

KYT2018

KANSALLINEN YDINJÄTEHUOLLON
TUTKIMUSOHJELMA
2015-2018

Vuosisuunnitelma
2018

Kari Rasilainen

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
1. Johdanto	4
2. Tutkimusohjelman tavoitteet	6
3. Tutkimushankkeet vuonna 2018	8
3.1 Ydinjätehuollon teknologiat	11
3.2 Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus	12
3.2.1 Turvallisuusperustelu	12
3.2.2 Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky	13
3.2.3 Kapselin toimintakyky	14
3.2.4 Mikrobiologian vaikutukset	16
3.2.5 Muut turvallisuustutkimukset	18
3.3 Ydinjätehuolto ja yhteiskunta	21
3.4 Ydinjätetutkimuksen infra	21
3.5 Muut tutkimusohjelman infrahankkeet	22
Viitteet	22
Liite 1 KYT2018 hankekohtaiset hakuyhteenvedot 2018	23
Liite 2 KYT2018 organisaatio 2018	70
Liite 3 KYT2018 hankeseuranta 2018	72

ESIPUHE

Tämä on Kansallisen ydinjätehuollon tutkimusohjelman (KYT2018) vuosisuunnitelma vuodelle 2018. Vuosisuunnitelmassa kuvataan tutkimusohjelman sisältöä hanke-esityksissä esitettyjen suunnitelmien perusteella.

Vuosisuunnitelmassa käsitellään rahoituskysymyksiä vain yleisellä tasolla. KYT2018-ohjelman tärkein yksittäinen rahoittajataho on Valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR). Tutkimusta tekevät organisaatiot ovat ohjanneet hankkeisiinsa usein myös omaa rahoitustaan.

Tutkimussuunnitelma on tutkimusohjelman koordinaattorin kokoama, mutta siten, että Liitteen 1 hankekohtaiset hakuyhteenvedot ovat yksittäisten tutkimushankkeiden vastuuhenkilöiden laatimia.

1 Johdanto

Suomen lainsäädäntö edellyttää, että ydinjätehuoltovelvolliset vastaavat tuottamiensa jätteiden huollon suunnittelusta, toteutuksesta ja kustannuksista mukaan lukien tutkimus- ja kehitystyö. Teollisuuden Voima Oyj:n ja Fortum Power and Heat Oy:n yhdessä omistamalla Posiva Oy:llä on Suomen laajin ydinjätehuollon tutkimus- ja kehitystyön ohjelma.

Työ- ja elinkeinoministeriöllä (TEM) on kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT), jonka pitkän aikavälin tarkoituksena on varmistaa alan osaaminen ydinenergialain 53 b §:n tavoitteiden mukaisesti sekä edistää yhteistyötä viranomaisten, ydinjätehuoltovelvollisten ja tutkijoiden kesken. Osaamisen ylläpidossa keskeinen asia on uusien asiantuntijoiden kouluttaminen alalle.

Kotimainen toimintaympäristö

Tutkimusohjelmakauteen, v. 2015 - 2018, ajoittuu Suomessa useita ydinjätehuoltoon suoraan ja välillisesti liittyviä päätöksiä ja valintoja. Ydinjätehuollon ratkaisut ovat hyvin pitkävaikutteisia ja siten päätöstentekoon valmistautuminen, jonka osana on tutkimustyön tekeminen, täytyy aloittaa hyvissä ajoin.

Merkittävin asia ydinjätehuollossa ohjelmakaudella on Posivan loppusijoituslaitoksen rakentamisen aloitus ja valmistautuminen käyttölupahakemuksen jättämiseen. Vuoden 2012 lopulla Posiva toimitti valtioneuvostolle rakentamislupahakemuksen käytetyn polttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksesta muodostuvan laitospakettisuuden rakentamiseksi Eurajoen Olkiluotoon, lupa myönnettiin vuoden 2015 syksyllä. Loppusijoituslaitoksen rakentaminen aloitettiin joulukuussa 2016. Käyttölupaa haetaan nykyisen aikataulun mukaan noin vuonna 2020.

Ohjelmakaudella pyritään ottamaan ydinvoimalaitosyksikkö Olkiluoto 3 käyttöön ja etenemään vuonna 2010 Hanhikivi 1 –ydinvoimalaitokselle myönnetyn periaatepäätöksen mukaisesti rakentamislupavaiheeseen. Fennovoima käynnisti kesällä 2016 YVA-menettelyn käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen paikanvalintaa varten. Vuoden 2018 alussa yhtiö toimitti TEM:öön ydinjätehuoltoa koskevan lisäselvityksen, jonka mukaan Fennovoiman ensisijaisena tavoitteena on kuitenkin päästä yhteistyöhön Posivan ja sen omistajien kanssa siten että Hanhikivi 1:n käytetty polttoaine voitaisiin loppusijoittaa Posivan loppusijoituslaitokseen Olkiluotoon.

Loviisan ydinvoimalaitosyksikköiden käyttöluvat ovat voimassa 2020-luvun loppupuolelle. Olkiluodon laitosyksikköiden 1 ja 2 luvat ovat voimassa vuoden 2018 loppuun saakka. TVO:n Olkiluoto 1 - ja 2 -laitosyksikköiden käyttölupien jatkamista on jo haettu seuraavaksi 20 vuoden jaksoksi ja STUK on todennut turvallisuusarviossa, että käyttölupien myöntämiselle ei ole estettä. Käytöstäpoiston ja purkujätteen loppusijoituksen luvitus alkaa nykyisten suunnitelmien mukaan 2020-luvun alussa Loviisan voimalaitoksen osalta; voimalaitoksen käyttöä jatkaminen on kuitenkin myös mahdollista. Sitä ennen on edessä Otaniemessä sijaitsevan tutkimusreaktorin käytöstäpoisto, jonka YVA-menettely on saatettu päätökseen helmikuussa 2015. Tutkimusreaktorin käytöstäpoistoon liittyvä suunnittelu- ja valmistelutyö on menossa.

VTT käynnisti Ydinturvallisuustalo-rakennushankkeen vuoden 2014 alkupuolella. Rakennus otettiin suurimmalta osaltaan käyttöön vuoden 2016 loppuun mennessä. Ydinturvallisuustaloon on rakennettu ajanmukaiset kokeelliset tutkimustilat kuumakammiovalmiuksineen, joissa voidaan tutkia esimerkiksi aktivoituneita reaktorimateriaaleja, mutta ei käytettyä polttoainetta. Kuumakammioiden tekninen käyttöönotto on toteutettu vuonna 2017, tilojen luvitus on valmistunut toukokuussa 2018. Taloon on rakennettu myös ajanmukaisesti varustetut laboratoriotilat ydinjätetutkimukselle sekä uudet radiokemian ja dosimetrian laboratoriot.

KYT2018-ohjelman kansainvälinen arvio toteutettiin touko-kesäkuussa 2017 (TEM 2017).

Kansainvälinen toimintaympäristö

Ulkomaisen kehityksen arvioidaan olevan vilkasta ydinjätehuollon alalla. Esimerkiksi EU:n ydinjätedirektiivi vaikuttaa toimialan käytäntöihin ja suunnitelmiin. Ruotsissa saatetaan loppuun maaliskuussa 2011 viranomaisille jätetty käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksen käsittely; Ydinturvallisuusviranomaisen (SSM Strålsäkerhetsmyndigheten) lausunto julkaistiin tammikuussa 2018; samana päivänä (23.1.2018) myös Nacka Mark- och miljödomstolen antoi oman lausuntonsa. Ranskassa korkea-aktiivisen jätteen loppusijoituslaitoksen rakentamisen lupahakemuksen käsittely alkoi vuonna 2015 ja loppusijoitus aikataulun mukaan vuonna 2025. USA:ssa nk. Blue Ribbon -komiteat ovat selvittäneet vaihtoehtoja Yucca Mountainiin kaavailulle geologiselle loppusijoitukselle, josta luovuttiin vuonna 2010 poliittisella päätöksellä.

Monet eurooppalaiset ydinjätehuollon toimijat ovat kehittämässä voimalaitosten käyttöjätteen loppusijoituksen ratkaisuja, koska jätteen kertymisnopeuden vuoksi paine loppusijoituksen aloittamiseen kasvaa. Suomessa ja Ruotsissa voimalaitosjätteen loppusijoitus on jo luvitetussa toteutusvaiheessa.

Euroopan unionin (EU) rahoitus ydinjätetutkimukselle on toteutettu Euratomin tutkimus- ja koulutusohjelmien kautta puiteohjelmina. Seitsemäs puiteohjelma on päättynyt ja Horizon 2020 -ohjelma vuosille 2014–2020 on käynnissä: ensimmäinen hankehaku vuosille 2014-2015 avautui keväällä 2014 ja toinen keväällä 2016. Vuonna 2009 perustettiin teknologiafoorumi IGD-TP (Implementing Geological Disposal - Technology Platform), jonka tehtävänä on koordinoida Euratomin piirissä tehtävää ydinjätehuollon tutkimusta. Suomesta IGD-TP:hen osallistuu aktiivisimmin Posiva. Posivan lisäksi ohjelmassa on mukana myös eräitä muita suomalaisia ydinjätealalla toimivia organisaatioita ja voimayhtiöitä. SNE TP- NUGENIA tutkimusohjelmassa on mukana laitosten purkamiseen ja laitosjätteen käsittelyyn liittyvää tutkimustoimintaa, mikä täydentää IGD-TP:n tavoitteita jätehuollon tutkimustarpeiden osalta.

EU:n piirissä komissio on parhaillaan pyrkimässä ns. yhteiseen ohjelmasuunnitteluun (European Joint Programme), jonka yhtenä ulottuvuutena on kansallisten tutkimusohjelmien ja yksittäisten hankkeiden nykyistä tiiviimpi kytkeminen isommiksi eurooppalaisiksi tutkimusohjelmiksi. Suomessa tämä voisi koskea esim. KYT2018- ja SAFIR2018-ohjelmia, ja niiden seuraajia. EU-hanke JOPRAD on tehnyt yhteiseen ohjelmasuunnitteluun tähtäävää työtä. European Joint Programme -mallissa rahoitettavan hankkeen rahoituksesta puolet on tultava jäsenmaista.

OECD:n ydinenergiajärjestön (Nuclear Energy Agency, NEA) jätekomitea (Radioactive Waste Management Committee, RWMC) käsittelee työryhmissään erityisesti pitkäikäisen jätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen huoltoa, loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta sekä ydinlaitosten käytöstäpoistoa. RWMC:llä on kolme työryhmää. Forum on Stakeholder Confidence (FSC) keskittyy ydinjätehuollon yhteiskunnalliseen hyväksyttävyyteen. Integration Group for the Safety Case (IGSC) keskittyy loppusijoituksen turvallisuuteen eri näkökulmista ja loppusijoituksen turvallisuusperustelujen kehittämiseen. Working Party on Decommissioning and Dismantling (WPDD) keskittyy käytöstäpoiston strategioihin ja purkutekniikoihin, sääntelyyn, käytöstäpoistojätteisiin, rahoitukseen ja kustannuksiin. Jätekomitea kokoontuu kerran vuodessa. Työryhmät järjestävät vuosittain seminaareja, työpajoja ja vuosikokouksia sekä julkaisevat selvityksiä ja esitteitä. Jätekomiteassa ja sen työryhmissä on edustus Suomesta; jätekomiteassa on edustus myös KYT-ohjelmasta.

Suomalaiset ydinjätehuollon toimijat osallistuvat aktiivisesti kansainvälisten suositusten ja eurooppalaisten turvallisuusvaatimusten valmisteluun. STUK vaikuttaa IAEA:n (International Atomic Energy Agency) ydinjätehuoltoa koskeviin vaatimuksiin erityisesti IAEA:n ydinjäteasioita käsittelevän

komitean (Waste Safety Standards Committee, WASSC) kautta osallistumalla vaatimus- ja ohje-luonnosten valmisteluun ja toimimalla IAEA:n projekteissa (esim. International Intercomparison and Harmonisation Project On Demonstrating the Safety of Geological Disposal, GEOSAF). Ohjetyön lisäksi STUK toimii Suomen yhteysorganisaationa IAEA:n ylläpitämässä ydinenergia-alan tiedonvaihto-järjestelmissä (mm. ydinjätetietokanta IAEA Online Information Resource for Radioactive Waste Management, NEWMDB). STUK:n asiantuntijat osallistuvat myös muiden jäsenvaltioiden vertaisarviointeihin IAEA:n arviointiryhmien jäsenenä. IAEA-yhteistyö antaa kokonaiskuvaa ydinjäteasioihin, vaikka ne eivät suoraan koskisikaan tutkimusta. STUK osallistuu myös WENRA:n (Western European Nuclear Regulators Association) ydinjäte- ja käytöstäpoistotyöryhmän (Working Group on Waste and Decommissioning, WGWD) työhön. WGWD:n tavoitteena on harmonisoida ydinjätteeseen ja käytöstäpoistoon liittyviä viranomaisvaatimuksia. Luvanhaltijat Fortum ja TVO osallistuvat puolestaan Foratomin alla toimivan ENISS-ryhmän kautta WENRA:n, IAEA:n ja Euroopan komission ohjeisto- ja säännöstötyön seurantaan ja kommentointiin.

NKS (Nordic Nuclear Safety Research) on pohjoismainen ministeriöiden ja voimayhtiöiden rahoittama yhteistyöverkosto, joka tukee ydinturvallisuuteen, säteilysuojeluun ja valmiustoimintaan liittyvää tutkimusta sekä alan seminaarien järjestämistä. Ydinjätehuollon alueella NKS:n puitteissa on viime vuosina selvitetty mm. vaikeasti havaittavien nuklidien mittausta purkujätteestä sekä järjestetty kolme käytöstäpoistoseminaaria. Seminaareista ensimmäinen pidettiin Risø:ssa Tanskassa vuonna 2005, toinen Studsvikissa Ruotsissa vuonna 2010 ja kolmas Haldenissa Norjassa vuoden 2013 lopulla. Lokakuussa 2018 on Risø:ssä suunniteltu pidettäväksi käytöstäpoistoworkshop, johon Suomessa valmistaudutaan osallistumaan.

2. Tutkimusohjelman tavoitteet

KYT2018-tutkimusohjelman lähtökohdat perustuvat ydinenergi lakiin (990/1987, 53 b §), jonka mukaan tutkimustoiminnan tavoitteena on ”*varmistaa, että viranomaisten saatavilla on riittävästi ja kattavasti sellaista ydinteknistä asiantuntemusta ja muita valmiuksia, joita tarvitaan ydinjätehuollon erilaisten toteutustapojen ja menetelmien arviointiin*”.

Tutkimusohjelman sisältö muodostuu kansallisen osaamisen kannalta keskeisistä tutkimuskohteista. Keskeisimmiksi katsottuihin aihepiireihin tavoitellaan koko ohjelmakauden kattavia koordinoituja hankkeita.

Ydinenergi lain mukaan ydinjätehuoltovelvolliset vastaavat tuottamiensa jätteiden huollon käytännön suunnittelusta, toteutuksesta ja kustannuksista mukaan lukien tutkimus- ja kehitystyö. Siksi ydinjätehuoltovelvollisten selvitysvelvollisuuden piiriin kuuluvat hankkeet eivät ole kuuluneet KYT-ohjelmaan. Myöskään STUK:n valvontatyötä suoraan tukevat hankkeet eivät ole kuuluneet KYT2018-ohjelmaan. Eri toimijat voivat kuitenkin tarjota KYT-ohjelman ja tutkijoiden käyttöön esimerkiksi omia koelaitteistoja ja kokeellisia tutkimusaineistoja, jolloin laitteet ja aineistot on mahdollista saada laajemmin tutkimusyhteisön hyödynnettäviksi esimerkiksi opinnäytetöissä.

KYT-tutkimusohjelmaan osallistuvat korkeakoulut ja yliopistot vastaavat oman strategiansa mukaisesta perus- ja jatko-opiskelijoiden koulutuksesta sekä tutkimustyöstä. Tutkimuspalveluita tarjoavat organisaatiot vastaavat puolestaan oman osaamisensa kehittämisestä strategiansa ja palveluiden kysynnän pohjalta. KYT-ohjelma täydentää omalta osaltaan näiden organisaatioiden toiminnan rahoitusvaihtoehtoja.

KYT2018-tutkimusohjelma toimii samalla viranomaisten, ydinjätehuoltoa toteuttavien organisaatioiden ja tutkimuslaitosten välisenä keskustelu- ja tiedonvälitysoorumina. Näin luodaan edellytyksiä rajallisten tutkimusresurssien tehokkaalle hyödyntämiselle ja varmistetaan siitä, että yksittäisiin tutkimus-

hankkeisiin saadaan riittävän monipuolinen ja poikkitieteellinen tutkimusryhmä sekä asiantunteva tukiryhmä. Tehokkaalla tiedonvaihdolla voidaan myös välttää mahdollista päällekkäistä tutkimusta sekä koordinoita esimerkiksi kansainvälisiin hankkeisiin osallistumista.

Valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR) rahoittaa vuosittain ydinjätehuollon tutkimushankkeita työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) esityksen perusteella. TEM:n esitys perustuu KYT-johtoryhmän rahoitussuosituksen. Vuosittain jaettava rahamäärä perustuu jätehuoltovelvollisten vastuumääriin. Tutkimuskaudella 2016–2018 on tutkimukseen, tutkimusinfrastruktuurin kehittämiseen ja täydennyskoulutustoimintaan osoitettavissa noin 3,3 miljoonaa euroa. Tämä jakautuu kaikille avoimeen hakuun, jonka osuus on noin 1,8 miljoonaa euroa vuosittain, sekä vain VTT Oy:lle suunnattuun, Ydinturvallisuustalon tutkimusinfrastruktuurin kehittämiseen tarkoitettuun osaan.

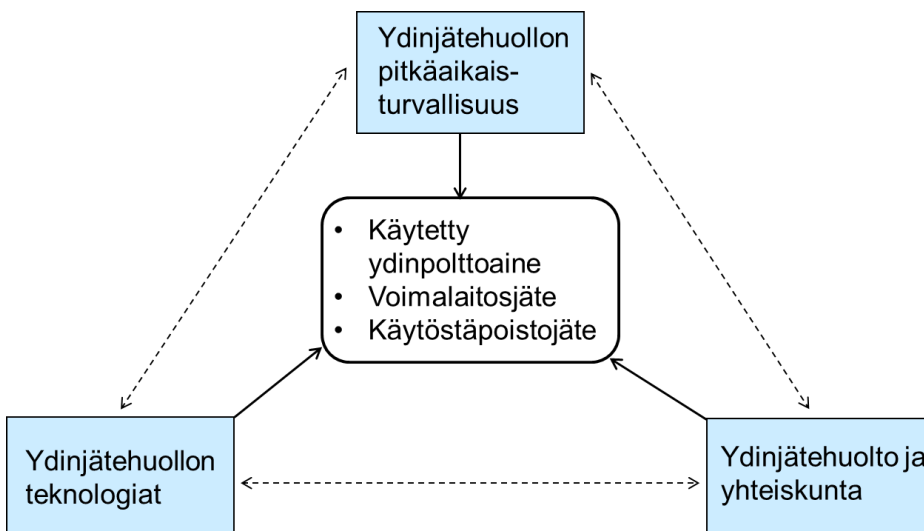
KYT2018-tutkimusohjelma tukee ja kannustaa osallistumaan ydinjätetutkimuksen kansainvälisiin hankkeisiin. Esimerkiksi EU-hankkeita voidaan toteuttaa VYR:n ja muiden suomalaisten tai ulkomaisten rahoittajien rinnakkaisina hankkeina. Näihin rinnakkaishankkeisiin sovelletaan KYT2018-ohjelman osalta VYR:n rahoitusehtoja, jotka ovat saatavana KYT-tutkimusohjelman verkkosivuilta (<http://kyt2018.vtt.fi/>).

KYT2018-ohjelma pyrkii osaltaan varmistamaan olennaisen kansallisen asiantuntemuksen jatkuvan saatavuuden, edistämään tieteellistä ja korkeatasoista osaamista sekä lisäämään yleistä tietämystä ydinjätehuollon alalla. Tämä toteutuu mm. edistämällä uuden asiantuntijapolven kouluttamista alalle. KYT2018-ohjelma voi tarjota osarahoitusta opinnäytetyölle, esim. väitöskirjatyölle, mikäli esitetty työ täyttää tutkimusohjelman sisältö- ja laatukriteerit.

KYT2018-ohjelman tutkimussisältöön, raportointiin ja tiedonvälitykseen liittyvät tavoitteet on esitetty tarkemmin KYTin puiteohjelmassa (TEM 2014). Tutkimusohjelman sisäinen työnjako on kuvattu toimintaohjeessa (<http://kyt2018.vtt.fi/>).

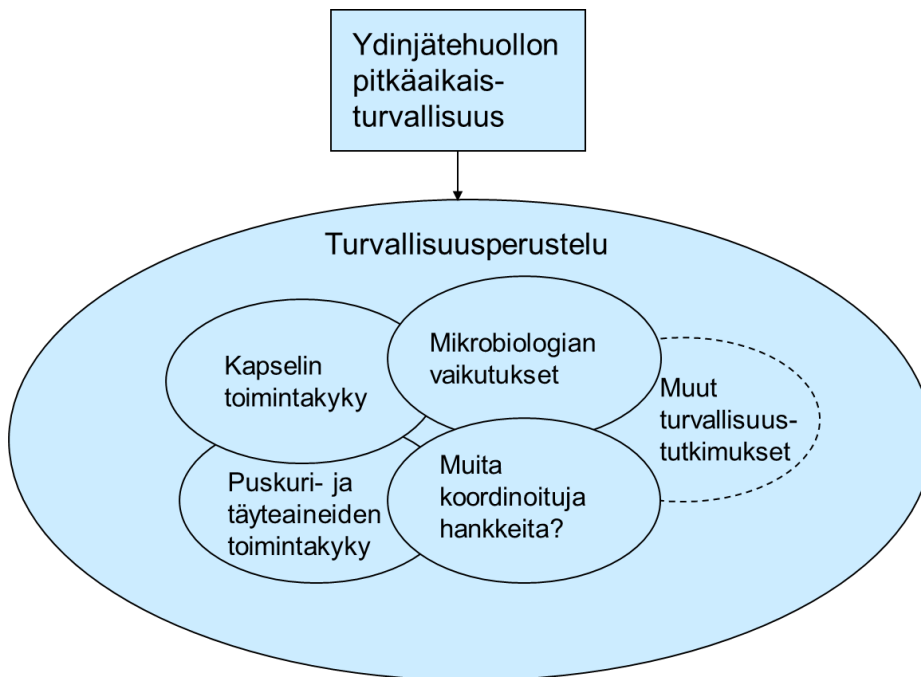
KYT2018-ohjelman tutkimukset jaetaan sisällöllisiin toistensa kanssa vuorovaikuttaviin aihepiireihin (1) ydinjätehuollon teknologiat, (2) ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus sekä (3) ydinjätehuolto ja yhteiskunta, kuva 1. Ydinjätteen loppusijoituksen yhteiskunnallinen hyväksyttävyyden on riippuvainen sen pitkäaikaisturvallisuudesta, jota arvioidaan turvallisuusperustelulla. Turvallisuusperustelussa puolestaan arvioidaan ydinjätehuollon teknologioiden toimivuus pitkäaikaisturvallisuuden kannalta.

Tutkimusohjelman johtoryhmä voi täsmentää vuosittain aihepiirien keskinäistä ja sisäistä painotusta.



Kuva 1. KYT2018-tutkimusohjelman aihepiirit.

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden tutkimuksen rakenne on kuvattu otsikkotasolla kuvassa 2. Pitkäaikaisturvallisuuden aihepiiriin kuuluvia tutkimuksia suunniteltaessa on tavoitteena oltava tutkimuksen hyödynnettävyys loppusijoituksen turvallisuusperustelussa. Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuustutkimukset voivat tässä tutkimusohjelmassa kohdistua käytettyyn ydinpolttoaineeseen, voimalaitosjätteeseen tai käytöstäpoistojätteeseen. Kaikkien näiden jätehuollon suunnittelu Suomessa perustuu geologiseen loppusijoitukseen.



Kuva 2. KYT2018-tutkimusohjelman ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuteen kohdistuva tutkimus. Yhtenäisellä viivalla rajatut ellipsit edustavat aihepiirejä, joille toivotaan ehdotuksia koordinoituiksi hankkeiksi. Muistakin kuin kuvassa mainituista aihepiireistä voidaan ehdottaa koordinoituja hankkeita. Katkoviivalla rajattu ellipsi edustaa yksittäisiä turvallisuustutkimuksia.

3. Tutkimushankkeet vuonna 2018

Vuoden 2018 hankehaku oli 3-osainen, joista yhdessä muodostuu vuoden 2018 ydinenergialain tarkoittama hankekokonaisuus. 3-osainen hankehaku liittyy VTT:n Ydinturvallisuustalon rahoitusjärjestelyyn Valtion ydinjätehuoltorahaston (VYR) kautta. Ensimmäinen osa oli tutkimus- ja infrastruktuurihankehaku, joka oli kaikille avoin. Toisena osana oli vain VTT Oy:lle suunnattu haku Ydinturvallisuustalon laboratorio-osan toimitilakustannuksista. Kolmantena osana oli vain VTT Oy:lle suunnattu haku Ydinturvallisuustalon laboratorio-osan investointikustannuksista. Kaikki tähän hankehakuun osallistuneet infrahankkeet hakivat (ja saivat) osarahoitusta myös SAFIR2018-ohjelmasta.

Vuonna 2018 KYT2018-ohjelmassa oli ensimmäistä kertaa mukana hallintohankkeen pienhankevaraus (50 k€), jossa johtoryhmä voi omalla päätöksellään suoraan osoittaa rahoitusta tärkeäksi katsomansa aihepiiriin tutkimiseen. Pienhankkeita on aiemmin ollut käytössä SAFIR2018-ohjelmassa, missä siitä on saatu hyviä kokemuksia.

Vuoden 2018 hankehakuun lähetettiin yhteensä 36 tutkimushanke- ja infraesitystä (mukaan lukien hallintohanke) ja yhteenlaskettuna VYR-rahoitusta haettiin 3,930 M€, joista avoimen haun osuus oli

2,504 M€. Avoimen haun hanke-esitykset arvioitiin sisällöllisesti tukiryhmissä ja arvioinnissa kiinnitettiin huomiota seuraaviin kriteereihin, jotka myös ilmoitettiin jo hankehaun kutsukirjeessä (arviointikriteerit eivät ole muuttuneet vuodesta 2017):

- merkittävyyttä ja hyödynnettävyyttä arvioidaan tutkimustarpeiden kannalta
- verkottuminen alan toimijoiden kesken tarkoittaa, että haetaan koottuja yhteisiä hankkeita ja ehyitä kokonaisuuksia
- koulutusvaikutus ja hanke-esityksen tieteelliset ansiot
 - uusien asiantuntijoiden kouluttaminen
 - uuden osaamisen luominen
- tuloksellisuus, jota on osoitettu KYT-hankkeissa tai muissa yhteyksissä
- realistisuus, erityisesti kustannukset ja työmäärä.

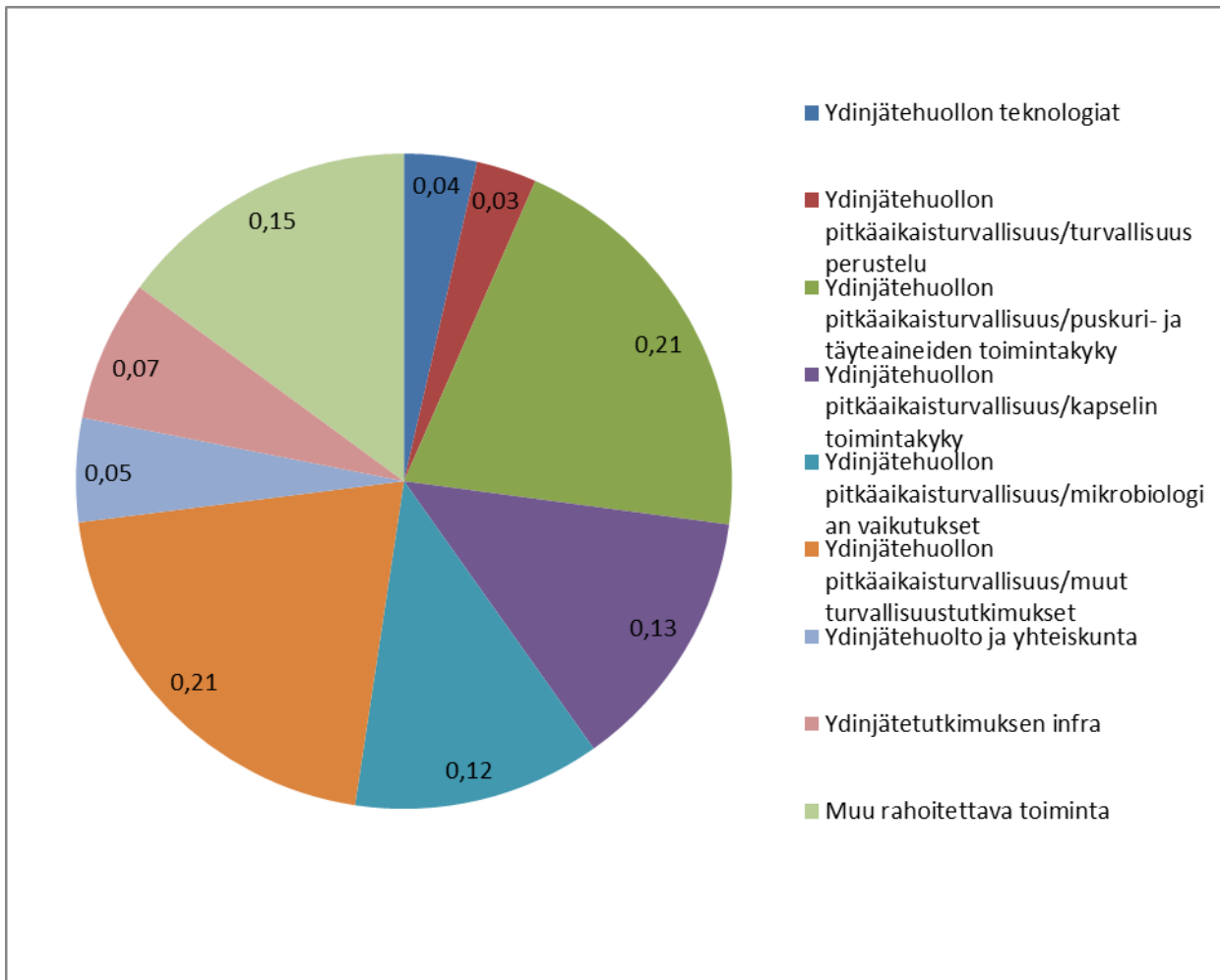
Tutkimusohjelman johtoryhmä laati tukiryhmien hankearvioiden pohjalta rahoitussuosituksen ja kokosi tukiryhmien työn pohjalta hanke-esityksille sisällöllisen palautteen. Hankekohtaiset palautteet saatettiin hanke-esitysten tekijöiden tietoon. Neljä hanke-esitystä jouduttiin jättämään rahoitussuosituksen ulkopuolelle ja useita rahoitettuja hankkeita jouduttiin leikkaamaan, koska avoimen haun hanke-esitysten yhteenlaskettu haettu VYR-rahoitus oli noin 554 k€ suurempi kuin VYR-rahoitusvara.

Yksi hanke, jolle suositeltiin leikattua rahoitusta, ilmoitti, että leikattu rahoitus ei riitä hankkeen kuluihin ja että he eivät siksi ole enää kiinnostuneita osallistumaan KYT2018-tutkimusohjelmaan vuonna 2018. Näin vapautunut rahoitus ohjattiin johtoryhmän päätöksellä hallintohankkeen pienhankevaraukseen. Vuonna 2018 KYT2018-ohjelmassa toteutetaan kaksi pienhanketta hallintohankkeen alihankintoina.

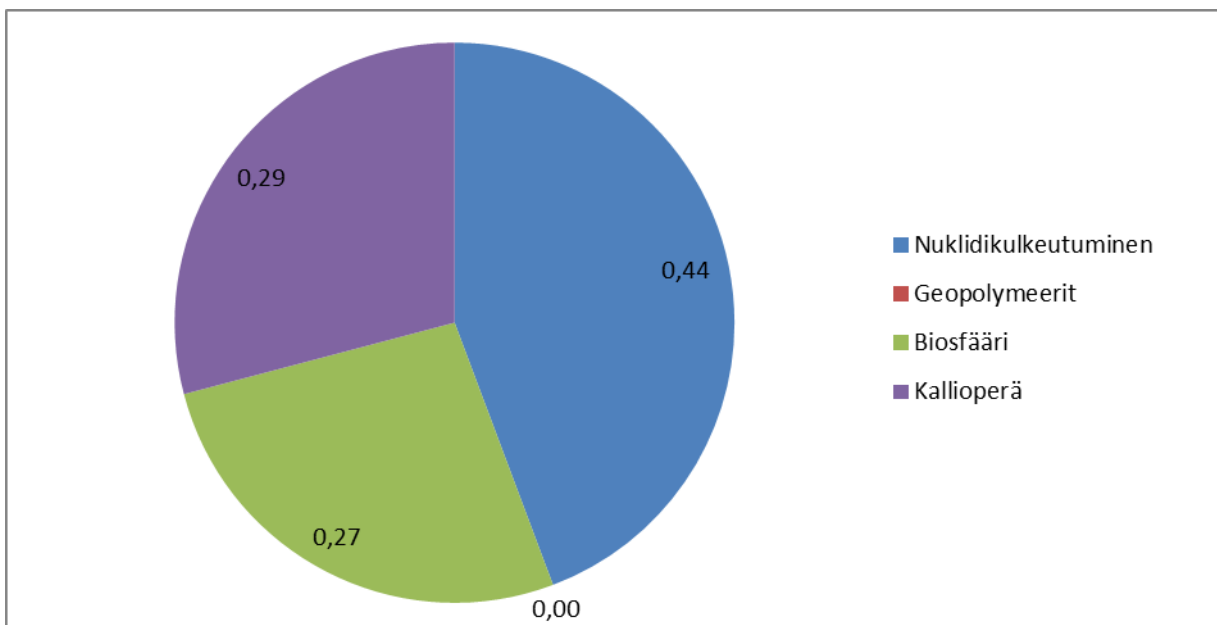
Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) teki johtoryhmän suosituksen pohjalta rahoitusesityksen, johon se pyysi lausunnon STUKilta. Valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR) teki lopullisen rahoituspäätöksen 8.3.2018. Vuonna 2018 KYT2018-ohjelmalle myönnetty kokonaisrahoitus on n. 3,4 M€, josta kaikille avoimen tutkimus- ja infrastruktuurihankehaun rahoitus on 2,0 M€. Kaikkiaan tutkimusohjelmassa myönnettiin VYR-rahoitusta 31 tutkimus- ja infrastruktuurihankkeelle, joista kolme koski Ydinturvallisuustaltoa. Tutkimushankkeiden lisäksi VYR:n varoista rahoitetaan tutkimusohjelman hallintohanke, joka sisältyy edellä mainittuihin 31 rahoitettavaan hankkeeseen. VYR-rahoituksen jakautuminen avoimessa haussa eri tutkimusaihepiireihin on esitetty kuvissa 3 ja 4 ja eri tutkimuslaitoksille kuvassa 5.

Kaikille avoimien tutkimus- ja infrastruktuurihankkeiden kokonaisrahoitus, mukaan lukien hallintohanke, on vuonna 2018 3,3 M€, josta valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR) rahoittaa 2,0 M€; loppu rahoituksesta tulee lähinnä tutkimuslaitoksilta, ja infrahankkeen RADLAB osalta SAFIR2018-ohjelmasta. Näiden tutkimus- ja infrastruktuurihankkeiden kokonaislaajuus on 24,8 henkilötyövuotta¹.

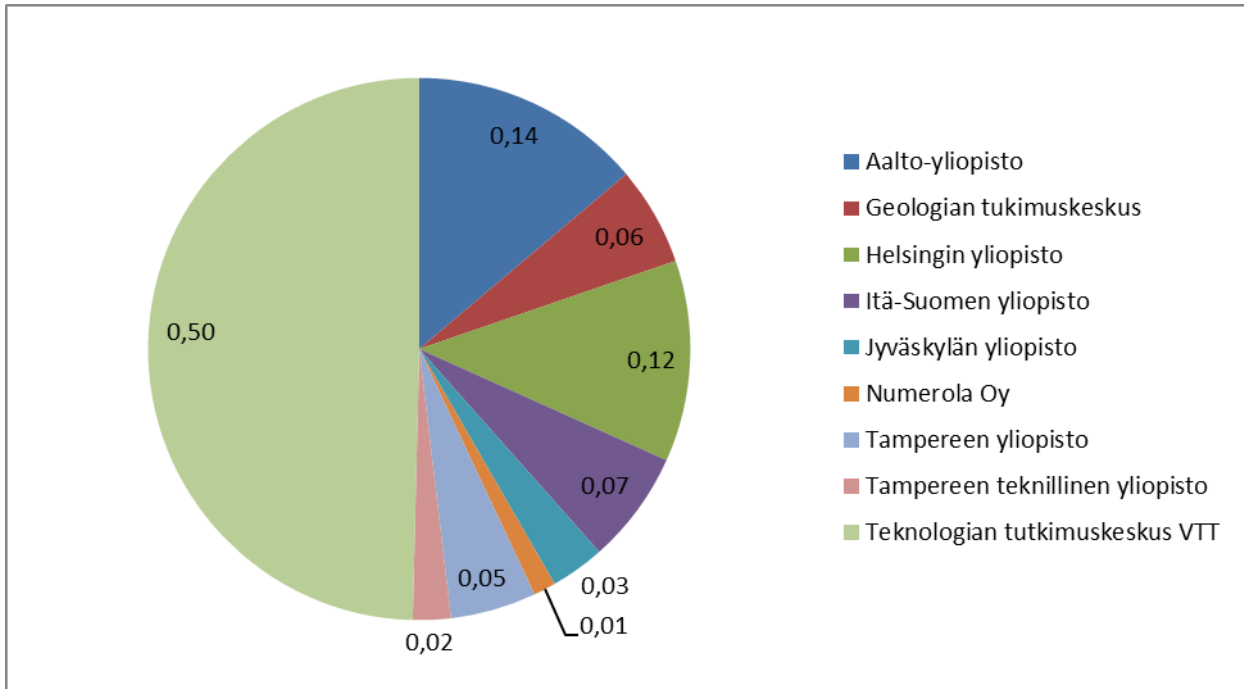
¹ Oletettu, että 1 henkilötyövuosi vastaa 10,5 henkilötyökuukautta.



Kuva 3. KYT2018: VYR-tutkimus- ja infrarahoituksen avoimen hankehaun rahoituksen osuuden eli 1951 k€ jakautuminen tutkimusaihepiireittäin vuonna 2018. Kuvassa ei ole huomioitu hankehaun toista eikä kolmatta osaa. Muu rahoitettava toiminta sisältää hallintohankkeen ja sen kaksi pientä hanketta.



Kuva 4. KYT2018: Tutkimusaihepiirin Muut turvallisuustutkimukset suhteelliset VYR-rahoitusosuudet vuonna 2018.



Kuva 5. KYT2018: VYR- tutkimus- ja infrarahoituksen avoimen hankehaun rahoituksen osuuden eli 1951 k€ jakautuminen tutkimuslaitoksittain vuonna 2018.

Seuraavassa esitellään lyhyt yhteenveto vuoden 2018 hankekokonaisuuden sisällöstä. Hankekohtaiset kuvaukset ovat peräisin hanke-esityksistä. Liitteessä 1 on esitetty yksityiskohtaisemmat hankekohtaiset hakuyhteenvedot. Liitteessä 2 on kuvattu tutkimusohjelman organisaatio ja liitteessä 3 tutkimushankkeiden seuranta vuonna 2018.

Vuonna 2018 hankekokonaisuus koostuu etupäässä ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuutta käsittelevistä tutkimushankkeista. Ydinjätehuollon teknologioita käsitteleviä tutkimushankkeita on kaksi, yhteiskuntatieteellisiä tutkimushankkeita yksi ja infrahankkeita yksi. Lisäksi tutkimusohjelmaan kuuluu hankehaun toisen ja kolmannen osan VTT:n Ydinturvallisuustaltoa koskevat infrahankkeet.

3.1 Ydinjätehuollon teknologiat

Vuonna 2018 ydinjätehuollon teknologiat –aihepiiri koostuu kahdesta hankkeesta (Taulukko 1).

Taulukko 1. Ydinjätehuollon teknologiat –aihepiirin hankkeet.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Kehittyneet polttoainekierrot - Uudet säädettävät erotusmateriaalit (SERMAT)	Risto Koivula, HYRL
Kehittyneet polttoainekierrot – Skenaario- ja inventaarilaskenta	Silja Häkkinen, VTT

HYRL=Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Radiokemian yksikkö; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT

Kehittyneet polttoainekierrot - Uudet säädettävät erotusmateriaalit (SERMAT)

Hankkeen tavoitteena on asiantuntijan (radiokemian tohtorin) kouluttaminen P&T-erotustekniikan alalle erikoisalana epäorgaaniset ioninvaihtomateriaalit. Tohtorikoulutukseen liittyvän tutkimustyön tavoitteena on uusien nanohuokoisien zirkoniumfosfaatti-ioninvaihtimien tutkimus ja kehittäminen

aktinidien erotukseen käytetystä ydinpolttoaineesta tai uusien nesteuuttomenetelmien synnyttämistä sekundäärijäteliuoksista. Lisäksi tavoitteena on kehittyneiden polttoainekiertojen kansainvälisen tutkimuksen seuranta ja tiedonvälitys koskien uusia erikoistekniikoita. Hanke toteutetaan rinnakkaishankkeena VTT:n hankkeen ” Kehittyneet polttoainekierrat – Skenaario- ja inventaarilaskenta” kanssa. Hanke edistää alan asiantuntijuuden saatavuutta ja tieteellisen osaamisen kehittymistä Suomessa ja edesauttaa pääsyä mukaan kansainvälisiin projekteihin. Tuloksena syntyy väitöskirja, tieteellisiä julkaisuja sekä alan seurantaraportteja ja seminaaritiedonantoja. Mahdollisesti syntyy myös uusia ioninvaihtomateriaaleja, joita voidaan hyödyntää pitkällä aikavälillä aktinidien erotukseen sekundäärijätteistä ja lyhyellä aikavälillä mm. radionuklidien poistoon happamista dekontaminointiliuoksista.

Kehittyneet polttoainekierrat – Skenaario- ja inventaarilaskenta

Kehittyneillä polttoainekiertoilla tarkoitetaan ydinpolttoainekiertoratkaisuja, joissa käytettyä ydinpolttoainetta jatkokäsittelmällä pyritään vähentämään loppusijoitettavan ydinjätteen määrää ja vaarallisuutta. Hankkeen tavoitteena on hankkia ja ylläpitää kotimaista kehittyneiden polttoainekiertojen mallinnusosaamista sekä seurata alan kansainvälistä kehitystä ja tutkimusta. Pitkän ajan tavoitteena on myös päästä mukaan EU:n rahoittamaan tutkimusyhteistyöhön. Reaktoritason mallinnusohjelmilla (mm. MCNP, Serpent, CASMO-SIMULATE) voidaan seurata polttoaineen nuklidi-inventaarin muuttumista erilaisissa reaktoreissa. Skenaariomallinnusohjelmilla (mm. COSI6, SITON) puolestaan tutkitaan polttoainekiertoratkaisuja suuremmassa mittakaavassa. Ohjelmavalikoimalla kyetään analysoimaan sekä nopeita että termisiä reaktoreita, arvioimaan transmutaatiolaitosten tehokkuutta ja simuloimaan polttoainekiertojen materiaalivirtoja. Tuloksia voidaan hyödyntää kehitettäessä tekniikoita, joiden avulla ydinjätteen pitkäikäisten isotooppien määrää ja siten myös loppusijoituksen vaatimaa aikaa lyhennetään merkittävästi. Projekti lisää suomalaista ydinenergiaosaamista, ja sen puitteissa koulutetaan nuoria tutkijoita alalle

3.2 Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus

3.2.1 Turvallisuusperustelu

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuusperustelu -aihepiiri koostuu kahdesta hankkeesta, jotka yhdessä muodostavat koordinoitun hankkeen Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi, TURMET (Taulukko 2). Tässä koordinoitussa hankkeessa tutkimusryhmä on laatinut yhteisen työsuunnitelman, kokonaisbudjetin ja tutkimusyhteenvedon. Kumpikin osahanke on kuitenkin jättänyt itsenäisen hanke-esityksen.

Taulukko 2. Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuusperustelu –aihepiirin hankkeet (koordinoitu hanke TURMET, hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi osa 1	Suvi Karvonen, VTT
TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi osa 2	Ahti Salo, Aalto

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; Aalto=Aalto-yliopisto

TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi

Hankkeen tavoitteena on perehtyä ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuusperustelun metodiikkaan erityisesti skenaarioanalyysin näkökulmasta. Hankkeen tieteellisenä tavoitteena on arvioida epävarmuuksien huomioon otton vaikutuksia turvallisuusanalyysin menetelmiin ja kehittää epävarmuuksien arviointiin teknisiä työkaluja, esimerkiksi skenaarioanalyysin avulla. Osahanke 1

(koordinointihanke) on VTT:n vastuulla ja osahanke 2 Aalto-yliopiston vastuulla. Osahankkeessa 2 kehitetään ja sovelletaan skenaarioanalyysiin ja todennäköisyyspohjaiseen riskianalyysiin (PRA) perustuvia menetelmiä ja työkaluja ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuusperusteiden arvioinnin tueksi. Hankkeessa koulutetaan uusia asiantuntijoita alalle sekä VTT:llä että Aalto-yliopistossa. Tuloksina nelivuotisesta projektista syntyy kirjallisuusselvityksiä turvallisuusperusteluun ja skenaarioanalyysiin liittyen, julkaisuja sekä väitöskirja skenaarioanalyysin aihepiiristä Aalto-yliopistossa. Hankkeelle on perustettu oma verkkosivusto <http://www.vtt.fi/sites/turnet>. Koordinoidun hankkeen koordinointityö sisältyy VTT:n osahankkeeseen.

3.2.2 Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky

Ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksen puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky –aihepiiri koostuu kuudesta hankkeesta, joista neljä muodostaa koordinoidun hankkeen THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers (THEBES) ja loput kaksi ovat itsenäisiä hankkeita (Taulukko 3). Koordinoidussa hankkeessa tutkimusryhmä on laatinut yhteisen työsuunnitelman, kokonaisbudjetin ja tutkimusyhteenvedon. Jokainen osahanke on kuitenkin jättänyt itsenäisen hanke-esityksen.

Taulukko 3. Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky – aihepiirin hankkeet (koordinoidun hankkeen THEBES hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers	Wojciech Solowski, Aalto
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers	Veli-Matti Pulkkanen, VTT
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers, X-ray tomography and modelling	Markku Kataja, JYFL
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers	Kai Hiltunen, Numerola
Bentoniitin eroosio ja radionuklidien vuorovaikutus	Pirkko Hölttä, HYRL
Bentonite swelling pressure	Tapani Pakkanen, UEF

Aalto=Aalto-yliopisto; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; Numerola=Numerola Oy; HYRL=Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Radiokemian yksikkö; UEF= Itä-Suomen yliopisto

THEBES – Paisuvasavisten vapautumisesteiden käyttäytyminen

Hankkeen tavoitteena on kehittää, todentaa ja kokeellisesti testata kytketty termo-hydro-mekaanis-kemiallinen laskentamalli bentoniitille. Malli toteutetaan numeerisena ohjelmistona ja sillä simuloidaan riskien hallinnan ja loppusijoituksen turvallisuuden arvioimisen kannalta tärkeitä tapauksia. Lisäksi hankkeessa koulutetaan uusia asiantuntijoita ja kehitetään uutta osaamista hyvän kansallisen ja kansainvälisen yhteistyöverkoston kautta. Tutkimus keskittyy kytketyn elasto-plastisen konstitutiivisen mallin luomiseen mm. 4D-röntgenkuvauksen, kastumis- ja multiakiaalikoekiden avulla. Väliaineen käyttäytymistä mallinnetaan ottamalla huomioon muutokset mikrorakenteessa monimutkaisen huokosvesivuorovaikutuksen seurauksena. Tutkimuksen tuloksia julkaistaan savialan laatulehdissä ja tieteellisissä konferensseissa. Kehitettyä osaamista levitetään vuotuisten workshoppien avulla. Viranomaiset voivat käyttää tuloksia arvioidessaan ydinjätteiden loppusijoituksen lupahakemuksia. Tuloksia voidaan myös hyödyntää arvioitaessa bentoniittipuskurin ja täyteaineen käyttäytymistä alkuvaiheen vettymisvaiheessa. Tuloksia voidaan edelleen hyödyntää tutkimuskonsortion sisällä sekä koottaessa tutkimustietoa paisuvan saven käyttäytymisestä Suomessa ja ulkomailla. Hankkeelle aiemmin perustetut verkkosivut on siirretty uuteen osoitteeseen Aalto-yliopiston alustalla (<http://civileng.aalto.fi/en/research/projects/thebes/>). Koordinoidun hankkeen koordinointityö sisältyy Aalto-yliopiston osahankkeeseen.

Bentoniitin eroosio ja radionuklidien vuorovaikutus

Hankkeen yleisenä tavoitteena on tutkia bentoniittipuskurin toimintakykyä sekä radionuklidien ja bentoniittikolloidien ja/tai mineraalien välisiä vuorovaikutuksia, soveltaa eri menetelmiä ja kouluttaa alalle uusia osaajia. Tavoitteena on tutkia 1) Bentoniitin eroosion mekanismeja ja kinetiikkaa, välivaiheena syntyneen geelifaasin ominaisuuksia, massan hävikkiä kolloidisessa muodossa sekä kolloidien ominaisuuksia ja stabiilisuutta eri pohjavesiolosuhteissa, 2) Selvittää radionuklidien, erityisesti aktinidien sorptiota/desorptiota soveltamalla eri menetelmiä ja molekyyllimallinnusta radionuklidien, erityisesti aktinidin ja mineraalin välisen sidoksen luonteen ja sorption pysyvyyden tunnistamiseksi. Tavoitteena on myös selvittää bentoniittikolloidien vaikutusta radionuklidien kuljettajina. Tuloksena saadaan tietoa bentoniitin rapautumismekanismeista ja -kinetiikasta, pohjavesiolosuhteiden vaikutuksesta bentoniitin eroosioon ja kolloidien liikkuvuuteen, aktinidien sorptiomekanismeista sekä kolloidien merkityksestä radionuklidien kulkeutumiseen. Lisäksi saadaan määritysmenetelmiä sekä parametreja ja testitapauksia kokeellisen työn ja mallinnuksen yhdistämistä varten.

Bentoniitin paisumisaine

Hankkeen tavoitteena on selvittää bentoniitin paisumisilmion syvällistä atomitasoisen fysikaalis-kemiallista perustaa ja kehittää käytännön työväline täyteaineen makroskooppisen paisumisen ennustamiseen bentoniitin koostumuksen ja ympäristötekijöiden funktiona. Hankkeen perimmäisenä tavoitteena on kehittää uusi fysiikan ja kemian lakeihin perustuva menetelmä, jota voidaan hyödyntää ydinjätteen loppusijoituksen turvallisuuden arviointiin. Hankkeen neljäntenä vuonna tutkitaan paisumisilmion riippuvuutta bentoniitin kationeista ja niiden vaihdosta liuoksessa. Hanke toteutetaan yhteistyössä kokeellista bentoniittitutkimusta tekevien tutkimusryhmien kanssa.

3.2.3 Kapselin toimintakyky

Ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksen kapselin toimintakyky –aihepiiri koostuu viidestä hankkeesta, jotka yhdessä muodostavat koordinoitun hankkeen KAPSELI (Taulukko 4). Tässä koordinoitussa hankkeessa ei ole varsinaista yhteistä työohjelmaa samalla tavalla kuin edellä kuvatuissa koordinoituissa hankkeissa. Jokainen osahanke on laatinut omaa osuuttaan koskevan työsuunnitelman ja tutkimusyhteenvedon omassa hanke-esityksessään.

Taulukko 4. Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden kapselin toimintakyky –aihepiirin hankkeet (koordinoitu hanke KAPSELI, hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
KAPSELI: Experimentally verified model based predictions for the integrity of the copper overpack (PRECO)	Juhani Rantala, VTT
KAPSELI: Kuparikapselin mekaaninen lujuus (MECHACOP)	Sven Bossuyt, Aalto
KAPSELI: Reaktiotuotteiden vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen olosuhteissa (REPCOR)	Jari Aromaa, Aalto
KAPSELI: Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA)	Leena Carpén, VTT
KAPSELI: Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korroosio (MICOR)	Pauliina Rajala, VTT

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; Aalto=Aalto-yliopisto

Seuraavassa esitetään koordinoitu hanke KAPSELI osahankkeittain.

Kokeellisesti todennetut malliennusteet kuparikapselin eheydelle (PRECO)

Hankkeen tavoitteena on tuottaa arvio kuparikapselin venymä- ja jännitys jakaumasta sekä elinikäarvio perustuen kokeellisesti verifioidun virumis- ja relaksaatiomallin käyttöön elementtimenetelmämallinnuksessa. Kapselin ulkoinen paine muokkaa kuparivaipan kiinni sisäosaan, jolloin etenkin kannen hitsin alueelle tulee jännitys- ja venymäkeskittyviä. FE-mallinnuksessa tehdään ennuste relaksaation vaikutuksesta, kun lämpötila ja ulkoinen paine nousevat hitaasti. Kuparin jännityshistoriariippuvuutta tutkitaan edelleen, koska käyttäytyminen on yllättävää. Kuparin relaksaation ja moniaksaalisuuden sekä korroosion ja virumisen yhteisvaikutuksen testaaminen jatkuu. Tulokset julkaistaan paitsi vuosiraporteissa myös kansainvälisissä konferensseissa ja tieteellisissä julkaisuissa. Koordinoidun hankkeen koordinoituvuus sisältyy VTT:n osahankkeeseen PRECO.

Kuparikapselin mekaaninen lujuus (MECHACOP)

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuparikapselin eri osien (perusmateriaalit ja hitsit) mekaaniset ominaisuudet sekä ymmärtää makroskooppinen ja mikroskooppinen plastinen deformaatio sen epähomogeenisissä rakenteissa. Tuntemalla kuparikapselin eri osien deformaatiomekanismit voidaan ennustaa kapselin deformaatio ja mahdollinen murtuminen pitkäaikaisessa käytössä ja mallintaa sen käyttäytyminen luotettavasti. Tutkimuksessa selvitetään myös vedyn absorptio ja sen vaikutus kuparin mekaanisiin ominaisuuksiin sekä kuparin jännityskorroosion mekanismi. Tuloksena saadaan selville kuparikapselin epäjatkuvuuskohtien (viat ja geometriset epäjatkuvuudet) ja epähomogeenisen mikrorakenteen (rae- ja muokkausrakenne) vaikutukset deformaation paikallistumiseen ja murtumiseen. Tuloksia voidaan hyödyntää meneillään olevassa virumistutkimuksessa. Tutkimus on erittäin tärkeä kapselin valmistuksessa sen laadulle asetettävien vaatimusten määrittelyssä, epäjatkuvuuskohtien kriittisyyden arvioinnissa (sallitut poikkeamat ja vikakoot sekä niiden hyväksymiskriteerit), ja erityisesti kapselin ja koko loppusijoituksen turvallisuusanalyysissä.

Reaktiotuotteiden vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen olosuhteissa (REPCOR)

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuparin pinnalle muodostuvien reaktiotuotekerrosten vaikutus kuparin korroosioon. Reaktiotuotekerroksilla uskotaan olevan vaikutus sekä yleisen korroosion nopeuteen että paikallisen korroosion eri muotoihin. Tutkimuksessa selvitetään reaktiotuotekerrosten muodostuminen ja niiden vaikutus, kun kuparikapseli käy lävitse eri korroosiovaiheet kuivasta ilmastosta turpoamattoman bentoniitin hapellisten olosuhteiden kaasufaasiin ja nestefaasiin ja lopulta hapettomien olosuhteiden nestefaasiin. Tuloksia voivat hyödyntää yritykset ja viranomaiset, jotka arvioivat kapselin pitkäaikaiskestävyyttä korroosion kannalta. Tutkimus voi tuoda lisäselvitystä sekä aikaisempien tutkimusten kymmenkertaisiin eroihin yleisen korroosion nopeudessa että paikallisen korroosion esiintymiseen. Tutkimusaiheet ovat: menetelmä toistettavien reaktiotuotekerrosten muodostamiseen sekä kaasu- että nestefaasissa ja niiden karakterisointi (2015), reaktiotuotekerrosten vaikutus korroosioon hapettavissa olosuhteissa sekä kaasu- että nestefaasissa (2016-2017) ja reaktiotuotekerrosten vaikutus korroosioon hapettomissa olosuhteissa nestefaasissa (2017-2018).

Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA)

Hankkeen tavoitteena on arvioida mikrobiologisen toiminnan vaikutusta kuparikapselimateriaalin käyttäytymiseen Suomen loppusijoitusolosuhteissa, erityisesti hapettomassa vaiheessa. Tulosten perusteella voidaan arvioida loppusijoituskapselin mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista. Hankkeessa kehitetään koejärjestely, jonka avulla kuparin korroosiota voidaan tutkia myös korkeissa lämpötiloissa hapettomassa ympäristössä mikrobien läsnä ollessa. Hankkeessa käytetään online-mittausmenetelmiä kuparin korroosion tutkimiseen ja molekyyli-biologisia mikrobimääritysmenetelmiä. Projektissa kehitettyjä menetelmiä voidaan hyödyntää laajasti erilaisissa sovellutusympäristöissä. Hankkeessa toteutetaan opinnäytetyö yhteistyönä koordinoitun MILORI (Ydinjätteen loppusijoituksen mikrobiologiset riskit) konsortion hankkeiden kanssa.

Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korroosio (MICOR)

Hankkeen tavoitteena on arvioida mikrobiologisen toiminnan vaikutusta kuparikapselimateriaalin korroosioikäikäytymiseen Suomen loppusijoitusolosuhteissa hapellisessa lämpimässä vaiheessa. Tämä on tärkeää, koska hapellisessa vaiheessa kuparin pinnalla tapahtuvat muutokset vaikuttavat suuresti kuparin käyttäytymiseen myöhemmässä hapettomassa vaiheessa. Tutkimukset suoritetaan laboratoriossa koeolosuhteissa, joissa simuloidaan mahdollisimman tarkasti loppusijoitusolosuhteita loppusijoituksen lämpimässä hapellisessa vaiheessa. Hankkeessa kehitetään ja otetaan käyttöön online-mittausmenetelmä kuparin korroosion tutkimiseksi ja uusia menetelmiä mikrobien toiminnan tutkimiseksi kuparin pinnalla sekä selvitetään mikrobien vaikutusta jännityskorroosioon. Lisäksi hankkeen ensimmäisenä vuonna kehitettiin menetelmä, jota hyödynnetään kuparin korroosioalttiuden ja pintailmiöiden tutkimiseen biofilmin kehittyessä pinnoille. Näitä menetelmiä voidaan soveltaa ja hyödyntää laajasti erilaisissa sovellutusympäristöissä. Hankkeessa koulutetaan osaajia ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimuksen osaamisalueelle. Tuloksia hyödynnetään ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuusaihepiirissä kapselin toimintakyky-painoalueella arvioitaessa hapellisessa vaiheessa korroosionopeuksia ja korroosiovaikutusten arvioimiseksi tehtyjen mallien oikeellisuutta.

3.2.4 Mikrobiologian vaikutukset

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden mikrobiologian vaikutukset –aihepiiri koostuu neljästä hankkeesta, joista kolme muodostavat koordinoitun hankkeen Ydinjätteen loppusijoituksen mikrobiologiset riskit MILORI ja yksi on itsenäinen hanke (Taulukko 5). Koordinoitussa hankkeessa ei ole varsinaista yhteistä työohjelmaa samalla tavalla kuin edellä kuvatuissa koordinoituissa hankkeissa

TURMET ja THEBES. Jokainen osahanke on laatinut omaa osuuttaan koskevan työsuunnitelman ja tutkimusyhteenvedon omassa hanke-esityksessään.

Taulukko 5. Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden mikrobiologian vaikutukset –aihepiiriin hankkeet (koordinoidun hankkeen MILORI hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
MILORI: Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituksen mikrobiologia (MAKERI)	Minna Vikman, VTT
MILORI: Matala- ja keskiaktiivisen metallijätteen mikrobiologinen korroosio (CORLINE)	Leena Carpén, VTT
MILORI: Mikrobiyhteisöjen rikkimetabolialoppusijoitusolosuhteissa (GEOBIOKIERTO)	Hanna Miettinen, VTT
Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS)	Riikka Kietäväinen, GTK

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; GTK=Geologian tutkimuskeskus

MILORI: Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituksen mikrobiologia (MAKERI)

Projektin päätavoitteena on arvioida matala- ja keskiaktiivisen jätteen geologiseen loppusijoitukseen liittyviä mikrobiologisia riskejä, jotka voivat pahimmassa tapauksessa johtaa vapautumisesteiden toimintakyvyn heikkenemiseen, kaasun vapautumiseen ja radionuklidien kulkeutumiseen loppusijoitustilasta biosfääriin. Hankkeen tuloksena saadaan tietoa olosuhteiden vaikutuksesta voimalaitosjätteen hajoamiseen, kaasun muodostumiseen ja mikrobitoimintaan. Lisäksi tutkitaan mikrobitoiminnan aiheuttamia muutoksia huoltojätteen ja vapautumisesteiden (metalli) pinnoilla. Tutkimus toteutetaan laboratoriomittakaavan simulaatiokokeilla. Lisäksi tutkimuskohteina on Olkiluodon VLJ-luolassa menossa oleva vuonna 1997 käynnistetty koe matala-aktiivisella jätteellä. Tuloksia voidaan hyödyntää jätteen loppusijoituksen suunnittelussa, turvallisuusarvioissa ja mallintamisessa. Mahdollisia hyödyntäjiä ovat alan yrityksen ja viranomaiset. Koordinoidun hankkeen MILORI (Ydinjätteen loppusijoituksen mikrobiologiset riskit) koordinointityö sisältyy osahankkeeseen MAKERI.

MILORI: Matala- ja keskiaktiivisen metallijätteen mikrobiologinen korroosio (CORLINE)

Hankkeen tavoitteena on arvioida biofilmien muodostumista ja mikrobiologisen korroosion riskiä metallisille materiaaleille (purkujättemetallit) Suomen loppusijoitusolosuhteissa sekä monitoroida korroosion ja vesikemian muutosten yhteyttä reaaliaikaisesti in situ. Tutkimukset suoritetaan simuloituissa koeympäristöissä laboratoriossa sekä loppusijoitusalueella tehtävillä kenttäkokeilla (in situ monitorointi, laitekehitys). Tuloksia hyödynnetään arvioitaessa purkujättemetallien mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista. Hankkeessa otetaan käyttöön uusia sähkökemiallisia mittausten menetelmiä paikallisen korroosion tutkimiseen ja on kehitetty laitteisto, joka mahdollistaa korroosion ja vesikemian reaaliaikaisen seurannan loppusijoitusympäristössä. Menetelmiä voidaan hyödyntää laajasti erilaisissa sovellutusympäristöissä. Hankkeessa koulutetaan osaajia ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimuksen osa-alueelle. Hankkeessa syntyneitä julkaisuja on käytetty osana Pauliina Rajalan väitöskirjatyötä, joka valmistui 7/2017 tämän ja edeltävän REMIC-projektin (KYT2014) tuloksena. Hankkeessa on aloitettu 2017 gradu-työ yhdessä MILORI-konsortion hankkeiden ja BASUCA projektin kanssa ja gradu-työ valmistuu 2018.

MILORI: Mikrobiyhteisöjen rikkimetabolialoppusijoitusolosuhteissa (GEOBIOKIERTO)

Hankkeen tavoitteena on selvittää loppusijoitustilojen pohjavesien mikrobiyhteisöjen vaikutusta rikin kiertoon sekä rikkiyhdisteiden muodostumisnopeuteen eri olosuhteissa. Tutkimuksessa käytetään

leimattua sulfaattia rikinkierron analysoinnissa ja sulfidin muodostumisnopeuden määrittämisessä. Lisäksi arvioidaan pohjavesien mikrobien ja niiden metaboliatuotteiden vaikutuksia bentoniittipuskurin fysikaaliselle rakenteelle ja toimintakyvylle. Pitkäaikainen koe toteutetaan mikrobeille suotuisissa olosuhteissa, jolloin mikrobien mahdolliset vaikutukset bentoniitin rakenteelle voidaan todeta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Hanke toteutetaan monivuotisena hankkeena pääosin VTT:llä. Hankkeessa tehdään yhteistyötä KYT2018-ohjelman MILORI-konsortion hankkeiden, THEBES-konsortion tutkijoiden kanssa sekä EURATOM MIND-hankkeessa. Tutkimuksen tuloksena saadaan tietoa korrodoivien sulfidihydrideiden muodostumisnopeudesta pohjavedessä sekä mikrobien vaikutuksista bentoniittipuskurin rakenteelle, joilla molemmilla voi olla merkittävää vaikutusta kuparikapselin pitkäaikaisturvallisuudelle. Tuloksia voidaan hyödyntää ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyseissa.

Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS)

Hankkeessa tutkitaan biogeokemiallisesti tärkeiden alkuaineiden esiintymistä ja liikkumista kalliopohjavesissä, syvän biosfäärin energialähteitä ja energian siirtymistä mikrobien katalysoimissa hapetus-pelkistysreaktioissa. Hankkeessa tehdään omaa näytteenotto-, analyysi- ja mallinnustyötä. Hankkeen toteutuksessa hyödynnetään sekä KYT2018-ohjelman sisäistä että kansainvälistä yhteistyöverkostoa ja kansainvälisten syväreikä tutkimusten tilannetta ja näytteenottomahdollisuuksia seurataan. Hankkeen tuloksia voidaan hyödyntää arvioitaessa geologisten pidätykseiden ja syvän biosfäärin välisiä kytkentöjä ja prosesseja sekä niiden merkitystä ydinjätteiden geologisen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden kannalta. Keskeisiä tarkastelun kohteita ovat aineiden olomuoto, kulkeutuminen ja viipymäaika. Hankkeen tulokset esitetään kansainvälisissä julkaisusarjoissa.

3.2.5 Muut turvallisuustutkimukset

Muut turvallisuustutkimukset –aihepiiri koostuu kahdeksasta hankkeesta (taulukko 6).

Taulukko 6. Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden muut turvallisuustutkimukset –aihepiirin hankkeet.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä; Kallion in situ tutkimukset	Marja Siitari-Kauppi, HYRL
C-14 vapautuminen metallijätteestä	Tiina Heikola, VTT
Radiohiilen kemialliset muodot ja sorptio kallioperässä	Merja Lusa, HYRL
Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemeissä	Jukka Juutilainen, UEF
Biosfäärimallinnuksen vaihtoehtoiset menetelmät ja niiden arviointi (VABIA)	Tarmo Lipping, TTY
KARMO III – Kallion rakopintojen mekaaniset ominaisuudet	Mikael Rinne, Aalto
ROSA: Rakosimulaattori, joka kunnioittaa rakojen mitattuja pituus- ja suuntajakaumia	Eevaliisa Laine, GTK

HYRL=Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Radiokemian yksikkö; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; UEF=Itä-Suomen yliopisto; TTY=Tampereen teknillinen yliopisto; Aalto=Aalto-yliopisto; GTK=Geologian tutkimuskeskus;

Radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä; Kallion in situ tutkimukset

Hankkeen tavoitteena on määrittää radionuklidien pidättymistä ja kulkeutumista kiteisessä kivessä in situ kokein. Työssä selvitetään vaikuttavatko kemiallisten/fysikaalisten olosuhteiden muutokset

laboratoriokokeista in situ kokeisiin mentäessä niihin parametreihin, joita käytämme arvioitaessa radionuklidien kulkeutumista kalliiossa. In situ ja laboratoriokokeiden tulosten tulkinnassa käytetään projektissa kehitettyjä reaktiivisia kulkeutumismalleja, joissa otetaan huomioon kiven mineraalien ja rakenteen heterogeenisuus. Grimselin vuorilaboratoriossa Sveitsissä 4-vuotinen in situ -koe lopetettiin syksyllä 2017 ja kairatuista kivinäytteistä määritetään radionuklidien paikkakohtainen radioaktiivisuuden jakauma sekä radionuklidien tunkeutumissyvytydet kiveen HYRL:ssä kehitetyin radiometrisin menetelmin. Autoradiografia-menetelmien kehittämistä jatketaan. In situ -kokeessa käytettävät radioaktiiviset merkkiaineet ovat HTO, Cl-36, Ba-133 (Ra-226 analogi), Cs-134, Na-22 ja I-131 (analogi I-129) sekä stabiili Se (Se-79 analogi). Vuonna 2018 tehdään laboratoriokokeita radiumin jakaantumiskertoimien määrittämiseksi ja tuloksia tulkitaan PhreeqC-ohjelmalla. Geologian tutkimuskeskus osallistuu hankkeeseen asiantuntijana. Tuloksena saamme turvallisuusrelevanttia tietoa radionuklidien kulkeutumisesta ja vuorovaikutuksista saturoidussa kalliiossa. Tieto edistää viranomaisen pitkäaikaisturvallisuuden arviointivalmiuksia. Päämääränä on kouluttaa uusia ydinjätehuollon asiantuntijoita, jotka kansainvälisessä verkostossa toimiessaan saavat opetusta eri tieteenaloilta ja koulutautuvat monitieteisiksi ydinjätteiden loppusijoituksen asiantuntijoiksi. KYT2018-ohjelmassa geokemian mallinnus nostetaan painopisteeksi kuin myös geokemistin kouluttaminen.

C-14 vapautuminen metallijätteestä

Hankkeen tavoitteena on selvittää voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen aktiivisissa metallikomponenteissa olevan ^{14}C isotoopin vapautumista pohjaveteen loppusijoitusolosuhteissa, vapautumisnopeutta sekä veteen muodostuvia liuenneita ja kaasumaisia hiilen kemiallisia olomuotoja. Erityisesti jakautuminen orgaanisiin ja epäorgaanisiin kemiallisiin olomuotoihin on tärkeää kulkeutumisen kannalta. Hanke on ollut osa EU-projektia: CAST (CARbon-14 Source Term, WP: Steels), joka alkoi 1.10.2013. Kesto on 4,5 vuotta (loppuu 31.3.2018). Hanke toteutetaan kahdessa osassa kuten aiempina vuosina: CAST-osuus (osaprojekti 1, CAST töiden lopetus) ja kansallinen projekti (osaprojekti 2, paineastiateräksen eluutiokokeet). CAST-osassa on tarkoitus saattaa päätökseen sekä 2015 aloitetut inaktiiviset rautakarbidi- ja teräsjauheen eluutiokokeet että vuonna 2016 käynnistetyt säteilytetyn teräksen eluutiokokeet. Molemmissa koesarjoissa on tarkoitus tehdä vielä näytteenotot ja niihin liittyvät analyysit ennen kokeiden lopetusta. Kansallisessa projektissa käynnistetään uudet paineastiateräsnäytteiden eluutiokokeet. Teräsmateriaali, joka on hiiliterästä, on alhaisemman Ni-pitoisuutensa johdosta huomattavasti vähemmän aktiivista kuin nyt käytetty säteilytysketjun kapselinkuorimateriaali. Näytteiden matalammasta aktiivisuudesta johtuen kokeista on suunnitelmassa tutkia sekä liuos- että kaasufaasiin vapautunut ^{14}C . Raportointi tehdään kansallisessa projektissa. Tuloksia voidaan hyödyntää mallinnettaessa ^{14}C vapautumista loppusijoituksen turvallisuustarkasteluissa.

Radiohiilen kemialliset muodot ja sorptio kallioperässä

Hankkeessa selvitetään ydinpolttoaineesta peräisin olevan radiohiilen kemiallisia muotoja ja näiden muutoksia sen kulkeutuessa kallioperän kautta biosfääriin sekä erityisesti vuonna 2018 bakteerien vaikutusta metaanimuotoisen hiilen muuttumisessa karbonaattimuotoon, sekä bakteerien kykyä muodostaa kalsiittia kallioperäolosuhteissa. Hankkeessa kehitetään uudenlaisia kokeellisia menetelmiä kallioperäolosuhteiden ja mikrobitoiminnan yhteisvaikutusten tutkimukseen. Tutkimus on erittäin tärkeää, koska radiohiili kuuluu tärkeimpään radionuklidiluokkaan tarkasteltaessa ihmisille tulevaisuudessa mahdollisesti kertyviä säteilyannoksia ja koska tietämys radiohiilen käyttäytymisestä kallioperässä on erittäin vähäistä. Tässä hankkeessa esitetyn kaltaista tutkimusta Suomessa ei ole aiemmin tehty. Hankkeessa tuotetaan radiohiilen kulkeutumisesta uutta, ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden arvioimista tukevaa tieteellistä tietoa.

Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemissä

Hankkeen tavoitteena on kehittää boreaaliseen ekosysteemiin soveltuvaa radioekologista mallintamista ja sen käyttöä loppusijoituksen mahdollisten riskien arviointiin. Hanke toteutetaan kahtena osahankkeena. Ensimmäisessä osahankkeessa kerätään kenttätutkimuksin empiiristä tietoa ydinjätteiden riskien kannalta relevanttien alkuaineiden siirtymisestä makean veden ravintoketjuissa, ja kehitetään herkkiä menetelmiä, joilla voidaan saada tietoa pienten säteilyannosten vaikutuksista luonnon eliöihin. Toisessa osahankkeessa kehitetään radioekologista mallintamista tässä ja aiemmissa hankkeissa saadun empiirisen tiedon pohjalta. Tutkimuksen odotetaan tuottavan entistä kehittyneempää, pohjoiseen ympäristöön soveltuvaa ja empiirisen tiedon avulla tarkennettua biosfäärimallinnusta. Tuloksena syntyy myös kansainvälisiä julkaisuja (odotettu määrä kuusi) ja kaksi väitöskirjaa (joista yksi valmistuu hankkeen aikana). Tuloksia voidaan hyödyntää ydinjätteiden loppusijoituksen ja muiden ydinjätteiden riskien arviointiin.

Biosfäärimallinnuksen vaihtoehtoiset menetelmät ja niiden arviointi (VABIA)

Vuoden 2018 tavoitteena VABIA-hankkeessa on jatkaa pienten mallien parametrien vertailuja tekemällä metsän sisäiseen kiertoon perustuva malli. Malli laajennetaan suuremmaksi kokonaisuudeksi yhdistämällä se vuoden 2015- 2016 malleihin. Mallien syöttöparametrien välistä keskinäistä korrelaatiota tarkastellaan ja arvioidaan niiden vaikutusta annoskerroinlaskuihin. Lisäksi epälineaaristen annoskertoimien osalta tehdään yhteistyötä Itä-Suomen yliopiston kanssa. Koko hankkeen tarkoituksena on luoda yksinkertaisia malleja, joissa parametrien määrää on saatu vähennettyä, tarkkuuden kuitenkin kärsimättä. Hankkeessa valmistuvia malleja voivat hyödyntää muut biosfäärimallien kehittäjät, ydinvoimayhtiöt ja viranomaiset.

KARMO III – Kallion rakopintojen mekaaniset ominaisuudet

Hankkeen tavoitteena on kehittää menetelmä kallion rakopintojen mekaanisten ominaisuuksien määrittämiseksi numeerista mallinnusta varten laboratoriomittakaavan koesarjan avulla. Hanke toteutetaan väitöskirjavetoisena ja opinnäytetöiden avulla. Hankkeessa kehitetään fotogrammetrinen replikaatiomenetelmä, määritetään sen tarkkuus ja annetaan suositukset lähtöaineistolle sekä kehitetään rakojen numeerista mallintamista hyödyntäen hankkeen tuottamaa parametrিসointimenetelmää. Tulokset todennetaan isojen (2 m x 1 m sekä 0,5 m x 0,25 m) rakopintojen leikkauskokeiden avulla. Tulokset tulevat tutkijoiden ja viranomaisten käyttöön ja niitä voidaan käyttää arvioitaessa erilaisten raon hyväksymiskriteerien ja rakojen siirtymäanalyysin mallinnuksen hyväksyttävyyttä. Valtaosaa tuloksista käytetään numeerisen mallinnuksen lähtötietoina, kun mallinnetaan rakojen mekaanista vastetta tai siirtymää. Hankkeessa tehdään kansainvälistä yhteistyötä ruotsalaisten ja kanadalaisten tutkijoiden kanssa. Hankkeen tulokset ja tausta-aineistot julkaistaan avoimesti.

ROSA: Rakosimulaattori, joka kunnioittaa rakojen mitattuja pituus- ja suuntajakaumia

Hankkeen tavoitteena on luoda rakosimulaatio-tietokoneohjelma ja jakaa se alan tieteellisten julkaisujen kautta käyttäjille. Hanke toteutetaan Geologian tutkimuskeskuksen Kalliorakentaminen ja sijoituspaikat -yksikön (GTK) ja Aalto-yliopiston Georakentamisen yksikön (GR) yhteistyönä. Tuloksena saadaan lisäarvoa ydinjätetutkimukseen KYT-puiteohjelman mukaisen muissa turvallisuustutkimuksissa määritetyn "kallioperätutkimukset loppusijoituksen turvallisuuden kannalta" kautta. Hankkeesta lopputuloksena saatavaa tietokoneohjelmaa hyödyntämällä voidaan parantaa pohjaveden virtauksen ja radionuklidien kulkeutumismalleja sekä kivimassan kalliomekaanista käyttäytymistä mallinnettaessa. Tuloksia voidaan hyödyntää tuleville kalliorakennushankkeille Suomessa ja Suomen kaltaisilla kallioperäalueilla.

3.3 Ydinjätehuolto ja yhteiskunta

Vuonna 2018 ydinjätehuoltoon liittyvä yhteiskuntatieteellinen tutkimus –aihepiiri koostuu yhdestä hankkeesta (taulukko 7).

Taulukko 7. Ydinjätehuolto ja yhteiskunta –aihepiirin hanke.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Governing Safety in Finnish and Swedish Nuclear Waste Regimes (SAFER)	Matti Kojo, TY

TY=Tampereen yliopisto

Turvallisuuden hallinta Suomen ja Ruotsin ydinjäteregeimeissä

Hankkeessa tarkastellaan turvallisuuden hallintaa Suomen ja Ruotsin ydinjäteregeimeiden näkökulmasta. Tavoitteena on lisätä ymmärrystä Suomen ydinjäteregeimistä ja erityisesti sen jatkuvuudesta ja joustavuudesta muuttuvassa yhteiskunnallisessa ja sosio-tekniisessä kontekstissa. Vuosina 2015–2018 hankkeessa tarkastellaan seuraavia aiheita: (1) Kansalaisyhteiskunnan rooli, (2) printtimedian huomio käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen, (3) printtimediassa esiin nousseet käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen liittyvät eettiset kysymykset, (4) laitosten sijoituskuntien asukkaiden eettiset näkemykset käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta ja (5) kansainvälinen ydinjätehuollon hallinnan vertailu. Tutkimusaineistona on julkisia asiakirjoja, sanomalehtiaineistoa ja kyselyaineistoja. Kirjallisuuskatsaukset ja tutkimusryhmän kontaktit auttavat lisäämään kansainvälistä näkökulmaa aiheisiin. Hanke parantaa suomalaisen ydinenergiatutkimuksen laatua julkaisemalla vertaisarvioituja artikkeleita ja lisää osallistumista kansainvälisiin tutkimusympäristöihin (ydinenergia-alan tutkimusstrategian suositukset 2 ja 3). Hanke (1) tarjoaa mahdollisuuden arvioida suomalaisen hallintatavan nykyisiä käytäntöjä ja periaatteita, (2) auttaa ennakoimaan uusia yhteiskunnallisia huolia ja haasteita ja (3) tuottaa taustatietoa päätöksentekoon vaiheessa, jossa loppusijoitushanke etenee kohti käyttöönottoa.

3.4 Ydinjätetutkimuksen infra

Vuonna 2018 ydinjätetutkimuksen infra –aihepiiri koostuu yhdestä hankkeesta (taulukko 8). KYT2018-ohjelmassa ei ennen vuotta 2016 ole ollut erillisiä infrahankkeita. Hanke toteutetaan yhteistyössä SAFIR2018-tutkimusohjelman kanssa, koska infrahankkeita on siellä ollut aiemminkin ja siellä on organisoitu oma tukiryhmänsä infrahankkeita varten. Kustannukset on jaettu KYT- ja SAFIR-ohjelmien kesken suhteessa 24 % ja 76 %. Tämä hanke aloitti SAFIR2018-ohjelmassa jo vuonna 2015.

Sisällöllisesti hanke edistää VTT:n vuonna 2017 käyttöön otetun ja vuonna 2018 lopullisesti turvallisuuslupitetun Ydinturvallisuustalon kokeellisia tutkimusvalmiuksia ja sitä kautta myös ydinjätetutkimuksen kokeelliset valmiudet paranevat.

Taulukko 8. Ydinjätetutkimuksen infra –aihepiirin hanke.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
RADLAB (Radiological Laboratory Commissioning)	Wade Karlsen, VTT

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT

RADLAB (Radiological Laboratory Commissioning)

VTT:n Ydinturvallisuustalo ja sen radiologian laboratorio ovat osa kansallista tutkimusinfrastruktuuria, joka tekee tärkeää tutkimustyötä, jonka tarkoitus on varmistaa ydinjätteen turvallinen huolto. KYT2018 tutkimusohjelman neljäntenä vuonna käyttöönotettavia B- ja C-luokan tiloja ja toimintamenetelmiä kehitetään, parannetaan ja vakiinnutetaan (luvitus toteutettiin vuonna 2017) niin, että ydinjätteen tutkimus voidaan toteuttaa turvallisesti ja tehokkaasti uusissa tiloissa. Ydinjätteen tutkimusta tehdään neljällä alueella: laboratoriolaitteistohankinnat ja nuklearisointi; tutkimuksen muut laitehankinnat, materiaalinkäsittely ja säilytys, ja korkean resoluution massaspektrometrilaitteen (HR ICP-MS) osaamisen kehittäminen. Infrastruktuurin ja lisätoimintojen käyttöönotto toteutetaan RADINFRA- ja RADCNS -projekteissa ja Työ- ja elinkeinoministeriön KYT2018-tutkimusohjelman hakukutsua (TEM/1542/08.09.02/2017) ja Lakia ydinennergialain muuttamisesta (HE320/2014) noudattaen.

3.5 Muut tutkimusohjelman infrahankkeet

Vuonna 2018 tutkimusohjelmaan kuuluu myös kaksi muuta VTT:n Ydinturvallisuustaloon liittyvää infrahanketta.

Taulukko 9. Muut tutkimusohjelman infrahankkeet.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
RADCNS (Radiological laboratory facility costs of the Centre for Nuclear Safety)	Wade Karlsen, VTT
RADINFRA (Radiological laboratory equipment infrastructure investments)	Wade Karlsen, VTT

RADCNS (Radiological laboratory facility costs of the Centre for Nuclear Safety)

KYT-2018 –tutkimusohjelma rahoittaa VTT:n Ydinturvallisuustalon laboratorio-osan toimitilakustannuksia vuonna 2018. Kustannukset sisältävät vuokran lisäksi myös sähkön ja tilojen huollon. Kustannukset on jaettu KYT- ja SAFIR-ohjelmien kesken suhteessa 24 % ja 76 %. Kustannusten suuruus on korkeintaan 2,7 milj. euroa vuosina 2016 - 2025. Vuoden 2018 kustannus on KYT-tutkimusohjelman osalta arviolta 566 k€.

RADINFRA (Radiological laboratory equipment infrastructure investments)

KYT-2018 –tutkimusohjelma rahoittaa VTT:n Ydinturvallisuustalon kuumakammio-investointeja päälaitteineen. Kustannukset on jaettu KYT- ja SAFIR-ohjelmien kesken suhteessa 24 % ja 76 %. Kustannusten suuruus on yhteensä enintään 18 milj. euroa ja se jakautuu vuosille 2016—2020. Vuoden 2018 kustannus on arviolta 860 k€.

Viitteet

TEM 2014, Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma, KYT2018. Puiteohjelma tutkimuskaudelle 2015–2018. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto 43/2014, 41 s.

TEM 2017, KYT2018 Review Report, Ministry of Economic Affairs and Employment, MEAE guidelines and other publications 9/2017.

Liite 1 KYT2018 hankekohtaiset hakuyhteenvedot 2018

Ydinjätehuollon teknologiat

Ydinjätehuollon teknologiat –aihepiirin hankkeet.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Kehittyneet polttoainekierrot - Uudet säädettävät erotusmateriaalit (SERMAT)	Risto Koivula, HYRL
Kehittyneet polttoainekierrot – Skenaario- ja inventaarilaskenta	Silja Häkkinen, VTT

HYRL=Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Radiokemian yksikkö; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuusperustelu –aihepiirin hankkeet. Koordinoidun hankkeen TURMET hankekoordinaattori lihavoituna.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi osa 1	Suvi Karvonen, VTT
TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi osa 2	Ahti Salo, Aalto

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; Aalto=Aalto-yliopisto

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky -aihepiirin hankkeet. Koordinoidun hankkeen THEBES hankekoordinaattori lihavoituna.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers	Wojciech Solowski, Aalto
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers	Veli-Matti Pulkkanen, VTT
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers, X-ray tomography and modelling	Markku Kataja, JYFL
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers	Kai Hiltunen, Numerola
Bentoniitin eroosio ja radionuklidien vuorovaikutus	Pirkko Hölttä, HYRL
Bentonite swelling pressure	Tapani Pakkanen, UEF

Aalto=Aalto-yliopisto; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; HYRL=Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Radiokemian yksikkö; UEF= Itä-Suomen yliopisto

Ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksen kapselin toimintakyky –aihepiirin hankkeet. Koordinoidun hankkeen KAPSELI hankekoordinaattori lihavoituna.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
KAPSELI: Experimentally verified model based predictions for the integrity of the copper overpack (PRECO)	Juhani Rantala, VTT
KAPSELI: Kuparikapselin mekaaninen lujuus (MECHACOP)	Sven Bossuyt, Aalto
KAPSELI: Reaktiotuotteiden vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen olosuhteissa (REPCOR)	Jari Aromaa, Aalto
KAPSELI: Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA)	Leena Carpén, VTT
KAPSELI: Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korroosio (MICOR)	Pauliina Rajala, VTT

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; Aalto=Aalto-yliopisto

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden mikrobiologian vaikutukset –aihepiirin hankkeet.
Koordinoitun hankkeen MILORI hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
MILORI: Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituksen mikrobiologia (MAKERI)	Minna Vikman, VTT
MILORI: Matala- ja keskiaktiivisen metallijätteen mikrobiologinen korroosio (CORLINE)	Leena Carpén, VTT
MILORI: Mikrobiyhteisöjen rikkimetabolia loppusijoitusolosuhteissa (GEOBIOKIERTO)	Hanna Miettinen, VTT
Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS)	Riikka Kietäväinen, GTK

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; GTK=Geologian tutkimuskeskus

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden muut turvallisuustutkimukset –aihepiirin hankkeet.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä; Kallion in situ tutkimukset	Marja Siitari-Kauppi, HYRL
C-14 vapautuminen metallijätteestä	Tiina Heikola, VTT
Radiohiilen kemialliset muodot ja sorptio kallioperässä	Merja Lusa, HYRL
Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemissä	Jukka Juutilainen, UEF
Biosfäärimallinnuksen vaihtoehtoiset menetelmät ja niiden arviointi (VABIA)	Tarmo Lipping, TTY
KARMO III – Kallion rakopintojen mekaaniset ominaisuudet	Mikael Rinne, Aalto
ROSA: Rakosimulaattori, joka kunnioittaa rakojen mitattuja pituus- ja suuntajakaumia	Eevaliisa Laine, GTK

HYRL=Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Radiokemian yksikkö; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; UEF=Itä-Suomen yliopisto; TTY=Tampereen teknillinen yliopisto; Aalto=Aalto-yliopisto; GTK=Geologian tutkimuskeskus;

Ydinjätehuolto ja yhteiskunta

Ydinjätehuolto ja yhteiskunta –aihepiirin hanke.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Governing Safety in Finnish and Swedish Nuclear Waste Regimes (SAFER)	Matti Kojo, TY

TY=Tampereen yliopisto

Ydinjätetutkimuksen infra

Ydinjätetutkimuksen infra –aihepiirin hanke.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
RADLAB (Radiological Laboratory Commissioning)	Wade Karlsen, VTT

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT

Muut tutkimusohjelman infrahankkeet

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
RADCNS (Radiological laboratory facility costs of the Centre for Nuclear Safety)	Wade Karlsen, VTT
RADINFRA (Radiological laboratory equipment infrastructure investments)	Wade Karlsen, VTT

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Kehittyneet polttoainekierrat – Uudet säädettävät erotusmateriaalit (SERMAT)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Advanced fuel cycle – New adjustable separation materials		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopisto / Kemian laitos - radiokemia	Vastuhenkilö FT Risto Koivula (dos.)	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon teknologiat		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Nelivuotinen hanke on jatkoa edelliselle KYT2014-kauden nelivuotiselle hankkeelle "Kehittyneet polttoainekierrat – uudet erotustekniikat"		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, Fortum, HY Kemian laitos muut yksiköt, HY Geologian laitos	Ulkomaiset organisaatiot COST EUFEN	Muut tutkimusohjelmat, tms. YTERA-tohtoriohjelma CHEMS-tohtoriohjelma
Tutkimuksen tavoite Asiantuntijan (radiokemian tohtorin) kouluttaminen P&T-erotustekniikan alalle erikoisalana epäorgaaniset ioninvaihtomateriaalit. Kehittää materiaali ja menetelmä aktinidien erotukseen käytetystä ydinpolttoaineesta. Lisäksi tavoitteena on kehittyneiden polttoainekiertojen kansainvälisen tutkimuksen seuranta ja tiedonvälitys koskien uusia erotustekniikoita.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Uusia Zr-fosfaattimateriaaleja (ZrP) aktinidi/lantanidierotuksiin Tietoa ZrP materiaalien sorptiomekamismeista	Julkaisujen lukumäärä 3 3 A1-ref. artikkelia epäorgaanisen kemian tai radiokemian lehdissä vuonna 2018	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 Väitöskirja, kesä 2018
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Hankkeeseen sisältyy tutkimusprojekti, joka edistää alan asiantuntijuuden saatavuutta ja tieteellisen osaamisen kehittymistä Suomessa ja edesauttaa suomalaisten tutkimuslaitosten ja teollisuuden pääsyä mukaan kansainvälisiin P&T-tutkimushankkeisiin. Hankkeeseen sisältyvä kehittyneiden polttoainekiertotekniikoiden tutkimuksen seuranta antaa tutkimuslaitoksille, viranomaisille ja voimayhtiöille ajantasaista tietoa käytetyn ydinpolttoaineen suoran loppusijoituksen yhdestä vaihtoehdosta.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Vuonna 2018: - III: kolonnierotuskokeet ovat pääosassa, kokeita aktinidi-lantanidierotuksia radiomerkkiaineita käyttäen (Am, Cm, lantanideja) sekä lisäkokeita: radiomerkkiaineita (Am, Cm) ja makromääriä (lantanideja). - II: LIF/TRLFS kokeet kiinteitä ZrP-vaihtimia sisältäville Eu-happoliuksille: tulos on europiumin kemiallinen ympäristö vaihtimen pinnalla, tämä on osa sorptiomekanismin tutkimista. - II: isotermikokeita ioninvaihdon mallinnuksen mahdollistamiseksi, ioninvaihdon mallinnusta, tämä on osa sorptiomekanismin tutkimista. - Julkaisuja em. aiheista, joiden pohjalta väitöskirja: kesä 2018		
Julkaistut ja opinnäytetyöt		

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset

-Tavoite julkaista vähintään 3 A1-referoitua tieteellistä artikkelia vuonna 2018. Epäorgaanisen materiaalikemian lehdissä kuten ChemSelect tai EurJIC, tai radiokemian lehdissä kuten Radiochimica Acta.

Konferenssijulkaisut ja työraportit

Review-tyyppinen kirjanen yhdessä VTT:n yhteistyöhankeksen kanssa (Silja Häkkinen). Tämä raportti sisältää maailmalla viimeisen neljän vuoden aikana tapahtuneet kehitykset alalla Erotus- ja transmutaatiotekniikka (partitioning and transmutation, P&T). Viime KYT-kaudella koottiin vastaava raportti kehityksestä vuoteen 2014 asti.

Opinnäytteet

Väitöskirja

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

- CHEMS-tohtorikoulun seminaari 7-8.6.2018, n. 50 hlö
- Radiokemian yksikön vuosittainen seminaari kevät 2018, 40-45 hlö
- Väitöskirjasta ja sen tutkimusalasta tiedottaminen kemian lehdessä
- Sopivaan ulkomaiseen konferenssiin osallistuminen (ei vielä tiedossa)

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Kehittyneet polttoainekierröt – Skenaario- ja inventaarilaskenta		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Advanced Fuel Cycles – Scenario and Inventory Analysis		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuuhenkilö Silja Häkkinen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon teknologiat		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on jatkoa KYT2014 ohjelmakauden projektille Kehittyneet polttoainekierröt – Laskennallinen polttoainekiertoanalyysi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot HYRL Aalto-yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot Centre for Energy Research Hungarian Academy of Sciences, Budapest University of Technology and Economics, CEA	Muut tutkimusohjelmat, tms. SAFIR2018
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoitteena on kehittää ja ylläpitää kotimaista polttoainekierroratkaisujen mallinnusosaamista sekä laskentatyökaluja. Hankkeessa tutkittavat kehittyneet polttoainekierroratkaisut vähentävät ydinjätteen kokonaismäärää, lämmöntuottoa sekä loppusijoitukseen liittyviä riskejä polttoaineen jälleenkäsittelyn ja erilaisten transmutaatiotekniikoiden avulla (mm. nopeat reaktorit). Tavoitteena on myös kansainväliseen yhteistyöhön kuten EU-projekteihin ja OECD/NEA:n työryhmissä tapahtuvaan laskentaan osallistuminen.		
Tuloskategoria tietokoneohjelmistot, kansallisen osaamisen kehittäminen	Julkaisujen lukumäärä 1	Opinnäytetöiden lukumäärä 0
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Hankkeessa tuotetaan ydinvoimayhtiöille, viranomaisille ja muille päättäjille tietoa ydinjätteen suoran loppusijoituksen mahdollisista vaihtoehdoista. Pidemmällä tähtäimellä tulokset auttavat ydinvoiman ekologisen jalanjäljen minimoinnissa sekä kotimaassa että maailmanlaajuisesti.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain)		
2.1 Ydinpolttoainekiertojen analysointivalmiuden kehittäminen Vuonna 2018 aloitetaan reaktorimallin laskenta SITON-polttoainekiertokoodia varten FITXS-menetelmällä. Laskettava reaktorimalli voi olla esimerkiksi MOX-polttoainetta käyttävä EPR-reaktori tai jokin nopea reaktori. Vertailulasku käytetyn polttoainepun annosnopeudesta on saatu päätökseen. Yhdessä NEA:n asiantuntijaryhmän AFCS kanssa aloitetaan NEA:n raportin kirjoittaminen laskennasta.		
2.2 Tiedonvälitys ja alan kehityksen seuranta		

Tavoitteena on kansainvälisen ydinpolttoainekierron tutkimuksen seuranta ja valmius tiedottaa alan kehityksen tilasta muulle tiedeyhteisölle ja viranomaisille.

Vuonna 2018 osallistutaan OECD/NEA:n alaisten WPFC ja AFCS-työryhmien toimintaan.

Vuonna 2018 tehdään kirjallisuuskatsaus erotus- ja transmutaatiotekniikan tutkimuksesta maailmalla yhdessä HYRL:n yhteistyöprojektin "Kehittyneet polttoainekierrat – Uudet säädettävät erotusmateriaalit" kanssa.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Erotus- ja transmutaatiotekniikan tutkimuksesta maailmalla kirjoitetaan raportti yhdessä HYRL:n yhteistyöprojektin "Kehittyneet polttoainekierrat – Uudet säädettävät erotusmateriaalit" kanssa.

SITON:in reaktorimallin laskennan aloituksesta FITXS-menetelmällä kirjoitetaan lyhyt muistio.

NEA:n työryhmän WPFC ja asiantuntijaryhmän AFCS kokouksista kirjoitetaan matkaraportteja.

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenvedo 2018

Tutkimushankkeen nimi TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi TURMET - Systematization of the Safety Case Methodology		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuuhenkilö Suvi Karvonen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus; Turvallisuusperustelu		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) TURMET 2015-2018, suunniteltu nelivuotiseksi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto-yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Projektissa perehdytään ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuusperustelun metodiikkaan erityisesti skenaarioanalyysin näkökulmasta. Hankkeen tieteellisenä tavoitteena on arvioida epävarmuuksien huomioon otton vaikutusta turvallisuusanalyysin menetelmiin ja kehittää epävarmuuksien arviointiin teknisiä työkaluja, esimerkiksi skenaarioanalyysin avulla. Tuloksina nelivuotisesta projektista syntyy kirjallisuusselvityksiä turvallisuusperusteluun ja skenaarioanalyysiin liittyen, julkaisuja sekä väitöskirja skenaarioanalyysin osalta aallon puolelta. Projektissa laaditaan myös internet -sivusto materiaalin julkaisua varten sekä kehitetään työkalut skenaarioiden laadintaa ja laskentaa varten.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Asiantuntemuksen kehittäminen; tietokoneohjelma	Julkaisujen lukumäärä 1-2 vuodelta 2018	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 väitöskirja projektin lopussa (2019)
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Projektissa kehitetään osaamista turvallisuusperustelun laatimista varten. Tutkimustuloksia voidaan soveltaa turvallisuusperustelun valmistelussa tai arvioinnissa. Ilmeinen hyödyntäjä on STUK, sekä mahdollisesti Posiva ja voimayhtiöt. Tuloksia voidaan hyödyntää heti projektin loputtua tulosten julkaisun jälkeen. Tarkoituksena on myös laatia internetsivu projektin materiaaleille helpompaa hyödyntämistä varten.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenvedo suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain)		
Osaprojekti 1 – 2,5 htkk <ul style="list-style-type: none"> • Tulosten analysointi ja julkaisu kotisivuilla ja artikkeleissa • Skenaariomallin käyttö turvallisuusperustelun metodologiassa 		
Osaprojekti 2 – 11,5 htkk <ul style="list-style-type: none"> • Skenaariomallin viimeisteleminen (aikariippuvuus) • Tulosten analysointi ja tieteellisten julkaisujen / väitöskirjan kirjoittaminen 		

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Vuonna 2018 aikana valmistuvat projektin kolmas ja neljäs tieteellinen julkaisu skenaarioanalyysistä.

Nelivuotisen projektin lopussa valmistuu Edoardo Tosonin skenaarioanalyysiä käsittelevä väitöskirja.

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Internetsivusto: <http://www.vtt.fi/sites/turmet>

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers		
Tutkimuslaitos: Aalto University	Vastuuhenkilö Wojciech Sołowski	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Long-term safety of spent nuclear fuel disposal: performance of buffer and backfill materials. (Finnish: Puskuri ja täyteaineiden toimintakyky)		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) The project continues the collaboration began in KYT2014 project BOA and KYT2010 project PUSKURI.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto University Jyväskylän University VTT Technical Research Centre of Finland Ltd. Numerola Oy	Ulkomaiset organisaatiot Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech (UPC), Barcelona (Spain), École des Ponts, Laboratoire Navier Paris Tech (France), Georgia Institute of Technology (USA) Texas A&M University (USA) Université de Pau et des Pays de l'Adour (France)	Muut tutkimusohjelmat, tms. EU FP7 project BELBaR (Bentonite Erosion: effects on the Long term performance of the engineered Barrier and Radionuclide transport, finished 2016) EU Horizon BEACON project (applied) EU Horizon 2020 Mind (Microbiology in Nuclear Waste Disposal) EU Horizon 2020 Modern KYT2018 GEOBIOKIERTO YTERA doctoral programme
Tutkimuksen tavoite Project THEBES investigates the behaviour of swelling clay barriers. In particular, the project characterises bentonite which is going to be used in spent nuclear fuel repositories in Finland. The experimental investigations are connected to THMC constitutive modelling of this material as well as simulation of practical cases useful in risk assessment and design of such repositories. The simulations aim especially at modelling the material in unsaturated conditions before reaching the required saturation and achieving all safety functions.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Experimental methods, theoretical developments, computer methods	Julkaisujen lukumäärä During the 4 years the project should yield more than 13 quality journal papers and more than 12 conference publications.	Opinnäytetöiden lukumäärä At least 2 PhD theses should be completed during 4 years of the project. Some related MSc theses are likely
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) The produced results will have use in further research, will give insights on practical design of nuclear waste repositories and can be utilised in the evaluation of the performance of buffer/backfill material especially before target values for swelling pressure is reached. The project will increase the Finnish and international expertise on the subject.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain)		

Project THEBES investigates the behaviour of swelling clay barriers.
During the four years the project will:

1. Characterise bentonite which is going to be used in spent nuclear fuel repositories in Finland

The behaviour of bentonite will be investigated at macro- micro- and nanoscale by VTT. The studies will include measurement of elasto-plastic behaviour of bentonite with different chemical compositions at various densities and water contents, investigation of water transport and chemical evolution of unsaturated bentonite in selected chemical environments as well as microstructural studies of bentonite at the conditions set by the hydro-mechanical and chemical experiments.

The micro-behaviour of bentonite will also be investigated by Jyväskylä University with very accurate x-ray tomography which allows for capturing water transport and swelling deformation of the bentonite. This research will build on long-standing expertise and world-class equipment available at Jyväskylä University (see e.g. Hyväluoma et al. 2007, Koivu et al. 2010b, Harjupatana et al. 2015).

These results will feed into the constitutive modelling effort at Aalto, Jyväskylä and VTT.

2. Develop and validate a constitutive model or models which will allow precise reproduction of the complex behaviour of bentonite.

An elasto-plastic constitutive model which will take into account complex thermo-hydro-mechanical-chemical (THMC) coupling will be developed by the groups at Aalto, Jyväskylä and VTT. The constitutive model will combine the existing know-how at the consortium partners as well as at international partners. (e.g. Alonso et al. 1999, Sánchez et al. 2005, Sołowski et al. 2008, Cui et al. 2008, Arson & Gatmiri 2012, Sołowski & Sloan 2012, Cui & Tang 2013).

3. Implement the developed constitutive model into numerical software and simulate practical case studies giving insights into performance of nuclear waste repositories.

The developed constitutive model or models will be implemented into Numerrin software (see e.g. Sołowski & Gallipoli 2010a, 2010b and Itälä et al. 2014). The software will be used for simulation of laboratory experiments, as well as available field studies (e.g. Sánchez et al. 2011, 2012) to fully validate the implementation and constitutive model developed. Subsequently, the project will simulate some practically important case studies, useful for design and evaluation of nuclear waste repositories performance which may, e.g. estimate hydration time of the barrier and pressures induced on the canisters by swelling bentonite.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset

During 4 years the project should yield more than 10 quality journal papers. Note that some publications related to the project may appear in print after the formal end of the project.

Konferenssijulkaisut ja työraportit

The project will lead to at least 12 conference publications. Additionally, the project research may be presented at conferences and workshops where no formal publication will be made.

Opinnäytteen

The project will fund 2 doctoral students who will finish their thesis during the project or shortly afterwards as well as some Master degree theses.

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

The project will organise yearly workshop open to public. The workshops will be advertised on both national and international levels. One important aim of the workshop is to aid the transfer the project developments into practice.

The project webpage is: <http://civileng.aalto.fi/en/research/projects/thebes/>

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Bentoniitin eroosio ja radionuklidien vuorovaikutus (BENTO)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Bentonite erosion and radionuclide interaction processes		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Radiokemian yksikkö	Vastuuhenkilö Pirkko Hölttä	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus: Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky, muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on jatkoa KYT2014/BOA:n KOLORA osahankkeelle, työ on jatkoa 2015 alkaneelle projektille, jonka tutkimussuunnitelma on tehty koko KYT2018 kaudeksi. Jatkoa suunnitellaan seuraavalle KYT2022 kaudelle.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, Aalto, JYFL, GTK, Posiva, B+Tech	Ulkomaiset organisaatiot HZDR, KIT, NAGRA, KTH	Muut tutkimusohjelmat, tms. KYT2018/THEBES, Nagra/CFM
Tutkimuksen tavoite <p>Hankkeen päätavoitteena on lisätä ymmärrystä prosesseista, jotka vaikuttavat bentoniitin eroosioon, syntyneiden bentoniittikolloidien muodostumiseen ja stabiiliuteen ja kykyyn kuljettaa radionuklideja loppusijoitustilaa mahdollisimman hyvin kuvaavissa olosuhteissa. Yleisinä tavoitteina on myös soveltaa eri menetelmiä eroosion seurauksena syntyneen geelifaasin ja kolloidien karakterisoinniseksi sekä eroosio- ja sorptiomekanismien tunnistamiseksi. Koko hankkeen tavoitteena on yhdistää kokeellinen työ ja mallinnus suunnittelemalla yhdessä mallittajien kanssa turvallisuusperusteluita hyödyntäviä kokeita. Yleisenä tavoitteena on myös ylläpitää ja kehittää kotimaista osaamista sekä kouluttaa radiokemian, erityisesti loppusijoituksen alalle uusia asiantuntijoita (LuK, FM ja FL tutkinnot)</p> <p>”Bentoniitin eroosio” osaprojektin tavoitteena on tutkia bentoniitin eroosiomekanismeja ja kinetiikkaa, välivaiheena syntyneen geelifaasin ominaisuuksia sekä bentoniitin massan hävikkiä aiheuttavien kolloidien muodostumista ja stabiilisuutta eri pohjavesiolosuhteissa. ”Radionuklidien vuorovaikutus” osaprojektin tavoitteena on selvittää radionuklidien, erityisesti aktinidien sorptiota/desorptiota perinteisillä ravistelukokeilla ja soveltamalla spektroskooppisia menetelmiä aktinidin ja mineraalin välisen sidoksen luonteen tunnistamiseksi ja sorption pysyvyyden arvioimiseksi kokeellisesti sekä mallituksen avulla. Kolonni- ja blokkikokeiden tavoitteena on tutkia bentoniittikolloidien mobiilisuutta ja niiden vaikutusta radionuklidien kulkeutumiseen.</p>		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeelliset menetelmät, analyysitekniikat ja parametrit mallien testaamiseen	Julkaisujen lukumäärä 1-2 tieteellistä artikkelia tai vertaisarvioitua konferenssi-julkaisua	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 FL 1 FM 1 LuK
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Bentoniitin kemiallisen eroosion seurauksena puskurin massaa häviää mikä voi vaikuttaa heikentävästi puskurin ominaisuuksiin suojata kanisteria ja nopeuttaa radionuklidien kulkeutumista pois lähialueelta. Bentoniitista irtautuneet stabiilit ja mobiilit savipartikkelit eli kolloidit pidättävät radionuklideja ja voivat toimia niiden kuljettajina kallioperässä. Tutkimustuloksia sovelletaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuustarkasteluissa lähialueella arvioitaessa bentoniitin ja tunnelin täyteaineiden toimintakykyä sekä arvioitaessa radionuklidien pääsyä bentoniitin eroosion seurauksena muodostuneiden kolloidien mukana loppusijoitustilasta lähialueelle ja kaukoalueen kautta biosfääriin. Lisäksi saadaan tietoa ja kokemusta määrittämenetelmistä ja		

lähtödataa sekä testitapauksia mallinnusta varten. Turvallisuusperustelujen kannalta relevanttien kokeiden tuloksia voidaan mahdollisesti tulevaisuudessa käyttää parametreina mallien kehittämisessä ja testaamisessa esim. KYT2018/THEBES hankkeessa. Tuloksia hyödynnetään myös Grimselin CFM projektissa. Kaikki tulokset ovat välittömästi kaikkien käytettävissä, erityisesti tukiryhmän, joka siirtää tiedon viranomaisten sekä Posivan ja voimayhtiöiden käyttöön.

Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain)

"Bentoniitin eroosio" osaprojektissa saadaan tietoa kemiallisen eroosion kinetiikasta, bentoniitin massan hävikistä, syntyneen geelifaasin ja irtautuneiden kolloidien koostumuksesta ja rakenteesta sekä pitkän aikavälin tietoa kolloidien muodostumisesta ja stabiiliudesta sekä eri pohjavesiolosuhteiden vaikutuksesta em. prosesseihin. Täydennetään edellisellä kaudella aloitettuja batch tyyppisiä pitkäkestoisia eroosikokeita ja jatketaan vuonna 2017 aloitettuja kokeita, joilla selvitetään sementin liukeneminen aiheuttaman emäksisen "sementtiveden" vaikutusta bentoniitin eroosioon. Tulevia kokeita varten testataan koejärjestelyä, jossa kivimurskekolonnissa tutkitaan bentoniitin eroosiota virtausolosuhteissa ja selvitetään mm. gravitaation vaikutusta eroosioon. Vuoden 2018 aikana analysoidaan pitkäaikaisessa seurannassa olevat näytesarjat, tehdään tuloksista yhteenveto ja käsikirjoitus lähettäväksi alan tieteelliseen lehteen.

"Radionuklidien vuorovaikutus" osaprojektissa ravistelukokeiden tuloksena saadaan radionuklideille jakaantumiskertoimia (K_d) ionivahvuuden, pH:n ja partikkelikoon funktiona. Desorptiokokeilla saadaan selvitettyä kuinka pysyvästi radionuklidi on kiinnittynyt mineraaliin. Kolonnikokeilla saadaan tietoa bentoniittikolloidien vaikutuksesta radionuklidien kulkeutumiseen. Viiden arvoisen ^{237}Np :n pidentymistä montmorilloniitin 2:1 rakenteeseen on tutkittu väitöskirjatutkimuksena yhteistyössä Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf:n kanssa. Neptunium tutkimusta tehnyt tohtorikoulutettava Outi Elo kyllästyi rahoituksen epävarmuuteen ja siirtyi pois HYRL:stä keväällä 2017 mutta hänen tarkoituksena on kuitenkin suorittaa FL tutkinto. Montmorilloniittikolloidien vaikutusta ^{237}Np :n kulkeutumiseen selvitetään vielä täydentävillä kolonnikokeilla vielä vuoden 2018 alkupuolella käyttäen korkean pH:n liuoksia, joissa neptunium pidättyy tehokkaammin kolloideihin. Neptuniumin kulkeutumista kolonneissa tulkitaan kulkeutumismallien avulla. Tuloksista on tekeillä käsikirjoitus: Np(V) transport in granitic rock: The influence of bentonite colloids in the laboratory scale.

Muilla radionuklideilla (^{85}Sr , ^{134}Cs , ^{152}Eu) tehtyjä sorptiokokeita täydennetään vuoden 2018 aikana käyttäen Nanocor PGN Montmorilloniittia, jonka montmorilloniittipitoisuus on 98 %. Radionuklidien, erityisesti ^{152}Eu :n sorptiota tulkitaan molekyyllitason mallinnuksen avulla, jolloin saadaan tietoa kationin pidättymismekanismista (kationinvaihto vai pintakompleksaatio) montmorilloniitin terminaalipinnoilla.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tutkimuksen tulokset julkaistaan pääosin tieteellisissä lehdissä tavoitteena tehdä KYT2018 kauden tuloksista 3-4 artikkelia. Käsikirjoitusvaiheessa on kaksi artikkelia, jotka lähetetään arvioitavaksi vuoden 2018 aikana.

Konferenssijulkaisut ja työraportit

Tuloksia esitellään kansainvälisissä konferensseissa (Migration, MRS Scientific Basis for Nuclear Waste Management, Clays in Natural and Engineered Barrier for Radioactive Waste Confinement).

Opinnäytteet

Koko hankkeen aikana on tarkoitus valmistua 1 FL, 2 FM ja 2 LuK tutkintoa.

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Tuloksia esitellään aiheeseen liittyvissä kotimaisissa ja kansainvälisissä seminaareissa (KYT2018, Nagra/CFM, CHEMS ja YTERA tohtoriohjelmien).

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi: Bentoniitin paisumisipaine		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Bentonite swelling pressure		
Tutkimuslaitos Itä-Suomen yliopisto, Kemian laitos	Vastuhenkilö Mika Suvanto / Tapani Pakkanen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisuusturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) KYT 2018 ohjelman neljäs hankevuosi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Posiva	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Bentoniitin paisumisilmion syvälinen ymmärtäminen ja paisumisipaineen ennustaminen		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Simulointimenetelmä	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Ydinjätteen loppusijoituksesta vastaavat tahot		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Hankkeessa selvitetään bentoniitin paisumisilmion syvälistä atomitason fysikaalis-kemiallista perustaa ja kehitetään käytännön työväline täyteaineen makroskooppisen paisumisen ennustamiseen bentoniitin koostumuksen ja ympäristötekijöiden funktiona. Hankkeen perimmäisenä tavoitteena on kehittää uusi fysiikan ja kemian lakeihin perustuva menetelmä jota voidaan hyödyntää ydinjätteen loppusijoituksen turvallisuuden arviointiin. Hankkeen neljäntenä vuonna tutkitaan paisumisilmion riippuvuutta bentoniitin kationeista ja niiden vaihdosta liuoksessa. Hanke toteutetaan yhteistyössä kokeellista bentoniittitutkimusta tekevien tutkimusryhmien kanssa.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset 1 Konferenssijulkaisut ja työraportit 2 Opinnäytteet 1		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Experimentally verified model based predictions for the integrity of the copper overpack (PRECO)		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuuhenkilö Juhani Rantala	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus, 3.2.3 Kapselin toimintakyky		
Tutkimusjatkumo Jatkoa aikaisemmalle tutkimukselle samasta aihepiiristä		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto yo	Ulkomaiset organisaatiot DTU (Tanska), KTH (Ruotsi)	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Projekti tuottaa pitkiin koeaikoihin perustuvan kokeellisen näytön ja mallipohjaiset ennusteet viranomaisille tukemaan päätöksentekoa ydinjätteen loppusijoituksen kuparikapselin osalta. Projektin tuloksina saadaan laaja koetulosaineisto, kokeellisen toiminnan valmiudet ja asiantuntijaosaaminen vauriomekanismeista, mallinnuksesta, pitkän ajan elinikäennusteista sekä kokeelliseen näyttöön perustuva syvälinen ymmärrys kuparin käyttäytymisestä.		
Tuloskategoria Kokeellinen tulosaineisto, materiaaliominaisuudet, ennuste pitkäaikaiskestävyydestä	Julkaisujen lukumäärä 1(2018)	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 väitöskirja J. Rantala
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä Tutkimus tuottaa puolueettoman arvion loppusijoitusmenetelmän luotettavuudesta kuparikapselin virumisen osalta. Erittäin hyödyllistä on myös verrata ruotsalaista ja VTT:n virumismallia keskenään relaxaation ennustamisessa. Tämä parantaa kuparin elinikäennusteen luotettavuutta merkittävästi.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain - selvittää kuparin jännityshistoriariippuvuus ja kuormitusnopeuden vaikutus - täydentää virumismallia relaxaation osalta ja verifioida ennusteet kokeellisesti - selvittää moniaksaalisuuden vaikutus kuparin elinikään, myös oletettujen vikojen osalta - selvittää uusien NDE-tekniikoiden mahdollisuudet havaita alkava virumisvaurio - ennustaa minimielinikä kapselille huomioiden viat (joint line hooking ja oksidipartikkelit) - jatkaa virumisen ja korroosion yhteisvaikutuksen testaamista - tehdä EBSD-mikroskopia ja nanoindentatiomittaukset ja ottaa käyttöön muita uusia menetelmiä		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Julkaisut kv. konferensseissa ja alan lehdissä Opinnäytteet: väitöstyö J Rantala		
Muu tutkimuksista tiedottaminen KYT-seminaarit, virumisalan konferenssit		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Kuparikapselin mekaaninen lujuus		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Mechanical strength of copper canister (MECHACOP)		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopisto	Vastuhenkilö Sven Bossuyt	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus: kapselin toimintakyky		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on jatkoa aiemmalle tutkimushankkeelle "Kuparisen ydinjäte-kapselin mekaaniset ominaisuudet"		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, Posiva	Ulkomaiset organisaatiot SSM, Studsvik, KTH, SKB, Kärnavfallsrådet, Ruotsi; Tohoku University, Kyushu University, Japani; MEPhI, Venäjä	Muut tutkimusohjelmat, tms. IGD-TP platform, EU
Tutkimuksen tavoite Selvittää kuparikapselin eri osien mekaaniset ominaisuudet ja plastinen deformaatio mikro- ja makroskooppisessa mittakaavassa sekä jännityskorroosiomekanismit loppusijoitusolosuhteissa. Kuparin korroosiossa syntyvät oksidi- ja sulfidikalvot johtavat sekä vedyn että vakanssien siirtymisen kupariin, joilla on merkittävä vaikutus kuparin mekaanisiin ominaisuuksiin, virumiseen ja jännityskorroosioon. Nämä vaikutukset selvitetään tutkimuksessa perusteellisesti.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma)	Julkaisujen lukumäärä 4	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Kuparikapselin mekaaniset ominaisuudet ja sallittavan plastisen deformaation määrä ovat kapselin mekaanisen kestävyuden kannalta tärkeitä tekijöitä. Myös loppusijoitusympäristössä (mukaan lukien säteilyn vaikutus) tapahtuvassa korroosiossa (hapettuminen/sulfidoituminen) kupariin absorboituvan vedyn ja vakanssien vaikutus mekaanisiin ominaisuuksiin ja jännityskorroosioon pitää tuntea luotettavan loppusijoituksen takaamiseksi. Sekä kapselin sisä- ja ulkopuolella tapahtuu vedynkehitystä, joten vedyn vaikutus sekä valurautaa että kuparikapseliin selvitetään.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuparikapselin eri osien (perusmateriaalit ja hitsit) mekaaniset ominaisuudet, plastisen deformaation mekanismit sekä jännityskorroosiomekanismit kvantitatiivisesti sekä mikro- että makroskooppisella tasolla. Lisäksi selvitetään vedyn vaikutusta sekä kupariin että valurautaiseen sisäosaan. Tutkimuksessa on kuusi tavoitetta: <ol style="list-style-type: none"> 1. Optisen venymämittauksen (digital image correlation, DIC) avulla selvitetään deformaation paikallistuminen kuparikapselin eri osien rakenteissa makroskooppisella tasolla. 2. Optisen venymämittauksen menetelmiä kehitetään mittaustarkkuuden optimoimiseksi (optimoitu kuviointi). 3. Mikroskooppiset muodonmuutosmekanismit selvitetään röntgenmikrotomografialla tutkimusvaihdossa Kyushun yliopistoon Japaniin (2018). Samalla selvitetään vedyn vaikutus kuparin plastiseen deformaatioon ja mekaanisiin ominaisuuksiin mikroskooppisella tasolla. 4. Kuparin jännityskorroosiomekanismi selvitetään nitriittiliuoksessa perustuen kehitettyyn nk. 		

oxidation-induced vacancy-creep malliin. Vedyn vaikutus selvitetään kuparin sulfidijännityskorroosiossa.

5. Vedyn absorptio kupariin loppusijoitusolosuhteissa selvitetään γ -säteilyn alaisena.
6. Vedyn vaikutusta pallografiittivaluraudan mekaanisiin ominaisuuksiin tutkitaan.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset:

- 4 tieteellistä julkaisua
- konferenssijulkaisut ja työraportit

Opinnäytteet

- 1 väitöskirjan käsikirjoitus valmistuu

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

KYT 2018 tutkimusohjelman seminaarit, alan kansainväliset konferenssit sekä Ruotsin Kärnavfallsrådetin Kunskapsläget-raportit ja tilaisuudet

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Reaktiotuotteiden vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen olosuhteissa (REPCOR)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi The effect of reaction product layers on copper corrosion in repository conditions		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopisto, Kemian tekniikan ja metallurgian laitos	Vastuuhenkilö Dos. Jari Aromaa	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Jatkoa KYT2010-tutkimukselle kuparin korroosioista höyryfaasissa ja KYT2014-tutkimukselle korroosioista hapettomissa olosuhteissa.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, Aalto ENG	Ulkomaiset organisaatiot -	Muut tutkimusohjelmat, tms. -
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuparin pinnalle muodostuvien reaktiotuotekerrosten vaikutus kuparin korroosioon. Reaktiotuotekerroksilla uskotaan olevan vaikutus sekä yleisen korroosion nopeuteen että paikallisen korroosion eri muotoihin. Tutkimuksessa selvitetään reaktiotuotekerrosten muodostuminen ja niiden vaikutus kun kuparikapseli käy lävitse eri korroosiovaiheet valmistuksen aikaisesta kuivasta ilmastosta turpoamattoman bentoniitin hapellisten olosuhteiden kaasufaasiin ja nestefaasiin ja lopulta hapettomien olosuhteiden nestefaasiin.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeellisia tuloksia korroosionopeudesta.	Julkaisujen lukumäärä 4 artikkelia ja kongressiesitelmää vuosina 2015-2018.	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 diplomityö 2015, 1 diplomityö 2016. 1 diplomityö 2018
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tuloksia voivat hyödyntää yritykset ja viranomaistahot, jotka arvioivat kapselin pitkäaikaiskestävyyttä korroosion kannalta. Tutkimus voi tuoda lisäselvitystä aikaisempien tutkimusten kymmenkertaisiin eroihin yleisen korroosion nopeudessa ja paikallisen korroosion esiintymiseen		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tutkimuksen osaprojektit ovat: <ul style="list-style-type: none"> - menetelmä toistettavien reaktiotuotekerrosten muodostamiseen sekä kaasu- että nestefaasissa ja niiden karakterisointi (2015). - Reaktiotuotekerrosten vaikutus korroosioon hapettavissa olosuhteissa sekä kaasu- että nestefaasissa (2016-2017). - Reaktiotuotekerrosten vaikutus korroosioon hapettomissa olosuhteissa nestefaasissa (2017-2018). Vuoden 2018 tutkimuskohde on muodostaa reaktiotuotekerroksia sähkösaostetun kuparin pinnalle hapettomassa upotusrasituksessa erilaisilla synteettisen pohjaveden koostumuksilla ja määrittää korroosionopeudet ja reaktiotuotekerrosten paksuus ja koostumus.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Julkaisusuunnitelma perustuu vuosina 2015 ja 2016 tehtäviin diplomitöihin ja jälkimmäisestä mahdollisesti jatkettavaan lisensiaattityöhön. Vuosina 2017 ja 2018 tavoite on julkaista artikkelit reaktiotuotekerrosten vaikutuksesta korroosioon lisensiaattityötä varten.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Aallon jatkokoulutusseminaarit, KYT-ohjelman seminaarit.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi The effect of microbial activity on corrosion of copper in anoxic state of repository (BASUCA)		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuuhenkilö Leena Carpén	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus (Kapselin pitkäaikaiskestävyys)		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke hyödyntää KYT2014 kaudella vuonna 2013 alkaneessa MICCU projektissa saatuja tuloksia ja laitteistoja. Hanke on suunniteltu jatkuvan koko KYT2018 ohjelmakauden ajan.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Oulun yliopisto (BioSer), Aalto-Yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Hankkeen tavoitteena on arvioida mikrobiologisen toiminnan vaikutusta kuparikapselimateriaalin käyttäytymiseen loppusijoituksen hapettomassa vaiheessa.		
Tuloskategoria Kokeellinen menetelmä uutta tietoa	Julkaisujen lukumäärä 1-2 kansainvälistä julkaisua, julkinen vuosiraportti	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tuloksia hyödynnetään ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus- aihepiirissä kapselin toimintakyky-painoalueella arvioitaessa hapettomassa vaiheessa korroosionopeuksia ja korroosiovaikutusten arvioimiseksi tehtyjen mallien oikeellisuutta. Tulosten perusteella voidaan arvioida loppusijoitus-kapselin mahdollisesta mikrobiologisesta korroosioista johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista. Hankkeessa kehitettyjä menetelmiä voidaan soveltaa laajasti muihinkin sovellutuskohteisiin. Hankkeessa koulutetaan useita osajia ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden tutkimuksen osaamisalueelle. Hankkeessa toteutetaan opinnäytetyö yhteistyönä koordinoitun MILORI (Ydinjätteen loppusijoituksen mikrobiologiset riskit) konsortion hankkeiden kanssa.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) <u>Tehtävä 1. Koejärjestelyn suunnittelu ja rakentaminen</u> <i>Tehtävän tuloksena ovat koejärjestelyt, joiden avulla voidaan tutkia kuparin mikrobiologista korroosiota sekä metallipinnoille kerääntyvän biofilmin ominaisuuksia loppusijoituksen hapettomassa vaiheessa eri lämpötiloissa.</i>		
<u>Tehtävä 2. Kuparin mikrobiologinen korroosio</u> <i>Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida kuparin mikrobiologisen korroosion mekanismeja ja korroosionopeutta loppusijoituksen hapettoman vaiheen aikana.</i> Tuloksena nähdään erityisesti asetogeenisten mikrobien ja toisaalta korkeamman altistuslämpötilan merkitys kuparin korroosioon.		
<u>Tehtävä 3. Kuparin pinnoille muodostuvan biofilmin ominaisuudet</u> <i>Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida kuparin mikrobiologisessa korroosiossa avainasemassa olevia mikrobiryhmiä ja niiden toimintaa kuparin pinnalla.</i> Tulosten perusteella tiedetään eri mikrobiryhmien (SRB, metanogeenit, asetogeenit) kyky muodostaa biofilmiä kuparin pinnoille. Opinnäytetyön tuloksena saadaan selville mikrobiologisen sulfidinmuodostuksen nopeutta ja kapasiteettia loppusijoitusympäristössä.		
<u>Tehtävä 4. Raportointi</u> Tutkimuksen tuloksista laaditaan kansainvälisiä julkaisuja. Tuloksia esitellään myös kansainvälisissä konferensseissa. Vuosittain tehdystä tutkimustyöstä kirjoitetaan vuosiraportti julkisena VTT:n tutkimusraporttina. Lisäksi projektin yhteydessä		

teetetään opinnäytetyö.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset

2018 Suunniteltu 1-2 tieteellistä artikkelia

2017 P. Rajala, M. Bomberg. 2017. Reactivation of deep subsurface microbial community in response to methane or methanol amendment. *Front. Microbiol.* 8:431.

2017 E. Huttunen-Saarivirta, P. Rajala, M. Bomberg, L. Carpén. 2017. Corrosion of copper in oxygen-deficient groundwater with and without deep bedrock micro-organisms: characterisation of microbial communities and surface processes, *Applied Surface Science*, 396: 1044-1057.

2016 Huttunen-Saarivirta, Elina; Rajala, Pauliina; Carpén, Leena I. 2016. Corrosion behaviour of copper under biotic and abiotic conditions in anoxic ground water: electrochemical study. *Electrochimica Acta* 203 (2016) 350–365.

2015 L. Carpén, P. Rajala, M. Bomberg. 2015. Microbially Induced Corrosion in Deep Bedrock, *Adv. Mat. Res.*, 1130: 75-78.

2015 P. Kinnunen, M. Bomberg, P. Rajala, L. Carpén. 2015. Industrial Views to Microbe-Metal Interactions in Sub-Arctic Conditions, *Adv. Mat. Res.*, 1130: 114-117.

Konferenssijulkaisut

2018 Suunniteltu 1 konferenssijulkaisu

2017 L. Carpén, P. Rajala, E. Huttunen-Saarivirta, M. Bomberg. 2017. Corrosion Behavior of Copper in Simulated Anoxic Groundwater Inoculated with Sulfate Reducing Bacteria and Methanogens. *Corrosion2017*, C2017-9355.

2016 L. Carpén, P. Rajala, M. Bomberg. 2016. Microbially induced corrosion of copper in simulated anoxic groundwater. Paper and presentation at Eurocorr 2016, 11 - 15 September 2016, Montpellier, France.

Vuosiraportti:

2018 Suunniteltu Vuosiraportti 2017 tuloksista + loppuraportti

2017 Carpén, Leena, Rajala, Pauliina, Bomberg, Malin, Raunio, Maija, Huttunen-Saarivirta, Elina. 2017. Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA) - Vuosiraportti 2016. Tutkimusraportti: VTT-R-00992-17, VTT, 46 s.

2016 Carpén, Leena, Rajala, Pauliina, Bomberg, Malin, Raunio, Maija, Huttunen-Saarivirta, Elina. 2016. Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA) - Vuosiraportti 2015. Tutkimusraportti: VTT-R-00867-16, VTT, 32 s.

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Tutkimuksen tulosten esittely kansainvälisissä konferensseissa/seminaareissa, KYT vuosiseminaareissa tai Kapseli-hankekokonaisuuden koordinoimissa tutkimusseminaareissa.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korroosio (MICOR)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Microbially induced corrosion during the oxic stage of repository		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuuhenkilö Pauliina Rajala	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden tutkimus (Kapselin pitkäaikaiskestävyys)		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke hyödyntää KYT2014 kaudella vuonna 2013 alkaneessa MICCU projektissa saatuja tuloksia ja laitteistoja. Hanke on suunniteltu jatkuvan koko KYT2018 ohjelmakauden ajan.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot HYRL, BioSer Oulu	Ulkomaiset organisaatiot JAMSTEC	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Tuloksia hyödynnetään arvioitaessa loppusijoituskapselin mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista.		
Tuloskategoria Kokeellinen menetelmä uusittu koelaitteistoa uutta tietoa	Julkaisujen lukumäärä 1 kansainvälinen julkaisu	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Hankkeen tavoitteena on arvioida mikrobiologisen toiminnan vaikutusta kuparikapselimateriaalin korroosioikäyttäytymiseen Suomen loppusijoitusolosuhteissa hapellisen vaiheen aikana.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tehtävä 1. Koejärjestelyn suunnittelu ja rakentaminen <i>Tehtävän tuloksena ovat koejärjestelyt, joiden avulla voidaan tutkia kuparin mikrobiologista korroosiota ja metallipinnoille kerääntyvän biofilmin ominaisuuksia hapellista loppusijoitusvaihetta simuloivissa olosuhteissa.</i> Koejärjestelyt on rakennettu aiempina vuosina ja vuonna 2018 niitä ylläpidetään jatkuvasti. Tehtävä 2. Kuparin mikrobiologinen korroosio <i>Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida kuparin mikrobiologisen korroosion mekanismeja ja korroosionopeutta. Saadaan myös tietoja eri olosuhteissa muodostuvien korroosiotuotekerrosten koostumuksista.</i> Vuonna 2018 lopetettavien kokeiden, kaksi koesarjaa, tulosten perusteella saadaan käsitys lämpötilagradientin vaikutuksesta bentoniitin, vesikemian ja mikrobiologisen toiminnan yhteisvaikutuksesta kuparin korroosioikäyttäytymiseen hapellisessa loppusijoituksen alkuvaiheessa. Tehtävä 3. Kuparin pinnoille muodostuvan biofilmin ominaisuudet ja vaikutus korroosioon <i>Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida kuparin mikrobiologisessa korroosiossa avainasemassa olevia mikrobiryhmien kiinnittymistä ja toimintaa kuparin pinnalla.</i> Vuonna 2018 valmistuvien koesarjojen tuloksena pystytään arvioimaan mikrobien mahdollisuutta muodostaa biofilmiä kuparin pinnalle sekä biofilmin luonnetta, suojaava tai korroosiota kiihdyttävä, eri olosuhteissa. Tehtävä 4. Aerobisen vaiheen merkitys <i>Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida aerobisen vaiheen merkitystä kuparin korroosiokestävyyteen pitkäaikaisturvallisuuskäytännöstä.</i>		
Julkaisut ja opinnäytetyöt <i>Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset</i> Suunniteltu 2018 1 tieteellinen lehtiartikkeli tai vertaisarvioitu konferenssijulkaisu 2017 E. Huttunen-Saarivirta, P. Rajala, M. Bomberg, L. Carpén, 2017. EIS study on aerobic corrosion of copper in ground water: influence of micro-organisms. <i>Electrochimica Acta</i> 240: 163–		

174.

2017 Huttunen-Saarivirta, P. Rajala, M. Bomberg, L. Carpén, Laboratory study of interactions between copper and the micro-organisms in oxic ground water environment. Arvioitava Environmental geotechnics -lehdessä.

Työraportit

Suunniteltu 2018: työraportit vuoden 2017 ja 2018 tuloksista

2017 P. Rajala, L. Carpén, E. Huttunen-Saarivirta, I. Tsitko, M. Bomberg. Vuosiraportti 2016. VTT-R-01612-17.

2016 P. Rajala, L. Carpén, E. Huttunen-Saarivirta, I. Tsitko, M. Bomberg. Vuosiraportti 2015. VTT-R-00882-16.

Konferenssijulkaisut/esitykset

2015 Microbially induced corrosion in deep geological repository. GeoRepNet meeting Edinburg, UK 12.-14.10. 2015

2016 EIS study on aerobic corrosion of copper in ground water: influence of micro-organisms. EIS2016 conference, A Toxa, Espanja 19.-24.6. 2016

2016 Projektiesittely osana AER Symposiumin vierailua VTT:lle, 13.10.2016

2016 Esitys Kapseli-hankekokonaisuuden järjestämässä kuparin korroosioseminaarissa 15.12.2016

2017 P. Rajala, L. Carpén. 2017. Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korrosio. Poster, KYT Puoliväliseminaari 7.4.2017

2017 Esitys Kapseli-hankekokonaisuuden järjestämässä kuparin korroosioseminaarissa 2.11.2017

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Osallistuminen kansainvälisiin konferensseihin ja KYT vuosiseminaareihin. Kirjallisuuskatsauksen julkaiseminen VTT:n julkaisusarjassa.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituksen mikrobiologia (MAKERI)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Microbiology related to geological disposal of low- and intermediate level waste		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuuhenkilö Minna Vikman	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Jatkoa KYT2014 hankkeelle ' Mikrobilajistot Olkiluodon kaasun kehityskokeessa'		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot TVO HY, kemian laitos (radiokemia)	Ulkomaiset organisaatiot IGD TP verkosto	Muut tutkimusohjelmat, tms. Euratom MIND-hanke
Tutkimuksen tavoite Projektin päätavoitteena on arvioida matala- ja keskiaktiivisen jätteen geologiseen loppusijoitukseen liittyviä mikrobiologisia riskejä Suomen olosuhteissa.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) tutkimustulokset	Julkaisujen lukumäärä 1 tutkimusraportti 1 konferenssijulkaisu 2 referoituja artikkeleja	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 (aloitettu vuonna 2017, valmistuu 2018)
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Hankkeen tuloksia hyödynnetään muissa koordinoitujen MILORI-hankkeen osaprojekteissa. Tuloksia voivat hyödyntää sekä viranomaiset että voimalaitosjätteen loppusijoituksesta vastuussa oleva yritys jätteiden loppusijoituksen turvallisuustutkimuksessa sekä mallinnuksessa. Hankkeessa koulutetaan osaajia ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimuksen osaamisalueelle (opinnäytetyöntekijä, mikrobiologian tutkijoiden koulutus ydinvoimasektorille).		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Hankkeen tuloksena saadaan tietoa mikrobien ja olosuhteiden vaikutuksesta jätteen hajoamisnopeuteen, kaasun muodostumiseen ja vapautumisesteiden toimintakykyyn sekä matala-aktiivisen (tehtävät 1 ja 2) että keskiaktiivisen jätteen loppusijoituksessa (tehtävä 3 ja 4). Lisäksi hankkeessa arvioidaan mikrobien aineenvaihduntatuotteiden kompleksoitumista radionuklidien kanssa ja sen merkitystä radionuklidien kulkeutumiseen (tehtävä 5). Tutkimusympäristöinä ovat laboratorioissa tehtävät simulaatiokokeet sekä Olkiluodon VLJ-luolan kaasunkehityskoe.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset - 2 tieteellistä artikkelia hyväksytty julkaistavaksi Konferenssijulkaisut ja työraportit - Kirjoitetaan tutkimusraportti vuoden 2018 tuloksista. - Osallistutaan kansainväliseen konferenssiin mahdollisuuksien mukaan. Opinnäytteet: - MILORI-hankkeen puitteissa käynnissä olevan pro gradu työn valmistuminen (Anna Manninen, Microbiological sulphate reduction in deep groundwater environment, pro gradu työ, Helsingin yliopisto).		

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Järjestetään seminaari keväällä 2018 (alustavasti huhtikuussa) koordinoitun MILORI-hankkeen puitteissa. Aiheena ydinjätteen loppusijoituksen mikrobiologiset riskit. Luennoitsijoina tilaisuudessa MILORI-hankekokonaisuuden tutkijoita sekä kutsuttuja puhujia.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenvedo 2018

Tutkimushankkeen nimi Matala- ja keskiaktiivisen jätteen mikrobiologinen korroosio (CORLINE)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Microbially induced corrosion of low and intermediate level radioactive waste		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuuhenkilö Leena Carpén	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden tutkimus (Mikrobiologian vaikutukset)		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke hyödyntää KYT2014-ohjelmassa mukana olleen REMIC-projektin tuloksia ja laitteistoja. Hankkeen on suunniteltu jatkuvan koko KYT2018 ohjelmakauden ajan.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Oulu University (BioSer) HYRL, University of Helsinki	Ulkomaiset organisaatiot Stirling University Deep Carbon Observatory (DCO) JAMSTEC, Japani	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Hankkeen tavoitteena on arvioida biofilmien muodostumista ja mikrobiologisen korroosion riskiä metallisille materiaaleille (purkujättemateriaalit) Suomen loppusijoitusolosuhteissa, sekä monitoroida korroosion ja vesikemian muutosten yhteyttä in situ.		
Tuloskategoria Kokeelliset menetelmät Uutta tietoa	Julkaisujen lukumäärä 2018: 1 raportti, 1 konferenssi-esitys, 1 tieteellistä artikkelia/vertaisarvioitua konferenssijulkaisua, 1 opinnäytetyö	Opinnäytetöiden lukumäärä 2018: 1 (pro gradu)
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tuloksia hyödynnetään arvioitaessa purkujättemetallien mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista (Turvallisuusarvio, pitkäaikaisturvallisuus). Hankkeessa otetaan käyttöön uusia menetelmiä biofilmi-korroosioeroksen tutkimiseksi sekä kehitetään laitteisto korroosion ja vesikemian monitoroimiseksi kallioperässä. Menetelmiä voidaan hyödyntää laajasti erilaisissa sovellutusympäristöissä. Hankkeessa koulutetaan osaajia ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimuksen osaamisalueelle.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenvedo suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) <u>Tehtävä 1. Koejärjestelyn suunnittelu ja rakentaminen</u> Tässä tehtävässä suunnitellaan ja rakennetaan koejärjestelyt, joiden avulla voidaan tutkia purkujätteen mikrobiologista korroosiota pitkäaikaisesti kalliopohjavedessä. Laboratoriokokeissa erityistä huomiota kiinnitetään hapettoman ympäristön varmistamiseen pitkäaikaisissa kokeissa. <i>Tehtävän tuloksena ovat koejärjestelyt, joiden avulla voidaan monitoroida purkujätteen mikrobiologista korroosiota ja vesikemiaa reaaliaikaisesti in situ olosuhteissa. Laboratoriolosuhteissa pystytään tutkimaan luotettavasti hapettomissa olosuhteissa tapahtuvaa korroosiota sekä biofilmin muodostumista samanaikaisesti.</i>		
<u>Tehtävä 2. Purkujättemetallien mikrobiologinen korroosio</u> Laboratoriokokeessa simuloidaan eri mikrobien aiheuttamaa korroosiota lisäämällä kutakin mikrobiryhmää pohjavedestä rikastettuna ymppinä koesarjaan. Korroosion kehittymistä tutkitaan sähkökemiallisilla menetelmillä sekä painohäviömäärityksillä. Korroosiotuotekerroksia analysoidaan erilaisilla pintatutkimusmenetelmillä. Muodostuvia kaasuja analysoidaan soveltuvin menetelmin. <i>Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida purkujätteen mikrobiologisen korroosion mekanismeja ja korroosiopeutta.</i>		

Tehtävä 3. Purkujättemetallien pinnoille muodostuvan biofilmin ominaisuudet ja vaikutus korroosioon
Biofilmin määrää kartoitetaan kvantitatiivisen PCR menetelmän avulla ja lajiston koostumusta kartoitetaan tehokkailla sekvensointimenetelmillä. Ulkopuolista rahoitusta on haettu kattamaan matkakuluja, jotta menetelmänkehitysyhteistyötä syväbiosfäärimikrobien tunnistamiseksi pinnoilta JAMSTEC:n kanssa voitaisiin jatkaa.

Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida purkujätteiden pinnoilla muodostuvan biofilmin ominaisuuksia ja toiminnallisuutta.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset: 1 tieteellinen artikkeli (v. 2018)

Konferenssijulkaisut ja työraportit: 1-2 konferenssijulkaisua ja vuosiraportti (VTT Tutkimusraportti)

Opinnäytteet: 1 gradutyö

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Osallistutaan kansainvälisiin konferensseihin ja KYT vuosiseminaareihin. Esitys hankkeen keskeisistä tuloksista MILORI-konsortion järjestämässä seminaarissa keväällä 2018.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Mikrobiyhteisöjen rikkimetabolia loppusijoitusolosuhteissa, Geobiokierto		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Microbial sulphur cycle in final nuclear waste repository conditions, Geobiocycle		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus, VTT Oy	Vastuuhenkilö Hanna Miettinen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on jatkumoa KYT2018 hankkeelle Geobiokierto, koko tutkimusohjelman ajaksi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot GTK, Posiva, TVO	Ulkomaiset organisaatiot IGD-TP verkosto	Muut tutkimusohjelmat EURATOM MIND
Tutkimuksen tavoite Hankkeen tavoitteena on selvittää mikrobiyhteisöjen vaikutuksia rikinkiertoön loppusijoitusolosuhteiden kalliopohjavedessä. Hankkeessa kehitetyllä leimattuun sulfaattiin perustuvalla menetelmällä analysoidaan loppusijoitustilojen pohjaveden sulfidin muodostumisnopeutta ja relevanttien elektronin luovuttajien ja vastaanottajien vaikutuksia siihen. Lisäksi hankkeen tavoitteena on selvittää kalliopohjavesien mikrobien metaboliatuotteiden vaikutuksia bentoniittipuskurin fysikaaliseen rakenteeseen ja toimintakykyyn pitkäaikaiskokeessa.		
Tuloskategoria Kokeellinen laboratoriotyö	Julkaisujen lukumäärä 3	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Hankkeen tuloksia voidaan soveltaa mikrobiologisen sulfidinmuodostuksen aiheuttaman korroosioriskin turvallisuusarvioinnissa kuparikapselin pitkäaikaisturvallisuudelle. Hankkeessa kehitettyä sulfaattileimamenetelmää voidaan hyödyntää ydinjätteiden loppusijoitusalueiden pohjavesien sulfidien muodostumisen monitoroinnissa. Hanke selvittää lisäksi mikrobien merkitystä bentoniittipuskurin rakenteen ja toimintakyvyn pysyvyydelle. Tutkimuksen tulokset on tarkoitettu heti käytettäviksi eri ydinjättesektorin toimijoiden hyödynnettäviksi.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tehtävä 1: Tutkitaan pohjavesinäytteiden rikinkiertoa ja kiertoön vaikuttavia elektronin luovuttajia ja vastaanottajia leimatun sulfaattimenetelmän avulla sekä hyödyntäen molekyylibiologioiden menetelmiä (qPCR). Pyritään selvittämään mekanismeja hillitä sulfidin muodostumista. Tehtävä 2: Selvitetään, millaisia vaikutuksia mikrobeilla ja niiden aineenvaihduntatuotteilla on bentoniittipuskurin fysikaaliseen rakenteeseen ja toimintakykyyn mikrobeille suotuisissa olosuhteissa pitkäaikaiskokeessa.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset: Hankkeesta kirjoitetaan vuonna 2018 yksi julkaisu kansainvälisiin vertaisarvioituihin tieteellisiin lehtiin. Konferenssijulkaisut ja työraportit: Vuosittain kirjoitetaan VTT:n tutkimusraportti ja mahdollisista konferenssiosallistumisesta julkaisu. Opinnäytetyöt: Hankkeessa valmistuu vuoden 2018 aikana opinnäytetyö yhteistyössä MILORI-konsortion ja BASUCA-hankkeen kanssa sulfidin muodostuksesta hapettomissa kalliopohjavesissä ja hankkeiden näytteissä.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Mikrobiologisen koordinoitun MILORI-hankkeen ydinjäteturvallisuuden mikrobiologiaan liittyvä seminaari järjestetään keväällä 2018. Tiedottaminen ja yhteistyö EURATOM MIND-hankkeessa.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Nutrients, energy and gases in bedrock biosphere (RENGAS)		
Tutkimuslaitos Geologian tutkimuskeskus	Vastuhenkilö Riikka Kietäväinen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) (GEOMOL) => KABIO => SALAMI => RENGAS		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT Helsingin yliopisto Callio Lab/Pyhäsalmen kaivos	Ulkomaiset organisaatiot GFZ Potsdam ICDP DCO INGV Rooma Uni. St Andrews COSC Uni. Linnaeus LBNL	Muut tutkimusohjelmat, tms. Horisontti2020 (MIND)
Tutkimuksen tavoite RENGAS-hanke tutkii biogeokemiallisesti tärkeiden alkuaineiden reaktioita ja liikkumista kalliopohjavesissä, syvän biosfäärin energialähteitä ja energian siirtymistä mikrobien katalysoimissa hapetus/pelkistys-reaktioissa sekä näiden tekijöiden turvallisuusmerkitystä ydinjätteiden geologisessa loppusijoituksessa.		
Tuloskategoria Mittaus- ja analyysitulokset, johtopäätökset ja mallit	Julkaisujen lukumäärä 2-3	Opinnäytetöiden lukumäärä -
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tutkimustulosten hyödyntäjiä ovat loppusijoituksen toteuttajat, valvovat viranomaiset ja alan tutkijat. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää loppusijoituksen turvallisuusperustelussa, erityisesti mikrobiologisten prosessien turvallisuusmerkityksen määrittelyssä perustuen mikrobien elintoimintojen vaatimien ravinne- ja energialähteiden saatavuuteen, kalliopohjavesien syntyyn ja evoluutioon sekä näiden prosessien aikaskaaloihin.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain)		
<p>1. Syväreikä tutkimuksen menetelmät ja infrastruktuurit Outokummun syvälaboratorio: fluidin EC-luotaus → Ajalliset muutokset, kiteisen kallioperän hydrauliset ominaisuudet Kansainvälinen yhteistyö (mm. DCO, ICDP) → verkostot ja osaamisen vahvistaminen sekä jakaminen Kaasujen kulkeutumisen monitorointimenetelmät → vapautumisesteiden ja kallioperän rikkonaisuuden muutosten tarkkailu</p>		
<p>2. Kallioperän suolaisten fluidien viipymääjän ja alkuperän tutkimus Julkaisu veden alkuperästä ja kivi-vesi -vuorovaikutuksesta perustuen Outokummun Cl- ja Br -</p>		

isotooppituloksiin → prosessien aikaskaalat, pohjavesien evoluutio ja eristyneisyys

3. Rikin olomuodot ja biogeokemiallinen merkitys kallioperässä

Rikin isotooppianalytiikan kehitystyön jatkaminen → suolaisten pohjavesien analysointi

Rikin isotooppien hyödyntäminen sulfaatinpelkistykseen ja muiden biogeokemiallisten prosessien tutkimuksessa → sulfidin muodostus, korroosioriskin arviointi

Suolaisten fluidien näytteenotto tarvittaessa → aineiston hankinta

4. Hiilen olomuodot ja esiintyminen kiteisessä kallioperässä

Julkaisu liittyen kiteisen kallioperän metaanivuohon → hiilen mobilisoituminen ja massatasapaino kallioperässä

Hiilen kierron termodynaamiset tarkastelut → hiilen saatavuus ja käytettävyys kalliobiosfäärissä

5. Loppusijoituksen turvallisuuden biogeokemialliset tekijät

Synteesi/loppuraportti

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset: 2-3 kpl

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Lehdistötiedotteet, Twitter (#KYTRENGAS), seminaarit ja tieteelliset kokoukset kotimaassa ja ulkomailla

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä; Kallion in situ tutkimukset		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Behaviour of radionuclides in the geosphere; in situ studies		
Tutkimuslaitos Radiokemia, kemian laitos, Helsingin yliopisto	Vastuuhenkilö Marja Siitari-Kauppi	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus / muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Nelivuotisen hankkeen viimeinen vuosi, joka on jatkoa KYT2014 ohjelmassa toteutetulle hankkeelle "Kallion in situ - tutkimukset". Liittyy kansainväliseen Sveitsissä, Grimselin vuorilaboratoriossa tehtävään radionuklidien in situ -kulkeutumistutkimukseen.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot GTK, VTT, Posiva	Ulkomaiset organisaatiot Nagra, JAEA, NRI, IDAE-CSIC, Poitiersin yliopisto, IRSN, NUMO, Amphos 21, Fracture Systems Ltd	Muut tutkimusohjelmat, tms. Grimsel Phase VI
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoite on tuottaa radionuklidien kallioperäkulkeutumiseen liittyviä parametrejä (K_d , D_e , huokoisuus) sekä laboratorio- että in situ - olosuhteissa, verrata laboratorio- ja in situ -kokeista saatavia parametreja, mallintaa radionuklidien kulkeutumista realistisessa heterogeenisessä kivessä ottaen huomioon yllä mainitut parametrit sekä kehittää mallinnustyökaluja realistiseen suuntaan.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) analyysi- ja mallinnusmenetelmät, K_d , D_e ja kiven huokoisuusarvojen validointi	Julkaisujen lukumäärä 3	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tuloksia voidaan soveltaa arvioitaessa ydinjätteen loppusijoituksen pitkäaikaisvaikutuksia, radionuklidien kulkeutumista loppusijoitustilaa ympäröivässä graniittisessa kivessä ottaen huomioon sen radionuklideja pidättävät ominaisuudet. Tietoa voivat hyödyntää sekä viranomaiset että ydinjätetoimijat.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain <ol style="list-style-type: none"> 1. Sorboitumattomien nuklidien analysointi in situ-kokeesta ulosuutto- ja ICP-MS-menetelmällä. 2. Digitaalisen autoradiografia menetelmän kehittäminen radionuklidien paikkakohtaiseen määrittämiseen. 3. Sorboituvien nuklidien analysointi in situ-kokeesta autoradiografisin menetelmin. 4. Tulosten tulkinta mallintamalla PhreeQC- ja Comsol Multiphysics -ohjelmilla sekä TDRW menetelmällä. 		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset E. Muuri, T. Sorokina, D. García, M. Grivé, J. Bruno, M. Siitari-Kauppi, L. Koskinen, A. Martin. The one dimensional in-diffusion of ^{133}Ba in granitic rock cubes from the Olkiluoto and Grimsel in-situ test sites. Applied Geochemistry. E. Muuri, T. Sorokina, J. Donnard, M. Siitari-Kauppi, L. Koskinen, A. Martin. Comparison between FLA and Le Beaver in detecting the distribution of activity in granitic rocks from Olkiluoto and Grimsel test sites E. Muuri, P. Kekäläinen, M. Voutilainen, M. Matara-aho, M. Siitari-Kauppi, L. Koskinen, A. Martin,		

Modelling of cesium and barium diffusion experiments, Journal of Contaminant hydrology

Muu tutkimuksista tiedottaminen

18th Radiochemical Conference, Marianske Lazne (Tsekki).

Lisäksi tutkimuksen tuloksia esitellään KYT seuranta- ja johtoryhmille vuosittaisissa kokouksissa.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi C-14 vapautuminen metallijättestä (HIILI-14)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Release of ¹⁴ C from metallic waste (Carbon-14)		
Tutkimuslaitos Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuuhenkilö Tiina Heikola	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus: Muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on osa EU-hanketta CAST (Carbon-14 Source Term, WP2 Steels), joka alkoi 1.10. 2013. Hanke jakautui 2014-2017 EU-hankkeeseen ja kansalliseen hankkeeseen johtuen EU-projektin rajoituksista. Ehdotettu jatkuvaksi vuonna 2018 jakautuneena CAST-osaan ja kansalliseen osaan CAST-projektin keston ajan (3kk) (päättyy 31.3.2018).		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot HY Radiokemian Laboratorio	Ulkomaiset organisaatiot CAST-projektin osallistujat	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksessa saadaan tietoa ¹⁴ C:n käyttäytymisestä loppusijoitusolosuhteissa turvallisuustarkasteluja varten. ¹⁴ C on säteilyvaikutuksiltaan merkittävä voimalaitos- ja purkujätteen sekä myös käytetyissä polttoainepiipissa. Orgaanisen ¹⁴ C:n osuus on kulkeutumisen arvioinnin kannalta tärkeä.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeellinen menetelmä	Julkaisujen lukumäärä	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tuloksia hyödyntävät voimalaitos- ja purkujätteen loppusijoituksen turvallisuusanalyysien tekijät		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Osaprojekti 1: CAST kokeiden lopettaminen Yksi näytteenotto (sekä kaasua- että nestefaasista) kesällä 2015 aloitetuista rautakarbidi jauheen ja Loviisan terästä simuloivan modifioidun AISI316Ti teräsjauheen eluutiokokeista. Otetuista näytteistä määritetään kokonaishiilen (orgaaninen ja epäorgaaninen) lisäksi orgaanisen hiilen mahdollisia olomuotoja. Säteilytetyn teräksen eluutiokokeet käynnistettiin kesäkuussa 2016 pohjavesisimulanteissa. Näytteet on tarkoitus siirtää Ydinturvallisuustaloon, kun rakennuksen säteilyn käytön turvallisuuslupa saadaan voimaan. Johtuen B-laboratorion aktiivisuusrajasta, toinen käynnissä olevista kokeista lopetetaan, kun aloitamme uudet kokeet paineastiateräsnäytteillä. Tarkoituksena on kuitenkin tehdä vielä yksi näytteenotto nyt käynnissä olevista kokeista ydinturvallisuustalon siirron jälkeen. Liuosten kokonaisaktiivisuus määritetään gammaspektrometrillä suoraan otetusta liuosnäytteestä. Ioninvaihtohartsilla käsitellyn liuoksen β-aktiivisuus (¹⁴ C) määritetään nestetuikelaskurilla. Osaprojekti 2: Paineastiateräksen eluutiokokeet 2018 Aloitetaan uusi koesarja paineastiateräsnäytteillä hapettomassa hanskakaapissa. Kokeiden lukumäärä riippuu näytteiden aktiivisuudesta. Kokonaisrajana on B-luokan radiokemian laboratorioille asetettua raja-arvo. Eluutioliuoksina käytetään yksinkertaisia pohjavesisimulantteja, esim. NaCl- tai CaCl ₂ -liuoksia. Kokeista on suunnitelmassa tutkia sekä liuos- että nestefaasiin vapautunut ¹⁴ C ja mahdollisuuksien mukaan sen olomuodot. Johtuen teräksen niukkaliukoisuudesta, tutkittavan liuoksen aktiivisuus saattaa olla liian matala määritettäväksi nestetuikelaskimella. Tällöin selvitämme yhteistyömahdollisuutta Helsingin yliopiston Ajoituslaboratorion kanssa (AMS).		
Julkaisut ja opinnäytetyöt		

KYT Raportointi, vuosikatsaus

Raportti VTT:n raporttisarjaan

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Radiohiilen kemialliset muodot ja sorptio kallioperässä (C14ROCK)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Chemical forms and sorption of radiocarbon in geosphere (C14ROCK)		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Radiokemia	Vastuhenkilö FT Merja Lusa	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on alkanut KYT2014-ohjelmassa vuonna 2013 ja kestää KYT2018-kauden loppuun. Lisäksi vuonna 2018 tehdään alustavia kokeita ja selvityksiä mikrobitoiminnan vaikutuksista, joista tullaan tekemään hanke-esitys seuraavalle KYT-kaudelle.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, Espoo Institute of Biotechnology, University of Helsinki, Microscopy unit, Viikki	Ulkomaiset organisaatiot Helmholtz-Zentrum- Dresden-Rossendorf, Dresden Saksa	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Tässä tutkimuksessa selvitetään radiohiilen kemiallisen muodon muutoksia kallioperäolosuhteissa, sekä erityisesti vuonna 2018 mikrobitoiminnan vaikutusta ydinpolttoaineesta peräisin olevan radiohiilen (¹⁴ C) kemialliseen muotoon ja muodon mahdollisiin muutoksiin hiilen kulkeutuessa kallioperän kautta biosfääriin.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) -Kokeellinen menetelmä -Menetelmänkehitystyö	Julkaisujen lukumäärä - 3 - 4 tieteellistä aikakauslehtiartikkelia - 3 - 4 konferenssiesitystä	Opinnäytetöiden lukumäärä - 2-3 pro gradu- / kandidaatintutkielmaa
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tuloksia voidaan hyödyntää radiohiilen kulkeutumisen mallintamisessa, koska tuntemus kulkeutumiseen vaikuttavista prosesseista lisääntyy.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tutkimus jakaantuu vuonna 2018 kahteen osioon: Ensimmäisessä osassa saadaan uutta tietoa metaanin muuttumisesta hiilidioksidiksi (karbonaattihiileksi) / sulfaatin pelkistymisestä Olkiluodon kallioperän sulfaatti-metaani-vyöhykettä vastaavissa oloissa SRB – bakteerien vaikutuksesta. Lisäksi pyritään selvittämään hapettumiseen/pelkistymiseen liittyviä solutason prosesseja proteiiniprofiilien kartoituksella. Toisessa osassa saadaan uutta tietoa SRB bakteerien mahdollisesta kyvystä saostaa karbonaatteja hapettomissa, Olkiluodon kallioperän sulfaatti-metaani-vyöhykettä vastaavissa olosuhteissa.		

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset

Vuoden 2018 mikrobitoiminnan vaikutuksia radiohiilen muotoon käsittelevästä tutkimuksesta tullaan tekemään 1- 2 tieteellistä aikakauslehtijulkaisua.

Konferenssijulkaisut ja työraportit

Vuonna 2018 osallistutaan 1-2- kansainväliseen alan konferenssiin (esim. Advanced Microbiology, London 2018).

Opinnäytteet

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Vuonna 2018 on suunnitteilla ympäristön radiokemiaan liittyvä seminaari, jossa tutkimuksen tuloksia lisäksi esitellään.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemeissä (YRMA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Risk assessment of radioactive waste: development of radioecological modelling for terrestrial and aquatic ecosystems		
Tutkimuslaitos Itä-Suomen yliopisto, Ympäristö- ja biotieteiden laitos	Vastuuhenkilö Jukka Juutilainen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus, muut turvallisuustutkimukset, biosfääritutkimukset loppusijoituksen turvallisuuden kannalta		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on jatkoa KYT2010-ohjelman hankkeelle "Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamisen ekologinen riskinarviointi metsäekosysteemeissä" ja KYT2014-ohjelman hankkeelle "Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen empiirisen aineiston valossa". Hankkeen suunnitellaan jatkuvan tammikuuhun 2019 saakka. Senkin jälkeen suunnitellaan jatkotutkimuksia, ja hanke on jo johtanut myös kansainväliseen yhteistyöhön.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Tampereen teknillinen yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot Ei tässä hankkeessa	Muut tutkimusohjelmat, tms. Pohjoismainen NORCO-projekti NKS:n rahoittama
Tutkimuksen tavoite Hankkeen yleisenä tavoitteena on tarkentaa suomalaisiin metsä- ja vesiekosysteemeihin soveltuvaa radioekologista mallintamista ja sen käyttöä loppusijoituksen mahdollisten riskien arviointiin. Erityinen huomio keskittyy radionuklidien siirtymiseen sellaisiin makean veden ravintoketjujen avainlajeihin, joista on vähän aiempaa tietoa. Tavoitteena on myös kehittää radioekologisia malleja siten, että ne perustuvat entistä parempaan teoreettiseen ja empiiriseen ymmärrykseen alkuaineiden siirtymisestä eliöihin.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma)	Julkaisujen lukumäärä 3-4 (2018) 8 (kaikkiaan)	Opinnäytetöiden lukumäärä 2 väitöskirjaa vuosina: -2016 -2020 (tavoite)
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamisen turvallisuusanalyysiin liittyvässä biosfäärimallinnuksessa tarvitaan tietoa radionuklidien siirtymisestä maaperästä ja vedestä eliöihin. Suomalaisiin ympäristöolosuhteisiin tarkennettu tieto ja kehittyneempi radioekologinen mallintaminen parantavat arvioiden luotettavuutta. Potentiaalisia hyödyntäjiä ovat kaikki ne tahot, jotka tarvitsevat ydinjätteiden mahdollisten riskien arviointiin liittyvää biosfäärimallinnusta.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Osaprojekti 1: Vesiekosysteemitutkimukset <ul style="list-style-type: none"> • Artikkelin kirjoittaminen vuosien 2015-2017 näytteiden ja niistä tehtyjen analyysien perusteella • Tarpeen mukaan täydentävien näytteiden otto ja analysointi • Eliöihin kohdistuvien vaikutusten tutkiminen Osaprojekti 2: Radioekologisen mallintamisen kehittäminen <ul style="list-style-type: none"> • 2 tieteellistä artikkelia (mahdollisesti 3 jos v. 2017 suunniteltu julkaiseminen siirtyy) 		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset		

1. Kasurinen A, Häikiö E, Tuovinen T, Tervahauta A, Makkonen S, Holopainen T, Juutilainen J: Transfer of elements relevant to the nuclear fuel cycle in a boreal food chain: soil-to-plant and plant- to-animal transfer with and without fertilizer application (ellei ole julkaistu jo 2017)
2. Majlesi S, Juutilainen J, Biasi C et al.: Fate of radionuclide ¹⁴C in soil-plant-atmosphere continuum: Uptake of soil ¹⁴C into plants
3. Majlesi S et al.: Makean veden ekosysteemistä saatuja tuloksia kuvaava artikkeli
4. Majlesi S. et al.: Radiohiilen siirtymistä maasta maaperäeliöihin kuvaava artikkeli

Konferenssijulkaisut ja työraportit

Abstrakti, European IRPA Congress, 4-8 June, The Hague, Netherlands

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

European IRPA Congress, 4-8 June, The Hague, Netherlands

KYT2018 raportit, seurantakokoukukset ja seminaarit

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Biosfäärimallinnuksen vaihtoehtoiset menetelmät ja niiden arviointi (VABIA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Alternative methods for biosphere modelling and their evaluation		
Tutkimuslaitos Tampereen teknillinen yliopisto, Signaalinkäsittelyn laboratorio, Pori	Vastuuhenkilö Tarmo Lipping	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus, muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on jatkoa TTY:n Porin laitoksessa KYT2018 rahoitetuille vuosien 2015 ja 2016 biosfääritutkimuksille ja nyt haettava hanke on nelivuotisen suunnitelman viimeinen (2018) vuosi. Vuosi 2017 aikana projekti oli tauolla.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot EnviroCase Oy	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Tutkimus liittyy keskeisesti ydinjätteen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuteen, biosfäärimallinnukseen sekä radionuklidien kulkeutumisen mallintamiseen eri skenaarioiden tapauksessa. Hankkeessa tutkitaan miten eri mallit ja niiden parametrit vaikuttavat radionuklidien leviämiseen ympäristössä ja sitä kautta ihmisiin. Pääpaino tutkimuksessa on eriasteisten biosfäärimallien yksinkertaistaminen ja vertailu vastaaviin malleihin. Simulaatiomallit tulevat olemaan avoimia jakelukanavan kautta ja kaikkien saatavilla.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Simulaatiomalli, tietokone	Julkaisujen lukumäärä v. 2015 tuloksista 1 lehtiartikkeli + 1 konf. esitelmä v. 2016 tuloksista 2 konf. esitelmää, sekä kaksi lehtiartikkelia työn alla	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tutkimuksen tavoitteena on saada aikaan yksinkertaisempia biosfäärimalleja vähentämällä mallien parametreja ja luoda niistä kokonaisuus, jolla biosfäärimallinnuksen asiantuntija voi testata eri parametrien vaikutusta radionuklidien kulkeutumiseen.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Vuoden 2015 järvi-maatilamalliin lisätään metsän sisäinen kierto, joka vaikuttaa marjoihin ja sieniin sekä riistaan radionuklidien siirtoreitissä ihmisiin herkkyystarkastelun avulla, epälineaaristen siirtokertoimien osalta yhteistyön tekeminen Itä-Suomen yliopiston kanssa.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2016. Probabilistic Framework for Modelling the Evolution of Geomorphic Features in 10,000-Year Time Scale: The Eurajoki River Case. <i>Geospatial Data in a Changing World</i> , Selected papers of the 19th AGILE Conference, Tapani Sarjakoski, Maribel Yasmina Santos, L. Tiina Sarjakoski (eds.). Springer, Switzerland. pp. 369-382. Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2016. Probabilistic assessment of the influence of lake properties in long-term radiation doses to humans. <i>Journal of Environmental Radioactivity</i> , 164, pp. 258-267.		
Ryhmämme toimesta on julkaistu seuraavia aihepiiriin liittyviä töitä:		

- Teemu Kumpumäki, Pekka Ruusuvoori, Ville Kangasniemi, Tarmo Lipping, 2015. Data-Driven Approach to Benthic Cover Type Classification Using Bathymetric LiDAR Waveform Analysis, *Remote Sensing*, 7(10), pp. 13390-13409.
- Teemu Kumpumäki, Tarmo Lipping, 2015. Transformation and texture based features in TerraSAR-X data classification for environmental monitoring. *Proc of IGARSS 2015*, 26-31.7.2015, Milan, Italy, pp. 3278 – 3281.
- Kumpumäki, T. and Lipping, T. 2016. Effects of shadow correction on vegetation and land cover classification from high resolution aerial images. *Proc IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS2016*, Beijing, China, July 10-15, 2016, pp. 751-754.
- Tarmo Lipping, Jari Turunen, Jyrki Tuominen, Jari Pohjola, 2010. Paikkatiedon mallinnus ja visualisointi Satakunnassa, *Tutkimusraportti 183*. Riitta Korhonen (ed.), Geologian tutkimuskeskus, pp. 167-177.
- Jari Pohjola, 2014. Probabilistic Modeling of Landscape Development and Surface Water Body Formation. *Doctoral Thesis*. Tampere University of technology, 1266, 132 s.
- Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2009. Creation and Error Analysis of High Resolution DEM Based on Source Data Sets of Various Accuracy. *3D Geoinformation Sciences: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Jiyeong Lee, Sisi Zlatanova (Eds.), Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 341-353.
- Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2010. Statistical estimation of land uplift model parameters for landscape development modeling in ArcGIS environment. *Advances in Geoinformation Technologies 2010*. Jiri Horak, Lena Halounova, Tomas Hlasny, Dagmar Kusendova and Vit Vozenilek (Eds.), VSB-Technical University of Ostrava, Czech Republic, pp. 121-134.
- Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, 2011. Pässe'e Semi-Empirical Model Re-Implemented. *Proc. of Seminar on Sea Level Displacement and Bedrock Uplift*, 10-11.6.2010, Pori, Finland, Ari Ikonen and Tarmo Lipping (Eds.), Posiva Working Report 2011-07, Posiva Oy, Eurajoki, Finland, pp. 37- 46.
- Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2012. Evaluation and assessment of Arctan-based Post-glacial land uplift model. *4th international workshop of the EARSeL Special Interest Group "Geological Applications" - Workshop Proceedings, 24-25 may 2012, Mykonos, Greece*, Konstantinos Nikolakopoulos, (ed.), pp. 52-60.
- Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2013. Evaluation and Assessment of Arctangent based Post-glacial Land Uplift Model. *EARSeL eProceedings*, 12: 2, pp. 82-93.
- Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2014. Biosphere development modeling based on statistical framework. *Computers & Geosciences*, 62, pp. 43-52.
- Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2016. Probabilistic assessment of the influence of lake properties in long-term radiation doses to humans. *Journal of Environmental Radioactivity*, 164, pp. 258-267.
- Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2018. The influence of lake bottom sediment layers on long-term radiation doses to humans. *Submitted to Journal of Environmental Radioactivity*.
- Jyrki Tuominen, Tarmo Lipping, Viljo Kuosmanen, 2008. Assessment of ENVI forest health tool in detection of dust and seepage contaminated forest areas. In *Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Boston, U.S.A.
- Jyrki Tuominen, Tarmo Lipping, Viljo Kuosmanen, Reija Haapanen, 2009. *Remote Sensing of Forest Health*. In Pei-Gee Peter Ho, editor, *Geoscience and Remote Sensing*, In-Tech Education and Publishing, Vienna, Austria.
- Jyrki Tuominen, Tarmo Lipping, Viljo Kuosmanen, Sari Repka, 2010. Hyperspectral detection of marine clay in coastal waters using the spectral angle method. *EARSeL eProceedings*, 9 (2), 31-41.
- Jyrki Tuominen, Tarmo Lipping, 2011. Atmospheric correction of hyperspectral data using combined empirical and model based method. *Proceedings of 7th EARSeL Imaging Spectroscopy Workshop*, Edinburgh, Scotland.
- Jyrki Tuominen, Tarmo Lipping, 2012. Assessment of hyperspectral classification methods for benthic cover type mapping. *Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Munich, Germany.
- Jyrki Tuominen, Tarmo Lipping, 2014. Feasibility of Benthic Cover-Type Mapping in Turbid Waters near Estuaries Using Hyperspectral Remote Sensing. *Journal of Coastal Research*, 30, 6, pp. 1131-1139.
- Jyrki Tuominen, Tarmo Lipping, 2016. Spectral Characteristics of Common Reed Beds: Studies on Spatial and Temporal Variability. *Remote Sensing*, vol. 8, 3, 181.
- Jyrki Tuominen, Tarmo Lipping, 2016. Spatial variability of reed bed spectra in Olkiluoto island. *Proc IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS2016*, Beijing, China, July 10-15, 2016, pp. 7188-7191
- Jari Turunen, Jari Pohjola, Tarmo Lipping, 2011. Dating of Past coastline Positions – Challenges of Using the Various Types of data as Input to Modelling. *Proc. of Seminar on Sea Level Displacement and Bedrock Uplift*, 10-11.6.2010, Pori, Finland, Ari Ikonen and Tarmo Lipping

(Eds.), Posiva Working Report 2011-07, Posiva Oy, Eurajoki, Finland, pp. 17 - 24.

Konferenssijulkaisut ja työraportit

Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2016. The influence of foodstuff grouping on doses in safety assessments. *Abstracts Book*. Paper presented at Ninth International Conference on Nuclear and Radiochemistry - NRC9, 29.8 – 2.9.2016, Helsinki, Finland, pp. 499-500.

Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, 2016. Radionuklidien purkautumisen mallinnus pohjasedimenttien läpi järviveteen – Case Liponjärvi, Eurajoki. Mallinussseminaari, 12.12.2016, Espoo (Abstract).

Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, 2017. The Effect of Lake Bottom Sediment Layers on Radionuclide Transport from Bedrock to Biosphere and Doses to Humans. The 4th International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, 3-8.9.2017, Berlin, Germany (Abstract).

Opinnäytteet

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Modaria II, ensimmäinen tekninen kokous (työryhmä 6), Wien, Itävalta, 31.10- 4.11. 2016.

KYT Puoliväliseminaari 7.4.2017, VABIA-esittely, professori Jukka Juutilainen.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi KARMO III – Kallion rakopintojen mekaaniset ominaisuudet		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi KARMO III – Mechanical Properties of Rock Joints		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopisto	Vastuuhenkilö Prof. Mikael Rinne	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) KARMO I 2014 -> KARMO II 2015-2016 -> KARMO III 2017-2018		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto-yliopisto, GTK	Ulkomaiset organisaatiot KTH Royal Institute of Technology	Muut tutkimusohjelmat ROSA, MIEDU, Fractuscan
Tutkimuksen tavoite KARMO:n tavoitteena on kehittää menetelmä kallion rakopintojen mekaanisten ominaisuuksien määrittämiseksi numeerista mallinnusta varten laboratoriomittakaavan koesarjan avulla.		
Tuloskategoria kokeelliset menetelmät, numeerinen mallintaminen	Julkaisujen lukumäärä 3 tieteellistä artikkelia	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 väitöskirja
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tulokset tulevat tutkijoiden ja viranomaisten käyttöön ja niitä voidaan käyttää arvioitaessa erilaisten raon hyväksymiskriteerien ja rakojen siirtymäanalyysin mallinnuksen hyväksyttävyyttä. Valtaosaa tutkimushankkeen tuloksista käytetään numeerisen mallinnuksen lähtötietoina, kun mallinnetaan rakojen mekaanista vastetta tai siirtymää.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Jatkuvan raon mallintaminen: 2 m x 1 m kivilaatan puristusleikkauskokeen tulosten vertailu fotogrammetrisiin ennusteisiin. Fotogrammetrisen menetelmän kehitystehtävä: KARMO I-III vaiheiden fotogrammetrisen menetelmien dokumentointi ja kokeellinen varmentaminen. Rakojen mekaaniset ominaisuudet: Menetelmän käytettävyyden todentaminen numeerisen mallinnuksen lähtötietojen tuottamiseen.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt - tieteellinen julkaisu: <i>A method to record rock joint surface roughness using photogrammetry</i> - tieteellinen julkaisu: <i>Push Experiment to Validate Photogrammetrically predicted Friction Angle of Rock Discontinuities</i> - tieteellinen julkaisu: <i>Determination of Rock Joint Mechanical Parameters for Numerical Modelling using Photogrammetry</i> - väitöskirja: <i>Prediction of stress driven rock mass damage in spent nuclear fuel repositories in hard crystalline rock and in deep underground mines</i>		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT-seminaareihin osallistuminen, Aallon ja yhteistyökumppanien tiedotuskanavat sekä tutkimushankkeen verkkosivu, jossa julkaisut ja opinnäytetyöt ovat vapaasti kaikkien ladattavissa.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi ROSA: Rakosimulaattori, joka kunnioittaa rakojen mitattuja pituus- ja suuntajakaumia		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi ROSA: Fracture simulator which respects the measured fracture length and orientation distributions		
Tutkimuslaitos Geologian tutkimuskeskus	Vastuhenkilö Eevaliisa Laine	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on jatkohanke ROSA KYT2018 hankkeelle ja aiemmalle Kalliolaatu-hankkeelle (KYT2015). Hanke on suunniteltu nelivuotiseksi ja haku koskee hankkeen neljättä vuotta.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto-yliopisto, CSC	Ulkomaiset organisaatiot Nancyn yliopisto, NGU	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Tavoitteena on luoda rakosimulaatio-tietokoneohjelma ja käyttöliittymä sen käyttämiseen sekä tuloksen validointiin. Tulokset jaetaan tieteellisten julkaisujen kautta käyttäjille.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Tietokoneohjelma (R-paketti, Julia-koodi ja käyttöliittymä)	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä Opintojen osana ROSA ohjelman testausta ja käyttöä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Lyhyellä tähtäimellä ONKALOn suunnittelijat Pitkällä tähtäimellä kalliorakentajat, lämpökaivosuunnittelijat, pohjaveden virtauksen ja radionuklidien kulkeutumismalleja sekä kivimassan kalliomekaanista käyttäytymistä mallintaessa.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Osaprojekti 1: ROSA-rakosimulointikoodi, joka kunnioittaa rakojen mitattuja pituus-, suunta- ja pintaominaisuusjakaumia (Markovaara-Koivisto (GTK) vastaa) Osaprojekti 2: Rakosimuloinnin geologinen ja fysikaalinen validointi sekä havaittujen rakogeometrioiden käyttö rakosimuloinnissa. (Laine (GTK) vastaa) Osaprojekti 3: Geoalan opinnot, syventyminen rakosimulointiin (apurahahaku) Osaprojekti 4: Rakosimulointitulosten 3D-visualisointi (Laine (GTK) vastaa)		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset 1 Konferenssijulkaisut ja työraportit 1 Mahdollinen geoalan opiskelijan julkaisu tai raportti rakosimulointi-workflowsta Opinnäyte (tai osa geoalan opiskelijan opintoja)		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Osallistuminen kotimaisiin kallion rikkonaisuutta käsitteleviin tilaisuuksiin		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi Turvallisuuden hallinta Suomen ja Ruotsin ydinjäteregimeissä		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Governing Safety in Finnish and Swedish Nuclear Waste Regimes (SAFER)		
Tutkimuslaitos Tampereen yliopisto, johtamiskorkeakoulu	Vastuuhenkilö YTT Matti Kojo	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuolto ja yhteiskunta, Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hakemus on jatkumoa vuonna 2015 esitetylle SAFER-tutkimussuunnitelmalle, joka kattoi yleisellä tasolla vuodet 2015–2018. Tutkimusryhmä on kiinnostunut osallistumaan uuden KYT-puiteohjelman suunnitteluun ja hakemaan tutkimusrahoitusta tulevalle KYT-ohjelmakaudella. Hanke jatkaa Jyväskylän ja Tampereen yliopistojen monivuotista yhteistyötä KYT-tutkimusohjelmassa. Tutkimusryhmän KYT2010-ohjelmakauden aikainen tutkimus kytkeytyi mm. EURATOMin FP7 InSOTEC-hankkeeseen. Tutkimusryhmä selvittää parhaillaan mahdollisuuksia osallistua European Joint Programming (EJP) hakuun.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Jyväskylän yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales Delft University of Technology	Muut tutkimusohjelmat, tms. Suomen akatemian "Social License to Operate" –projekti Strategisen tutkimusneuvoston (STN) CORE-konsortio
Tutkimuksen tavoite Parantaa ymmärrystä suomalaisesta ydinjäteregimistä ja erityisesti sen jatkuvuudesta, muutoksista ja joustavuudesta muuttuvassa yhteiskunnallisessa ja sosio-tekniisessä kontekstissa.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma)	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 3
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Vuonna 2018 hankkeen tulokset auttavat ymmärtämään ja hahmottamaan Suomen ydinjätehuollon ominaispiirteitä kansainvälisen vertailun avulla. Hanke tarjoaa ydinjäteregimin keskeisille toimijoille mahdollisuuden tarkastella nykyistä hallinnan lähestymistapaa, toimintamallia ja periaatteita. Hanke tuottaa tietoa tulevaa päätöksentekoa ja mahdollista ydinjätehuoltoon liittyvää koulutusvientiä varten. Koska Suomen ydinjätehuoltoon ja -politiikkaan kohdistuu merkittävää kansainvälistä kiinnostusta, on tärkeää tuottaa ja tarjota tietoa myös yhteiskuntatieteellisestä näkökulmasta.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain)		
Osatehtävä 1: Tutkimus sosiaalisen toimiluvan soveltuvuudesta Suomen ydinjätehuoltoon kansainvälisen vertailun avulla. Kansainvälinen vertailu auttaa hahmottamaan Suomen ydinjätehuollon kehittämistarpeita hyväksyttävyyden näkökulmasta.		
Osatehtävä 2: Vertailu Eurajoen ja Östhammarin kunnan toimintatavoista käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitushankkeessa. Tulokset auttavat ymmärtämään miten kunnat kytkeytyvät kansalliseen ydinjäteregimiin ja millaisia eroja maiden välillä on.		
Osatehtävä 3: Hankkeen työn alla olevien julkaisuiden viimeistely. Tulokset tarkentavat tietoja niistä eroista, joita on Suomen ja Ruotsin välillä loppusijoitushankkeen painetussa mediassa saamassa huomiotta.		

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset

Kari, M. and Kojo, M.

"Isäntäkunnan lähestymistapa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen. Vertailussa Eurajoki ja Östhammar", *ATS Ydintekniikka / Alue ja ympäristö*

Kojo, M., Lehtonen, M., Kari, M., Litmanen, T., Jartti, T. and N.N.

"Social license to operate for a nuclear waste repository: International comparison", *Energy Research and Social Sciences*

Konferenssijulkaisut ja työraportit

Vilhunen, T., Kojo, M., Litmanen, T. & Taebi, B., "Ethical perceptions and community acceptance of the repository for spent nuclear fuel: Comparing residents' opinions in two Finnish nuclear communities", The 27th Annual Conference of the Society for Risk Analysis – Europe in Östersund, Sweden, June 18–20 2018

Litmanen, T., Jartti, T., Kojo, M., Lehtonen, M., Sato, N., and Kari, M. "Social license to operate (SLO) in nuclear waste management: International comparison", Society for Social Studies of Science (4S), Annual Conference, Sydney, Australia, August 29 – September 1, 2018

Opinnäytteet

Tuija Jartin väitöskirja (sosiologia), Jyväskylän yliopisto

"Just a rock? Public's perceptions of uranium mining: demographic factors as predictors of attitudes and the moral economy and lay normativity of attitudes toward uranium mining in the Finnish regions of North Karelia, Kainuu and Lapland"

Mika Karin väitöskirja (sosiologia), Jyväskylän yliopisto

"The first of its kind: Eurajoki as a nuclear community and the site for final disposal of spent nuclear fuel"

Petra Kuisman pro gradu -tutkielma (sosiologia), Jyväskylän yliopisto

"Discussion on the safety of spent nuclear fuel in Finnish and Swedish newspapers"

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Työpaja sosiaalisesta toimiluvasta, Tampereen yliopiston tiedote keskeisistä tuloksista

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi RADLAB (Radiological Laboratory Commissioning)		
Tutkimuslaitos VTT Technical Research Centre of Finland	Vastuhenkilö Wade Karlsen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Infrastructure supporting capsule and buffer and back-fill material research		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Yes, RADLAB was supported in 2017 jointly with SAFIR.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, power companies, STUK	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite To execute the radiological facility infrastructure renewal in accordance with the law and reasoning of "Laki ydinenergiain muuttamisesta" (HE320/2014).		
Tuloskategoria Infrastructure	Julkaisujen lukumäärä	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) The result is a national research infrastructure that can be utilized by VTT and partners for carrying out research and testing related to safe operation of nuclear power plants and the final storage of waste thereof.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) The execution of the infrastructure renewal is via a project portfolio whereby the RADLAB project carries out the work associated with the tasks, but the facility costs of the radiological laboratory are supported directly by RADCNS, while particular equipment investment costs are actually paid from the RADINFRA project. All three projects utilized the same structure in accordance with the description in the RADLAB project. The RADLAB project involves efforts in four main areas: hot cell fabrication, installation and commissioning; hot laboratory equipment procurement and nuclearization; design, fabrication and installation of self-built research facilities; and design, fabrication and installation of materials handling and storage facilities. Additionally, management of the hot cell renewal as a part of the overall infrastructure commissioning and ramp-up of operations is coordinated as a task of this project.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Main emphasis is on conference presentations profiling the infrastructure. Scientific publications are expected within projects that utilize the resulting infrastructure.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Communications is a part of the project, involving preparation of writings for more general consumption in VTT Impulssi and occasional press releases. Tours of the new facility are given, and a seminar profiling the infrastructure was held in 2017. The international HOTLAB conference will be hosted by VTT in 2018, featuring the new hot cells.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi RADCNS (Radiological laboratory facility costs of the Centre for Nuclear Safety)		
Tutkimuslaitos VTT Technical Research Centre of Finland	Vastuuhenkilö Wade Karlsen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Infrastructure supporting capsule and buffer and back-fill material research		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Yes, RADCNS has been supported jointly by KYT and SAFIR since 2016		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, power companies	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite To execute the radiological facility infrastructure renewal in accordance with the law and reasoning of "Laki ydinenergiain muuttamisesta" (HE320/2014).		
Tuloskategoria Infrastructure	Julkaisujen lukumäärä	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) The result is a national research infrastructure that can be utilized by VTT and partners for carrying out research and testing related to safe operation of nuclear power plants and the final storage of waste thereof.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) The infrastructure for radioactive materials research and testing involves facilities, equipment and competent users. This RADCNS project is dedicated only to facility costs associated with the radiological laboratory infrastructure renewal. The infrastructure renewal process itself is executed through the complementary RADLAB project in SAFIR2018. According to the change in law made on the initiative of the Ministry of Employment and the Economy (MEE), the laboratory facility costs could be supported by VYR at a maximum level of 2.700 k€/year, starting in 2016 when the facilities will be released to VTT. The laboratory facility costs include an annual facility rental charge of 2,1M€ (without VAT), as well as electricity and facility upkeep. The facility maintenance is comprised of facility cleaning that is outsourced, as well as the mechanicals maintenance that is the responsibility of VTT. The building rent is mainly aimed at repaying the costs of constructing the facility, and therefore is the means by which the infrastructure costs are realized for VTT. The applied funding includes appropriate VAT based on the law and reasoning of "Laki ydinenergiain muuttamisesta (HE320/2014).		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Main emphasis is on conference presentations profiling the infrastructure. Scientific publications are expected within projects that utilized the resulting infrastructure.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Communications is a part of the project, involving preparation of writings for more general consumption in VTT Impulssi and occasional press releases. Tours of the new facility are given, and a seminar profiling the infrastructure was held in 2017. The international HOTLAB conference will be hosted by VTT in 2018, featuring the new hot cells.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2018

Tutkimushankkeen nimi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi RADINFRA (Radiological laboratory equipment infrastructure investments)		
Tutkimuslaitos VTT Technical Research Centre of Finland	Vastuuhenkilö Wade Karlsen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Infrastructure supporting capsule and buffer and back-fill material research.		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Yes, RADINFRA was supported by both SAFIR and KYT for the first time in 2016		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, power companies	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite To execute the radiological facility infrastructure renewal in accordance with the law and reasoning of "Laki ydinenergiain muuttamisesta" (HE320/2014).		
Tuloskategoria Infrastructure	Julkaisujen lukumäärä	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) The result is a national research infrastructure that can be utilized by VTT and partners for carrying out research and testing related to safe operation of nuclear power plants and the final storage of waste thereof.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) The infrastructure for radioactive materials research and testing involves facilities, equipment and competent users. The RADINFRA project directly supports the costs of the infrastructure equipment, to be installed in the facilities supported by RADCONS, the process of which is executed in RADLAB. According to the change in law made on the initiative of the Ministry of Employment and the Economy (MEE), the infrastructure investments would be supported by VYR at a level of 3.600 k€/year for 5 years starting in 2016, and enable retroactive claiming even of 2015 investments. This mechanism utilizes the investment aid procedure made available to VTT when it became VTT Ltd. beginning in 2015. The vast majority of the investment expenses in the RADINFRA project will be realized in the 2015 through 2017 period when the electron microscopes and the hot cells themselves are purchased and installed in the new facility, and the supporting facilities are constructed and installed. Therefore subsequent years will include retroactive cost claims as well. This RADINFRA project is dedicated only to infrastructure investment costs, the process of which is executed through the complementary RADLAB project in SAFIR2018. The applied funding includes appropriate VAT based on the law and reasoning of "Laki ydinenergiain muuttamisesta" (HE320/2014). The RADINFRA project supports investments in four main areas: the hot cell fabrication, installation and commissioning; hot laboratory equipment procurement and nuclearization; design, fabrication and installation of self-built research facilities; and design, fabrication and installation of materials handling and storage facilities.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Main emphasis is on conference presentations profiling the infrastructure. Scientific publications are expected within projects that utilized the resulting infrastructure.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Communications is a part of the project, involving preparation of writings for more general consumption in VTT Impulssi and occasional press releases. Tours of the new facility are given, and a seminar profiling the infrastructure was held in 2017. The international HOTLAB conference will be hosted by VTT in 2018, featuring the new hot cells.		

Liite 2 KYT2018 organisaatio² 2018

KYT2018 Johtoryhmä

Jäsen (varajäsen)	Organisaatio	Tehtävä
Jarkko Kyllönen (Kaisa-Leena Hutri)	STUK	pj.
Mikko Paunio (Jari Keinänen)	STM	
Sami Rinne (Kati Vaajasaari)	YM	
Sami Hautakangas (Kristiina Söderholm)	Fortum	
Anne Kontula (Lasse Koskinen)	Posiva	
Nina Paaso (Arto Kotipelto)	TVO	
Linda Kumpula (Jorma Aurela)	TEM	varapj.
Heikki Hinkkanen (Tuire Haavisto)	Fennovoima	asiantuntija

KYT2018 Tukiryhmä I: Puskuri, täyteaineet ja kapseli

Jäsen (varajäsen)	Organisaatio	Tehtävä
Ville Koskinen	STUK	pj.
Jaakko Leino	STUK	
Ari Luukkonen	STUK	
Pasi Kelokaski	Fortum	
Seppo Kasa	Posiva	
Marja Vuorio	Posiva	
Kirsi Weckman (Maria Palomäki)	TVO	

KYT2018 Tukiryhmä II: Turvallisuuden arviointi ja innovaatiot

Jäsen (varajäsen)	Organisaatio	Tehtävä
Reda Guerfi	STUK	
Arto Isolankila	STUK	
Petri Jussila	STUK	pj.
Jarmo Lehikoinen	STUK	
Paula Ruotsalainen	STUK	
Tapani Eurajoki	Fortum	
Juho Kuusisto	Posiva	
Samu Myllymaa	TVO	

² Henkilömuutokset ovat mahdollisia, tässä esitetyt listat perustuvat vuoden 2017 lopun tilanteeseen.

KYT2018 Tukiryhmä III: Yhteiskunta ja ihminen

Jäsen (varajäsen)	Organisaatio	Tehtävä
Linda Kumpula	TEM	pj.
Juhani Tirkkonen	TEM	
Jarmo Lehtinen	STUK	
Susan Pietilä	Posiva	
Sami Rinne (Kati Vaajasaari)	YM	
Juha Poikola	TVO	
Maira Kettunen	Fennovoima	
Anna-Maria Länsimies	Fortum	

Koordinaattori Kari Rasilainen (VTT) toimii johtoryhmän sihteerinä. Tarkempi kuvaus organisaation osien työnjaosta on toimintaohjeessa (<http://kyt2018.vtt.fi/>).

Liite 3 KYT2018 hankeseuranta 2018

KYT2018-ohjelmassa tutkimushankkeiden edistymisen seuranta ja tieteellinen ohjaus ovat tukiryhmien vastuulla. Kullekin tukiryhmälle on asetettu seurattavat hankkeet sen tieteellisen kokemuksen ja asiantuntemuksen perusteella. Seurattavat hankkeet kuuluvat niihin, joiden hanke-esitykset kyseinen tukiryhmä arvioi vuoden 2018 hankehaun yhteydessä. Käytännön seurantatyö tapahtuu muun muassa erityisissä seurantakokouksissa ja näitä kokouksia varten tukiryhmät I ja II ovat v. 2018 jakaneet rahoitusta saaneet tutkimushankkeet aihepiireittäin alla oleviin seurantaryhmiin.

Tukiryhmä I Puskuri, täyteaineet ja kapseli (Ville Koskinen)

1. Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky

Koordinoitu hankekokonaisuus **THEBES** (hankekoordinaattori lihavoituna)

- THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers; **Wojciech Solowski, Aalto**
- THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers; Veli-Matti Pulkkanen, VTT
- THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers, X-ray tomography and modelling; Markku Kataja, JYFL
- THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers; Kai Hiltunen, Numerola

Muut hankkeet

- Bentonitiin eroosio ja radionuklidien vuorovaikutus (BENTO); Pirkko Hölttä, HYRL
- Bentonite swelling pressure; Tapani Pakkanen, UEF

2. Kapselin toimintakyky

Koordinoitu hanke **KAPSELI** (hankekoordinaattori lihavoituna)

- Experimentally verified model based predictions for the integrity of the copper overpack (PRECO); **Juhani Rantala, VTT**
- Kuparikapselin mekaaninen lujuus (MECHACOP); Sven Bossuyt, Aalto
- Reaktiotuotteiden vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen olosuhteissa (REPCOR); Jari Aromaa, Aalto
- Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA); Leena Carpén, VTT
- Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korroosio (MICOR); Pauliina Rajala, VTT

3. Kallioperä

- KARMO II – Kallion rakopintojen mekaaniset ominaisuudet, Mikael Rinne, Aalto
- ROSA: Rakosimulaattori, joka kunnioittaa rakojen mitattuja pituus- ja suuntajakaumia; Eevaliisa Laine, GTK

Tukiryhmä II Turvallisuuden arviointi ja innovaatiot (Petri Jussila)

4. Turvallisuusperustelu

Koordinoitu hankekokonaisuus **TURMET** (hankekoordinaattori lihavoituna)

- TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi osa 1; **Suvi Karvonen, VTT**
- Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi (TURMET) osa 2; Ahti Salo, Aalto

5. Nuklidikulkeutuminen

- Radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä; Kallion in situ tutkimukset (RaKu); Marja Siitari-Kauppi, HYRL
- C-14 vapautuminen metallijätteestä (Hiili-14); Tiina Heikola, VTT
- Radiohiilen kemialliset muodot ja sorptio kallioperässä; Merja Lusa, HYRL

6. Mikrobiologian vaikutukset

Koordinoitu hanke **MILORI** (hankekoordinaattori lihavoituna)

- Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituksen mikrobiologia (MAKERI); **Minna Vikman, VTT**
- Matala- ja keskiaktiivisen metallijätteen mikrobiologinen korroosio (CORLINE); Leena Carpén, VTT
- Mikrobiyhteisöjen rikkimetabolian loppusijoitusolosuhteissa (GEOBIOKIERTO); Hanna Miettinen, VTT

Muut hankkeet

- Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS); Riikka Kietäväinen, GTK

7. Biosfääri

- Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemeissä (YRMA); Jukka Juutilainen, UEF
- Biosfäärimallinnuksen vaihtoehtoiset menetelmät ja niiden arviointi (VABIA); Tarmo Lipping, TTY

8. Ydinjätehuollon teknologiat

- Kehittyneet polttoainekierrot - Uudet säädettävät erotusmateriaalit (SERMAT); Risto Koivula, HYRL
- Kehittyneet polttoainekierrot – Skenaario- ja inventaarilaskenta; Silja Häkkinen, VTT

Tukiryhmä III Yhteiskunta ja ihminen (Linda Kumpula)

9. Yhteiskuntatiede

- Governing Safety in Finnish and Swedish Nuclear Waste Regimes (SAFER); Matti Kojo TY

Mahdollisten hallintohankkeen alihankintoina tehtävien pienhankkeiden edistymisen seuranta kytketään temaattisesti sopivaan seurantaryhmään.

N.B. Infrahankkeen RADLAB (Radiological Laboratory Commissioning), Wade Karlsen, VTT, seuranta toteutetaan SAFIR2018-ohjelman tukiryhmän 6 kautta, jonka kokouksiin KYT2018-tukiryhmän puheenjohtajalle ja KYT2018-koordinaattorille varataan edustus. Hankkeen RADINFRA (Radiological laboratory equipment infrastructure investments) seuranta tapahtuu myös tässä tukiryhmässä. Hankkeen RADCNS (Radiological laboratory facility costs of the Centre for Nuclear Safety) seuranta toteutetaan työ- ja elinkeinoministeriössä.