

# ATYS

3|2019

Vol. 48

## YDINTEKNIikka

---

SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA – ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND

---

### **Pienreaktorien tutkimus**

Alkamassa on laajempia kokonaisuuksia pienreaktorien turvallisuudesta ja liiketoimintamahdollisuuksista.

### **FISST antoi tärkeää tietoa**

Loppusijoituksen referenssikomponentteja on testattu ensimmäistä kertaa täydessä mittakaavassa.

### **Sanomalehti- keskustelu loppusijoituksesta**

KBS-3-loppusijoitusmenetelmän riskeistä uutisoitiin Ruotsissa Suomea enemmän.



## Julkaisija / Publisher

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

### Johtokunta / Board

#### Puheenjohtaja / President

DI Tuomas Rantala  
puheenjohtaja@ats-fns.fi

#### Varapuheenjohtaja / Vice President

TkT Jaakko Leppänen  
jaakko.leppanen@vtt.fi

#### Sihteeri / Secretary General

FM Antti Rätty  
sihteeri@ats-fns.fi

#### Rahastonhoitaja / Treasurer

DI Pekka Kupiainen  
rahastonhoitaja@ats-fns.fi

#### Jäsenet / Board Members

DI Lauri Rintala  
lauri.rintala@fennovoima.fi

DI Simo Saarinen  
simo.saarinen@fortum.com

TkT Vesa Tanskanen  
vesa.tanskanen@lut.fi

### Toimihenkilöt / Functionaries

#### ATS Young Generation

DI Antti Lammela  
antti.lammela@fennovoima.fi

#### Kansainvälisten asioiden sihteeri / International Affairs

DI Henri Ormus  
henri.ormus@fennovoima.fi

#### Women in Nuclear Finland

FM Eveliina Muuri  
eveliina.muuri@posiva.fi

#### www.vastaava / Webmaster

DI Juha-Pekka Hyvärinen  
webmaster@ats-fns.fi

#### ATS-Seniorit / ATS-Seniors

TkL Eero Patrakka  
eero.patrakka@kolumbus.fi

### Toimitus / Editors

#### Vastaava päätoimittaja / Editor-in-Chief

DI Anna Korpinen  
anna.korpinen@vtt.fi

#### Tieteellinen päätoimittaja / Scientific Chief Editor

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

#### Ajankohtaispäätoimittaja / Topical Chief Editor

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

#### Toimitussihteeri / Lay-out Editor

Katariina Korhonen  
Suunnittelutoimisto Creatus  
katariina@creatus.fi

#### Toimitus / Editorial Staff

DI Klaus Kilpi  
klaus.kilpi@welho.com

DI Lauri Rintala  
lauri.rintala@fennovoima.fi

DI Henri Loukusa  
henri.loukusa@vtt.fi

FM Sophie Haapalehto  
sophie.haapalehto@posiva.fi

### Toimituksen yhteystiedot

#### ATS Ydintekniikka

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

#### Painopaikka

Hämeen Kirjapaino Oy, Espoo

ISSN-0356-0473

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

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

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

# Mielipidevaikuttajuuden murros

**M**IELIPIDEVAIKUTTAJAT ovat henkilöitä tai yhteisöjä, joilla on vahva sosiaalinen asema ja heidän mielipiteitään arvostetaan ja kuunnellaan. Perinteisesti tällaiten statuksen ovat saavuttaneet henkilöt jotka ovat nousseet asemaan johon muutenkin sisältyy valtaa, kuten vaikkapa poliitikot. Joissain tapauksissa jopa karismaattinen asiantuntija on saattanut kohota mielipidevaikuttajaksi.

Nykyään vertaiskokemus tuntuu olevan monissa tilanteissa tärkeämpi kuin auktoriteettien näkemykset. On helpompi samastua samassa asemassa ja tilanteessa olevan henkilön näkemykseen tai kokemukseen. Perinteiset auktoriteetit koetaan ehkä etäisiksi. Sosiaalinen media on mahdollistanut vertaiskokemusten jakamisen ennennäkemättömällä laajuudella.

Sosiaalisen median mielipidevaikuttajat ovat hekin toki saavuttaneet asemansa kovalla

työllä, vaikka heillä ei välttämättä olekaan samanlaista asiantuntija- tai työtaustaa kuin niin kutsutuilla perinteisillä mielipidevaikuttajilla. On kuitenkin hurjaa huomata, kuinka suuri valta heillä on. He todella liikuttavat massoja. Tyypillisesti somevaikuttajien valta on valjastettu markkinatalouden käyttöön, mutta heillä on todellinen mahdollisuus vaikuttaa myös laajemmin tärkeiksi koettuihin asioihin.

Tutkijana lasken itse kuuluvani auktoriteetteihin. Edelleen auktoriteetit kuuntelevat toisia auktoriteetteja, mutta myös massassa on voimaa tehdä muutoksia. Jos ihmisten mielipiteisiin halutaan vaikuttaa, tulisi tunnistaa ne henkilöt, joita he kuuntelevat ja keskittää viesti heille. Tällöin toki on vain toivottava, että edes osa näistä henkilöistä olisi valmis jakamaan näkemyksen, sanan molemmissa merkityksissä. Tietysti pelkästään asian esille nostamisella laajassa mittakaavassa on arvonsa.



Toinen vaihtoehto on itse pyrkiä niin sanotuksi uuden ajan mielipidevaikuttajaksi. Tällöin on tärkeää, miten itsensä tuo esille: ydinvoimatutkija kannattamassa pienreaktoireita osana energiajärjestelmää on aivan eri asia kuin 30-vuotias korkeasti koulutettu nainen ajamassa samaa agendaa. Tuskin minusta olisi tähän vaaditussa mittakaavassa, mutta koen tärkeäksi, että vaikuttamisen eri muodot tunnistetaan ja erilaiset mahdollisuudet tiedostetaan.

**Anna Korpinen**

Vastaava päätoimittaja

## SISÄLTÖ

### Vakiopalstat

Päätoimittajalta:  
Mielipidevaikuttajuuden murros ..... 3

Pääkirjoitus:  
Pienreaktoritutkimuksessa tapahtuu ..... 4

Editorial: Small modular reactor  
research is under way ..... 5

Pakina:  
Kumpuaako suomalainen onnellisuus  
kansallisesta kulttuuriperimästä? ..... 26

### Tapahtumat

ATS YG Summer Symposium 2019 ..... 6

Kaukolämpöreaktorikonseptit saivat  
huippuyllätyksen ..... 8

### Ajankohtaista

Täyden mittakaavan järjestelmäkoe ..... 10

Suomalaisen Ydintekniikan Päivät  
– SYP 2019 ..... 13

Olkiluoto 3 – rakentamisen  
valvonnasta käytön valvontaan ..... 14

### Tiede ja tekniikka

Suomalainen konsensuaalinen hiljaisuus  
vastaan ruotsalainen kriittisyys:  
Sanomalehtikeskustelu KBS-3-loppu-  
sijoitusmenetelmän riskeistä Suomessa  
ja Ruotsissa 2008–2015 ..... 16  
*Petra Kuisma, Tapio Litmanen, Matti Kojo*

### Diplomityö:

Hypoteettisten ydinoimalaitos-  
onnettomuuksien mahdolliset  
seuraukset kotimaisissa  
ydinvoimalaitoksissa ..... 22  
*Antti Ukkonen*

### Diplomityö:

Artificial Intelligence in the Analysis  
of Nuclear Power Plant Requirements ..... 24  
*Santeri Myllynen*

# Pienreaktoritutkimuksessa tapahtuu

**P** IENREAKTORIT OVAT OLLEET tämän vuosikymmenen ajan hyvin esillä keskusteluissa niin ydinvoima-alan sisällä kuin julkisuudessaakin parin viime vuoden ajan. Väliin kuuluu voimakkaitakin mielipiteitä siitä, mitä aiheesta pitäisi sanoa, tai pitäisikö moisesta, mahdollisesta tulevaisuudessa hyödynnettävästä teknologiasta, paljoo vielä puhuakaan. Ehkä suurin ero nyt käynnissä ja rakenteilla oleviin ydinvoimaloihin on se, että pienreaktoreita kehitetään erilaisia tarkoituksia varten. Kanadassa keskitytään mikroreaktoreihin etäisien yhteisöjen ja kaivosten tarpeita varten, yhdysvaltalainen NuScale mainostaa joustavaa sähköntuotantoa uusiutuvien tasapainottamiseen, Kiinassa pienreaktoreita suunnitellaan syrjäseutujen sähköntuotannon ja kaupunkien lämmöntuotannon ratkaisijoiksi. Mikä on se tulevaisuuden tarve johon ydinenergialla pitäisi vastata? Eri tahoilla on tähän erilaiset vastaukset ja se tekee keskustelusta haastavaa. Entisaikojen yhtä yhteistä tilannekuva ei enää ole.

Petteri Tiippana huomautti ATS Ydintekniikan 2/2019 pääkirjoituksessa että pienreaktorien ympärillä käyty keskustelu keskittyi uusien reaktoreiden mahdollisuuksiin, mutta luvanhaltijan velvollisuuksia esimerkiksi ydinjätehuollon, ydinmateriaalivalvonnan tai turvajärjestelyjen suhteen käsitellään vähemmän. Niiden toteutus kuitenkin riippuu valitusta ratkaisusta: satojen megawattien CHP-voimalalla on eri haasteet kuin etäohjattavalla mikroreaktorilla. Jotta pienreaktoreiden tarjoamia ratkaisuja kannattaisi tarkastella yleistä tasoa tarkemmin, pitäisi tietää mihin me olisimme niitä käyttämässä. Kyseessä tietenkin on muna-kana-ongelma velvoitteiden rajoittaessa mahdollisia ydinenergian soveluskohteita.

Uuden edessä mahdollisuuksia ja rajoitteita pitänee tarkastella rinnan, jotta työ kohdistuu oikeaan suuntaan. Varoittavana esimerkkinä vastakkaisesta voitaneen käyttää viime vuosikymmenen Gen4-työtä, jossa turvallisuustutkimusta tehtiin kysymättä ensin kriittistä kysymystä: onko uuden tyyppiä laitteita tulossa käyttöön lähivuosikymmeninä?

Laadukaskaan tutkimus ei kannu pitkälle, jos sovellukselle ei ole tarvetta. Suomessa pienreaktorien tutkimus on useamman vuoden ollut käynnissä opinnäytetöiden ja eri toimijoiden sisäisten projektien muodossa, ja nyt niiden mahdollistamana on valmisteilla, ja alkanutkin, uusia laajempia kokonaisuuksia sekä pienreaktorien turvallisuuteen että liiketoimintamahdollisuuksiin keskittyen.

ELSMOR (towards European Licensing of Small MODular Reactors) on EU-rahoitteinen projekti, jonka konsortiossa on 15 partneria kahdeksasta eri maasta. Sen tarkoituksena on tutkia kevytvesiteknologiaan pohjautuvien pienreaktorien turvallisuusratkaisuiden todentamista. VTT koordinoi projektia ja Fortum vetää tulosten hyödynnettävyydestä vastaavaa työpakettia. Projektissa on suuri rooli ranskalaisella pienreaktoria kehittäväällä konsortiolla, jonka neljästä jäsenestä kolme ovat mukana ELSMORissa. ELSMOR käynnistettiin syyskuun alussa VTT:n Ydinturvallisuustalossa pidetyssä käynnistyskokouksessa, ja työ kestää seuraavat kolme ja puoli vuotta.

Viime vuodenvaihteen ympärillä VTT:llä oli käynnissä Business Finlandin osittain rahoittama CoCreation-hanke EcoSMR (yhdistelmä termeistä pienreaktorit ja ekosysteemi). CoCreation-hankkeet ovat tutkimuslaitoksille ja yliopistoille tarkoitettuja hankkeita, joissa selvitetään, onko jossain tutkimusideassa mahdollisuuksia yritys yhteistyöhön. EcoSMR-hankkeen puitteissa kävimme eri tahojen kanssa keskusteluja siitä, millaiset voisivat olla suomalaisen teollisuuden ja yhteiskunnan mahdollisuudet pienreaktorien ja niiden lämpökäytön suhteen - mitkä toimijat voisivat hyötyä pienreaktoreista, miten suomalainen teollisuus voisi niiden valmistamiseen osallistua. Keskusteluihin osallistui niin perinteisiä ydinenergia-alan toimijoita kuin yrityksiä jotka eivät ole ydinenergian parissa ennen toimineet. Jälkimmäisellä ryhmällä tarve uusiin teknologia-avauksiin korostui - hiilidioksidipäästöt täytyy tulevaisuudessa lopettaa, mutta näköpiirissä ei ole monia vaihtoehtoja jotka mahdollistaisivat nykyisen kaltaisen

toiminnan. EcoSMR-hanketta pyritään jatkamaan lähiaikoina seuraavaan laajempaan vaiheeseen yhdessä kiinnostuneiden tahojen kanssa.

Pienreaktorit kiinnostavat nyt ja se näkyy myös Suomalaisen Ydintekniikan Päivillä 30.–31.10., missä kuullaan myös monta esitystä pienreaktoreista niin suomalaisilta kuin ulkomaalaisiltakin toimijoilta. Tämä on osa laajaa teknistieteellistä ohjelmaa, jossa käsitellään muun muassa ydinpolttoainetta, jätehuoltoa, säteilysuojelua ja laitojen ikäntymisen hallintaa.

## TkT Ville Tulkki

Tiimipäällikkö,  
ELSMOR-projektin koordinaattori  
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy



# Small modular reactor research is under way

**D**URING THE LAST DECADE, Small Modular Reactors (SMRs) have been well featured in discussions, both within the nuclear industry and also over the last couple of years in the public domain. There are sometimes strong opinions about what should be said on SMRs, or whether anything should be said about such a future technology. Perhaps the biggest difference with the nuclear power plants currently under operation or construction is that SMRs are being developed for various purposes. Canada focuses on microreactors for the needs of remote communities and mines, American NuScale promotes flexible power generation to balance renewables, and in China, SMRs are designed for power generation in remote areas and to produce heat in the cities. What is the future need that nuclear energy should meet? Different parties have different answers to this and that makes the debate challenging. There is no more a generally shared view on the situation.

Petteri Tiippana pointed out in the editorial of *ATS Ydintekniikka* 2/2019 that the discussion around SMRs focuses on potential benefits of the new reactors, and less on nuclear

waste management, safeguards and security. Their implementation, however, depends on the chosen solution: a CHP plant of hundreds of megawatts of power and a remote-controlled microreactor have different challenges. In order to gain proper benefit from more detailed studies of particular SMRs features, we need to know where and how we would be using nuclear energy in the future. This is, of course, an egg-chicken problem as obligations are limiting potential nuclear energy applications.

Faced with a new situation, opportunities and restrictions should be studied in parallel to ensure the efforts are directed correctly. The Gen4 work of the last decade could be used as a cautionary example, as safety research was conducted without first asking the critical question: will the new type plants be introduced during the coming few decades? Even high-quality research does not take you far if it focuses on unnecessary things. In Finland, the research of SMRs has been ongoing for several years in the form theses and in-house projects of various organisations. These in turn have enabled new broader projects,

under preparation or partly started, related to safety and business opportunities of SMRs.

ELSMOR (towards European Licensing of Small MODular Reactors) is an EU-funded project with a consortium of 15 partners from eight different countries. Its objective is to study the verification of safety solutions for SMRs based on light water technology. VTT is the project coordinator and Fortum is responsible for a work package on exploitation of the results. French consortium that is developing a SMR concept is playing a major role in the project as three of the four members are involved in ELSMOR. The kick-off meeting of the project was organised in the beginning of September in the VTT Centre for Nuclear Safety. ELSMOR continues for the next three and a half years.

Around the turn of the last year, VTT had a CoCreation project called EcoSMR (combination of words SMR and ecosystem) under way that was partly funded by Business Finland. CoCreation projects are meant for research institutes and universities to define whether a research idea has opportunities for business cooperation. In the frame of EcoSMR, we had discussions with various stakeholders on the potential benefits for Finnish industry and society what comes to SMRs and their use in heat production – which actors could benefit from SMRs and how Finnish industry could participate in their manufacture. Both traditional nuclear players and non-nuclear companies were involved in the discussions. The latter group highlighted the need for new technology breakthroughs - carbon emissions must be stopped, but there are not many options in sight that would enable current activities. The EcoSMR project is aimed to be continued to a broader stage in the near future in collaboration with interested stakeholders.

SMRs are of interested now and this will also be shown at the Nuclear Science and Technology Symposium on 30–31 October, 2019 where many presentations on SMRs both from Finnish and foreign participants will be heard. This is part of an extensive technical and scientific program covering amongst other things nuclear fuel, waste management, radiation protection and plant aging management.

## Dr. Ville Tulkki

Team Leader,  
Coordinator of the ELSMOR project  
VTT Technical Research Centre of Finland Ltd



# ATS YG Summer Symposium 2019

YG-ikäiset kokoontuivat jälleen perinteiseen Summer Symposiumiin 27.6. Tällä kertaa järjestelyistä vastasi Fennovoima ja tapahtumapaikkana toimi Poliisien Kesäkotina Helsingissä.

Teksti: Jari Havuaho

**T**APAHTUMA KERÄSI ENNÄTYKSELLISET 130 osallistujaa ydinvoima-alan eri organisaatioista. Mukana oli niin vanhempia konkareita kuin ATS:n toiminnasta kiinnostuneita kesätyöntekijöitä. Historiallisesti tapahtuman virallinen osuus pidettiin ensimmäistä kertaa englanninkielisenä.

## Luentojen teemana ydinvoiman tulevaisuus Suomessa

Tällä kertaa luennoissa katsottiin käyvien laitojen sijaan vahvasti tulevaisuuteen. Luennot käsittelivät pääasiassa käynnissä olevia uu-



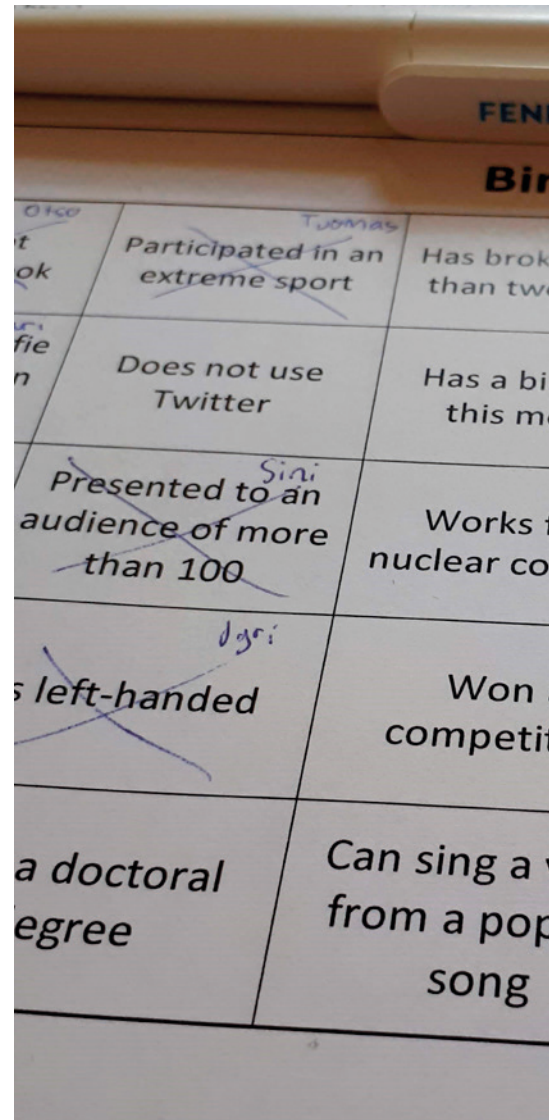
**DI Jari Havuaho**  
 Prosessisuunnittelija  
 Fortum  
 jari.havuaho@fortum.com

sia ydinvoimaprojekteja Olkiluoto 3:sta ja Hanhikivi 1:stä. Lisäksi mukana oli myös visioita mahdollisesti Suomeen sopivista pienistä modulaarisista reaktoreista.

Ensimmäisenä luentona kuultiin Fennovoiman Matthew Geraghty kertomana FH1-projektin tilanteesta ja viimeisimmistä käänteistä sekä tulevaisuuden näkymistä. Tällä hetkellä projektissa laaditaan suunnitteluvaiheita ja tehdään valmistelevia töitä laitospaikalla. Varsinainen ydinlaitosten rakentaminen voi alkaa vasta rakentamisluvan saamisen jälkeen.

Seuraavaksi vuorossa oli LUT-yliopiston ydinvoimatekniikan professorin Juhani Hyvärisen luento Suomeen sopivista tulevaisuuden ydinvoimakonsepteista sekä passiivisten turvallisuusjärjestelmien roolista ja kehityksestä aina Loviisa 1:stä tulevaisuuden laitoskonseptiin. Tulevaisuuden näkymissä olivat meillä olevien laitosprojektin lisäksi SMR-laitokset, joita olisi suurelta osin mahdollista valmistaa myös Suomessa.

Viimeisenä TVO:n Juha Poikola pääsi kertoamaan OL3-projektin viimeisimmistä kuulumisista, sekä TVO:n ja Posivan tulevaisuudennäkymistä. Olkiluodon kolmannen laitoksen käyttöönotto on jo lähellä, mutta vielä sen eteen on tehtävä töitä. Siitä huolimatta TVO:n taholta pystyttiin jo antamaan pieniä vinkkejä Fennovoiman suuntaan, mi-



Tapahtumaan oli suunniteltu myös tutustumisbingo johon kerättiin tietoja muista osallistujista (kuva: Hanna Tynys).

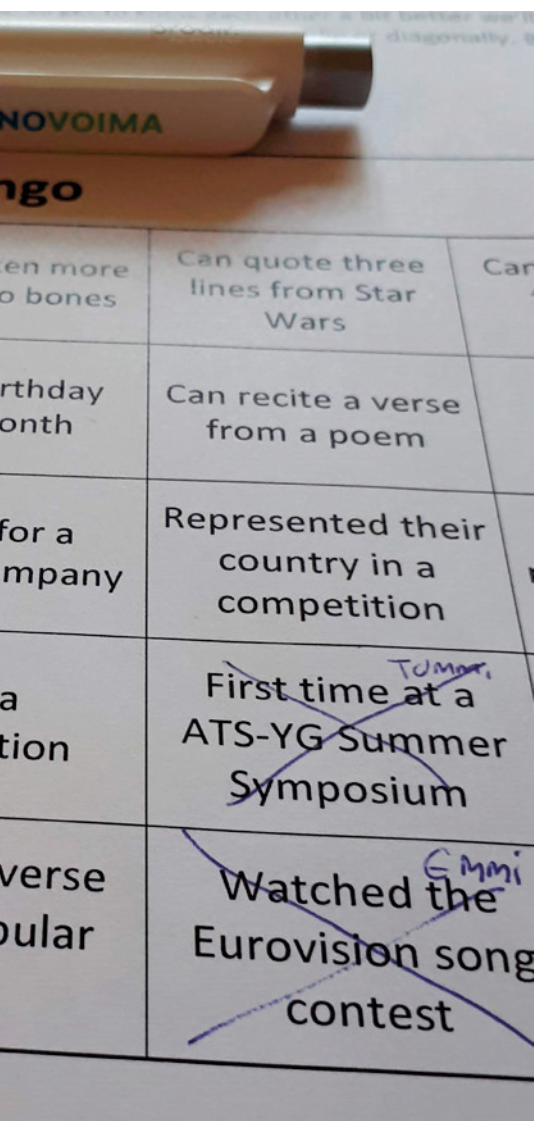
ten välttää joitakin uuden ydinvoimalan rakentamiseen liittyviä sudenkuoppia.

## Verkostoitumista rastikilpailujen ja saunan merkeissä

Summer Symposiumin tehtävänä on perinteisesti ollut auttaa ydinvoima-alan nuoria verkostoitumaan muiden organisaatioiden edustajien kanssa. Niinpä luentojen jälkeen suunnattiin perinteisiin rastikisailuihin. Tätä varten osallistujat jaettiin pienempiin ryhmiin, joihin kuului edustajia eri organisaatioista.

Tänä vuonna päästiin mitteleämään muun muassa ydinvoimatekniikan sanaston tunteuksesta vähän vieraammilla kielillä, ydinvoi-





Fennovoiman Timothy Rownes toimi tapahtuman isäntänä ja esitteli luennoitsijat (kuva: Hanna Tynys).



ma-aiheisten faktojen ja fiktioiden tunnistamisessa sekä perinteisessä ”tikanheitossa”, josta oli SAHARA-periaatteen mukaisesti poistettu kaikki terävät osat.

Tiukan kilpailun jälkeen palkittiin paras ryhmä. Lisäksi jaettiin perinteinen Symposiumkiertopalkinto parhaalle organisaatiolle. Tällä kertaa palkinnon nappasi tiukan desimaalitarkastuksen jälkeen ensimmäistä kertaa Fortumin Loviisan voimalaitos.

Ilta jatkui vielä perisuomalaiseen tapaan saunomisen ja makkaranpaiston merkeissä. Rohkeimmat kävivät pulahtamassa alkukesän viileässä merivedessä. Alkuiltapäivän sateinen sää selkeni iltaan mennessä, joten osallistujat pääsivät nauttimaan kauniista kesäillasta Lauttasaaren rannalla. ☀️

*Tällä rastilla tehtävänä oli saada kuusi ihmistä mahtumaan mahdollisimman monta kertaa taitetun viltin päälle (kuva: Olga Minina).*

# Kaukolämpöreaktorikonseptit saivat huippuyleisön

Tiistaina 27.8. järjestettiin eniten ATS:n jäseniä paikalle kerännyt jäsen-tilaisuus sitten vuoden 2011. Kaikkiaan 108 seuran jäsentä kerääntyi Tieteiden talolle kuulemaan esityksiä kaukolämpöreaktorikonsepteista, osa toki verkon välityksellä. Vuonna 2011 Fukushima onnettomuutta käsitelleessä tilaisuudessa paikalla oli 152 henkeä.

**Teksti:** Anna Korpinen

**TILAIUUDEEN DRAAMAN KAARI** oli rakennettu loogisesti. Alkuun kuultiin 1970-luvun ydinvoimainnostuksesta ja suunnitelmista tuottaa kaukolämpöä ydinreaktoreilla. Esityksen piti emeritusprofessori Risto Tarjanne, joka puhui omasta kokemuksestaan. Tästä edettiin viime aikoina varsin paljon keskustelua herättäneisiin pienreaktorikonsepteihin VTT:n nuoren tutkijan Ville Sahlbergin johdolla. Tilaisuuden päätti varsin klassisesti viranomaisen puheenvuoro. Minna



**DI Anna Korpinen**  
Vastaava päätoimittaja  
ATS Ydintekniikka  
päätoimittaja@ats-fns.fi

Tuomainen palautti yleisön maanpinnalle kerätyn kaukolämpöreaktoreiden lisensiointiin liittyviä erityiskysymyksiä.

## 1970-luvun suunnitelmat

Helsingin kaupungin sähkölaitos kiinnostui jo 1968 sähköä ja lämpöä tuottavasta ydinlaitoksesta. Aiheesta tehtiin useita tutkimuksia 1970-luvulla. Vuosina 1972–1973 päädyttiin siihen, että kaukolämmön tuotto ydinvoimalla olisi selvästi edullisin vaihtoehto ja optimina pidettiin kahta noin 550 MW:n (1 150 MWth) laitosta. Yhdessä IVO kanssa perustettiin Helsingin Seudun Lämpövoima Oy ja laitoksen rakentamista suunniteltiin Kopparnäsiin 41 km:n päähän Helsingistä.

1970-luvun alussa myös VTT:llä oli käynnissä lämmitysreaktoriprojekti, jonka tarkoituksena oli ensisijaisesti kartoittaa ydinvoimalla tuotetun kaukolämmön kustannuksia. Tarkastelun kohteena oli yksinkertainen matalalämpötilainen 100 MWth:n painevesireaktori. Tutkijat ja toteutusharkinnassa ollut projekti olivat siis varsin eri mittakaavassa tuohon aikaan, vaikka IVO ja Helsingin Lämpövoima olivatkin VTT:n projektin johtoryhmässä. Projekti jatkui suomalais-ruotsalaisena yhteistyönä Asea-Atomian kanssa 1976–1977. Tämän yhteistyön hedelmä oli passiiviseen turvallisuus-

teen perustuva, maan alle sijoitettava 200 MWth:n SECURE-reaktori. SECUREsta on aiemmin ATS Ydintekniikassa julkaistu kahden artikkelin juttusarja lehdissä 2/2012 ja 3/2012.

1970-luvun innostus huipentui vuonna 1977 Otaniemessä järjestettyyn Low Temperature Nuclear Heat konferenssiin. Konferenssissa oli lähes 300 osanottajaa 23 maasta. Esitelmät kattoivat kaukolämmöntuoton lisäksi muita sovelluskohteita, kuten suolanpoiston merivedestä. Huomionarvoista on, että konferenssissa keskityttiin tulevaisuuden suunnitelmiin: yhdestäkään toteutuneesta hankkeesta ei ollut mainintaa. 1970-luvun lopulla asenteet ydinvoimaa kohtaan ja poliittinen ilmapiiri muuttuivat ja kiinnostus ydinlämpöä kohtaan hiipui. Myös Helsingin Seudun Lämpövoima Oy:n hanke lopahti.

## Modernit pienreaktorikonseptit

SMR, Small Modular Reactor, eli pienreaktori on kattotermi hyvin monimuotoiselle kokoelmalle erilaisia teknologioita ja lähestymistapoja. Pienreaktorikonsepteja on kehitteillä yli sata erilaista. Useimmat niistä on suunniteltu joustavasti sekä lämmön että sähkön tuotantoon. Perinteiseen kevytvesiteknologiaan pohjautuvat konseptit ovat luonnollisesti kypsimpiä ja testatuimpia.

Yhdysvaltojen lupaavin pienreaktoritoimittaja on NuScale Power, jonka 200 MWth reaktorimoduueja voi sijoittaa yhden laitoksen vesialtaaseen 1–12. NuScalen konsepti on NRC:n lisensiointiprosessissa, joka tähtää lisensioinnin valmistumiseen syyskuussa 2020 NuScalen oman lehdistötiedotteen mukaan. NRC kehittää tällä hetkellä menetelmää pienreaktorien varautumisalueiden määrittämiseksi. Ensimmäisen laitoksen pitäisi valmistua Idahoon 2026.

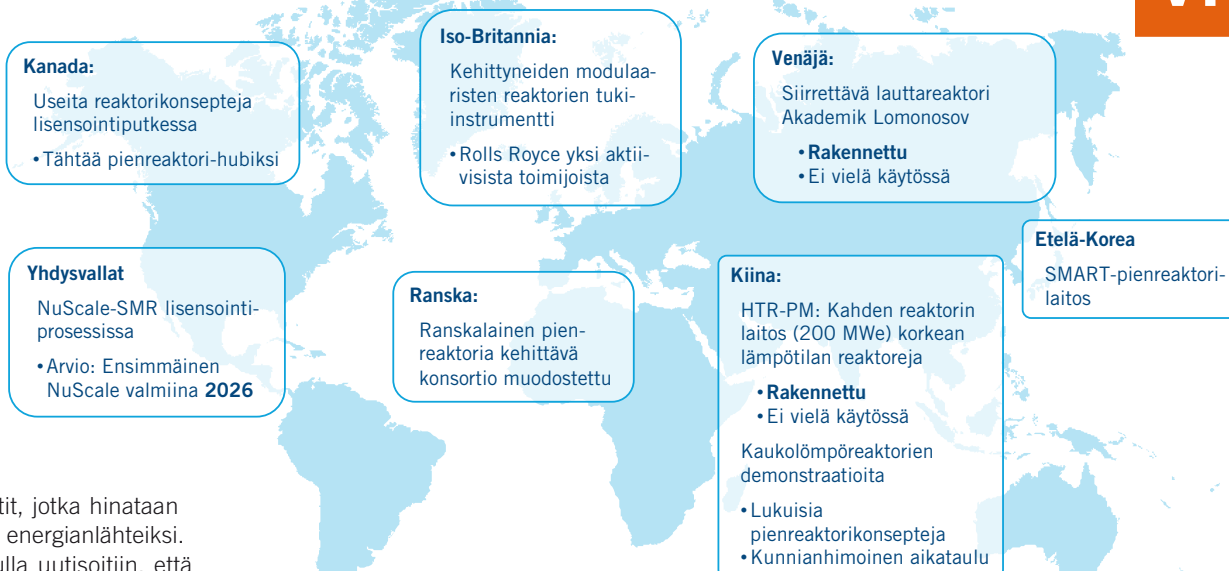
Kiinassa tarve puhtaan kaukolämmön tuotannolle on ilmeinen ja siellä onkin kehitteillä lukuisia potentiaalisia konsepteja. Kiinassa laaditaan perinteisesti energia-alalle nelivuotissuunnitelmia. Tämän hetkisen, vuoteen 2021 ulottuvan, suunnitelman tavoitteena on kaukolämpöreaktorikonseptin demonstrointi. Esimerkiksi CNNC:n (China National Nuclear Corporation) DHR-400 konsepti, joka on 400 MWth:n allasreaktori, tähtääkin ensimmäisen laitoksen valmistumiseen vuonna 2021. CNNC on arvioinut, että kiinalaisen ydinkaukolämmön hinta vastaisi kiinassa hiilellä tuotetun kaukolämmön hintaa.

Myös Venäjällä on useita erilaisia konsepteja eri kehitystasteilla. Ehkä pisimmällä ovat jäänmurtajien reaktoreista muokatut lauttare-



Kehitteillä olevia pienreaktoreita  
(kuva: Ville Sahlberg).

VTT



aktorikonseptit, jotka hinataan syrjäseudulle energianlähteiksi. Elokuun lopulla uutisoitiin, että maailman ensimmäiseen kellovaan ydinvoimalaan, Akademik Lomonosoviin, on ladattu ydinpoltoaine.

Kanada tähtää pienreaktorihubiksi ja Canadian Nuclear Laboratory (CNL) toimii globaalina keskittymänä pienreaktoritutkimukselle. Tarkoituksena on rakentaa demonstraatiolaitos CNL:n laitospaikalle vuoteen 2026 mennessä. Kanadassa on myös useita erilaisia konsepteja niin kutsutussa esilisensoinnissa. Tämä ei vielä ole varsinainen turvallisuusarvio, jonka jälkeen laitoksen rakentaminen voisi alkaa, vaan viranomaisen arvio kehitysvaiheessa olevia konsepteja ja antaa lausuntonsa jatkokehitystarpeista. Kanadassa on julkaistu 2018 pienreaktorien tiekartta, joka antaa suosituksia laitosten demonstroinnille ja viranomaisvaatimusten kehitykselle: toimeen on siis ryhdytty varsin uskottavalla tasolla.

### Luvituksen erityispiirteet

Nykyisessä luvitusmallissa ja säännösten soveltuvuudessa pienreaktoreille on erityiskysymyksiä. Vaadittava turvallisuustaso, eli seuraukset ihmisille ja ympäristölle, on sama riippumatta siitä, minkälaisesta ydinlaitoksesta on kyse. Sama turvallisuustaso ei kuitenkaan tarkoita sitä, että kaikkien konseptien on täytettävä kaikki samat vaatimukset. Esimerkiksi allasreaktorille primääriputken katkoa koskevat vaatimukset eivät päde.

Nykyisen lainsäädännön puitteissa periaatepäätös tarvitaan, mikäli esimerkiksi samalle laitospaikalle lisättäisiin yksi uusi pienreakto-

riyksikkö tai jos kaupunki, jonka kaukolämpö tuotetaan usealla eri puolilla kaupunkia sijoitettulla pienreaktorilla, rakentaa uuden asuinalueen, joka tarvitsee oman kaukolämpöreaktorinsa. On siis järkevää pohtia, mikäli yksi periaatepäätös voisi kattaa vaikkapa tietyn megawattimäärän reaktoriyksiköiden lukumäärästä riippumatta tai voisiko sama lupa kattaa useita reaktoreita eri sijaintipaikolla.

Lainsäädännössä on useita vaatimuksia ja vastuita luvanhaltijalle. Nämä voivat olla haaste uusille alalle tuleville yrityksille. On myös syytä varautua nykyisestä poikkeaviin rakennuttaja-omistaja-käyttäjämalleihin. Reaktoreita tullaan todennäköisesti etäkäyttämään keskusvalvomosta, josta operoidaan useita miehittämättömiä reaktoreita. Nämä piirteet voivat vaatia uusia lähestymistapoja etenkin turvajärjestelyjen ja tietoturvan hallintaan.

Reaktoreiden sarjavalmistaisuudella haetaan kustannussäästöjä, mutta sekin aiheuttaa muospaineita tämänhetkisiin valvontakäytäntöihin. Tehtaalla tehtyjen tarkastusten ja testien painoarvo kasvaa, sillä kaikkea ei välttämättä ole mahdollista tarkastaa enää tehtaalta lähdön jälkeen. On siis mietittävä uusi lähestymistapa vaatimuksenmukaisuudesta varmistumiseen erityisesti tilanteessa, jossa tuote on valmiina ennakoin uusi omistaja on edes tiedossa.

Valitettavasti kansainvälinen ”tyyppihyväksyntä” tai lisensointi on vielä kaukana.

Realistisempi tavoite olisi kansainvälinen turvallisuusarviointi esimerkiksi samasta konseptista kiinnostuneiden maiden välillä. Edellytyksenä tälle on arvioinnin perusteena käytettävästä vaatimusohjasta sopiminen, joka on osoittautunut verrattain vaikeaksi saavuttaa. Turvallisuustavoitteiden ja vaatimusten harmonisointia tehdään etenkin WENRAn (Western European Nuclear Regulators Association) puitteissa.

### Seuraavat askeleet

Jo vuonna 2000 maailmalla oli 51 reaktoria, jotka tuottivat ydinkaukolämpöä. Lämmön siirto on hankalaa ja siksi sitä olisi järkevämpi tuottaa paikallisesti. Näin onkin pääasiassa toimittu olemassa olevissa sovellutuksissa. Varsinaiset kaukolämpöreaktorit voisivat toimia sähköä tuottaviin reaktoreihin verrattuna huomattavasti matalammalla lämpötila-alueella. Tämä mahdollistaisi pienemmät paineet ja yksinkertaisimmat komponentit, josta voi seurata halvempi hinta. Passiiviset turvajärjestelmät, pieni koko ja niiden myötä ehkä helpommin saavutettavissa oleva vaadittava turvallisuustaso voisivat mahdollistaa pienreaktoreiden sijoittamisen lähemmäs asutusta.

Alustavien selvitysten sijaan nyt olisi aika ottaa askel eteenpäin ja mahdollistaa ydinkaukolämmön hyödyntäminen. Tähän ei päästä ilman kunnollista kansallista panostusta. 🌱



# Täyden mittakaavan järjestelmäkoe

Kesällä 2018 aloitettiin Posivan täyden mittakaavan järjestelmäkoe, jossa testattiin ensimmäistä kertaa loppusijoituksen referenssikomponentteja. Testin tarkoituksena oli myös todistaa, että loppusijoitus on mahdollista olemassa olevien suunnitelmien mukaisesti.



**Ins. Risto-Matti Meriniemi**  
Suunnitteluinsinööri  
Posiva Oy  
risto-matti.meriniemi@posiva.fi

**Teksti:** Risto-Matti Meriniemi

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta alettiin suunnitella 1980-luvulla. Valtioneuvoston päätöksellä vuonna 1983 loppusijoituksen aikataulun suunnittelu aloitettiin. Päätöksessä sovittiin, että sijoituspaikka pitää olla valittuna vuoden 2000 loppuun mennessä, loppusijoituksenlaitoksen rakentaminen alottaa 2010-luvulla ja loppusijoituksen pitää alkaa 2020-luvulla. Sijoituspaikka saatiin valittua lopulta vuonna 2001, jolloin paikaksi valittiin Eurajoen

Olkiluoto. Rakentamislupa myönnettiin vuonna 2015.

Vuonna 1994 tuli voimaan ydinenergialaki, joka määräsi, että kaikki ydinjäte piti käsitellä, varastoida ja loppusijoittaa Suomen maaperällä. Laki kielsi myös ydinjätteen kuljettamisen ulkomaille sekä ulkomailta Suomeen. Tämän seurauksena Imatran Voima (nykyinen Fortum Oyj) ja Teollisuuden Voima Oyj (TVO) perustivat vuonna 1995 Posiva Oy:n, jonka tehtävänä ovat loppusijoituksen tutkimukset ja toteutus.



Vasemmalla: Kupolinmallinen tulppa pitää bentoniittisaven paikoillaan (kuva: Posiva Oy/ Johanna Hansen).

Bentoniittipuskurin asennettavat alimmat lohkot (kuva: Posiva Oy/Risto-Matti Meriniemi).

## Posiva Oy

Posiva Oy on asiantuntijaorganisaatio, jonka tehtävänä on hoitaa omistajiensa ydinjätteen loppusijoitus. Yhtiön omistavat Fortum Oyj (40%) ja TVO (60%). ONKALO® (ONKALO® on Posiva Oy:n rekisteröity tavaramerkki) on maanalainen tutkimustila, joka on liitetty osaksi loppusijoitustiloja. ONKALOn tarkoituksena on kerätä tietoa esimerkiksi alueen kallioperästä hydrologian, geologian, geofysiikan, kalliomekaniikan sekä geokemian tutkimusmenetelmillä. ONKALO® on tällä hetkellä noin 450 metriä syvä ja antaa aidot olosuhteet kalliorakentamisen ja loppusijoitustekniikoiden testaamiseen.

Loppusijoitustilat sijaitsevat noin 420 metrin syvyydessä maanpinnasta. Tilat koostuvat loppusijoitustunneleista, keskustunneleista sekä teknisistä aputiloista. Maan pinnalta loppusijoitustiloihin johtaa ajotunneli sekä neljä pystykuilua (henkilö- ja kapselikuilu sekä kaksi ilmanvaihtokuilua). Loppusijoitustunneleita tulee nykyisen suunnitelman mukaan 137 ja keskustunneleita yhteensä 42 kilometrin verran. Loppusijoitustunneleiden lattioille tehdään kuudesta kahdeksaan metriä syviä loppusijoitusreikiä, joiden pituus riippuu asennettavasta kapselista. Kapselin asennuksen jälkeen loppusijoitusreikä täytetään bentoniittisavella.



## Menetelmä

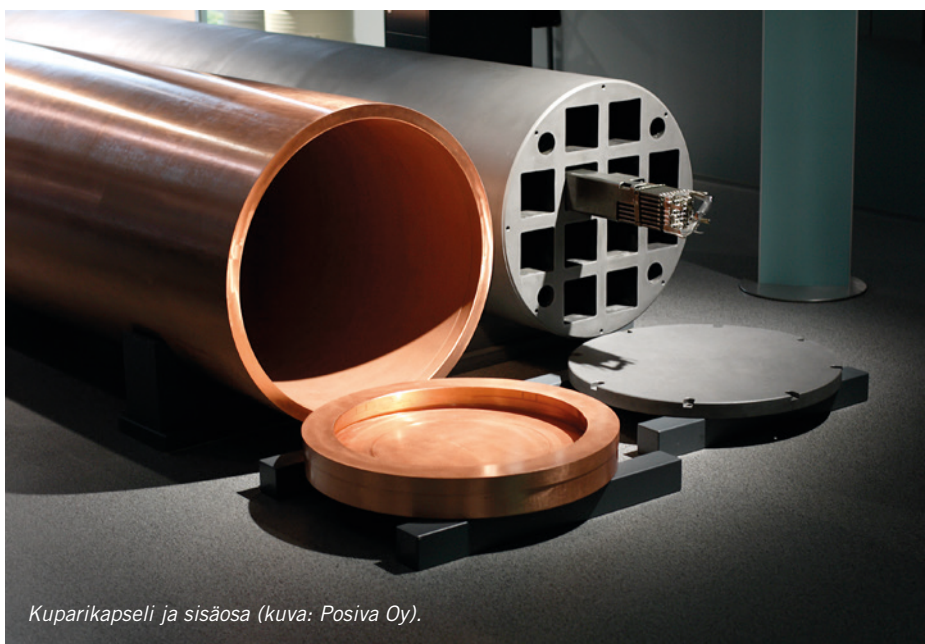
Posivan loppusijoitusratkaisu perustuu SKB:n (Svensk Kärnbränslehantering AB) KBS-3-konseptiin (Kärnbränslesäkerhet. Numero 3 on projektin järjestysnumero). Konseptin peruseräite on niin sanottu moniesteperäite. Peräiteen tarkoituksena on suojata käytettyä ydinpoltoainetta monella erilaisella esteellä, jolloin yhden tai monen esteen menettäminen ei vaaranna muiden eristysten toimivuutta ja varmuutta. Nämä esteet ovat kuparikapseli,

bentoniittipuskuri, loppusijoitustunnelin täyttö sekä kallio. Polttoaine voidaan myös luokitella esteeksi, koska polttoaine keraamisesta olo muodostaa johtuen liukenee erittäin huonosti veteen. Vapautumisesteiden tarkoituksena on, että käytetty ydinpoltoaine ei pääse missään vaiheessa lähelle ihmistä tai elollista luontoa, vaikka kalliossa tapahtuisi muutoksia.

Kuparikapseli on kapselin mallinen metallisäiliö, jonka sisälle käytetty ydinpoltoaine sijoitetaan. Kapselin ulkokuori on kuparia, koska kuparin korroosiokestävyydestä vallitsevissa olosuhteissa johtuen kapseli estää pohjaveden pääsyn polttoaine-elementeille. Kapselin sisäosa on pallografiittivalurautaa, joka sisältää paikat käytetylle ydinpoltoaineelle, ja se täyttää koko kapselin. Valurauta on mekaanisesti riittävän lujaa, jotta sisäosa kestää maanalla tapahtuvat muutokset, kuten maanjäristykset tai mannerjään synnyttämät paineet.

Kaikki materiaalit, rakenteet, valmistustavat ja sulkemistekniikat on valittu sillä perusteella, että ne kestävät satoja tuhansia vuosia. Kapseleita on kolmenlaisia, Loviisan 1–2 ydinvoimaloille, Olkiluodon 1–2 voimaloille ja tulevalle Olkiluoto 3 ydinvoimalalle. Kaikkien kapseleiden halkaisija on sama 1,05 metriä, mutta pituus vaihtelee eri kapselityypeissä polttoaineriippujen pituuden mukaan. Yhteensä kuparikapseleita tullaan loppusijoittamaan noin 2800 kappaletta, joka vastaa 5500 tonnia uraania.

Bentoniittipuskuri on kapselin ympärille asennettava suoja. Puskurin tarkoituksena on puskuroida kaikki ulkopuolelta tulevat vaiku-



Kuparikapseli ja sisäosa (kuva: Posiva Oy).





Asennetut täyttölohkot (kuva: Posiva Oy/Risto-Matti Meriniemi).

tukset kapseliin ja kapselista pois päin kuten kallion muutokset. Puskuri sisältää bentoniittilohkoja, jotka on puristettu tiiviiksi. Lohkoja ei saada aivan kiinni kapseliin eikä kallioon, joten tyhjät välit täytetään bentoniittipelleillä. Bentonitti on savilaji, joka paisuu moninkertaiseksi ollessaan kosketuksissa veden kanssa. Ominaisuus tulee saven sisältämästä montmorillonitiistä. Jos savella ei ole tilaa paisua, syntyy paisuntapainetta. Tämän vuoksi bentoniittisavi on hyvä vapautumiseste, koska paisunut bentoniitti estää veden liikkeen kallioista kapseliin ja toisin päin. Bentonittisavi on myös elastista, joten savi pystyy antamaan tarpeen tullen periksi, mutta myös täyttämään kallion muutoksen aiheuttamat halkeamat. Jos kuparikapseliin tulisi vaurio maanalaisen muutoksen vuoksi, bentoniittipuskuri hidastaisi negatiivisesti varautuneiden ja estäisi positiivisesti varautuneiden radionuklidien pääsyn kallioon.

Kun loppusijoitusreiät on täytetty kapselleilla ja puskureilla, on loppusijoitustunnelin täytön vuoro. Täytön materiaalina käytetään myös bentoniittisavea, joka on puristettu tiiviiksi lohkoiksi. Täytösävi sisältää vähemmän montmorillonitiä kuin puskuriin käytettävä bentoniittisavi. Täytössä käytetyn bentoniittisaven tarkoitus on sama kuin puskurissa: saven pitää estää veden virtausreittien synty ja pysyä kemiallisesti sekä mekaanisesti vakaana. Myös ajotunnelit, kuilut, sekä tekniset tilat tullaan täyttämään bentoniittisavella, mutta niiden täytössä tullaan lisäksi hyödyntämään soraa.


Täytön tarkoituksena on päästä niin lähelle alkuperäistä tilaa kallion olosuhteissa ennen louhimista kuin mahdollista. Kun loppusijoitustunneli on saatu täytettyä, tunnelin päähän rakennetaan kupolin mallinen tulppa. Sen tarkoituksena on pitää täyttövaiheessa asennettu bentoniittisavi paikoillaan loppusijoituksen

käyttövaiheen loppuun asti eli noin 100 vuotta. Tulpan eteen eli täytön puolelle tehdään myös tiivistyskerros, joka osaltaan estää kulkemisen pois tunnelista. Materiaaleissa pitää ottaa huomioon, että ne eivät sisällä liikaa sulfideja, sulfaatteja ja orgaanisia aineita. Tällä välteään, etteivät kuparin korroosiota aiheuttavat aineet pääse kapselin luokse. Tulppa sisältää sementtiä, notkistinta, silikaa, lentotuhkaa, kiviaineista, kevytsoraa ja raudoitteita.

Peruskallio suojaa kuparikapseleita ulkoisilta vaikutuksilta. Kallio antaa vakaat ja hyvät olosuhteet vapautumisestelle. Kapselit asennetaan 420 metrin syvyyteen, vaikka jo kahden metrin syvyys riittäisi estämään säteilyn. Suuremmalla loppusijoitus­syvyydellä pystytään turvaamaan, että kapselit ovat turvassa myös ihmisen omalta toiminnalta. Syvemmällä kalliossa myös pohjavesi liikkuu hitaammin, joten veden vaikutus kapseliin on pienempi. Kapselit asennetaan aina riittävän ehjiin, jolloin vettä ei pääse liian suuria määriä kapselin luo. Suomen kallioperä on todella vakaa, eikä kallioperäisten muutosten todennäköisyys ole suuri.

### FISST

FISST (Full-scale In Situ System Test) eli täyden mittakaavan järjestelmäkoe oli Posivan ensimmäinen testi, jossa loppusijoitus toteutettiin täydessä mittakaavassa ilman skaalautta. FISST:in tarkoituksena oli testata nykyistä loppusijoitusmenetelmää, asennuslaitteita ja loppusijoitusmateriaaleja. Testissä asennettiin kaksi kuparikapselia ja kaksi loppusijoituspuskuriä, täytettiin tunnelia 50 metrin matkalta, sekä suljettiin tunneli tulpalla. Tämä oli ensimmäinen kerta, kun loppusijoitukseen suunniteltuja komponentteja asennettiin Suomessa oikeissa olosuhteissa maan alla. Asennukset toteutettiin tämän hetkisillä asennusajoneuvoilla kuten kapselin, puskurin sekä täyttömateriaalin asennusajoneuvoilla. Laitteet saivat asennettua komponentit vaatimusten mukaisesti.

Posiva on pisimmällä käytetyn polttoaineen loppusijoituksessa maailmassa, joten kaikki tieto on uutta. FISST antoi tärkeää tietoa esimerkiksi asennusprosessin läpimenoajoista, kuinka kauan kukin yksittäinen vaihe tulee kestämään. Testissä saatiin lisäksi todennettua, että Posivan toimitusketjut toimivat ja toimitusketjut pystyvät tuottamaan Posivan vaatimukset täyttäviä komponentteja. Samalla tarkennettiin kustannuksia, materiaalmääriä ja asennusten aikataulua. Puskuria, kapselia ja täyttöä seurataan usean vuoden ajan noin 500 mittarilla kuten lämpö-, paine- ja kosteusmittareilla. Ne antavat todella arvokasta tietoa komponenttien toimivuudesta. 

# Suomalaisen Ydintekniikan Päivät – SYP 2019

SYP 2019 -konferenssi järjestetään Marina Congress Centerissä 30.–31.10.2019. Kansainvälinen konferenssi kokoaa yhteen ydintekniikan ammattilaiset ja opiskelijat, ja rakentuu sopivassa suhteessa alan tieteellisistä ja yleistajuisemmista teknisistä esityksistä sekä paneelista. Konferenssi korvaa tänä vuonna perinteisen syysseminaarin.

Tapahtuman yhteydessä järjestetään SYP2019 Exhibition.

## Alan johtavat Key Note -puhujat

Konferenssin ohjelmapuheissa luodaan kattava katsaus alan tulevaisuuteen: uraanin riittävyys, tulevaisuuden polttoaineratkaisut, Suomen voimayhtiöiden kuulumiset, kokemuksia EPR-reaktoreista maailmalla, tulevaisuuden modulaariset reaktorit:



Antoine Billerey  
EDF



Toni Hemminki  
Fennovoima



Tiina Tuomela  
Fortum



Riku Huttunen  
TEM



Luminita  
Grancea  
OECD



Jarmo Tanhua,  
TVO



Alexander  
Ugryumov  
TVEL



Paolo Venneri  
USNC



Aziz Dag  
Westinghouse

Teollisuus, yliopistot ja tutkimusyksiköt ovat mukana tieteellisen osuuden esityksissä. Saamme kuulla alan viimeisimpiä tutkimustuloksia.

## Ilmoittaudu nyt!

Varmista paikkasi alan eturivistä nyt:  
[ats-fns.fi/en/syp2019](http://ats-fns.fi/en/syp2019)

## Hintaan kuuluu

- Tervetulovastaanotto tiistaina 29.10. Helsingin kaupungintalolla
- Konferenssin sisäänpääsy, lounaat ja kahvit molempina päivinä
- SYP2019 Exhibition
- Konferenssi-illallinen keskiviikkona 30.10. ravintola Sipulissa

# Olkiluoto 3 – rakentamisen valvonnasta käytön valvontaan

Ydinvoimalaitoksen käyttämisen katsotaan alkavan silloin kun ydinpolttoainetta aletaan ladata reaktoriin. Latauksesta alkaa ydintekninen käyttöönottovaihe, joka käsittää esikriittisyyskokeet, reaktorin kriittiseksi tekemisen, pientehokokeet ja tehokokeet. Käyttöönottovaiheen jälkeen alkaa laitoksen säännöllinen sähköntuotanto eli kaupallinen käyttö.

**Teksti:** Essi Ahonen

**S**TUKIN TEKEMÄ VALVONTA muuttuu laitoksen eri vaiheiden myötä. Rakentamisvaiheessa STUKin toiminnan tärkein tavoite on varmistua siitä, että laitoksen yksityiskohtainen suunnittelu täyttää turvallisuusvaatimukset ja rakentamislupa-vaiheessa hyväksytyt suunnitelmat ja että laitos on rakennettu suunnitelmien mukaisesti. Käyttöön valmistautuminen on osa rakentamisen aikaista valvontaa. Ennen käytön aloitusta on muun muassa varmistuttava, että laitosta käyttävä organisaatio on tarkoituksenmukainen ja riittävä. Ydinenergian käyttöön osallistuvien henkilöiden on täytettävä asetetut kelpoisuusehdot. Ennen latausta STUK tekee vielä useita tarkastuksia käytön aloitusvalmiuden todentamiseksi.

STUKin tehtävänä on varmistua, että luvanvalvontaa huolehtii säteily- ja ydinturvallisuudesta. Lisäksi valvontatyön tavoitteena on varmistua, että luvanvalvontajien toiminta on viranomaisvaatimusten mukaista. Työ tehdään tarkastamalla suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä asiakirjoja sekä tekemällä muun muassa käytön tarkastusohjelman mukaisia tarkastuksia laitospaikalla ja päivittäistä yleisvalvontaa. Laitospaikalla tehtävä tarkastus- ja valvontatyö painottuu todentamiseen; STUK tarkastaa töistä laadittavia dokumentteja, haastattelee työntekijöitä ja seuraa töiden toteuttamista.

## Uusi laitostyyppi edellyttää erityistä seurantaa

Viranomaisvalvonnassa toteutetaan samoja periaatteita kuin muidenkin Suomen käyvien ydinvoimalaitosten valvonnassa. Tilanne on kuitenkin erilainen suhteessa käyviin laitoiksiin, kun kyseessä on uuden tyyppinen laitosmalli ja normaaliin tapaan laitoksen käyttö alkaa ydinteknisellä käyttöönotolla, jonka erityispiirteet pitää huomioida myös valvonnassa. Ydinvoimalaitoksen ohjaajat ovat osoittaneet lisensointiprosessilla pätevyytensä ja muutkin luvanvalvontajien työntekijät ovat perehtyneet uuden laitoksen käyttöön muun muassa osallistumalla koulutuksiin ja latausta edeltäviin koekäyttöihin. Uuden tyyppisen laitoksen käyttö ja luvanvalvontajien toiminta edellyttävät kuitenkin erityistä seuranta-

## STUKin valvonta keskittyy entistä enemmän luvanvalvontaan

Ydinvoimalaitoksen käytön aloitus tarkoittaa myös vastuusuhteiden ja toimintatapojen muutosta laitoksella. Turvallisuustekniset käyttöehdot astuvat voimaan ja valvomosta tehtäviä operaattoritoimenpiteitä saavat tehdä vain TVO:n lisensoidut ydinvoimalaitoksen ohjaajat. Ydinteknisen käyttöönoton aikana luvanvalvontajien on vastuussa laitoksen ydin- ja säteilyturvallisuudesta, mutta laitostoimittajalla on edelleen iso rooli käyttöönoton läpiviennissä. Muuttuvat vastuusuhteet ja toimintatavat tuovat haasteen ja useampi organisaatio on saatava toimimaan uusien toimintamallien mukaisesti.



**DI Essi Ahonen**  
OL3 projektipäällikkö  
Säteilyturvakeskus  
essi.ahonen@stuk.fi





*Primääripiirin tarkastus OL3:n Nuclear Circuit Cleaning (NCC) -käyttöönottokokeen jälkeen. NCC:ssä useita laitoksen prosessi- ja automaatiojärjestelmiä ajetaan yhtä aikaa.*

taa. Luvanhaltijan omistajuuden ja vastuun ottamisen on näyttävä laitoksen käytössä, kuten myös laitostoimittajan ja alihankkijoiden toiminnan ohjaamisessa ja puuttumisessa poikkeaviin toimintatapoihin.


Ydinteknisen käyttöönoton aikana saadaan paljon arvokasta tietoa laitoksen toiminnasta ja ominaispiirteistä. Näihin tietoihin voidaan joutua palaamaan useamman kymmenen käyttövuoden jälkeen, joten tulevaisuuden historiantuntemukseen tarvittava työ on tehtävä nyt. Tätä tietoa tarvitaan luvanhaltijan lisäksi myös viranomaisen puolella, joten valvonnan kohdentamisessa on huomioitava käyttöönottokokeiden seuranta merkittävimpien laitostokokeiden osalta.

### **Ajatusmallit ja toimintatavat muuttuvat**

Valvonnassa kiinnitetään huomiota myös siihen, miten projektivaiheessa luodut menetelyt ja järjestelmät päivitetään vastaamaan

koekäyttöä ja sen jälkeen normaalia käyttötoimintaa. Käytön aloitus tuo lisää vaatimuksia johtamisjärjestelmälle, esimerkiksi päätöksenteolle. Haaste on myös siirtyä projektivaiheesta ja laitostoimittajan menettelyistä sekä järjestelmistä TVO:n yhteiseen johtamisjärjestelmään, jossa OL3 ja OL1/2 menetelmät integroidaan niin, että myös vakiintuneisiin tapoihin saataisiin siirrettyksi hyviä käytäntöjä OL3-projektista. Muutosten läpivienti edellyttää aina aikaa ja arvioita niiden tuomista eduista, haitoista ja riskeistä. Toisaalta projektivaiheessa tarvittavat ohjeet ovat koostuneet sekä laitostoimittajan että luvanhaltijan toimintaohjeista, jolloin projektin päättyminen ja kaupallisen käytön aloitus suoraviivaistaa toimintaa ja sen kehittämistä, kun siirrytään luvanhaltijan omiin ohjeisiin ja järjestelmiin.

OL3-projektin muuttuvat vaiheet edellyttävät kaikilta osapuolilta sekä ajatusmallin että toimintatapojen muutosta käytön aloituksen myötä. Vaikka projektivaihe jatkuu kaupallisen käytön alkuun saakka, on laitosta käsiteltävä

latauksesta eteenpäin niin kuin muitakin käytäviä laitoksia. Ennen käytön aloitusta – latausta – ei saa olla enää isoja avoimia asioita ja laitoksen sekä käyttöön edellytettävien asioiden on oltava valmiina. Laitoksen käyttö aloitetaan niin sanotusti puhtaalta pöydältä ja puhtaana se on pidettävänäkin tai pystyttävä saattamaan puhtaaksi koko laitoksen käytön ajan. 

# Suomalainen konsensuaalinen hiljaisuus vastaan ruotsalainen kriittisyys: Sanomalehtikeskustelu KBS-3-loppusijoitusmenetelmän riskeistä Suomessa ja Ruotsissa 2008–2015

Petra Kuisma<sup>1</sup>, Tapio Litmanen<sup>1</sup>, Matti Kojo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Jyväskylän yliopisto, <sup>2</sup>Tampereen yliopisto

Artikkelissa vertaillaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta koskevaa riskikeskustelua sanomalehdissä Suomessa ja Ruotsissa. Aineisto kerättiin neljästä johtavasta sanomalehdestä vuosilta 2008–2015. KBS-3-loppusijoitusmenetelmän riskeistä uutisoitiin Ruotsissa Suomea enemmän. Ruotsissa asiantuntijat ja viranomaiset olivat useammin puhujina sanomalehtiaineistossa kuin Suomessa. Suomalaisien asiantuntijoiden laimea osallistuminen julkiseen keskusteluun herättää kysymyksiä siitä, jääkö piiloon epävarmuuksia ja ristiriitoja.

The article compares newspaper discussion concerning the risks of final disposal of spent nuclear fuel in Finland and Sweden. The data was collected from four leading newspapers in 2008–2015. More news items about the risks of the KBS-3 final disposal concept were reported in Sweden than in Finland. In Sweden, experts and authorities were more often as speakers in newspaper items than in Finland. Weak participation of Finnish experts in the public debate raises the question whether some uncertainties and contradictions stay hidden.

Suomen ydinvoimarakentaminen kiihdytti ydinjätekeskustelua vuosina 2008–2015, mutta silti KBS-3-loppusijoitusmenetelmän riskeistä uutisoitiin Ruotsissa Suomea enemmän. Sosiologi Petra Kuisma opinnäytetyössään [1] havaittiin, että Suomessa ei juuri keskustella teknologiasta, mikä näyttää viittaavan siihen, että luottamus teknologiaan on Suomessa vahvempaa. Ruotsissa taas loppusijoitusmenetelmän teknologisista riskeistä käydään määrällisempää keskustelua enemmän. Suomessa riskikeskustelu on yleisluonteisempaa ja Ruotsissa yksityiskohtaisempaa ja teknisempää.

Suomessa luvitusprosessi ei tuottanut vuosina 2008–2015 kovin paljon uutisia KBS-3-tekniikasta, mutta sen sijaan suurella yleisöllä on edelleen tarvetta keskustella, mikä näkyy mielipidekirjoittelun määrässä. Ydinvoiman vastustajien argumenttina ydinjätehuollon riskit ovat edelleen painava. Ruotsissa päätöksentekoprosessi tuotti tarkastelujaksolla 2008–2015 enemmän juttuja, mutta myös innosti asiantuntijoita ja viranomaisia useammin julkiseen keskusteluun. Tutkimuksessa havaittu suomalaisten asiantuntijoiden vähäinen osallistuminen julkiseen keskusteluun herättää kysymyksiä siitä, jääkö piiloon epävarmuuksia ja ristiriitoja.

Havaintojen pohjalta nousee myös jatkokysymyksiä. Miksi Suomi keskustelee kallioperästä ja ikeroudasta, kun taas Ruotsi puolestaan kuparikorroosiosta? Miksi suomalaismedia ei kiinnostu korroosiosta, vaikka loppusijoitusmenetelmä on sama kuin Ruotsissa? Suljemmeko me Suomessa silmät epämiellyttävältä todellisuudelta vai onko osa ruotsalaisista asiantuntijoista aivan väärillä jäljillä?

Vaikka tutkimustulosten takana on ainakin osittain ydinjätehuollon päätöksenteon erivaiheisuus sekä erilaiset institutionaaliset, oikeudelli-

set ja sääntelylliset tekijät, niin Ruotsin keskustelu on monipuolisempaa ja perustuu sallivampaan keskustelukulttuuriin. Keskusteluanalyysit kertovat myös ydinjätehuollon riskien hallinnasta ja turvallisuuden rakentamisesta. Loppusijoitus on ainutlaatuinen riskien hallinnan operaatio ihmiskunnan historiassa ja kurkottaa huikeasti yli tavanomaisen aikahorisonttimme. Voidaan olettaa, että tulevat sukupolvet kysyvät, miksi Suomessa oltiin hiljaa, kun olisi pitänyt uskaltautua rohkeammin pitkäaikaiseen kriittiseen julkiseen keskusteluun.

## Tavoite ja aineisto

Artikkelin tarkoituksena on tarkastella sitä, kuinka käytetyn ydinpolttoaineen riskejä vahvistetaan ja heikennetään loppusijoitusmenetelmää koskevassa sanomalehtikeskustelussa Suomessa ja Ruotsissa. Riskin vahvistamista ja heikentämistä tarkastellaan uutisoinnin määrän sekä artikkeleissa käytettyjen riskisignaalien, eli riskitietoa sisältävien viestien, kautta.

Riskin käsittelemistä sanomalehtikeskustelussa tarkastellaan kolmen tutkimuskysymyksen avulla:

1. Miten KBS-3-loppusijoitusmenetelmästä uutisoitiin Suomessa ja Ruotsissa vuosina 2008–2015?
2. Kuinka loppusijoitusmenetelmään liittyvää riskiä vahvistettiin ja heikennettiin mediakeskustelussa Suomessa ja Ruotsissa?
3. Millaisina loppusijoitusmenetelmään liittyvät vahvistetut ja heikennetyt riskit näyttäytyvät sanomalehti uutisoinnissa Suomessa ja Ruotsissa?

Aineistona on kahden suomalaisen, Helsingin Sanomien sekä Aamulehden, ja kahden ruotsalaisen, Dagens Nyheterin sekä Svenska Dagbladetin, sanomalehden KBS-3-loppusijoitusmenetelmän riskejä käsitelleet uutiset ja mielipidetekstit, jotka ilmestyivät vuosien 2008–2015 aikana [2]. Juttuja oli yhteensä 75 kappaletta, joista 33 oli suomalaisista lehdistä ja 42 ruotsalaisista.

### Riskin sosiaalinen vahvistaminen ja heikentäminen

SARF-teoria (The Social Amplification/Attenuation of Risk Framework) kehitettiin yhdistelemään eri riskiteorioiden lähestymistapoja ja luomaan siten uusi riskiteoria, jossa on huomioitu riskikäsitysten psykologinen, sosiaalinen ja kulttuurinen puoli tieteellis-teknisten riskimääritelmien lisäksi. Riski määritellään sekä sosiaalisesti konstruktioksi että objektiiviseksi harmiksi. Riskiä ei käsitetä vain fyysisen harmin kokemiseksi, vaan kokemus riskistä nähdään myös prosessina, jossa yksilöt ja ryhmät oppivat käyttämään tai luomaan tulkintoja riskeistä. [3, s. 39]

Teoreettisena työkaluna SARF kuvaa sitä, kuinka yhteiskunnallisessa kommunikaatiossa riskejä hahmotetaan ja tulkitaan, mutta myös vahvistetaan ja heikennetään [4, 5]. Teorian perusajatus on, että vaarallisista asioista tai tapahtumista tuotetut esitykset ovat vuorovaikutuksessa psykologisten, sosiaalisten, institutionaalisten ja kulttuuristen prosessien kanssa siten, että ne voivat heikentää (vähentää) tai vahvistaa (lisätä) riskien hahmottamista ja tätä kautta vaikuttaa myös käyttäytymiseen [6].

Tietoa ja kuvauksia riskeistä välitetään signaalien avulla. Signaali on riski-informaatiota sisältävä viesti, joka vaikuttaa ihmisten riskikäsitteisiin. [7, s. 60] Signaaleja voivat olla esimerkiksi sanavalinnat, kuvat, symbolit ja metaforat. Riskitapahtumaan liittyvien signaalien avulla arvioidaan tapahtumaan liittyvän riskin merkitystä. Jos riski koetaan vahvaksi, se vahvistuu ja saa usein aikaan laajempia sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia. Riskisignaali kulkevat riskejä vahvistavien tai heikentävien keskuksien (amplification station) kautta. Keskuksia ovat esimerkiksi media, instituutiot, asiantuntijaorganisaatiot tai muut sosiaaliset ryhmittymät. [4, s. 186]

Riskitapahtuman kantama signaaliarvo riippuu tapahtuman ja siihen liittyvän riskin luonteesta. Korkean signaaliarvon saavat tapahtumat ovat aikaisemmasta poikkeavia, tuntemattomia ja huonosti tunnettuja. Kaspersonin [4, s. 185–186] mukaan ydinvoimaan liittyvä riski-informaatio saa usein korkean signaaliarvon siksi, ettei siihen liittyviä riskejä ymmärretä hyvin eikä niitä koeta hallittaviksi tai kunnolla hallituiksi. Korkeaa signaaliarvoa kantavia riskitapahtumia ovat myös tieteelliset

kiistat, joiden aikana välittyvät signaalit viestivät asiantuntijayhteisön epävarmuudesta tutkittavaan ilmiöön liittyvien riskien tasosta.

### Sanomalehtihuomion määrä, juttutyypit ja puhujat

Riskikeskustelua tutkittiin sekä määrällisesti että laadullisesti. Määrällinen sisällönerittely toteutettiin erittelemällä uutisoinnin määrää, artikkelityyppejä sekä puhujia. Laadullinen sisällönanalyysi toteutettiin taas SARF-teorian kehyksessä teorialähtöisen sisällönanalyysin avulla. Analyysissa eriteltiin riskisignaaleja, joilla loppusijoitusmenetelmään liittyviä riskejä vahvistetaan ja heikennetään.

Riskikeskustelu loppusijoitusmenetelmästä voidaan tiivistää sekä Suomessa että Ruotsissa kolmeen teemaan. Riskeinä nähtiin (1) kuparikapselien kestävyteen liittyvät epävarmuustekijät, (2) kalliioon ja ikiroutaan liittyvät epäselvyydet sekä (3) ympäristöön, terveyteen ja arvoihin liittyvät kysymykset. Lisäksi loppusijoitusmenetelmään liittyvistä riskeistä keskusteltiin yleisemmällä tasolla riskien kohdetta tarkemmin erittelemättä. Teemat on eritelty kuvassa 1.

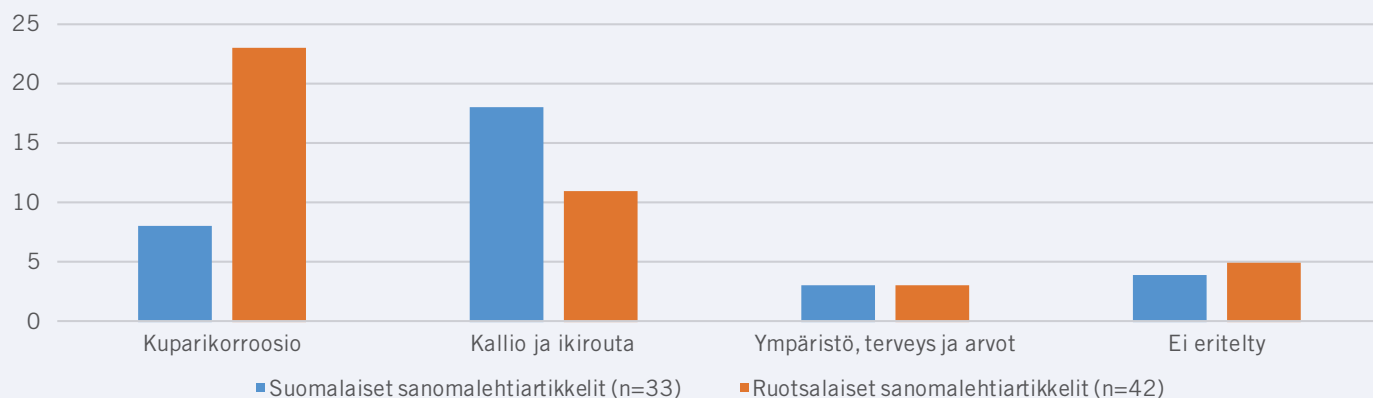
Kuvasta 1 nähdään, että kuparin kestävyteen ja korroosioon liittyviä kysymyksiä käsiteltiin enemmän ruotsalaisissa kuin suomalaisissa sanomalehdissä. Ruotsalaisissa sanomalehdissä näitä artikkeleita oli 23 kappaletta, eli noin 55 prosentissa ruotsalaislehtien riskejä käsitelleistä artikkeleista. Suomalaisissa sanomalehdissä kuparikorroosiota käsitteleviä artikkeleita oli kahdeksan kappaletta, eli osuus suomalaislehtien riskiaiheisista artikkeleista oli noin 24 prosenttia.

Sen sijaan kalliota ja ikiroutaa käsitteleviä artikkeleita oli suomalaisissa sanomalehdissä määrällisesti ja suhteellisesti enemmän loppusijoitusmenetelmän riskejä käsitelleistä artikkeleista kuin ruotsalaisissa sanomalehdissä. Suomalaisissa sanomalehdissä kalliota ja ikiroutaa käsitelleitä riski-artikkeleita oli noin 55 prosenttia kaikista riskejä käsitelleistä artikkeleista, kun taas ruotsalaisissa sanomalehdissä osuus oli noin 26 prosenttia.

KBS-3-loppusijoitusmenetelmän riskeistä uutisoitiin suomalaisissa sanomalehdissä yhteensä 33 artikkelissa ja ruotsalaisissa sanomalehdissä yhteensä 42 artikkelissa vuosien 2008–2015 aikana. Kuva 2 havainnollistaa loppusijoitusmenetelmän riskeihin liittyvien artikkeleiden syklisyyttä kyseisellä aikavälillä. Kuvasta nähdään, että keskustelu riskeistä lisääntyi sekä Suomessa että Ruotsissa vuosikymmenen alussa olleeseen juttupiikkiin asti, minkä jälkeen huomio on molemmissa maissa melko tasaisesti vähentynyt.

On mielenkiintoista havaita, että kun Ruotsissa juttupiikki osui vuoteen 2011, jolloin SKB jätti hakemuksensa, niin vastaavasti Suomessa piikki

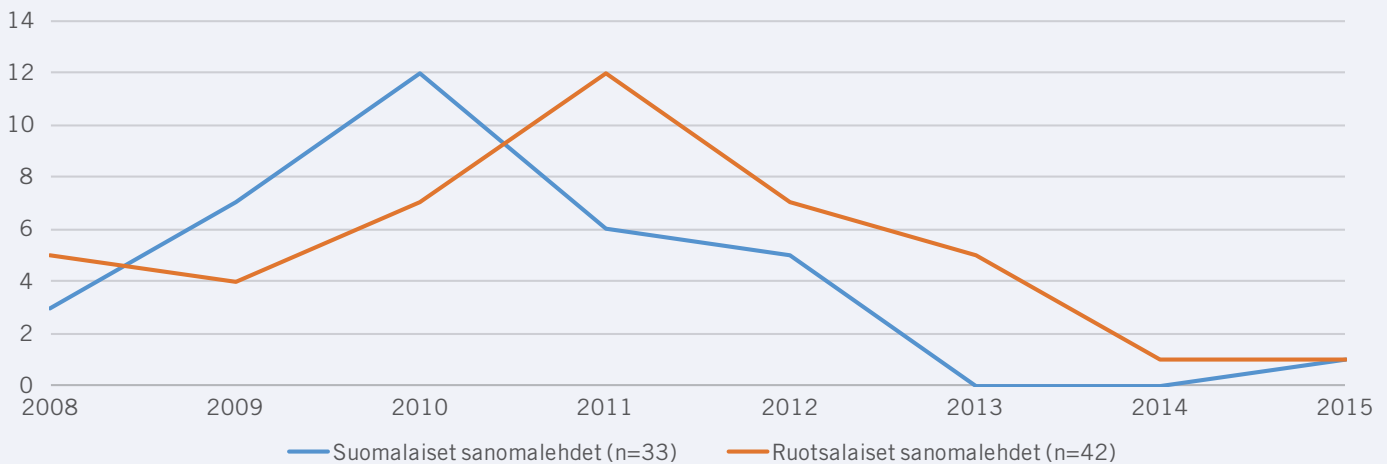
### Loppusijoitusmenetelmään liittyvien riskien teemat



Kuva 1. KBS-3-loppusijoitusmenetelmän riskikeskustelun teemat suomalaisissa ja ruotsalaisissa sanomalehtiartikkeleissa vuosina 2008–2015.



## Uutisointi KBS-3-loppusijoitusmenetelmään liittyvistä riskeistä



Kuva 2. KBS-3-loppusijoitusmenetelmään liittyvä riskiuutisointi suomalaisissa ja ruotsalaisissa sanomalehdissä vuosina 2008–2015.

osui vuoteen 2010, jolloin eduskunnan käsittelyssä oli kolmen yhtiön ydinvoimahakemukset eikä vuoteen 2012, jolloin Posiva jätti hakemuksensa. Suomessa keskustelu loppusijoituksen riskeistä kytkeytyi keskusteluun lisäydinvoiman rakentamisesta. KBS-3-loppusijoitusmenetelmän riskejä käsittelevien artikkelien osuus oli suomalaislehdissä noin kahdeksan prosenttia kokonaisjuttumäärästä ydinjätteestä. Ruotsalaislehdissä taas loppusijoitusmenetelmän riskejä käsittelevien artikkelien osuus oli noin 20 prosenttia.

Tutkimusaineistossa rajauduttiin kahteen eri juttutyypin, uutisiin ja yleisömielipiteisiin. Suomalaisessa aineistoissa uutisten osuus oli 51 prosenttia ja yleisömielipiteiden osuus 48 prosenttia, kun taas ruotsalaisessa aineistossa uutisten osuus oli 74 prosenttia ja yleisömielipiteiden osuus 26 prosenttia. Suomalaislehdissä uutisia ja mielipidekirjoituksia oli siis melko sama määrä, kun taas ruotsalaisissa sanomalehdissä uutisia oli lähes kolminkertaisesti yleisömielipiteiden osuuteen nähden.

Puhujina uutisissa ja mielipideteksteissä toimivat teollisuuden edustajat, viranomaiset, asiantuntijat, kansalaisjärjestöt ja niiden edustajat, Suomen ja Ruotsin kansallisen tason poliitikot ja puolueiden valtakunnalliset järjestöt, kunnat ja niiden edustajat, yksittäiset kansalaiset sekä muut puhujat, kuten journalistit itse tai muiden maiden edustajat. Yhdessä artikkelissa saattoi olla useampi kuin yksi puhuja. Eri puhujien osuus suomalaisissa ja ruotsalaisissa sanomalehdissä on esitetty kuvassa 3.

Kuvasta 3 nähdään, että teollisuustoimijoiden, kansalaisjärjestöjen, kuntien edustajien ja muiden puhujien osuudet ovat suomalaisissa ja ruotsalaisissa sanomalehdissä melko samanlaiset. Suurimmat erot puhujaryhmissä suomalaisten ja ruotsalaisten sanomalehtien puhujien osuuksissa löytyvät yksittäisten kansalaisten, viranomaisten, asiantuntijoiden ja poliitikkojen osuudessa puhujien määrästä.

### Riskien vahvistaminen ja heikentäminen

Riskikeskustelua tarkasteltiin laadullisesti SARF-teorian viitekehyksessä etsimällä loppusijoitusmenetelmän riskejä vahvistavia tai heikentäviä riskisignaaleja. Suomalaisesta sanomalehtiaineistosta nousi esiin neljä erilaista tapaa argumentoida KBS-3-loppusijoitusmenetelmään liittyvistä riskeistä, eli toisin sanoen neljä eri riskisignaalia, joiden sisällä loppusijoitusmenetelmään liittyviä riskejä joko vahvistettiin, heikennettiin tai käsiteltiin neutraalilla tavalla.

Kahdessa ensimmäisessä suomalaislehdistä löytyneessä riskisignaalisissa riskejä joko vahvistettiin tai niitä käsiteltiin neutraalisti ja kahdessa viimeisessä riskisignaalisissa riskejä joko heikennettiin tai käsiteltiin neutraalisti. Ruotsalaisesta sanomalehtiaineistosta löytyi myös suomalaislehdissä esiintyneet kolme ensimmäistä riskisignaalia, mutta neljättä riskisignaalia ei ruotsalaislehdissä käytetty.

### Epävarmuutta aiheuttavat riskit

Ensimmäisessä riskisignaalisissa keskityttiin KBS-3-loppusijoitusmenetelmään liittyviin teknologisiin epävarmuustekijöihin ja avoimiin kysymyksiin, joiden nojalla menetelmään liittyviä riskejä joko vahvistettiin tai käsiteltiin neutraalisti. Artikkelit keskittyivät suurimmalta osin kupari-korroosiota käsitteleviin tutkimuksiin, joiden nähtiin kumoavan aiemmat arviot loppusijoitusmenetelmään liittyvien riskien tasosta ja jotka siten loivat epävarmuutta menetelmän turvallisuudesta.

Turvallisuus näyttäytyy tässä riskisignaalisissa riskin poissaolona. Riskien pelkkää tiedostamista tai hallintakeinoja ei koeta turvallisuutta tuottavaksi ja riskejä poistavaksi tekijäksi. Riskiä ei näissä puheenvuoroissa koeta hallittavaksi, mikä ilmenee tutkimustuloksien ja turvallisuusraporttien epäilyinä. Turvallisuus pohjautuu epäselvien teknologisten seikkojen selvittämiseen. Teksteissä ilmenee siis epäluottamusta teknologiaa kohtaan. Epäluottamus kohdistuu puheenvuoroissa teknologiaan eikä niinkään tietoa tuottavia organisaatioita kohtaan.

*”Maakuntahallituksen mukaan kuparivaippaiset kapselit eivät ole niin turvallisia kuin aiemmin on esitetty. Kupari voi ruostua puhki niissä syvyysoloissa, jollaisiin ydinjäte aiotaan loppusijoittaa.”* Aamulehti 15.7.2009

Ruotsalaisissa sanomalehdissä ominaista oli lisätutkimuksen tekemisen vaatiminen ja erityisesti muiden mahdollisten loppusijoitusmenetelmien tutkiminen. KBS-3-loppusijoitusmenetelmää ja sen käyttämistä loppusijoituksessa ei kuitenkaan vastusteta, vaan siihen liittyviä riskejä ei hyväksytä ja niihin liittyvästä epävarmuudesta pyritään pääsemään eroon.

*”Enligt rådet måste SKB visa att metoden är överlägsen genom jämförelser med andra metoder, till exempel förvaring i djupa borrhål. Dessutom vill rådet se fler studier av kvaliteten på leran och kopparkapslarna.”* Svenska Dagbladet 14.2.2011

### Turvallisuuden vaarantavat riskit

Toisessa riskisignaalisissa korostuivat sosiaaliset ja ekologiset näkemykset loppusijoitusmenetelmään liittyvistä riskeistä ja riskisignaali sisäl-

si vain riskiä vahvistavia puheenvuoroja. Näissä artikkeleissa KBS-3-loppusijoitusmenetelmään liittyviä riskejä vahvistettiin korostamalla ihmisen ja ympäristön turvallisuuden vaarantumista. Riskejä vahvistettiin muun muassa korostamalla radioaktiivisen säteilyn vaikutusta ihmisten terveyteen, ympäristön saastumista sekä eettisiä näkökulmia kuten vastuuta tulevista sukupolvista.

Kun ensimmäisessä riskisignaaliassa turvallisuus rakentui lisätutkimuksen tekemisellä, oli toisessa riskisignaaliassa turvallisuuden ehtona se, ettei KBS-3-loppusijoitusmenetelmää käytetä ydinjätteen loppusijoitukseen. KBS-3-menetelmään liittyvät riskit eivät näyttäyty riskisignaaliassa hallittavina eikä kuparikorroosioon liittyvän lisätutkimuksen tekemistä koeta riskejä vähentäväksi asiaksi.

*”Tosiasiaa ydinjäteongelma haudataan syvälle maan poveen tulevien sukupolvien riesaksi. Ydinvoimayhtiöillä ei ole oikeutta vaarantaa tulevaisuuden ihmisten elinmahdollisuuksia.”* Helsingin Sanomat 15.5.2008

Myös toista riskisignaalia käyttäneissä artikkeleissa ilmeni epäluottamusta, mutta epäluottamuksen kohteena oli ensimmäisestä riskisignaalista poiketen teollisuuden toimijoiden tuottamat turvallisuusarviot. Teollisuustoimijoihin viitattiin toista riskisignaalia käyttäneissä artikkeleissa usein omaa etuaan ajavina toimijoina sen sijaan, että loppusijoituksessa pyrittäisiin turvaamaan nykyisten ja tulevien sukupolvien turvallisuus. Ruotsalaislehdissä erityistä riskisignaalia käyttäneille artikkeleille oli se, että epäluottamus näyttäytyi myös vaatimuksena riippumattoman tutkimuksen tekemisestä.

*”Min bedömning är att det krävs minst tio års förutsättningslös forskning på kapselmateriäl för att uppnå den kunskapsnivån. - - Man kan konstatera att SKB har haft 30 år på sig för att bedriva denna forskning, men står och stampar på samma fläck. Denna forskning bör därför ej bedrivas av SKB utan av andra instanser.”* Dagens Nyheter 30.7.2010

### Hyväksyttävät riskit

Kolmas riskisignaali sisälsi joko neutraaleja tai riskejä heikentäviä puheenvuoroja. Kun riskiä edellisten riskisignaalien sisällä vahvistaneissa

artikkeleissa ei hyväksytty minkäänlaista loppusijoitusmenetelmään liittyvää riskiä tai epävarmuutta, keskityttiin kolmannessa riskisignaaliassa keskusteluun hyväksyttävän riskin tasosta. Loppusijoitusmenetelmään liittyvät riskit nähtiin ydinvoiman oheen kuuluvana, ratkaistavissa olevana asiana ja KBS-3-loppusijoitusmenetelmä kehystettiin ydinjätteen loppusijoituksen mahdollistavana tekijänä.

*”På detta sätt menar vi att vi bidrar till just det som Börje Skjoldhammer efterlyser i sin insändare: att lösa slutförvarsfrågan. Avfallet finns. Det gör också en metod för säker slutförvaring baserad på 30 års gedigen forskning av svenska och internationella experter.”* Dagens Nyheter 13.10.2010

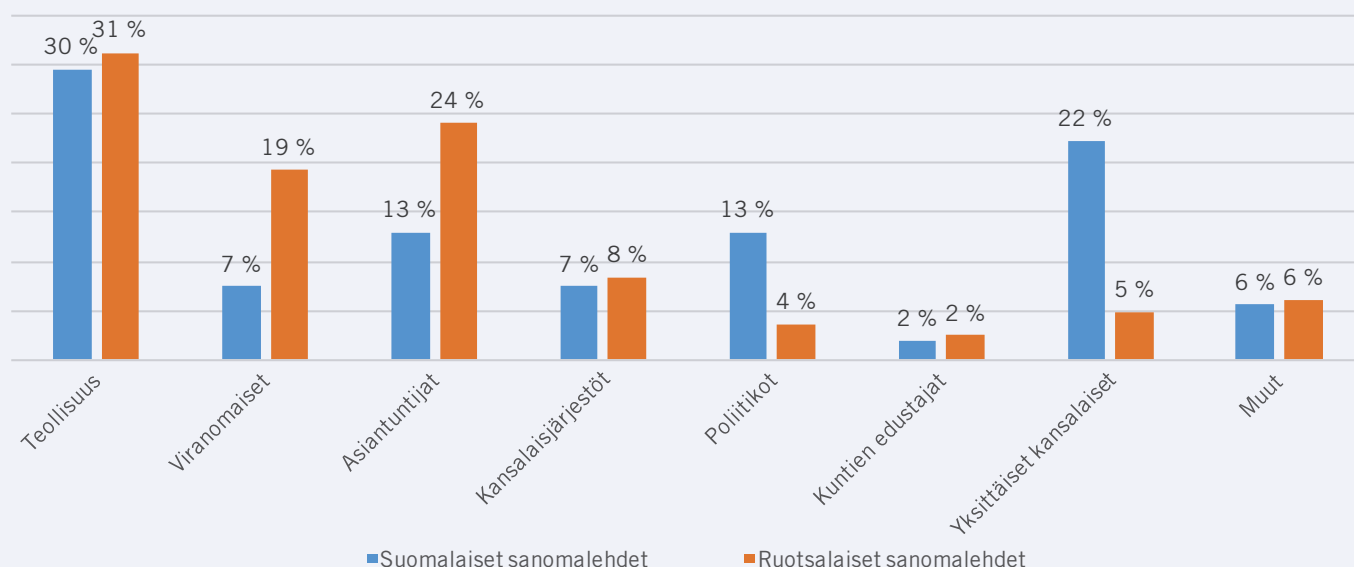
Riskiksi määrittetty ensimmäisen riskisignaalin tapaan loppusijoitusmenetelmän avoimet tekniset kysymykset, mutta riski ei kohdistu teknologian puutteellisuuteen, vaan on pikemminkin fyysisen ympäristön ominaisuus. Tätä riskisignaalia käyttäneissä artikkeleissa KBS-3-loppusijoitusmenetelmään liittyviksi riskeiksi luokiteltiin useammin kallioon ja ikiroutaan liittyviä kysymyksiä kuin edellisissä riskisignaaleissa, joissa keskustelu keskittyi enemmän kuparikorroosioon liittyviin tutkimuksiin.

Turvallisuus rakentuu näissä puheenvuoroissa ihmisen toiminnan ympärille. Turvallisuuden rakentuminen pohjautuu tietoon ja se lisääntyy lisätutkimusta tekemällä ja hallinnan mekanismeja kehittämällä. KBS-3-loppusijoitusmenetelmään liittyviä riskejä heikennettiin erityisesti korostamalla tieteellisen tutkimuksen merkitystä loppusijoitusmenetelmän turvallisuusseikkoja varmistettaessa ja korostamalla siten asiantuntijuutta menetelmään liittyvien riskien hallinnassa.

*”Loppusijoituksen suunnitteluperusteiden mukaan loppusijoitustunnelisto rakennetaan ehyeseen ja kiinteään kallioon, jonka olemassaolo loppusijoitussyvytydellä varmistetaan tutkimuksin. Posivalla on pitkäaikainen kokemus kallion tutkimuksesta. Sijoituspaikkatutkimuksia tehtiin 1980–1990-luvuilla eri paikkakunnilla ja niiden tavoitteena oli löytää juuri mainitunkaltaista kalliota.”* Helsingin Sanomat 9.11.2009

Riskien hyväksyttävyyys ilmensi teksteissä myös luottamusta tekno-

### Puhujat ydinjätteen loppusijoitusmenetelmään liittyviä riskejä käsitelleissä artikkeleissa



Kuva 3. Puhujat artikkeleissa, joissa käsitellään KBS-3-loppusijoitusmenetelmään liittyviä riskejä suomalaisissa ja ruotsalaisissa sanomalehdissä vuosina 2008–2015.

logiaan. Luottamus näyttäytyi artikkeleissa siinä, että loppusijoitusmenetelmää ollaan valmiita käyttämään, vaikka siihen sisältyisi riskejä.

*"Hankkeeseen liittyy monenlaisia asioita. Emme voi sano, että tietäsimme kaiken tässä vaiheessa. Tutkimusta jatketaan varmasti sittenkin, kun laitoksen käyttö alkaa, Heinonen toteaa."* Aamulehti 13.2.2015

### **Epärealistiset riskit**

Neljännessä riskisignaaliassa keskityttiin muissa puheenvuoroissa esitettyihin riskien kumoamiseen, niiden pienuuden osoittamiseen ja lopulta riskejä vahvistaneiden puhujien asiantuntijuuden kyseenalaistamiseen. KBS-3-loppusijoitusmenetelmään liittyvät riskit esitetään artikkeleissa olevan ratkaistu, eikä loppusijoitusmenetelmään juuri liitetä riskiominaisuutta.

*"Aamulehdessä 31.3. olleesta ydinvoimajutusta jäi muutamia kysymyksiä vaivaamaan. Ydinjätteen loppusijoituksen vertailu Wasa-laivan kolkoiden säilymiseen on vähintäänkin ontuvaa. Kapseloinnissa käytetään myös keraamisia aineita suojana. Välimerestä on nostettu tuhansia vuosia vanhoja keraamisia astioita, jotka pesun jälkeen ovat uutta vastaavia, vaikka suolapitoisuus on kymmenkertainen."* Aamulehti 1.4.2010

Turvallisuus rakentuu tätä riskisignaalia käyttäneissä artikkeleissa luottamuksena teknologian toimivuuteen ja toisaalta kehittymiseen tulevaisuudessa. Mahdollinen riski koetaan siten hallittavaksi ja teknisen kehityksen nojalla hyväksyttäväksi. Luottamus osoittautuu luottamukseksi sekä teknologiaan että alan asiantuntijoihin.

*"Lähimpien vuosikymmenien aikana saataneen ydinjätteen käsittely ratkaistua, joten lähes hysteerinen pelko tuhansien vuosien säteilyuhasta näyttää onneksi aiheettomalta."* Helsingin Sanomat 15.5.2010

### **Johtopäätökset**

Tulokset osoittavat, miten Suomen ydinvoimarakentaminen kiihdyttää ydinjätteenkustelua. Maaliskuussa 2011 SKB:n jättämä hakemus lisäsi ydinjätteenkustelua Ruotsissa, mutta Suomessa joulukuussa 2012 Posivan jättämä hakemus ei tuottanut vastaavaa lisäystä mediakeskusteluun, sillä huippuvuosi oli jo vuonna 2010, jolloin eduskunta keskusteli voimayhtiöiden ydinvoimalahakemuksista.

KBS-3-loppusijoitusmenetelmän riskeistä keskusteltiin Ruotsissa Suomea enemmän. Ylipäänsä luottamus valittuun teknologiaan näyttää olevan Suomessa vahvempaa. Ruotsissa taas loppusijoitusmenetelmän tekniset riskit näyttävät määrittävän enemmän julkisessa keskustelussa. Samoin havaittiin, että Suomessa riskikeskustelu on yleisluonteisempaa ja Ruotsissa yksityiskohtaisempaa ja teknisempää. Suomessa luvitusprosessin rakentamislupavaihe ei tuottanut niin paljon uutisia KBS-3 tekniikasta, mutta sen sijaan suuri yleisö kävi edelleen keskustelua mielipidepalstoilla. Ydinvoiman vastustajien argumenttina ydinjätteenhuollon riskit ovat edelleen painava.

Tarkastelun kohteena olleella ajanjaksolla päätöksentekoprosessi tuotti Ruotsissa enemmän uutisointia, mutta myös innosti asiantuntijoita ja viranomaisia enemmän julkisuuteen. Kun Suomessa valtioneuvoston periaatepäätöksen ja rakentamisluvan jälkeen päätöksenteko nähtiin enemmän teknisenä, niin asiantuntijat ja viranomaiset eivät ehkä kokeneet tarvetta osallistua julkiseen keskusteluun. Ruotsissa taas päätöksenteko on eri vaiheessa, mikä voisi osaltaan tuottaa asiantuntijoiden ja viranomaisten aktiivisuutta. Toisaalta taas on hyvä huomioida myös se, että ruotsalaistoimittajat kenties pyrkivät hanakammin saamaan edellä mainittuja toimijaryhmiä esiin.

Kaikesta huolimatta on yllättävää, että asiantuntijat eivät keskustele riskeistä julkisuudessa Suomessa yhtä usein kuin Ruotsissa. Tulokset herättävät kysymyksiä siitä, ovatko asiantuntijat tosiaankin näin yksi-

mielisiä Suomessa? Toisaalta Karvonen kysyy artikkelissaan [8], ovatko yksittäisen sektoritutkimuslaitoksen, kuten Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen (VTT), asiantuntijat vapaita kommentoimaan julkisuudessa erityisesti oman asiantuntemuksensa piiriin kuuluvia asioita.

Karvosen tutkimuksen taustalla on Helsingin Sanomien uutisoima kansallinen kohu siitä, kuinka joukko VTT:n tutkijoita koki tulleeensa painostetuiksi ja kuinka uutisointi VTT:n tutkijoiden vaintamispyrkimyksistä eteni eduskunnan oikeusasiamiehen käsittelyyn pohdintana siitä, onko VTT:n tutkijoiden sananvapautta loukattu (tutkijoiden osallistumisesta julkiseen keskusteluun ks. myös [9, 10]). Samat kysymykset koskevat myös Säteilyturvakeskuksen, Posivan ja heidän toimeksiantonatan tutkimuksia tekevien organisaatioiden toimintaa. Onko viestintästrategia salliva ja mahdollistava ja voivatko asiantuntijat ja tutkijat aidosti osallistua julkiseen keskusteluun? Tulisi myös pohtia, miten luvituksen käytännöt (esim. ns. esiluvitus, pre-review) olisivat läpinäkyviä ja palvelisivat paremmin julkista keskustelua, eivätkä sulkisi riskikeskustelua vain asiantuntijoiden väliseksi [11].

Heikohko osallistuminen julkiseen keskusteluun ei ole hyvä asia, jos se jättää piiloon epävarmuuksia ja ristiriitoja. Asiantuntijoiden ei pitäisi pelätä julkista riskikeskustelua, vaikka uhkana olisikin leimaantuminen esimerkiksi ydinvoiman vastustajaksi. Tulosten pohjalta on syytä pohtia, eikö julkista demokraattista keskustelua arvosteta ja miksi kriittisten asioiden esittäjä pyritään leimaamaan, vaikka taustalla olisi pyrkimys koetella valittuja teknisiä ratkaisuja sekä niitä tukevia toimijatahoja ja tutkimuksia. Avoimessa yhteiskunnassa riskiaviestinnän ei tulisi jäädä vain asiantuntijoiden ja viranomaisten väliseksi.

Havaintojen pohjalta herää myös kysymys, miksi Suomi keskustele kallioperästä ja ikiroudasta, kun taas Ruotsi puolestaan kuparikorroosiosta? Onko kenties niin, että suomalaisessa julkisuudessa ydinjätteenhuoltoa kehittävien asiantuntijatahojen kannalta on parempi keskustella kallioperän ja ikiroudan riskeistä kuin kuparikorroosion riskeistä? Vai onko tässä enemmän kyse siitä, mitkä ovat hankkeen kriitikoiden osaamisalueet ja resurssit? Toisaalta hyvä on pohtia myös sitä, mitä kupari versus ikirouta -keskustelu kertoo Suomen ja Ruotsin hallintajärjestelmistä sekä asiantuntijapiirien rajallisuudesta, jos näitä verrataan suurempiin ydinvoimamaihin kuten Ranskaan ja Yhdysvaltoihin.

Lisäksi tulokset pakottavat kysymään, miksi kuparin "ruostuminen" ei ole ongelma Suomessa? Tämän riskikysymyksen käsittelemättä jättäminen kohdistaa myös huomion mediaan. Miksi suomalaismedia ei kiinnostu aiheesta, vaikka sama teknologinen ratkaisu Ruotsissa tuottaa huolta ja kritiikkiä? Näyttää siltä, että Suomessa koetaan tai halutaan vakiinnuttaa käsitys, että poliittisen päätöksen myötä asia on "ratkaistu" ja silloin keskustelu myöhemmistä päätöksentekovaiheista jää asiantuntijoille? Pahimmillaan tämä tapa toimia voi olla päänsä pensaaseen pistämistä ja silmien sulkemista epämiellyttävältä todellisuudelta? On ongelmallista, jos Ruotsissa kuparikorroosion riskeistä tuleekin päätöksentekoprosessin keskeyttäjä [12, 13, 14], vaikka Suomessa Posiva on saanut rakentamisluvan. Toisaalta Säteilyturvakeskus edellyttää tutkimus- ja kehitystoimenpiteitä muun muassa loppusijoituskapselin kuparin korroosionkestävyydestä ennen käyttöluopahakemuksen jättämistä [15, s. 42].

Vaikka tutkimustulosten takana on ainakin osittain ydinjätteenhuollon päätöksenteon erivaiheisuus sekä erilaiset institutionaaliset, oikeudelliset ja hallinnollis-sääntelylliset tekijät, niin Ruotsin keskustelu on monipuolisempaa ja perustuu sallivampaan keskustelukulttuuriin. Asiantuntijoiden oletetaan ja toivotaan esittävän julkisesti näkemyksiään, myös kriittisiä, jotta asiat tulevat kartoitetuiksi eivät tukahtutetuiksi.

On uskallettava kysyä itseltämme, mitä "suomalainen hiljaisuus" kertoo ydinjätteenhuollon riskien hallinnasta ja turvallisuuden rakentami-



sesta. Hanke on ainutlaatuinen riskienhallinnan operaatio ihmiskunnan historiassa ja kirkottaa huikaisesti yli tavanomaisen aikahorisonttimme. Voi olettaa, että tulevat sukupolvet kysyvät, miksi Suomessa oltiin hiljaa, kun olisi pitänyt uskaltautua rohkeammin kriittiseen julkiseen keskusteluun.

### Kiitokset

Sanomalehtiaineisto kerättiin KYT2018-tutkimusohjelman hankkeessa ”Turvallisuuden hallinta Suomen ja Ruotsin ydinjäteregeimeissä” sekä Suomen Akatemian hankkeessa ”Yhteiskunnallis-institutionaalinen ydinpolttoainesyökin sääntely Suomessa ja Ruotsissa” (no. 253332).

### Viitteet

- [1] Kuisma, P. (2018) Sanomalehtikeskustelu ydinjätteen KBS-3-loppusijoitusmenetelmän riskeistä Suomessa ja Ruotsissa. Pro gradu -tutkielma. Sosiologia. Jyväskylän yliopisto. Yhteiskuntatieteiden ja filosofian laitos.
- [2] Kojo, M, Kari, M, Litmanen, T & Vilhunen, T. (in review) Forerunner countries debating the justice of final disposal of SNF: Comparison of print media attention in Finland and Sweden.
- [3] Renn, O. (2008) Risk Governance: Coping with Uncertainty in a Complex World. The Earthscan Risk in Society Series, London, Sterling, VA.
- [4] Kasperson, R E., Renn, O, Slovic, P, Brown, H S., Emel, J, Goble, R, Kasperson, J X., Ratick, S. (1988) The social amplification of risk: A conceptual framework. *Risk Analysis*, 8 (2), 177–187. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1988.tb01168.x>. Luettu 25.6.2019.
- [5] Pidgeon, N, Kasperson, R E, Slovic, P. (2002) The social amplification of risk. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [6] Pidgeon, N. & Henwood, K. (2010) Chapter 4. The Social Amplification of Risk Framework (SARF): Theory, Critiques, and Policy Implications. Teoksessa *Risk Communication and Public Health*. Peter Bennett, Kenneth Calman, Sarah Curtis, and Denis Fischbacher-Smith (toim.). Oxford Scholarship Online. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199562848.001.0001
- [7] Kasperson, R. (2012) The social amplification of risk and low-level radiation. *Bulletin of the Atomic Scientists* 68:3, 59–66.
- [8] Karvonen E. (2011) Tieteen ja liiketoiminnan periaatteet törmäyskursilla: Sensuroiko VTT tutkijoitaan? Teoksessa *Kivimäki, Sanna. Ed. Journalismin kritiikin vuosikirja 2011. Media & viestintä 1/2011*. Tampere, Tampereen yliopisto, 163–175.
- [9] Karvonen E. (2014) Tiede tuottaa todellisuutta – kenen etujen mukaan ja kuinka eettisesti? Teoksessa *Muhonen R. & Puuska H-M. toim. Tutkimuksen kannallinen tehtävä. Vastapaino, Tampere*, 53–86.
- [10] Väliverronen, E. (2015) Tiedeviestintä ja asiantuntijuus – tutkijoiden muuttuva suhde julkisuuteen. *Yhteiskuntapolitiikka* 80(3), 221–232. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2015061710385>. Luettu 25.6.2019.
- [11] Mäenalanen, P. (2019) Regulatory control in the construction of spent fuel disposal facility in Finland. Paper no 117 presented at the International Conference on the Management of Spent Fuel from Nuclear Power Reactors: Learning from the Past, Enabling the future. Vienna International Centre, Vienna, Austria, 24–28 June 2019.
- [12] Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning MKG. (2019) SKB sends complementary information on copper corrosion to the government, julkaistu 4. huhtikuuta, <http://www.mkg.se/en/skb-sends-complementary-information-on-copper-corrosion-to-the-government>. Luettu 27.6.2019.
- [13] Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning MKG. (2019) SKB yttrar sig till regeringen om kopparkorrosion: ”Fortfarande inget problem”, julkaistu 4. huhtikuuta. <http://www.mkg.se/skb-yttrar-sig-till-regeringen-om-kopparkorrosion-fortfarande-ingenet-problem>. Luettu 27.6.2019.
- [14] MMD. (2018) Mark- och miljödomstolen lämnar ett yttrande till regeringen i målet om ett slutförvar för kärnavfall. Mark- och miljödomstolen, Nacka Tingsrätt, Sveriges Domstolar. <http://www.nackatingsratt.domstol.se/Om-tingsratten/Nyheter-och-pressmeddelanden/Mark-och-miljodomsstolen-lamnar-ett-yttrande-till-regeringen-i-malet-om-ett-slutforvar-for-karnavfall/>. Luettu 25.6.2019.
- [15] STUK. (2015) Säteilyturvakokeskuksen turvallisuusarvio Posivan rakentamislupahakemuksesta 11.2.2015. <https://www.stuk.fi/documents/12547/207522/stukin-turvallisuusarvio-posivan-rakentamislupahakemuksesta.pdf/c92122fb-8232-4e1a-88e1-448746d0d86a>. Luettu 25.6.2019.

### Kirjoittajat



**YTM Petra Kuisma**  
Jyväskylän yliopisto,  
yhteiskuntatieteiden ja filosofian laitos  
[petra.p.kuisma@juu.fi](mailto:petra.p.kuisma@juu.fi)



**YTT, dosentti Tapio Litmanen**  
Sosiologian professori  
Jyväskylän yliopisto,  
yhteiskuntatieteiden ja filosofian laitos  
[tapio.a.litmanen@juu.fi](mailto:tapio.a.litmanen@juu.fi)



**YTT Matti Kojo**  
Tutkijatohtori  
Tampereen yliopisto,  
johtamisen ja talouden tiedekunta  
[matti.kojo@tuni.fi](mailto:matti.kojo@tuni.fi)

# Diplomityö: Hypoteettisten ydinoimalaitosonnettomuuksien mahdolliset seuraukset kotimaisissa ydinvoimalaitoksissa

Antti Ukkonen  
Säteilyturvakeskus

Diplomityössä tutkittiin kolmen eri suuruusluokan ydinonnettomuusskenaarioiden mahdollisia vaikutuksia käytävillä kotimaisilla ydinvoimalaitoksilla. Analyysin leviämislaskelmien syötteenä käytettiin vuoden 2012–2015 Ilmatieteenlaitoksen operatiivisia sääennustemalleja. Leviämistä mallinnettiin SILAM-mallilla, jonka tulosten perusteella laskettiin annokset ja annosnopeudet. Saatuja tuloksia verrattiin Säteilyturvakeskuksen Valmiusohjeiden annos- ja toimenpiderajoihin säteilyvaaratilanteen varhais- ja jälkivaiheessa.

In this master's thesis possible consequences of nuclear power plant accident scenarios of three different magnitudes were studied at operating domestic NPPs. Analyzed dispersion calculations were based on operative forecast data between years 2012–2015. Data was retrieved from Finnish Meteorological Institute. Dispersion was modelled with SILAM model. From these results the doses and dose rates were calculated and compared to dose criteria and operational intervention levels in the Radiation and Nuclear Safety Authority's emergency preparedness guides considering the early and intermediate phases of a radiological emergency.

Ydinvoimalaitosonnettomuuksiin varautuminen perustuu radioaktiivisten aineiden leviämisen arviointiin sekä näiden aineiden vaikutuksiin ihmisille ja ympäristölle. Diplomityössä [1] käsiteltiin kolmea erilaista päästöskenaariota: lievä, vakava ja todella vakava. Onnettomuusskenaarioiden todennäköisyyteen ei oteta kantaa vaan keskitytään tarkastelemaan, kuinka hyvin nykyinen valmiusohjeiston ja lakien määräämä varautuminen vastaavat mahdollisia uhkakuvia.

## Käytetty säädädata ja päästöskenaariot

Leviämislaskujen syötteenä käytettiin Ilmatieteenlaitoksen operatiivisten AROME- ja HARMONIE-säämallien antamaa säädädataa vuosilta 2012–2015. Kunkin vuoden aineiston kattavuus oli 95–100 % koko vuoden säähavainnoista.

Radioaktiivisten päästöjen osalta oltiin ennalta määrätty kolme eri suuruusluokassa olevaa skenaariota. Eri päästöjen todennäköisyyksiin ei otettu kantaa vaan tarkoituksena oli kuvata myös muita kuin yleisesti tutkimuksessa esiintyviä todella vakavien onnettomuuksien päästöjä. Päästöjen lähdeparametrit mallinnettiin Loviisa 1 & 2 sekä Olkiluoto 1 & 2 -yksiköille käyttäen STUKin tietokannassa olevia reaktori-inventaareja.

Lievässä skenaariossa päästö alkaa 6 tuntia pikasulun jälkeen ja  $^{137}\text{Cs}$ -päästö on suuruusluokkaa 100 TBq (laitoksen tehon suhteen skaalattuna). Vakava päästö alkaa tunti pikasulun jälkeen ja  $^{137}\text{Cs}$ -päästö on suuruusluokkaa 1 600 TBq. Todella vakavassa päästössä oletetaan suojarakennus täysin avonaiseksi ja päästön alkamisajankohdaksi 48 tuntia

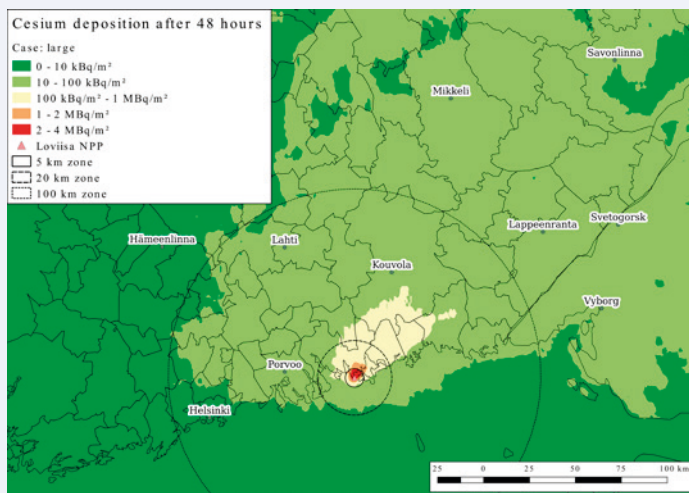
pikasulusta,  $^{137}\text{Cs}$ -päästön ollessa suuruusluokkaa 16 000 TBq. Tarkemmin päästötermi on esitelty itse työssä.

## Leviämis- ja annoslaskut

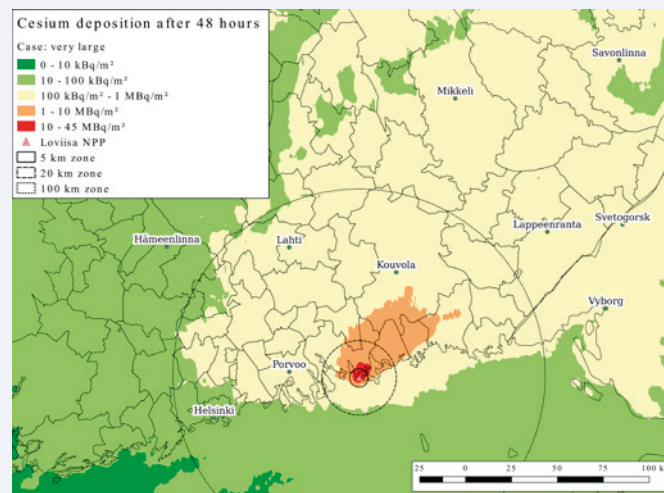
Leviämislaskut tehtiin Ilmatieteen laitoksen SILAM-leviämismallilla [2]. SILAMista käytettiin versiota 5.4 ja sen Euler-ratkaisijaa [3]. Leviämismalli antaa laskeuman sekä ilman aktiivisuuspitoisuuden, joista laskettiin annokset sekä annosnopeudet STUKin uhkakuvaustyökalu TIUKUlla, joka käyttää annosnopeuden muunnoskertoimina JRODOSista saatavia kertoimia. Efektiiiset annokset ja kilpirauhasannokset laskettiin aikuisille ja 1-vuotiaille lapsille. Altistumisreitteinä käytettiin radioaktiivisen pilven, laskeuman ja hengityksen kautta saatua annosta [4, 5]. Leviämis- ja annoslaskut suoritti ylitarkastaja Tuomas Peltonen STUKista.

## Suojelutoimet ja varautuminen

Suomessa toiminta säteilyvaaratilanteen varhais- ja jälkivaiheessa perustuu VAL-ohjeisiin 1 ja 2 [6, 7]. Suojelutoimia tehdään, jotta asetetut annosrajat eivät ylittyisi päästön seurauksena. Toimintaa ohjaa näihin annosrajoihin perustuvat toimenpiderajat, joita on helpompi mitata tilanteen aikana. Toimenpideraja esimerkiksi sisälle suojautumiseen on 100 mikroSv/h annosnopeus ja annosraja 10 mSv kahden vuorokauden aikana. Aikuiselle joditablettien ottamisen annosraja kilpirauhaselle on 10 mGy ja tätä vastaava toimenpideraja on 10 mikroSv/h. Saatuja



Kuva 1. Cesium-134 ja -137-isotooppien yhteenlaskettu laskeuma Loviisan laitoksen vakavassa tapauksessa.



Kuva 2. Cesium-134 ja -137-isotooppien yhteenlaskettu laskeuma Loviisan laitoksen todella vakavassa tapauksessa.

leviämis- ja annoslaskujen tuloksia verrattiin näihin rajoihin, sekä tarkasteltiin kuinka nykyiset varautumisalueet vastaavat mallinnettuja uhkakuvia. Suojavyöhyke on alue n. 5 km etäisyydellä ja varautumisalue on alue n. 20 km etäisyydellä kustakin voimalaitospaikasta.

## Tulokset ja johtopäätökset

Päästöskenaarioissa tarkasteltiin kunkin suureen kohdalla 95. persenttiä. Tarkasteluväli valittiin, jotta äärimmäiset ja harvinaisimmat sääolosuhteet saataisiin poistettua, kuitenkin pitäen tarkasteltavien tapausten joukko mahdollisimman kattavana.

Kuvat esittävät näiden valittujen tapausten mukaiset tulokset, eli kokoa 95 % yksittäistapauksista samaan kuvaan. Näin voidaan arvioida mahdollisia seurauksia. Kuvan 1 perusteella voidaan todeta, että cesium-laskeuma vakavassa tapauksessa rajoittuisi Loviisan tapauksessa välille 1–4 MBq/m<sup>2</sup> ja varautumisalueen sisään. Aluetta, jossa on 1–10 MBq/m<sup>2</sup> gammasäteilijälaskeuma, voidaan pitää voimakkaasti saastuneena.

Kuvassa 2 näkyy vastaava tarkastelu Loviisan todella vakavan onnettomuuden skenaariossa. Tällä kertaa voimakkaasti saastuneen laskeuman alue ulottuu mahdollisesti reilusti yli varautumisalueen, jopa Kouvolaan saakka. Suojavyöhykkeen alueen välittömässä läheisyydessä puhutaan jopa erittäin voimakkaasti saastuneesta alueesta (laskeuma yli 10 MBq/m<sup>2</sup>).

Näiden ja muiden tulosten perusteella voidaan päätellä, että varautumisalueet Suomessa ovat riittävät suuressa osassa sää- ja onnettomuusskenaarioita. Erittäin vakavien onnettomuuksien seurauksia olisi hyvä tutkia enemmän ja tarpeen mukaan arvioida varautumisalueen ulkopuolisen lisävarautumisen tarve.

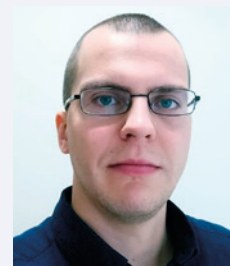
Vastaavanlainen analyysi tullaan tekemään Olkiluoto 3:lle ja Hanhikivi 1:lle.

*Diplomityö on hyväksytty Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulussa kesäkuussa 2019.*

## Viitteet

- [1] Ukkonen, A., 2019. *Potential consequences of hypothetical domestic nuclear power plant accidents*. Diplomityö, Aalto-yliopisto. URL: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/38951>
- [2] SILAM-kotisivu: <http://silam.fmi.fi>.
- [3] Sofiev, M., et al., 2015. *Construction of the SILAM Eulerian atmospheric dispersion model based on the advection algorithm of M. Galperin*. Geosci. Model Dev. 8, 3497–3522. doi:10.5194/gmd-8-3497-2015.
- [4] Petoussi-Hens N. et al., Phys Med Biol. 2012; 57: 5679-5713. doi:10.1088/0031-9155/57/18/5679.
- [5] ICRP Database of Dose Coefficients v3.0.
- [6] Ohje VAL 1 – Suojelutoimet säteilyvaaratilanteen varhaisvaiheessa. 2012. URL: [www.finlex.fi/data/normit/41315-VAL1.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/41315-VAL1.pdf).
- [7] Ohje VAL 2 – Suojelutoimet säteilyvaaratilanteen jälkivaiheessa. 2012. URL: [www.finlex.fi/data/normit/41316-VAL2.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/41316-VAL2.pdf).

## Kirjoittaja



**DI Antti Ukkonen**

Tarkastaja  
Valmiusyksikkö  
Säteilyturvakeskus  
antti.ukkonen@stuk.fi



# Diplomityö: Artificial Intelligence in the Analysis of Nuclear Power Plant Requirements

Santeri Myllynen  
Fortum Power and Heat Oy

Ydinvoimalaitosprojektien yhtenä haasteena voidaan pitää suurta määrää kuvailevia ja epäyhtenäisiä vaatimuksia. Ydinvoimalaitosdesignin vieminen ja suunnittelun sopeuttaminen uuteen lisensointiympäristöön vaatii paljon tiedonhallintaa ja on sekä työlästä että hidasta. Diplomityössäni kehitettiin luonnollista kieltä prosessoiva algoritmi ydinvoimalaitosvaatimusten luokitteluun. Työssä vaatimukset luokiteltiin ennalta määrättyihin kategorioihin ohjattua koneoppimista hyödyntämällä. Tutkimus tehtiin yhteistyössä tekoäly-yritys Selko Technologies Oy:n kanssa. Projektissa Selko vastasi algoritmin kehittämisestä Fortumin toimittaman luokittelun vaatimusjoukon ja tarpeiden perusteella.

Current challenges of nuclear power plant projects include descriptive and non-harmonized requirements demanded in the nuclear power industry resulting in the adaptation to a new licensing domain being very data-intensive, laborious, and tardy. My Master's thesis developed an algorithm capable of processing natural language to classify nuclear power plant requirements into predefined categories by utilizing supervised machine learning. The study was performed in close cooperation with an AI company, Selko Technologies Oy, being responsible for the development of the algorithm based on the classified set of requirements and the needs of Fortum.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää mahdollisuutta hyödyntää tekoälyä ydinvoimalaitosvaatimusten analysoinnissa ja siten nopeuttaa lisensointi- ja suunnitteluprosesseja sekä vähentää virheitä vaatimusten allokoinnissa. Tehokas analysointiprosessi on elintärkeää ajan ja rahan säästämiseksi sekä ydinturvallisuuden lisäämisessä, kun tarvittavat ennakkoehdot saadaan osoitettua nopeasti ja tarkasti eri suunnittelutehtäville.

## Tausta

Ydinvoimalaitosten lisensointiprosessissa on vaatimuksia kymmenistä satoihin tuhansiin, kun huomioidaan sekä kansallisen viranomaisen että muiden soveltuvien sidosryhmien, kuten tilaajan ja kansainvälisten standardien vaatimukset. Kun huomioidaan ihmisen rajallinen päätöksenteko- ja keskittymiskyky tilanteessa, jossa on useita eri vaihtoehtoja, voisi vaatimusjoukon analysoiminen tapahtua tarkemmin koneellisesti.

Täsmällisen vaatimustenanalysoinnin tärkeys nousee esiin, kun huomioidaan muutoksen hinta ja ydinturvallisuus koko projektin elinkaaren aikana. Tiedetään, että mitä pidemmällä projekti on, sitä enemmän virheiden korjaaminen maksaa. Tästä syystä ketterän ja virheettömän analysointitavan käyttöönotto tehostaisi koko ydinvoimalaitoksen elinkaarta, etenkin suunnittelu- ja lisensointiprosesseja.

## Tutkimus

Yleisesti tutkimuksen kaksi laajempaa aihealuetta olivat tekoäly ja systeemisuunnittelu. Työn alussa suunniteltiin vaatimusluokat ja -hierarkia, jonka mukaan vaatimuksia luokitellaan. Koska työn tavoitteena oli kokeilla tekoälyn soveltuvuutta luokittelemaan ydinvoimalaitosvaatimuksia, päädyttiin luokissa ja hierarkiassa yksinkertaiseen malliin.

Vaatimusluokiksi valittiin 4 ylätasoa ja 5 alatasoa kategorioita. Tällä pyrittiin testaamaan algoritmin kykyä tunnistaa eri vaatimustasoja.

Luokittelun opetusdatan taustamateriaaliksi valikoitiin 10 eri YVL-ohjetta, joista luokiteltiin vaatimuksia niin, että jokaisessa luokassa oli vähintään 500 vaatimusta. Vaatimustenluokittelusta päätettiin tehdä moniluokkainen, sillä monien vaatimusten todettiin voivan kuulua useampaan luokkaan. Kielimallin ja luokittelijan koulutusprosessi on havainnollistettu kuvassa 1. Luokittelija oppii tulkitsemaan vaatimuksia ja luokittelemaan niitä samantyyllisellä logiikalla, jolla asiantuntija on luokitellut opetusdatan malliksi. Tämän vuoksi opetusdatan tulee olla mahdollisimman johdonmukaista, jotta sieltä on mahdollista erottaa säännönmukaisuus.

## Luonnollista kieltä prosessoiva luokittelija-algoritmin kehitys

Ennen varsinaisen luokittelijan kouluttamista koulutetaan kielimalli, joka oppii ymmärtämään luonnollista kieltä. Ensimmäiseksi kielimalli opetettiin Wikipedian artikkeleilla ymmärtämään englantia, jonka jälkeen kielimallin ymmärrystä syvennettiin aihekohtaisilla englanninkielisillä YVL-ohjeilla.

Kielimalli pohjautuu takaisinkytkettyyn neuroverkkoon, jossa on pitkiä lyhytaikaisen muistin soluja. Vaatimusteksti erotetaan yksittäisiksi sanoiksi, joista jokainen on oma vektorinsa sisältäen kielimallista opitun sanan merkityksen. Nämä sanat menevät läpi pitkän lyhytaikaisen muistin neuroverkon, joka muodostaa vaatimustekstistä vektorin. Se syötetään myötäkytkettyyn neuroverkkoon, joka toimii varsinaisena luokittelijana. Myötäkytketyssä neuroverkossa vaatimustekstivektorin jokainen alkio käy läpi neuronien laskutoimitukset. Lopputuloksena saadaan algoritmin antamat todennäköisyydet, joilla se uskoo vaatimuksen kuuluvan kuhunkin luokkaan. Tämä yksinkertaistettu prosessi vaatimustekstistä

vaatimusluokkien todennäköisyyksiin on havainnollistettu kuvan 1 oikealla puolella.

Luokittelija on koulutettava toimimaan toivotulla tavalla ennen sen soveltamista käytäntöön. Tämä tutkimus hyödynsi ohjattua oppimista vaatimusten kategorisoimisessa. Kuten todettua, luokittelija yrittää oppia opetusdatasta asiantuntijan logiikan. Koulutusvaiheessa vaatimustekstivektori syötetään myötäkytkettyyn neuroverkkoon, jossa painokerroimia ja bias-termejä muutetaan, kunnes luokittelijan tulokset ovat tarpeeksi lähellä ihmisen antamia ”oikeita” vastauksia.

Kun opetusvaiheen erot on määritelty, algoritmin toimivuutta voidaan kokeilla erillisellä datasetillä, jota kone ei ole nähnyt opetusvaiheessa. Tässä tutkimuksessa ensimmäisen testin datana käytettiin kolmasosaa alkuperäisestä luokitellusta datasta, joka erotettiin testauksia varten ennen koulutusvaihetta. Tällöin voitiin tutkia, kuinka algoritmi luokittelee samantyyliä vaatimuksia mitä se on nähnyt opetusvaiheessa.

Taulukko 1 Mallin luokittelutarkkuudet ja vastaavat kynnsarvot jokaisessa testitapauksessa.

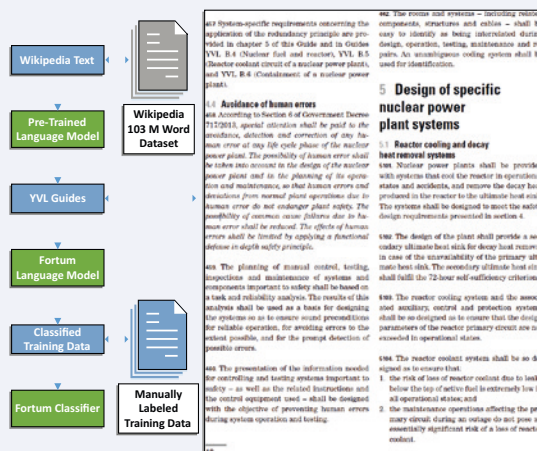
Testidata	Kynnsarvo	Hamming Loss	Tarkkuus
1. Testidata (vain ylätasen kategoriat)	0.90	0.10	0.90 (90 %)
1. Testidata (kaikki kategoriat)	0.90	0.20	0.80 (80 %)
2. Testidata YVL B.2 (kaikki kategoriat)	0.70	0.14	0.86 (86 %)
3. Testidata UK SAP (kaikki kategoriat)	0.50	0.15	0.85 (85 %)

Seuraavat kaksi testia suoritettiin vaatimusjoukoilla, joita ei oltu käytetty luokittelijan opettamisessa. Niistä ensimmäistä (YVL B.2) oli käytetty vain kielimallin opettamisessa. Huomionarvoisesti luokittelijan on vaikeampi kategorisoida vaatimuksia, joissa esiintyy tuntemattomia sanoja verrattuna koulutusdataan. Viimeiseksi algoritmin toimivuutta kokeiltiin Yhdistyneiden Kuningaskuntien viranomaisen (ONR) data-setillä, joka muistuttaa opetusdatassa käytettyä YVL-ohjetta B.1. Tällä yhtäläisellä onnistuneella testauksella haluttiin kokeilla, kuinka toisen viranomaisen vaatimusten luokittelu onnistuu, kun luokittelija on opetettu eri viranomaisen vaatimuksilla.

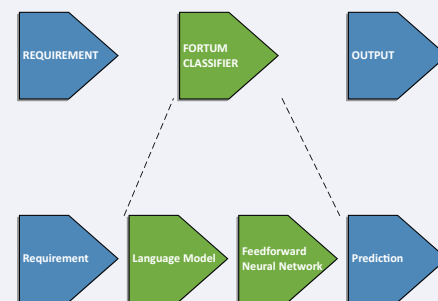
Taulukko 1 esittää algoritmin luokittelutarkkuudet ja vastaavat kynnsarvot jokaisessa testitapauksessa. Kynnsarvo kertoo, kuinka varma luokittelijan pitää olla vaatimuksen kuulumisesta kyseiseen luokkaan, jotta vaatimus luokitellaan. Tässä tutkimuksessa kynnsarvot määritettiin ajan säästämiseksi käsin kokeilemalla niin, että päästiin riittävän hyviin tuloksiin. Moniluokkaiselle kategorisoinnille tyypilliseen tapaan luokittelutarkkuudet määritettiin laskemalla ensiksi väärin ennustettujen luokkien osuus kaikista ennustuksista (*Hamming Loss*), mistä saatiin laskettua oikeiden luokitusten suhde kaikkiin luokituksiin.

## Diplomityön keskeiset tulokset

Ratkaisun soveltumattomuus muunlaisiin tilanteisiin tekee sovelluksesta kankean. Nykyisiä parametreja ei voi käyttää esimerkiksi luokittelu-



Kuva 1. Fortumin vaatimustenluokittelijan yksinkertaistettu koulutusprosessi (vasen) sekä luokittelijan toimintatapa ja rakenne (oikea).



maan vaatimuksia toisenlaisiin luokkiin, kuin mitä on käytetty opetusvaiheessa. Tämä on tunnistettu yleisenä heikon tekoälyn puutteena, jossa ratkaistaan vain tarkasti rajattu ongelma.

Keskeinen haaste on säilyttää hyvä luokittelukyky, kun siirrytään yhdestä vaatimusjoukosta toiseen, esimerkiksi lisensiointiympäristöstä toiseen. Tässä tutkimuksessa käytetty malli koulutettiin vain YVL-ohjeilla, jolloin se edustaa tietynlaista ympäristöä.

Lupaavien luokittelutulosten jälkeen työssä tunnistettiin seuraavia jatkotutkimuskohteita tekoälyn hyödyntämiseksi vaatimusten analysoinnissa. Ensiksi tutkitaan analysointitapoja samanlaisten vaatimusten yhdistämiseksi ja monimutkaisten vaatimusten pilkkomiseksi. Lopuksi arvioidaan erilaisia tapoja, joilla voidaan parantaa tulosten laatua käytössä ja ajan mittaan.

Diplomityö on luettavissa sähköisessä muodossa osoitteessa <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201905123015>.

*Opinnäytetyö on hyväksytty Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulussa 9.5.2019.*

## Kirjoittaja



**DI Santeri Myllynen**  
Design Engineer  
Fortum Power and Heat Oy  
[santeri.myllynen@fortum.com](mailto:santeri.myllynen@fortum.com)

# Kumpuaako suomalainen onnellisuus kansallisesta kulttuuriperimästä?

**M**EILLÄ SUOMALAISILLA on hyvin oman laatusensa kansallinen kulttuuri luontosuhteen, elämisen tapojen ja toimintojen suhteen. Olisiko näissä erityispiirteissä uskottavaa lisäselitystä sille, että Suomi on arvioitu maailman onnellisimmaksi maaksi ja kansaksi? Jo toista vuotta peräkkäin. Perusteina tällaiselle arviolle on esitetty yhteiskunnallista vakautta, hyvinvointivaltiota, turvallisuutta, koulutuksen korkeaa laatua ja hyviä sosiaali- ja terveyspalveluita.

On myös monia muita kansainvälisiä arvioita, joissa Suomi on maailman kärkimaita. Joissakin peräti ykkössijalla, mutta yleisemmin tyypillisesti sijoilla 2–6. Samassa kastissa Suomen kanssa ovat yleensä muut Pohjoismaat ja jokunen Euroopan valtio, ehkä Kanada ja Australia. Suomessa on sanottu olevan muun muassa paras ilma, paras vesi ja vesivarantoihin nähden erityisen vähäinen veden kulutus. Suomi on maailman vähiten korruptoituneita maita, lehdistönvapaus on lähes maailman kärkeä. Maamme on paras tai parhaita maita maailmassa olla äiti, tyttö ja lapsi. Ehkä kaikkein merkittävin arvio on, että Suomi on asukasmääräänsä nähden tuottanut eniten hyvää muille maille. Koulutus ja tasa-arvo ovat lähellä maailman kärkeä.

Aamulehti listasi vuoden 2016 lopulla erilaisia kansainvälisiä arvioita, joissa 100-vuotisjuhlavuottaan aloittava Suomi oli pärjännyt hyvin. 40 asian listassa olivat vakaa hallinto, järjestäytyneen rikollisuuden vähyys, toiseksi vapaimmat vaalit Tanskan kanssa, toiseksi tyytyväisimmät kansalaiset Euroopassa, ihmisten keskinäistä luottamusta, tasa-arvon kärkimaita, köyhyys vähäistä, tuloerot pieniä, maailman innovatiivisimpia maita, pankit maailman vakaimpia, kirjastot ja korkea lukutaito.

Kansainvälisiä arvioita on tietysti tehty maailman sivu ja suomalaisia on aina kovasti kiinnostanut, mitä meistä ulkomailla ajatellaan. Runsaat sata vuotta sitten Hannes Kolehmainen saavutti useita olympiakulttia. Tahko Pihkalan suulla sanottiin Kolehmaisella niillä voitoillaan juosseen Suomen maailmankartalle, vieläpä enemmän kuin Suomen säveltäjät Sibelius ja muut. Talvisota loi suomalaisista maineen urheana soturikansana.

Suomettuminen 1970- ja 1980-luvuilla oli suomalaisille, poliitikoille vallankin, kiusallinen pala hyväksyä, mutta toisaalta ETYKistä osattiin olla ylpeitä.

Oli yksittäisiä asioita, jotka eri aikoina saattoivat herättää huomiota maailmalla, mutta varsinaisesti Suomea ruvettiin paremmin tuntemaan ja siitä puhumaan vasta vähitellen Suomen liittyttyä Euroopan Unioniin. Ensimmäisiä todella huomiota herättäneitä asioita oli kärkisija PISA-tutkimuksessa. Suomessa pantiin vähän vastaan, että eihän me nyt. Mutta pikkuhiljaa, kun myönteisiä arvioita alettiin julkaista eri aikoina ja eri asioista, niin hyväksyttiin, että no kai me nyt sitten. Samaan aikaan Nokia puhelimeen valloitti maailmaa ja suomalaisten itsetunto nousi samaa tahtia.

Mutta varsinainen ”pommi” suomalaisille oli maailman ykköstila onnellisimpana maana ja kansana vuonna 2018 ja vielä uudestaan tänä vuonna. Se sai suomalaiset lähestulkoon nikottelemaan, ei oikein uskottu luettua ja ruvettiin etsimään kaikenlaisia vastaväitteitä ja epäkohtia. Oli Suomi vuonna 2016 jo viidennessä sijalla, mikä oli huomattavan hyvä sijoitus, mutta ei siitä juurikaan tiedetty ja kirjoitettu. Mutta ykköstila huomataan, myös maailmalla, Venäjällä, Britanniassa ja Yhdysvalloissa ensimmäisten joukossa. Britanniassa ihmeteltiin, miten Suomen kaltaisessa kylmässä, pimeässä ja syrjäisessä maassa voi elää onnellisena. Suomalaiset tutkijat ovat yrittäneet analysoida ja selittää onnellisuuden syitä ja ilmenemismuotoja. Yksi uskottavimpia selityksiä on, että suomalaiset ovat muihin kansoihin verrattuna erityisen luottavaista, avuliasta ja myötätuntoista kansaa. Joidenkin arvioiden mukaan myös tyytyväistä tai toisin ilmaisten yksi vähiten tyytymättömiä kansoja. Sopii ilmaisuna ehkä paremmin suomalaisen tietyllä tavalla perusnegatiiviseen ja kielteisen kautta asioiden käsittelyyn. Aristoteleen filosofian mukaan tämän kaltaiset hyveet tuottavat ihmisessä tutkitusti onnellisuuden ja tyytyväisyyden tunnetta.

Yhdysvalloissa kirjoitettiin lehdissä Yhdysvaltain ja Suomen olennaisesta erilaisuudesta. Kun Amerikassa pyritään kiihkeästi tavoiteltavaan unelmaan eikä olla tyytyväisiä ennen kuin se on saavutettu, niin Suomessa ollaan käy-

tännöllisiä ja realistisia, osataan iloita jo vielä keskeneräisestä tavoitteesta. Suomalaisen yhteiskunnan vakaus, kansalaisten kokemana turvallisuus ja kyky luottaa mainittiin useiden maiden raporteissa. Kun esimerkiksi Välimeren maiden väestö on iloista, eloisaa ja temperamentikasta kansaa, niin suomalaisten tiedettiin osaavan vetäytyä myös hiljaisuuteen, rauhaan ja yksinäisyyteen pois ympärillä olevasta kiireestä ja hälinästä. Tutkimustulosten mukaan pelkkä metsään meno kymmeneksi minuutiksi riittää, että stressi ja verenpaine laskevat.

Onnellisuus-pohdinnassa ollaankin mitä suurimmassa määrin kaikkia maita ja kansoja kiinnostavan ja tärkeän ilmiön ja käsitteen keskellä. Siitä kertoo sekin seikka, että monien maiden hallituksissa on nykyään onnellisuusministeri. Näissä maissa onnellisuusasteikolla ollaan varsin huonoilla sijoilla, joten siinä mielessä aihettakin ja työskätkä onnellisuusministerille on. On selvää, että tällainen herkkä asia kuin ihmisen ja yhteisön onnellisuus on mitä kiistanalaisin monisyinen ja -arvoinen asia. Sille voi toki ehdottaa erilaisia kriteerejä, mutta nekin voivat soveltua vain osaan ihmisiä. Ihmiset ovat iän, terveyden, työolojen ja perheen koon suhteen eri elämänvaiheissa. Siksi epäyksilötasolla ei onnellisuuden arvioinnissa ole kovin tarkoituksenmukaista mennä, paitsi jos tehtäisiin tieteellistä tutkimusta haastattelun keinoin tukemaan arviota kansojen onnellisuuskokemuksista.

Kunkin maan kohdalla onnellisuuteen vaikuttavat kyseiselle maalle tyypilliset historialliset, kulttuuriset, yhteiskunnalliset ja maantieteelliset erityispiirteet. Vertailu eri maiden välillä on jokseenkin mahdotonta. Tuskinpa suomalainen kovinkaan nauttisi härkätaistelun katsoimisesta, ei nykyään ehkä espanjalainenkaan. Ajat ovat muuttuneet. 1960-luvulla Kekkonen vei vieraansa kuningatar Elisabet II:n lounaalle Toivakan metsään. Helsingin Sanomien alkukesästä olleen kirjoituksen mukaan kuningatar oli ennemminkin kauhistunut ja piti saamaansa kypärää sylissä, ettei tukka mene sekaisin. Britanniassa metsä koetaan oudoksi, sitä kun kovin vähän siellä nykyään on. Ennen kuulemma oli, mutta ehtivät polttaa sen parisataa vuotta sitten pois raudan valmistamiseksi.

Tuskinpa onnellisuuden kansainväliset arvioijat kykenevät ottamaan huomioon näitä eri maiden historiallisia, kulttuurisia ja maantieteellisiä erityispiirteitä. Huomioidaanko esimerkiksi, että Suomessa on jokamiehenoikeus, jonka vuoksi voidaan hyvin vapaasti liikkua luonnossa ja metsissä, poimia marjoja ja sieniä ja myös yöpyä luonnossa? Entä talkoot? Sana kuuluu suomen kieleen, sitä ei muissa kielissä ole eikä niitä muualla samassa määrin harrasteta kuin Suomessa. Talkoot



on hyvin tärkeä osa suomalaista yhteistyöperinnettä ja yhteisöllisyyttä. On rakennettu työväen-, nuorisoseuran- ja raittiusseurantaloja. On valtavasti eri yhdistyksiä, kylätoimikuntia ja kotiseututoimintaa. On urheilu-, metsästys- ja kalastusseuroja. Suomen sanotaan olevan yhdistysten maa. Ennen kaikkea Suomessa on puoli miljoonaa kesämökkiä ja toista miljoonaa saunaa. Kaikki nuo seikat muokkaavat valtavasti suomalaista elämäntapaa.

Suomen erityisolosuhteista seuraa monenlaista. Maailman merimerkeistä sanotaan 80% olevan Suomessa. Saimaan rantojen ja saarien rantaviiva on pisin maailman järvistä, pitempi kuin Iberian niemimaan rantaviiva. Helposti väitettään, ettei Suomi osaa pitää huolta oikeuksistaan ja perustella olennaisia tarpeitaan, mutta merimerkkiasiana Suomi on kyllä menestynyt. Mihinkäs muussa maailmassa merimerkkejä edes tarvitaan? Marseillesista kun lähtee liikkeelle, niin vasta Algeriassa tulee ranta vastaan. Englannin kanaalissa on mantereen puolella numeroituja suuria kummeleita. Riittää kun seuraa numerointia, niin huomaa siirtyvänsä Hollannista Belgian kautta Ranskaan. Naapurimaassa Ruotsissakin pärjää huomattavasti vähemmällä merimerkeillä, koska vedet ovat syviä ja vähäkarikkoisia. Suomi on merenkulun kannalta hyvin haasteellinen maa: rannikko, merenkurkku ja perämeri ovat hyvin karikkoista ja matalaa. Takavuosina oli paineita, että erityisesti linjatauluista luovuttaisiin maailmanlaajuisesti, mutta Suomi pystyi pitämään pintansa. Linjataulut ovat Suomessa välttämättömiä ja hyvin tarpeellisia, osin jopa reimareit-

takin tärkeämpiä. Eihän muissa maissa ja merissä ole saaria, joiden lomassa puikkelehtia, Suomessa on, ja kareja. Siksipä merenkulku Suomen merillä ja sisävesillä olisi mahdotonta ilman hyvää ja luotettavaa merimerkkien hallintoa. Jos tätä ei olisi, mitä järvillä ja merellä ja kesämökeillä ja saunoilla ylipäätään tekisi. Suomalaiset ovat merenkulkijakansaa, mistä jo kertoi sekini, että Venäjän armeijassa oli satoja suomalaisia amiraaleja.

Toinen erityisolosuhteista ja Suomen elinkeinokulttuurista kertova esimerkki on totta kai Suomen metsät. Niitä kun on ja niitä myös hakataan teollisuuden tarpeisiin, niin on rakennettava metsäteitä. Kun on teitä, metsään päästään helpommin myös marjastamaan ja sienestämään. Kesäisin eri maissa syytty kovasti metsäpaloja, tänä vuonna taas Brasiliassa, Venezuelassa, Indonesiassa ja Venäjällä. Suomessa ei niinkään, kas kun on niitä metsäteitä. Metsäpalovalvonta ja -torjunta on Suomessa tehokasta ilmavalvonnan ja hyvän ja tiheän metsätieverkoston ansiosta. Jälleen kesällä 2018 Ruotsissa oli laajoja metsäpaloja. Yhdeksi merkittäväksi syyksi mainittiin harva metsätieverkosto, jolloin sammuttajaväen pääsy palopaikoille oli haasteellista. Tuskinpa suomalaiset itsekään ymmärtävät kiittää tiheää metsätieverkostoa pääsystä hyville marjastuspaikoille, vielä vähemmän kansainväliset onnellisuusarvioijat. Onnellisuuden arvioinnin syyt ja seuraukset riippuvat erityisen monimutkaisella tavalla eri seikoista.

Sitä kokee olevansa jokseenkin voimaton yrittäessään miettiä miten asiat vaikuttavat onnellisuuteen. Asioita on niin valtavasti ja niiden keskinäiset kytkökset niin monimutkaisia. Pari esimerkkiä vielä, niiden avulla asioita on helpompaa havainnollistaa. Kirjastot: varmasti ovat yksi onnellisuuden väline. Astiankuivauskaappi: suomalaiskeksintö ja muualla tuntematon elämänhelpottaja arjessa ja jopa tulevaisuuden jätehuollon edistäjä kotitalouksissa. Julkinen liikenne ja koululaiset käyttäjinä. USA:ssa kauhistellaan moista, eikö lapsia kidnapata? Neuvolatoiminta: helpottaa ja luo turvallisuutta lapsiperheissä. Muun muassa Japanista käydään täällä ottamassa oppia neuvolan käytännöistä, samoin koulutusasioista.

Jos meiltä otettaisiin yllättäen ja väkivalloin pois jotain mihin olemme tottuneet ja jonka koemme olevan olennainen osa elämäämme ja kulttuuriamme, niin tuskinpa olisimme sama onnellinen kansa. Varmasti kansainväliset arvioijatkin rupeaisivat laskemaan onnellisuussijoitustamme. Mitkä seikat voisivat olla tuollaisia? Luontosuhteemme, kesämökit ja saunat ovat varmasti tuota perimmäisintä ja syvällisintä suomalaisuutta. Suomalaiset ovat sotien jälkeen muuttaneet valtavassa määrin asumaan maalta kaupunkiin. Nykyään väestö on lähes 80-prosenttisesti kaupunkilaisia. Mutta siitä huolimatta meissä on syvä kiintymys maaseutuun ja luontoon yleensä. Meidän pitää voida kokea ja nauttia luonnosta aivan erityisesti kesäisin ihan vain kesän vietossa ja erilaisissa paikallisissa kulttuuritapahtumissa. Hallitukselta ja eduskunnalta on paljon perusteita toivoa viisautta ja oikeita toimia, jotta ne eivät vahingoita saati vie Suomen kansalta suomalaisen onnellisuuden erityisiä ainesosia. Ne taitavat olla niin erityisiä ja syvällä kansallisessa identiteetissä, että edes kansainväliset arvioijat eivät ole niitä ymmärtäneet noteerata.

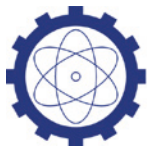
Kyllä työntekokin sujuu paremmin ja tehokammin, kun on onnellinen olo, yhteisöllisyyttä, yhteistyötä, turvallisuutta, luottamusta ja rehellisyyttä. Niitä kannattaa pyrkiä ylläpitämään ja säilyttämään tämä hyvä kansainvälinen sijoitus.

### Turvallisuusfilosofi



**Palautusosoite:**

Suomen Atomiteknillinen Seura  
PL 78  
02151 ESPOO



**ATS**

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

---

KANNATUSJÄSENET

---

**A-Insinöörit Civil Oy**

**Pohjoismainen  
Ydinvaruutuspooli**

**TVO Nuclear Services Oy**

**Fennovoima Oy**

**Pohjolan Voima Oyj**

**Voimaosakeyhtiö SF Oy**

**FinNuclear ry**

**Posiva Oy**

**Wärtsilä Projects Oy**

**Fortum Power  
and Heat Oy**

**Teknologian  
tutkimuskeskus VTT Oy**

**Westinghouse**

**Platom Oy**

**Teollisuuden Voima Oyj**