

ATS Ydintekniikka

SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA - ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND RY

4  2012 vol. 41

Kuva: Euroopan Unioni



Tässä numerossa:

- 3** Pääkirjoitus: Vuoden vaihtuessa
- 4** Editorial: Bringing in the New Year
- 5** Tapahtumia
- 6** Opintoretki Belgiaan ja Hollantiin
- 6** Ydinvoima EU:ssa
- 13** Ydinjätehuollon tilanne Belgiassa
- 15** Hollanti on toista maata - vai onko?
- 17** COVRA - Alankomaiden ratkaisu ydinjätehuoltoon
- 20** Borsselele ydinvoimalaitos ja Hollannin ydinohjelma
- 22** ESTEC
- 24** Joint Research Centre – Institute for Energy and Transport
- 24** Päätöksenteko Euroopan unionissa energia-asioissa
- 30** Väitöskirja: Risto Pehrman
- 32** Diplomityö: Ville Valtavirta
- 33** Reaktorin laidalla
- 34** Yhteystiedot



Opintoretki EU:n ytimeen: Belgia ja Hollanti

Päätoimittajalta

Kiri on tehty ja vuosikerta saatu vihdoinkin valmiiksi. Kiitos lehden toimitukselle, että olette sietäneet päätoimittajan tempoilevaa tahtia. Ja kiitos lukijoille kannustuksesta ja kommentteista. Lehti elää ja kehittyy, joskus hieman kankeasti mutta suunta on etiäpäin.

Ensimmäisen vuosikerran tehneenä lehden teko tuntuu hyvältä vaikkakin työläältä. ATS on suuri ja perinteikäs yhdistys. Jäsenistön tuella myös lehti pysyy elävänä. Kirjoittakaa, vinkatkaa aiheista ja

kantakaa kortenne kehoon tänäkin vuonna. Kaikki apu otetaan ilomielin vastaan!

Lyhyesti virsi kaunis, sillä kädessäni on varsin tuhti lukupaketti hauska ja opettavaisesta ekskursiosta Belgiaan ja Hollantiin. Näillä retkillä lujitetaan ydin-alan keskinäistä yhteistyötä, opitaan muiden maiden kokemuksista ja laajennetaan tehokkaasti näkökulmaa oman työn merkityksestä osana ydinalan laajaa työkirjoa.

Toivotan kaikille hyvää uutta vuotta 2013!



Talven kuva



Pohjanmeren patoa kuvasi DI Markku Tiitinen ATS:n opintoretellä Belgiaan ja Hollantiin. Patovalleista on puhuttu viime aikoina paljon myös ydinalalla, kun varautumissuunnitelmia äärimmäisten luonnonilmiöiden varalla on päivitetty.

VTT tukee fissioenergian turvallista ja tehokasta käyttöä sekä ydinjätteen loppusijoitusta kehittämällä, kelpoistamalla ja soveltamalla kokeellisia ja teoreettisia menetelmiä. Reaktoriturvallisuuden aihepiiriin kuuluvat ydinpolttoaine, reaktorifysiikka, termohydrauliikka, vakavien onnettomuuksien ilmiöt,

rakenteiden toimivuus, reaktorimateriaalit, todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi, automaatio ja valvomosuunnittelu sekä organisatoriset ja inhimilliset tekijät.

Ydinjätetutkimuksessa keskitytään loppusijoituksen teknisten ja luonnollisten päästönesteiden toimivuuteen ja kapselointilaitosten teknologiaan. VTT

osallistuu myös merkittävästi ydinfuusion tutkimukseen lähinnä plasmafysiikan, fuusiomateriaalien ja etäkäsitteilyn aihepiireissä.



Vuoden vaihtuessa

Vuosi 2012 on ollut työntäyteinen: jäsenistön keskustelut ATS:n tilaisuuksissa alkavat toteamuksilla erilaisten deadlinejen lähestymisestä ja siitä miten ihmeessä isotkin savotat saadaan tehtyä aikataulussaan käytettävissä olevilla resursseilla. Onneksi osanotto yhdistyksen tilaisuuksiin ei ole unohtunut kiireiden keskellä ja toivonkin, että tapahtumat ovat osaltaan antaneet lisää voimavaroja arjen haasteisiin. Onneksi meillä myös on näitä arjen kiireitä, syksyn ekskursiolla saimme moneen otteeseen selittää miten on mahdollista, että Suomessa rakennetaan sekä uutta ydinenergiaa, että valmistaudutaan loppusijoituksen toteutukseen tällä vuosikymmenellä.

ATS:n toiminta perinteiden mukaisesti keväällä järjestettiin vuosikokous ja syksyllä syysseminaari. Vuosikokouksessa kuulimme VTT:n esitelmän Ranskassa rakenteilla olevasta Jules Horowitz –materiaalitestaustusreaktorista ja Suomen osuudesta hankkeessa. Syysseminaarin teemana oli ydinjätehuollon neljä vuosikymmentä, jolla haluttiin juhlistaa Posivan historiikin julkistamista ja esitellä loppuvuonna jätetyn Posivan rakentamislupahakemuksen etenemistä.

Olimme myös aktiivisia reissaajia, kuten tämän numeron sisältö kertoo. Kesä päättyi ekskursioiden merkeissä. Seniorit kävivät tarkastamassa Pyhäjoen Hanhikiven ja totesivat sen kelvolliseksi ydinvoimalaitoksen rakentamiseksi. Samalla he tutustuivat myös Raahen Rautaruukin teräksen valmistukseen. Yhdistys sai myös kaipaamansa ekskursiosihteerin, joka kääri hihansa ja järjesti ensitöikseen eks-



kursion Belgiaan ja Hollantiin. Lisäksi YG järjesti seminaaristeilyn Turusta.

ATS:n työryhmät ovat kokoontuneet ahkerasti sekä ATS-sanaston päivittämiseksi että historiikkiprojektin käynnistämiseksi.

Myös tiedotusta on usean ATS:n aktiivin voimin viety eteenpäin. Tiedotuksella on pitkät perinteet ja keväällä naisverkostomme Energiakanava vietti 20 v. juhliaan, joiden kunniaksi järjestettiin juhlaseminaari. Lisäksi tiedotusta on uudistettu niin www-sivujen uudistuksen kuin tämän ATS Ydintekniikka -lehden osalta. Tavoitteina on ollut saavuttaa tiedotukselle entistä selke-

ämpi ilme, ylläpidon ja päivitysten helpottuminen ja lehden kannalta visuaalisen ilmeen kirkastaminen ja toimittamisen sujuvoittaminen.

On ilo esittää kiitokset ATS:n jäsenille kuluneesta vuodesta 2012, aktiivisesta toiminnasta, monesta hyvästä kohtaamisesta ja keskustelusta sekä tietysti lehtikirjoituksista. Helmikuun vuosikokouksessa kuulette tarkemmin menneestä ja erityisesti alkaneesta vuodesta.

Vuodenvaihde on jo osoittanut, että keskustelut taloudellisesta tilanteesta globaalisti, Euroopassa ja Suomessakin eivät ole ohimenevä aihe. Vaikka olemme tottuneet energia-alalla siihen, etteivät lyhyet vaihtelut meitä kovasti heilauta, on nyt myös ydinenergia-alalla matematiikkaa kirjoitettu uudessa valossa. On siis syytä tarkkailla toimintaympäristöä ja keskustella entistä tiiviimmin. Erinomaista ja antoisaa vuotta 2013 toivottaen,



Kuvia opintomatkalta Belgiaan ja Hollantiin. Kuvat: Juhani Palmu.

Bringing in the New Year

During the past year, 2012, we have been handling heavy workloads. When meeting each other, the FNS members start chatting about looming deadlines and big projects, and dealing with the limited resources available. Luckily, participation in our FNS meetings and events has not decreased due to these demands. I truly hope that these opportunities to meet colleagues and hear topical presentations have given added encouragement and energy for facing our daily challenges. On the other hand, we are fortunate to have such busy schedules. During our European autumn excursion we were asked many times, how is it possible, within this decade, to build new nuclear units while also preparing to start the final disposal of spent nuclear fuel in Finland.



the Rautaruukki steel factory close by. Our society was missing an excursion secretary when we started the year, but luckily in August this was overcome and our new secretary started organising the trip to Belgium and Holland in November. Also, FNS Young Generation had a 23 hour seminar-cruise from Turku with 96 participants. The theme of the seminar was “Future energy solutions”.

The FNS work groups had a busy year as well: the vocabulary work has made great strides and the FNS history work group was formed and began planning the project.

The communication tools and activities have also gone through changes during the past year. The communication activities have long traditions: Energiakanava (the Finnish Women in Nuclear) had its 20th anniversary in the spring term. This was celebrated by organising a seminar with festivities. The communication tools have been further developed with the renewal of our website and our journal. The aim was to create a more structured and cleaner website, while making it easier to maintain and update. The goal for the journal was to give it a brighter look and to allow smoother editing.

Last year’s activities were structured as usual. We had our annual meeting and topical meetings during the spring term while the autumn seminar was held in November. During the annual meeting, there was a presentation from VTT about the Jules Horowitz materials testing reactor which is under construction in Cadarache, France, by CEA. Finland is participating to in this project by supplying gamma scanning technologies for the experimentation. The programme of our autumn seminar was devoted to the theme of four decades of waste management. This theme was chosen due to the publishing of the history of Posiva and to introduce the preparation and handling plans of the construction license application of Posiva. This application was submitted to the ministry and STUK (*Finnish radiation authority*) at the end of the year.

It is a pleasure to thank all the FNS members for the past year, 2012: the active participation, many fruitful encounters and of course the articles for the FNS journal. In the coming annual meeting in February you will hear more about the past year but in first case about the coming activities. The year 2012 ended with continuous news and discussions of economic instability at a global, European and domestic level. It is clear that we will be dealing with such issues for some time. It seems that the economics of the nuclear sector have been presented to us in a new light. Therefore, I wish that we will be particularly observant, and I look forward to more in-depth discussions in 2013.

We were also very active in exploring the wider nuclear related issues. This is the topic of our present journal, as you will find. The summer ended with some excursions: FNS seniors had their tour to Pyhäjoki where the new site, Hanhikivi, will be located and they continued on, visiting



Images from rhw excursion to Belgium and the Netherlands. Photos: Juhani Palmu.



SKS:n vierailu Suomessa 23.11.2012

SKS eli Sveriges
Kärntekniska Sällskap
vieraili
pääkaupunkiseudulla
23.11.2012.

Vierailua ryhdyttiin organisoimaan jo hyvissä ajoin alkusyksystä, jolloin SKS:n hallituksen edustaja **Carl Berglof** otti yhteyttä ATS:aan. Heidän toiveensa vierailukohteista olivat selkeät jo alusta asti ja ATS toimikin vain linkkinä yritysten ja ruotsalaisen sisarseuran välillä. Toki toiveena oli myös tavata ATS:n edustajia vierailun aikana. Yhteensä 19 SKS:läistä saapui Helsinkiin laivalla marraskuun lopulla.

Aamupäivä Otaniemessä tutustuen tutkimusreaktoriin

Aamupäivän tutustumiskohteena oli VTT:n tutkimusreaktori TRIGA, jossa vierailijat otettiin vastaan isolla joukolla. Ensimmäisenä ATS:n VTT:läinen sihteeri **Anna Nieminen** toivotti ruotsalaiset kollegat tervetulleeksi. Johtava tutkija ja BNCT-päällikkö **Iiro Auterinen** piti vieraillemme tiiviin esittelyn VTT:stä organisaatiotasolla esitellen myös oman alamme erikoisroolia sekä viranomaisen että luvanhaltijoiden teknisenä tukiorganisaationa. Yleisesittelyjen jälkeen päästiin tärkeimpään teemaan eli tutkimusreaktorin käyttöön niin BNCT-hoidoissa kuin opetuksessakin.

Teoreettisten esitysten lisäksi vierailijat pääsivät myös näkemään reaktorin ja BNCT-aseman, jossa heitä asiantuntevasti kierrättivät erikoistutkija **Tom Serén** sekä reaktorifysiikka-tiimin tiimpäällikkö **Petri Kotiluoto**. Koska reak-

tori oli vierailun aikana käytössä isotooppiuotantoa varten, oli vieraillamme mahdollisuus myös ihailla Tserenkovin säteilyä.

Erityisen mielenkiintoinen tutustumiskohde oli BNCT-hoitojen valmisteluhuone, jossa määritellään potilaan hoitoasento annosuunnitelman mukaisesti laserien avulla. BNCT:llä saavutetut tulokset tekivät vaikutuksen vierailijoihimme; hoitojen jatkumisen epävarmuus ja rahoituksen ongelmat herättivätkin ihmetystä.

Yhteinen lounas ATS:n johtokunnan kanssa

Otaniemestä siirryttiin Salmisaareen, jossa Fennovoima tarjosi vierailijoille lounaan. Lounaalle osallistui mukava määrä myös ATS:n johtokunnan jäseniä. SKS on tällä hetkellä elvyttämässä omaa toimintaansa, joten he olivat erityisen kiinnostuneita tapaamaan ATS:n edustajia ja kuulemaan seuran toimintamuodoista. Tilaisuudessa kuultiin myös virallisempi esittely ATS:sta puheenjohtaja **Liisa Heikinheimon** pitämänä.

SKS on jäsenmäärältään huomattavasti pienempi seura kuin ATS, joka selittyy suurilta osin sillä, että Ruotsin Young Generation toiminta on erillään SKS:stä. Tämä tietysti kuulostaa hyvin erikoiselta ATS:n toimijoille, sillä meidän seuramme yksi tärkeimmistä toimintaperiaatteista on tiedon siirto sukupolvien välillä.

Uusi tekijä ydinvoima-alalla kiinnostaa

Jo lounaan aikana vapaan keskustelun lomassa yksi yleisimmistä puheenaiheista

oli Fennovoiman laitosprojekti ja tietysti E.ON:n vetäytyminen hankkeesta, josta tiedotettiin vain muutamia viikkoja ennen vierailua. Fennovoiman hanke ja sen ainutlaatuisuus Euroopassa kiinnostaa luonnollisesti alalla toimivia, jotka ennen kaikkea haluavat osoittaa tukensa tavoitteelle luoda haastavassa ilmapiirissä positiivisia mielikuvia alustamme.

Fennovoiman puolesta isäntänä toimi projektipäällikkö **Tero Jännes**, joka on toiminut myös ATS YG:n puheenjohtajana vuoden 2012. Heidän puoleltaan käytännön asioista vastasi yhteiskuntasuhteiden päällikkö **Tiina Tigerstedt**, joka myös kävi omasta puolestaan toivotamassa vieraat tervetulleeksi. Fennovoiman virallisen esityksen piti ydintekniikkajohtaja **Juhani Hyvärinen**.

Hyvärinen keskittyi esityksessään tiedotuksen tärkeyteen. Hän korosti erityisesti sijoituspaikkakunnalla asuvien ja toimivien ihmisten saamista hankkeen taakse: seikka, joka ei onnistu ilman laajamittaista informoimista. Toki kuultiin myös perusteet hankkeen toteutuksesta ja tämän hetkisestä tilanteesta sekä lisensointiprosessista Suomessa.

SKS:n väki palasi illalla laivalle ilmeisen tyytyväisinä vierailun tulokseen. Vierailukohteiden anti vaikutti vastanneen heidän toiveitaan ja lisäksi luodut kontaktit sekä yrityksiin että erityisesti sisarseuran toimijoihin tuottanevat tulosta tulevaisuudessa.

Teksti ja kuva:
DI Anna Nieminen
Sihteeri
ATS
sihteeri@ats-fns.fi





Belgia-Hollanti-opintomatkan matkapäiväkirja

Teemoiksi vuoden 2012 opintomatkalle valittiin eurooppalainen toimintaympäristö, tutkimus ja ydinjätehuolto. Matka suuntautui viiden vierailupäivän aikana kahdeksaan tutustumiskohteeseen sekä vapaamuotoisempiin ohjelmiin.

Päivä 1

Sunnuntai 11.11.2012

Sunnuntaiaamupäivällä mustat autot lähtivät matkaan Suomen itä- ja länsilaidoilta kohteena Helsingin lentokenttä, jossa 16 henkilön opintomatkaseurueemme kokoontui lähes täydellä miehityksellä täydentyen päivää myöhemmin täyteen määräänsä. Finnairin siivin lensimme kohti Brysseliä, jonne saavuimme iltakuuden jälkeen.

Ensimmäinen hotellimme oli matkamme paras yöpymispaikka huolimatta ankesta sijainnistaan toimistoalueella.

Alkajaisiksi puheenjohtajamme johdatti meidät belgialaisten oluiden maakuun aulabaarissamme, jonka jälkeen Luxembourg-auktion reunoilla totuttuudimme ranskalaistyyppiseen kulinarismiin vaikkakin supistunein joukoin osan riennettyä tunteja hukkaamalla kohti Brysselin iltavaloja.



Energiakomissaari Gunther Oettinger stressitestejä koskevassa lehdistötilaisuudessa 4.10.2012. Kuva: Euroopan Komissio.

Ydinvoima EU:ssa

Ydinvoima on Euroopan sähköntuotannon tukijalka ja työhevonen. Noin kaksi kolmasosaa unionin päästöttömästä sähköstä on peräisin ydinvoimaloista. Laitokset käyvät tasaisesti ja kilpailukykyisin hinnoin, mutta Fukushima onnettomuuden myötä ydinvoima on palannut kuumien poliittisten perunoiden joukkoon.

Eurooppalaiset viranomaiset ja poliitikot vastasivat onnettomuuteen pääosin samalla tavoin, kuin toverinsa ympäri maailman. Päätettiin toteuttaa turvallisuusarviot eli ns. stressitestit. Laitoksia tarkasteltiin Fukushima onnettomuuden valossa – selvitettiin entistä tarkemmin eurooppalaisten ydinvoimalaitosten, operaattorien ja viranomaisten kykyä varautua äärimmäisiin luonnonkatastrofeihin sekä yhtäaikaisiin ja pitkäkestoisin onnettomuustilanteisiin.

Samalla päätettiin myös vertaisarviointien toteuttamisesta. Työtä koordinoitiin Eurooppalaisten ydinturvallisuusviranomaisten yhteistyöjärjestön ENSREG:n kautta, joka luovutti loppuraporttinsa EU-komissiolle huhtikuussa.

ENSREG tunnisti stressitestien ja vertaisarviointien perusteella neljä laajempaa ydinturvallisuuden osa-alueita, joita tulisi kehittää:

1. Luonnonkatastrofien aiheuttamien riskien arviointiin tulisi kehittää yhtenäiset menetelmät
2. Laitosten turvallisuus- ja riskiarviointa tulisi uudelleenarvioida vähintään

kymmenen vuoden välein

3. Suojarakennuksen eheyden varmistamiseen tulisi panostaa nykyistä enemmän
4. Vakavien onnettomuuksien hallintaa tulisi kehittää - esimerkiksi hankkimalla laitokselle liikkuvaa kalustoa, jolla paikalle saadaan sähköä kaikissa olosuhteissa.

Erityisen kuuma peruna tästä varsin maltillisesta ja myönteisestä raportista on tehty energia-asioista vastaavan komissaarin, saksalaisen **Gunther Oettinger**in johdolla. Esimerkiksi stressitestejä koskevassa komission tiedonannossa laitoksia laitettiin eräänlaiseen ”vaarallisuusjärjestykseen”, mistä monet suomalaisetkin toimittajat repivät raflaavia otsikoita.

Oettingerillä lienee mielessä komission toimivallan kasvattaminen ydinturvallisuusasioissa. Komission toiminta on kuitenkin saanut monet jäsenvaltiot ja kansalliset ydinturvallisuusviranomaiset takajaloilleen, mikä rajoittanee komission ambitoita ydinturvallisuusdirektiivin päivittämisessä. Yhtä kaikki, direktii-

viä tullaan uudistamaan ja komission esitystä odotetaan alkuvuodeksi. Komissio aikoo esitellä myös toimijoiden korvausvastuuta käsittelevän direktiivin loppuvuodesta 2013, koska käytännöt poikkeavat tällä hetkellä huomattavasti eri jäsenmaissa.

Päivitettävän ydinturvallisuusdirektiivin piiriin kuuluu valvovien viranomaisten roolin ja itsenäisyyden varmistaminen, valvonnan ja läpinäkyvyyden lisääminen sekä mahdollisesti myös yhteisistä teknisistä turvallisuusvaatimuksista sopiminen.

Jatkoselvityksessä on myös voimalaitosten lähialueiden valmistautuminen onnettomuustilanteisiin.

Ydinturvallisuuden jatkuva kehittämi-

Ydinvoima EU:ssa

Ydinvoimalla tuotettiin 28 % EU:n sähköstä 2011 ja se kattaa lähes 60 % alueen päästöttömästä tuotannosta.

14 maata tuottavat sähköä ydinvoimalla: Belgia, Bulgaria, Espanja, Iso-

nen myös lainsäädännön kautta on toki tärkeää, mutta on vaikea nähdä miten komission toimivallan kasvu voisi edistää tätä tavoitetta. Kansalliset ydinturvallisuusviranomaiset ovat jatkossakin päteviä arvioimaan ”omien” ydinvoimalaitostensa turvallisuutta.

Britannia, Hollanti, Ranska, Romania, Ruotsi, Saksa, Slovakia, Slovenia, Suomi, Tšekki ja Unkari.

Puola ja Liettua suunnittelevat uuden ydinvoiman rakentamista.

Kirjoittaja:

M.Sc Lauri Muranen

Asiantuntija

Energiateollisuus ry

lauri.muranen@energia.fi

Päivä 2

Maanantai 12.11.2012



Puheenjohtaja Liisa Heikinheimo (vas.) ojensi ATS:n viirin Foratomin johtaja Tellervo Taipaleelle, joka oli korvaamaton apu opintomatkan järjestelyissä. Alla katukuvaa Brysselistä. Kuvat: Markku Tiitinen.



Aamun loistavan aamiaisen jälkeen saavutimme Foratomin toimiston, jossa kuulumme esitykset Foratomin, Suomen EU-edustuston ja Aula European toiminnasta.

Foratomissa päivän avasi johtaja **Tellervo Taipale**, joka auttoi erittäin paljon koko matkamme järjestelyissä. Saimme tiiviin esityksen Foratomin toiminnasta ydinenergia-alan edunvalvontajärjestönä, jonka tärkeimpänä tehtävänä on edistää ydinvoiman käyttöä energiantuotannossa EU:ssa sekä toimia ydinalan äänitorvena EU:n päätöksenteossa.

Kim Fyhr Suomen Brysselin edustustosta esitteli Suomen edunvalvontaa EU:ssa ja **Sami Tulonen** Aula Europesta kertoi lobbauksesta asiakasyritystensä (mm. Fennovoima) kannalta ydinenergiasioissa EU:ssa.

Iltapäivällä tutustuimme Euroopan parlamentin vierailukeskukseen ennen vapaamuotoisia kaupunkitutustumiskierroksia ja iltavierailua Energiateollisuus ry:n toimistolla.

Energiateollisuus ry:n kansainvälisten ja EU-asioiden johtaja **Pertti Salminen** kertoi edunvalvonnasta ja energiapolitiikasta EU:ssa. Kansainvälisessä energiapolitiikassa ET:n edunvalvonta keskittyy ensisijaisesti EU:n energia-, ilmasto- ja ympäristöpolitiikkaan ja lainsäädäntöön.

Kuulimme, miten lobbaus on henkilökohtaista tai kohdennettua informointia ja vaikuttamista sekä tapa toimia Brysselissä. Saimme lisäksi tietoa ET:n vuosien 2012–2013 keskeisistä edunvalvontahankkeista EU:ssa: energiatiekartta 2050, toimivat energiamarkkinat (infra-

struktuuriasetus, sähkön tukkumarkkinasäännöt, tiedonanto energiasisämarkkinoista), energiatehokkuusdirektiivi, biomassan käyttöedellytysten turvaaminen, päästökauppadirektiivin muuttaminen, tutkimusohjelma Horizon 2020, energiaverodirektiiviesitys, ydinturvallisuusdirektiivin päivitys, ydinvastuulainsäädäntö, joilla kaikilla on merkittäviä vaikutuksia sekä energia-alan toimijoille että yhteiskunnalle myös Suomessa.

Esitysten jälkeen Pertti johdatti entisen ATS-ekskursiosihteerinkin kokemuksellaan meidät oivallisesti metromatkan kautta miellyttävän pitkään vierailuun Brysselin portugalilaiseen yöhön, johon valitettavasti europarlamentaarikkomme Eija-Riitta Korhola ei työkiireiltään ehtinyt hänelle vastapäätäni varatusta paikasta huolimatta.

Pertti ja Eero nuotittavat ansiokkaasti virsuperinnettä ruokailun lomassa. Yövalojen loisteessa matka jatkui vielä Grand Placen kautta Manneken Pis -pienokaista katsomaan kokoontuaksemme vielä ryhmäkuvaan ennen hotellille paluuta. Muutama seniori jatkoi vielä matkaa paikallisoppaan mukana belgialaisten maltaiden makuihin.

Päivä 3

Tiistai 13.11.2012

Lähtö oli klo 7.15 kohti pohjoista ja Molnimistä paikkakuntaa, jossa toimii Belgian ydintutkimuskeskus SCK-CEN, jonka maanpäällisissä ja maanalaisissa laboratorioissa saimme vierailulla.

Tutustuimme mm. hapatomissa olosuhteissa toimivien bakteerien toimintaan, josta esimerkkinä Titanicin metallihylyn arvioidaan katoavan seuraavan 250 vuoden aikana. Keskustelimme myös kuparin käyttäytymisestä vastavissa olosuhteissa. Kohteen huippuna tai pikemminkin syvänteenä oli käynti paikalliseen manalaan eli HADES-nimiseen 200 metriin tehtyyn saviluolaan, jossa tutkitaan korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoitusmahdollisuuksia laajoihin savikerrostumiin.

Matkamme jatkui kohti Alankomaita ja Middelburgin kaunista kaupunkia, jossa suoritimme normaalit ja tässä vaiheessa jo vakiintuneet iltatoimemme. Totesimme siten myös hollantilaisen keittiön taidot kohtuullisiksi, eikä oluttarjontakaan tuottanut pettymyksiä.



Iltapäivällä tutustuimme Euroopan parlamentin vierailukeskukseen. Kuva: Markku Tiitinen.



Energiäteollisuus ry:n johtaja Pertti Salminen (oik.) seuraa tiiviisti energia-alaa koskevaa lainsäädäntötyötä Brysselissä. ATS-konkari johdatti retkeläiset pitkän päivän päätteeksi portugalilaiselle aterialle. Kuva: Markku Tiitinen.



ATS:n opintoretkeläiset matkalla Brysselistä Moliin, jossa sijaitsee Belgian ydintutkimuskeskus SCK-CEN. Kuva: Eero Patrakka.

*Het Studiecentrum voor Kernenergie
Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire*

SCK·CEN



Kuva: Markku Tiitinen

SCK·CEN, eli Belgian ydintutkimuskeskus, on perustettu vuonna 1952 ja se sijaitsee Mol-nimisen kaupungin kupeessa Pohjois-Belgiassa. Tutkimuksen pääpaino on materiaalitestauksessa ja radioisotooppiuotannossa.

SCK·CEN:in isäntänä toimi johtaja **Christian Legrain**. Myös instituutin pääjohtaja **Eric van Walle** osallistui kanssamme lounaalle. SCK·CEN:in henkilöstöön kuuluu noin 700 henkilöä, joista puolet on akateemisesti koulutettuja. Noin 70 henkeä on tohtorin arvonimen arvoisia.

SCK·CEN:in rahoituksesta puolet tulee valtiolta ja puolet sopimustutkimuksista. Vuosibudjetti on noin 120 M€. Christian Legrainin mukaan SCK·CEN:in päätoimintatapa on luoda ”first-of-a-kind”-projekteja, eli toimia edelläkävijänä ydinvoimatutkimuksessa.

Tästä hyvänä esimerkkinä voidaan pitää SCK·CEN:issä kehitettyä MOX-polttoainetta.

SCK·CEN:issä toimii myös maailman ensimmäinen maanalainen tutkimus- ja kehityslaboratorio korkea-aktiivisen jätteen varastointiin, HADES (High-Activity Disposal Experimental Site). SCK·CEN:issä pääpaino tutkimukselle on materiaalitestauksessa ja radioisotooppiuotannossa, mutta sen lisäksi tutkitaan erilaisia mikro- ja radiobiologisia ilmiöitä sekä tehdään koulutusyhteistyötä belgialaisten yliopistojen kanssa.

Tutkimusreaktoreita SCK·CEN:issä

on tällä hetkellä käytössä kolme kappaletta. BR1 on grafiittimoderoitu ja ilmajäähdytetty kooreaktori. BR2 on vesimoderoitu ja vesijäähdytteinen kooreaktori, jonka polttoaine-elementit ovat kierteisessä berylliummatriisissa. BR2:ta käytetään pääsääntöisesti materiaalitestaukseen, mutta sillä tuotetaan myös radioisotooppeja.

Edellisten lisäksi on käytössä vielä GUINEVERE, joka on maailman ensimmäinen lyijyjäähdytetty kiihdytinreaktori.

SCK·CEN:issä oli käytössä myös BR3, maailman ensimmäinen Yhdysvaltojen

ulkopuolelle rakennettu painevesireaktori, joka on nyttemmin purettu. Purku aloitettiin vuonna 1999. BR3 toimi pilot-tihankkeena tuleville Belgiaan rakennettaville painevesireaktoreille samoin kuin laitoksen käytöstäpoistolle.

Seuraava edelläkävijäprojekti SCK-CEN:issä tulee olemaan uuden, BR2:n korvaavan, koereaktorin rakentaminen. MYRRHA-nimellä kulkeva koereaktori tulee olemaan lyijyjäähdytteen nopean reaktorin demonstraatiolaitte (50-100 MW_{th}), jonka neutronispektri antaa mahdollisuuden myös fuusioreaktorien materiaalitestaukseen. MYRRHAssa reaktori voi toimia alikriittisellä ja kriittisellä alueella: se koostuu protonikiihdyttimestä (600 MeV) ja kohdistusta sekä reaktorissa olevasta MOX-polttoaineesta ja lyijy-vismutti (Pb-Bi)-jäähdytteestä. Toinen tärkeä asia, jota MYRRHA:lla tutkitaan, tulee olemaan transmutaatio. Tällä hetkellä MYRRHA-projektin on arvioitu miljardin euron arvoiseksi ja Belgian valtio tukee hanketta.

Belgian ydinvoimatilanne

SCK-CEN:in tutkimusreaktoreiden lisäksi Belgiassa on seitsemän ydinvoimalaitosta. Näistä neljä sijaitsee Doelissa ja kolme Tihangessa. Kaikki reaktorit ovat painevesireaktoreita, joista ensimmäinen liitettiin verkkoon vuonna 1974. Kokonaissähköteho laitoksilla on 5800 MW ja se kattaa 55 prosenttia Belgian sähköntarpeesta. Loput 45 prosenttia tuotetaan pääsääntöisesti kaasun ja hiilivoimalaitoksissa. Seuraava iso projekti ydinvoima-alalla Belgiassa on kaikkien laitosten käyttöä pidentäminen vuosien 2015–2025 aikana.

Vierailun aikataulu

Vierailu alkoi perusteellisella esittelyllä SCK-CEN:in toimintaa johtaja Christian Legrainin johdolla. Ensimmäinen varsinainen vierailukohde oli radio- ja mikrobiologian laboratorio. Ennen lounasta tutustuimme vielä BR1-koereaktoriin. Lounaan jälkeen siirryimme bussilla HADES-loppusijoitustutkimusluolaan ja sen oheen rakennettuun esittelytilaan. Päivä päättyi materiaali- ja polttoainetutkimuksen esittelyyn. Vierailun kohteet oli valittu siten, että pääsimme tutustumaan SCK-CEN:in päätutkimusalueisiin mahdollisimman kattavasti. Vierailukohteissa oli perinteisen luentoesitysten lisäksi panostettu konkreettisten laitteiden ja asioiden esittelyyn. Oli kyseessä sitten avaruuteen suunnitellun bioreaktorin tuottaman levän ja siitä tehdyn ra-

vintotabletin syöminen tai tutustuminen yli 200 metriä maan alle rakennettuun tutkimusluolaan valkoiset suojahaalarit päällä.

Vierailukohteet SCK-CEN:ssä

Radio- ja mikrobiologian laboratorio

Radio- ja mikrobiologian laboratoriossa saimme tutustua lähinnä SCK-CEN:in ja Euroopan avaruusjärjestö, ESA:n, yhteistyöprojekteihin. Tulevaisuudessa pitkällä miehitetyillä avaruuslennoilla tarvitaan paljon ruokaa ja vettä. Niiden ottaminen mukaan on kuitenkin mahdotonta, koska ihminen tarvitsee noin kilon ruokaa, kilon happea, kolme litraa juomavettä ja 15 litraa vettä peseytymiseen vuorokaudessa.

SCK-CEN:issä on kehitetty erilaisia bioreaktoreita elintärkeiden tarpeiden tyydyttämiseksi. Astronauttien virtsasta, erilaisista jätteistä ja uloshengityksen hiilidioksidista voidaan erilaisten prosessien jälkeen tuottaa ruokaa, vettä ja happea uusiokäyttöön. Tutkittavat bakteerit hajoavat orgaanista ainesta hiilidioksidiksi, ammoniakiksi, nitraateiksi ja muiksi mineraaleiksi, jotka ovat taas ravinteita erilaisille kasveille ja syanobakteereille.

Kasvit ja syanobakteerit voivat edelleen tuottaa happea fotosynteesin avulla ja toimivat myös ruokalähteenä. Kyseisiä syanobakteereja voidaan tuottaa ja jalostaa SCK-CEN:issä kehitettyjen bioreaktoreiden avulla niin hapellisissa kuin hapettomissa olosuhteissa. Radio- ja mikrobiologian laboratoriossa tutkitaan myös säteilyn vaikutuksia astronautteihin.

Radio- ja mikrobiologian ryhmä hoitaa samalla myös ydinvoimalaitosjätteen loppusijoitukseen liittyvää mikrobiologista tutkimusta eli geomikrobien määritystä ja niiden vaikutusta jätteiden hajoamiseen sekä loppusijoitusrakenteisiin.

SCK-CEN:in tutkimusreaktorit

Tutkimuskeskuksessa on tällä hetkellä neljä tutkimusreaktoria, BR1, BR2, BR3 ja GUINEVERE. Kirjaimet BR reaktorien nimissä tarkoittavat yksinkertaisesti ”Belgian Reactor”. Ensimmäinen belgialainen reaktori on siis BR1, joka on ollut toiminnassa vuodesta 1956 ja on siten vanhin Belgian tutkimusreaktoreista. BR1 on ilmajäähdytteinen ja grafiittimoderoitu monikäyttöinen

tutkimusreaktori, jota käytetään pääasiassa mittausrakenteiden kalibrointiin. SCK-CEN käyttää reaktoria omiin tutkimuksiin, mutta se on myös muiden tutkimuslaitosten, yliopistojen ja teollisuuden käytettävissä. Se on tärkeä myös tutkijoiden ja insinöörien koulutuksessa.

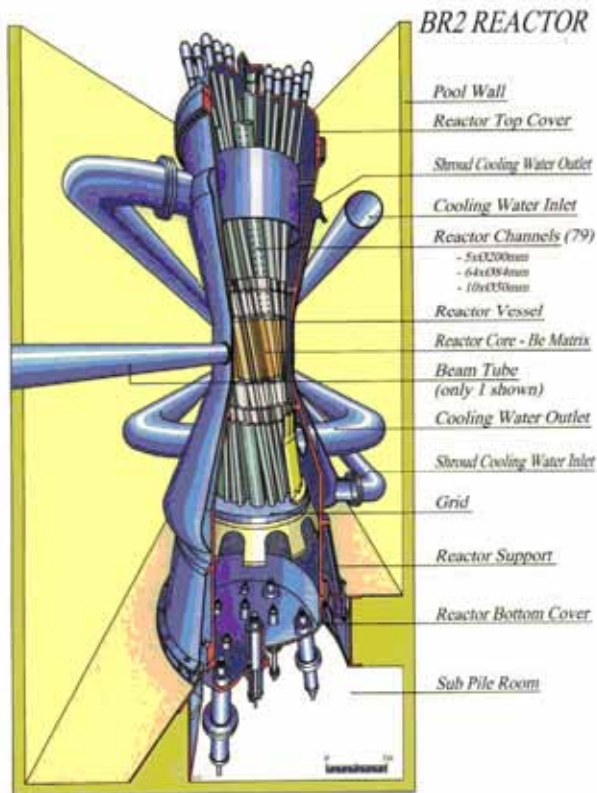


BR1. Kuva: SCK-CEN.

Vuonna 1962 käyttöön otettu BR2 on eräs maailman tehokkaimmista materiaalitestaukseen tarkoitetuista reaktoreista. Vesijäähdytteinen reaktori on moderoitu vedellä ja berylliumilla. Sen erikoinen kartiomaiseksi kiertynyt spagettinippua muistuttava sydän mahdollistaa suuren neutronivuon. Sillä tehdäänkin merkittävä osa kansainvälisestä tutkimuksesta, joka kohdistuu reaktorikomponenttien käyttäytymiseen ionisoivan säteilyn alaisena, sekä erilaisen reaktorin polttoainetutkimusta ja fuusioreaktorin liittyvää materiaalitutkimusta. BR2:ssa tuotetaan myös seostettua silikonia (doped silicon) puolijohdeteollisuudelle, erityisesti hybridiautoihin, aurinkokennoihin ja tuuliturbiineihin.

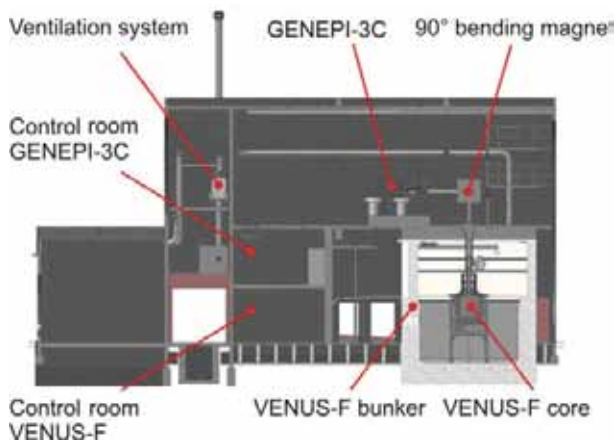
BR3-koereaktori oli ensimmäinen Yhdysvaltojen ulkopuolelle rakennettu painevesireaktori, joka oli toiminnassa vuosina 1962–87. Euroopan komissio on valinnut BR3:n pilottikohteekseen ydinreaktorin käytöstäpoiston teknisen ja taloudellisen tarkasteluun kannalta. Käytöstäpoiston ensimmäisessä vaiheessa poistettiin korkea-aktiiviset komponentit, seuraavaksi poistettiin kontaminoituneet kiertopiirit. Tätä seurasi laitoksen dekontaminointi ja betonrakenteiden purku. Vuonna 2020 BR3 on kokonaissuudessaan poistettu käytöstä.

GUINEVERE:ssä yhdistyy hiukkaskiihdytin ja tutkimusreaktori VENUS (Vulcan Experimental Nuclear Study). VENUS on ollut käytössä vuodesta 1964 ja sitä on modernisoitu useaan otteeseen. Vuonna 2008 SCK-CEN aloitti reaktorin modifoinnin GUINEVERE (Generator of Uninterrupted Intense Neutrons at the lead Venus Reactor) -projekti



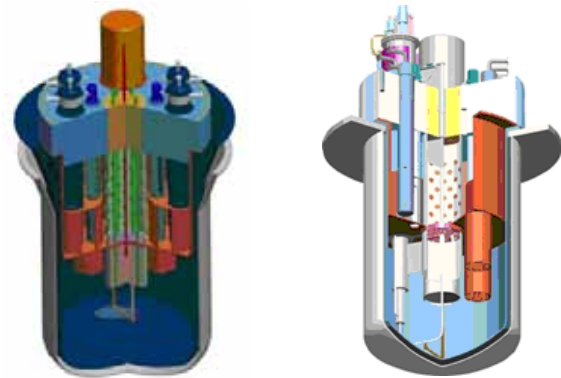
BR2-reaktorin sydän, jossa polttoaine on pakattu hyvin tiiviisti. Reaktori mahdollistaa korkean neutronivuon, jota hyödynnetään materiaalitestauksessa. Kuva SCK·CEN.

varten. GUINEVERE on siis alikriittisen reaktorin ja hiukkaskiihdyttimen yhdistelmä, ADS (Accelerator Driven System). Vuonna 2011 nämä kaksi järjestelmää saatiin onnistuneesti liitettyä toisiinsa. Tämä oli merkittävä askel ADS-tutkimukselle ja MYRRHA-reaktorin toteutumiselle.



GUINEVERE-reaktorin rakennekuva. Kuva SCK·CEN.

MYRRHA (Multipurpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications) on monikäyttöinen säteililyksen tutkimuslaitteisto ja maailman ensimmäinen ADS koereaktori. Toisin kuin perinteisessä reaktorissa, ADS-reaktori on alikriittinen ja sammuu siis automaattisesti kun neutronikiihdyttimeltä ei enää syötetä neutroneja reaktoriin. MYRRHA-projekti alkoi 1997 ja sen on tarkoitus olla täysin toiminnassa vuonna 2023.



Lyijy-vismuttijäähdytteisen MYRRHA-reaktorin rakennekuva,. Oikeanpuoleinen kuva SCK·CEN ja vasemmanpuoleinen WNA.

Aikajänne on pitkä kun sitä vertaa koko BR-reaktoriperheen suunnittelu- ja rakentamisvaiheeseen, joka toteutettiin kahdeksassa vuodessa vuosien 1952–1960 välisenä aikana. Tutkimusreaktori tarjoaa palveluja pitkäikäisten isotooppien transmutaation tutkimukseen sekä koulutusta uuden sukupolven tutkijoille ja insinööreille. Aikanaan MYRRHA korvaa BR2-reaktorin radioisotooppien sekä seostetun silikonin valmistuksessa.

Belgiassa tutkitaan korkea-aktiivisen jätteen loppusijoitusta savimuodostelmaan

Belgian korkea-aktiivinen jäte on pääasiassa käytetyn ydinpoltoaineen jälleenkäsittelystä syntyneitä lasitettua jätettä. Jälleenkäsittelyprosessi on suoritettu Ranskassa. Lisäksi pieniä määriä korkea-aktiivista jätettä syntyy tutkimusreaktoreiden käytetystä polttoaineesta sekä radioaktiivisten aineiden lääketieteellisestä käytöstä.

Korkea-aktiivisen jätteen loppusijoitukselle ei ole vielä valittu paikkaa, mutta Moliin SCK·CEN:in alueelle on rakennettu Boom Clay savimuodostelmaan 225 metrin syvyyteen korkea-aktiivisen jätteen loppusijoituksen tutkimus- ja demonstrointitila HADES (High-Activity Disposal Experimental Site). Laitoksesta vastaa ESV Euridice EIG, joka on Belgiassa syntyneistä ydinjätteistä huolehtivan kansallinen toimijan (ONDRAF/NIRAS) ja SCK·CEN:in yhteenliittymä.

Tutkittavassa loppusijoituskonseptissa korkea-aktiivinen jäte pakataan kolmeosaiseen jättekapseliin, jonka kuori on ruostumattomasta teräksestä valmistettu kapseli. Sen sisällä korkea-aktiivinen jäte on pakattu hiiliteräskapseliin, jota ympäröi sementtipuskuri.

Tutkimustilan ensimmäiset osat on rakennettu 1980-luvun alkupuolella ja sitä on vähitellen laajettu nykyiseen laajuuteensa, joka kattaa kaksi hissikuilua, noin 200 metriä keskustunnelia sekä tutkimustiloja. Savimuodostelmiin toteutettavia loppusijoitustiloja tutkitaan Belgian lisäksi mm. Ranskassa Buren savimuodostelmassa.

Tutkimustilojen rakentamisen ja käytön kannalta savimuodostelmiin rakennettavat tilat eroavat merkittävästi graniittiin rakennetuista tiloista savimuodostelmien viskoelastisuuden ja savimassaan muodostuvan korkean hydrostaattisen paineen vuoksi. Saveen rakennettuja tiloja joudutaan vahvistamaan enemmän kuin graniittiin rakennettavia tiloja, jotta tilat pysyvät louhitussa muodossaan. Tästä syystä HADES:n koko tunneliprofiili on vahvistettu, pääosin betoniharkoilla mutta osa myös teräsrakenteilla. Laitoksen sulkemisen ja pitkäaikaisturvallisuuden kannalta loppusijoitus maaperän plastisuudesta on hyötyä, koska tilojen sulkemisen jälkeen savimuodostelma tiivistyy

itsestään melko nopeasti ja muodostaa näin erittäin tiiviin vapautumisesteen.

HADESin uusin osa on PRACLAY tutkimukselle vuonna 2007 louhittu tutkimustila, jonka avulla selvitetään loppusijoitetun korkea-aktiivisen jätteen lämmöntuoton vaikutuksia savimateriaaliin pitkällä aikavälillä. Tutkimussuunnitelman mukaan 2013 alkaa 10 vuoden lämmitysjakso, jonka aikana hydraulisella tulpalla eristetty 35 metrin tunneli pidetään 80 asteen lämpötilassa. Koetilaan ja sen ympärille on asennettu erilaisia tarkoitukseen kehitettyjä mittauslaitteita, joilla voidaan seurata lämpötilan lisäksi huokosvedenpainetta, kokonaispainetta ja saven kemiallisia ominaisuuksia.

Materiaalitutkimusta turvallisuuden ja uusien materiaalien käytön tarpeisiin

Materiaalitutkimuksesta saimme katuvan luennon, jonka piti **Leo Sannen**, materiaalitutkimuksen päällikkö. Tavoitteena on tutkia nykyisten reaktorien materiaalien vanhenemista, kattaen rakennemateriaalit ja polttoaineet. SCK myös tuottaa isotooppeja ja hyödyntää laitteita puolijohdeiden valmistuksessa sekä tutkii säteilyn alaisena toimivien puolijohdemateriaalien ominaisuuksia.

Uusien reaktorikonseptien materiaaleja ja kehitettäviä uusia materiaaleja tutkitaan fuusiohjelman ja GenIV-tutkimusohjelmien puitteissa. Lisäksi panostetaan lääketieteellisten sovellusten kehittämiseen ja kehitetään säteilyn hyödyntämistä materiaalien valmistuksessa (puolijohde).

Tutkimus perustuu vahvasti kokeelliseen työhön, jossa hyödynnetään sekä koereaktoreita että varsin laaja-alaista kuumakammiovalmiutta. Kuumakammiossa on 30 erillistä hot celliä näytteen käsittelyä, tarkastusta ja erilaisten tutkimusten tekoa varten. Tavoitteena on ymmärtää materiaalien käyttäytymistä ilmiötasolla, soveltaa näitä analyyseihin ja kehittää edistysellisiä materiaalimalleja tietoon perustuen.

Yksi keskeisistä tutkimusalueista on ollut polttoaineen (MOX) kehitys ja kestävien uusien suojaorimateriaalien kehitys ja karakterisointi. SCK on tehnyt pitkään yhteistyötä mm. VTT:n kanssa suojaorimateriaalien reaktorissa tapahtuvan in-situ -testauksen edelläkävijänä. Tällä hetkellä panostetaan korkeaseosteisten teräsuojaorimateriaalien (Cr) ja ODS-materiaalien tutkimukseen.

Uusia hankkeita ovat polttoaineen karakterisointi ja kehitys JHR MTR -koereaktoriin Cadaracheen (tuleva CEAn tutkimusreaktori Ranskassa) ja MYRRHA reaktorin polttoaineen kehitystyö. SCK vastaa myös rakennemateriaalien vauriotutkimustarpeista Belgiassa ja tekee yhteistyötä tälläkin alueella maailmanlaajuisesti.

Kirjoittajat:

*TkT Liisa Heikinheimo
Tutkimus- ja
kehityspäällikkö
Teollisuuden Voima Oyj
liisa.heikinheimo@tvo.fi*



*Kai Hämäläinen
Tarkastaja
Ydinjätteiden ja ydin-
materiaalien valvonta
Säteilyturvakeskus
kai.hamalainen@stuk.fi*



*Lauri Pyy
Projektitutkija
Lappeenrannan
teknillinen yliopisto
lauri.pyy@lut.fi*



*Heikki Purhonen
Tutkimusjohtaja
LUT Energia
Lappeenrannan
teknillinen yliopisto
heikki.purhonen@lut.fi*



Päivä 4

Keskiviikko 14.11.2012

Keskiviikkona tutustuimme Nieuwdorpissa COVRA:n HABOG-ydinjätevarastotalueeseen, jossa sijaitsevat asianmukaiset maanpäälliset välivarastointitilat sekä matala- ja keskiaktiivisille että korkea-aktiivisille ydinjätteille.

Passiiviseen ilmajähdytykseen perustuva erillinen käsittely- ja varastointirakennus on toteutettu esimerkiksi ajatellen myös tietojen läpinäkyvyyttä julkisuuden ja ympäröivän yhteiskunnan kannalta. Koko laitoksen toteutus on tehty vierailukeskusmaisesti, ja valokuvaus oli täysin vapaata myös laitoksen sisällä.

Alankomaissa on päädytty toistaiseksi välivarastointiin käytetty ydinpolttoaine sadaksi vuodeksi ennen loppusijoituspäätöstä.

Iltpäivällä vierailimme Alankomaiden ainoalla tuotantokäytössä olevalla EPZ-yhtiön Borssele ydinvoimalaitoksella, joka sijaitsee hyvin vahvasti tulvavallitettuna Pohjanmeren rannalla. Ranskassa jälleenkäsiteltyä MOX-polttoainetta suunniteltiin käyttöönotettavaksi osaksi käytössä olevaa uraanipolttoainevalikoimaa.

Tämän jälkeen otimme suunnaksi Noordwijk an Seen, jonne kuljimme

Alankomaiden suurimman patomuodostelman Oosterschelde Stormvloedkeringin, kautta, joka rakennettiin vuoden 1953 tulvapatokatastrofin jälkeen, jossa 1835 ihmistä hukkui. Matkalla saimme nähdä myös laajat simpukkakasvattamoiden muodostelmat sisämeren rannoilla.

Ydinjätehuollon tilanne Belgiassa



Mol:ssa sijaitsevaan Belgian ydintutkimuskeskukseen (SCK•CEN) suuntautuneen vierailun yhtenä kohteena oli tutustuminen tutkimuskeskuksen alueella savimuodostelmassa sijaitsevaan maanalaiseen laboratorioon (HADES), jossa on jo 1980-luvun alkujaksolta lähtien tutkittu kyseisen savimuodostelman (Boom clay) soveltuvuutta korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoitukseen.

Jo varhain ydintutkimuskeskuksen perustamisesta lähtien tutkimuskeskus SCK•CEN :n asiantuntijat ovat olleet merkittävästi mukana pohdittaessa ydinjätteiden turvallisen käsittelyn ja loppusijoituksen menetelmiä. Tuossa vaiheessa oli syntymässä vakiintunut kansainvälinen yhteisymmärrys, että pitkäikäisten, runsasaktiivisten ydinjätteiden huollon kulmakiviä on löytää turvallinen ja kestävä ratkaisu näiden ydinjätteiden loppusijoittamiseen.

Erityisenä ydinjätehuollon tutkimuksen painopisteenä on myös Belgiassa ollut syvään loppusijoitukseen soveltuvan muodostelman löytäminen ja karakterisointi. SCK•CEN aloitti vuonna 1974 yh-

teistyössä Belgian geologian tutkimuslaitoksen kanssa tämän kartoituksen teon. Tämän vaiheen tuloksena päädyttiin savimuodostelmien valintaan ja edelleen sen perusteella päätettiin perustaa maanalainen tutkimuslaboratorio HADES tutkimuskeskuksen alueella olevaan savimuodostelmaan (Boom clay). Tämän tutkimuslaboratorion toimintaa esitellään tarkemmin SCK•CEN tutkimuskeskusvierailun kuvauksessa (s. 11) sekä lyhyesti tuonnempana tässä artikkelissa.

Vuonna 1980 säädetyin lain pohjalta perustettiin julkishallinnollinen yhtiö ONDRAF/NIRAS (*Organisme National des Déchets Radioactifs et des matières Fissiles enrichies//Nationale Instelling*

voor Radioactief Aval en verrijkte Splijtstoffen), joka aloitti toimintansa vuonna 1983.

Yhtiön tehtävänä on huolehtia Belgiassa syntyneiden radioaktiivisten jätteiden huollosta ja loppusijoituksesta ja koordinoita ydinjätteiden loppusijoitukseen liittyvää tutkimusta. Sittemmin lakia täsmennettiin vuonna 1991. Yhtiön perustamisen tavoitteena oli keskittää radioaktiivisten jätteiden huolto Belgiassa.

Belgian hallituksen nimeämän asian- tuntijaryhmän suosituksen perusteella hallitus on syksyllä 2009 päättänyt, että vanhimpien reaktorien käyttöikää jatketaan ensivaiheessa 10 vuodella. Myöhemmin käyttöön otettujen reaktorien

osalta asiantuntijaryhmä on suosittanut käyttöään jatkoa 20 vuodelle. Hallitus ei tässä vaiheessa kuitenkaan tehnyt päätöstä muusta kuin vanhimpien reaktorien käyttöään jatkamisesta 10 vuodelle.

Aiemmin 1990-luvun puoliväliin asti pääperiaatteena oli käytetyn ydinpoltoaineen jälleenkäsittely. Kaikkiaan 670 tonnia polttoainetta on jälleenkäsittely ja näin syntynyt uraani ja plutonium on käytetty uudelleen sekaoksidipoltoaineen (MOX) valmistukseen. Hallituksen päätöksellä käytetyn polttoaineen jälleenkäsittely on keskeytetty. Jatkossa ollaan kallistumassa jälleenkäsittelytöiden käytetyn polttoaineen osalta kansallisen, suoraan loppusijoitukseen perustuvan ratkaisun kehittämiseen, mutta lopullista ratkaisua perusvaihtoehdon valinnan osalta ei ole tehty.

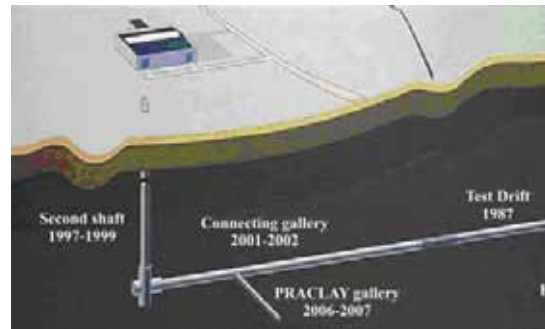
Viimeisin erä käytettyä polttoainetta on toimitettu jälleenkäsittelyksi vuonna 2001. Jälleenkäsittelystä peräisin olevat jätteet jäävät Belgiaan. Ennen loppusijoitusta lasitettua jätettä sisältäviä sylintereitä välivarastoidaan Desselissä Belgoprocessin maanpäällisessä varastossa. Käytetyn polttoaineen välivarastoinnissa sovelletaan kahta menettelytapaa. Doelin laitospaikalla on kuivavarastointiin perustuva välivarasto ja Tihangen laitoksella allastyypinen välivarasto.

Aikavälillä 1974–1988 suoritettujen geologisten ja muiden ydinjätehuolto- tutkimusten perusteella Belgiassa laadittiin vuonna 1990 julkaistu yhteenvertoraportti SAFIR 1 (Safety Assessment and Feasibility Interim Report 1), jossa tarkasteltiin myös pitkäaikaisturvallisuuden arviointia. 1990-luvulla tehtyjen jatkotutkimusten tulosten pohjalta laadittiin SAFIR-2 -yhteenvertoraportti, joka julkaistiin vuonna 2001. Molemmat SAFIR-raportit toimitettiin Belgian hallitukselle, joka sittemmin päätti tilata OECD:n ydinenergiajärjestöltä (NEA) kansainvälisen arvion SAFIR-2 raportista. Arviointiryhmän yhtenä suosituksena oli, että Belgiassa on tarpeellista laatia ydinjätehuollon pitkän aikavälin strateginen ohjelma.

Sittemmin viranomaisvaatimusten ja lainsäädännön vaatimusten kehittyessä tavoitteeksi asetettiin strategisen pitkän aikavälin ohjelman laatiminen ja sitä edeltäen aiheeseen liittyvän ympäristövaikutusten laajapohjaisen arvioinnin, jossa tulee tarkastella myös useita eri vaihtoehtoja.

ONDRAF/NIRASin mukaan geologinen loppusijoitus – asianmukaisesti vaiheittain kehitettynä, toteutettuna ja lopullisesti suljettuna – on ainoa kyseen tuleva ratkaisu, jolla on edellytykset luotettavasti suojella ihmisiä ja ympä-

Molin alueella 225 m syvyydessä sijaitsevan maanalaisen laboratorion HADES kehitysvaiheet



ristöä yleisemmin pitkällä aikavälillä mahdollisilta haitoilta, jotka liittyvät erityisesti runsasaktiivisiin ydinjätteisiin siirtämättä vastuuta tuleville sukupolville. Suunnittelun pääperiaatteena on, että jätteiden sijoitus on lopullista, mutta mahdollistetaan kuitenkin loppusijoitusalueen jälkivalvonta ja mahdollisuus loppusijoitettujen jätteiden takaisin palauttamiseen, mikäli siihen ilmenee perusteltuja ja painavia syitä.

Syyskuussa 2011 ONDRAF/NIRAS toimitti laajan, yli 250-sivuisen jätesuunnitelmaraporttinsa (<http://www.niras-afvalplan.be>) hallitukselle. Yhtiö odottaa tällä hetkellä asiaan liittyvää poliittista päätöstä, mutta vuoden 2011 lopulla Belgian hallitus on todennut vielä ennen päätöstään valmistelevalsa EU:n ydinjätedirektiiviin (2011/70/Euratom) nojautuvaa kansallista puitekehystä käytetyn polttoaineen ja muiden ydinjätteiden turvalliseen huoltoon ja loppusijoitukseen sekä tekevänsä aikanaan aiheeseen liittyvän periaatepäätöksen.

Tällä hetkellä yhtiön tavoitteena on laatia selvitys Safety and Feasibility Case 1 (SFC 1), jonka perusteella haetaan hallituksen päätöstä loppusijoitukseen soveltuvan sijoituspaikan valintaprosessin käynnistämiseen. Seuraavassa vaiheessa jatkoselvitysten (SFC 2) valmistuttua vuoteen 2020 mennessä oltaisiin valmiita käynnistämään viranomaispäätöksen valmistelu, jonka on kaavailtu valmistuvan vuoteen 2025 mennessä.

Tämän perusteella rakennettaisiin aluksi loppusijoitustilat keski-aktiiviselle jätteelle. Lasitetun korkea-aktiivisen jätteen ja käytetyn polttoaineen loppusijoituksen on suunniteltu alkavan sitä edeltävän 50–60 vuoden jäähdytysvaiheen jälkeen noin vuoden 2050 jälkeisellä ajanjaksolla.

Maanalainen tutkimuslaboratorio HADES

Maanalainen laboratorio HADES on tärkein ydinjätteiden loppusijoitukseen kohdistuva tutkimusyksikkö Belgiassa ja

se sijaitsee tutkimuskeskus SCK/CEN:n alueella olevassa savimuodostelmassa (Boom Clay). Laboratorion maanalaiset tutkimustilat ovat 225 m syvyydessä savimuodostelmassa, jonka kokonaispaksuus on yli 100 m syvyydellä 161–264 m.

Turvallisuustutkimusten mukaan savimuodostelmassa vedenjohtavuus on hyvin alhainen ja savella on hyvät pidätysominaisuudet loppusijoitettavassa jätteessä oleville radionuklideille.

HADES-laboratorion ensimmäinen pystykuilu rakennettiin 1980–1982 ja sen jälkeen tutkimustiloja on asteittain laajennettu (<http://www.sckcen.be/en/Our-Research/Research-facilities/HADES-Underground-laboratory>). SCK/CEN on toteuttanut jo yli 20 vuoden ajan HADES-laboratoriossa ydinjätteisiin sisältyvien radionuklidien kulkeutumistutkimuksia. Tutkimuksista saatavien kulkeutumisparametrien hyödyntämiseen liittyviä tietokonemalleja on kehitetty tutkimuskeskuksessa loppusijoituksen turvallisuuden arvioimiseen. Tutkimustulosten perusteella ydinjätteiden loppusijoitusta savimuodostelmaan, joka on säilynyt stabiilina miljoonia vuosia ja jolla on hyvät pidätysominaisuudet, voidaan pitää turvallisena ratkaisuna. Seuraavassa vaiheessa on tarkoitus tutkia loppusijoituksen käytännön toteuttamista demonstraatiotestein laboratoriossa PRACLAY-osassa, joka sijaitsee vaakasuorasta päätunnelista kohtisuorasti sivuun rakennetussa tunneliosassa.

Kirjoittaja:



TkT Seppo Vuori
seppo.vuori@welho.com

Hollanti on toista maata - vai onko?



Hollanti on aika kaukana Suomesta, sen ilmasto ja maaperä ovat toisenlaiset kuin Suomessa eikä kielikään ole sukua suomelle. Siitä huolimatta moni asia yhdistää meitä, niin yleisesti kuin ydinjätehuollossakin.

Kumpikin maa on esimerkiksi pääosin protestanttinen, mikä näkyy muun muassa suhtautumisessa velvollisuuksiin ja taloudenpitoon – tämähän on selvästi tullut esille eurokriisin aikana. Moni voi ihmetellä, mitä yhteistä meillä on ydinjätehuollon alalla, onhan yleisesti tiedossa, että Hollanti on lykännyt ydinjätteen loppusijoituksen sadan vuoden päähän. Kun luette seuraavan tekstin, huomaatte, että paljon on yhteistäkin, kun otetaan huomioon erilaiset lähtökohdat.

Hollannin ydinjätestrategia päätettiin hallituksen toimesta vuonna 1984. Meillä sama tehtiin edellisenä vuotena 1983. Päätös kiinnittää jätehuollon periaatteet, joihin kuuluu geologinen loppusijoitus ja sitä edeltävä vähintään 100 vuoden pituinen varastointi. Varastoinnin aikana tutkitaan loppusijoituksen teknologiaa ja

etsitään loppusijoituspaikkaa.

Paikan osalta ei ole suljettu pois vaihtoehtoa toteuttaa loppusijoitus ulkomaille yhteistyössä muiden maiden kanssa, mikäli tähän tarjoutuisi mahdollisuus tulevaisuudessa. Strategiaa on toteutettu tinkimättömästi (kuten Suomessakin), ja korkeatasoinen välivarasto on rakennettu ja toiminnassa.

Hollantilaiset perustelevat aivan pätevästi sen, että päätös loppusijoituksesta on lykätty vastoin yleisesti vallitsevaa kantaa, jonka mukaisesti vastuuta siitä ei saa siirtää tuleville sukupolville. Vierailumme isäntä Ewoud Verhoef kertasi syyt, jotka itse olen kuullut monesti. Ajatelkaapa ensin Euroopan rajoja Rooman valtakunnan aikana ja miettikää sitten, kuinka valtiot ja rajat ovat muuttuneet kuluneiden 2000 vuoden aikana.

Mikä takaa sen, että alueeltaan pie-

ni mutta väestötiheydeltään maailman kärkijoukkoon kuuluva maa on samassa muodossa olemassa vaikkapa 1000 vuoden kuluttua, joka on lyhyt aika jätehuollon mittakaavassa – miksi ei siis voisi harkita kansainvälistä yhteistyötä?

Ajankohtaisempi peruste liittyy jätemäärään ja kustannuksiin. Tutkimusreaktoreiden ja suljetun Dodewaardin lisäksi Hollannissa on toiminnassa vain Borsselele ydinvoimalaitos. Erillisen loppusijoitustilan rakentaminen juuri tässä vaiheessa verraten pienelle jätemäärälle ja sen pitäminen toiminnassa koko sen ajan, kun jätettä kertyy, on huomattavasti kalliimpaa kuin jätteen kerääminen, varastointi turvallisesti ja kaiken loppusijoittaminen kerralla.

Odotusaikana sekä jätteen aktiivisuus että sen lämmöntuotto pienenevät huomattavasti, mikä edelleen alentaa

kustannuksia. Pienen maan asukkaina hollantilaiset ovat oppineet toimimaan pragmaattisesti ilman ideologisia päähänpintymiä (kuten suomalaisetkin).

Ydinjätehuolto COVRAn huomassa

Ydinjätehuollon toteutuksesta vastaa Hollannissa COVRA (Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval), joka perustettiin v. 1982. Yhtiömuodoltaan COVRA on osakeyhtiö, mutta kaikki osakkeet siirtyivät valtion haltuun v. 2002, jolloin maassa päätettiin luopua ydinvoimasta pitkällä tähtäimellä.

Jätehuollon kustannukset – käsittely, varastointi ja tuleva loppusijoitus – kerätään jätemaksulla saastuttaja maksaa -periaatteen mukaisesti. Viimeisin arvio kokonaiskustannuksista on 2 mrd euroa, josta korkea-aktiivisen jätteen osuus on 2/3. Varat rahastoidaan tulevien kustannusten peittämiseksi (tämäkin muistuttaa Suomen mallia). COVRA hallinnoi rahastoa ja kattaa kulunsa siitä. Yhtiö ei tuota voittoa.

Hollannissa on kaikkiaan 1300 lisensoitua radioaktiivisten aineiden käyttäjää. Korkea-aktiivista jätettä syntyy ydinvoimalan lisäksi Pettenin ja Delftin tutkimusreaktoreissa ja isotooppituotannossa. Matala- ja keskiaktiivista jätettä kertyy näiden lisäksi erityisesti Almelossa sijaitsevassa suuressa uraanin väkevöintilaitoksessa, josta tulee myös paljon köyhdytettyä uraania.

Kaikki ydinjäte luovutetaan COVRAn omistukseen ja kuljetetaan Vlissingenissä Zeelandin maakunnassa sijaitsevaan varastoon, joka on teollisuusalueella aivan Borselen ydin- ja hiilivoimalaitoksen naapurina. COVRAn laitosalue on kooltaan 20 ha, ja sinne on rakennettu sekä matala- ja keskiaktiivisen että korkea-aktiivisen jätteen varastot. Alueella on tilaa varastojen laajentamiselle.

Mallikelpoista ydinjäteteknologiaa

Matala- ja keskiaktiivinen jäte esikäsitellään tarpeen mukaan superkompaktomalla 1800 tonnin puristimella tai polttomalla. Nestemäisten jätteiden varastointi ei ole sallittua. Jäte betonoidaan galvanituihin tynnyreihin, jotka puolestaan sijoitetaan betonisiin varastosäiliöihin. Nämä on pinottu varastohalleihin vielä siten, että ulommaisiksi tulevat vähiten aktiivisuutta sisältävät säiliöt. Aidan ulkopuolella ei saa havaita taustasäteilyn ylittäviä annosnopeuksia.

Korkea-aktiivinen jäte koostuu tutki-



musreaktoreiden käytetyistä polttoaine-elementeistä ja Borselen ja Dodewaardin käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelystä syntyneestä jätteestä. Borssele on tehnyt Arevan kanssa sopimuksen kaiken käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelystä, joten voimalaitospolttoaineen suoraa loppusijoitusta ei tarvitse ottaa huomioon.

Jälleenkäsittelyjäte on lasitettu teräskapseliin, ja se jakaantuu sekä lämpöä tuottavaan että tuottamattomaan komponenttiin, jotka varastoidaan erikseen. Korkea-aktiivisen jätteen varasto on saanut tunnetun nimen HABOG (Hoogradioactief Afval Behandeling- en Opslag Gebouw).

Vaikka varasto on toiminnassa, kaikki siellä on kliinisen puhdasta, jopa siinä määrin, että saatoimme vieraila jätekapselien käsittelyssä tarvittavan kuumakammion sisällä (joka tietenkin ei ollut sillä hetkellä käytössä).

Fukushiman jälkimainingeissa on syytä todeta, että HABOGissa on vaurauduttu erittäin epätodennäköisiin ulkoisiin tapahtumiin (todennäköisyys 10^{-6}). Seinät ovat 1,7 m paksut ja kestävät F16-suihkuhävittäjän törmäyksen, tulvavettä saa olla 10 m ja myrskytuulien, räjähdysten ja maanjäristysten kestävyys on varsin hyvä. Hätätilanteessa rakennus jäähtyy passiivisesti viikkojen ajan.

HABOG itsessään on taideteos: Metamorfose. Se on maalattu Hollannin kansallisvärillä oranssilla. Tarkoitus on, että väriä haalennetaan vuosikymmenten mittaan osoituksena radioaktiivisuuden vähenemisestä. Pelkästään rakennus ei ole taideteos, vaan sen sisälle on tallennettu museoiden taideteoksia vakaisiin olosuhteisiin. Museoesineitä on säilössä matala- ja keskiaktiivisen jätteen varastossakin.

Loppusijoitusta ei toki ole unohdettu. Hollannissa on sekä savikerrostumia että suolakupuja naapurimaiden tapaan. Loppusijoitusteknologian pitkäjänteinen tutkimus on elimellinen osa ydinjätehuoltoa (kuten Suomessakin). Uusin tutkimusohjelma OPERA kattaa vuodet 2011–2016.

Yhteiskunta keskiössä

COVRAn sijainti, avoimuus ja suoranaisten vähäeleisyyden pyrkivät viestimään, että radioaktiivisen jätteen käsittely ei ole maailman vaarallisin asia. Perin pohjoinen suunnittelu ja pilkuntarkka toteutus puolestaan välittävät todisteen huipuunsa viritetystä turvallisuudesta.

Kaiken keskiössä on yhteiskunta päätöksentekomekanismeineen. Tätä varten COVRA toimii tietokeskuksena hallitukselle, teollisuudelle ja yhteiskunnalle mukaan lukien koulutukselliset näkökohdat. Varsin mielenkiintoista oli kuulla, että yhtiön työllistämistä 57 henkilöstä yksikään ei ole varsinainen viestintäasiantuntija.

Yhtiö ei Verhoefin mukaan usko erikoistuneisiin viestintäspesialisteihin vaan haluttaa välittää suurelle yleisölle tietoa suoraan asiantuntijoilta. Uskon, että COVRAn toiminnan esittely antoi varsin positiivisen vaikutelman ATS:n matkaseurueelle.

Kirjoittaja:
TkL Eero Patrakka
Vetäjä
ATS Seniorit



COVRA

Alankomaiden ratkaisu ydinjätehuoltoon



Lasitetun jätteen ja tutkimusreaktorien käytetyn polttoaineen varastotila korkea-aktiivisen jätteen varastossa. Kuva: Markku Tiitinen.

Alankomaissa lähes kaikki radioaktiivinen jäte on varastoituna yhdellä laitosalueella maanpäällisissä varastorakennuksissa. Varastointiaika on vähintään 100 vuotta. Tarkoituksena on seurata maailmalla tapahtuvaa kehitystä ja päättää myöhemmin, mitä jätteelle tehdään.

Alankomaiden ydinjätehuolto poikkeaa usealla tavalla suomalaisesta. Yksi merkittävimmistä eroista on itse radioaktiivisen jätteen vastuukysymys. Suomessa jokainen yritys vastaa omasta jätteestään ja on velvollinen varaamaan tietyn määrän rahaa jätteen käsittelyyn, varastointiin ja loppusijoitukseen.

Vuonna 1982 Alankomaissa perustettiin yritys nimeltä COVRA, jonka tehtävä on huolehtia Alankomaissa syntyvän radioaktiivisen jätteen turvallisesta varastoisesta ja loppusijoittamisesta. COVRA on voittoa tavoittelematon valtion omistama yritys.

Vuonna 1963 voimaan tulleen lain mukaan alankomaalaisten yhtiöiden on luovutettava kaikki tuottamansa radio-

aktiivinen jäte COVRA:lle. COVRA vastaanottaa radioaktiivisen jätteen ja ottaa samalla täyden vastuun jätteestä. Yhtiöt maksavat COVRA:lle luovuttamansa jätteen mukaisen maksun. Yhtiöt eivät ole velvoitettuja maksamaan jätteestä enää taannehtivasti.

Kahdelta ydinvoimalaitokselta peräisin olevan jätteen lisäksi COVRA vastaanottaa kolmen tutkimusreaktorin, uraanin rikastuslaitoksen, terveyshuollon ja muun teollisuuden radioaktiiviset jätteet. Kaikki Alankomaissa tuotettu radioaktiivinen jäte päättyy lopulta varastoitavaksi COVRA:n laitosalueelle.

COVRA pyrkii olemaan ulospäin mahdollisimman avoin ja se myös näkyy. Laitosalueelle saavuttaessa voi jo kaukaa huomata kirkkaanoranssin rakennuk-



COVRAn laitosalue sijaitsee Alankomaiden etelärannikolla lähellä Middelburgin ja Vlissingenin kaupunkeja Vlissingen-Oost-nimisellä teollisuusalueella. Laitosalue on kooltaan 20 ha ja sieltä on vain muutaman kilometrin pituinen matka Alankomaiden ainoaan käytössä olevaan ydinvoimalaitokseen, Borsseleen. COVRA:n laitosalueella on matala- ja keskiaktiivisen jätteen käsittelyrakennus AVG, matala- ja keskiaktiivisen jätteen varasto LOG, korkea-aktiivisen jätteen varasto HABOG, köyhdytetyn uraanin varasto VOG, hyvin matala-aktiivisen jätteen varasto COG ja vierailukeskus. AVG-rakennuksessa jätteen määrää vähennetään superkompaktorin ja polttouunien avulla. Urecon uraanin rikastuslaitokselta peräisin oleva jäte varastoidaan VOG-rakennukseen. Kuva: Covra.

sen, jossa lukee isoilla vihreillä kirjaimilla $E = mc^2$. Se on korkea-aktiivisen jätteen välivarasto HABOG.

Laitosalueella menimme ensin vierailukeskukseen, jossa meille pidettiin lyhyt esitys COVRA:sta. Seuraavaksi aloitettiin laitoskierros ja mukaan otettiin kaksi säteilymittaria. Muuta suojaruustusta ei tarvittu. Kuvia sai ottaa vapaasti mistä itse näki parhaaksi.

Ensimmäinen kohde oli matala- ja keskiaktiivisen jätteen varasto, jossa päästiin kävelemään jätēsäiliöiden joukossa. Toisena kohteena oli HABOG, jossa tutustuttiin korkea-aktiivisen jätteen käsittelyn kannalta tärkeimpiin huonetiloihin. COVRA:n pyrkimys on osoittaa kaikille, etenkin alankomaalaisille, että heidän varastonsa ja ydinjätteen varastointi on turvallista.

Geologisen loppusijoituksen tutkimusohjelma OPERA

COVRA:n tämänhetkisessä korkea-aktiivisen jätteen loppusijoituskonseptissa on samoja piirteitä kuin belgialaisten konseptissa. Kuten Suomessa ja Ruotsissa, on Alankomaissakin etsitty maanalaista otollista luonnonesiintymää,

johon korkea-aktiiviset ydinjätteet voitaisiin sijoittaa riittävän pitkäksi ajaksi. Suomessa ja Ruotsissa kalliopinta kulkee lähellä maanpintaa, joten täällä on päädytty ratkaisuun, jossa korkea-aktiivinen ydinjäte loppusijoitetaan syväälle kallio-perään.

Alankomaissa ja mm. Belgiassa maanpinnan tason alapuolella on erityyppisiä savi- sekä suolamuodostumia ja kallionpinta on hyvin syväällä. Savi- ja suolamuodostumien on todettu tarjoavan otolliset olosuhteet korkea-aktiivisen jätteen loppusijoittamiseen, koska muun muassa muodostumissa veden virtaukset ovat lähes olemattomia, muodostumat ovat itsestään tiivistyviä ja ne ovat riittävän syväällä.

Geologisen loppusijoituksen tutkimusohjelmaa kutsutaan nimellä OPERA. COVRA:lla on alustava suunnitelma ydinjätteen loppusijoitustiloista mutta ei omaa maanalaista tutkimustilaa. Tosin belgialaisten maanalaisten tutkimustila HADES sijaitsee samanlaisessa saviesiintymässä, joita on myös Alankomaiden puolella. Yhtenä loppusijoitusmahdollisuutena he pitävät myös jätteiden sijoittamista kansainväliseen ydinjätteen loppusijoituspaikkaan.

Matala- ja keskiaktiivisen jätteen varasto LOG

Matala- ja keskiaktiivisen jätteen varastointiseksi laitosalueelle on rakennettu betonielementeistä varastohalleja. Matala- ja keskiaktiivisen jätteen varasto LOG koostuu useammasta samanlaisesta hallista. Laitosalueella on varattuna tilaa myös uusille matala- ja keskiaktiivisen jätteen varastohalleille.

Halleissa varastoidaan 200 l ja 1000 l kokoisia säiliöitä. 1000 l säiliön seinät ovat betonirakenteisia, ja jäte on kiinteäytetty säiliöiden sisälle. 200 l säiliöt ovat metallitynnyreitä, joissa jäte sijaitsee viiden sentin paksuisen betonikerroksen sisällä.

Normaalia enemmän säteilevät 200 l tynnyrit voidaan laittaa 1000 l säiliön kooksiin betoniin säteilysuoja-astioihin. Jätēsäiliöiden on tarkoitus kestää 100 vuoden mittaisen varastoinnin ja sen jälkeisen käsittelyn aiheuttamat rasitukset.

Jätēsäiliöt tuodaan ensin vastaanotto-tilaan, josta on yhteys kaikkiin varastohalleihin. Säiliöt kuljetetaan trukin avulla vastaanottotilasta halliin ja pinotaan päällekkäin ja vierekkäin. Maksimissaan yhdeksän säiliön korkuisten ja viiden säiliön levyisten pitkien säiliöpinojen väliin



Jätetyynyreitä matala- ja keskiaktiivisen jätteen varastossa LOGissa. Kuva: Covra.

on jätetty noin 1,5 m leveät tarkastuskäytävät. Vierailijat kulkevat varastossa aivan jätesäiliöpinon vierellä.

Tiloissa ei ole palokuormia, joten palonilmaisu- tai sammutusjärjestelmiä ei ole asennettu. Myös viemäröinti on todettu turhaksi. Varastojen ilmankosteutta säädetään siirrettävien ilmankuivaimien avulla, jotta vältetään metalliastioiden ruostuminen.

Ilmastolliset olosuhteet varastoissa ovat niin hyvät, että muun muassa paikalliset museot ovat tuoneet varastoihin arvoesineitä säilytettäväksi. Taidearteista on iloa myös vierailijoille. Yhdessä halleista pääsee tutustumaan muun muassa varaston seinälle ripustettuun seinäryijyyn, jossa kuvataan kahden laivaston välillä käytyä vanhaa meritaistelua.

Korkea-aktiivisen jätteen varasto HABOG

HABOG on rakennettu vuosien 1999–2003 aikana. HABOG:ia on suunniteltu käytettävän vähintään 100 vuotta.

Laitoksessa varastoitava jäte on jaettu lämpöä tuottaviin ja lämpöä tuottamattomiin jätteisiin. Tämänhetkinen varastokapasiteetti voidaan tarvittaessa kaksinkertaistaa. Lämpöä tuottaviin korkea-aktiivisiin jätteisiin kuuluvat jälleenkäsittelylaitokselta tullut lasitettu jäte ja tutkimusreaktorien käytetty polttoaine.

Lasitettu jäte on tullut Borssele ja suljetun Dodewaardin ydinvoimalaitoksen käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyn sivutuotteena. Lämpöä tuottamattomia jätteitä ovat muun muassa ydintutki-

muksessa syntyneet jätteet ja polttoainepippujen osat.

HABOG:in tuodaan lasitettua jätettä vastaavankokoisissa kuljetussäiliöissä kuin mitä Suomessakin on käytössä. Kuljetussäiliöt kuljetetaan vastaanottotilaan joko kiskoja pitkin tai kumipyöräisellä kuljetusalustalla. Vastaanottotilassa säiliöt nostetaan suuren nosturin avulla kuljetusalustoilta siirtovaunun päälle. Vastaanottotilasta siirtovaunu kulkee rataa pitkin siirtokäytävän puolelle.

Vastaanottotilan ja siirtokäytävän välissä on massiivinen säteilysuojaovi, joka liukuu lattiaan ja seinään asennettuja kiskoja pitkin. Kuljetussäiliötä liikutetaan siirtokäytävässä eteenpäin ja säiliön kansi nostetaan pois. Kuumakammiossa lasitetun jätteen säiliö tai polttoainepukori nostetaan kuljetussäiliöstä. Polttoainepukori siirretään terässäiliöön, joka suljetaan hitsaamalla ja täytetään heliumilla.

Jätesäiliöiden siirrot varastopaikkoihin suoritetaan kauko-ohjatusti. Lämpöä tuottamaton jäte siirretään omaan suojattuun varastoonsa. Lämpöä tuottavat jätesäiliöt siirretään varastotilaan, jonka lattiassa on pystykuiluja vieri vieressä. Säiliöt ovat pinottuina päällekkäin näissä argon-täytteisissä kuiluissa ja kuilujen yläpää on suljettu paksuilla tulpilla.

Tyhjiä kuiluja on varalla, jotta käytössä olevat kuilut voidaan tyhjentää tarkastusta tai korjausta varten. Kuilujen seinämien ulkopintoja jäähdytetään jälkilämmön synnyttämän luonnollisen ilmankierron avulla. Jäähdytysilman kontaminoitumista ei nähdä mahdolliseksi.

Pääsimme tutustumaan jokaiseen huonetilaan kuljetusastian vastaanottotilasta aina lämpöä tuottavan jätteen varastoon asti. Koimme vierailun HABOG:ssa ja koko COVRA:ssa avoimeksi, informatiiviseksi ja vieraanvaraiseksi.

Kirjoittajatiedot:



*DI Joonas Koskinen
Suunnitteluinsinööri
Fortum Power Division
joonas.koskinen@fortum.com*



*DI Juha Nieminen
Suunnitteluinsinööri
Fortum Power Division
juha.nieminen@fortum.com*

Borsселен ydinvoimalaitos ja Hollannin ydinohjelma



Kuva: Markku Tiitinen.

Borsселен ydinvoimalaitos, teholtaan 515 MW, on Hollannin ainoa sähköntuotannossa oleva ydinvoimalaitos ja sijaitsee maan lounaiskolkassa Zeelandin niemellä, lähellä Vlissingeniä.

Ydinvoimalaitoksen alueella on samalle yhtiölle (EPZ) kuuluvat 426 MW biopolttoaine/hiilivoimala ja näitten lähistöllä seitsemän tuulivoimalaa, nimellisteholtaan 24 MW. Voimalaitosten vieressä on valtion omistama ydinjätteen käsittely- ja varastointilaitos (COVRA). Borsселен vierailun isäntänä toimi polttoainekierrosta vastaava johtaja Jan Wieman.

Hollanti on ollut ensimmäisiä ydinvoimaa käyttöön ottaneita valtioita ydinasevaltioiden ulkopuolella. Ydinvoiman rooli on jäänyt kuitenkin pieneksi, tärkeimpänä syynä Pohjanmerestä löytyneet kaasu- ja öljyvarat. Hollannissa on ollut kaksi ydinvoimalaa sähköntuotannossa.

Dodewaardissa itäisessä Hollannissa käynnistyi vuonna 1968 pieni 60 MW:n BWR; tiettävästi ainoa luonnonkierrolle toiminut ydinvoimalaitos, joka toimi ydinteknisenä kokeilulaitoksena. Se toimi vuoteen 1997. Vuonna 2004 päätettiin, että laitos puretaan 40 vuoden

odotusajan jälkeen.

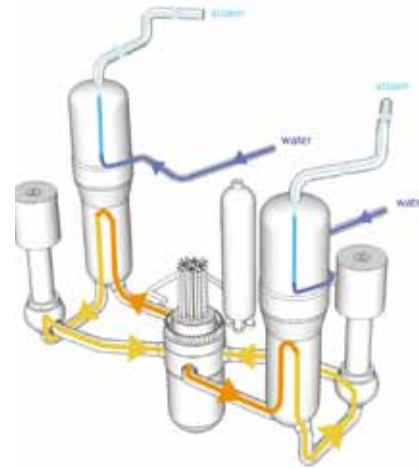
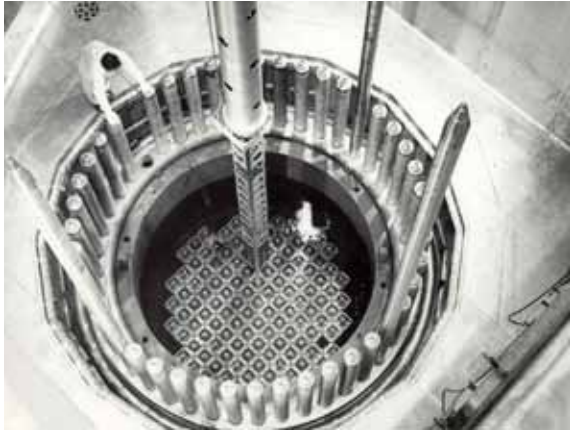
Borssele PWR käynnistyi 1973. Netoteho oli alun perin 449 MW ja vuoden 2006 turbiinimuutosten jälkeen 487 MW.

Laitoksen käyttöikäsuunnittelussa tähdättiin alun perin vuoteen 2013. Vuonna 1994 parlamentti päätti Borsселен sulkemisesta vuonna 2003. Vuonna 2003 uusi hallitus siirsi sulkemista 10 vuodelle. Lopulta laitoksen käyttölupaa jatkettiin vuonna 2006 vuoteen 2033, jolloin laitos on tarkoitus ajaa alas pysyvästi 60 käyttövuoden jälkeen.

Tavoitteena on, että korkea-aktiivinen jäte on sijoitettu COVRA:n varastoon vuonna 2040 ja laitos on purettu vuonna 2055.

Laitoksen pääomistaja Delta julkisti vuonna 2009 suunnitelmansa toisen yksikön rakentamisesta. Tarkoitus oli rakentaa 1000–1600 MW laitos, Borssele-2, vuosina 2013–2018. Hanke on kuitenkin vuoden 2012 alussa hyllytetty.

Hollannin sähkönkulutus on noin 120 TWh/a, josta noin 3–4% on tuotet-



tu ydinvoimalla Borsselel laitoksella. Noin 60 prosenttia Hollannin sähköstä tehdään Pohjanmeren kaasulla, 20 prosenttia hiilellä ja 10 prosenttia uusiutuvilla polttoaineilla. Tuulivoimalla sähköä tehdään saman verran kuin ydinvoimalla eli noin 4 prosenttia.

Borssele NPP, pääparametrit ja organisaatio

Borssele-1 yksikkö on kahden kierto-
piirin PWR, joka perustuu Siemens/
KWU:n teknologiaan.

Laitoksen pääparametrit ovat:

- lämpöteho 1365,6 MW
- sähköteho 515 MW(brutto)/487 MW(netto)
- primääripiiri 155 bar, 292,5 °C (in), 317,5°C (out)
- polttoaine 38 tn UO₂, 121 nippua, rikastusaste 4.4%
- Vuodesta 2014 alkaen polttoaineesta n. 40% on MOX-polttoainetta
- Lämpönieluna toimii ohi virtaava joki (Scheldt)

Laitosta ajetaan 12 kk latausjaksolla. Käyttökerroin on ollut hyvää tasoa. Kumulatiivinen käyttöiän käyttökerroin on 84,2 prosenttia ja viimeisen kymmenen vuoden vuosittaiset käyttökertoimet ovat olleet välillä 82,5–96,1 prosenttia.

Laitospaikalla on käyttöhenkilökuntaa noin 450 henkilöä, josta noin 120 henkilöä biopolttoaine/hiilivoimalalla. Laitoksen käyttöluvan haltija on voimayhtiö EPZ, jonka enemmistöomistaja (70 prosenttia) on hollantilainen energia/monialayhtiö

Delta ja vähemmistöomistaja (30 prosenttia) vuonna 2009 tehdyllä kaupalla saksalainen RWE.

Turvallisuutta parannettu – kokonaisriski vähentynyt tuhannesosaan

Laitokselle on tehty turvallisuusparannuksia useassa vaiheessa. Kokonaisriskin sanottiin pienentyneen käynnistysvaiheen tasolta 10⁻³ nykytasolle 10⁻⁶ eli tuhannesosaan alkuperäisestä.

Turvallisuusparannuksia ovat olleet mm.:

- 1982–86: lisätty jälkilämmön poistoon varajärjestelmä (kahdennetut vesisäiliöt ja bunkkeripumppaamot), lisätty kiinteät varahätädieselit (2 x 1 MW) ja liikuteltava diesel, onnettomuusinstrumentointi, vedynpolttojärjestelmä
- 1997: riskinarvio (PSA) uudistettu, päävalvomo uusittu ja lisätty varavalvomo, uusittu paineistimen varoventtiilit ja vanhat dieselit (3 x 5MW), lisätty varalle toinen lämpönielu (kahdeksan pohjavesikaivoa), lisätty passiiviset vetyrekombinaattorit
- 2006: tulvasuojausta parannettu, noin +7 m vedenkorkeudella kriittiset toiminnot toteutuvat

PSA malleja (Living PSA, Risk Monitor) käytetään säännöllisesti vikojen ja töiden riskinarvioon; tätä on pidetty hyvänä ja edistyneenä käytäntönä OSART-tarkastuksissa. Tason 3 PSA-mallit ovat valmiita. On määriteltä, että laitoksen käydessä tehtävät ennakkohuoltotyöt

saavat lisätä kokonaisriskiä korkeintaan 2 prosenttia.

Henkilön säteilyannosraja on lain-säädännön perusteella 20 mSv/a, mutta laitoksen sisäisesti sovelletaan alempaa rajaa 3 mSv/a.

Käyttölupaan liittyvä säännöllinen turvallisuuden kokonaisarvio (PSR) tehdään myös jatkossa 10 vuoden välein. Seuraava on valmisteilla ja tulokset saadaan vuonna 2013.

Fukushiman jälkeisissä stressitesteissä Borssele sai kiitosta mm. PSR:n ja PSA:n käytöstä turvallisuuden arvioinnissa ja parantamisessa. Huomautettavaa löytyi mm. maanjäristyskestoisuuteen ja tulvasuojaukseen liittyen, joita selvitetään tulevissa PSR-arvioinneissa.

Kirjoittajat:

*DI Markku Tiitinen
(eläkkeellä)
Fortum Power and
Heat Oy
Loviisan voimalaitos*



*Jukka Vastamäki
TVO Oy*



Päivä 5

Torstai 15.11.2012

Torstaina vuorossa oli Euroopan avaruustutkimusjärjestön ESTEC:n tutkimuskeskus Noordwijkissa, jossa vierailun isäntänä toimi ESTEC:n materiaali- ja komponenttitekniologiadivisioonan johtaja Mikko Nikulainen.

Päivän aikana tutustuimme mm. avaruustekniologian järjestelmäsuunnitteluun ja vaatimustenhallintaan, jonka merkitys meilläkin on havaittu ydinenergia-alan hankkeissa erityisesti valvovan viranomaisenkin tähdennettyä systemaattisen vaatimustenhallinnan merkitystä uusissa hankkeissa aikaisempien asiakirjapohjaisten kuvausten lisäksi. Suomessa mm. käytetyn polttoaineen loppusijoituksen vaatimustenhallintaa onkin usein välinein toteutettu jo vuodesta 2007 lähtien.

ESTEC on tekemässä myös avautuva yhteistyöstä materiaalitutkimuksen alueella energiantuotannon puolelle. Yhteisiä tarpeita ja tavoitteita ollaan määrittelemässä ESTEC:n toimesta 2012-2013 aikana.

Illaksi suuntasimme korttia pelaten jo vakiintuneella pöytäseurueella ruuhkaisen Rotterdamin kautta Alkmaariin.



ESTEC

Torstain vierailukohteemme, European Space Research and Technology Centre oli ennalta ajatellen jo Atomiteknillisen seuran jäsenten ydinkiinnostuksen ulkokehällä. Lyhyen vierailumme aikana havaitsimme kuitenkin avaruuspuolellakin olevan runsaasti meidän alaa tukevaa tutkimusta ja hyödynnettävissä olevia toimintatapojen kehittämishankkeita.

Ensimmäisenä ESTEC:n alueelle saapuessamme silmiimme pisti pääarakennuksen erikoinen arkkitehtuuri. Ulkopintojen mielenkiintoiset muodot yhdistettynä harmaisiin pystylankkuihin luovat kuvan jostain aivan muusta kuin Euroopan avaruustutkimuskeskuksesta, mutta niin vain näiden seinien sisällä tehdään työtä avaruuslentojen sujuvan toteuttamisen eteen.

Passien tarkistamisesta ja muista sisään kirjautumisrutiineista selvittyämme tapasimme vierailumme isännän **Mikko Nikulaisen**, joka johdatti meidät akvaarionomaiseen neuvotteluhuoneeseen. Lasisten seinien takana oli esillä heidän projektien tuloksiatuloksia, mm. satelliitteja sekä avaruusaseman ja kantoraketien osia.

Euroopan maat rahoittavat ESTECin toimintaa

Täällä **Adrian Graham** luennoi meille yleisesityksen ESTECin toiminnasta. Esityksen mukaisesti ESTECin kokonaisbudjetti vuodelle 2012 oli noin neljä miljardia euroa ja Suomen rahoitus osuus tästä noin 0,7 prosenttia eli 19,4 miljoonaa euroa. Hollantiin sijoitetussa teknisessä keskuksessa näitä rahoja on kuluttamassa noin 2500 henkilöä erinäisiin projekteihin. Projekteista suurin on tällä hetkellä 6,8 miljardia suuruinen Galileo -projekti.

Yleisesityksen saatuaamme siirryimme kuuntelemaan **Massimo Bandecchin** esitystä ESTEC:n suunnitteluprosessista ja siitä miten he pyrkivät tehostamaan ja

nopeuttamaan sitä CDF:llä (Concurrent Design Facility). Lyhyesti CDF pyrkii yhdistämään ohjelmistojen kehityksessä suosiota saaneet ketterät menetelmät ja tietokantoihin perustuvat tiedonhallinnan menettelytavat.

Tällä tavoin kaikki projektin aineistot luodaan suoraan yhteisiin tietokantoihin siten, että ne ovat linkitettävissä muihin osa-alueisiin (vaatimukset - tekniset määrittelyt - riskit - kustannukset - CAD - simulaatiot jne.) ja ovat näin kaikkien projektiin osallistuvien nähtävissä. Menetelmää on kehitetty vuodesta 1998 lähtien ja Massimon mukaan CDF:llä toteutettu suunnittelu on perinteistä, dokumenttikeskeistä tapaa viidestä kymmeneen kertaan edullisempaa.

Koelaitteet ja lounastarjoilu tekivät vaikutuksen

Mielenkiintoisten esitysten jälkeen lähdimme kiertelemään Grahamin johdolla ESTEC:n vaikuttaviin laboratorioihin. Kierroksen aikana saatiin mukava kävelylenkki ja nähtiin jos jonkin näköisiä koelaitteita. Varmasti vierailulle osallistuneille yliopistoihmisille tuli jopa jonkinlainen kateuden tunne hienoja systeemeitä katsellessa.

Vähintään yhtä hieno kokemus oli seuraava tutustumiskohteemme, eli ESTECin ruokala. Erilaisia ruokia oli tarjolla monilla tiskeillä. Löytyi kanaa, pihviä, salaatteja, monenlaisia jälkiruokia sekä erilaisia juomia, viinit mukaan lukien.

Ehkä tuo viinin tarjoaminen lounaalla on jossain normaalia, mutta aina se suomalaista hätkäyttää. Hintataso oli varsin



Kuva: Markku Tiitinen.

kohtuullinen, kun kymmenen euron setelistä onnistuin kuluttamaan noin 7,5 euroa ja vatsa tuli enemmän kuin täyteen. Ja mikä tärkeintä, ruoka oli erinomaisen hyvää!

Lounaan ja ruokalan yhteydessä olleesta ESTEC-kaupasta tehtyjen tulosostosten jälkeen jatkettiin kokousta.

Tosin ennen kokouksen alkua teimme vielä ylimääräisen ruuansulatuslenkin kokoushuoneesta tehdyn tupla-buukkauksen johdosta, kaikki ei toimi avaruusjärjestössäkään. Lopulta kuitenkin neukari löytyi ja päästiin asiaan. ESTECin puolelta oli valmisteltu esitykset aiheista: avaruus- ja energiateknologiaohjelma, kriittisten teknologioiden vanheneminen, suurten projektien vaatimushallinta ja yhteistyö energiateollisuuden kanssa.

Kokemustenvaihtoa vaatimustenhallinnasta

Tämän jutun kirjoittajia kiinnosti varmasti eniten **Rafael Pradesin** pitämä esitys systems engineering -ajattelusta ja vaatimushallinnasta, koska molemmat työskentelevät aiheen parissa TVO:lla, Ville OL4-projektissa ja Mauri OL1/OL2-reaktoriautomaation modernisoinnin esiselvitysprojektissa.

ESTECissä käytetään TVO:lla ja Posivallakin käytössä olevaa vaatimustenhallinnan DOORS-ohjelmistoa, joten mielenkiintoa löytyi prosessikuvauksen lisäksi myös työkalutasolla. Aivan sille tasolle ei esityksessä kuitenkaan päästy, mutta prosessit vaikuttivat varsin toimivilta.

ESTECillä vaatimukset linkitetään niiden luomisen jälkeen eri suunnittelutasojen mukaisesti review-prosesseihin. Se syvennetäänkö ylätasoin vaatimuksia komponenttitasolle asti vai pysytäänkö esimerkiksi järjestelmätasolla, riippuu tapauksesta ja suunnittelualueesta. Joillakin osa-alueilla DOORS-tietokantaa syvennetään aina komponenttitasolle asti. Joka tapauksessa DOORS-tietokanta tarjoaa työkalun jäljittää vaatimukset niiden lähteisiin sekä seurata vaatimusten toteutumista review-prosessissa. Arviot sekä DOORSista että vaatimushallinnasta yleensä olivat varsin positiivisia. Ainakin paikalla olleiden ESTECläisten mielestä vaatimushallinta antaa korvaamattoman selkänöjan isojen, pitkäkestoisten projektien hallinnan avuksi.

Yhteistyömahdollisuuksia muiden alojen kanssa selvitetään

Vaitimushallinta ei suinkaan ollut ilta-päivän ainoa aihe. **Carla Signorini** esitteli, ESTEC:n hanketta, missä he pyrkivät selvittämään muiden toimialojen osaamisista ja mahdollisista yhteistyökohteista muilta teollisuuden aloilta, ainakin energiateollisuudesta.

Eriyinen mielenkiinto kohdistuu materiaalien vanhenemiseen haastavissa olosuhteissa. Avaruudessaan laitteet ovat jatkuvan säteilyn ja ties minkä avaruustuulien vaikutuksen alaisena, sama on tilanne mm. ydinvoimalan reaktorissa tai loppusijoitusluolassa. Muitakin kiintoisia aiheita oli.

Synergiaa voisi siis hyvinkin löytyä kun asioita ryhtyy pohtimaan. ESTECillä oli jo valittu joitakin heidän kannaltaan mielenkiintoisia mahdollisia yhteistyö-alueita. Tällainen poikkiteollinen yhteistyömahdollisuus avaruusteollisuuden kanssa olisi varmasti mielenkiintoinen mahdollisuus energia-alallekin ja keskustelua päätettiin ehdottomasti jatkaa tulevaisuudessa.

Kokouksen jälkeen excursion ”yhden päivän jäsen” Ville lähti limusiinikyydillä kohti lentokenttähotellia ja muu porukka jatkoi tutulla bussillaan kohti seuraavaa majapaikkaa.

Kirjoittajat:



Ville Lestinen

Fortum Power Division
ville.lestinen@fortum.com



Mauri Viitasalo
TVO Oyj
mauri.viitasalo@tvo.fi

Joint Research Centre – Institute for Energy and Transport



ATS ekskursiion viimeinen alaamme liittyvä vierailukohde oli Joint Research Centren energian ja kuljetuksen instituutti (JRC-IET) Pettenissä Hollannissa.

JRC-IET toimii paikkana jossa suurin osa JRC:n tutkimuksesta ydinvoimatutkimuksen alalla tapahtuu. Tällä

tutkimussektorilla JRC:lle työskentelee noin 40 henkilöä jotka jakaantuvat kahteen eri yksikköön. Alueella sijaitsee myös JRC:n kooreaktori, jota emme kuitenkaan päässeet harmiksemme vierailumme aikana ihailemaan.

Perjantaiamu valkeni kirpeänä. Tankattuamme tuhdin aamiaisen hotellilla suuntasimme bussin kohti Petten-nimistä paikkakuntaa jossa seuraava, ja samalla matkamme viimeinen, vierailukohteemme sijaitti. Kyseinen kohde oli Joint Research Centre (JRC) - tutkimuslaitoksen energian- ja kuljetuksen instituutti,

lyhyesti IET.

Lyhyehkön matkan jälkeen saavuimmekin perille lähes ilman kimmelluksia. Perillä meitä odotti päivän isäntä, **Oliver Martin**, joka toivotti meidät ensin tervetulleeksi IET:hen ja tämän jälkeen johdatti meidät sisälle päivän ensimmäistä tietoisuutta varten.

Koska JRC saattaa olla tuntematon instanssi joillekin lukijoista, esiteltäkään se tässä lyhyesti. JRC on Euroopan komission oma tutkimuslaitos jonka pääasiallisena tarkoituksena on toimia komission tieteellisenä neuvonantajana

Päivä 6

Perjantai 16.11.2012

Pettenissä vierailimme EU-komission Joint Research Centren energian ja kuljetuksen instituutissa (JRC-IET), jossa tutustuimme yksikön toimintaan esitysten välityksellä ja laboratorikierröksellä. Ojennettuamme matkamme viimeisen ATS-standaarin isännillemme muiden lahjojen kera jatkui matkamme kohti Amsterdamin lähellä sijaitsevaa Zaanse Schans -tuulimyllyistään tunnettua ulkoilmamuseota, jonka tieteelliset kohdevierailuperustelut ovat toisaalla tässä lehdessä. Illalla olivat vuorossa vielä olut-museo ja illallinen.





Suomalaista autoklaavilaitteisto-designia IET:n laboratoriossa. Autoklaavilaitteiston avulla tutkitaan vesikemian vaikutusta materiaalien jännityskorroosioon.

sekä antaa teknistä tietotaitoa EU:n politiikan teon tueksi.

JRC on jaettu 7 instituuttiin, jotka sijaitsevat eri puolilla Euroopan unionia. Näissä työskentelee yhteensä noin 2750 henkilöä, jotka hekin tulevat eri puolilta EU:ta. JRC:n budjetti on noin 330 miljoonaa Euroa. Näillä luvuilla JRC vastaa suuruusluokaltaan VTT:tä Suomessa. Budjetista noin 80 % tulee suoraan Euroopan komissiolta loppujen 20 % tullessa toimeksiannoista.

Ryhmämme mielenkiinnon kohde -



ydintutkimus - on vain osa IET:ssä tehtävästä tutkimustyöstä. Ydintutkimus on jakautunut kahteen eri yksikköön, joiden englanninkieliset nimet ovat ”Nuclear reactor integrity assessment and knowledge management” sekä ”Nuclear reactor safety assessment”.

Peter Haehner, joka toimi ensimmäistä päivää ensin mainitun yksikön johtajana, esitteli yksikkönsä toimintaa. Hänen jälkeensä **Luca Amirabile** kertoi jälkimmäisenä mainitun yksikön toiminnasta yksikkönsä johtajan puolesta.

Yksiköiden esittelyiden jälkeen **Karl-Fredrik Nilsson** kertoi projekteista, joita IET:llä on käynnissä liittyen ydinvoimaloiden materiaaleihin. Esimerkkinä tällaisista projekteista herrat Nilsson sekä **Martin** kertoivat tutkimuksesta joka IET:llä oli suoritettu koskien käytetyn polttoaineen geologiseen sijoittamiseen tarkoitetun kanisterin ulkoisen paineen kestävyyttä.

Kahdessa kokeessa sylinterin muotoista kupari/valurautakanisterin pätkää kuormitettiin ulkoisella iso-staattisella paineella kunnes rakenne petti materiaalin plastisoiduttua tarpeeksi. Maksimipaine jota kokeissa käytettiin kuormituksenä oli 139 MPa.

Kokeiden tarkoituksena oli simuloida jääkauden aiheuttamaa painetta jonka alle kallioperään upotettava kanisteri mahdollisesti joutuu ja tarkastella kestäkö kanisteri tämän kuormituksen. Lopuksi ryhmällemme esiteltiin kokeellisen toiminnan vastapainona IET:n materiaalitutkimusta mallinnuksen kannalta.

Laboratoriokierros

Kalvoesitysten jälkeen herra Haehner esitteli ryhmällemme IET:n materiaalitestauksen laboratoriota ja sen erilaisia laitteita. Isäntiemme tarjoaman, valehtelematta loistavan, lounaan katkaisema kierros alkoi laitteella, jolla saadaan aikaan termisiä shokkeja teräksen pinnalle johtamalla siihen kuumaa, paineistettua vettä ja jäähdyttämällä se vastaavalla tavalla.

Tällä pyritään saamaan aikaan pieniä säröjä testattavan kappaleen pinnalle. Tällä testauksella pyritään tutkimaan termistä väsymistä, joka on mahdollinen ongelma esimerkiksi voimalaitosputkiston T-yhteessä jossa kylmä ja kuuma vesivirta sekoittuvat aiheuttaen nopeita edestakaisia lämpötilan muutoksia putkimateriaalin sisäpinnalle.



Käytetyn polttoaineen varastoisäiliön osa iso-staattisen puristus-testin jälkeen.

Kirjoittajat



*DI Ari Vepsä
Erikoistutkija, Rakenteellinen eheys
Teknologian tutkimuskeskus VTT
ari.vepsa@vtt.fi*



*DI Kim Calonius
Tutkija, Rakenteellinen eheys
Teknologian tutkimuskeskus VTT
kim.calonius@vtt.fi*

*Ins. (AMK), Tekn. yo Jari Lydman
Tutkimusinsinööri*



*Murtumismekaniikka
Teknologian tutkimuskeskus VTT
jari.lydman@vtt.fi*



*FM Merja Tanhua-Tyrkkö
Tutkija, Ydinjätehuolto
Teknologian tutkimuskeskus VTT
merja.tanhua-tyrkkö@vtt.fi*

Seuraavana esittelyvuorossa oli laite, jolla tutkitaan materiaalien virumista käyttäen pienikokoisia näytteitä sekä iskukuormitusta. Tämän jälkeen herra Haehner esitteli ultraäänellä toimivan laitteen jolla voidaan testata materiaalin väsymisen kestävyyttä korkeataajuuksisessa sykklisessä kuormituksessa.

Viimeisenä laitteena **Radek Novotny** esitteli autoklaavilaitteiston jolla voidaan testata kiertopiirin vedessä olevien lisäaineiden vaikutusta materiaalin jännityskorroosioon. Tutkimuslaitoksen alueella sijaitsevaan koereaktoriin emme ikävä kyllä päässeet tutustumaan johtuen huoltoseisokista ja korjaustöistä, jotka olivat vierailumme aikana meneillään laitoksessa.

Kiitettävämme isäntiämme vieraanvaraisuudesta, jatkoimme matkaamme kohti Zaanse Schansia, Amsterdamin lähellä sijaitsevaa tuulimyllyistään tunnettua ulkoilmamuseota josta matkanjohtajamme oli varannut meille opastetun kierroksen.

Analogia tuulimyllyjen ydinvoimalaitosten välillä on ilmeinen: fluidi, tässä tapauksessa ilma, pyörittää tuulimyllyn siipiä kun taas ydinvoimalassa laajentuva höyry pyörittää turbiinin roottoria. Tuulimyllyssä siipien liike muutetaan myllyn tarkoitusta vastaavaksi liikemuodoksi. Vieraillemassamme myllyssä tämä oli

tukkien sahaaminen, jolloin siipien pyörimisliike muutetaan sahan terän edestakaiseksi liikkeeksi.

Illalla suunnistimme kulkumme kohti illan toista epävirallista vierailukohdetta: paikallista olutmuseota. Matkalle sinne sattuikin yksi matkamme harvoista kommelluksista harhautuessamme vahingossa paikalliselle punaisten lyhtyjen kadulle.

Huomattuamme erheemme kuljimme suoraselkaisesti pikamarssia kujan läpi paheksuen tällaista moraalittomuutta. Oltumuseossa paikan isäntä opasti meidät eläviseen tyyliinsä läpi oluenteon historian sekä sen lukuisien eri vaiheiden.

Illtamme päättyi retken viimeiseen yhteiseen illalliseen jolla nautimme hyvän ruoan ja juoman lisäksi improvisoiduista puheista jotka summasivat hyvin retkemme: matkanjohtajamme oli loihittinut kasaan hyvin nopeassa ajassa hienon retken jolla, kuten ATS seniori **Eero Patrakka** totesi, ei tapahtunut mitään ikävää ja harmillista, jota tosin voisi vanhana pappana hymy suussa kiikkustuolissa muistella. Illallisen jälkeen seurueemme hajaantui Alkmaarin yöhön, kuka minnekin, kokoontuakseen viimeisen kerran seuraavana aamuna kotiinpaluuta varten.

Päätöksenteko Euroopan unionissa energia-asioissa



EU:n perustamissopimusten mukaan EU-jäsenvaltiot vastaavat itse energialähteiden valinnastaan. Tästä periaatteesta huolimatta EU-tason lainsäädäntö ja politiikkatoimenpiteet muokkaavat ja ohjaavat entistä enemmän jäsenvaltioiden kansallista energiapolitiikkaa.

Perusta EU:n energialainsäädännölle löytyy EU:n perustamissopimuksista. EU:n perustuslaillinen sopimus kaatui Ranskan ja Alankomaiden kansanäänestyksissä vuonna 2005. Seurasi pitkä neuvotteluprosessi hallitustenvälisine konferensseineen ja kansallisine ratifointiprosesseineen, kunnes Lissabonin sopimus tuli voimaan 1.12.2009.

Energia-alan osalta suurin muutos EU:n primäärioikeudessa seurasi siitä, että sopimukseen Euroopan unionin toiminnasta (SEUT) otettiin mukaan uusi energia-artikla 194. Kun aikaisemmin energiasektorin sekundäärilainsäädännöstä säädettiin pitkälti EY-sopimuksen ympäristönsuojelua ja sisämarkkinoita koskevien määräysten perusteella, on

nyt olemassa yhtenäinen oikeusperusta EU-tason lainsäädäntötoimille energia-asioissa.

Tähän on olemassa kuitenkin yksi poikkeus, nimittäin ydinenergia. Tämä johtuu siitä, että Lissabonin sopimukseen sisältyy pöytäkirja, jonka kautta sopimus Euroopan atomienergiayhteisöstä – Euratom-sopimus – on edelleen voimassa. Näin ollen esimerkiksi EU:n ydinturvallisuutta koskeva lainsäädäntö annetaan Euratom-sopimuksen perusteella.

Lissabonin sopimus ei muuta myöskään sitä peruslähtökohtaa, jonka mukaan EU-jäsenvaltiot päättävät itse omasta energialähteiden valinnastaan. On kuitenkin kiistämätön tosiasia, että EU:n energialainsäädäntö ohjaa enenevässä määrin kansallista energiapolitiikka

kaa ja siten vaikutus energialähteiden valintaan on epäsuora, mutta silti kiistaton.

Otetaan esimerkiksi vaikka vuonna 2008 EU:n ilmasto- ja energiapakettiin sisältynyt uusiutuvan energian direktiivi, jossa EU asetti tavoitteekseen saavuttaa 20 % energian loppukulutuksesta uusiutuvilla energialähteillä. Samanlainen ohjaava vaikutus on muillakin vuonna 2007 Eurooppa-neuvostossa lukkoon lyödyillä ja sittemmin direktiiveillä toimeenpannuilla ns. 20/20/20-tavoitteilla.

Kun Eurooppa-neuvosto, valtion- ja hallitusten päämiestaso, on tässä yhteydessä mainittu, todettakoon, että sen rooli energia-asioiden käsittelyssä on ollut viime vuosina hyvin tärkeä jo pelkästään edellä mainittujen tavoitteiden asettajana, mutta myös EU:n energia-



Jose Manuel Barrosin johtama Barroso II -komission 27 jäsentä kuvattuna kesäkuussa 2011. Kuva: Euroopan Komissio.

lainsäädännön käsittelyn vauhdittajana ja ohjaajana.

Tietenkin myös kansallisilla energia- poliittisilla ratkaisuilla on oma vaikutuksensa EU-keskusteluun. Viime vuosina energianeuvostossa ovat mm. puhuttaneet Saksan *Energiewende* ja tiettyjen jäsenvaltioiden toimenpiteet kapasiteettimekanismien kehittämisessä.

Komissiolla aloitemonopoli

Yleensä Euroopan komissiota kuvailaan EU:n moottoriksi. Se antaa EU:n lainsäädäntö- ja politiikka-aloitteet, joita käsitellään EU:n päätöksentekomenettelyissä, nykyisin entistä useammin tavallisessa lainsäädäntömenettelyssä, jota kutsuttiin aikaisemmin yhteispäätösmenttelyksi.

Komissiossa poliittista valtaa käyttää komissaareista koostuva kollegio, joka tekee komission päätökset. Kukin komissaari vastaa omasta sektoristaan – Barroso II-komission energiakomissaarina toimii saksalainen Günther Oettinger. Päätöksentekoa leimaa kuitenkin kollegiaalisuus. Asioiden valmistelua hoitaa komission virkamieskunta ja energia-asioiden osalta valmisteluvastuu kuuluu komission energiapäosastolle.

Komissio pyrkii luonnollisesti katsomaan EU-asioita laajemmasta eurooppalaisesta näkökulmasta. Aloitteoitteensa lisäksi komission käyttää sille delegoitua toimivaltaa mm. erilaisissa komitolo-

giakomiteoissa, joihin osallistuvat myös jäsenvaltioiden asiantuntijat. Nämä komiteat käsittelevät usein eri säädöksissä määriteltyjä, teknisempiä erityiskysymyksiä ja valmistelevat lainsäädäntöä.

Ydinenergia EU:ssa – sui generis?

Euratom-sopimus on ydinenergia-asioiden lainsäädäntökehys. Toki ydinenergia-alaan vaikuttavia päätöksiä tehdään myös muiden oikeusperustojen nojalla, mutta esimerkiksi säteilysuojelulle ja ydinturvallisuudelle löytyy pohja nimenomaan Euratom-sopimuksesta.

Euratom-sopimuksen suurin ero SEUT:iin verrattuna on siinä, että lainsäädäntömenettelyssä on Euroopan parlamentilta (EP) konsultatiivinen rooli. Tämä tarkoittaa sitä, että EP muodostaa kantansa ja tekee muodollisen kannannon Euratom-sopimuksen perusteella annettaviin lainsäädäntöinstrumentteihin, kuten direktiiveihin. Nämä kannannot eivät kuitenkaan sido neuvostoa ja komissiota päätöksentekomenettelyssä, vaikkakin EP:n kanta pyritään ottamaan mahdollisimman kattavasti huomioon.

Euratom-sopimuksen pohjalta on annettu jo vuosikymmeniä esimerkiksi säteilysuojelua koskevaa lainsäädäntöä. Viimeisen vuosikymmenen uutuus on ollut se, että on komissio on pyrkinyt käyttämään toimivaltaansa myös ydinturvallisuudessa, joka on perinteisesti

kuulunut jäsenvaltioiden sääntelyn keskiöön, vaikka alaa onkin aina pitkälti leimannut kansainvälisyys. Kymmenisen vuotta sitten komissio, EY-tuomioistuimen tulkintakäytäntöön tukeutuen, haki voimakkaasti itselleen laajempaa toimivaltaa ja suurempaa roolia ydinturvallisuudessa ja esitti neuvostolle ns. ydinturvapakettia, joka koostui laitosturvallisuutta ja ydinjätehuoltoa koskevista direktiiviehdotuksista.

Vuonna 2004 kävi kuitenkin ilmeiseksi, että ydinturvapakettilla ei ollut neuvoston määränemistön tukea ja laadittiin neuvoston ydinturvapäätelmät, jonka tehtävänannon pohjalta neuvoston Working Party on Nuclear Safety-työryhmä laati oman raporttinsa.

Komissio otti käyttöön maltillisemmän lähestymistavan. Se teki vuonna 2008 uuden suppeamman ehdotuksen ydinturvadirektiiviksi, joka hyväksyttiin ja jonka avulla pitkälti kodifioitiin kansainvälisen atomienergiajärjestö IAEA:n ydinturvallisuutta koskeva yleissopimus Euratom-viitekehukseen.

Se perusti myös EU-jäsenvaltioiden ydinturvavalvontaviranomaisista koostuvan ENSREG-työryhmän (European Nuclear Regulators Group). Muutamaa vuotta myöhemmin hyväksyttiin ydinjätedirektiivi, jonka pohjana oli niin ikään IAEA:n piirissä neuvoteltu ydinjätehuoltoa koskeva yleissopimus. Fukushima ydinvoimalaonnettomuuden jälkeen komission työ on pitkälti keskit-

tyntyn ydinvoimalaitosten stressitesteihin.

Neuvosto – jäsenvaltioiden pelikenttä

Neuvostossa ovat edustettuina EU:n jäsenvaltiot, joten neuvostokäsittelyä leimaavat kansalliset intressit. Kun komissio tekee esimerkiksi lainsäädäntöaloitteen tai antaa jotain poliittista kysymystä koskevan tiedonannon, tulevat ne käsittelemään neuvostoon ja EP:hen.

Neuvostotyöskentely tapahtuu kolmella tasolla. Ensinnäkin, on olemassa tekninen taso, johon komission aloitteet tulevat yleensä käsiteltäväksi ensimmäisenä. Tämä taso on työryhmätaso ja jäsenvaltioiden edustajina ovat substanssiministeriöiden ja EU-edustojen virkamiehet.

Energia-alan keskeisimmät neuvoston työryhmät ovat energiatyöryhmä ja atomityöryhmä, joista ensin mainitussa käsitellään muut kuin ydinalan energiaasiat. Jälkimmäinen työryhmä puolestaan keskittyy ydinenergia-alan erityiskysymyksiin.

Kuten usein lainsäädäntötyössä käy, ei teknisellä tasolla läheskään aina päästä sopimukseen lakiteksteistä tai neuvoston politiikkalinjauksista. Silloin neuvoston puolen vuoden välein vaihtuva puheenjohtajamaa vie asian korkeammalla ja poliittisemmalla tasolle, pysyvien edustajien komiteaan eli Coreperiin (Comité des représentants permanents).

Tämä neuvoston taso on eräänlainen kompromissimyyly, joka pyrkii löytämään ratkaisun niihin kysymyksiin, jotka ovat työryhmätasolla jääneet ratkaisematta. Jäsenvaltioiden edustajina toimivat jäsenvaltioiden pysyvät edustajat ja heidän sijaisensa, toisin sanoen suurlähettiläät.

Energia-asioita käsitellään sekä Coreper I:ssä (ns. vanha yhteisöpilari) että Coreper II:ssä siten että Coreper II käsittelee Euratom-sopimuksen alaan kuuluvat asiat ja Coreper I kaikki muut energia-alan säädökset ja politiikkatoimenpiteet.

Korkein ja poliittisin neuvoston taso on ministeritaso. Ministerit tekevät päätökset lainsäädännöstä ja käyvät poliittikkakeskusteluja tärkeistä EU-asioista. Mitä tulee lainsäädännön hyväksymiseen, on hyvä kuitenkin huomioda, että hyvin usein Coreper-tasolla on käyty ratkaisevat neuvottelut säädöksistä.

Energia-alan keskeisin ministerikoonpano on liikenne-, televiestintä- ja energianeuvosto, joka kokoontuu energiaministerikokouksessa keskimäärin 3-4 kertaa vuodessa. Euratom-sopi-

muksen soveltamisalaa kuuluvat asiat käsitellään historiallisista syistä johtuen yleisten asioiden neuvostossa, mutta käytännössä ydinenergia-alan kysymykset päätyvät yleisten asioiden neuvoston käsittelemään äärimmäisen harvoin.

Euroopan parlamentti energialainsäädännön käsitelijänä

Komission ehdotukset tulevat EP:n käsittelemään, jonka käytännön työ tapahtuu pitkälti valiokunnissa. Energia-asioiden osalta tärkein näistä valiokunnista on teollisuus-, tutkimus- ja energiavalio-kunta ITRE, jossa käsitellään energiaaloitteet kautta linjan.

Lissabonin sopimuksen myötä EP on tasavertainen EU-lainsäätäjä neuvoston kanssa yhä useammalla politiikkasektorilla. Tavallinen lainsäätämismenettely koskee nykyisin myös mm. maatalouspolitiikkaa ja usein vaikeitakin perusoikeuskysymyksiä sisältävää vapauden, turvallisuuden ja oikeuden aluetta.

Näiden lisäksi EP:n toimivalta on kasvanut esimerkiksi EU:n tekemien kansainvälisten sopimusten hyväksymisen osalta. Sen sijaan Euratom-asioissa EP:llä on edelleen neuvonantava rooli. Tästä huolimatta EP ottaa tärkeällä tavalla osaa myös ydinenergia-alan EU-keskusteluun ja voi esimerkiksi pyytää komissiolta aloitteita tälläkin sektorilla.

Menemättä tarkemmin jäsenvaltioiden kansalliseen EU-asioiden koordinaatioon, voidaan tässä yhteydessä kuitenkin todeta, että Lissabonin sopimuksella pyrittiin myös vahvistamaan kansallisten parlamenttien asemaa EU-päätöksenteossa. Suomen EU-kannanmuodostuksessa eduskunnalla on ollut jo ennen Lissabonin sopimusta aivan keskeinen sija.

EU-toimielinten kantojen yhdistäminen trilogineuvottelussa

Tavallisen lainsäädäntömenettelyn alaiset lainsäädäntöhankkeet – joihin ei siis lueta Euratom-sopimusta oikeusperustana käyttäviä säädöksiä – saavuttavat tietystä pisteestä vaiheen, jossa asiaa käsittelevien instituutioiden kannat on yhdistettävä. Tätä vaihetta, jossa komissio, neuvosto ja EP pyrkivät löytämään konsensuksen, kutsutaan EU-jargonissa trilogiksi, kolmikantaneuvotteluksi.

Neuvoston puolella keskeiseen asemaan nousee trilogineuvotteluihin valmistautumisessa Coreper, josta pj-maa hakee neuvottelumandaattia trilogiin yh-

teistyössä neuvoston sihteeristön kanssa valmistelemansa tekstin pohjalta.

Neuvoston sisällä laaditaan siis kantaa, jolle pyritään saamaan määränemistön tuki. Pj. pyrkii löytämään mahdollisia myönnytyksiä EP:n suuntaan ja hajottamaan mahdollisia jäsenvaltioiden muodostamia määrävähemmistöjä, jotka estävät päätöksenteon säädöksen tietyn osan ja usein samalla koko säädöksen osalta. Neuvostossahan käytetään jäsenvaltioiden painotettuja ääniä. Esimerkiksi Suomella on 7 ääntä ja suurimmalla jäsenvaltiolla Saksalla on 29 ääntä. Päätöksenteon estävän määrävähemmistön muodostamiseen tarvitaan 91 ääntä.

EP:tä neuvotteluissa edustaa raportööri, tehtävään EP:n poliittisten ryhmien valitsema EP:n jäsen. Raportööri toimii neuvotteluissa poliittisten ryhmien luottamuksen varassa ja saamansa mandaatin pohjalta. Komissio puolustaa neuvotteluissa omaa aloitettaan ja ainakin sen pääelementtejä. Mikäli asia siirtyy käsiteltäväksi toiseen lukemiseen, muuttuu komission rooli pitkälti neuvoston ja EP:n kantojen välittäjänä toimimiseksi.

Nykyisin suurin osa, noin ¾ lainsäädäntöhankkeista, hyväksytään jo ensimmäisessä lukemisessa. Jos konsensusta instituutioiden välillä ei ensimmäisessä lukemisessa löydy, siirtyy asian käsittelemään toiseen lukemiseen, jossa neuvosto muodostaa itselleen virallisen kannan ja johon sovelletaan aikarajoja. Kolmanteen lukemiseen eli ns. sovittelemiseen meneminen on jo harvinaisempaa.

Jotta esitys ei painottuisi liikaa EU-instituutioiden toimintaan, tulee muistaa että päätöksentekoon sen eri vaiheissa vaikuttavat kiinteästi myös elinkeinoelämän edustajat, kansalaisjärjestöt ja muut toimijat. Brysselissä kaikki lobbaavat toisiaan.

Katsaus tuleviin energiapolitiikan EU-hankkeisiin

Viimeisen puolen vuoden aikana on EU:ssa päästy sopimukseen kahdesta nykyisen komission priorisoimasta lainsäädäntötavoitteesta. Viime kesänä löydettiin sopu energiatehokkuusdirektiivistä, jonka tarkoitus on toteuttaa tuo viimeisin vuonna 2007 linjattu 20 %:n tavoite eli energiatehokkuuden parantaminen vuoteen 2020 mennessä.

Marraskuun lopussa puolestaan saatiin päätökseen neuvottelut energiainfrastruktuuriasetuksesta, jonka tavoitteena on kehittää Euroopan laajuisia energiaverkkoja, poistaa siirtoyhteyksien pullonkauloja, virtaviivaistaa rajat ylit-

tävien hankkeiden luvitusta ja siten vaikuttaa myönteisesti energian sisämarkkinoiden kehittämiseen. Eurooppalaisen intressin hankkeille on mahdollista saada EU-rahoitusta.

Suuri asia EU:n energiatulevaisuuden muotoutumisessa tulee tietenkin olemaan keskustelu vuoden 2020 jälkeisistä ilmasto- ja energiatavoitteista. Tällä hetkellä on EU:ssa päätetty ainoastaan pitkän aikavälin – vuoteen 2050 ulottuvasta – 80-95 %:n päästövähennystavoitteesta. Välitavoitteita ei ole asetettu ja yksimielisyyttä jäsenvaltioiden keskuudessa ei ole pystytty toistaiseksi löytämään komission pitkän aikavälin ilmast- ja energiatiekartoista.

Luonnolliseksi välitavoitteeksi on asetumassa vuosi 2030, mutta tavoitteen arkkitehtuurista ei ole vielä tarkempaa tietoa. Keskustelua tästä on kuitenkin odotettavissa lähitulevaisuudessa sekä ympäristö- että energianeuvostossa ja tietenkin suuret linjaukset tullaan tekemään Eurooppa-neuvostossa.

Suuria päätöksiä on luvassa myös jo sovittu 2020-viitekehysten sisällä, sillä komissio valmistelee direktiiviä biomassan kestävyyskriteereistä, joka annettaneen vuoden 2013 alkupuolella. Kyseessä on Suomelle suuri asia, sillä tällä hetkellä Suomen energian loppukulutuksesta 33

% tulee uusiutuvista energialähteistä, josta puolestaan biomassan osuus on noin 80 prosenttia.

Komissio julkisti marraskuussa energian sisämarkkinatiedonannon, jossa esitellään kehitystä tällä osa-alueella. Tärkeimpänä lainsäädännöllisenä virsantäpölväänä nähdään vuonna 2009 hyväksytty energian kolmas sisämarkkinapaketti, jota jäsenvaltiot ovat implementoineet. Komissio on tiedonannossaan suhtautunut kriittisesti mm. hintasäätelyyn.

Ehkä tiedonannon suurin asia koskee kuitenkin kapasiteettimarkkinoita, jota koskeva keskustelu on lähtemässä voimakkaammin käyntiin. Tässä vaiheessa komissio selvittää ja analysoi tilannetta julkisen kuulemisen kautta. Toinen keskusteluun nouseva kysymys koskee energiaköyhyyttä ja ns. sosiaalisia tariffeja, joista käytiin keskustelua jo sisämarkkinapakettinkin yhteydessä. Seuraavan pj-maa Irlannin tavoitteena on laatia sisämarkkinatiedonannosta neuvoston päätelmät kesäkuun energianeuvostoon.

Näillä aloitteilla on luonnollisesti vaikutuksensa myös ydinenergia-alan toimintaympäristöön. Suuri merkitys ydinenergian osalta tulee tietenkin olemaan ydinturvadirektiivin mahdollisella uudistamisella, jota komissio tiittävästi

valmistelee. Komissio tarkastelee myös ydinvastuukysymyksiä harkitessaan mahdollista lainsäädäntöä. Komission stressitetitiedonannon aiheuttamat jäsenvaltiot reaktiot lupaavat mahdollisen lainsäädännön käsittelystä kuitenkin varsin haastavaa.

Kirjoittaja:



*OTL, VTM Kim Fyhr
Erityisasiantuntija, energia
Suomen pysyvä edustusto
Euroopan unionissa
kim.fyhr@formin.fi*

Päivä 7

Lauantai 16.11.2012

Oli tullut kotiinlähden aika, ja muistimme bussikuljettajaamme VTT:n lahjoittamalla solmiolla ja sopivaksi katsomallamme päivärahalla. Suuntasimme bussimme Alkmaarista kohti Schipholin lentokenttää ja Finnairilla Helsingin lentokentälle, josta jälleen mustat autot erkanivat pimentyvään iltaan kohti kotikontuja aina Lappeenrannasta Nakkilaan miettimään matkalla nähdyn ja kuullun antia jatkotöidemme suunnittelussa ja toteutuksessa.

Loppusanat

Ohjelma oli ehkä hieman liiankin tiukka, vaikka bussimatkoja oli vain n. 550 km, ja ehdimmekin nähdä ja kokea paljon. Kiitos kaikille matkalla ja sen järjestelyissä mukana olleille organisaatioille ja osallistujille hienosta matkasta.

Kiitos Fennovoimalle, Fortumille, LUT:lle, Posivalle, TVO:lle ja VTT:lle kullekin osaltaan opintomatkamme tarjoiluihin ja yrityslahjoihin osallistumisesta
Huom: alustava tieto, ATS:n Kanadan opintomatka suuntautuu 2.-13.10.2013 Ontarion alueelle.



Kirjoittaja:

*Juhani Palmu
Projektipäällikkö
Tietohallinto
Posiva Oy
juhani.palmu@posiva.fi*



Käytetyn ydinpolttoaineen hapettuminen ja liukeneminen ionisoivan säteilyn alla

Käytetyn ydinpolttoaineen geologista loppusijoitusta suunnitellaan useassa maassa, mukaan lukien Suomi ja Ruotsi. Suomeen suunnitellussa KBS-3 -mallissa radionuklidien vapautumista ympäristöön ja biosfääriin kontrolloivat useat päästöesteet, joista yksi on ydinpolttoaine itse.

Käytetty ydinpolttoaine on n. 95 % uraanidioksidia, jossa muut aktinidit ja fissio- ja aktivoitumistuotteet, sekä radioaktiiviset että stabiilit nuklidit, esiintyvät epäpuhtauksina. Ydinpolttoaineen kemiallinen stabiilius ja radionuklidien vapautuminen pohjaveteen riippuu suurelta osin uraanidioksidin hapettumisesta ja liukenemisestä.

Olosuhteissa, joissa uraanidioksidin liukeneminen on vähäistä myös muiden nuklidien vapautuminen ympäristöön pysyy vähäisenä. UO_2 :n liukoisuus riippuu voimakkaasti hapetus-pelkistys -olosuhteista. Pelkistävässä oloissa UO_2 on hyvin niukkaliukoista, mutta hapettuessaan +VI-hapetustilalle uraanin liukoisuus kasvaa useita kertaluokkia. Loppusijoitustilassa vallitsevat pääsääntöisesti pelkistävät olosuhteet, mutta hapettavien vesien tunkeutuminen kosketuksiin ydinpolttoaineen kanssa tai säteilyn aiheuttama veden radiolyysi voi aiheuttaa paikallisesti hapettavat olosuhteet.

Koska ydinjätteen alkuainekoostumus muuttuu vuosisatojen aikana radioaktiivisen hajoamisen vuoksi, nykyinen käytetty ydinpolttoaine ei vastaa kemiallisilta ja fysikaalisilta ominaisuuksiltaan tuhansien vuosien ikäistä ydinpolttoainetta. Lämmöntuotto on vähentynyt merkittävästi ja lyhytikäiset fissiotuotteet, jotka ovat pääasiassa beta- ja gammasäteilijöitä, ovat kuolleet pois jättäen pitkäikäiset alfasäteilijät tärkeimmiksi säteilyn lähteiksi.

Tästä johtuen käytetyn ydinpolttoaineen pitkäaikaiskäyttämisen tutkimusta ei tehdä yleensä ajoilla jätteillä vaan kemiallisilla simulanteilla, jotka vastaavat ominaisuuksiltaan tuhansien vuosien ikäistä ydinpolttoainetta. Näiden avulla voidaan kartoittaa

perusreaktioita käytettäväksi geokemiallisiin malleihin.

Veden radiolyysissa ionisoiva säteily hajottaa vesimolekyylejä ioneiksi ja radikaaleiksi, jotka jatkoreaktioissa voivat muodostaa muita spesieksiä, sekä hapettimia että pelkistimiä. Alfa-säteilyn vaikutuksesta syntyy ensisijaisesti molekulaarisia tuotteita, vety- ja happimolekyylejä ja vetyperoksidia. Näistä vetyperoksidin on havaittu aiheuttavan n. 99 % puhtaan uraanidioksidin hapettumisesta ja liukenemisestä alfa-radiolyytisissä olosuhteissa.

Koska käytetty ydinpolttoaine on yli 95 %:sti uraanidioksidia ja sen käyttäytyminen määrää koko polttoaineen käyttäytymisen, on säteilyn vaikutus ydinpolttoaineen pitkäaikaiskäyttämiseen yksinkertaistettu monissa malleissa uraanidioksidin ja vetyperoksidin reaktioksi.

Väitöskirjassa tutkitaan tämän yksinkertaistuksen oikeutusta vertailemalla puhtaan uraanidioksidin hapettumista ja liukenemistä neptunium- ja plutoniumdioksidiin sekä uraanidioksidiin, johon on lisätty epäpuhtauksiksi yleisiä stabiileja fissiotuotteita. Tehdyissä kokeissa havaittiin, että UO_2 , NpO_2 ja PuO_2 hapettuvat ja liukenevat vetyperoksidiliuoksessa, mutta liukenemisnopeudet pienenevät järjestyksessä $U > Np > Pu$.

Myös fissiotuotteiden on aiemmissa kokeissa havaittu hidastavan uraanidioksidin hapettumista ja liukenemistä vetyperoksidiliuoksessa. Väitöskirjatyössä todettiin, että fissiotuotteilla ei kuitenkaan ole merkittävää vaikutusta vetyperoksidin katalyyttiseen hajoamiseen, eli hapettimen hajoamiseen, joka ei johda uraanin hapettumiseen.

Sen sijaan fissiotuotteiden havaittiin hidastavan UO_2 :n reaktiota hapettimien MnO_4^- and $IrCl_6^{2-}$ kanssa niin, että

fissiotuotteiden vaikutus pieni hapettimen pelkistyspotentiaalin kasvassa. Eli mitä voimakkaampi hapetin, sitä pienempi ero puhtaan ja epäpuhtaan uraanidioksidin välillä. Tällöin lyhytikäisten radikaalien merkitys ydinpolttoaineen hapettumisessa olisi odotettua suurempi.

Työssä tutkittiin myös kahdenarvoisen raudan (Fe(II)) vaikutusta hapetus-pelkistys-olosuhteisiin alfasäteilytetyssä vesiliuoksessa. Fe(II) hapettuu reaktiossa radiolyytisen vetyperoksidin kanssa ja reaktiossa syntyy voimakkaasti hapettavia hydroksyyliiradikaaleja (Fenton-reaktio). Tämän reaktion tulkittiin olevan syynä havaintoon, että PuO_2 :n hapettuminen ja liukeneminen oli voimakkaampaa Fe(II)-pitoisessa liuoksessa kuin puhtaassa vedessä kun liuokset altistuivat alfa-säteilylle. Kiinteän uraanipelletin lisäämisen reaktiosysteemiin havaittiin pidentävän Fe(II):n elinikää liuoksessa, mikä myös voimisti plutoniumin hapettumista.

Lisäksi työssä tutkittiin uraanin radiolyytisessä hapettumisesta seuraavien kiinteiden sekundaarimineraalifaasien muodostumista, erityisenä kiinnostuksen kohteena oli uranyyliperoksidi eli studtiitti. Studtiittifaasin muodostumisen UO_2 -pinnalle havaittiin riippuvan liuoksen peroksidipitoisuudesta. Riippuen H_2O_2 -pitoisuudesta kiteiden orientaatio ja pinnan peittyminen muuttui. Korkeissa pitoisuuksissa yhdensuuntaisista kiteistä muodostuva kerros peitti koko pinnan, mutta alemmissa pitoisuuksissa kiteet eivät olleet yhdensuuntaisia ja pinta oli peittynyt vain osittain. *In situ* -kokeet osoittivat, että korkeissa peroksidipitoisuuksissa pinnan peittyminen sekundaarifaasilla tapahtuu tunneissa eikä välifaaseja havaittu muodostuvan.

Menetelmäkehitystä tehtiin kahdella alueella: vetyperoksidin mittaamis- menetelmiä alhaisissa pitoisuuksissa kemiluminesenssin avulla testattiin ja optimoitiin ja Raman-spektrometrian soveltuvuutta uraanin sekundaarifaasi- en muodostumisen *in situ* -analyysiin testattiin ja muutamille merkittävälle uraanimineraaleille mitattiin referenssispektrit.

Työn perusteella näyttää siltä, että puhdas uraanidioksidi olisi konservatiivinen simulantti käytetyn ydinpoltoaineen hapettumiselle ja liukenemi-

selle ja reaktiivisuus vetyperoksidin kanssa olisi odotettua pienempi. Toisaalta lyhytikäisten hapettavien spe- siesten kuten hydroksyyliiradikaalien reaktiivisuuteen fissiotuotteet eivät olennaisesti vaikuttaisi, joten näiden merkitys kokonaisreaktiossa voi muut- tua merkittävämmäksi pienestä alfa- radiolyysituotosta huolimatta. Samoin reaktioihin, jotka tuottavat voimak- kaasti hapettavia radikaaleja, on syytä kiinnittää enemmän huomiota.

Väitöskirja "Oxidative Dissolution of Spent Nuclear Fuel Under the Influence of Ionizing Radiation : Expansion of Elementary Reactions from UO₂ to (U,Pu,FP)O₂" on saatavilla osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-8147-7>.

FT Reijo Pehrman

Tutkija

Helsingin yliopisto, Kemian laitos,
Radiokemian laboratorio
reijo.pehrman@helsinki.fi

Diplomityö

Ville Valtavirta

Lämpötilaratkaisinrutiinin suunnittelu ja implementointi Serpentiin

Ydinpoltoaineen lämpötila vaikuttaa reaktorisydämen neutroniikkaan enimmäkseen vaikutusalojen resonanssiabsorptiopiikkien leventymisen ja madaltumisen kautta. Polttoaineen lämpötilan nousu johtaa reaktiivisuuden ja tehontuoton pienemiseen, mikä puolestaan pyrkii madaltamaan polttoaineen lämpötilaa. Tämän kytkennän vuoksi polttoaineen lämpötilalle ja systeemin tehojakaumalle pitäisikin saada yhteinen, itsekonsistentti ratkaisu. Perinteisesti tähän on pyritty ratkaisemalla ensin systeemin tehojakauma neutronikuljetuskoodilla, välittämällä tämä tehojakauma polttoaine- tai termohydrauliikkakoodille, laskemalla polttoaineen (ja jäähdyteen) lämpötilajakauma ja laskemalla tehojakauma uudelleen päivitettyillä lämpötilajakaumilla. Tällainen iteratiivinen ratkaisu on siten aikanaan konvergoitunut itsekonsistenttiin ratkaisuun. Tämän työn lähestymistapa on erilainen ja parempi.

Tässä työssä suunniteltiin ja toteutettiin lämpötilaratkaisimena toimiva aliohjelma suoraan Monte Carlo -neutronikuljetuskoodi Serpent 2:een. Tämän sisäinen lämpötilaratkaisimen ansiosta voidaan Serpent 2:lla nyt ratkaista samanaikaisesti sydämen teho- ja lämpötilajakauma. Kun aliohjelmaa käytetään yhdessä Serpent 2:sta jo löytyvän ajonaikaisen Doppler-käsittelijän kanssa, saadaan laskuihin tarkka lämpötilaeroittelu mahdollisimman pienellä muistintarpeella. Ajonaikaisesta Doppler-käsittelystä seuraa kuitenkin huomattava lisäys laskenta-aikaan.

Kehitetty aliohjelma ratkaisee säteittäisen ajasta riippumattoman lämmönjohtumisyhtälön analyttisesti tuoreissa kaksikulotteisissa polttoainesauvageometrioiden. Kolmiulotteisten ilmiöiden mallinnus ja polttoaineen palamasta riippuvien ongelmien ratkominen ovat kuitenkin tulevia kehityssuuntia. Muidenkin kuin sauvageometrioiden ratkaisu

lienee mahdollista, kunhan niiden kanssa voi käyttää tiettyjä yksinkertaistuksia kuten symmetrioita.

Aliohjelmaan sisällytettiin oletuskorrelaatiot eri materiaalien tarvittaville ominaisuuksille, sillä lämpötilajakauma riippuu lämpötilariippuvista ominaisuuksista kuten aineiden lämmönjohtavuuksista sekä (lämpölaajentuneista) dimensioista. Korrelaatioiden valintaa varten toteutettiin perinpohjainen kirjallisuuskatsaus ja lopputuloksen järjestyksen arvioitiin vertaamalla aliohjelman antamia tuloksia polttoaineekoodi FEMAXI-6:n antamiin. Tulosten vastaavuus oli hyvä.

Työssä suoritettiin myös kaksi nipputason laskua, joilla varmistettiin aliohjelman kyky hallita ongelmia, jotka sisältävät monia erilaisia polttoainesauvatyyppäjä. Näistä simulaatioista saatiin myös kvantitatiivisia arvioita siitä, millaisia eroja syntyy lämpötilatakasinkytkenästä ja ajonaikaisesta Doppler-käsittelystä verrattuna takaisinkytkemättömään esikäsiteltyyn tapaukseen.

Tämän työn valmistumisen aikaan aliohjelma vaikuttaa erittäin lupaavalta, vaikka se vaatiikin vielä huomattavasti kehittämistä sekä validointia, jotta sen todelliset kyvyt saadaan esille.

Diplomityö on hyväksytty Aalto-yliopiston Perustieteiden korkeakoulussa.

DI Ville Valtavirta

Tutkija

VTT

ville.valtavirta@vtt.fi



Ydinreaktori ydinvoimalaitoksen varavoimakoneena

Ydinvoimalaitosten turvallisuutta ei voida keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä varmistaa missään nykyisessä ydinvoimalaitoksessa ilman sähköä. Tätä tarkoitusta varten kaikissa laitoksissa on varavoimakone. Yleisimmin varavoimakoneena on diesel, mutta eräissä moderneissa laistyyypeissä varavoimakoneina on saatettu käyttää myös kaasuturbiineja. Periaatteessa vesivoima olisi kaikkein luotettavin varavoimanlähde, mutta laitosalueen halki virtaa harvoin neljää redundanttia koskea, jotka voisi valjastaa varavoiman tuotantoon. Ja jos virtaisi, olisi tulvariski todennäköisesti sellainen, ettei laitosta voisi paikalle rakentaa.

Kun käydään läpi neliredundanttisen laitoksen prosessi- ja sähköpääkaavioita, nousee mieleen ajatus, eikö turvallisuutta voisi lisätä lisäämällä myös ydinreaktorien määrän neljään. Ajatus on lapsellinen, mutta siinä on viisauden siemen: voisihan laitokseen sijoittaa neljä varavoimareaktoria.

Ensimmäinen argumentti varavoimaydinreaktoria vastaan olisi luonnollisesti se, että tällainen vaatisi oman periaatepäätöksensä ja rakentamislupabyrokratiansa. Näin ei kuitenkaan ole. Nykyisissä periaatepäätöksissä sallitaan ydinvoimalaitoksen sekä ”siihen liittyvien ydinlaitosten” rakentaminen. Jos ydinreaktori rakennetaan toisen ydinvoimalaitoksen varavoimalähteeksi, se on mitä selvimmin ”liittyvä ydinlaitos”. Periaatteessa varavoimalähteenä toimivalle ydinreaktorille ei edes tarvita omia rakennus- ja käyttö lupia, jos varavoimareaktorit liitetään osaksi olemassa olevan tai rakennettavan laitoksen lupaa.

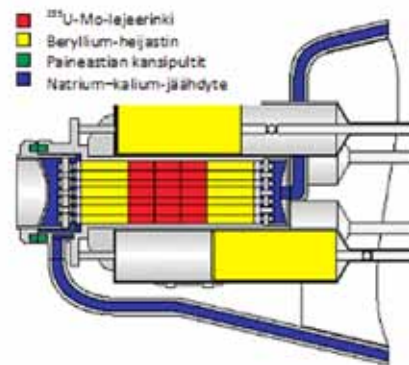
Ydintekniikan kehityksen kannalta varavoimareaktori tarjoaisi mielenkiintoisen kohteen: kyseessä olisi käyttökohde, jossa tarvitaan äärimmäisen luotettava, pääomakuluiltaan kohtuullisen edullinen ja ylläpitokustannuksiltaan halpa pieni reaktori: ydinparistoksi käsitettävä laite. Käytännössä kaikkein suurimmat kustannukset liittyisivät reaktorin apujärjestelmiin. Erityisen selvää on, ettei varavoimakoneiden sähköntuotantoa olisi missään tapauksessa järkevää toteuttaa tavanomaisella turbiinilla. Koska varavoimakoneen tapauksessa polttoainetaloudella ei ole merkitystä, olisi helpointa tuottaa sähköä lämpösähköisellä ilmiöllä. Hyötysuhde olisi huono, noin 3–5 %, mutta sähköntuotannossa ei olisi yhtään liikkuvaa osaa.

Varavoimantuotantoon sopiva reaktorityyppi olisi BES-5, kuuluisien venäläisten tutkasatelliittien (RORSAT) reaktori: pieni reaktori koostui korkearakeisesta uraanista. Mode-

raattorina toimivat kiinteät berylliumsauvat, ja teho säädettiin muuttamalla reaktorin heijastimen geometriaa. (Kuva) Jäähdytteenä oli natrium–kalium-sula. Olisi suhteellisen helppoa rakentaa tällainen reaktori, jossa ei olisi yhtään ulkopuolista käyttövoimaa tarvitsevaa osaa. Jäähdyte kiertyisi passiivisesti ja lopullisena lämpönieluna voisi toimia esimerkiksi suuri vesiallas, jota keitetäisiin.

Ongelmia varavoimareaktorille tulisi kuitenkin ydinteknisestä suunnittelufilosofiasta. Reaktorin olisi käynnistytävä, kun ulkoinen sähkö menetettäisiin, ja teho olisi nopeasti saatava kohotettua täyteen käyttötehoon. Tämä ei vastaa normaalin ydintekniikan ohjauksen periaatteita. Lähtökohtana reaktorin ajamisessa on se, että automaation ehdottaman tehonnoston vahvistaa operaattori. Nyt sen sijaan laitoskokonaisuuden kannalta varavoimareaktorin ”turvallinen” tila olisi tehoajo sadan prosentin teholla. Aika paljon olisi siis kehiteltävää ennen kuin muutostyösuunnitelmaa viitsisi lähettää hyväksyttäväksi.

Reactor drawing derived from several sources by Carsten Wiedemann



BES-5-reaktori, jota käytettiin neuvostoliittolaisissa tutkasatelliiteissa. Säätoelementteinä toimivat reaktorin ympärille sijoitellut, liikuteltavat heijastinsauvat. Kuva: <http://www.svengrahn.pp.se/trackind/RORSAT/RORSAT.html>.



ATS

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

Johtokunta

Puheenjohtaja Chairperson	TkT Liisa Heikinheimo Teollisuuden Voima Oyj Puhelin (02) 83 811 puheenjohtaja@ats-fns.fi
Varapuheenjohtaja Vice-chairperson	FM Timo Seppälä Posiva Oy timo.seppala@posiva.fi
Sihteeri Secretary	DI Anna Nieminen VTT sihteeri@ats-fns.fi p. +358 40 159 1156
Rahastonhoitaja Treasurer	DI Risto Vanhanen Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu risto.vanhanen@tkk.fi
Jäsenet Board Members	TkT Olli Okko STUK olli.okko@stuk.fi
	DI Tapani Raunio Fortum Power and Heat Oy tapani.e.raunio@fortum.com
	TkT Timo Vanttola VTT timo.vanttola@vtt.fi

Toimihenkilöt

ATS Young Generation	DI Tero Jännes Fennovoima Oy tero.jannes@fennovoima.fi
Kv-asioiden sihteeri International affairs	TkT Jari Tuunanen Fortum jari.tuunanen@fortum.com
Energiakanava Energy Channel WiN Finland	DI, FM Anna-Maria Länsimies Kymen Ydinviestintä anna-maria@lansimies.com
Ekskursios sihteeri	DI Juhani Palmu Posiva Oy juhani.palmu@posiva.fi
Www-vastaava	DI Heikki Suikkanen Lappeenrannan teknillinen yliopisto webmaster@ats-fns.fi
ATS-Info	TkT Seppo Vuori VTT seppo.vuori@welho.com
ATS Seniorit	Tekn.lis. Eero Patrakka Teollisuuden Voima Oyj eero.patrakka@tvo.fi

Toimitus ja yhteystiedot

Julkaisija:

Suomen Atomiteknillinen Seura ry
PL 78, 02151 Espoo
www.ats-fns.fi
Lehti ilmestyy neljä kertaa
vuodessa.
ISSN-0356-0473
Miktor

Vuoden 2012 lehtien teemat:

1/2012
Gen IV
2/2012
Ydinvoimalaitosten
sähkölaitteet
3/2012
Seniorit
4/2012
Ekskursio

Päätoimittaja, Editor in Chief:

DI, FM Anna-Maria Länsimies
ATS Ydintekniikka
c/o Kymen Ydinviestintä
PL 39, 48101 Kotka
anna-maria@lansimies.com
p. 050 561 5176

Taitto: Kymen Ydinviestintä

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

Erikoistoimittajat:

DI Lauri Rintala
lauri.rintala@aalto.fi
DI Eveliina Takasuo
eveliina.takasuo@vtt.fi
FM Johanna Hansen
johanna.hansen@posiva.fi
DI Riku Mattila
riku.mattila@stuk.fi
DI Pekka Nuutinen
pekka.nuutinen@fortum.com
DI Juha Luukka
juha.luukka@fennovoima.fi
FM Tiina Kuusimäki
tiina.kuusimaki@tvo.fi
Haastattelutoimittaja:
DI Klaus Kilpi
klaus.kilpi@welho.com





**ATS:n
uudet jäsenet**

Varsinaiset jäsenet:

Miikka Jokelainen, Fortum
Vesa Hurskainen, Fennovoima
Kim Calenius, VTT
Ari Vepsä, VTT
Pentti Hämäläinen, Pöyry Finland Oy
Arto Kotipelto, Tekes
Antti Laukkanen, Fortum
Saku Näyrä, TVO
Juha Korhonen, Fennovoima

Opiskelijajäsen:

Pekka Pihlanko, TVO

Palautusosoite:
Suomen Atomiteknillinen Seura
PL 78
02151 ESPOO

Kannatusjäsenet:

Alstom Finland Oy

B+Tech Oy

Fennovoima Oy

FinNuclear ry

Fortum Power and Heat Oy

Mirion Technologies (RADOS) Oy

Platom Oy

Pohjoismainen Ydinvakuutuspooli

Pohjolan Voima Oy

Posiva Oy

PrizzTech Oy

Saanio & Riekkola Oy

Siemens Osakeyhtiö

Teknologian tutkimuskeskus VTT

Teollisuuden Voima Oyj

TVO Nuclear Services Oy

Voimaosakeyhtiö SF Oy

Wärtsilä Finland Oy