

Ydinenergia-alan tutkimusstrategia

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja
Energia ja ilmasto
16/2014



TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ
ARBETS- OCH NÄRINGSMINISTERIET
MINISTRY OF EMPLOYMENT AND THE ECONOMY

YDINENERGIA-ALAN TUTKIMUKSEN STRATEGIARYHMÄ (YES)

Ydinenergia-alan tutkimusstrategia

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja

Energia ja ilmasto

16/2014

Tekijät Författare Authors		Julkaisuaika Publiceringstid Date	
Ydinenergia-alan tutkimuksen strategiaryhmä (YES)		Huhtikuu 2014	
Puheenjohtaja Herkko Plit Sihteerit Jorma Aurela ja Jussi Leppänen		Toimeksiantaja(t) Uppdragsgivare Commissioned by Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy	
		Toimielimen asettamispäivä 28.1.2013 Organets tillsättningsdatum Date of appointment	
Julkaisun nimi Titel Title			
Ydinenergia-alan tutkimusstrategia			
Tiivistelmä Referat Abstract TEM asetti tammikuussa 2013 työryhmän valmistelevaan ydinenergia-alan tutkimusstrategiaa vuoteen 2030 asti. Tämä perustui maaliskuussa 2012 työnsä päättäneen kansallisen ydinenergia-alan osaamistyöryhmän (Osaamistyöryhmä tai OTR) raporttiin. Yksi sen suosituksista kuului: ”Ydinenergia-alan suomalaisen tutkimuksen tarpeet ja painopisteet tulee täsmentää ja laatia tutkimustoiminnan kehittämiseksi pitkän aikavälin strategia. Tämä edellyttää erillistä, alan tutkimusorganisaatioiden ja muiden toimijoiden yhteistä hanketta.” Työ tehtiin YES-hankkeen ohjausryhmässä ja sen koolle kutsumissa jaostoissa. Työryhmän puheenjohtajaksi määrättiin Herkko Plit, pääsihteeriksi Jorma Aurela sekä sihteeriksi Jussi Leppänen. Työryhmän jaostot olivat seuraavat (suluissa jaostojen vetäjät): 1) Ydinturvallisuus (Riitta Kyrki-Rajamäki, LUT), 2) Ydinjätehuolto (Kari Rasilainen, VTT), 3) Ydinenergia-alan tutkijakoulutus (Filip Tuomisto, Aalto), 4) Ydinenergian tulevaisuuden teknologiat ja perusfysiikka (Kristiina Söderholm, Fortum), 5) Yhteiskuntatieteellinen ydinenergiatutkimus (Eeva Kalli, Energiateollisuus) ja 6) Tutkimuksesta liiketoimintaan ydinenergia-alalla (Liisa Heikinheimo, TVO). Työryhmän työhön osallistui kaikissa esitellyissä jaostoissa, ryhmissä tai kahdessa järjestetyssä laajassa seminaarissa yli 100 henkilöä. Strategian visio on <i>Kansainvälisesti korkeatasoinen suomalainen osaaminen ja tutkimus varmistavat turvallisen, kestävän ja kilpailukykyisen ydinenergian käytön sekä edistävät alan liiketoimintamahdollisuuksia.</i> Strategian suositukset ovat seuraavat: 1) Ydinenergia-alan tutkimuksen painopistealueet tulee koota laajoiksi kansalliseksi ohjelmiksi, 2) Ydinenergia-alan suomalaisen tutkimuksen tieteellistä tasoa tulee kohottaa, 3) Osallistutaan aktiivisesti Suomelle tärkeään kansainväliseen tutkimukseen tekemällä kansallista laaja-alaista ja poikkitieteellistä yhteistyötä, 4) Ydinenergia-alalle on tutkijakoulutuksen laadun ja määrän varmistamiseksi perustettava laaja ja kattava kansallinen tohtoriohjelmaverkosto, 5) Infrastruktuurin rakentamista, ylläpitoa ja hyödyntämistä on koordinoitava kansallisella tasolla. Rahoituksesta on huolehdittava pitkäjänteisesti ja kansallisten rahoittajien roolit on selkiytettävä, 6) Tutkimustoiminnassa tulee panostaa innovaatioiden kehittämiseen. Liiketoiminnan kasvua ja kansainvälistymistä tuetaan kokoamalla toimijat yhteen Team Finlandin alle ja 7) TEM:n yhteyteen ehdotetaan perustettavaksi ydinenergia-alan tutkimukseen ja käyttöön liittyvä neuvottelukunta pysyväksi asiantuntijaelimeksi tukemaan päätöksentekoa ydinenergia-alan kansallisissa kysymyksissä.			
Työ- ja elinkeinoministeriön yhteyshenkilö: Energiaosasto/Jorma Aurela, puh. 029 506 4832.			
Asiasanat Nyckelord Key words			
Ydinenergia, osaaminen, tutkimus, strategia			
Painettu julkaisu Inbunden publikation Printed publication		Verkkojulkaisu Nätpublikation Web publication	
ISSN 1797-3554		ISSN 1797-3562	
ISBN 978-952-227-848-7		ISBN 978-952-227-849-4	
Kokonaissivumäärä Sidoantal Pages		Kieli Språk Language	
47		Suomi, Finska, Finnish	
		Hinta Pris Price	
		16 €	
Julkaisija Utgivare Published by		Kustantaja Förläggare Sold by	
Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy		Edita Publishing Oy / Ab / Ltd	

Esipuhe

Suomessa ydinenergia-alan osaaminen on ollut korkeatasoista jo vuosikymmenten ajan. Ydinvoimaa 1960–1970-luvulla rakentaneet pioneirit alkavat olla eläkkeellä. Uusi sukupolvi on entistä keskeisemmin mukana alan kehittämisessä. Myös ensimmäiseksi rakennetut ydinlaitokset ja koelaitteistot ovat tulossa elinikänsä päähän. Uuden sukupolven Olkiluoto 3-laitosyksikön lisäksi myös muuta infrastruktuuria ollaan rakentamassa.

Eduskunta edellytti 1.7.2010 vahvistaessaan valtioneuvoston uusia ydinlaitoshankkeita koskevat myönteiset periaatepäätökset, että hallitus luo osaltaan edellytyksiä suomalaisen työvoiman, osaamisen ja yrityssectän mahdollisimman laajalle hyödyntämiselle ydinvoimahankkeissa. Sen pohjalta työ- ja elinkeinoministeriö asetti työryhmän valmistelemaan ydinvoima-alan osaamista varmistavia toimenpiteitä. Työryhmä antoi suosituksia toteutettavista toimenpiteistä 2020-luvulle saakka. Yksi niistä oli ydinenergia-alan tutkimusstrategian muodostaminen.

Vuoden 2013 alussa alkoi TEM:n johdolla vuoteen 2030 ulottuvan strategiatyön valmistelu, johon saatiin mukaan reippaasti toista sataa alan asiantuntijaa. Tämä työ ei ole ollut siis ministeriön ”salaista puuhastelua”, kuten toisinaan sen toimiin viitataan, vaan edustaa hyvin laajasti koko alan suomalaisten toimijoiden näkemystä. Taas kerran meidän vahvuutemme – yhteen hiileen voimakkaasti puhaltaminen kansallisen edun nimissä – on osoittanut voimansa.

Normaalisti strategia kuvaa painopistealueita, eikä siinä voida käsitellä kaikkia tärkeitä asioita – on keskityttävä oikeisiin painotuksiin ja priorisointiin. Näin on toimittu tälläkin kertaa. Lisäksi on otettava huomioon, että nyt on valmisteltu kansallinen strategia. Tästä toiminta jalkautuu eri toimijoille ja niillä voi olla omia painopisteitä ja strategioita, jotka eivät nouse esiin kansallisella tasolla, mutta ovat toimijoiden omalta kannalta tärkeitä.

Uutena elementtinä strategiatyöhön otettiin mukaan teknillistieteellisten aiheiden lisäksi myös yhteiskuntatieteellinen näkökulma tukemaan ja laajentamaan asian yhteiskunnallista merkittävyyttä. Siinä, kuin muussakin strategiatyössä, on itse kunkin pitänyt useaan otteeseen ottaa out-of-the-box-ajattelu käyttöön, jotta voisimme luoda aidosti uutta.

Työryhmä toimi hyvässä talkoohengessä ja ainakin ohjausryhmän osalta vallitsi henki, että tehdään vakavia asioita, mutta ei liian vakavasti. Eri osa-alueiden näkemykset pystyttiin taitavasti yhdistämään syvällisen keskustelun ja pohdinnan jälkeen tasapainoiseksi strategiaksi. Se, että valmistelussa on ollut mukana niin laaja joukko tekijöitä, helpottaa strategian jalkauttamista. Ja ilman jalkauttamista hyväkin strategiavalmistelu valuu hiekkaan. Tässä on siis kaikille alalla toimiville seuraava askel ja haaste toteutettavaksi.

Lopuksi haluan esittää vilpittömän kiitoksen kaikille työhön osallistuneille. Eri-tyiskiitos ohjausryhmän jäsenille, jotka jaksoivat käydä läpi tarmolla ja tarkkuudella lopullisen strategian viimeistelyvaiheen. Yhteisen ponnistuksen tulos on nyt luettavissa seuraavilla sivuilla.

Herkko Plit

Työryhmän puheenjohtaja

Sisältö

Esipuhe.....	5
Sisältö.....	7
Johdanto	9
1 Toimintaympäristön kuvaus	11
1.1 Nykytila	11
1.2 Ydinenergian tuotannon kehitys Suomessa.....	14
1.3 Kansainvälinen ydinenergiatuotannon kehitys	14
1.4 Tutkimus, osaaminen ja innovaatiotoiminta	16
2 Tavoitetila vuonna 2030	18
3 Suositukset	20
1 Ydinenergiatutkimuksen painopistealueet ohjelmiksi	20
2 Kansainvälinen huippuosaaminen ja näkyvyys.....	21
3 Kansainvälinen yhteistyö tutkimuksessa	22
4 Kansallinen tohtoriohjelmaverkosto.....	23
5 Suomalaisen infrastruktuurin kehittäminen ja tehokas hyödyntäminen	23
6 Tutkimuksesta liiketoimintaa.....	24
7 Strategian ja toiminnan suuntaamisen jatkuva ohjaus.....	25
4 Ydinenergian käytön tulevaisuuden skenaariot	27
4.1 Auringonlaskuskenaario	29
4.2 Murrosskenaario	30
4.3 Kasvuskkenaario	31
4.4 Lämpilyöntiskenaario	32
 Liite 1 YES-työhön osallistuneet henkilöt ja organisaatiot.....	34
Liite 2 Lyhenneluettelo.....	38

Johdanto

Työ- ja elinkeinoministeriö (myöhemmin TEM) asetti tammikuussa 2013 työryhmän valmistelemaan ydinenergia-alan tutkimusstrategiaa. Tämä perustui maaliskuussa 2012 työnsä päättäneen kansallisen ydinenergia-alan osaamistyöryhmän (Osaamistyöryhmä tai OTR) raporttiin. Yksi sen suosituksista kuului:

”Ydinenergia-alan suomalaisen tutkimuksen tarpeet ja painopisteet tulee täsmentää ja laatia tutkimustoiminnan kehittämiseksi pitkän aikavälin strategia. Tämä edellyttää erillistä, alan tutkimusorganisaatioiden ja muiden toimijoiden yhteistä hanketta.”

Asettamiskirjeessä TEM täsmensi työryhmän tehtäviksi seuraavat:

- määrittää suuntaviivat suomalaiselle ydinenergia-alan tutkimukselle (visio vuoteen 2030, tiekartat, ydinenergiatutkimus, ydinturvallisuustutkimus, uudentyypeppisten reaktorien tutkimus, fuusiotutkimus)
- tunnistaa tutkimuksen painopistealueet huomioiden ydinenergia-alan tulevat tarpeet ja osaaminen
- määrittää ydinvoima-alan toimijoiden käytössä olevan tutkimusinfrastruktuurin tarve
- optimoida kansallisten tutkimusohjelmien hallinto ja rahoitus
- mahdollistaa Suomen entistä merkittävämpi osallistuminen kansainväliseen tutkimustyöhön

Tehtyjen kartoitusten perusteella työryhmän oli määrä antaa suosituksia toteutettaviksi toimenpiteiksi 2030-luvulle saakka.

Työryhmän työ tehtiin asettamispäätöksessä kirjatussa ohjausryhmässä ja sen koolle kutsumissa jaostoissa. Työryhmän puheenjohtajaksi määrättiin teollisuusneuvos Herkko Plit, pääsihteeriksi yli-insinööri Jorma Aurela sekä sihteeriksi asiantuntija Ville Niemi. Myöhemmin uudeksi sihteeriksi tuli asiantuntija Jussi Leppänen. Kaikki edellä mainitut ovat TEM:stä. Ohjausryhmä kokoontui 13 kertaa ja se kuuli viittä asiantuntijaa järjestämissään asiantuntijakuulemisissa. Ohjausryhmän, kuuden muodostetun jaoston kokoonpanot ja kuullut asiantuntijat on esitetty liitteessä 1. Työryhmän jaostot olivat seuraavat (suluissa jaostojen vetäjät):

1. Ydinturvallisuus (professori Riitta Kyrki-Rajamäki, LUT)
2. Ydinjätehuolto (tutkimuspäällikkö Marjut Vähänen, Posiva, myöhemmin johtava tutkija Kari Rasilainen, VTT)
3. Ydinenergia-alan tutkijakoulutus (professori Filip Tuomisto, Aalto)
4. Ydinenergian tulevaisuuden teknologiat ja perusfysiikka (professori Ari Jokinen, Jyväskylän yliopisto, myöhemmin turvallisuus- ja lisensiointipäällikkö Kristiina Söderholm, Fortum)

5. Yhteiskuntatieteellinen ydinenergiatutkimus (viestintä- ja yhteiskuntasuhdejohtaja Eeva Kalli, Energiateollisuus)
6. Tutkimuksesta liiketoimintaan ydinenergia-alalla (tutkimus- ja kehityspäällikkö Liisa Heikinheimo, TVO)

Lisäksi työryhmän työn pohjustukseksi järjestettiin 17.1.2013 työpaja, ja toinen työpaja 28.11.2013 työryhmän suositusten valitsemiseksi ja jalostamiseksi. Molempiin osallistui noin 50 asiantuntijaa. Työryhmän raportin muokkaamiseen perustettiin ns. editorityöryhmä lähinnä ohjausryhmästä. Työryhmän työhön osallistui kaikissa esitellyissä jaostoissa tai ryhmissä yhteensä 78 henkilöä.

Työn aikana työryhmän raportin muodoksi vakiintui nyt julkaistava lyhyt ydinenergia-alan tutkimuksen strategia, joka julkaistaan painettuna TEM:n julkaisusarjassa. Strategia käännetään myös englanniksi ja myös käännös julkaistaan TEM:n julkaisusarjassa. Lisäksi julkaistaan sähköisessä muodossa taitettu työraportti, jossa eri jaostojen kohdalla esitellään eri alueiden nykytila ja pohjamateriaalia varsinaiselle strategialle.

Strategia koostuu visiosta, nykytilan kuvauksesta, tavoitetilasta vuonna 2030, tehdystä skenaariotarkastelusta ja seitsemästä suosituksesta. Suositukset ovat seuraavat:

1. Ydinenergia-alan tutkimuksen painopistealueet tulee koota laajoiksi kansalliseksi ohjelmiksi. Eri osa-alueita tulee painottaa ohjelmissa kansallisen tavoitetilan ja merkityksen mukaisesti
2. Ydinenergia-alan suomalaisen tutkimuksen tieteellistä tasoa tulee kohottaa, mikä parantaa Suomen kansainvälistä kilpailukykyä ja näkyvyyttä.
3. Osallistutaan aktiivisesti Suomelle tärkeään kansainväliseen tutkimukseen tekemällä kansallista laaja-alaista ja poikkitieteellistä yhteistyötä.
4. Ydinenergia-alalle on tutkijakoulutuksen laadun ja määrän varmistamiseksi perustettava laaja ja kattava kansallinen tohtoriohjelmaverkosto.
5. Infrastruktuurin rakentamista, ylläpitoa ja hyödyntämistä on koordinoitava kansallisella tasolla. Rahoituksesta on huolehdittava pitkäjänteisesti ja kansallisten rahoittajien roolit on selkiytettävä.
6. Tutkimustoiminnassa tulee panostaa innovaatioiden kehittämiseen. Liiketoiminnan kasvua ja kansainvälistymistä tuetaan kokoamalla toimijat yhteen Team Finlandin alle.
7. TEM:n yhteyteen ehdotetaan perustettavaksi ydinenergia-alan tutkimukseen ja käyttöön liittyvä neuvottelukunta pysyväksi asiantuntijaelimeksi tukemaan päätöksentekoa ydinenergia-alan kansallisissa kysymyksissä.

Ydinenergia-alan tutkimuksen strategia

STRATEGIAN VISIO: *Kansainvälisesti korkeatasoinen suomalainen osaaminen ja tutkimus varmistavat turvallisen, kestävä ja kilpailukykyisen ydinenergian käytön sekä edistävät alan liiketoimintamahdollisuuksia.*

1 Toimintaympäristön kuvaus

1.1 Nykytila

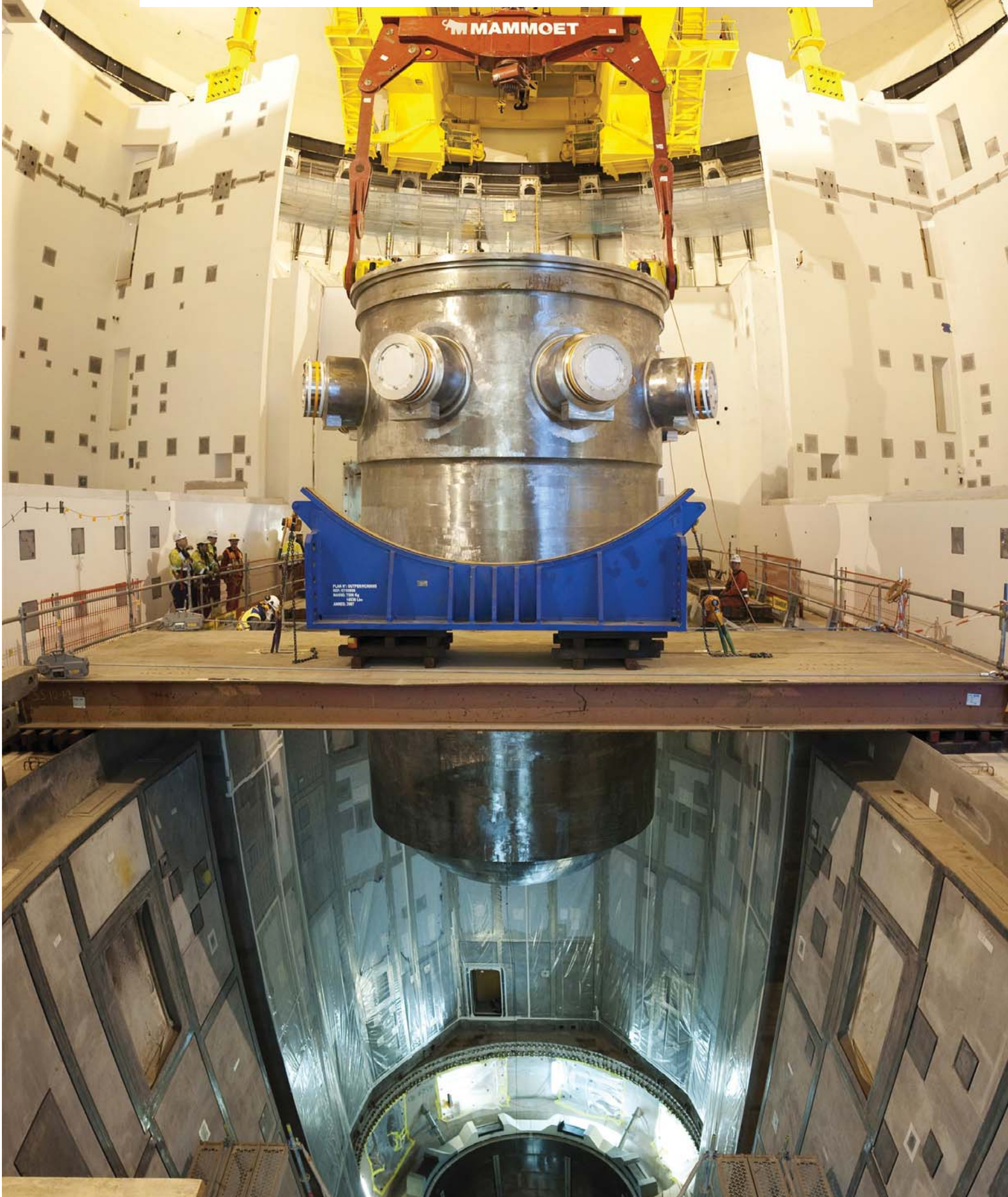
Vakaa ja luotettava energiajärjestelmä on yhteiskunnan toiminnalle välttämätöntä. Sähkön osuus koko energian tuotannosta on edelleen kasvamassa. Suomessa tuotetusta sähköstä ydinenergian osuus on noin 30 %. Tulevaisuudessa tämän osuuden on arvioitu nousevan yli 50 prosenttiin sähköntuotannosta.

Energian saatavuuteen ja energiajärjestelmän toimintaan kohdistuu monia yhteiskunnallisia haasteita ja odotuksia. Näitä ovat energiaomavaraisuus, teollisuuden kilpailukyky, kansalaisten hyvinvointi, päästöjen vähentäminen ja energiantuotannon monipuolisuus. Ydinenergian tuotannon erikoispiirteet kuten tuotantolaitosten suuri kapasiteetti, tuotannon hyvä ennakoitavuus tai turvallisuuden ensisijaisuus ovat tuoneet suomalaiseen lainsäädäntöön käsitteen yhteiskunnan kokonaisuuden, jonka puitteissa arvioidaan kaikkia edellä mainittuja odotuksia ydinlaitoksista päätettäessä.

Laaja-alaista, poikkitieteellistä energiatutkimusta tarvitaan paitsi alan kehittämiseen, myös tukemaan ja taustoittamaan päätöksentekoa sekä tarjoamaan näkökulmia alasta käytävään yhteiskunnalliseen keskusteluun. Ydinenergia on merkittävä osa energiajärjestelmää, mistä syystä on tärkeää, että alaan liittyvät kysymykset ovat mukana kansallisessa ja eurooppalaisessa energiatutkimuksessa sekä tutkimusohjelmissa.

Ydinenergian käyttö on erittäin pitkäjänteistä toimintaa alkaen siitä, että ydinlaitosten investoinnit ovat suuria, rahoitukseltaan etupainotteisia ja niiden toteuttaminen vaatii pitkän aikavälin suunnittelua. Ydinenergian käytön yhteydessä jo alusta lähtien otetaan huomioon kestävä kehityksen tavoitteiden mukaisesti ydinjätehuollon vaatimukset mukaan lukien käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus ja laitospaikan ennallistaminen. Kun ydinvoimalaitosten käyttöikä on nykyisten suunnitelmien mukaan 60 vuotta, alan osaamista ja toimintaa on suunnattava ja varmistettava yli sadan vuoden aikajänteellä.

Kuva 1. TVO:n Olkiluoto 3 reaktorin paineastiaa nostetaan paikalleen reaktorisalissa. Olkiluoto 3 sai valtioneuvostolta periaatepäätöksen ja eduskunta piti sen voimassa vuonna 2002. Rakentamisluvan tämä yli 1600 megawatin painevesilaitos sai vuonna 2005. Voimalaitoksen suunnitteluikä on vähintään 60 vuotta. (Lähde: TVO)



Ydinenergian käytön etuna erityisesti osaamisen kehitykselle ja tutkimukselle on edellä mainittu toiminnan pitkäjänteisyys ja vakaus, mikä helpottaa ennakoitavuutta ja edesauttaa suunnittelua. Suomessa energian perustuotannon tarpeet eivät vaihtelee äkkinäisesti taloudellisten suhdanteiden mukaan. Ydinvoimalaitosten teknologiset ratkaisut ja niiden muutokset varmistetaan alan turvallisuusmääräysten mukaisesti, minkä johdosta nopeat tai ennakoimattomat muutokset eivät ole tyypillisiä.

Ydinturvallisuuden ensisijaisuus on edellytys ydinenergian käytölle Suomessa. Kansallinen etu ja kansainväliset sopimukset, joihin Suomi on sitoutunut, edellyttävät korkeatasoista kansallista osaamista alalla. Ydinturvallisuuden ylläpito ja jatkuva parantaminen vaativat turvallisuusperiaatteiden, turvallisuuden arviointimenetelmien ja teknologian syvällistä ymmärtämistä, mikä on saavutettavissa pitkäjänteisen tutkimuksen avulla.

Ydinenergian käytön lisäksi Suomessa ei ole ollut laajamittaista ydintekniseen osaamiseen pohjautuvaa teollisuutta, joten ydinenergian käyttöön liittyvä tutkimus on suuntautunut ydinvoimalaitosten käyttöä ja turvallisuutta sekä ydinjätehuoltoa tukevaksi. Suomalainen turvallisuusajattelu on alusta asti pohjautunut haluun rakentaa vahva kotimainen asiantuntemus. Tällä on saavutettu laitostoimittajista riippumaton kansallinen kyky käyttää ydinenergiaa sekä tehdä alaan liittyviä päätöksiä. Kotimaisiin tarpeisiin perustuva tutkimus ja sen luoma osaaminen ovat myös kansainvälisesti arvostettua ja siten edistävät osaltaan ydinvoiman turvallista käyttöä maailmanlaajuisesti.

Tutkimuksen merkitys on tuotu selvästi esiin myös lainsäädännössä. Ydinergia-laki edellyttää turvallisuuden pitämistä korkealla tasolla ja jatkuvaa parantamista sekä turvallisuustutkimuksen, tieteen ja teknologiakehityksen huomioon ottamista turvallisuutta edelleen kehitettäessä. Lisäksi laissa säädetään, että ydinlaitoksen luvanhaltijalla on velvollisuus osallistua kansallisen ydinturvallisuustutkimuksen rahoittamiseen. Vastaavat vaatimukset ovat myös ydinjätehuollon tutkimukselle.

Ydinturvallisuuden ja ydinjätehuollon tutkimusohjelmat ovat välttämättömiä kansallisen osaamisen varmistamiseksi. Ne toteutetaan nelivuotisina ohjelmina, joiden sisältö suunnitellaan tutkimusohjelmakauden alkaessa. Näitä pohdintoja ei ole tarkoitus toistaa tässä raportissa.

Käytössä ja suunnitteilla olevien ydinlaitosten käyttöön ja jätehuoltoon liittyvän tutkimuksen lisäksi Suomessa on ydintekniikan ja radiokemian perustutkimusta yliopistoissa sekä säteilyn terveysvaikutusten, radioaktiivisten aineiden ympäristövalvonnan, valmius- ja turvajärjestelyjen sekä ydinmateriaalivalvonnan tarpeisiin liittyvää tutkimusta.

1.2 Ydinenergian tuotannon kehitys Suomessa

Suomalainen energiapolitiikka perustuu pitkäjänteiseen suunnitteluun ja 1970-luvun alkuvuosista lähtien ydinenergia on ollut osa energiajärjestelmää. Suomessa ydinvoimalaitosten käyttöasteet ovat olleet hyvin korkeita ja laitoksia on modernisoitu määrätietoisesti.

Tällä hetkellä käytössä on neljä ydinvoimalaitosyksikköä: Fortumin Loviisa 1 (LO1) ja Loviisa 2 (LO2) sekä Teollisuuden Voiman Olkiluoto 1 (OL1) ja Olkiluoto 2 (OL2). Molemmilla laitospaikoilla on käytetyn polttoaineen välivarastot sekä voimalaitosjätteen käsittelyyn ja loppusijoittamiseen tarvittavat laitokset. Lisäksi rakenteilla on Olkiluoto 3 -ydinvoimalaitosyksikkö (OL3) ja valmisteilla on kaksi uutta ydinvoimalaitosyksikköä: Olkiluoto 4 (OL4) ja Fennovoiman Hanhikivi 1 (FH1).

Oleellisenä osana ydinenergian tuotannon ratkaisuja on ydinjätehuollon ja erityisesti ydinjätteiden loppusijoituksen järjestäminen. Suomessa nämä ovat toimijoiden vastuulla. Niiden luvituksesta ja valvonnasta huolehditaan asianmukaisesti voimayhtiöiden ja viranomaisten toimesta. Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen suunnittelu ja toteuttaminen ovat käynnissä Olkiluodossa. Tavoitteena on rakentaa loppusijoituslaitos vuoteen 2020 mennessä ja saavuttaa toimintavalmius seuraavien vuosien aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että Suomessa aloitetaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus ensimmäisenä maailmassa.

Uuden tuotantokapasiteetin rakentaminen ja käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusratkaisun kehittäminen sekä ajantasaiset ja tiukat turvallisuusvaatimukset tekevät Suomesta kansainvälisesti kiinnostavan maan suurten hankkeiden ja monipuolisen osaamisen johdosta.

1.3 Kansainvälinen ydinenergiatuotannon kehitys

Euroopassa on tällä hetkellä 135 käynnissä olevaa ydinvoimalaitosta 14 EU:n jäsenvaltiossa. Yhteensä 28 prosenttia EU:n sähköntuotannosta perustuu ydinenergiaan, mikä vastaa noin 60 % EU:n vähäpäästöisestä (low-CO₂) sähköntuotannosta. Vuonna 2013 Euroopan unionin alueella oli rakenteilla neljä ydinvoimalaitosyksikköä ja useita uusia on suunnitteilla. Yhteensä yli 800 yritystä EU:ssa toimii alalla kattaen kaikki toiminnot polttoaineen tuotannosta sähkön tuotantoon, sekä ydinlaitosten käytöstäpoistoon ja ydinjätehuoltoon tarjoten lähes miljoona työpaikkaa. Toiminnan volyymien arvioidaan olevan vuositasolla 70 miljardia euroa.¹ Lisäksi Euroopan unionin lähialueista erityisesti Venäjä ja Turkki rakentavat aktiivisesti uutta ydinvoimaa.

Maailmanlaajuisesti käytössä on 437 ydinvoimalaitosyksikköä 31 eri valtiossa. Rakenteilla on 68 ydinvoimalaitosyksikköä 14 eri maassa. Lisäksi tällä hetkellä

1 Poncelet, Foratom 03.2013

on suunnitteilla 20 maassa arviolta 110 uutta ydinvoimalaitosyksikköä. Merkittäviä modernisointi- ja käyttöiän pidentämishankkeita suunnitellaan myös monissa maissa. Ydinjäteratkaisujen suunnittelu ja toteutus etenee useassa maassa.

Japanissa vuonna 2011 maanjäristyksen ja tsunamin seurauksena tapahtunut Fukushima Daiichin ydinvoimalaitosonnettomuus vaikutti ydinvoiman rakentamiseen ja hyväksyttävyyteen maailmanlaajuisesti. Onnettomuuden jälkeen ydinenergian käyttö on kasvanut hieman hitaammin kuin ennustettiin vuonna 2010. IAEA ennustaa edelleen maailmanlaajuisesta ydinenergian tuotannon kasvua aiempien skenaarioidensa mukaisesti: kasvu olisi 25 % ja 100 % välillä vuoteen 2030 mennessä.

IAEA:n ennusteen perusteella eurooppalaisella ydinenergia-alaan liittyvällä teollisuudella on mahdollisuus merkittävään kasvupotentiaaliin seuraavien 10–30 vuoden aikana. Suomalaisten osallistuminen Euroopassa uusien ydinlaitosten rakentamiseen edellyttää kansallista osaamista ja resursseja. Sama koskee myös käynnissä olevien ydinvoimalaitosten eliniän pidentämishankkeita ja huoltotoimintaa.

Kuva 2. Loviisan voimalaitos on toiminut vuodesta 1977 ja sen ykkösyksiköllä on käyttöluva vuoden 2027 vuoden loppuun ja kakkösyksiköllä vuoden 2030 vuoden loppuun. Fortum ei ole päättänyt, mitä näiden vuosien jälkeen tapahtuu eli haakeko se laitoksilleen vielä uusia käyttölupia. (Lähde: Fortum)



1.4 Tutkimus, osaaminen ja innovaatiotoiminta

Ydinenergia-alan tutkimuksen merkittävimmät julkiset tutkimusrahoittajat ovat VYR (Valtion ydinjätehuoltorahasto), Tekes, Euratom ja Suomen Akatemia. Muita rahoittajia ovat mm. VTT, STUK, yliopistot, voimayhtiöt sekä EU:n eri rahoituskanavat. Tutkimuksen vuotuinen volyymi on Suomessa noin 75 miljoonaa euroa sisältäen myös ydintekniikkaan ja radiokemiaan liittyvän yliopistojen tutkimuksen, sekä STUKin säteilyturvallisuustutkimuksen.

Laajuudeltaan suurin aihealue on ydinjätehuollon tutkimus ja toiseksi suurin ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimus. Suomessa tulevaisuuden teknologioiden tutkimusrahoitus on ratkaistu tällä hetkellä vain fuusiotutkimuksen osalta, mikä on toteutettu Tekes-Euratom-assosiaation ja nyt uuden EUROfusion-konsortion kautta. Uudentyyppisten ydinvoimalaitosten tutkimuksen rahoitusmalleja on vielä kehitettävä.

Ydinenergian tuottamisen, rakentamisen ja jäteratkaisujen kehittäminen sekä toteuttaminen edellyttävät merkittävää määrää osaamista, asiantuntijaresursseja ja erilaisia valmiuksia. Tätä haastetta on kuvattu TEM:n osaamistyöryhmän julkaisussa (OTR 2012), jossa todettiin Suomeen tarvittavan 2400 uutta ydinenergia-alan osaajaa vuoteen 2025 mennessä. Kansallisella ydinenergia-alan toiminnalla on merkittävä potentiaali myös alan teknologiakehitykseen kotimaan markkinoille ja viennille.

Turvallisuustutkimuksen tuloksia on mahdollista hyödyntää tuotteiksi ja palveluiksi ydinenergiantuotannon elinkaaren kaikissa vaiheissa, mutta tämä edellyttää tuotteistamista ja siihen tarvittavia innovaatio- ja teknologiapanostuksia. YES-strategiatyön yhtenä tavoitteena on auttaa valitsemaan Suomessa ne tutkimuksen painopistealueet, joihin panostaminen tuottaisi etuja sekä kansalliseen käyttöön että tuleviin vientihankkeisiin.

Suomen tämänhetkinen ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimuksen kansainvälinen tutkimusyhteistyö painottuu suuriin OECD/NEA:n koehankkeisiin. Lisäksi yhteistyöalueita ovat EU:n Euratom-hankkeet ja IAEA:n toiminta. Näiden lisäksi on kahdenvälisiä yhteistyöhankkeita maiden kanssa, joissa on ydinvoimalaitostoi-
mittajia, ydinenergian käyttöä tai joissa suunnitellaan ydinenergian käyttöönottoa sähköntuotantoon. Erityisesti OECD/NEA:n ja Euratomin hankkeissa toimijat ovat lähes pääsääntöisesti jo pitkään ydinenergiaa käyttäneitä maita. Pohjoismaiden yhteistyö alan toimijoiden kesken on tiivistä. Tätä yhteistyötä tukee pieni pohjoismainen turvallisuustutkimusohjelma, joka kattaa reaktoriturvallisuuden ja valmiustoiminnan. Yhteistyötä Venäjän kanssa on toistaiseksi tehty vain yksittäisissä tutkimushankkeissa.

IAEA:lla on myös laajaa koulutusyhteistyötä uusien ja potentiaalisten ydinenergiamaiden suuntaan. Tämän yhteistyön painopiste on osaamisen luomisessa niin ydinenergian käyttöä suunnittelevien maiden ensimmäisten osaajien kouluttamisessa kuin myös kansallisen infrastruktuurin luomisessa.

Tässä strategiatyössä kansallista tutkimusta ja sen valmiuksia on tarkasteltu kuuden aihepiirin osalta:

1. Ydinenergian käytön turvallisuus
2. Ydinjätehuolto
3. Ydinenergia-alan tutkijakoulutus
4. Ydinenergia-alan tulevaisuuden teknologiat ja perusfysiikka
5. Yhteiskuntatieteellinen ydinenergiatutkimus
6. Tutkimuksesta liiketoimintaan

Liitteessä on esitetty yksityiskohtaisemmin aihepiirien kuvaukset.

Kuva 3. Talvella 2014 aloitettiin VTT:n Ydinturvallisuustalon rakentaminen Otaniemessä. Taloon rakennetaan modernit kuumakammilaboratoriot ja siellä työskentelee vuonna 2017 mahdollisesti 150 tutkijaa. Osa talon rakenteista on mitoitettu 100 vuoden käyttöä varten. (Lähde: VTT)



2 Tavoitetila vuonna 2030

Vuonna 2030 ydinenergian käytön edellytyksenä on edelleen turvallisuus ja yhteiskunnan kokonaisuus. Siten ydinenergian kansallisen ja maailmanlaajuisen käytön kehityksestä riippumatta tulee olemaan tarvetta ydinturvallisuuteen keskittyvälle tutkimukselle. Vahvoja osaamisen alueita ovat ydinlaitosten turvallisuuden arviointi ja luvitus, turvallisuuteen vaikuttavien perusilmiöiden tutkimus, ydinjätehuoltoon liittyvä tutkimus sekä teknistieteellinen uudet ja vanhat teknologiat yhdistävä poikkitieteellinen osaaminen. Toiminnallisten prosessien (Systems Engineering) sekä turvallisuuskriittisten organisaatioiden, tuotteiden ja toimintojen tutkimus ovat kasvualueita.

Ydinenergia-alan tutkimukselle ensisijaisen tärkeää on ydinenergian turvalliseen käyttöön liittyvän tutkimuksen korkea taso ja riittävät resurssit. Vahvat osaamisalueet ovat kansainvälistä huipputasoa. Alalla on laaja-alainen yliopistokoulutus ja ajantasaiset valmiudet sekä tutkimusinfrastruktuuri, jossa toteutetaan kunnianhimoisia tutkimushankkeita sekä kotimaisiin tarpeisiin, että kansainvälisenä yhteistyönä.

Suomi toteuttaa käytetyn polttoaineen loppusijoitusta ensimmäisenä maailmassa. Ydinjätehuollon kehittäminen ja uusiin ydinjätehuoltoratkaisuihin liittyvä osaaminen ovat jatkossakin merkittäviä vahvuuksia. Uusien laitostyyppien myötä kehitetään kansainvälistä yhteistyötä erityisesti näillä osaamisalueilla. Suomen kannalta olennaisia kehittymisalueita ovat pienet modulaariset reaktorit (Small Modular Reactors - SMR). Neljännen sukupolven ydinvoimalaitokset (GEN4) ja fuusioreaktorit ovat myös kehityskohteena.

Aktiivisella osallistumisella monikansallisiin ja erityisesti eurooppalaisen tutkimusyhteistyöhön tutkimuksella on vaadittava kriittinen volyymi. Suomalainen erityisosaaminen perustuu eri laitossukupolvien teknologiat yhdistävään tutkimukseen ja teknistieteelliseen turvallisuuskriittisen toiminnan tutkimukseen. Tavoitetila on saavutettu kärkiosaamisten tunnistamisen ja kansallisen yhteistyön kautta.

Suomessa kehitetyt ydintekniset tuotteet ja palvelut ovat kansainvälisesti tunnettuja ja ala kasvaa. Koko tutkimuksen innovatiivisuuden lisääminen ja tätä kautta kaupallistaminen on tärkeä osa tavoitetilaa vuoteen 2030 mennessä. Kansainväliset partnerit valitaan suomalaisten liiketoimintatavoitteiden perusteella.

Ydinenergian tuotantoon ja polttoaineen elinkaareen liittyvän tutkimuksen rinnalla on vahva kansallinen säteilyturvallisuuden, turvajärjestelyjen ja valmiustoiminnan sekä ydinmateriaalivalvonnan kattava tutkimus ja kehitystoiminta. Kansallinen tutkimus hyödyntää eurooppalaisen ja maailmanlaajuisen tutkimuksen synergiaetuja.

Yhteiskunnallista tutkimusta tarvitaan paitsi alan kehittämisen tueksi, myös tukemaan ja taustoittamaan päätöksentekoa sekä nostamaan sisältöjä ja tarjoamaan

näkökulmia alasta käytävään yhteiskunnalliseen keskusteluun. Ydinenergiaa koskevia yhteiskunnallisia tutkimustarpeita kohdistuu erityisesti energiapoliittisen päätöksenteon ja ohjauksen vaikutusten arviointiin. Myös kansalaisten energiatietämyksen, asenteiden sekä energiakysymysten käsittely ja näkyvyys koulutuksessa ja julkisuudessa edellyttävät yhteiskuntatieteellistä tutkimusta.

Alan tutkimuksen ajankohtaisten asioiden käsittely, strategian toteutuksen seuranta ja kehityksen suuntaaminen sekä eri kehityskohteiden päätöksenteon valmistelu on järjestetty kansallisesti.

Kuva 4. Fennovoima on aloittanut ydinvoimalaitoshankkeensa vuonna 2007. Vuonna 2014 se haki valtioneuvostolta vuoden 2010 periaatepäätökseensä täydennystä, sillä sen laitosvaihtoehto on nyt venäläisen Rosatomin AES-2006 -painevesilaitos, jonka sähköteho on noin 1200 megawattia. Laitoksen on suunniteltu valmistuvan vuonna 2024 ja sen suunniteltu käyttöikä on 60 vuotta. (Lähde: Fennovoima)



3 Suositukset

Tähän lukuun on koottu työryhmän keskeiset tulokset ja suositukset ydinenergia-alan tutkimuksen ja koulutuksen pitkäjänteiseksi varmistamiseksi ja kehittämiseksi. Liitteessä kuvataan suosituksia kunkin jaoston osa-alueelta tarkemmin.

1 Ydinenergiatutkimuksen painopistealueet ohjelmiksi

SUOSITUS:

Ydinenergia-alan tutkimuksen painopistealueet tulee koota laajoiksi kansallisiksi ohjelmiksi. Eri osa-alueita tulee painottaa ohjelmissa kansallisen tavoitetilän ja merkityksen mukaisesti.

Suuremmat kansalliset kokonaisuudet tutkimusohjelmissa mahdollistavat laajempien aihealueiden käsittelyn ja myös osallistumisen suurempiin kansainvälisiin tutkimusohjelmiin. Erityisesti eurooppalaisiin tutkimusohjelmiin tulee jatkossa saada Suomelle suurempi osuus kuin aiemmin. Tutkimuksen koordinointi valituilla osa-alueilla mahdollistaa paremman keskittymisen olennaisiin aiheisiin sekä edesauttaa synergiaetujen hyväksikäyttöä.

Ydinenergia-ala tulee nähdä osana energiahuollon ratkaisuja sekä suomalaisen energiatutkimuksen ohjelmia ja ydinenergiatutkimuksen tulee olla mukana kansallisissa energiajärjestelmätutkimuksissa. Ydinenergiaa koskevia yhteiskunnallisia tutkimustarpeita kohdistuu erityisesti energiapoliittisen päätöksenteon ja ohjauksen vaikutusten arviointiin sekä energiatietämykseen, asenteisiin ja energiakysymysten näkyvyyteen julkisuudessa ja koulutuksessa. Tutkimusohjelmien lisäksi ydinenergiatutkimusta tehdään yliopistoissa, tutkimuslaitoksissa, voimayhtiöissä ja muissa organisaatioissa.

A. NYKYISET KANSALLISET YDINTURVALLISUUDEN JA YDINJÄTEHUOLLON TUTKIMUSOHJELMAT

Perustan tutkimukselle muodostavat edelleen ydinenergalakiin ja asetuksiin perustuvat vahvat kansalliset tutkimusohjelmat ydinturvallisuuden ja ydinjätehuollon osa-alueilla.

Ydinturvallisuustutkimusohjelma SAFIR2014 loppuu vuonna 2014 ja uuden SAFIR2018-ohjelman suunnittelu alkaa tämän työryhmän työn jälkeen. Keväällä 2014 on myös tehty SAFIR2014-ohjelman kansainvälinen arviointi. Vastaava kehitystyö on käynnissä myös KYT2014-ohjelman (Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma) osalta. Edelleen tullaan tarkastelemaan tutkimusohjelmien rajapintoja ja synergiaetuja sekä kansainvälistä yhteistyötä.

B. KANSALLINEN SÄTEILYTURVALLISUUSTUTKIMUS

Säteilyturvallisuuden tutkimusohjelma varmistaa kansallisen osaamisen ja tietopohjan säteilyturvallisuudessa, turvaa kansallisten viranomaisten tietotarpeet ja integroi tutkimuksen koulutukseen ja innovaatiotoimintaan. Verkostomainen yhteenliittymä yliopistojen, korkeakoulujen ja STUKin välillä toteutetaan valtioneuvoston sektoritutkimuslaitosuudistuksen mukaisesti.

Tutkimusohjelma tuottaa uutta tietoa säteilyn riskeistä ja uusia välineitä riskien hallintaan. Säteilyn käyttö lisääntyy jatkuvasti erityisesti terveydenhuollon ja teollisten sovellusten alueella. Uutta tietoa tarvitaan muun muassa säteilyn vaikutusmekanismeista ja terveysriskeistä. Suomalainen elinkeinoelämä ja eri viranomaiset tarvitsevat ajantasaista tietoa hyväksyttävistä radioaktiivisuuden tasoista niin normaalissa toiminnassa kuin myös valmiustilanteissa sekä altistumisesta luonnonsäteilylle muun muassa kaivostoiminnan yhteydessä. Teknologiset innovaatiot säteilyn mittaamisessa edistävät säteily- ja ydinturvallisuutta ja luovat pohjaa kansainväliselle liiketoiminnalle.

Kansallinen tutkimusohjelma kytketään eurooppalaiseen säteilyturvallisuuden tutkimusalueeseen (Euratom/Fissio).

C. TULEVAISUUDEN YDINENERGIAN TUTKIMUSOHJELMA (FISSIO JA FUUSIO)

Tulevaisuuden ydinenergiateknologiat ovat tärkeä osa tutkimustoimintaa tulevaisuudessa niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin. Tulevaisuuden reaktoriteknologioiden tutkimusohjelmaan tulee sisällyttää merkittävä osa fissio- ja fuusiotutkimuksesta. Eri reaktoriteknologioiden (Small Modular Reactors, GEN4, fuusio) osuus tulee jakaa kansallisesti tärkeimpiä konsepteja painottaen. Tutkimuskohteiden yhdistäminen luo synergiaetuja, parantaa tutkimuksen laatua ja vaikuttavuutta. Tunnistettuja poikkitieteellisiä aiheita ovat perinteisen ydinturvallisuuteen painottuvat tutkimuksen lisäksi: materiaalit, etähallinta/-operointi, mallinnus, ydintekninen diagnostiikka, viranomaiskäytännöt ja säteilyturvallisuus.

Henkilöresurssien riittävyys ja osaamiskentän laajentaminen ovat tärkeitä teemoja sekä kansallisen osaamistason että kansainvälisen kilpailukyvyyn vuoksi.

2 Kansainvälinen huippuosaaminen ja näkyvyys

SUOSITUS:

Ydinenergia-alan suomalaisen tutkimuksen tieteellistä tasoa tulee kohottaa, mikä parantaa Suomen kansainvälistä kilpailukykyä ja näkyvyyttä.

Korkea tieteellinen taso tutkimuksessa on perusvaatimus toiminnalle kansainvälisessä ympäristössä. Tasoa arvioidaan tyypillisesti kansainvälisten tieteellisten julkaisujen ja tohtorin tutkintojen lukumäärän kautta. Ydintekniikka-alan töiden julkaisemisen painopiste siirretään teknillisistä raporteista kansainvälisiin julkaisuihin.

Korkean tieteellisen tason vakuuttamisen lisäksi julkaisut myös luonnostaan lisäävät suomalaisen tutkimustyön tunnettavuutta ja helpottavat siten suomalaisten palveluiden ja tuotteiden kansainvälistä markkinointia.

Kansainvälinen yhteistyö on oiva keino kouluttaa laajakatseisia ja ennakkoluulottomia uusia osajia ja luoda edellytyksiä kansainväliselle liiketoiminnalle.

3 Kansainvälinen yhteistyö tutkimuksessa

SUOSITUS:

Osallistutaan aktiivisesti Suomelle tärkeään kansainväliseen tutkimukseen tekemällä kansallista laaja-alaista ja poikkitieteellistä yhteistyötä.

Pienenä toimijana Suomen tulee olla aktiivisesti kansainvälisessä toiminnassa, keskittyä strategisesti tärkeisiin aihealueisiin sekä ylläpitää ja luoda valmiudet, jotta tutkimus voi näillä alueilla toimia suomalaisen ydinenergia-alan kärkenä. Kansainvälisiä toimintoja edistettäessä keskeisiä yhteistyöfoorumeita ovat IAEA, Euratom, OECD/NEA ja NKS. Kahdenvälisen yhteistyön pääkohteita ovat ydinenergiaa kehittävät ja käyttävät maat, kuten esimerkiksi Ruotsi, Venäjä, Ranska, Iso-Britannia, USA ja Kiina sekä mahdolliset muut Aasian maat. Yhteistyömahdollisuuksia uudentyypisiä ydinvoimalaitoksia kehittävien maiden kanssa selvitetään. Edellisten lisäksi ydinjätehuollon alueella kahdenvälisen yhteistyön mahdollisuuksia on myös ydinenergiasta luopuvissa maissa, kuten Saksassa ja Sveitsissä.

Kansainväliseltä yhteistyöltä edellytetään entistä enemmän vaikuttavuutta riippumatta yhteistyön muodosta tai yhteistyökumppaneista. Asia korostuu valtion tutkimuslaitoksia koskevien rakenteellisten muutosten myötä, kun keskeisiltä toimijoilta on siirretty rahoitusta suomalaisen tutkimuksen uusiin instrumentteihin. Suomen kannalta strategisesti tärkeisiin aihealueisiin keskitytään riippumatta siitä tehdäänkö yhteistyötä vakiintuneesti ydinenergiaa käyttävän maan kanssa vai ydinenergian käyttöä suunnittelevan maan kanssa. Euroopassa yhteistyötä tehdään ensisijaisesti sellaisissa hankkeissa ja niiden maiden kanssa, joissa pystytään tuottamaan lisäarvoa suomalaiselle tutkimukselle. Nykyistä laajempia yhteistyömahdollisuuksia on selvitettävä Iso-Britannian kanssa sekä Itä-Euroopan ja Venäjän suuntaan.

Aasia on ydinenergian rakentamisen ja käytön kasvualuetta ja siellä on nähtävissä monentyypisiä yhteistyömahdollisuuksia ydinvoimalaitostoimituksia tekevien ja suunnittelevien maiden kanssa kuin myös ydinenergian käyttöönottoa suunnittelevien maiden kanssa. Perinteisiin ydinenergiaa käyttäviin maihin sekä ydinlaitoksia toimittaviin maihin kuuluvat Japani, Korea ja Venäjä. Uusia kansainvälisiin ydinvoimalaitostoimituksiin tähtääviä maita ovat esimerkiksi Kiina ja Intia.

Kansainvälinen yhteistyö ydinenergia-alalla on välttämättömyys, etenkin pienessä ydinenergiamaassa kuten Suomi. Yhteistyön kautta on mahdollisuus päästä mukaan suurempiin tutkimushankkeisiin Euroopassa ja muualla maailmassa ja

näin kasvattaa tarvittavan osaamisen määrän kriittistä massaa kestäväälle pohjalle. Lisäksi yhteistyöllä voidaan omaan osaamiseen liittää täydentävää osaamista tai saada käyttöön Suomesta puuttuvia resursseja. Täydentävien resurssien kautta saadaan käyttöön myös laitteistoja ja ohjelmistoja, joiden käyttöaste Suomessa jäisi pieneksi tai joiden ylläpitoon ei olisi mahdollisuuksia. Kohdennettu ja tavoitehakuinen yhteistyö koostuu hyvin suunnitellusta paletista kansainvälisiä yhteistyöhankkeita (IAEA, OECD/NEA, EU, NKS) ja kahdenvälisiä hankkeita.

Lähtökohdat tähän ovat hyvät, koska ydinturvallisuuden alalla Suomessa on kehitetty useita maailmanlaajuisesti ainutlaatuisia koelaitteistoja ja laskentamenetelmiä, osin kansallisten tutkimusohjelmien puitteissa mutta myös loppukäyttäjien rahoituksella. Jatkossakin pitää varmistaa, että Suomessa on aina meneillään ainutlaatuisiksi tunnustettuja ydintekniikan alan tutkimushankkeita, joihin muut maat haluavat osallistua myös merkittävänä rahoittajina.

4 Kansallinen tohtoriohjelmaverkosto

SUOSITUS:

Ydinenergia-alalle on tutkijakoulutuksen laadun ja määrän varmistamiseksi perustettava laaja ja kattava kansallinen tohtoriohjelmaverkosto.

Yliopistot, tutkimuslaitokset, viranomaiset ja teollisuus on sitoutettava monialaisen ja poikkitieteellisen tohtoriohjelmaverkoston toiminnan tukemiseen sekä tutkijakoulutuksen pitkäjänteiseen rahoittamiseen. Näiden organisaatioiden yhteistyö koulutuksessa ja väitöskirjaan tähtäävän tutkimuksen ohjauksessa sekä asianmukaisen tutkijavaihto-ohjelman järjestämisessä ovat avainasemassa.

Kansallisen tason koordinoinnin on oltava tehokasta ja näkyvää, jotta kansallinen ja kansainvälinen tutkijavaihto sekä tutkimusyhteistyö voidaan järjestää parhaalla mahdollisella tavalla. Ydintekniikan ja radiokemian kansallinen tohtoriohjelman (YTERA-ohjelma 2012–2015) voi toimia mallina laajemman toiminnan organisoinnille. Opetus- ja kulttuuriministeriö ei enää tue tohtoriohjelmaa suoraan, vaan rahoitus on siirretty yliopistojen vastuulle.

5 Suomalaisen infrastruktuurin kehittäminen ja tehokas hyödyntäminen

SUOSITUS:

Infrastruktuurin rakentamista, ylläpitoa ja hyödyntämistä on koordinoitava kansallisella tasolla. Rahoituksesta on huolehdittava pitkäjänteisesti ja kansallisten rahoittajien roolit on selkiytettävä.

SAFIR2014-ohjelman aikana tutkimusinfrastruktuurin kehitystä on alettu entistä näkyvämmiin tukea VYR-rahoituksella. Tavoitteena on pitkäikäiset ja monipuoliset

tutkimusvalmiudet. Kohteina ovat tällä hetkellä Lappeenrannan termohydrauliikka-koelaitteistot ja Otaniemeen rakennettava Ydinturvallisuustalo. Uusien tarpeiden ja mahdollisuuksien syntyessä infrastruktuuria kehitetään edelleen.

Lähivuosien aikana alan keskeisin infrastruktuurihanke on Ydinturvallisuustalon rakentaminen Otaniemeen. Nykyisten kokeellisten tilojen ja laitteistojen uusiminen on välttämätöntä laitteistojen ikääntymisen, käytettävyyden ja säteilyturvallisuuden vuoksi. Ydinturvallisuustaloon rakennetaan ajanmukaiset kuumakammiotilat, joita hyödynnetään reaktorimateriaalien tutkimuksessa, sekä erilliset laboratoriot materiaali- ja ydinjätetutkimukselle, radiokemialle, dosimetrialle ja suodatintestaukselle.

Mahdollisuus ulkomaisten infrastruktuurien käyttöön tutkimuksessa ja koulutuksessa on varmistettava silloin kun vastaavaa ei ole saatavilla Suomessa. Merkittävin meneillä olevista hankkeista on Suomen osallistuminen VTT:n kautta kansainväliseen, Ranskaan rakennettavan JHR-tutkimusreaktorin toimintaan. FiR-1-tutkimus- ja koulutusreaktorin käytöstäpoisto aiheuttaa aukon koulutusmahdollisuuksiin kansallisella tasolla, mikä tulee paikata kansainvälisen yhteistyön kautta.

Kotimaisen infrastruktuurin suunnittelun ja toteutuksen on oltava pitkäjänteistä. Ydinenergia-alan vuosikymmenien aikajänne on haasteellinen, kun halutaan varmistua infrastruktuurin tehokkaasta hyödyntämisestä. Kansallisen ja kansainvälisen yhteistyön kautta nostetaan infrastruktuurin käyttöastetta koko elinkaaren aikana.

Julkisten rahoittajien roolit ja työnjako infrastruktuurin rahoituksessa ja ylläpidossa on selkiytettävä, jotta rahoitus saadaan kohdistumaan keskeisiin, koko ydinenergia-alaa hyödyttäviin hankkeisiin. Tänä päivänä julkisia rahoittajia ovat Suomen Akatemia, TEKES ja VYR. Tutkimustoimijoiden oman panostuksen tulee perustua yhteiskunnallisiin painotuksiin sekä niiden strategiaan tavoitteisiin. Lisäksi toiminnassa on panostettava uuden ja kansainvälisen rahoituksen aikaansaamiseen.

6 Tutkimuksesta liiketoimintaa

SUOSITUS:

Tutkimustoiminnassa tulee panostaa innovaatioiden kehittämiseen. Liiketoiminnan kasvua ja kansainvälistymistä tuetaan kokoamalla toimijat yhteen Team Finlandin alle.

Tutkimukseen liittyvän ydinenergian liiketoiminnan kehittämiseksi ja kasvattamiseksi tarvitaan tuotteiden ja palveluiden muovaamista selkeiksi asiakokonaisuuksiksi ja toimiviksi verkostoiksi. Tutkimuksesta syntyvät innovaatiot tähtäävät kansainvälisille markkinoille.

Suomessa olevaa osaamista tulee katsoa laajasti yli organisaatorajojen ja yhdistää sopivien sateenvarjojen alle. Näitä voivat olla sopivat strategisen huippuosaamisen keskittymät (SHOK-yhtiöt), FinNuclear-yhteistyö ja Team Finland. Vahvoja alueita ovat ydinlaitosten turvallisuuden arviointi, luvitus, materiaalitekniikka ja ydinjätehuolto. Myös voimalaitosten eliniänhallinnan palvelut, nykyisten ja tulevaisuuden

reaktorikonseptien mallinnus, systems engineering ja turvallisuuskriittiset toiminnot ovat tuotteistettavissa.

Yksi merkittävästä hidasteista liiketoiminnan synnyttämiselle on ollut tutkimuksen ja liiketoiminnan painopisteiden erot, sillä nämä eivät juuri kohtaa toisiaan nykytilanteessa. Teollisuus on ollut kaikkein kiinnostunein alueista, joissa liiketoimintaa voidaan aikaansaada välittömästi tai melko lyhyellä tähtäimellä. Tutkimus on osaltaan keskittynyt perusilmiöiden selvittämiseen ja teknisten ratkaisujen löytämiseen, missä tavoitteisiin ei ole kuulunut innovaatioiden kehitys.

Ydinenergia-alan tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan (TKI) tukeminen on kansallinen etu ja velvoite. Toiminnasta syntyvien tuotteiden ja palveluiden on oltava kaupallisesti kannattavia. TKI-hankkeen alkuvaiheessa on systemaattisesti arvioitava ja seurattava liiketoiminnan mahdollisuuksia eri vaiheissa varsinaisen TKI-toiminnan rinnalla. Liiketoimintamahdollisuuksia tunnistettaessa tulee ottaa huomioon osaamisen konseptointi ja palveluliiketoiminnan kehittäminen, riittävä osaaminen ja resurssit sekä eri näkökulmista lähtevä yhteistyö.

Liiketoiminnalla tähdätään sekä kansalliseen että kansainväliseen menestykseen. Kansainvälisen liiketoiminnan kasvualueet ovat samat kuin kansainvälisen tutkimusyhteistyön kasvualueet. Lisäksi uusia markkinoita avautuu ydinenergian käyttöä aloittavissa maissa, joissa suomalainen osaaminen voi tarjota kattavan palvelun infrastruktuurin suunnittelusta aina ydinjätehuoltoon saakka.

Ydinenergia-alalla tarvitaan monen perinteisen tieteenalan osaamista ja tuloksia, joista syntyy tutkimuksen omaleimaisuus. Osaamisen keihäänkärjet syntyvät kyvystä yhdistää monipuolista poikkitieteellistä tietämystä kokonaisuuksiksi. Kansainvälisen liiketoiminnan tueksi tulee suomalainen ydinenergia-alan kärki näkyä selkeästi ulospäin hyvien brändien kautta, esimerkiksi loppusijoituksen osalta "Designed for ONKALO, approved by STUK".

7 Strategian ja toiminnan suuntaamisen jatkuva ohjaus

SUOSITUS:

TEM:n yhteyteen ehdotetaan perustettavaksi ydinenergia-alan tutkimukseen ja käyttöön liittyvä neuvottelukunta pysyväksi asiantuntijaelimeksi tukemaan päätöksentekoa ydinenergia-alan kansallisissa kysymyksissä.

Ydinenergia-alan tutkimukseen ja käyttöön liittyvä neuvottelukunta tarvitaan TEM:n yhteyteen pysyväksi asiantuntijaelimeksi pohtimaan linjauksia ydinenergia-alan kansallisissa kysymyksissä. Neuvottelukunta toimisi TEM:n tukena ydinenergiainlain (YEL 54 §) mukaisesti ja sen perustaminen edellyttäisi ydinenergiainlain muutosta.

Viime vuosina TEM on hyödyntänyt ja perustanut aihekohtaisia kansallisia verkostoja ja työryhmiä, mutta nämä ovat kuitenkin olleet väliaikaisia eikä niillä ole ollut toimeksiantojaan laajempaa tehtäväkuvaa. Näin niillä ei ole ollut

mahdollisuutta osallistua tehokkaasti kansallisten toimien koordinaatioon alan osaamisen, tutkimuksen tai ydinenergian käytön alueilla. Neuvottelukunnan tehtävänä olisi esittää ydinenergian käyttöä koskevia suosituksia tukien Suomen energiapolitiikan linjauksia. Tämän lisäksi neuvottelukunta huolehtisi osaltaan, että vuoden 2012 osaamistyöryhmän (OTR) sekä tässä esillä olevat suositukset toimeenpannaan.

Kyseisen neuvottelukunnan osalta tulee huomioida muut, STUKin yhteydessä toimivat neuvottelukunnat. Neuvottelukunnan kokoonpanossa ja painotuksissa on hyvä harkita erityisasiantuntijuuden lisäksi liitántöjä muuhun yhteiskuntaan.

Kuva 5. Lappeenrannan teknillisen yliopiston ydinvoimalaitosten laskennallisen lämpö- ja virtaustekniikan tutkimuslaboratorio on eräs suomalaisen ydinenergia-alan tutkimuksen kulmakivistä. Laboratorio aloitti toimintansa Skinnarilassa 1975. Kuvassa vasemmalta professorit Juhani Hyvärinen ja Riitta Kyrki-Rajamäki sekä tutkimusjohtaja Heikki Purhonen. (Lähde: LUT)



4 Ydinenergian käytön tulevaisuuden skenaariot

Vuoteen 2030 ulottuvassa ydinenergia-alan tutkimusstrategiassa tulevaisuuteen liittyvä epävarmuus pyritään ottamaan huomioon tarkastelemalla vaihtoehtoisia tulevaisuuskuvia eli skenaarioita. Tavoitteenasettelun ja toimenpiteiden suunnittelu todennäköisimmäksi katsotun kehityskulun lisäksi myös muita skenaarioita vasten vähentää strategiisiin valintoihin liittyvää riskiä. Työryhmä on omassa itsenäisessä skenaariotyöskentelyssään keskittynyt ydinvoimaan. Samantyyppisiä tuloksia on saatu laajemmassa VTT:n tekemässä Suomen tulevaisuuden energiaratkaisuja käsittelevässä strategiatyössä.²

Kuva 6. YES-työn skenaariotyöskentely



Ydinenergiaa hyödynnetään Suomessa koko tarkasteltavan ajanjakson. Suomen kehityskulusta riippumatta lähialueella ja koko maailmassa ydinenergian käytön ennakoidaan lisääntyvän. Tarve kansallisen osaamisen kehittämiseksi ja tutkimukselle säilyy. Strategian formuloinnissa on kyse tutkimuksen painopistealueiden valitsemisesta ja panostusten suhteuttamisesta kokonaistarpeeseen.

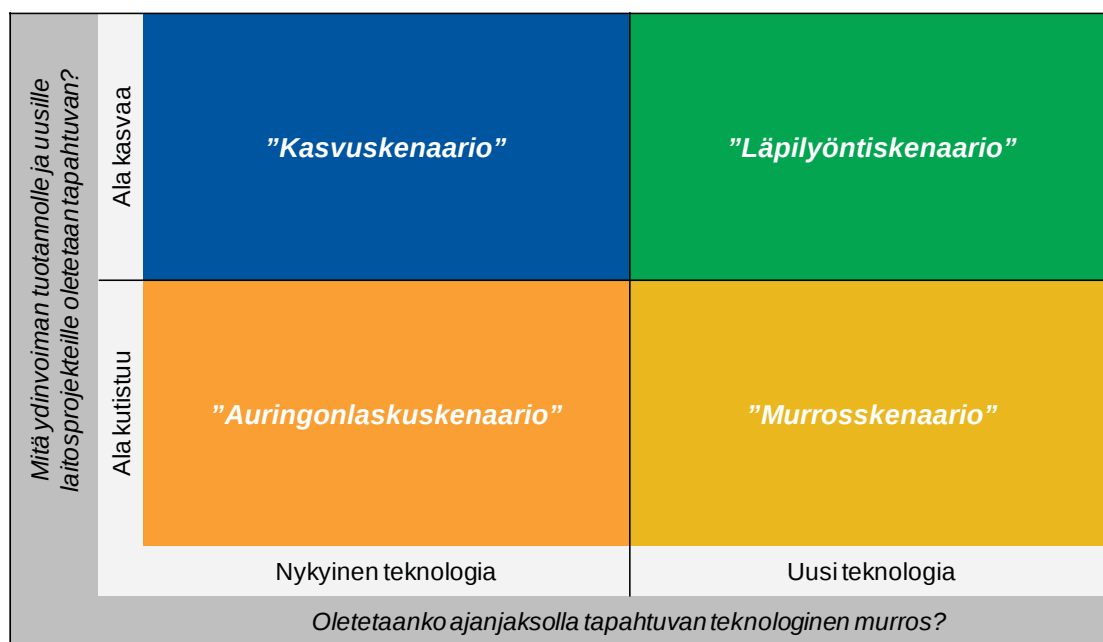
Skenaariotyöskentelyn perustaksi ja eri tulevaisuuskuvien erottamiseksi toistetaan esitetään kaksi keskeistä kysymystä:

- Mitä ydinvoiman tuotannolle maailmanlaajuisesti ja uusille laitosprojekteille Suomessa oletetaan tapahtuvan?
- Oletetaanko tarkastelevalla ajanjaksolla tapahtuvan teknologinen murros?

² Low Carbon Finland 2050, VTT clean energy technology strategies for society, VTT Vision 2, 2012, VTT Technical Research Centre of Finland, ISBN 987-951-38-7962-4 (print), ISBN 978-951-38-7963-1 8 (online)

Näiden oletusten eri kombinaatioista saadaan neljä tulevaisuusskenaariota, joita käytetään strategiatyön tukena. Ydinvoiman maailmanlaajuisen kehityksen osalta lähtökohdaksi on valittu Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n matalan ja korkean kasvun urat. Teknologisia murroksia voi tapahtua sekä reaktoriteknikassa että ydinjätehuollossa.

Kuva 7. YES-työssä tarkasteltavien skenaarioiden nelikenttä



Työryhmän työn keskeisin johtopäätös on, että tulevaisuudessa ydinenergiatutkimus Suomessa on välttämätöntä tarkastellusta skenaariorista riippumatta. Tutkimuksen laajuus ja osin myös painopisteet määräytyvät valitun skenaarion mukaisesti. On tärkeää muistaa, että skenaariotarkastelu on apuväline hahmotettaessa tulevaisuutta ja tarvittavia toimenpiteitä. Luodut skenaariot edustavat ääriolosuhteita ja toteutuva tulevaisuus on varsin todennäköisesti skenaarioiden välimaastossa. Tutkimuksen on pystyttävä joustavasti sopeutumaan vallitsevaan tilanteeseen.

Kaikissa skenaarioissa tutkimustoiminnalla on oltava perusvalmiudet, jotka tarvitaan takaamaan ydinenergian turvallinen käyttö ja ydinjätteen yhteiskunnallisesti hyväksyttävä loppusijoitus. Myös osallistuminen kansainväliseen yhteistyöhön on välttämätöntä kaikissa skenaarioissa. Laaja yhtenäinen näkyvyys kansainvälisillä markkinoilla on tärkeää, jotta suurempiin yhteistyöhankkeisiin Euroopassa päästään mukaan ja suuria hankkeita saadaan Suomeen. Edelleen uusi ydinenergian käytön neuvottelukunta nähdään tarpeelliseksi kaikissa skenaarioissa. Sen rooli korostuu kasvu- ja läpilyöntiskenaarioissa.

Suomella on ydinenergia-alalla hyvä kansainvälinen maine, laitosten turvallisuushistoria on hyvä ja käyttökertoimet korkealla (jopa osin johtavalla) kansainvälisellä tasolla. Lainsäädäntöä ja YVL-ohjeita on pyritty pitämään ajan tasalla ottaen oppia

maailman tapahtumista. Korkeatasoisen tutkimuksen ja osaamisen potentiaalia hyödynnetään myös liiketoiminnassa.

4.1 Auringonlaskuskenaario

Auringonlaskuskenaario kuvaa sellaista tilannetta vuonna 2030, jossa ydinvoima on muuttunut maailmanlaajuisesti taantuvaksi teollisuudenalaksi. Syynä tähän voi olla esimerkiksi ydinenergian yhteiskunnallisen hyväksyttävyyden merkittävä väheneminen ja nykyisten käyttölupien päättyminen. Ydinenergian käytössä ei oleteta tapahtuvan sellaista teknologista läpimurtoa, joka muuttaisi alan painopistettä nykyisestä.

Auringonlaskuskenaariossa keskeisimmät oletukset ovat seuraavat:

- Suomessa käytössä vain yksi reaktoriyksikkö (Olkiluoto 3)
 - Uusia laitoksia ei ole rakenteilla tai suunnitteilla
 - Vanhat laitosisyköt on suljettu pysyvästi 2020-luvulla
- Generation III+ -teknologian kevytvesireaktorit dominoivat maailmanlaajuisesti, mutta alan kasvu on jäänyt Fukushima jälkeiselle matalan kasvun uralle.
 - Globaali kasvu on 150 GWe (+36 %) ja 90 laitosisykköä, joista 2/3 Kaukoidässä
 - Länsi-Euroopassa ydinvoimakapasiteetin dramaattinen pudotus 83 GWe:iin (-33 %), Itä-Euroopassa joitain yksittäisiä laitoshankkeita
- Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus on alkanut Suomessa 2020-luvun alkupuolella perustuen KBS-3 -konseptiin.
 - Ydinjätehuoltoon ei liity avoimia kysymyksiä

Auringonlaskuskenaariossa tutkimusstrategian kannalta tärkeä kysymys on laajuus, joka vaaditaan käynnissä olevan laitosisykön ja ydinjätteen turvallisen loppusijoitustoiminnan tukemiseksi.

Auringonlaskuskenaariossa tulee keskittyä teoreettisen, laskennallisen ja kokeellisen perusosaamisen säilyttämiseen. Käytössä olevaan laitokseen liittyvät tutkimus on turvattava ja ongelmatilanteita on pystyttävä ratkaisemaan myös koelaitteistoja ja kokeellista perusosaamista hyödyntäen. Kansainvälisten tutkimuspalvelujen saanti akuutissa tilanteessa voi olla rajallista.

Mahdollisuuksia tutkimuksen volyymin kasvattamiseen on etsittävä kansainvälisestä yhteistyöstä. Kansainvälisillä markkinoilla on kysyntää, jonka avulla on mahdollista pitää yllä monipuolista tutkimusosaamista. Suomessa kehitetylle eri laitos-tyyppien erityisosaamiselle (PWR, BWR ja VVER) on kysyntää. Myös ydinenergian-tutkimustoiminnan ylläpitäminen maassa, joka ei itse tuota ydinenergiaa voi olla perusteltua. Esimerkkinä tästä on Italia, jossa tutkimustoiminta on jatkunut vireänä yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa ja maa isännöi EU:n tutkimuslaitoksia.

Ydinjätehuolto-osaamisen markkinat kasvavat ja ne tarjoavat monipuolisen kentän tutkimusosaamisen viennille.

Auringonlaskuskenaariossa kansalliset ydinturvallisuuden ja ydinjätehuollon tutkimusohjelmat jatkuvat nykyistä pienemmässä laajuudessa. Vaikka ydinjätehuoltoon ei liity avoimia kysymyksiä, pitkäaikaisturvallisuuden varmistamiseksi tarvitaan tutkimusta. Uusista suositelluista tutkimusohjelmista tarvitaan ainoastaan säteilyturvallisuustudokumentointia.

Kansallinen tohtorinkoulutusverkosto on mahdollinen tässä skenaariossa, mutta kansallinen motiivin puute laskee rahoitusvolyyymia ja kiinnostusta. Tohtoreita koulutetaan ainoastaan suomalaisen ydinvoima-alan tarpeisiin.

4.2 Murrosskenaario

Murrosskenaario kuvaa tilannetta vuonna 2030, jossa ydinenergia-ala on maailmanlaajuisesti taantunut teollisuudenala ja samanaikaisesti ala on läpikäymässä teknologian murrosta. Käynnissä oleva teknologian murros on siirtämässä ydinenergian käytön ja ydinjätehuollon painopistettä uusille alueille. Energian tuotantoon suunnitellaan käytettävän uudenlaisia ratkaisuja, kuten modulaarisia reaktoreita, lämmöntuotantoon keskittyviä yksiköitä, neljännen sukupolven reaktoreita, toriumin käyttöä polttoaineena. Ydinjätehuoltoa muuttavat suljettu polttoainekierto ja uuden tyyppiset loppusijoitusratkaisut. Teknologiamurroksen vauhti ei ole riittävää kääntämään kehitystä nopealle kasvu-uralle.

Murrosskenaariossa keskeisimmät oletukset ovat:

- Suomessa käytössä viisi reaktoriyksikköä (Loviisa 1 ja 2, Olkiluoto 1, 2 ja 3).
 - Uusia laitoksia ei ole rakenteilla tai suunnitteilla
 - Loviisan ja Olkiluodon vanhojen reaktorien käyttöluvia ei uusita enää 2030 jälkeen
- Uusien reaktoriteknologioiden käyttöönotto alkamassa maailmanlaajuisesti, mutta alan kasvu on jäänyt Fukushimaa jälkeiselle matalan kasvun uralle.
 - Uudisrakentamisen painopiste on Kaukoidässä ja Venäjällä
 - 2025 eteenpäin ei enää uusia nykyisen tyyppisiä kevytvesireaktorihankkeita, vaan SMR ja GEN4 tyyppiset ratkaisut etenevät
 - ITER on täyttämässä tavoitteensa ja DEMOja suunnitellaan
- Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen käyttöönotto Suomessa 2020-luvun alkupuolella perustuen KBS-3 -konseptiin.
 - Käytetyn ydinpolttoaineen huollossa ja loppusijoituksessa tapahtumassa teknologiamurros

Jos ydinenergia-alalla tapahtuu merkittäviä teknisiä murroksia, tulee suomalaisen tutkimuksen tukea käynnissä olevia ydinlaitoksia, jätehuoltoa, sekä varautua uudentyyppisten ydinvoimalaitosten toteuttamiseen.

Murrosskenaario on tarkastelluista skenaarioista tutkimusorientoitunein johdettujen uudentyyppisen tekniikan soveltamisesta. Skenaarion mukaisesti tärkeimmät

energian tuotantoon liittyvät tutkimuskohteet ovat käytössä olevat reaktorit ja tulevaisuuden reaktoriteknologiat. Ydinjätehuollon tilanteen arvioidaan muuttuvan siten että suora loppusijoitus ei jää vaihtoehdoksi, mikä aiheuttaa uusia tutkimustarpeita.

Tässä skenaariossa on tärkeää, että tutkimus tukee uudentyyppisten reaktoreiden turvallisuusvaatimusten asettamista sekä luvitusmenettelyjen kehittämistä. Tällä hetkellä ydinreaktorien luvituskäytännöt ovat mukautuneet tiukasti suurien kevytvesireaktorien ominaispiirteiden mukaisiksi.

Suomalainen tutkimus voi tässä skenaariossa nousta kansainvälisesti kilpailukykyiseksi korkean osaamisen tason kautta, luoden uutta liiketoimintaa.

4.3 Kasvuskenaario

Kasvuskenaario kuvaa tilannetta vuonna 2030, jossa ydinvoima on maailmanlaajuisesti kasvava teollisuudenala. Fukushimaa jälkeisiä ennusteita nopeampi kasvu perustuu siihen, että maailman energiantarvetta ja samanaikaisia hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoitteita ei pystytä kestäväällä tavalla ratkaisemaan ilman ydinvoiman merkittävää hyödyntämistä. Skenaariossa alan kasvu nojaa nykyäänkin käytössä oleviin teknologioihin, eikä näköpiirissä ole sellaista merkittävää teknologista läpimurtoa, joka muuttaisi alan painopistettä nykyisestä.

Kasvuskenaariossa keskeisimmät oletukset ovat:

- Suomessa käytössä vähintään seitsemän reaktoriyksikköä (Loviisa 1 ja 2, Olkiluoto 1 - 4, Hanhikivi 1).
 - Uusia laitoksia voi olla rakenteilla tai suunnitteilla
 - Loviisan ja Olkiluodon vanhojen reaktorien käyttöikää jatkettu vähintään vuoteen 2040 saakka
- Generation III+ -teknologian kevytvesireaktorit dominoivat maailmanlaajuisesti, ja alan kasvu on palannut Fukushimaa edeltäneelle korkean kasvun uralle.
 - Globaali kasvu on 380 GWe (+103 %) ja 350 laitostyksikköä, joista puolet Kaukoidässä ja myös Eurooppa ja Amerikka rakentavat
 - Teknologiavaihtoehtojen määrä supistuu, mutta LWR-teknologiat säilyttävät silti asemansa
 - ITER ei ole täyttämässä tavoitteitaan
- Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus on alkanut Suomessa 2020-luvun alkupuolella perustuen KBS-3 -konseptiin.
 - Ydinjätehuoltoon ei liity avoimia kysymyksiä, mutta haasteita on volyymin suhteen

Jos ydinenergia-ala kasvaa mutta ei uudistu, kasvustrategian tärkeä kysymys tutkimusstrategian kannalta on suomalaisen tutkimuksen laaja-alaisuuden ja korkean tieteellisen tason säilyttäminen.

Kasvuskenaarion oletama ydinenergian käytön voimakas maailmanlaajuinen kasvu mahdollistaa kansainvälisen tutkimustoiminnan laajentumisen uusiin ydinenergiamaihin. Tämä on sekä haaste että mahdollisuus Suomen tutkimusstrategialle.

Skenaariossa oletetaan, että tekniikan ”muuttumattomuudesta” huolimatta on säilytettävä riittävä teknistieteellinen kunnianhimoisuus ja houkuteltava kansainvälistä tutkimusta Suomeen. Omalla osaamisella varmistetaan pääsy kansainvälisiin tutkimushankkeisiin.

Suomessa kehitetylle ydinturvallisuuden ja jätehuollon osaamiselle on kysyntää. Kilpailu kansainvälisillä markkinoilla osaltaan huolehtii siitä, että ala kehittyy jatkuvasti.

Toiminnan laaja volyymi edesauttaa pitämään yllä nuorten kiinnostusta alaa kohtaan. Yliopistojen professuurit ovat kestäväällä pohjalla ja kiinnostuneita riittää myös tutkijan uralle.

4.4 Läpilyöntiskenaario

Läpilyöntiskenaario kuvaa tilannetta vuonna 2030, jossa ydinvoima on samanaikaisesti maailmanlaajuisesti kasvava teollisuudenala ja läpikäymässä teknologista murrosta.

Läpilyöntiskenaariossa keskeisimmät oletukset ovat:

- Suomessa käytössä vähintään seitsemän reaktoriyksikköä (Loviisa 1 ja 2, Olkiluoto 1-4, Hanhikivi 1),
 - Uusia laitoksia suunnitteilla ja mahdollisesti rakenteilla
 - Lisärakentamista suunnitellaan myös uusille laitospaikoille ja uusiin sovelluksiin
- Tulevissa reaktorihankkeissa ovat uudet teknologiat nousemassa suurempaan rooliin.
- Uusien reaktoriteknologioiden käyttöönotto alkamassa maailmanlaajuisesti, ja alan kasvu on palannut Fukushimaa edeltäneelle korkean kasvun uralle.
 - Globaali kasvu on 380 GWe (+103 %) ja 350 laitousyksikköä, ja rakentaminen on maailmanlaajuista
 - Teknologinen kehitys on pirstaloitunutta
 - ITER on täyttämässä tavoitteensa ja DEMOja suunnitellaan
- Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen aloittamiseen Suomessa 2020-luvun alkupuolella valmistaudutaan KBS-3 konseptin pohjalta.
 - uudet reaktoriteknologiat ja polttoainekierron aiheuttavat vähitellen ydinpolttoaineen (LWR) huollossa teknologiamurroksen
 - geologisen loppusijoituksen tarve säilyy, mutta teknologiamurros johtaa muutoksiin loppusijoituskonseptissa
 - ydinenergian tuotannon kasvu vaikuttaa myös jätehuollon ja loppusijoituksen toteuttamistapoihin

Läpilyöntiskenaarion tärkeäksi kysymykseksi tutkimusstrategian kannalta nousee tutkimustoiminnan kyky edesauttaa siirtymistä uuden teknologian käyttöönottoon Suomessa.

Oletettu ydinenergian käytön voimakas maailmanlaajuinen kasvu ja uusien teknologioiden tulo markkinoille mahdollistavat kansainvälisen tutkimustoiminnan laajentumisen uusiin ydinenergiamaihin. Tämä on sekä haaste että mahdollisuus Suomen tutkimusstrategialle.

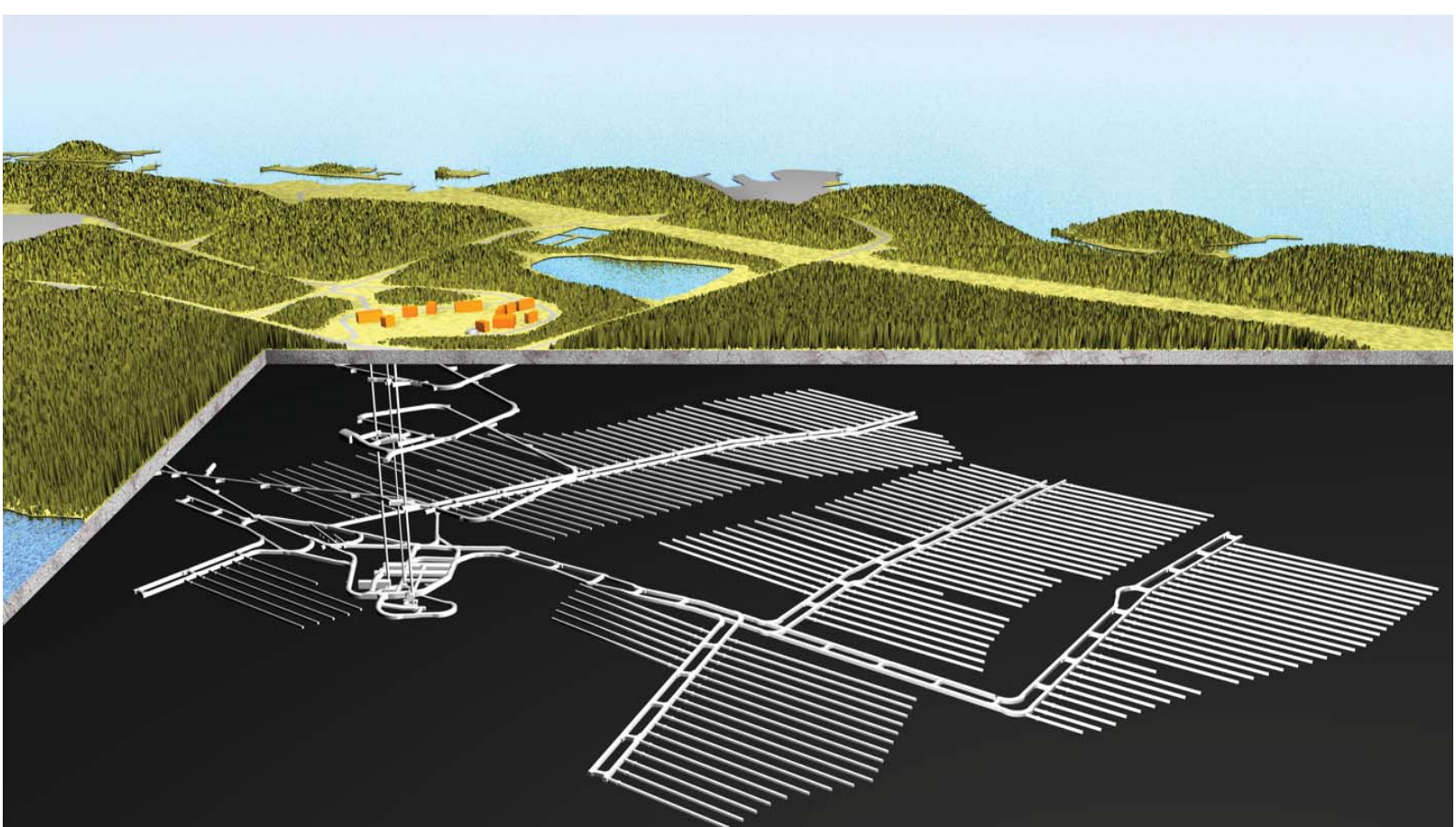
Skenaariossa perinteisten laitosten turvallinen käyttö on edelleenkin varmistettava, ja samalla on varauduttava uusien reaktoriteknologioiden kehitykseen ja käyttöönottoon 2030-luvulla. Skenaarion tilanteessa tarvitaan hyvin erilaisten ydinvoimalaitosten turvallisuuden arviointiin soveltuvaa kokeellisesta ja laskennallisesta/teoreettista tutkimusta.

Skenaariossa turvallisuusvaatimusten päivitys uusiin teknologioihin sopivaksi on oleellista ja on huolehdittava prenormatiivisesta tutkimuksesta eli tulevaa lainsäädäntöä edeltävästä tutkimuksesta. Nykyinen lainsäädäntö ja YVL-ohjeet käsittelevät suuria kevytvesireaktoreita.

Kansainvälisillä markkinoilla on kysyntää Suomessa kehitetylle ydinturvallisuus- ja jätehuollon osaamiselle.

Kaikki uudet tutkimusohjelmat toteutuvat tässä skenaariossa. Haasteita aiheuttaa erityisesti useiden teknologioiden tutkimustarve ja suuri tutkimusvolyymi sekä rahoituksen järjestäminen erityyppisille tutkimustarpeille.

Kuva 8. Posiva jätti rakentamislupahakemuksen vuonna 2012 Olkiluodon kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamisesta käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta varten. Tätä on valmisteltu 1970-luvulta lähtien. Loppusijoituslaitoksessa on tarkoitus aloittaa käytetyn polttoaineen loppusijoitus ensimmäisenä maailmassa 2020-luvun alkuvuosina. (Lähde: Posiva)



Liite 1

YES-työhön osallistuneet henkilöt ja organisaatiot

YES-TYÖRYHMÄN OHJAUSRYHMÄ

Nimi	Organisaatio	Titteli
Herkko Plit	Työ- ja elinkeinoministeriö	Teollisuusneuvos
Jorma Aurela	Työ- ja elinkeinoministeriö	Yli-insinööri
Sami Hautakangas	Fortum	Johtaja, Ydinvoimatutkimus ja jätehuolto
Liisa Heikinheimo	Teollisuuden Voima	Tutkimus- ja kehityspäällikkö
Ari Jokinen	Jyväskylän yliopisto	Professori
Marja-Leena Järvinen	STUK	Apulaisjohtaja
Eeva Kalli	Energiateollisuus ry	Viestintäjohtaja
Riitta Kyrki-Rajamäki	Lappeenrannan teknillinen yliopisto	Professori
Jukka Lehto	Helsingin yliopisto	Professori
Eija Karita Puska	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Johtava erikoistutkija
Saila Seppo	Suomen Akatemia	Ohjelmapäällikkö
Kari Rasilainen	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Tutkimustiimin päällikkö
Kristiina Söderholm	Fortum	Turvallisuus ja lisensiointipäällikkö
Filip Tuomisto	Aalto-yliopisto	Professori
Marjut Vähänen	Posiva	Tutkimus- ja kehityspäällikkö
Ville Niemi	Työ- ja elinkeinoministeriö	Ylitarkastaja
Jussi Leppänen	Työ- ja elinkeinoministeriö	Asiantuntija

Ohjausryhmän järjestämässä asiantuntijakuulemisissa on kuultu seuraavia henkilöitä:

Pääjohtaja Tero Varjoranta (STUK), toimialajohtaja Kari Larjava (VTT), vararehtori Ilkka Niemelä (Aalto-yliopisto), pääjohtaja Heikki Mannila (Suomen Akatemia) ja professori Sisko Salomaa (STUK).

JAOSTO 1, JAOSTON PUHEENJOHTAJA LIHAVOITUNA

Nimi	Organisaatio	Titteli
Riitta Kyrki-Rajamäki	Lappeenrannan teknillinen yliopisto	Professori
Jorma Aurela	Työ- ja elinkeinoministeriö	Yli-insinööri
Liisa Heikinheimo	Teollisuuden Voima	Tutkimus- ja kehityspäällikkö
Risto Himanen	Teollisuuden Voima	Ydinturvallisuuspäällikkö
Juhani Hyvärinen	Lappeenrannan teknillinen yliopisto	Professori
Marja-Leena Järvinen	STUK	Apulaisjohtaja
Pentti Kauppinen	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Johtava tutkija
Arto Kotipelto	Tekes	Teknologia-asiantuntija
Pia Oedewald	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Erikoistutkija
Heikki Purhonen	Lappeenrannan teknillinen yliopisto	Tutkimusjohtaja
Eija Karita Puska	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Johtava erikoistutkija
Kai Salminen	Fortum	Ydinturvallisuusasiantuntija
Sisko Salomaa	STUK	Tutkimusjohtaja
Kaisa Simola	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Johtava tutkija
Keijo Valtonen	STUK	Ryhmäpäällikkö
Timo Vanttola	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Tutkimusalueen päällikkö

JAOSTO 2

Nimi	Organisaatio	Titteli
Kari Rasilainen (24.5.-)	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Tutkimustiimin päällikkö
Marjut Vähänen (31.1.-24.5.)	Posiva	Tutkimus- ja kehityspäällikkö
Jaana Avolahti	Työ- ja elinkeinoministeriö	Neuvotteleva virkamies
Jussi Heinonen	STUK	Toimistopäällikkö
Erika Holt	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Tutkimustiimin päällikkö
Markku Juvankoski	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Erikoistutkija
Markku Kataja	Jyväskylän yliopisto	Professori
Jukka Lehto	Helsingin yliopisto	Professori
Tapio Litmanen	Jyväskylän yliopisto	Akatemiatutkija
Timo Määttä	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Tutkimusprofessori
Markus Olin	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Tutkimusprofessori
Nina Paaso	Teollisuuden Voima	Toimistopäällikkö
Marjatta Palmu	Posiva	Vanhempi asiantuntija
Timo Ruskeeniemi	Geologian tutkimuskeskus	Ryhmäesimies
Marja Siitari-Kauppi	Helsingin yliopisto	Yliopistonlehtori
Jari Tuunanen	Fortum	Johtaja
Juhani Vira	Posiva	Johtava asiantuntija
Mia Ylä-Mella	Fennovoima	Ydinjätehuollon päällikkö

JAOSTO 3

Nimi	Organisaatio	Titteli
Filip Tuomisto	Aalto-yliopisto	Professori
Tom Lönnroth	Åbo Akademi	Yliopistonlehtori
Jarmo Ala-Heikkilä	Aalto-yliopisto	Asiantuntija
Juhani Hyvärinen	Lappeenrannan teknillinen yliopisto	Professori
Jaakko Kujala	Oulun yliopisto	Professori
Jaakko Leppänen	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Erikoistutkija
Kai Nordlund	Helsingin yliopisto	Professori
Risto Raiko	Tampereen teknillinen yliopisto	Professori
Kaisa-Leena Hutri	STUK	Kehityspäällikkö
Jukka Juutilainen	Itä-Suomen yliopisto	Professori
Kaisa Koskinen	STUK	Kehityspäällikkö
Matti Leino	Jyväskylän yliopisto	Professori

JAOSTO 4

Nimi	Organisaatio	Titteli
Kristiina Söderholm	Fortum	Turvallisuus- ja lisensointipäällikkö
Antti Daavittila	STUK	Ylitarkastaja
Sami Penttilä	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Tutkija
Tuomas Tala	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Johtava tutkija
Esa Pohjolainen	Geologian tutkimuskeskus	Geologi
Tommy Ahlgren	Helsingin yliopisto	Yliopistonlehtori
Eija Tuominen	Fysiikan tutkimuslaitos	Dosentti
Petri Kotiluoto	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Tutkimustiimin päällikkö
Timo Määttä	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Tutkimusprofessori
Heikki Handroos	Lappeenrannan teknillinen yliopisto	Professori

JAOSTO 5

Nimi	Organisaatio	Titteli
Eeva Kalli	Energiateollisuus ry	Viestintäjohtaja
Tapio Litmanen	Jyväskylän yliopisto	Akatemiatutkija
Heli Talja	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Tutkimusryhmän johtaja
Lauri Muranen	Energiateollisuus ry	Asiantuntija
Jorma Aurela	Työ- ja elinkeinoministeriö	Yli-insinööri
Esa Hyvärinen	Fortum	Johtaja
Eila Järvenpää	Aalto-yliopisto	Professori
Marja-Leena Järvinen	STUK	Apulaisjohtaja
Matti Kojo	Tampereen yliopisto	Tutkija
Riitta Kyrki-Rajamäki	Lappeenrannan teknillinen yliopisto	Professori
Taina Kurki-Suonio	Aalto-yliopisto	Vanhempi tutkija
Maarit Laihonon	Aalto-yliopisto	Tutkija
Jarmo Lehtinen	STUK	Viestintäpäällikkö
Miliza Malmelin	Ympäristöministeriö	Erytisiantuntija
Pia Oedewald	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Erikoistutkija
Juha Poikola	Teollisuuden Voima	Vanhempi asiantuntija
Antti Ruuskanen	MSLGroup Finland	Toimitusjohtaja
Timo Seppälä	Posiva	Viestintäpäällikkö
Tiina Tigerstedt	Fennovoima	Viestintäpäällikkö
Esa Vakkilainen	Lappeenrannan teknillinen yliopisto	Professori

JAOSTO 6

Nimi	Organisaatio	Titteli
Liisa Heikinheimo	Teollisuuden Voima	Tutkimus- ja kehityspäällikkö
Mikko Leppälä	TVO Nuclear Services Oy	Toimitusjohtaja
Leena Jylhä	FinNuclear ry	Toiminnan johtaja
Suvi Karirinne	FinNuclear ry	Projektipäällikkö
Irina Aho-Mantila	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Johtava tutkija
Markus Olin	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Tutkimusprofessori
Timo Määttä	Teknologian tutkimuskeskus VTT	Tutkimusprofessori
Sami Hautakangas	Fortum	Johtaja, Ydinvoimatutkimus ja jätehuolto
Karri Honkolla	Fortum	Suunnittelupäällikkö
Reijo Munther	Tekes	Ohjelmapäällikkö, Innovatiiviset kaupungit
Timo Okkonen	Inspecta	Kaupallinen johtaja

YES-LOPPURAPORTIN EDITOINTIRYHMÄ

Nimi	Organisaatio	Titteli
Jorma Aurela	Työ- ja elinkeinoministeriö	Yli-insinööri
Liisa Heikinheimo	Teollisuuden Voima	Tutkimus- ja kehityspäällikkö
Marja-Leena Järvinen	STUK	Apulaisjohtaja
Kristiina Söderholm	Fortum	Turvallisuus- ja lisensointipäällikkö
Jarmo Ala-Heikkilä	Aalto-yliopisto	Asiantuntija
Jussi Leppänen	Työ- ja elinkeinoministeriö	Asiantuntija

Liite 2

Lyhenneluettelo

Lyhenteitä on avattu ja käännetty suhteessa niiden merkitykseen. Osa lyhenteistä on avattu tekstissä. Kaikkia käytettyjä lyhenteitä kuten yksittäisten hankkeiden nimiä ei ole tähän luetteloon otettu. Osa lyhenteistä on otettu Osaamistyöryhmän raportista.

3S - safety, security and safeguards, ydinenergian turvallisuuskonsepti

5S - safety, security, safeguards, sustainability and society, ydinenergian turvallisuuskonsepti

ADS - accelerator-driven system, kiihdytinavusteinen nopea reaktori

AMK - Ammattikorkeakoulu

ANDES - Accurate Nuclear Data for nuclear Energy Sustainability

Andra (Ranska) - Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, Ranskan ydinjätehuolto-organisaatio

APROS - Advanced Process Simulation Software, suomalainen voimalaitosten prosessien mallintamistyökalu

AREVA - ranskalainen yhtiö, toimittaa ydinvoimalaitoksia

ATHLET - Analyse der Thermohydraulik von Lecks und Transienten, (Analysis of THERmal-hydraulics of LEaks and Transients)

AUG - Asdex Upgrade; fuusioreaktori Saksassa

AVERKO - Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulun etäopiskelujärjestelmä

BAT - Best Available Technology, paras käytettävissä oleva teknologia

BBA - Bachelors degree: Bachelor of Business Administration

BELBaR - Bentonite Erosion: effects on the Long term performance of the engineered Barrier and Radio-nuclide Transport, bentoniitin turvallisuustoimintoja heikentävät ilmiöt, EURATOM tutkimushanke

BENTO-ohjelma - Bentoniitin asiantuntemuksen kehittämisohjelma

BMWi - (Saksa) - Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

BNCT-boorineutronisädehoito - Otaniemen tutkimusreaktorin hoitomuoto

BOA-hanke - bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi

BWR - kiehutusvesireaktori

CABRI - tutkimuslaitteisto vakaville reaktorionnettomuuksille Ranskan Cadarachessa

CAMP - Code Assessment and Maintenance Program, tietokonekoodeja (termohydrauliikka)

CATHARE - Code for Analysis of THERmalhydraulics during an Accident of Reactor and safety Evaluation, tietokonekoodi (termohydrauliikka)

CEA – Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives, Ranskan ydintutkimuskeskus

CEID – The Centre of Computational Engineering and Integrated Design

CEMIS – Centre for Measurement and Information Systems

CENTRIA – Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulun tutkimus-, kehitys- ja täydennyskoulutusyksikkö

CERN – hiukkasfysiikan tutkimuskeskus Sveitsin Genevessä

CFD – Computational Fluid Dynamics, numeerinen virtauslaskenta

CFM – Colloid formation and migration project

CIEMAT (Espanja) – Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, espanjalainen tutkimuskeskus

CINCH – Cooperation in education In Nuclear Chemistry

CLEEN – Energian ja ympäristön strategisen huippuosaamisen keskittymä

CNRA – The Committee on Nuclear Regulatory Activities CNRA, OECD/NEAn ydinturvallisuusviranomaistoimintojen komitea

CNS – Center for Nuclear Safety, VTT:n ydinturvallisuustalo

COOLOCE – Coolability of Cone, koelaitteisto (vakavat reaktorionnettomuudet)

Covra – COVRA NV., Alankomaiden ydinjätehuolto-organisaatio

CROCK – Crystalline rock retention processes, radionuklidien sorptio

CSARP – Cooperative Severe Accident Research Program, US NRC

CSC – Tieteen tietotekniikan keskus

CSNI – Committee for Safety for Nuclear Installations, OECD/NEAn ydinturvallisuuskomitea

CST – LUT Kemian Erotustekniikan keskus

CTBT – Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty, kattava ydinkoekielto

DEMO – demonstraatiovoimala

DNS – Direct Numeric Simulation

DP – Deployment Plan

DTP2 – Divertor Test Platform

ECTS – eurooppalainen opintosuoritusten ja arvosanojen siirto- ja kertymisjärjestelmä

ECVET – ammatillisen koulutuksen opintosuoritusten eurooppalainen siirtojärjestelmä

EdF – Electricite de France, ranskalainen sähköyhtiö

EERA – European Energy Research Alliance, eurooppalainen energia-alan tutkimusyhteenliittymä

EERRI – Eastern European Research Reactor Initiative

EFDA – European Fusion Development Agreement

ELFORSK - Svenska elföretagens forskning och utveckling

ELY-keskus - Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ENEN - European Nuclear Education Network, EU:n alulle panema koulutusverkosto

ENRESA (Espanja) - Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A

EnSTe - Ympäristötieteen ja -tekniikan tutkijakoulu

EPR - European Pressurised Reactor, esimerkiksi Olkiluoto 3

ESNII - European Sustainable Nuclear Industrial Initiative, eurooppalainen teollisuusyhtiöiden yhteenliittymä GEN4-reaktorikonseptien toteuttamiseksi

ESRF - synkrotroni-säteilykeskus

EURADOS - European Radiation Dosimetry Group

EURATOM - The European Atomic Energy Community, Euroopan atomienergiayhteisö

EUROfusion - Uusi konsertio EU:n fuusiotutkimuksen toteuttamisessa Euratomin 8. puiteohjelmassa HORIZON 2020

FAIR - Facility for Antiproton and Ion Research, eurooppalainen hiukkaskiihdytin Saksassa

FEBEX - Collaboration in the Full-Scale Engineered Barrier Experiment in Crystalline Host Rock

FEG-STEM - Field emission gun scanning transmission electron microscope, läpivalaisuelektronimikroskoopi

FH1 - Fennovoiman Hanhikivi 1 -yksikkö

FiR 1 - VTT:n operoima Triga-tutkimusreaktori

Fluent - tietokonekoodi (termohydrauliikka)

GAP - Greenland Analogue Project

GEN4 - Generation 4, suunnitteilla olevat uuden sukupolven ydinreaktorikonseptit

GEN4FIN-hanke - suomalainen neljännen reaktorisukupolven verkosto

GETMAT - EU-projekti Gen IV ja transmutaation alueilla (materiaalit)

GFR - Gas-Cooled Fast Reactor, kaasujäähdytteinen nopea reaktori

GIF - Generation IV International Forum, kansainvälinen GEN4-foorumi

GTK - Geologian tutkimuskeskus

HALDEN - Reactor Project - OECD:n tutkimusohjelma Haldenissa Norjassa

HAMLAB - Haldenissa oleva tutkimuslaboratorio (MTO)

HECLA - thermo-chemical interaction between metallic melt and concrete

HORIZON 2020 - EU:n uusin tutkimuksen 8. puiteohjelma

HPLWR - High Performance Light Water Reactor (EU-projekti), reaktortyyppi

HRP - Halden Reactor Project

HY - Helsingin yliopisto

HYFL - Helsingin yliopiston Fysiikan laitos

HYRL - Helsingin yliopiston Radiokemian laboratorio

IAEA - International Atomic Energy Agency, kansainvälinen atomienergiajärjestö

ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, kansainvälinen ionisoimattoman säteilyn komissio

ICRP - International Commission on Radiological Protection, kansainvälinen säteilysuojelukomissio

IGD-TP - Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform, Geologisen loppusijoituksen teknologiayhteisö (Euratom)

ILL - Institut Laue-Langevin

IRSN (Ranska) - Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

ISY - Itä-Suomen yliopisto

ITC-School (Sveitsi) - International Training Center School for Underground Storage and Disposal -yhdistys

ITER - International Thermonuclear Experimental Reactor, fuusioreaktori Ranskan Cadarachessa

JAEA (Japani) - Japan Atomic Energy Agency

JET - Joint European Torus, fuusioreaktori Britanniassa

JHR - Jules Horowitz -tutkimusreaktori Cadarachessa Ranskassa

JHR MTR - Jules Horowitz Materials Test Reactor, JHR materiaalien testausreaktori

JY - Jyväskylän yliopisto

JYFL - Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos

JYFLTRAP - Penningin ioniloukku

KAJ-siilo - keskiaktiivisten ydinjätteen siilo Olkiluodossa

KAMK - Kajaanin AMK

KBS-3, KBS-3H - Posivan soveltamat käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituskonseptit

KPA - käytetty ydinpolttoaine

KPAMK - Keski-Pohjanmaan AMK

KTM - kauppa- ja teollisuusministeriö

KYT₂₀₁₄ - kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma

LCS - Long-term Cement Studies

LES - Large Eddy Simulation

LFR – Liquid Lead Reactor, reaktoriyyppi

LISSAC – pressure vessel head model specimen tests

LO1, LO2 – Fortumin Loviisa 1 ja 2 -yksiköt

ONGLIFE – Treatment of long term irradiation embrittlement effects in RPV safety assessment (EU projektin nimi)

LTKK (nykyinen LUT) – Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu

LUT – Lappeenrannan teknillinen yliopisto

LWR – kevytvesireaktori

LYTP – Laki yksityisistä turvallisuuspalveluista

MAJ-siilo – Matala-aktiivisen voimalaitosjätteen siilo Olkiluodossa

MATTER – Materials testing and rules (EU projektin nimi)

MELCOR – tietokonekoodi (vakavat reaktorionnettomuudet)

MELODI – Multidisciplinary European Low Dose Initiative

MENA – Middle East and North Africa, Lähi-itä ja Pohjois-Afrikka

Nagra (Sveitsi) – Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Sveitsin ydinjätehuollon toimija

NDA – Nuclear Decommissioning Authority, Britannian ydinjätehuollon toimija (viranomainen)

NDC – Nuclear Development Committee, OECD/NEAn kehityskomitea

NDT – Non-destructive testing, Ainetta rikkomaton tarkastus

NEA – Nuclear Energy Agency, OECD:n ydinenenergiatoimisto

NEPTUNE CFD – a new software platform for advanced nuclear thermal-hydraulics

NERIS – European Platform for European Nuclear and Emergency Preparedness and Response, teknologiayhteisö

NETNUC – New Type Nuclear Reactors, suomalainen Gen IV -hanke

NKS – pohjoismainen ydinturvallisuusohjelma

NOG – Nordic Owners Group

NPP – ydinvoimalaitos (Nuclear Power Plant)

NPSAG – Nordic probabilistic safety assessment Group

NRC – Nuclear Regulatory Commission, USA:n ydinturvallisuusviranomainen

NRI – Nuclear Research Institute Rez plc, ÚJV (Ústav jaderného výzkumu Řež), Tshekin ydintutkimuslaitos

NSC – Nuclear Science Committee, OECD/NEAn tiedekomitea

NUCPRI – Power Research Infrastructure, Lappeenrannan teknillisen yliopiston Suomen Akatemia -hanke

NUGENIA - Nuclear Generation II & III Association, nykyisten ydinvoimalaitosten tutkimus- ja kehitysyhteisö

NULIFE - Nuclear plant life prediction, EU-hanke (ydinlaitosten käyttöikä)

NURES - nuklidien selektiivinen puhdistusmenetelmä nestemäiselle jätteelle

NURISP - NUClear Reactor Integrated Simulation Project, EU Projekti

OAMK - Oulun seudun AMK

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD, Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö

OKM - Opetus- ja kulttuuriministeriö (ent. OM)

OL1, OL2, OL3, OL4 - TVO:n Olkiluoto 1, 2, 3 ja 4 -yksiköt

OMO - Olkiluoto Monitoring Programme

Ondraf/Niras (Belgia) - The Belgian Agency for Radioactive Waste and Enriched Fissile materials, Belgian ydinjätehuollon toimija

ONKALO - Maanalainen kallioperän tutkimustila Olkiluodossa (Posiva)

OTR - Ydinenergia-alan osaamistyöryhmä

OY - Oulun yliopisto

P&T - käytetyn polttoaineen erottelu ja transmutaatio

PACTEL-laitteisto - Parallel Channel Test Loop, Lappeenrannan teknillisen yliopiston tutkimuslaitteisto

PERFORM6o - Prediction of the Effects of Radiation for Pressure Vessel and in-core Materials using multi-scale Modelling - 6o years foreseen plant lifetime, EU-projekti

Petrus-verkosto - Programme for Education, Training and Research on Underground Storage

PFL DIFF - Posiva Flow Log virtausmittari

PFL TRANS - Posiva Flow Log poikkivirtausmittari

PINC - Programme for Inspection of Nickel-based components (US NRC:n kansainvälinen tutkimus-projekti eripariliitosten tarkastettavuudesta)

PINC - An Illustrative Nuclear Programme (lyhenne PINC tulee Ranskan kielisestä nimestä Programme Indicatif Nucléaire de la Communauté). Viite: Euratom-sopimuksen 4o artikla.

POOLEX - Lappeenrannan teknillisen yliopiston tutkimuslaitteisto

PORFLO - VTT:llä kehitetty virtauslaskentaohjelma

POSEK - Porin Seudun Kehittämiskeskus Oy

Posiva - Posiva Oy, suomalainen ydinjätehuollon asiantuntija

PPOOLEX - Pressure POOLEX, Lappeenrannan teknillisen yliopiston tutkimuslaitteisto

PRA-malli - Probabilistic Risk Assessment, todennäköisyyspohjainen riskiarvio

PSAR - Preliminary Safety Assessment Report, alustava turvallisuusseloste

PURAM (Unkari) – Public Limited Company for Radioactive Waste Management, Unkarin ydinjätehuolto-organisaatio

PWR – painevesireaktori

PWR PACTEL – Lappeenrannan teknillisen yliopiston tutkimuslaitteisto

RAWRA/SURAO (Tsekki) – Radioactive Waste Repository Authority, Tsekin ydinjätehuolto-organisaatio

REDUPP – REDucing Uncertainty in Performance Prediction (käytetyn polttoaineen liukenemisnopeudet)

RELAP5 – tietokonekoodi (termohydrauliikka)

RIA – Reactor Initiated Accident, reaktoriperäinen onnettomuus

RSC – Rock Suitability Criteria

SAFIR – suomalaiset kansalliset ydinturvallisuustutkimusohjelmat

SAFIR2014 – SAFety of nuclear power plants – Finnish national Research programme 2014, käynnissä oleva ydinturvallisuustutkimusohjelma

SAMK – Satakunnan AMK

SARNET-projekti, Euratom-hanke (vakavat reaktorionnettomuudet)

SCIP – OECD/NEAn polttoaineen suoja kuoren tutkimusohjelma

SCK•CEN (Belgia) – The Belgian Nuclear Research Centre SCK•CEN, tutkimuslaitos

SCWR – Super Critical Water Reactor, reaktorityyppi

SEM – Scanning electron microscope, pyyhkäisyelektronimikroskooppi

Serpent – VTT:llä kehitetty neutroniikkalaskentakoodi

SHOK – Tekesin rahoittama strategisen huippuosaamisen keskittymä

SKB (Ruotsi) – Svensk Kärnbränslehantering AB, ruotsalainen ydinjäteyhtiö

SMABRE – tietokonekoodi

SMR – Small Modular Reactor, pieni modulaarinen reaktori

SNETP – Sustainable Nuclear Energy Technology Platform, ydinenergian teknologiyhteisö Euratomin Fissio-ohjelmassa

SRA – Strategic Research Agenda, teknologiyhteisön strateginen tutkimusohjelma

STUK – Säteilyturvakeskus

STYX (particle bed coolability tests) – VTT:n koelaitteisto (vakavat reaktorionnettomuudet)

SusEn – Suomen Akatemian energiatutkimusohjelma

SWOT – vahvuuksien, heikkouksien, mahdollisuuksien ja uhkien analyysimenetelmä

SYTYKE – Suomessa ympäristöterveyden tohtoriohjelma

TAGS – Total Absorption Gamma Spectroscopy, analyysilaitteisto

TASS - Total Absorption Spectrometry, kokonaisabsorptio spektrometria

TEF - Technical Evaluation Forum

TEKES - Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus

TEM - työ- ja elinkeinoministeriö

TKI - tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta

TKK (nykyinen Aalto-yliopisto) - teknillinen korkeakoulu

TRACE - tietokonekoodi (termohydrauliikka)

TTY - Tampereen teknillinen yliopisto

TUKES - Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

TVO - Teollisuuden Voima Oyj

TVONS - TVO Nuclear Services

UAE - Yhdistyneet Arabiemiraatit

WENRA - Western European Nuclear Regulators' Association, eurooppalainen ydinturvallisuusviranomaisten yhdistys

VHTR - Very High Temperature Reactor, reaktorityyppi

VLJ-luola - Voimalaitosjätteen loppusijoituslaitos

WPDD - Working Party on Decommissioning and Dismantling

VTT - Teknologian tutkimuskeskus VTT

VVER-reaktori - venäläinen painevesireaktori

VYR - Valtion ydinjätehuoltorahasto, toimii TEM:n yhteydessä

WNA - World Nuclear Association, ydinteollisuuden kansainvälinen yhdistys

YEL - ydinenergalaki (990/1987)

YES - ydinenergia-alan tutkimuksen strategiatyöryhmä

YJH - Ydinjätehuolto

YK - ydinturvallisuuskurssi

YTERA - Ydintekniikan ja radiokemian tohtoriohjelma

YVL-ohjeet - STUKin ohjeet, jotka koskevat ydinlaitosten turvallisuutta, ydinmateriaaleja ja ydinjätteitä, sekä ydinenergian käytön edellyttämiä turvajärjestelyjä ja valmiusjärjestelyjä

ÅA - Åbo Akademi

Äspö International Task Force - SKB:n kalliolaboratoriotutkimuksiin liittyvä kansainvälinen tutkimusryhmä

Tekijät Författare Authors		Julkaisuaika Publiceringstid Date	
Arbetsgruppen för en forskningsstrategi för kärnenergiområdet		April 2014	
Ordförande Herkko Plit Sekreterare Jorma Aurela och Jussi Leppänen		Toimeksiantaja(t) Uppdragsgivare Commissioned by Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy	
		Toimielimen asettamispäivä 28.1.2013 Organets tillsättningsdatum Date of appointment	
Julkaisun nimi Titel Title			
Forskningsstrategi för kärnenergiområdet			
Tiivistelmä Referat Abstract			
Arbets- och näringsministeriet tillsatte i januari 2013 en arbetsgrupp för att bereda en forskningsstrategi för kärnenergiområdet som sträcker sig fram till år 2030. Detta baserade sig på en rapport från den nationella kompetensarbetsgruppen på kärnenergiområdet (nedan kompetensarbetsgruppen) som slutförde sitt arbete i mars 2012. En av arbetsgruppens rekommendationer löd: "Behoven av och prioriteringarna för den finländska forskningen på kärnenergiområdet ska preciseras och det ska upprättas en strategi på lång sikt för utveckling av forskningen på området. Detta förutsätter ett separat projekt som är gemensamt för forskningsorganisationerna och andra aktörer inom branschen." Arbetet utfördes i styrgruppen för det aktuella projektet och i de sektioner som projektet hade sammankallat. Till arbetsgruppens ordförande förordnades Herkko Plit, till generalsekreterare Jorma Aurela och till sekreterare Jussi Leppänen. Arbetsgruppen hade följande sektioner (sektionsledare inom parentes): 1) Kärnsäkerhet (Riitta Kyrki-Rajamäki, LUT), 2) Kärnavfallshantering (Kari Rasilainen, VTT), 3) Forskarutbildning på kärnenergiområdet (Filip Tuomisto, Aalto), 4) Den framtida tekniken för kärnenergi och grundfysiken (Kristiina Söderholm, Fortum), 5) Samhällsvetenskaplig forskning kring kärnenergin (Eeva Kalli, Energiindustrin) och 6) Från forskning till affärsverksamhet på kärnenergiområdet (Liisa Heikinheimo, TVO). I arbetsgruppens arbete deltog i alla ovan nämnda sektioner, grupper och vid de två omfattande seminarier som ordnades över 100 personer. Strategin har följande vision: <i>Den internationellt sett högklassiga finländska kompetensen och forskningen säkerställer säker, hållbar och konkurrenskraftig användning av kärnenergin samt främjar affärsverksamhetsmöjligheterna inom branschen.</i> I strategin ingår följande rekommendationer: 1) Prioritetsområdena inom forskningen på kärnenergiområdet ska samlas under omfattande nationella program, 2) den vetenskapliga nivån på den finländska forskningen på kärnenergiområdet ska höjas, 3) Finland deltar aktivt i sådan internationell forskning som är viktig för Finland genom ett nationellt omfattande och tvärvetenskapligt samarbete, 4) ett omfattande och täckande nationellt nätverk av doktorandprogram ska byggas upp med tanke på kärnenergiområdet för att säkerställa forskarutbildningens kvalitet och kvantitet, 5) byggandet, upprätthållandet och utnyttjandet av infrastrukturen ska samordnas på den nationella nivån. För finansieringen ska det sörjas på lång sikt och de nationella finansiärernas roller ska klargöras, 6) Inom forskningen ska man satsa på utvecklingen av innovationer. Affärsverksamhetens tillväxt och internationalisering stöds genom att aktörerna samlas under Team Finland och 7) det föreslås att det i anslutning till arbets- och näringsministeriet ska inrättas en delegation för forskning i och användning av kärnenergi, som ska vara ett permanent expertorgan som har till uppgift att stöda beslutsfattandet i nationella frågor på kärnenergiområdet. Kontaktperson vid arbets- och näringsministeriet: Energiavdelningen/Jorma Aurela, tfn 029 506 4832.			
Asiasanat Nyckelord Key words			
Kärnenenergi, kompetens, forskning, strategi			
Painettu julkaisu Inbunden publikation Printed publication		Verkkojulkaisu Nätpublikation Web publication	
ISSN 1797-3554	ISBN 978-952-227-848-7	ISSN 1797-3562	ISBN 978-952-227-849-4
Kokonaissivumäärä Sidoantal Pages		Kieli Språk Language	Hinta Pris Price
47		Suomi, Finska, Finnish	16 €
Julkaisija Utgivare Published by		Kustantaja Förläggare Sold by	
Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy		Edita Publishing Oy / Ab / Ltd	

Tekijät Författare Authors		Julkaisuaika Publiceringstid Date	
Nuclear Energy Research Strategy Group (YES)		April 2014	
Chairman Herkko Plit		Toimeksiantaja(t) Uppdragsgivare Commissioned by	
Secretaries Jorma Aurela and Jussi Leppänen		Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy	
		Toimielimen asettamispäivä 28.1.2013 Organets tillsättningsdatum Date of appointment	
Julkaisun nimi Titel Title			
Research strategy for the nuclear energy			
Tiivistelmä Referat Abstract			
MEE set up a working group in January 2013 to prepare a research strategy for the nuclear energy through 2030. This was based on the report of the Committee for Nuclear Energy Competence in Finland. One of its recommendations is: “The needs and areas of focus of Finnish nuclear research must be specified, and a long-term strategy for the development of research activities needs to be drafted. This requires a separate project that is shared by the research organisations and other players in the field.” The work was done in the steering group of the YES project and subgroups that it assembled. Herkko Plit was named chairman of the committee, Jorma Aurela as its secretary-general, and Jussi Leppänen as its secretary. The divisions of the working group were the following (heads of the divisions in parentheses). 1) Nuclear Safety (Riitta Kyrki-Rajamäki, LUT), 2) Nuclear waste management (Kari Rasilainen, VTT), 3) Researcher training in the nuclear field (Filip Tuomisto, Aalto), 4) Future nuclear energy technologies and basic physics (Kristiina Söderholm, Fortum), 5) Nuclear energy research in the social sciences (Eeva Kalli, Finnish Energy Industries) and 6) From research to business in the nuclear energy field (Liisa Heikinheimo, TVO). More than 100 people took part in the work of the committee in all of the divisions, groups and two organised extensive seminars. The vision of the strategy is that <i>Internationally high-quality Finnish expertise and research will secure the safe, sustainable, and competitive use of nuclear energy and promote business opportunities.</i> The recommendations of the strategy are the following: 1) The areas of focus in nuclear energy research must be compiled into wide-ranging national programmes. 2) The scientific level of Finnish nuclear research needs to be raised. 3) Active participation is needed in international research that is important for Finland through broad-based national multidisciplinary collaboration. 4) To secure the quality and quantity of researcher education, a broad and comprehensive doctoral programme network needs to be established for the nuclear energy field. 5) Building, maintaining, and utilising infrastructure requires coordination at the national level. Financing needs to be considered strategically and the roles of national financiers need to be clarified. 6) In research activities input is needed into the development of innovations. The growth of business operations and internationalisation are supported by bringing the players together under Team Finland. 7) It is proposed that an advisory committee be set up in connection with MEE linked with nuclear research and operation as a permanent expert body to support decision-making in national questions related to the nuclear energy. Contact person within the Ministry of Employment and the Economy: Energy department/Jorma Aurela, tel +358 29 506 4832.			
Asiasanat Nyckelord Key words			
Nuclear energy, competence, research, strategy			
Painettu julkaisu Inbunden publikation Printed publication		Verkkojulkaisu Nätpublikation Web publication	
ISSN 1797-3554		ISSN 1797-3562	
ISBN 978-952-227-848-7		ISBN 978-952-227-849-4	
Kokonaissivumäärä Sidoantal Pages		Kieli Språk Language	Hinta Pris Price
47		Suomi, Finska, Finnish	€ 16
Julkaisija Utgivare Published by		Kustantaja Förläggare Sold by	
Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy		Edita Publishing Oy / Ab / Ltd	

Ydinenergia-alan tutkimusstrategia

Ydinenergia-alan tutkimusstrategia on valmisteltu työ- ja elinkeinoministeriön asettamassa työryhmässä, jossa on ollut edustettuina yliopistot, tutkimuslaitokset, viranomaistahot sekä teollisuus. Strategiassa esitetään visio vuoteen 2030 asti ja suositukset toimenpiteiksi, joilla varmistetaan asetettujen tavoitteiden saavuttaminen. Tulevaisuuden toimenpiteitä ja painopistealueita arvioitaessa työryhmä on hyödyntänyt strategiassa esitettyjä vaihtoehtoisia skenaarioita ydinenergia-alan kehityksestä.

Tätä julkaisua myy:
Netmarket
Edita Publishing Oy
www.edita.fi/netmarket
asiakaspalvelu.publishing@edita.fi
Puhelin 020 450 05
Faksi 020 450 2380

Paino:
Edita Prima Oy, Helsinki 2014

Painettu
ISSN 1797-3554
ISBN 978-952-227-848-7

Verkkajulkaisu
ISSN 1797-3562
ISBN 978-952-227-849-4



TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ
ARBETS- OCH NÄRINGSMINISTERIET
MINISTRY OF EMPLOYMENT AND THE ECONOMY