililla (keskellä) tai jatkuvalla lämpötilajakaumalla (oikealla). Tummempi väri kuvaa matalampaa lämpötilaa.



Kuva 3. Tehotiheysjakauma (vasen) ja polttoaineen lämpötilajakauma (oikea) Peach Bottom 2 -tyyppisen nipun lävistäjällä. Ratkaistu sisäisesti kytketyllä Serpent-FINIX yhdistelmällä. Nipun alaosassa on säätösauva, mistä syystä teho- ja lämpötila saavuttavat maksiminsa keskilinjän yläpuolella.

Käyvän reaktorin sydämessä ydinpolttoaine kuumenee polttoainesauvan keskilinjalla tyypillisesti yli tuhannen kelvinin lämpötiloihin. Muutaman millimetrin päässä polttoainepelletin pinnalla lämpötila on satoja kelvineitä alaisempi. Polttoaineen säteittäinen lämpötilaprofiili muistuttaaakin karkeasti ottaen alaspäin aukeavaa paraabelia. On tavallista että neutroniikkalaskuissa ydinpolttoaineelle käytetään tämän oikean säteittäisen jakauman sijaan yhtä tasaista lämpötilaa. Tällainen efektiivinen lämpötila yliarvioi todellista lämpötilajakaumaa polttoaineen pinnalla ja aliarvioi sitä polttoainesauvan keskellä. Ei ole tavatonta, että nipputason laskuissa kaikkien nipun sauvojen polttoaineelle käytetään yhtä ja samaa lämpötilaa.

Nyt kun Serpentillä ja siihen kytketyllä polttoainekoodilla oli mahdollista ratkaista neutroniikan ja polttoaineen lämpötilajakauman välinen kytketty ongelma, pystyttiin polttoainenipun neutroniikalle ja polttoaineen käyttäytymiselle laskemaan referenssiratkaisu tietyllä tehotasolla ja jäähdytteen lämpötilalla. Esimerkkinä on kuvassa 3 esitetty Serpent-

FINIX yhdistelmällä laskettu ratkaisu Peach Bottom 2 tyyppiselle nipulle 3 MW tehotasolla. Tällaisen referenssiratkaisun neutroniikkaosaa (tehojakauma, reaktiotaajuudet sekä palamalaskun tuloksena saatavat nuklidikoostumukset ja tuotetut ryhmävakiot) saattoi verrata perinteisellä efektiivisellä lämpötilalla laskettujen laskujen tuloksiin.

Laskujen perusteella havaittiin, että efektiivisen lämpötilan käyttö ja valinta vaikuttavat huomattavasti polttoaineeseen syntyvien aktinidien ja fissiotuotteiden radiaaliseen jakautumiseen polttoainepelletissä. Tasaisten efektiivisen lämpötilan käyttö todellisen lämpötilaprofiilin sijaan yliarvioi sekä fissiotuotteiden että aktinidien muodostumista polttoainepelletin pinta-alueisiin ja aliarvioi niiden muodostumista pelletin sisempiin osiin.

Lisäksi nähtiin että valitun efektiivisen lämpötilan arvo vaikuttaa nipussa syntyvien fissiilien aktinidien tuotantonopeuksiin ja kokonaismääriin polttoaineessa eri palamilla sekä palavana absorbaattorina toimivien gadoliniumisotoppien palamisnopeuteen nipun gadoliniumoksidilla seostetuissa polttoainesauvoissa.

Serpentin tulevaisuus käyvien reaktorien referenssikoodina

Väitöskirjatyön jälkeen Serpentä voi helposti ja mukavasti käyttää osana suurempaa laskentajärjestelmää ratkaisemaan reaktorin käyttäytymisen aikariippuvassa tilanteessa, käyttöjakson aikana (palamalaskut) tai transienttitilanteissa.

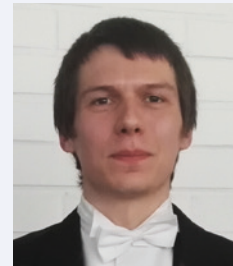
Monte Carlo -neutroniikalla laskettavat multifysiikkalaskut ovat maailmanlaajuisesti jo arkipäivää ja työssä kehitetyt Serpentin kytketyn laskennan menetelmät ovatkin jo laajassa käytössä eri puolilla maailmaa.

Väitöskirja Development and applications of multi-physics capabilities in a continuous energy Monte Carlo neutron transport code (Multifysiikkamenetelmien kehitys ja sovellukset jatkuvaenergisessä Monte Carlo neutronikuljetuskoodissa) tarkastettiin 19.5.2017 Aalto-yliopistossa. Vastaväittäjänä toimi tohtori Mark DeHart Idaho National Laboratorysta. Kustoksena toimi professori Filip Tuomisto Aalto-yliopistosta. Väitöskirja on saatavilla sähköisessä muodossa osoitteessa www.vtt.fi/inf/pdf/science/2017/S150.pdf

Viitteet

- [1] Jaakko Leppänen, Riku Mattila, and Maria Pusa. Validation of the Serpent–ARES code sequence using the MIT BEAVRS benchmark – initial core at HZP conditions. *Annals of Nuclear Energy*, 69, 212 – 225, 2014.
- [2] Jaakko Leppänen and Riku Mattila. Validation of the Serpent–ARES code sequence using the MIT BEAVRS benchmark – HFP conditions and fuel cycle 1 simulations. *Annals of Nuclear Energy*, 96, 324 – 331, 2016.

Kirjoittaja



TKT Ville Valtavirta

Tutkija
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
ville.valtavirta@vtt.fi

Diplomityö: Umpilähdekapselien ikääntyminen teollisuuden sovelluksissa

Milla Korhonen
Säteilyturvakeskus

Diplomityössä selvitettiin umpilähdekapselin kestävyyyteen ja käyttöikään vaikuttavat tekijät teollisuussovelluksissa ja annettiin suosituksia suositellun käyttöikään ylittäneiden umpilähteiden valvontaan.

In the master's thesis factors affecting the durability and working life of sealed source capsules in industrial applications were studied. Recommendations on control of sealed sources that have passed their recommended working life were given based on the findings.

Umpilähteessä radioaktiivinen aine on suljettu tiiviisti metallikapselin sisälle niin, ettei se pääse leviämään kapselin ulkopuolelle eikä sitä voi koskettaa. Yksi tärkeimmistä umpilähteisiin liittyvistä turvallisuustekijöistä on kapselin tiiviy.

Umpilähteiden kestävyyyteen vaikuttavat tekijät

Radioaktiivisen aineen kemiallinen ja fysikaalinen muoto sekä kapselimateriaalit valitaan umpilähteen käyttösovelluksen ja -olosuhteiden mukaan. Umpilähde on yksin- tai kaksinkertaisesti kapseloitu ja kapseli voi sisältää ohuen ikkunan. ^{137}Cs ja ^{60}Co ovat lukumääräisesti käytetyimmät nuklidit teollisuussovelluksissa Suomessa. ^{60}Co on umpilähdekapselissa metallisessa muodossa ja ^{137}Cs nykyisin pääasiassa keraami- tai lasipellettinä. Tyypillisin kapselimateriaali on austeniittinen ruostumaton teräs. Inaktiivisia umpilähteitä on esitetty kuvassa 1.

Umpilähteiden kestävyyyteen ja käyttöikään vaikuttavat tekijät jaetaan työssä neljään ryhmään: valmistusvikoihin, mekaaniseen rasitukseen, korroosioon ja säteilyrasitukseen. Lisäksi työssä käsitellään normaaleista olosuhteista poikkeava tilanne, tulipalo. Umpilähdekapselit ovat rakenteeltaan melko yksinkertaisia, joten todennäköisimpiä valmistusvikoja ovat hitsisaumojen laatuvirheet ja kapselin pintavirheet. Kapselit ovat hyvin suojattuja säteilysuojusten sisällä, mutta voivat joutua mekaanisen rasituksen kohteiksi tärinän tai kapselien kuljetuksen ja käsittelyn aikana. Austeniittinen ruostumaton teräs vastustaa hyvin yleistä korroosiota, mutta on altis paikalliselle korroosiolle etenkin happamia tai kloridipitoisia liuoksia sisältävissä ympäristöissä. Työssä esitellään viisi korroosiomekanismia, joista piste- ja rakokorroosiota voidaan pitää todennäköisimpinä korroosiuotoina umpilähteiden käyttöolosuhteissa. Teollisuuden umpilähteiden sähkömagneettisen gammasäteilyn ei todettu vaikuttavan merkittävästi teräskapseliin, mutta sillä voi olla vaikutusta ei-metallisen radioaktiivisen pelletin haurastumiseen ionisaation kautta.

Työn kokeellisessa osuudessa tehtiin materiaalikarakterisointitut-



Kuva 1. Tyypillisiä "dummy"-umpilähdekapselaita. Kuvan kapselit eivät sisällä radioaktiivista ainetta.

kimuksia "dummy"-umpilähdekapselleille. Kirjallisen ja kokeellisen selvityksen perusteella umpilähteille tunnistettiin kolme tärkeintä vuotoriskitekijää. ^{137}Cs -umpilähteitä, joiden radioaktiivisen aineen kemiallisesta muodosta ei ole tietoa, voidaan pitää korkeamman riskin kohteina, sillä vanhojen sekä suurien aktiivisuuspitoisuuksia vaativien sovellusten ^{137}Cs -lähteiden sisältämä $^{137}\text{CsCl}$ on hyvin liukoista. Umpilähteen käyttöympäristön kosteus ja happamien tai kloridipitoisten kemikaalien käyttö lisää umpilähdekapselin paikallisen korroosion alttiutta. Kolmas vuotoriskiä kasvattava tekijä on joissakin umpilähdekapselissa oleva ikkuna, joka voi heikentää kapselin mekaanista sekä korroosio-ominaisuuksia.

Diplomityö on hyväksytty Tampereen teknillisen yliopiston teknisten tieteiden tiedekuntaneuvostossa 3.5.2017.

Kirjoittaja



DI Milla Korhonen

Tarkastaja
Säteilyn käyttö teollisuudessa
Säteilyturvakeskus
milla.korhonen@stuk.fi

Diplomityö: Käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoinnin turvallisuuskartoitus

Hanna Tynys
Fortum

Diplomityössä on tutkittu käytetyn ydinpolttoaineen väliaikaisvarastoinnin turvallisuutta sekä pitkäaikais-
turvallisuuden että onnettomuusskenaarioiden osalta. Varastointia tutkittiin erityisesti suunnitteilla olevan
Hanhikivi 1:n käytetyn polttoaineen varaston näkökulmasta. Työssä tehtiin myös alustavia turvallisuusanalyyy-
sejä APROS-ohjelmalla.

This master's thesis considers the safety of interim spent fuel storages in long term and during different ac-
cident scenarios. The storages are specially considered in the point of view of Hanhikivi 1 spent fuel storage,
which is currently in a design phase. In this thesis preliminary thermal hydraulic safety analyses are performed
by using APROS.

Käytetyn polttoaineen välivarastointia on pidetty yleisesti ottaen turval-
lisena polttoaineen matalan jälkilämpötehon vuoksi, ja historiallisesti
vakavia onnettomuuksia käytetyn polttoaineen varastoinnissa ei ole ta-
pahtunut. Vakavat onnettomuudet erityisesti allasvarastoissa ovat kui-
tenkin olleet tutkimuksen aiheena jo 1980-luvulla, ja aktiivisemman
kiinnostuksen kohteena jälleen Fukushima onnettomuuden jälkeen,
kun myös polttoainealtaiden vedenpinta laski jäähdytysjärjestelmien
menettämisen seurauksena.

Kuiva- ja märkävarastot

Diplomityössä on tutustuttu käytetyn polttoaineen kuiva- ja märkäva-
rastoihin sekä vertailtu niitä yleisesti ja Hanhikivi 1:n näkökulmasta.
Märkävarastossa polttoaine on varastoitu vesialtaisiin, joita jäähdyt-
tämällä lämpö siirretään lopulliseen lämpönieluun, yleensä mereen.
Kuvassa 1 on esimerkki märkävarastokonseptista Hanhikivi 1:n ta-
pauksessa.

Kuivavarastossa polttoaine säilötään kuivasäiliöihin, joista lämpö
poistuu säiliön ulkopinnalta ilmavirtauksen mukana passiivisesti. Kui-
varastoinnin merkittävin etu on passiivinen jäähdytysjärjestelmä ja
polttoaineen sijoittelu hajautetusti omiin säiliöihinsä. Vesiallasvarasto-
ssa polttoaine on puolestaan helpommin käsiteltävissä ja esimerkiksi
polttoaineen kuntoa on helpompi valvoa.

Polttoainetta säilytetään kuivavarastoinnin yhteydessä aina ensiksi
joitakin vuosia polttoainealtaassa, jotta jälkilämpötehoa saadaan alhai-

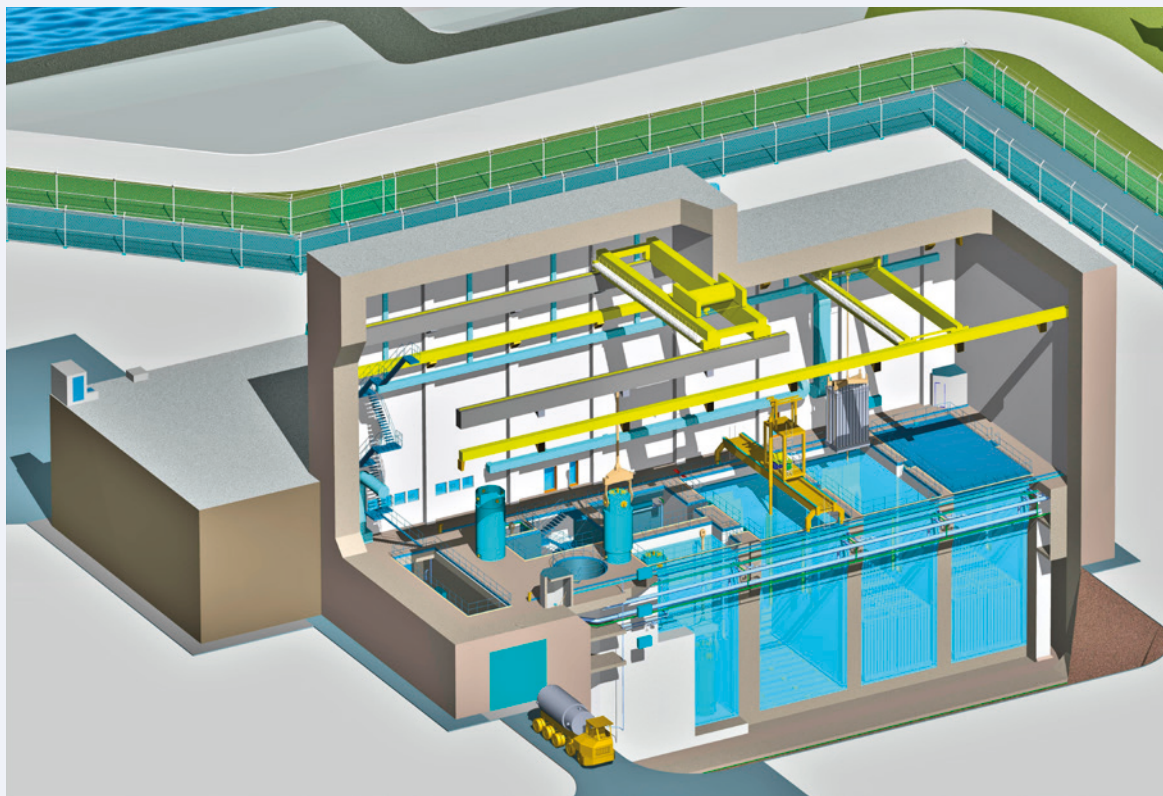
semäksi ennen kuivavarastointiin siirtymistä. Riittävä säilytysaika riip-
puu polttoaineen jälkilämpötehosta, jonka on oltava riittävän alhainen
kuivavarastoinnin mahdollistamiseksi.

Hanhikivi 1:llä polttoainetta varastoidaan ensin reaktorirakennuksen
polttoainealtaissa, joista se siirretään välivarastoon. Hanhikivi 1:lle va-
litun polttoaineen ja maksimipalaman tapauksessa jälkilämpöteho on
kuitenkin tämän varastointiajan jälkeen edelleen liian korkea nykyisin
markkinoilla oleville kuivasäiliöille, joten säiliöitä ei voitaisi täyttää täy-
teen. Tämä ei ole taloudellisesti järkevää, sillä kuivavarastoinnissa juuri
säiliö muodostaa merkittävimmän osan kustannuksista. Kokonaan uu-
den säiliön suunnittelu ja lisensointi on työlästä ja vaatisi paljon aikaa.

Onnettomuusskenaariot märkävarastoissa

Diplomityössä on tutkittu erilaisia onnettomuuksien syntymekanismeja
ja näiden potentiaalisia seurauksia erityisesti vesiallasvarastoissa.
Lisäksi työssä on tutustuttu polttoainevarastoissa historiassa tapahtu-
neisiin onnettomuuksiin ja käyttötapauksiin, esimerkiksi Fukushima
ydinvoimalaitoksen altaiden vedenpinnan laskuun ja Paksissa tapahtu-
neeseen polttoaineen vaurioitumiseen puhdistustankissa.

Allasvarastojen altaiden kuivuminen ja polttoaineen paljastuminen
tunnistetaan merkittävämmäksi onnettomuusmekanismiksi erityisesti
siksi, että se voi johtaa polttoainesauvan zirkonium-suojakuoren voi-
makkaaseen hapettumiseen ilmassa, zirkonium-tulipaloon. Käytetyn
polttoaineen pidempiaikaisten varastojen osalta zirkonium-palo on kui-



Kuva 1. Diplomityö on tehty yhtenä osana käytetyn polttoaineen varaston suunnitteluprojektia, jossa on muun muassa suunniteltu varaston layout ja prosessijärjestelmät (kuva: Elias Mayer).

tenkin epätodennäköinen polttoaineen alhaisen jälkilämpötehon vuoksi. Telinekonfiguraation valinnalla voidaan myös osaltaan ehkäistä lämpötilan nousua altaiden kuivuessa, parantamalla jäähdytystä esimerkiksi hilaväliä muuttamalla tai rakenteellisilla ratkaisuilla horisontaalisten virtausten mahdollistamiseksi. Oksidoitumista ja zirkonium-palon mahdollisuutta ja mekanismeja on tarkasteltu lähdemateriaalin perusteella.

Turvallisuusanalyysit APROS-ohjelmalla

Allasvaraston jäähdytysjärjestelmälle ja polttoainealtaille tehtiin diplomityössä alustavia turvallisuusanalyyskejä APROS-ohjelmalla. Analyysseissä tutkittiin muun muassa jäähdytysjärjestelmän toimintahäiriöitä, aikaviiveitä altaiden kuumenemisessa ja jäähdytystornin toimintaa. Analyysien tuloksena todettiin aikaviiveet altaiden suuren vesimassan seurauksena pitkiksi sekä turvallisuusjärjestelmät riittäviksi polttoaineen jäähdytyksen turvaamiseksi tarkasteltujen alkutapahtumien yhteydessä. Analyyskejä käytetään osana Hanhikivi 1:n käytetyn polttoaineen väli-varaston lisensointiaineistoa.

Diplomityö on hyväksytty Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa 7.6.2017.

Kirjoittaja



DI Hanna Tynys
Project Engineer
Fortum
hanna.tynys@fortum.com

Megatrendejä ja turvallisuutta

TURVALLISUUS PUHUTTA. Ei päivää ilman että jotain sen kulmaa mediasa käännetään. Arkipäivän aivan tavalliseksi miellettyä asiaa saatetaan pitää turvallisuuskysymyksenä. Milloinka tämä meno oikein alkoi? Mutu-tuntumalla sanoisin, että kesällä 2015. Silloin turvapaikanhakijoiden liikehdintä lähti voimakkaaseen kasvuun, mutta jo suunnilleen tämän vuosituhannen alusta lähtien, New Yorkin terrori-iskujen ja arabikevään myötä, turvallisuuden uhat olivat alkaneet pikkuhiljaa nousta esiin.

Nykyään mediassa puhutaan paljon ulkoisista ja sisäisistä turvallisuushista. Edelliset uhkaavat ikään kuin valtioiden ul-

kopuolelta, jälkimmäiset ovat käärmeen lailla luikerrelleet jo valtion rajojen sisäpuolelle. Turvallisuushakuisuus onkin yksi nykyajan megatrendeistä. Meksikonlahdelta viime päivinä saapuneet myrskyt ovat riepottaneet Texasia ja Floridaa ja alueiden infrastruktuuriin kohdistuneet tuhot ovat valtavia. Valtavia muun muassa siksi, että nämä alueet ovat suosittuja asuinalueita ja niissä on hyvin rakennettu infrastruktuuri.

Entisajan ja nykyajan megatrendien suurin yhteinen tekijä taitaakin lopulta olla, että syystä tai toisesta ne ovat syntyneet ja vaikuttaneet. Ylipäätään asutus maapallolla on syntynyt ja kasvanut alueille, joissa on hyvät edellytykset asumiselle ja elämiselle, meren rannalle, jokien varsille ja suistoalueille, vesien äärelle. Niissä on ollut hyvät mahdollisuudet vaikkapa elinkeinoelämälle ja maataloudelle. Tämän ajan voimakas kaupungistuminen kasvu on saman kaltainen ilmiö kuin aiempi vuosituhantinen kehitys. Suositut asuinalueet keräävät väkeä kuin karpäspaperit karpäsiä. Niille halutaan, sillä niissä elämisen edellytykset ovat hyvät

ja miellyttävät, niissä talouden kasvu on voimakasta.


Mutta kolikolla on kääntöpuolensa. Suositut asuinalueet ovat kaupungistumisilmion seurauksena osin ylikansoittuneet. Ne sijaitsevat usein niin, että niissä tapahtuu rajuja luonnonilmiöitä: maanjäristyksiä, tulvia, myrskyjä. Teollisuus ja elinkeinotoiminta rasittavat ympäristöä. Infrastruktuuriin kohdistuu eri puolilla maailmaa valtavaa tuhoa ja sekasortoa. Sekasorto ja sodat aiheuttavat ennennäkemättömiä pakolaisvirtoja ja poliittiset ongelmat vain kasvavat eikä niille löydetä korjaavia ratkaisuja.

Kaikkien globaalien turvallisuuskien keskellä olen miettinyt sisäistä turvallisuutta aivan erityisestä omasta tulokulmastaan. Suomen kesä taas kerran minut siihen johti. Eihän se säiden puolesta niin erinomainen ollut, mutta ihan kelvollinen. Suomen kesästä kuitenkin mielestäni on tärkeintä, että se luo kulttuuriset ja emotionaaliset puitteet ja rakenteet rauhoittua ja käydä omaa sisäistä keskustelua itsensä ja sopivasti myös muiden kanssa.

Otan esimerkin. Kesällä usein istuin saunanraikkaana kesämökin saunan kuistilla ja pohdin asioita, milloin yksin, milloin perheenjäsenten ja ystävien seurassa. Siinä sai kiireettömästi käsitellyksi valtavan paljon erilaisia kysymyksiä, turvallisuuteenkin liittyviä. Aikaa saattoi mennä useitakin tuntia, mutta väliäkö sillä, aamulla sai nukkua pitkään. Tuollainen oli mitä suurimmassa määrin ihmiselle terapeutinen ja voimaannuttava kokemus. Parhaimmillaan ongelmat ja murheet, niin yksilölliset kuin kollektiiviset, tuntuivat valuvan alas kuin vesi hanhen selästä.

Miksei sisäinen turvallisuus voisi olla nimenomaan yksittäisen ihmisen sisäistä tunnemaailmaa? Mitä paremmin ihminen kykenee hallitsemaan ja käsittelemään omaa suhtautumistaan tiedostamiinsa turvallisuusuusiin asioihin, sitä paremmin hän voi. Kansainvälisessä vertailussa asiat ovat itse asiassa hyvin. Esimerkiksi työturvallisuudessa Suomi on maailman ehdottomia kärkejä. Maailmassa kuolemaan johtavia työtapaturmia jälkiseuraamukseen on YK:n

raportin mukaan päivittäin lähes 8000, siis miljoonia vuodessa, ja niistä aiheutuu ihmis-kunnalle kustannuksia lähes 4 % maailman bruttokansantuotteesta. Suomessa kuolemaan johtavia työtapaturmia on vuosittain vain 40 mutta Euroopassakin lähes 10000. Samalla tavalla liikenne-, energia-, palo- ja elintarviketurvallisuus kuten myös monet muut turvallisuuden lajit ovat meillä hyvässä tasolla.

Suomi 100 -juhlavuoden yksi usein mainittu väite ja slogan on, että Suomi on maailman yhteiskunnallisesti vakain ja turvallis-in maa. On tai ei, ei suinkaan perusteetta. Historian perua meillä on eräs ainutlaatui-nen kansallinen omaisuus ja ominaisuus, jotka tuovat meille turvaa ja luottamusta; nimittäin suhteemme ja suhtautumisemme luontoon sekä vapauden tunne ja kokemus. Nämä olemme sisäistäneet jokamiehen oi-keuden kautta. Saatamme ehkä usein pelätä pahinta, mutta toivomme kuitenkin paras-ta ja uskomme, että lopulta hyvin käy. Se on suomalaisuuden merkillistä pohjavirettä, joka pitää tiellä. 

Palautusosoite:

Suomen Atomiteknillinen Seura
PL 78
02151 ESPOO



KANNATUSJÄSENET

Fennovoima Oy

Pohjolan Voima Oyj

Teollisuuden Voima Oyj

FinNuclear ry

Posiva Oy

TVO Nuclear Services Oy

**Fortum Power
and Heat Oy**

Saanio & Riekkola Oy

Voimaosakeyhtiö SF Oy

Platom Oy

Siemens Osakeyhtiö

Wärtsilä Projects Oy

**Pohjoismainen
Ydinvakuutuspooli**

**Teknologian
tutkimuskeskus VTT Oy**