

KYT2014

KANSALLINEN YDINJÄTEHUOLLON
TUTKIMUSOHJELMA
2011-2014

Vuosisuunnitelma
2012

Kari Rasilainen

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
1. Johdanto	4
2. Tutkimusohjelman tavoitteet	5
3. Tutkimushankkeet vuonna 2012	6
3.1 Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat	8
3.2 Ydinjätehuollon turvallisuustutkimus	9
3.2.1 Turvallisuusperustelu	9
3.2.2 Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky	9
3.2.3 Kapselin pitkäaikaiskestävyys	10
3.2.4 Muut turvallisuustutkimukset	12
3.3 Ydinjätehuoltoon liittyvä yhteiskuntatieteellinen tutkimus	14
Viitteet	15
Liite 1 KYT2014 hankekohtaiset tutkimusyhteenvedot 2012	16
Liite 2 KYT2014 organisaatio 2012	51
Liite 3 KYT2014 hankeseuranta 2012	53

ESIPUHE

Tämä on Kansallisen ydinjätehuollon tutkimusohjelman (KYT2014) sisällöllinen vuosisuunnitelma vuodelle 2012. Vuosisuunnitelmassa kuvataan tutkimusohjelman sisältöä hanke-esityksissä esitettyjen suunnitelmien perusteella.

Vuosisuunnitelmassa käsitellään rahoituskysymyksiä vain yleisellä tasolla. KYT2014-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 tutkimusyhteenvedot 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 Voiman ja Fortumin yhdessä omistamalla Posiva Oy:llä on Suomen laajin ydinjätehuollon tutkimus- ja kehitystyön ohjelma.

Säteilyturvakeskuksessa ydinjätehuollon valvonnan tekninen tukiohjelma liittyy suoraan sen viranomaisvalvontaan. Työ- ja elinkeinoministeriöllä (TEM) on kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT), jonka tarkoituksena on tuottaa asiantuntijaosaamista viranomaisten käyttöön.

Ydinjätehuollon toimintaympäristössä tapahtuu tutkimusohjelmakaudella 2011–2014 merkittäviä muutoksia sekä Suomessa että ulkomailla. Suunnitelmien mukaan Posiva Oy jättää ydinjätelaitoksen rakentamislupahakemuksen valtioneuvostolle vuoden 2012 loppuun mennessä. Suomessa on uusi ydinenergian ja ydinjätehuollon toimija, Fennovoima Oy.

Tutkimusohjelmakauteen ajoittuu myös useita muita ydinjätehuoltoon suoraan ja välillisesti liittyviä päätöksentekomenettelyjä. Ohjelmakauden aikana on tarkoitus ottaa nyt rakenteilla oleva ydinvoimalaitosyksikkö (Olkiluoto 3) käyttöön ja käsitellä uusien ydinvoimalaitosten (Olkiluoto 4, Fennovoima 1) rakentamislupahakemukset. Otaniemen tutkimusreaktorin (FiR1) käyttö lupa uusittiin v. 2011 vuoden 2023 loppuun asti. VTT käynnistää uusien ydintekniikan tilojen ja niihin liittyvien laitteistojen rakentamista Otaniemeen. Uudet tilat edistävät myös ydinjätehuollon ja radiokemian tutkimuksia.

Ruotsissa saatetaan loppuun käytetyn ydinpolttoaineen kapselointilaitoksen rakentamislupahakemuksen käsittely. Hakemus käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustilojen rakentamislupaa varten jätettiin viranomaisille vuoden 2011 maaliskuussa. USA:ssa nk. Blue Ribbon -komitea on raportoinut (BRC 2012) vaihtoehtoja Yucca Mountainiin kaavaillulle geologiselle loppusijoitukselle, josta luovuttiin v. 2010 poliittisella päätöksellä.

EU:n ydinenergia- ja ydinjätetutkimusta tehdään ns. Euratom-puiteohjelmien piirissä. Parhailaan on menossa 7. puiteohjelman (2007–2011) 2-vuotinen jatkoaika. Vuonna 2009 perustettiin teknologiayhteisö IGD-TP (Implementing Geological Disposal - Technology Platform), jonka tarkoituksena on ryhtyä merkittävältä osin koordinoimaan Euratomin piirissä tehtävää ydinjätehuollon tutkimusta. Suomesta IGD-TP:hen osallistuvat toistaiseksi Posiva ja VTT.

KYT2014-ohjelmaa edeltävälle KYT2010-tutkimusohjelmalle toteutettiin kansainvälinen arviointi vuonna 2007 (Apted et al. 2008). Arviointiryhmä totesi, että tutkimusohjelmassa siihen mennessä saavutetut tulokset ja ohjelman rahoitus ovat tasapainossa, eri tutkimusalueet ovat siinä edustettuina ja niitä voidaan pitää riittävinä. Arviointiryhmä esitti kehittämisehdotuksia muun muassa teknisen kehityksen seurantaan, yleiseen ydinjätehuoltoon liittyvään koulutukseen, osaamiskeskuksiin sekä laajoihin ja integroituihin tutkimusprojekteihin. Arviointiryhmän ehdotukset on otettu huomioon KYT2014-ohjelmaa suunniteltaessa koskien esim. laajoja integroituja hankkeita ja koulutuksen valmistelua. Samoin arviointiryhmän suositukset on otettu huomioon ohjelman organisoinnissa ja toimintaohjeen uusimisessa. Arviointiryhmän mainitsemia laajoja integroituja tutkimusprojekteja kutsutaan KYT2014-ohjelmassa koordinoituiksi hankkeiksi.

2. Tutkimusohjelman tavoitteet

KYT2014-tutkimusohjelman lähtökohdat perustuvat ydinenergilakiin (990/1987), 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 vertailuun*” (53 b § (19.12.2003/1131)).

Tutkimusohjelman sisältö muodostuu kansallisen osaamisen kannalta keskeisistä tutkimuskohteista. Keskeisimmiksi katsottuihin aihepiireihin kaavailaan koko tutkimuskauden kattavia koordinoituja hankkeita. Ydinjätehuollon valmistelutöihin, toteutukseen tai viranomaistarkastukseen suoraan kuuluvat hankkeet eivät kuulu KYT2014-tutkimusohjelmaan.

Ydinenergilain mukaan ydinjätehuoltovelvolliset vastaavat tuottamiensa jätteiden huollon suunnittelusta, toteutuksesta ja kustannuksista mukaan lukien tutkimus- ja kehitystyö. Siksi esim. ydinjätehuoltovelvollisten selvitysvelvollisuuden piiriin kuuluvat hankkeet eivät kuulu KYT2014-ohjelmaan. Myöskään STUKin valvontatyön suoraksi tueksi tehtävä tutkimus ei kuulu KYT2014-ohjelmaan.

KYT2014-tutkimusohjelma toimii samalla viranomaisten, ydinjätehuoltoa toteuttavien organisaatioiden ja tutkimuslaitosten välisenä keskustelu- ja tiedonvälitysohjelmana. Näin luodaan edellytyksiä rajallisten tutkimusresurssien tehokkaalle hyödyntämiselle ja pyritään varmistamaan siitä, että yksittäisiin tutkimushankkeisiin saadaan riittävän monipuolinen ja poikkitieteellinen tutkimusryhmä. Tehokkaalla tiedonvaihdoilla voidaan myös välttää mahdollista päällekkäistä tutkimusta sekä koordinoita esimerkiksi kansainvälisiin hankkeisiin osallistumista.

Valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR) rahoittaa vuosittain ydinjätehuollon tutkimushankkeita työ- ja elinkeinoministeriön esityksen perusteella. TEM:n esitys perustuu KYT-johtoryhmän rahoitussuositukseen. Vuosittain jaettava rahamäärä perustuu jätehuoltovelvollisten vastuumääriin ja on vuonna 2012 noin 1,7 miljoonaa euroa. Olkiluoto 3 -laitosyksikön käyttöönotto vaikuttaa aikanaan ydinjätehuoltovelvollisten vastuumääriin, jolloin tutkimusrahoitukseen on vastaavasti osoitettavissa enemmän varoja.

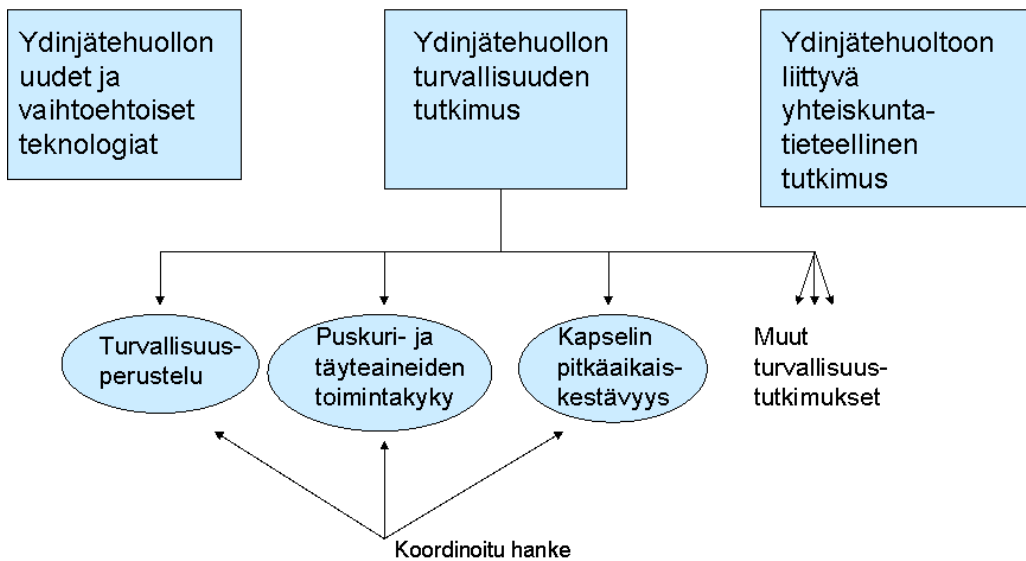
KYT2014-tutkimusohjelma tukee ja kannustaa osallistumaan ydinjätetutkimuksen kansainvälisiin ja EU-hankkeisiin. Hankkeita voidaan toteuttaa myös VYR:n ja muiden suomalaisten tai ulkomaisten rahoittajien yhteisrahoituksella. Yhteisrahoitteisiin hankkeisiin sovelletaan samoja rahoitusehtoja ja vaatimuksia kuin VYR:n rahoittamiin hankkeisiin. Yritysten osalta niihin sisältyy EU:n valtiontukisäännösten de minimis -sääntö.

KYT2014-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. KYT2014-ohjelma voi tarjota osarahoitusta väitöskirjatyölle, mikäli työ täyttää tutkimusohjelman sisältötavoitteet.

KYT2014-ohjelman tutkimussisältöön, raportointiin ja tiedonvälitykseen liittyvät tavoitteet on esitetty tarkemmin KYT:n puiteohjelmassa (TEM 2010). Tutkimusohjelman sisäinen työnjako on kuvattu toimintaohjeessa.

Vuonna 2012 ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksissa on pyritty laajoihin useampivuotisiin koordinoituihin hankkeisiin turvallisuusperusteluissa, puskuri- ja täyteaineiden toimintakyvyssä sekä kapselin pitkäaikaiskestävyydessä. Lisäksi on pyritty myös muihin ajankohtaisiin turvallisuustutkimuksiin. Fukushima ydinvoimalaitosonnettomuus on korostanut entisestään ydinlaitosten turvallisuustutkimuksen ja niihin liittyvän yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen merkitystä.

Kuvassa 1 on esitetty KYT2014-ohjelman tutkimusaihepiirit.



Kuva 1. KYT2014-ohjelman tutkimusaihepiirit (TEM 2011).

3. Tutkimushankkeet vuonna 2012

Vuoden 2012 hankehakuun lähetettiin yhteensä 35 hanke-esitystä ja yhteenlaskettuna VYR-rahoitusta haettiin 2,9 M€ Hanke-esitykset arvioitiin sisällöllisesti tukiryhmissä ja arvioinnissa kiinnitettiin huomiota seuraaviin kriteereihin, jotka myös ilmoitettiin hankehaun kutsukirjeessä:

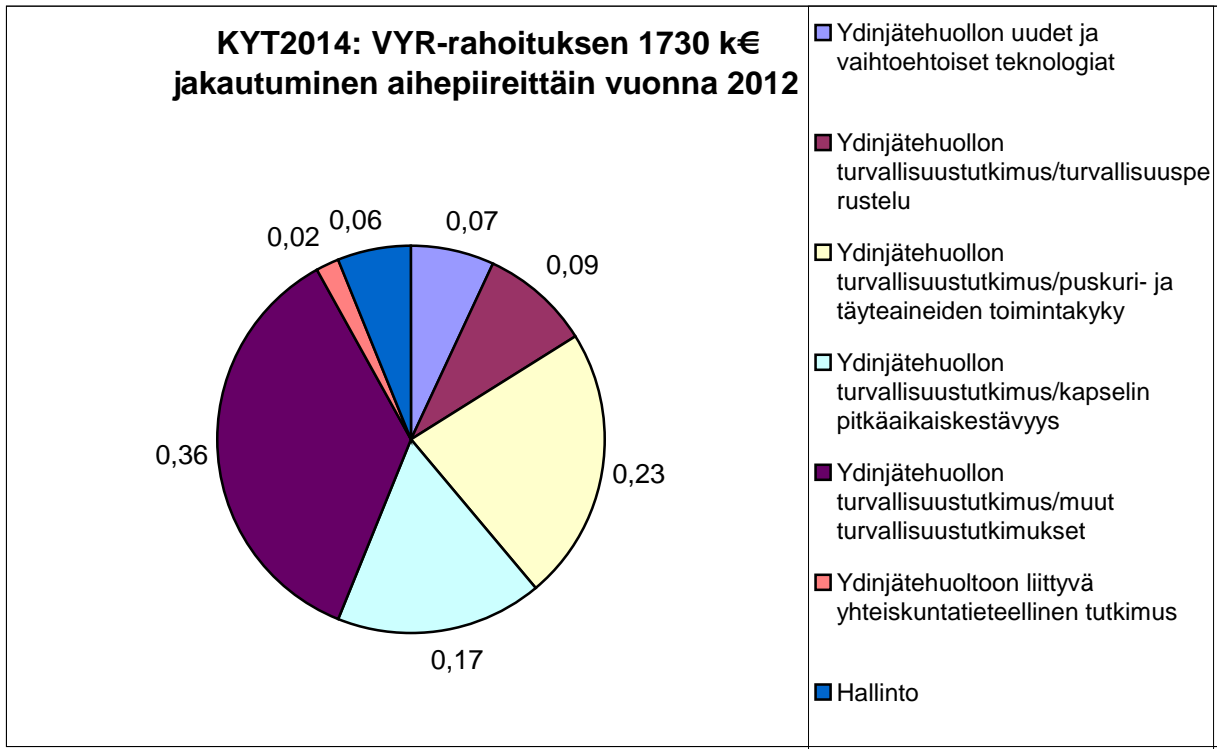
- merkittävyyttä ja hyödynnettävyyttä arvioidaan tutkimustarpeiden kannalta
- verkottuminen alan toimijoiden kesken tarkoittaa, että haetaan koottuja yhteisiä hankkeita ja ehyitä kokonaisuuksia
- koulutusvaikutus ja hanke-esityksen tieteelliset ansiot
 - uusien asiantuntijoiden kouluttaminen
 - uuden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

Tutkimusohjelman johtoryhmä laati tukiryhmien hankearvioiden pohjalta rahoitusesityksen ja kokosi tukiryhmien työn pohjalta hanke-esityksille sisällöllisen palautteen. Hankekohtaiset palautteet saatettiin hanke-esitysten tekijöiden tietoon. Lähes kaikkia rahoitettuja hankkeita jouduttiin leikkaamaan, koska hanke-esitysten yhteenlaskettu haettu VYR-rahoitus ylitti vuoden 2012 rahoitusvaran yli miljoonalla eurolla.

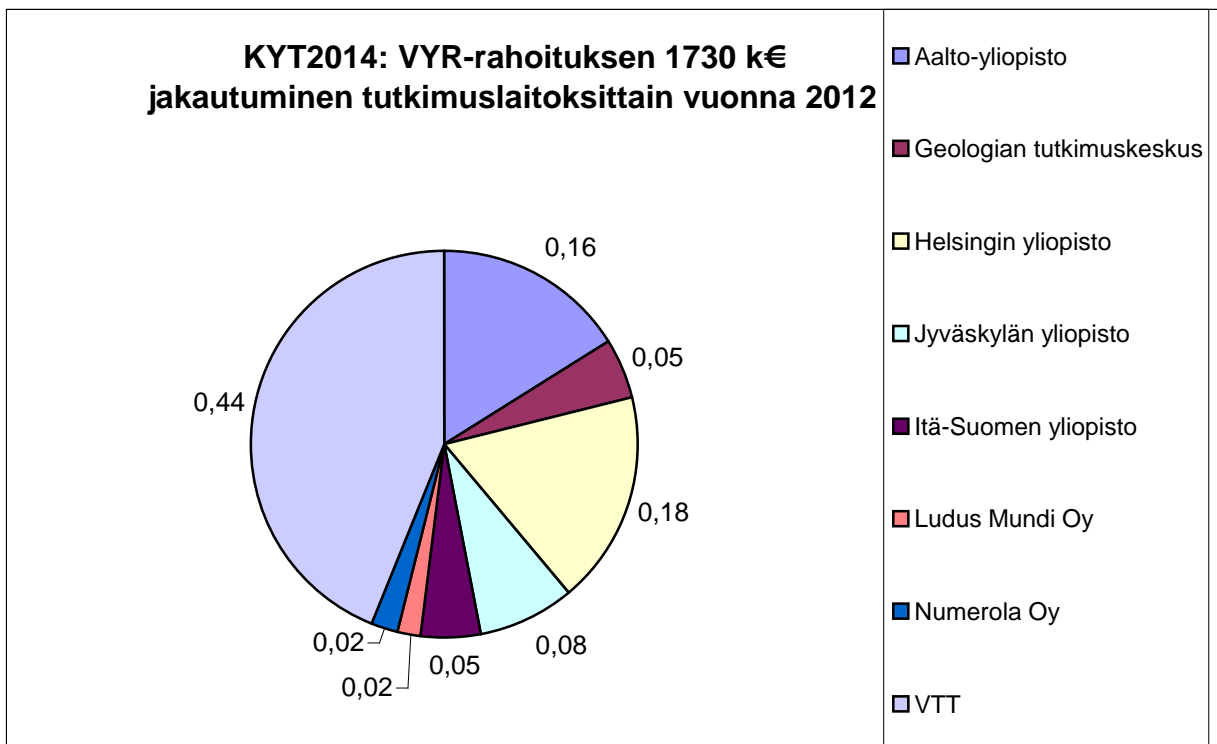
Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) teki johtoryhmän esityksen pohjalta rahoitusesityksen, johon pyysi lausunnon STUKilta. Valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR) teki lopullisen rahoituspäätöksen 8.3.2012. Vuonna 2012 KYT2014-ohjelmassa hankekokonaisuudelle myönnetty rahoitus on n. 1,7 M€ Kaikkiaan tutkimusohjelmassa myönnettiin VYR-rahoitusta 31 tutkimushankkeelle ja hallintohankkeelle. VYR-rahoituksen jakautuminen eri aihepiireihin on esitetty Kuvassa 2 ja eri tutkimuslaitoksille Kuvassa 3.

Tutkimusohjelman kokonaisrahoitus v. 2012 on n. 2,7 M€ josta VYR kattaa n. 1,7 M€ ja tutkimuslaitokset itse kattavat n. 1 M€ Tutkimus kokonaislaajuus on n. 26,5 henkilötyövuotta¹.

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



Kuva 2. VYR-rahoituksen jakautuminen eri aihepiireihin vuonna 2012.



Kuva 3. VYR-rahoituksen jakautuminen tutkimuslaitoksittain vuonna 2012.

Seuraavassa esitellään lyhyt yhteenveto vuoden 2012 hankekokoaisuuden sisällöstä. Hankekohtaiset kuvaukset ovat peräisin hanke-esityksistä. Liitteessä 1 on esitetty yksityiskohtaisemmat hankekohtaiset tutkimusyhteenvedot. Liitteessä 2 on kuvattu tutkimusohjelman organisaatio ja Liitteessä 3 tutkimushankkeiden seuranta vuonna 2012.

Vuonna 2012 hankekokonaisuus koostuu etupäässä ydinjätehuollon teknologioita ja turvallisuutta käsittelevistä tutkimushankkeista. Yhteiskuntatieteellisiä tutkimushankkeita on mukana yksi.

3.1 Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat

Vuonna 2012 ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat –aihepiiri koostuu kolmesta hankkeesta (Taulukko 1).

Taulukko 1. Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Kehittyneet polttoainekierron - Uudet erotustekniikat	Risto Harjula, HYRL
Kehittyneet polttoainekierron - Laskennallinen polttoainekiertoanalyysi	Tuomas Viitanen, VTT
Ydinjätteen transmutointi ADS-reaktorissa (FLUTRA)	Rainer Salomaa, Aalto

HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; Aalto=Aalto-yliopisto

Kehittyneet polttoainekierron - Uudet erotustekniikat

Hankkeen tavoitteena on asiantuntijan (radiokemian tohtorin) kouluttaminen P&T-erotustekniikan alalle erikoisalana epäorgaaniset ioninvaihtomateriaalit. Tohtorikoulutukseen liittyvän tutkimustyön tavoitteena on uusien nanohuokoisien metallioksidi-ioninvaihtimien tutkimus ja kehittäminen aktinidien erotukseen käytetystä ydinpolttoaineesta tai uusien nesteuttomenetelmien synnyttämistä sekundäärijäteliuoksista. Lisäksi tavoitteena on kehittyneiden polttoainekiertojen kansainvälisen tutkimuksen seuranta ja tiedonvälitys koskien uusia erikoistekniikoita. Hanke toteutetaan rinnakkaisena hankkeena VTT:n kanssa.

Kehittyneet polttoainekierron - Laskennallinen polttoainekiertoanalyysi

Hankkeen tavoitteena on sellaisen osaamisen ja laskentaympäristön hankkiminen, jolla voidaan tehokkaasti mallintaa erilaisia polttoainekierron ratkaisuja tähtäimenä ydinjätteen määrän ja aktiivisuuden huomattava vähentäminen. Pitkän aikavälin tavoitteena on päästä mukaan EU:n rahoittamaan tutkimusyhteistyöhön. Hankkeessa kehitetään transmutaatiolaitosten laskentakykyä ja ydinpolttoainekiertojen analysointivalmiutta Suomessa. Tämä toteutetaan pääosin Monte Carlo -tekniikkaan perustuvien (MCNP ja Serpent) ohjelmien, determinististen transport-teoriaan perustuvien (ERANOS) ohjelmien ja nykyisten kevytvesireaktorien laskentaohjelmien avulla sekä CEA:n kehittämällä COSI6-ohjelmalla ja IAEA:n kehittämällä NFCSS-ohjelmalla. Lisäksi seurataan alan kansainvälistä kehitystä ja tutkimusta. Ohjelmavalikoiman avulla kyetään analysoimaan sekä alikriittisiä että kriittisiä nopeita reaktoreita, arvioimaan transmutaatiolaitosten tehokkuutta ja simuloidaan siirtymistä termisistä reaktoreista nopeisiin reaktoreihin sekä arvioimaan, miten nopeasti uudenlaisia ratkaisuja tarvitaan, jos ydinenergian käyttö kasvaa nopeasti..

Ydinjätteen transmutointi ADS-reaktorissa (FLUTRA)

Hankkeen tavoitteena on transmutaatiotekniikoiden kriittinen arviointi sekä kehittää reaktorianalyysimenetelmiä ja niiden tarkkuutta suuren palaman polttoaineiden nuklidikonsentraatioiden laskemiseksi. Tarkka hajoamisketjujen kuvaaminen on edellytys harvinaisten, mutta mahdollisesti merkityksellisten nuklidien löytämiseksi. Hankkeessa lasketaan tapauskohtaiset arviot ydinjätteen hävittämisestä lyijyjähdytteisessä kiihdytinpohjaisessa reaktorissa.

Hanke toteutetaan FLUKA Monte Carlo koodilla käyttämällä Myrrha-kooreaktorin geometriaa ja laskemalla käytetty suuripalamainen polttoaine CASMO-koodilla ja/tai Serpentiin sovelletulla tarkalla nuklidimäärityksellä. Laskenta suoritetaan useassa polttoaine- ja transmutaatiokonfiguraatioissa sisältäen kriittisen ja alikriittisen latauksen.

Tuloksena saadaan omakohtainen arvio transmutaatiomenetelmän käyttökelpoisuudesta ja näin voidaan realistisesti verrata hankalimpien ydinjätenuklidien hävittämismahdollisuutta. Hanke myös selvittää suuren palaman aiheuttamaa problematiikkaa.

3.2 Ydinjätehuollon turvallisuustutkimus

3.2.1 Turvallisuusperustelu

Ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksen turvallisuusperustelu –aihepiiri koostuu neljästä hankkeesta, jotka yhdessä muodostavat koordinoitua hankkeen (Taulukko 2). Tässä koordinoitussa hankkeessa tutkimusryhmä on laatinut yhteisen työsuunnitelman, kokonaisbudjetin ja tutkimusyhteenvedon. Jokainen osahanke on kuitenkin jättänyt itsenäisen hanke-esityksen. Koordinoitu hanke käynnistyi v. 2011.

Taulukko 2. Ydinjätehuollon turvallisuustutkimusten turvallisuusperustelu (koordinoitu hanke LS-TUPER, hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER)	Markus Olin, VTT
Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER)/HYRL	Juhani Suksi, HYRL
Turvallisuusperustelun täydentävät tarkastelut TUPER/GTK	Lasse Ahonen, GTK
Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER); osahanke laskennallisen analyysimallin kehittäminen	Antti Lempinen, Ludus Mundi Oy

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio; GTK=Geologian tutkimuskeskus

Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER)

Koordinoitussa hankkeessa VTT:n, HYRL:n, GTK:n ja Ludus Mundi Oy:n kesken jatketaan vuonna 2011 aloitettua työtä, joka tähtää kokonaisvaltaisen turvallisuusperustelun laatimiseen KBS-3-tyyppiselle loppusijoitusratkaisulle omakohtaisen työn kautta. Hankkeessa opitaan tuntemaan turvallisuusperustelun skenaarioihin perustuva ajattelutapa ja skenaarioiden koostaminen, tiedon hankinnan ja yleistämisen menetelmät, vaihtoehtoisten käsitteellisten mallien ja tulkintojen muodostaminen, analyysien käytännön suorittaminen erilaisilla laskentamalleilla sekä tulosten luotettavuuden ja epävarmuuksien arviointimenetelmät.

3.2.2 Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky

Ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksen puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky –aihepiiri koostuu seitsemästä hankkeesta, jotka yhdessä muodostavat koordinoitua hankkeen (Taulukko 3). Tässä koordinoitussa hankkeessa tutkimusryhmä on laatinut yhteisen työsuunnitelman, kokonaisbudjetin ja tutkimusyhteenvedon. Jokainen osahanke on kuitenkin jättänyt itsenäisen hanke-esityksen. Koordinoitu hanke käynnistyi v. 2011.

Taulukko 3. Ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksen puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky (koordinoitu hanke BOA, hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA)	Markus Olin, VTT
Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA)	Antti Niemistö, Numerola Oy
Bentoniitin ominaisuuksien arviointi: mineralogiset tutkimukset GTK:ssa (BOA/GTK)	Mia Tiljander, GTK
Bentoniitin fenomenologinen THM-mallinnus (BOA-konsortion osahanke)	Markku Kataja, JYFL
Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA)	Ritva Serimaa, HYFL
Kolloidien vaikutus radionuklidien kulkeutumiseen (KOLORA)	Pirkko Hölttä, HYRL
Bentoniitin ja täyteaineiden lohkopintojen mekaaninen käyttäytyminen leikkausrasituksessa	Leena Korkiala-Tanttu, Aalto

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; GTK=Geologian tutkimuskeskus; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; HYFL=Helsingin yliopiston fysiikan laitos, HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio, Aalto=Aalto-yliopisto

Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA)

Koordinoidussa hankkeessa on tavoitteena ymmärtää bentoniitin käyttäytymistä loppusijoitusolosuhteissa ja tutkia kvantitatiivisesti turvallisuuden kannalta keskeisinä pidettyjä selvityskohteita (esim. eroosioilmiöt tai montmorillonitiin muuntuminen). BOA-hankkeen konsortio-osapuolet (VTT, GTK, Jyväskylän, Helsingin ja Aalto yliopistot ja Numerola Oy) muodostavat bentoniittitutkimuksen osaamiskeskuksen. BOA muodostaa jatkumon edellisen KYT-ohjelman hankkeista (PUSKURI, MOPO, KOLKU), ja lisäksi on mukana mikrobiitutkimuksen peruskartoitusta ja eri mittakaavojen kokeellista toimintaa suunnitteleva alihanke.

3.2.3 Kapselin pitkäaikaiskestävyys

Ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksen kapselin pitkäaikaiskestävyys –aihepiiri koostuu viidestä hankkeesta, jotka yhdessä muodostavat koordinoidun hankkeen Long-Term Integrity of Copper Overpack (L-TICO) (Taulukko 4). Tässä v. 2012 aloittaneessa uudessa koordinoidussa hankkeessa ei ole varsinaista yhteistä työohjelmaa samalla tavalla kuin edellä kuvatuissa koordinoiduissa hankkeissa. Jokainen osahanke on laatinut omaa osuuttaan koskevan työsuunnitelman ja tutkimusyhteenvedon omassa hanke-esityksessään.

Taulukko 4. Ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksen kapselin pitkäaikaiskestävyys (koordinoitu hanke L-TICO, hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Hitsatun kuparivaipan pitkäaikaiskestävyys (MICO)	Juhani Rantala, VTT
Kuparisen ydinjätekapselfin mekaaniset ominaisuudet	Hannu Hänninen, Aalto
Sulfidien aiheuttama kuparin haurastuminen (CUHA)	Timo Saario, VTT
Korroosion monitorointi loppusijoitusolosuhteissa (KAISA)	Timo Saario, VTT
Kuparin korroosio hapettomassa vedessä	Antero Pehkonen, Aalto

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; Aalto=Aalto-yliopisto

Seuraavassa esitetään koordinoitu hanke L-TICO osahankkeittain.

Hitsatun kuparivaipan pitkäaikaiskestävyys (MICO)

Tavoitteena on kapselikuparin pitkäaikaiskestävyyden määrittäminen ja eliniän ennustaminen. Painopiste on hitsatun OFP-kuparin pitkäaikaiskokeissa, joita täydennetään kokeilla eri lämpötiloissa. Erityisesti selvitetään moniaksaalisuuden elinikävaikutus, josta ei ole ilmiönä yksimielisyyttä. Kapselin virumisanalyysia kehitetään edelleen keskittyen hitsin alueelle. Keskeisinä koemenetelminä ovat moniaksaalikokeet CT-sauvoilla ja lovetuilla yksiaksaalisilla koesauvoilla sekä puhtaan virumisen että yhdistetyn virumisen ja korroosion olosuhteissa (Olkiluodon simuloitu pohjavesi, alkuvaiheen happitransitio). Vertailumateriaalina on hapeton puhdas kupari (OFHC), jota käytetään vertailuun suhteellisen hauraan raerajamurtuman (teoreettisen ääritilan) suhteen. Hanke toteutetaan yhteistyönä VTT:n ja Aalto-yliopiston kesken kansallisen KYT-ohjelman ja Ruotsin säteilyturvaviranomaisen (SSM Strålsäkerhetsmyndigheten) tuella.

Kuparisen ydinjättekapselin mekaaniset ominaisuudet

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 säröily pitkäaikaisessa käytössä ja mallintaa sen käyttäytyminen luotettavasti. Tutkimuksessa selvitetään myös vedyn absorptiota ja sen vaikutusta kuparin mekaanisiin ominaisuuksiin.

Sulfidien aiheuttama kuparin haurastuminen (CUHA)

Edeltävässä projektissa 2009-10 todettiin uusi kuparin mahdolliseen haurastumiseen/jännityskorroosioon johtava mekanismi, jonka aiheuttaa rikin diffuusio pohjavedestä kuparin sisään raerajoja pitkin. Hankkeen tavoitteena on määrittää kuparin sisään diffundoituvan rikin määrän riippuvuus pohjaveden sulfidipitoisuudesta, ajasta ja kuparin jännitystilasta sekä mikä vaikutus raerajoille keskittyvällä rikillä on kuparin mekaaniseen kestävyteen.

Korroosion monitorointi loppusijoitusolosuhteissa (KAISA)

Keskeisten teknisten vapautumisesteiden korroosioriskiä pyritään ennakoimaan sekä kokeellisin mittauksin että mallinnuksella. Tähän mennessä tehdyissä kokeellisissa mittauksissa on havaittu varsin suurta hajontaa ja puutteita käytettyjen tekniikoiden luotettavuudessa.

Tämän projektin keskeisenä tavoitteena on evaluoida, kehittää ja verifioida potentiaaliset in situ on-line korroosionopeuden mittaustekniikat siten, että niillä saatuja tuloksia voidaan käyttää kuparikapselin korroosiomallien verifiointissa ja siten, että niiden toimivuus simuloituissa loppusijoitusolosuhteissa ja mahdollisesti tulevissa Olkiluodon Onkalossa tehtävissä mittauksissa voidaan taata.

Kuparin korroosio hapettomassa vedessä

V. 2011 on kokeissa, joissa kupari on ollut ultrapuhaassa vedessä, havaittu kahdessa kokeessa pieniä määriä vetyä, mutta kahdessa ei. Tämän jatkohankkeen tavoite on saada varmuus siitä, kehittykö kuparin korroosioreaktioissa hapettomassa vedessä todella vetyä vai ei. Hanke toteutetaan samalla konsortiolla kuin vuosina 2009 ja 2010 siten, että Aalto-yliopisto ja VTT toteuttavat tutkimuksensa pääosin KYT-rahoituksella ja Studsvik Nuclear AB itse hankkimallaan rahoituksellaan. 2012 kokeita tehdään simuloituissa pohjavedessä sekä puhtaassa vedessä. Koekennot on tehty ruostumattomasta teräksestä ja kuparista. Kuparikennossa voidaan estää ruostumattoman teräksen mahdolliset vetyä tuottavat reaktiot veden kanssa. Kuparikennossa tullaan mittaamaan on-line-mittauksena myös liuoksen redox-potentiaali ja kuparin korroosipotentiali, joilla mittauksilla saadaan lisätietoa mahdollisesta vedyn muodostumisen termodynaamisista tekijöistä. Tämän lisäksi tutkimuksessa arvioidaan, mikäli

vetyä todella syntyy, loppusijoituksessa syntyvän veden vaikutus kuparikapselin korroosionkestoon ja vedyn mahdollisesti aiheuttamat riskit.

3.2.4 Muut turvallisuustutkimukset

Muut turvallisuustutkimukset –aihepiiri koostuu 11 hankkeesta (Taulukko 5).

Taulukko 5. Muut turvallisuustutkimukset.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Kallion in situ tutkimukset	Marja Siitari-Kauppi, HYRL
Kolmenarvoisten aktinidien kiinnittyminen savi- ja (hydr)oksidimineraalien pinnalle	Nina Huittinen, HYRL
Kiven kolmiulotteisen huokosrakenteen yhdistäminen matriisidiffuusiomallinnukseen	Jussi Timonen, JYFL
Syvien kalliopohjavesien mikrobiologinen kartoitus (Geomikro)	Merja Itävaara, VTT
Kallioperän suolaiset fluidit, kaasut ja mikrobit (SALAMI)	Ilmo Kukkonen, GTK
Syvän kallioperän bioinformatiikka (GEOBIOINFO)	Juho Rousu, Aalto
Betonisten vapautumisesteiden säilyvyys voimalaitosjätteen loppusijoituksessa. Osaprojekti 1	Jari Puttonen, Aalto
Betonisten vapautumisesteiden säilyvyys voimalaitosjätteen loppusijoituksessa. Osaprojekti 2	Eila Lehmus, VTT
C-14 vapautuminen loppusijoituksessa (HIILI-14)	Kaija Ollila, VTT
Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen empiirisen aineiston valossa	Jukka Juutilainen, UEF
Mikrobiologisen korroosion riskit Suomen loppusijoitusolosuhteissa	Leena Carpen, VTT

HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio; Aalto=Aalto-yliopisto; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; GTK=Geologian tutkimuskeskus; HY=Helsingin yliopisto; UEF=Itä-Suomen yliopisto

Kallion in situ tutkimukset

Projektin tavoitteena on kehittää menetelmiä radionuklidien kulkeutumisen tutkimiseen in situ olosuhteissa. Työssä selvitetään, vaikuttaako kemiallisten ja/tai fysikaalisten olosuhteiden muutokset in situ - ja laboratoriokokeiden välillä niihin parametreihin, joita käytämme arvioitaessa radionuklidien kulkeutumista kalliassa. Tutkimus toteutetaan osana kansainvälistä tutkimusohjelmaa Grimselin vuorilaboratoriossa Sveitsissä. Vuoden 2012 projektissa käytetään Poitiersin yliopiston ja Jyväskylän yliopiston kanssa kehitettyä matriisidiffuusiomallia, joka ottaa huomioon kiven heterogeenisen huokos- ja mineraalirakenteen. Mallia kehitetään edelleen kemiallisia prosesseja huomioonottavaksi.

Kolmenarvoisten aktinidien kiinnittyminen savi- ja (hydr)oksidimineraalien pinnalle

Hankkeessa tutkitaan käytetyssä polttoaineessa olevien kolmenarvoisten aktinidien ja lantanidien kiinnittymismekanismia savi- ja (hydr)oksidimineraalien pinnoille. Hankkeen tavoite on syventää tärkeiden ydinjäteaineiden sorption mallintamisessa tarvittavaa tietoa, jota käytetään radionuklidien pidättymisen ja kulkeutumisen arviointiin sekä lähi- että kaukoalueilla. Hanke toteutetaan Helsingin yliopiston radiokemian laboratoriossa yhteistyössä Karlsruhen teknillisen instituutin, Tallinnalaisen kemiallisen fysiikan ja biofysiikan instituutin ja suomalaisten asiantuntijoiden kanssa. Tutkimuksessa käytetään moderneja spektroskopisia menetelmiä lantanidien ja aktinidien adsorptiomekanismien selvittämiseksi mineraalien –OH-ryhmiin sekä yksityiskohtaisia sorptiokokeita massavaihdon selvittämiseksi.

Kiven kolmiulotteisen huokosrakenteen yhdistäminen matriisidiffuusiomallinnukseen

Hankkeen tavoitteena on mallintaa TDD-menetelmää käyttäen matriisidiffuusiota röntgentomografialla ja ¹⁴C-PMMA -menetelmällä saatavassa heterogeenisessä huokosrakenteessa. Erityisesti tavoitteena on implementoida TDD-malliin yksinkertaisia mineraalispesifisiä sorptioprosesseja kuten ioninvaihtoa. Mallinnus tehdään Grimselin vuorilaboratoriosta saataville, in situ -kokeisiin liittyville näytteille. Hanke tehdään tiiviissä yhteistyössä HYRL:n kanssa, ja se toteutetaan kaksivuotisena projektina Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella. Yhteistyössä ovat lisäksi mukana Poitiersin yliopisto ja Grimselin vuorilaboratorio.

Syvien kalliopohjavesien mikrobiologinen kartoitus (GEOMIKRO)

Hankkeen tavoitteena on tuottaa tietoa syvien kalliopohjavesien mikrobilajistoista ja niiden toiminnasta. Toisaalta tavoitteena on tuottaa sellaista tietoa, jota voidaan hyödyntää ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyysien tukena.

Tuloksena saadaan tietoa syvien kalliopohjavesien mikrobiyhteisöistä ja niiden toiminnasta sekä merkittävistä korroosioriskeistä kuten anaerobisen metaanin hapettumisen esiintymisestä pohjavesiolosuhteissa sekä sulfaattia pelkistävistä mikrobeista ja kineettisen sulfaatin pelkistymisen toimivuudesta pohjavesien sulfaatin pelkistyspotentiaalin arvioinnissa. Lisäksi tietoa saadaan syvien biosfäärien mikrobilajistoista ja niiden toiminnasta ja aineenvaihduntareiteistä. Hanke toteutetaan yhteistyössä GTK:n SALAMI-projektin ja Aalto-yliopiston GEOBIOINFO-projektin kanssa.

Kallioperän suolaiset fluidit, kaasut ja mikrobit (SALAMI)

GTK:n SALAMI-hanke 2011-2014 tutkii suolaisten kalliopohjavesien, kaasujen ja mikrobien välisiä yhteyksiä, jotka vaikuttavat loppusijoitussysteemin lähialueen (erit. bentoniitti ja kapseli) toimintaan ja pysyvyyteen. Hanke on kiinteässä yhteistyössä mikrobiologista tutkimusta ja bioinformatiikkaa tekevien VTT:n GEOMIKRO-hankkeen ja Aalto-yliopiston GEOBIOINFO-hankkeen kanssa. GFZ-Potsdamin (Saksa) kanssa tehdään yhteistyötä erityisesti jalokaasujen tutkimuksessa. Hankkeiden yhteisenä tavoitteena on selvittää syvän biosfäärin makroskooppisesti ja mikrobiologisesti havaittavat biogeokemialliset prosessit. SALAMI:ssa keskitytään fluidien ja kaasujen kemiallisen ja isotooppikoostumuksen tutkimukseen. Outokummun syväreikää käytetään tutkimuskohteena, loppusijoituspaikan analogiana ja syvälaboratoriona. Suolaisten fluidien viipymäaikojen tutkimusta tehdään jalokaasujen avulla. Mikrobien in situ -viljelyyn kehitetään biofilmiansoja, joiden avulla simuloidaan loppusijoituksen kaltaisia olosuhteita yhteistyössä muiden KYT2014-hankkeiden kanssa. Kallioperän biosfäärin diversiteetin kartoitus aloitetaan käyttäen loppusijoituksen entisten ehdokaspaikkojen syviä kairareikiä. Syvän biosfäärin energiataarkasteluissa tutkitaan radiolyyttisen vedyn roolia energialähteenä.

Syvän kallioperän bioinformatiikka (GEOBIOINFO)

GEOBIOINFO-hanke kehittää ja soveltaa bioinformatiikan menetelmiä ja työkaluja kallioperän mikrobiyhteisöjen toiminnan ymmärtämiseksi. Hankkeessa rekonstruoidaan syväreikänäytteistä saadun mikrobiyhteisön genomien perusteella mikrobiyhteisön aineenvaihduntaverkkoja ja analysoidaan aineenvaihduntareittien aktiivisuutta hyödyntäen geokemiallista dataa. Hankkeen koulutuksellisenä tavoitteena on synnyttää uutta asiantuntemusta metagenomiyhteisöjen aineenvaihdunnan mallinnusmenetelmien kehittämiseen ja niiden soveltamiseen.

Betonisten vapautumisesteiden säilyvyys voimalaitosjätteen loppusijoituksessa. Osaprojektit 1 ja 2

Tutkimuksen tavoitteena on parantaa olemassa olevaa tiedon tasoa betonisten vapautumisesteiden säilymisestä loppusijoitusolosuhteissa ja hankkia valmiudet arvioida vapautumisesteiden käyttöikä

entistä realistisemmin. Yhtenä keskeisenä tavoitteena on tarkentaa vuoden 2011 aikana kehitetyn termodynamiikkaan pääosin perustuvan tunkeumamallin parametrit kokeellisella tutkimuksella ja hallita tilastollisesti mallin epävarmuustekijöitä. Toisena tavoitteena on selvittää ja dokumentoida 13 vuotta kemiallisissa liuoksissa olleiden betonikoekappaleiden tämän hetkinen kunto ja arvioida koetulosten perusteella betonin turmeltumismekanismeja sekä käyttää koetuloksia esitetyn mallin kehitykseen. Hanke toteutetaan Aalto-yliopiston (Osaprojekti 1) ja VTT:n (Osaprojekti 2) yhteistyönä.

C-14 vapautuminen loppusijoituksessa (HIILI-14)

Hankkeen tavoitteena on selvittää voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen aktiivisissa metallikomponenteissa olevan C-14 isotoopin vapautumista pohjaveteen loppusijoitusolosuhteissa, veteen syntyviä liuennetta ja kaasumaisia hiilen kemiallisia olomuotoja, erityisesti niiden jakautumista orgaanisiin ja epäorgaanisiin muotoihin. Hankkeen toteutus alkoi 2011. Vuonna 2012 tehdään säteilyttämättömän materiaalin kokeet. Kokeiden parametrit valitaan esikokeiden tulosten ja vuonna 2011 tehdyn kirjallisuustutkimuksen tulosten perusteella. Kokeet tehdään synteettisessä pohjavedessä, joka simuloi voimalaitosjätteen loppusijoitusolosuhteita. Selvitetään mahdollisuudet saada riittävästi jäähtynyttä aktiivista terästä ja tehdään suunnitelmat niiden kokeita varten. Tutkimus tähtää C-14 vapautumisen realistisempaan mallintamiseen loppusijoituksen turvallisuustarkasteluissa. Tuloksia voidaan hyödyntää myös KYT2014-ohjelmaan ehdotetussa 'Loppusijoituksen turvallisuusperustelu' hankkeessa. HY:n radiokemian laitos tutkii C-14 pidättymismekanismeja alihankintaprojektina. HY:n osuus on lisäksi alkuperäiseen suunnitelmaan. Hanke toteutetaan kolmivuotisena projektina 2011...2013.

Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittämisen empiirisen aineiston valossa

Hankkeen tavoitteena on empiirisen tiedon valossa tarkentaa suomalaisen metsäekosysteemiin soveltuvaa radioekologista mallintamista ja sen käyttöä loppusijoituksen mahdollisten riskien arviointiin. Hankkeessa mallinnetaan valittujen alkuaineiden siirtymistä maaperästä kasveihin perustuen tähänastisessa työssä määritettyihin epälineaarisiin yhtälöihin, pyrkien selvittämään kuinka paljon radioekologisten mallien ennusteet muuttuvat ja tarkentuvat perinteisiin lineaarisuusoletukseen perustuviin malleihin verrattuna. Eläimiin siirtymistä tarkastellaan kokeellisesti.

Mikrobiologisen korroosion riskit Suomen loppusijoitusolosuhteissa

Hankkeen tavoitteena on arvioida biofilmien muodostumista ja mikrobiologisen korroosion riskiä metallisille materiaaleille (purkujättemateriaalit) Suomen loppusijoitusolosuhteissa. Tutkimukset suoritetaan sekä projektin aikana luotavassa koeympäristössä laboratoriossa että loppusijoitusalueella tehtävillä kenttäkokeilla. Tuloksia hyödynnetään arvioitaessa purkujättemetallien mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista. Hankkeessa otetaan käyttöön uusia sähkökemiallisia mittausten menetelmiä paikallisen korroosion tutkimiseen ja uusia, entistä tarkempia, molekyylibiologisia mikrobimääritysmenetelmiä. Menetelmiä voidaan hyödyntää laajasti erilaisissa sovellutusympäristöissä. Hankkeessa koulutetaan osaajia ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimuksen osa-alueelle.

3.3 Ydinjätehuoltoon liittyvä yhteiskuntatieteellinen tutkimus

Vuonna 2012 ydinjätehuoltoon liittyvä yhteiskuntatieteellinen tutkimus –aihepiiri koostuu yhdestä hankkeesta (Taulukko 6).

Taulukko 6. Ydinjätehuoltoon liittyvä yhteiskuntatieteellinen tutkimus.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Käytetyn ydinpolttoaineen geologisen sijoituksen kansainväliset sosio-tekniiset ja turvallisuus haasteet – Suomi ja EU – FiNSOTEC 2012-2014	Tapio Litmanen, JY

JY=Jyväskylän yliopisto

Käytetyn ydinpolttoaineen geologisen sijoituksen kansainväliset sosio-tekniiset ja turvallisuus haasteet – Suomi ja EU – FiNSOTEC 2012-2014

Empiirinen tavoite on identifioida eri näkemykset Suomen ydinjätehuollon sosio-tekniisistä ja turvallisuushaasteista. Tavoite on katsoa kuinka eri toimijat (tekniis-tieteellinen yhteisö, hallinto, kansalaisyhteiskunta ja markkinatoimijat) hahmottavat jäljellä olevat sosio-tekniiset haasteet. Toinen empiirinen tavoite on päivittää tietämystä suomalaisesta uudesta (v. 1999 jälkeen julkaistusta) yhteiskuntatieteellisestä ydinjätetutkimuksesta. Tutkimus perustuu neljään erilaiseen aineistoon: 1. media-aineisto (mm. ATS Ydintekniikka-lehti), 2. asiantuntijahaastattelut (6 kpl), 3. dokumenttiaineistot, 4. yhteiskuntatieteellinen ydinjätetutkimus. Tutkimusta varten on jo vuoden 2011 jälkimmäisellä puolella haastateltu 6 suomalaista ydinjätehuollon asiantuntijaa. Käyty alustavasti lävitse ATS ydintekniikka lehden vuosikertoja (1999-2010). Hankittu suomalaisten ydinjätehuollon tutkimus- ja kehittämistoiminnasta kertovaa dokumenttimateriaaleja ja raportteja. Koottu v. 1999 jälkeen julkaistun suomalaisen yhteiskuntatieteellisen ydinjätetutkimuksen aineisto. Tulokset kertovat, kuinka eri toimijat näkevät ydinjätehuollon sosio-tekniiset ja turvallisuushaasteet. Tulokset auttavat hahmottamaan ydinjätehuollon haasteita ja turvallisuuskysymyksiä.

Viitteet

Apted, M, Papp, T. & Salomaa R. 2008, KYT 2010 Review Report, Publications of the Ministry of Employment and the Economy, Energy and Climate 2/2008, 26 s.

BRC 2012, Blue Ribbon Commission on America's Nuclear Future. Report to the Secretary of Energy, (http://brc.gov/sites/default/files/documents/brc_finalreport_jan2012.pdf).

TEM, 2010, Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma, KYT2014. Puiteohjelma tutkimuskaudelle 2011–2014. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto 68/2010, 32 s.

Liite 1 KYT2014 hankekohtaiset tutkimusyhteenvedot 2012

Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Kehittyneet polttoainekierrot - Uudet erotustekniikat	Risto Harjula, HYRL
Kehittyneet polttoainekierrot - Laskennallinen polttoainekiertoanalyysi	Tuomas Viitanen, VTT
Ydinjätteen transmutointi ADS-reaktorissa (FLUTRA)	Rainer Salomaa, Aalto

HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; Aalto=Aalto-yliopisto

Ydinjätehuollon turvallisuustutkimus

Turvallisuusperustelu (koordinoitu hanke LS-TUPER, hankekoordinaattori lihavoituna)

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER)	Markus Olin, VTT
Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER)/HYRL	Juhani Suksi, HYRL
Turvallisuusperustelun täydentävät tarkastelut TUPER/GTK	Lasse Ahonen, GTK
Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER); osahanke laskennallisen analyysimallin kehittäminen	Antti Lempinen, Ludus Mundi Oy

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio; GTK=Geologian tutkimuskeskus

Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky (koordinoitu hanke BOA, hankekoordinaattori lihavoituna)

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA)	Markus Olin, VTT
Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA)	Antti Niemistö, Numerola Oy
Bentoniitin ominaisuuksien arviointi: mineralogiset tutkimukset GTK:ssa (BOA/GTK)	Mia Tiljander, GTK
Bentoniitin fenomenologinen THM-mallinnus (BOA-konsortion osahanke)	Markku Kataja, JYFL
Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA)	Ritva Serimaa, HYFL
Kolloidien vaikutus radionuklidien kulkeutumiseen (KOLORA)	Pirkko Hölttä, HYRL
Bentoniitin ja täyteaineiden lohkopintojen mekaaninen käyttäytyminen leikkausrasituksessa	Leena Korkiala-Tanttu, Aalto

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; GTK=Geologian tutkimuskeskus; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; HYFL=Helsingin yliopiston fysiikan laitos, HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio, Aalto=Aalto-yliopisto

Kapselin pitkäaikaiskestävyys (koordinoitu hanke L-TICO, hankekoordinaattori lihavoituna)

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Hitsatun kuparivaipan pitkäaikaiskestävyys (MICO)	Juhani Rantala, VTT
Kuparisen ydinjätekapselin mekaaniset ominaisuudet	Hannu Hänninen, Aalto
Sulfidien aiheuttama kuparin haurastuminen (CUHA)	Timo Saario, VTT
Korroosion monitorointi loppusijoitusolosuhteissa (KAISA)	Timo Saario, VTT
Kuparin korroosio hapettomassa vedessä	Antero Pehkonen, Aalto

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; Aalto=Aalto-yliopisto

Muut turvallisuustutkimukset

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Kallion in situ tutkimukset	Marja Siitari-Kauppi, HYRL
Kolmenarvoisten aktinidien kiinnittyminen savi- ja (hydr)oksidimineraalien pinnalle	Nina Huittinen, HYRL
Kiven kolmiulotteisen huokosrakenteen yhdistäminen matriisidiffuusiomallinnukseen	Jussi Timonen, JYFL
Syvien kalliopohjavesien mikrobiologinen kartoitus (Geomikro)	Merja Itävaara, VTT
Kallioperän suolaiset fluidit, kaasut ja mikrobit (SALAMI)	Ilmo Kukkonen, GTK
Syvän kallioperän bioinformatiikka (GEOBIOINFO)	Juho Rousu, Aalto
Betonisten vapautumisesteiden säilyvyys voimalaitosjätteen loppusijoituksessa. Osaprojekti 1	Jari Puttonen, Aalto
Betonisten vapautumisesteiden säilyvyys voimalaitosjätteen loppusijoituksessa. Osaprojekti 2	Eila Lehmus, VTT
C-14 vapautuminen loppusijoituksessa (HIILI-14)	Kaija Ollila, VTT
Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen empiirisen aineiston valossa	Jukka Juutilainen, UEF
Mikrobiologisen korroosion riskit Suomen loppusijoitusolosuhteissa	Leena Carpén, VTT

HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio; Aalto=Aalto-yliopisto; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; GTK=Geologian tutkimuskeskus; HY=Helsingin yliopisto; UEF=Itä-Suomen yliopisto

Ydinjätehuoltoon liittyvä yhteiskuntatieteellinen tutkimus

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Käytetyn ydinpolttoaineen geologisen sijoituksen kansainväliset sosio-tekniset ja turvallisuus haasteet – Suomi ja EU – FiNSOTEC 2012-2014	Tapio Litmanen, JY

JY=Jyväskylän yliopisto

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2012

Tutkimushankkeen nimi Kehittyneet polttoainekierrot – uudet erotustekniikat		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Advanced nuclear fuel cycles – new separation technologies		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopisto, kemian laitos, radiokemian laitos	Vastuuhenkilö FT Risto Harjula, dosentti	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) 3.1. Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat/nuklidierotus ja transmutaatio		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Jatkoa vuonna 2011 alkaneelle projektille		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT	Ulkomaiset organisaatiot COST EUFEN	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? 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. HYRL:in osalta on pyrkimyksenä päästä mukaan EU:n 7. tai ainakin 8. puiteohjelman (2013-) kv. hankkeisiin esimerkiksi Fortumin ja VTT:n kanssa. Hankkeeseen sisältyvä kehittyneiden polttoainekiertotekniikoiden tutkimuksen seuranta antaa tutkimuslaitoksille, viranomaisille ja voimayhtiöille ajantasaista tietoa käytetyn ydinpolttoaineen suoran loppusijoituksen yhdestä vaihtoehdosta.		
Tuloskategoria Uusia testattuja ja karakterisoituja aktinidien erotusmateriaaleja 10-15 kpl	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 LuK työ tai Pro Gradu-tutkielma
Tutkimuksen tavoite Hankkeen tavoitteena on asiantuntijan (radiokemian tohtorin) kouluttaminen P&T-erotustekniikan alalle. Tohtorikoulutukseen liittyvän tutkimustyön tavoitteena on uusien nanohuokoisien metallioksidioninvaihtimien tutkimus ja kehittäminen aktinidien erotukseen käytetystä ydinpolttoaineesta tai uusien nesteuttomenetelmien synnyttämistä sekundäärijäteliuoksista. Lisäksi tavoitteena on kehittyneiden polttoainekierrojen kansainvälisen tutkimuksen seuranta ja tiedonvälitys koskien uusia erikoistekniikoita		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain 1. Kehittyneiden polttoainekierrojen uusimman tutkimuksen seuranta - seurantaraportti yhdessä VTT:n projektin kanssa 2. TUTKIMUSTYÖ 2.1. Metallisekametallioksidien syntetisointi. 10-15 eri tuotetta 2.2. Alustava testaus (Am- ja Eu-sorptiokyky typpihaposta) 2.3. Sekametallioksidien karakterisointi (FeSEM, XRD) 2.4. Eluutiokokeet (Am:n ja Eu:n erottaminen toisistaan) - Tieteellinen artikkelikäsikirjoitus		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Julkaisut ks. Edellinen kohta, opinnäytetyöt: LuK-tutkielma/tutkimusprojekti		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Tiedottaminen GEN4FIN-seminaarissa		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2012

Tutkimushankkeen nimi Kehittyneet polttoainekierrat - Laskennallinen polttoainekiertoanalyyssi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Advanced Fuel Cycles - Computational Fuel Cycle Analysis		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuhenkilö Tuomas Viitanen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on nelivuotinen ja jatkoa vuoden 2011 samannimiselle projektille. Kokonaisuudessaan hanke on jatkoa aiemmalle projektille KYT2010-ohjelmassa: "Suomalainen erotus- ja transmutaatiotekniikan tutkimus"		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot HYRL	Ulkomaiset organisaatiot CEA, Tarton yliopisto	Muut tutkimusohjelmat, tms. SAFIR2014
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Projektissa kehitettävällä laskentaohjelmistolla mallinnetaan erilaisia polttoainekierron ratkaisuja, joiden avulla vähennetään käytetyn polttoaineen jälkilämpöä ja pitkäikäisten isotooppien määrää. Tämä pienentää loppusijoituksen tarvitsemää tilaa ja merkittävästi vähentää ydinjätteen loppusijoituksen vaatimaa aikaa.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) tietokoneohjelmistot, kansallisen osaamisen kehittäminen	Julkaisujen lukumäärä 3 tutkimusraporttia	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tutkimuksen tavoite Sellaisen osaamisen ja laskentaohjelmiston hankkiminen, jolla voidaan tehokkaasti mallintaa erilaisia polttoainekierron ratkaisuja tähtäimenä ydinjätteen määrän ja aktiivisuuden huomattava vähentäminen. Pitkän tähtäimen tavoitteena on EU:n rahoittamaan tutkimusyhteistyöhön osallistuminen.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain		
2.1 Ydinpolttoainekiertojen analysointivalmiuden kehittäminen Saavuttaa sellainen osaamisen taso ja hankkia sellainen laskentaohjelmisto, jolla pystytään analysoimaan sekä alikriittisiä että kriittisiä nopeita reaktoreita sekä saavuttaa valmius ja osaaminen kevytvesireaktoriin ja nopeiden kriittisten (natriumjähdytteisten) reaktoriin ydinpolttoainekierron itsenäiseen laskentaan		
2.2 Tiedonvälitys ja alan kehityksen seuranta Kansainvälisen ydinpolttoainekiertotekniikan tutkimuksen seuranta ja valmius tiedottaa alan kehityksen tilasta muulle tiedeyhteisölle ja viranomaisille		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Raportti COS16-ohjelmalla lasketuista laskuista Suomen siirtymisestä nopeisiin reaktoreihin Raportti OECD/NEA: n työryhmien toiminnasta		

Raportti sivuaktinidien poltosta kevytvesireaktorissa

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)
Tapaamisia järjestetään HYRL:n yhteistyökumppanin kanssa

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2012

Tutkimushankkeen nimi Ydinjätteen transmutointi ADS-reaktorissa (FLUTRA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Transmutation of nuclear waste with ADS (FLUTRA)		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulu, Teknillisen fysiikan laitos	Vastuuhenkilö Prof. Rainer Salomaa	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Jatkoa samannimiselle hankkeelle vuodelta 2011, tarkoitus jatkaa vuoden 2012 jälkeen		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, Posiva, HYRL	Ulkomaiset organisaatiot EUROTRANS	Muut tutkimusohjelmat, tms. GEN4FIN-aktiviteetit
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Yksityiskohtainen ADS tutkimus luo kriittisen kuvan erottelun ja transmutaation mahdollisuuksista. Ydinjätenuklidien tarkka arviointi mahdollistaa merkkiainenuklidien löytämisen sekä mahdolliset säteilytekniikan menetelmät safeguards-tehtäviin. Työssä osallistutaan YTERA tohtorikoulutus-ohjelmaan		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) FLUKA, CASMO ja Serpent sovellukset sekä koodinkehitys	Julkaisujen lukumäärä Raportti, 1 julkaisu	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Lyijyjäähdytteisen Myrrha-koereaktorin neutroniikan tarkka Monte Carlo mallintaminen ja siinä tapahtuva ydinjätteen transmutointi.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Transmutaatiovaikutusalakirjaston täydentäminen Suuripalamaisen polttoaineen säteilytys eri jälleenkäsittelyoletuksilla		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Konferenssi/julkaisu, kandidaatintyo/erikoistyo		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT-seminaari, GEN4FIN-seminaar, ATS-kokous		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2012

Tutkimushankkeen nimi Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Safety case for final disposal		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT (koko hankkeen koordinaattori)	Vastuuhenkilö Markus Olin	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus; Turvallisuusperustelu		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Nelivuotiseksi kaavaillun koordinoitun hankkeen toinen vuosi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, Helsingin yliopisto, Geologian tutkimuskeskus ja Ludus Mundi Oy	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms. KYT2014: BOA (koordinoitu hanke); Sulfidin aiheuttama kuparin haurastuminen; HIILI-14
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Koordinoitussa hankkeessa VTT:n, HYRL:n, GTK:n ja Ludus Mundi Oy:n kesken käynnistetään työ, joka tähtää kokonaisvaltaisen turvallisuusperustelun laatimiseen KBS-3-tyyppiselle loppusijoitusratkaisulle omakohtaisen työn kautta. KYT-ohjelmassa asetettujen tavoitteiden mukaisesti hankkeessa opitaan tuntemaan turvallisuusperustelun skenaarioihin perustuva ajattelutapa ja skenaarioiden koostaminen, tiedon hankinnan ja yleistämisen menetelmät, vaihtoehtoisten käsitteellisten mallien ja tulkintojen muodostaminen, analyysien käytännön suorittaminen erilaisilla laskentamalleilla sekä tulosten luotettavuuden ja epävarmuuksien arviointimenetelmät.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Asiantuntemuksen kehittäminen; tietokoneohjelma	Julkaisujen lukumäärä Tiivistelmä mallinkehitystyöstä kansainväliseen kokoukseen; työraportteja organisaatioiden julkaisusarjoissa ja KYT-ohjelman kotisivulla	Opinnäytetöiden lukumäärä Erikoistyö, Karita Kajanto Diplomityön aloitus, Karita Kajanto
Tutkimuksen tavoite Hanke vastaa tarpeeseen tuottaa Suomeen uusia asiantuntijoita turvallisuusperustelun laatimis- ja arviointityön tarpeisiin sekä kehittää uusia tarkastelutapoja käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden arviointiin. Hankkeen tulokset ovat hyödynnettävissä viranomaisarvioinnin tukena. Ne myös selkiyttävät turvallisuusperustelun käsitettä aiempaa laajemmille piireille. Lisäksi helppokäyttöisen ja edullisen laskennallisen turvallisuusanalyysimallin kehittämisen kautta analyysivalmiudet tulevat entistä helpommin kaikkien ulottuville.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Hanke koostuu koordinoitiosasta sekä kahdeksasta osaprojektista, joiden sisällölliset kuvaukset esitetään seuraavassa: 1. <u>Koordinointi</u> Osaprojektissa suunnitellaan ja toteutetaan projektin sisällöllinen ja kotimainen yhteistyö. Siinä kehitetään luontevat työskentelytavat, joilla tiedonvaihto ja hankkeen tulosten integrointi toteutuu tavoitteen kannalta toivotulla tavalla. Osaprojektissa ylläpidetään 2011 laadittua vaiheistettua tutkimussuunnitelma jatkotyön suuntaamiseksi. 2. <u>Turvallisuusperustelun metodiikka ja esitystavat</u> Osaprojektissa perehdytään viimeisimpiin turvallisuusperusteluaihetta käsitteleviin aineistoihin, joiden pohjalta muodostetaan käsitys turvallisuusperustelun laatimisen periaatteista, ajattelutavoista		

ja rajoituksista.

3. Vaihtoehtoiset käsitteelliset mallit ja tulkinnat

Osaprojektissa opitaan muodostamaan vaihtoehtoisia käsitteellisiä malleja ja tulkintoja käytetyn polttoaineen, loppusijoituskapselin, puskurin ja täyteaineen, ja kallioperän sekä niiden välisten rajapintojen käyttäytymiselle. Apuna tässä työssä toimivat FEP-tietokannat. Mielenkiintoa voidaan kohdistaa erityisesti malleihin ja tulkintoihin, jotka edustavat vallitsevasta näkemyksestä merkittävästi poikkeavaa vaihtoehtoa.

4. Skenaarioiden koostaminen

Osaprojektissa opitaan koostamaan skenaariot järjestelmällisesti FEP:eistä sekä esittämään niiden yhteys turvallisuustoimintoihin ja niihin liittyviin toimintakykytavoitteisiin selkeästi. Erityistä painoarvoa laitetaan yhteisvaikutusten huomioon ottamiselle. Osaprojektissa perehdytään vaihtoehtoihin tapoihin koostaa skenaarioita, minkä pohjalta päädytään hankkeen kannalta tarkoituksenmukaisimpaan tapaan koostaa skenaariot. Tässä työssä omakohtaisen työn merkitys on oleellisen tärkeä.

5. Laskennallisen analyysimallin kehittäminen

Osaprojektissa laaditaan modulaarinen, helppokäyttöinen ja ilmainen laskennallinen malli turvallisuuden arviointiin. Malli toteutetaan alustariippumattoman ja avoimen Scilab-ohjelmiston työkalupakkina. Mallin soveltamiskohteet määräytyvät osaprojektin 4 mukaisesti. Tavoitteena on, että mallin ensimmäinen versio on ladattavissa vuoden 2011 loppuun mennessä KYT2014-ohjelman kotisivulta. Se sisältää tarvittavan dokumentaation verifikaatioesimerkkeineen. Tiivistelmä mallinkehitystyötä kuvailevasta artikkelista tarjotaan vuonna 2012 pidettävään ydinjäteaiheiseen kansainväliseen kokoukseen.

6. Epävarmuusanalyysimenetelmien kehittäminen (ei työaikaa vuonna 2011)

Osaprojektin tavoitteena on pystyä haarukoimaan loppusijoitusjärjestelmän monimutkaisuuden ja tarkasteltavien pitkien ajanjaksojen luomia epävarmuuksia matemaattisten menetelmien avulla. Työ aloitetaan vuonna 2012.

7. Täydentävät tarkastelut

Osaprojektissa selvitetään, miten ja minkälaisia täydentäviä tarkasteluja voidaan hyödyntää KBS-3-loppusijoituskonseptin turvallisuusperustelussa. Työn toisessa vaiheessa 2012 keskitytään hankkeen kannalta muutamiiin tärkeimpiin hyödyntämiskohteisiin.

8. Mentorointi

Oleellinen osa LS-TUPER:n kaltaista vahvasti koulutuspainotteista hanketta on asiantunteva työnohjaus. Mentoreiden rooli on olla aktiivisesti läsnä hankkeen etenemisessä.

9. Synteesi (ei työaikaa vuonna 2012)

Synteesissä esitetään, miten hankkeessa on sen eri vaiheiden kautta päädytty turvallisuusperusteluun. Osaprojektien tulosten integroimisen haasteellisuuden vuoksi synteesi aloitetaan jo vuoden 2013 jälkipuoliskolla.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Jokaisen osaprojektin tulokset julkaistaan osallistuvien organisaatioiden työraporttina tai -raportteina KYT2014-ohjelman kotisivulla. Lisäksi tiivistelmä mallinkehitystyötä kuvailevasta artikkelista tarjotaan vuonna 2012 pidettävään ydinjäteaiheiseen kansainväliseen kokoukseen (esim. MRS Scientific Basis for Nuclear Waste Management).

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

Turvallisuusperusteluaiheinen miniseminaari hankkeen puitteissa on mahdollinen.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2012

Tutkimushankkeen nimi Bentoniitin ominaisuuksien arviointi (BOA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Assessment of bentonite characteristics		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT (koordinaattori)	Vastuuhenkilö Markus Olin	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus: Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on jatkoa vuosien 2009 ja 2010 PUSKURI-hankkeille, vuoden 2010 MOPO ja KULKU-hankkeille. Hankkeeseen on saatu rahoitusta vuodeksi 2011, joten kyse on jatkorahoituksesta.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot <u>Tutkimuskeskukset:</u> VTT, GTK <u>Yliopistot:</u> Jyväskylä, Helsinki (Fysiikka ja Radiokemia), Aalto <u>Yritykset:</u> Numerola Oy Tiedonvaihtoyhteistyö: B+Tech	Ulkomaiset organisaatiot BELBaR EU-hankkeen kanssa tehtävä yhteistyö: ClayTech, KTH	Muut tutkimusohjelmat, tms. KYT2014: LS-TUPER, kuparin korroosiohankkeet
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Suomessa on selkeä kansallinen tarve bentoniitin käyttäytymisen entistä parempaan ymmärtämiseen loppusijoitusolosuhteissa. Prosessi- ja mikrorakenneosaaamista tarvitaan, kun halutaan tutkia tieteellisesti ja kvantitatiivisesti loppusijoituksen turvallisuuden kannalta keskeisinä pidettyjä selvityskohteita (esim. eroosioilmiöt, sementoituminen tai montmorilloniitin muuntuminen). KBS-3-konseptin puskuri- ja täyteaineiden toimintakyvyn luotettava arviointi ratkaisee pitkälti koko turvallisuusperustelun luotettavuuden, ja tämä arviointi voidaan lopulta perustua vain mallinnukseen, jota osaamista BOA-hankkeessa osaltaan kehitetään. Mallinnusta ei kuitenkaan voi kehittää ilman kokeellista toimintaa, joka itsessään kasvattaa aihepiiriin ymmärrystä. Tutkimuksen tuloksena syntyvää ketjua tai toimintamallia, bentoniitin karakterisoinnista teoreettisiin malleihin kokeellisen toiminnan kautta, soveltamalla voidaan parantaa ja tehostaa bentoniittimateriaaleihin liittyvää tutkimusta Suomessa.		
Tuloskategoria Kokeellisia menetelmät, karakteritointitekniikat ja tietokonemallit	Julkaisujen lukumäärä viisi tieteellistä artikkelia 10 konferenssijulkaisua lisäksi raportteja	Opinnäytetöiden lukumäärä kaksi maisteritason tutkintoa ja 4-6 väitöskirjaa tekeillä, mutteivät valmistu vielä 2012
Tutkimuksen tavoite Hankkeessa kehitettävä bentoniitin prosessi- ja mikrorakenneosaaaminen luo tieteellisesti perustellun pohjan tutkia kvantitatiivisesti loppusijoituksen turvallisuuden kannalta keskeisinä pidettyjä selvityskohteita (esim. eroosioilmiöt tai montmorilloniitin muuntuminen). BOA-hankkeen konsortio-osapuolet (VTT, Jyväskylän, Helsingin ja Aalto yliopistot, GTK, Numerola Oy) muodostavat bentoniittitutkimuksen osaamiskeskuksen, jolla on pitkäaikaista kokemusta bentoniitista, käytössään monipuoliset menetelmät vaatimaan kokeelliseen tutkimukseen, ja kyky mallintaa vaadittavia kytkettyjä ja monimutkaisia ongelmia. Osaamiskeskus on sinällään verkosto, mutta samalla kriittisen massan ylittävä toimija, jolla on erinomaiset mahdollisuudet kansainväliseen verkottumiseen. Lisäksi hanke toimii uusien tutkijoiden kasvattajana ja on päärahoituslähde 4-6 väitöskirjatyölle.		

Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain

Hanke alkaa tuottaa vuonna 2012 merkittäviä tuloksia bentoniittitutkimuksessa. Vuoteen 2014 osaamisen nousu on merkittävää ja pääosin hankkeen tuloksena lienee valmistunut 5-6 väitöskirjaa aihepiiristä. Erityinen osaamisen nousu tapahtuu bentoniitin karakterisointimenetelmissä, jotka ovat iso tieteellinenkin haaste. Mallinnuksessa päästään sellaiseen osaamistasoon, että bentoniittia voidaan numeerisesti simuloida ydinjätteiden turvallisuuden kannalta merkittävässä selvityskohteissa.

1 Kokeet

Kokeellisen toiminnan tavoitteena on kehittää ja soveltaa uusia karakterisointimenetelmiä sekä toteuttaa prosessikokeita, joiden tuloksista saadaan tukea ja aineistoa mallinnukseen. Kaikki kokeet pyritään toisaalta mallintamaan. Tuloksena saadaan uusia ja testattuja karakterisointimenetelmiä erityisesti mikrorakenteen tutkimiseen ja vastaavasti tietoa siitä miten mikrorakenne vaikuttaa ja muuttuu erilaisten prosessien seurauksena. Uutuutena vuonna 2012 aloitetaan bentoniitin asennusrakojen tutkimus.

2 Mallinnus

Mallinnuksen koko projektin kattavana tavoitteena on käyttökelpoisen THMC(B)-mallin kehittäminen ja soveltaminen hankkeen kokeellisiin tuloksiin sekä turvallisuuden kannalta tärkeisiin sovelluksiin. Vuoden 2011 aikana kehitetään THM-mallin kastumista kuvaavaa osaa, lisätään joukko kemiallisia reaktioita THM-malleihin, sovelletaan THC-mallinnusta oman kokeellisen toiminnan tueksi ja lisäksi parannetaan mallien käytettävyyttä etenkin Numerrin ja COMSOL-sovelluksissa.

3 Koordinointi

Koordinointihankkeen tavoitteena on koko projektin tavoitteiden saavuttamisen varmistaminen, verkottuminen, sisäinen yhteistyö ja nuorten tutkijoiden ohjauksesta huolehtiminen. Erityisenä tavoitteena on kokeellisen toiminnan ja mallinnuksen sisäinen ja välinen yhteistyö ja tiedonvaihto. Koordinoinnilla pyritään varmistamaan se että kaikki kokeet mallinnetaan ja kaikkia malleja sovelletaan myös kokeelliseen aineistoon.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tavoitteena on julkaista kaikki tulokset kansainvälisissä tiedejulkaisuissa tai konferensseissa. Alustavia tuloksia julkaistaan myös osallistuvien organisaatioiden julkaisusarjoissa. Hankkeessa on meneillään 4-6 väitöstyötä, joiden ei odoteta kuitenkaan valmistuvan vielä vuonna 2011. Lisäksi tehdään maisteriopintoja.

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

Hankkeen tavoitteena on järjestää esim. bentoniitti-aiheinen Workshop, joka olisi avoin myös muille alan tutkijoille. Paikaksi on kaavailtu Jyväskylää, jossa PUSKURI- ja BOA-hankkeilla on ollut pienimuotoisia työpajoja aiempina kesinä.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Hitsatun kuparivaipan pitkäaikaiskestävyys (MICO)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Material Integrity of Welded Copper Overpack		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT	Vastuuhenkilö P. Kauppinen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) 3.2.3 Kapselin pitkäaikaiskestävyys		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Samanniminen projekti 2011; nyt osa koordinoitua hanketta		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto Yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot SSM (Ruotsi)	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Projekti tuottaa pitkiin koeaikoihin perustuvan kokeellisen näytön ja mallipohjaiset ennusteet viranomaisille tukemaan päätöksentekoa ydinjätteen loppusijoituksen kulkeutumisesta 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 2 (2012)	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite - laskea kapselissa vaikuttavat jännitykset elementtimenetelmällä ja kehittyneellä virumismallilla ja ennustaa rasitetuimpien kohtien elinikä - testata mahdollisuus yhdistetyn korroosion ja virumisen vaikutusten elinikää lyhentävään ilmenemiseen kapselikuparin ja sen liitosvirheen kohdalla - ennustaa yhdistetyn mekanismin minimielinikä myös vikoja sisältävälle kapselikuparille		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain - laskennallisen kapselin jännitys- ja venymäanalyysin riippumaton verifiointi ja elinikäennuste - elinikäennusteet puhtaalle virumiselle ja yhdistetyille mekanismeille uusilla kuormitusoletuksilla käyttäen pisimpien kokeiden ja korroosiovaikutusten materiaalimalleja - yhdistetyn virumisen ja korroosion CT-kokeet Olkiluodon pohjavedessä - pisimpien virumiskokeiden jatkaminen yli 80 000 h mallien tueksi ja vaurion varalta - pisimpien moniaksaalivirumiskokeiden jatkaminen yli 40 000 h - vertailumateriaalin CT-kokeet (OFHC) vauriomekanismien arviointia varten - vauriomekanismitutkimus ja elektronimikroskopia (Aalto Yliopisto)		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Julkaisut kv. konferensseissa ja alan lehdissä Kaksi väitöskirjaa valmisteilla seuraavilta aloilta:		

- moniaksaalisuuden vaikutus (2013 J. Rantala, VTT)
- mikrorakenneanalyysi (2012 T. Saukkonen, Aalto)

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

Vuosittaiset KYT-seminaarit, Baltica-konferenssi 2013 (paperi 2012)

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Kuparisen ydinjätekap­selin mekaaniset ominaisuudet		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Mechanical properties of copper canisters for nuclear waste		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopisto	Vastuhenkilö Hannu Hänninen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus: Kapselin pitkäaikaiskestävyys		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on jatkoa vuonna 2007 alkaneelle tutkimukselle		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, Posiva	Ulkomaiset organisaatiot SKB, Ruotsi; JRC Petten	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Kuparikapselin eri osien mekaaniset ominaisuudet, sallittavan plastisen deformaation määrä sekä vikojen suuruus ja laatu pitää tuntea.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma)	Julkaisujen lukumäärä 3	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tutkimuksen tavoite Selvittää kuparikapselin eri osien mekaaniset ominaisuudet sekä ymmärtää mikroskooppinen ja makroskooppinen plastinen deformaatio kuparikapselin rakenteissa.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuparikapselin eri osien (perusmateriaalit ja hitsit) mekaaniset ominaisuudet sekä plastisen deformaation mekanismit kvantitatiivisesti mikroskooppisella ja makroskooppisella tasolla. Tutkimuksessa on kolme osatehtävää: 1. Kuparikapselin eri osien (perusmateriaalien ja hitsien) mekaanisten ominaisuuksien selvittäminen optisella venymämittaustal­teistolla lämpötilan ja muodonmuutosnopeuden funktiona sekä mikro- ja nanokovuusmittausten avulla. 2. Deformaatiomekanismien selvittäminen in situ -aineenkoetuksella FE-SEM/EBSD/EDS-laitteistolla. 3. Vedyn absorptio kupariin loppusijoitusolosuhteissa ja vedyn vaikutus kuparin mekaanisiin ominaisuuksiin.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt 2 tieteellistä lehtijulkaisua ja yksi konferenssijulkaisu		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT2014-tutkimusohjelman seminaarit ja alan kansainväliset konferenssit		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Sulfidien aiheuttama kuparin haurastuminen (CUHA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Sulphide-induced embrittlement of CuOFP		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuhenkilö Timo Saario	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Kapselin pitkäaikaiskestävyys		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tämä projekti on jatkoa hankkeelle Sulfidien aiheuttama kuparin jännityskorroosio (KYT2010 / 2009-2010), jossa on todettu rikin menevän kupariin helposti sisään raerajoja pitkin sulfidipitoisesta pohjavedestä. Projekti alkoi v. 2011.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot	Ulkomaiset organisaatiot SSM, Ruotsi	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Tulosten perusteella tarkennetaan arviota pohjavedessä olevan sulfidin aiheuttamasta kuparikapselien haurastumisriskistä.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Perusta riskiarviolle	Julkaisujen lukumäärä 1 kansainvälinen julkaisu	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 diplomityö
Tutkimuksen tavoite Hankkeen tavoitteena on arvioida sulfidin aiheuttamaa kuparikapselin haurastumisriskiä sulfidin konsentraation funktiona.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain		
<ol style="list-style-type: none"> Määrittää kupariin diffundoituvan rikin määrä pohjaveden sulfidipitoisuuden ja ajan funktiona. <i>Tuloksena saadaan kupariin sisään diffundoituneen rikin konsentraatio altistusajan, jännitystason ja pohjaveden sulfiditason funktiona.</i> Kehittää raerajadiffuusiomalli ja määrittää rikin diffuusiokerroin kuparin raerajoilla. <i>Tuloksena saadaan laskennallinen työkalu, jolla voidaan arvioida sulfidin/rikin diffuusiota OFP kuparissa.</i> Selvittää kuparin jännitys-venymä-tilan merkitys diffuusioprosessissa. jännityksen merkitys rikin diffuusiossa kuparin sisään raerajoja pitkin. <i>Tuloksena saadaan arvio jännitys-tekijän merkittävydestä sulfidin/rikin diffuusiossa.</i> Määrittää kupariin sisään menneen rikin vaikutus kuparin mekaanisiin ominaisuuksiin (haurastuminen). <i>Tuloksena saadaan OFP kupariin sulfidipitoisesta pohjavedestä sisään diffundoituvan rikin vaikutus kuparin mekaaniseen kestävyYTEEN (murtovenymä ja -lujuus sekä virumislujuus).</i> 		
Julkaisut ja opinnäytetyöt 1 kansainvälinen julkaisu, 1 diplomityö		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) - Esitelmä KYT2014 – seminaarissa		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Korroosion monitorointi loppusijoitusolosuhteissa		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Corrosion monitoring under disposal vault conditions		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuhenkilö Timo Saario	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Kapselin pitkäaikaiskestävyys		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on uusi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Posiva, STUK	Ulkomaiset organisaatiot UCTM, Bulgaria, ZAG, Slovenia	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Teknisten vapautumisesteiden korroosionopeus todellisissa olosuhteissa on tunnettava riittäväällä tarkkuudella. Todellisissa olosuhteissa mitattuja korroosionopeuksia voidaan hyödyntää myös korroosioriskin arviointiin kehitettyjen mallien verifiointiin.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeellinen menetelmä	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Evaloida, kehittää ja verifioida potentiaaliset in situ on-line korroosionopeuden mittaustekniikat siten, että niiden toimivuus simuloituissa loppusijoitusolosuhteissa ja mahdollisesti tulevissa Olkiluodon Onkalossa tehtävissä mittauksissa voidaan taata.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Konkreettiset tavoitteet ja tulokset, joihin hankkeessa pyritään ovat: 1. Tehdä kattava kirjallisuusselvitys in situ on-line korroosionopeuden mittaustekniikoista ja valita niistä ne, jotka sopivat parhaiten kuparille loppusijoitusolosuhteissa. 2. Suunnitella ja toteuttaa koejärjestely, jolla voidaan laboratorio-olosuhteissa simuloida in situ on-line kokeiden olosuhteet loppusijoitustilassa. 3. Selvittää kokeellisesti, mitkä tekijät aiheuttavat hajontaa valituilla tekniikoilla mitattuihin korroosionopeuden arvoihin. 4. Kehittää valittuja mittaustekniikoita niin, että niiden erotuskyky ja luotettavuus on pitkäaikaisten loppusijoitusolosuhteissa tehtävien kokeiden edellyttämällä tasolla.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteellinen julkaisu ja konferenssiesitelmä, diplomityö vuonna 2013.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT2014-tutkimusohjelman seminaarit ja alan kansainväliset konferenssit		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Kuparin korroosio hapettomassa vedessä		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Corrosion of copper by water under oxygen free conditions		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopisto	Vastuuhenkilö Antero Pehkonen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Kapselin pitkäaikaiskestävyys		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimuksella on KYT-rahoitus vuosille 2010 ja 2011		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT	Ulkomaiset organisaatiot SSM, Studsvik Nuclear AB	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Tutkimuksen tuloksena saadaan puolueeton tieto siitä, voiko loppusijoituskapselin kupari syöpyä hapettomassa vedessä.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) kokeellinen menetelmä	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite <ul style="list-style-type: none"> - saada lopullinen puolueeton tieto siitä, onko kuparin korroosio vetyä kehittäen mahdollista hapettomassa puhtaassa vedessä - saada tieto siitä, onko em. reaktio mahdollista simuloidussa pohjavedessä - arvioida tämän mahdollisen korroosion todennäköisyys ja mahdolliset seuraukset todellisessa loppusijoituksessa 		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain <ul style="list-style-type: none"> - varmistaa kuparin korroosioreaktio puhtaassa vedessä lämpötilassa 60 °C ruostumattomasata teräksestä valmistetussa koelaitteistossa - selvittää ruostumattoman teräksen mahdollinen vedyn kehitys tekemällä kokeet kuparista valmistetussa koelaitteistossa - tutkia kuparin korroosio simuloidussa pohjavedessä koko 3 vuoden tutkimustulosten käsittely ja raportointi 		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Eurocorr 2012: esitelmä; lehtiartikkeli referoidussa lehdessä (2013) Alustavasti lisensointityö		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT-ohjelman tiedotuskanavat		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Kallion in situ tutkimukset		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi In situ long term diffusion experiments		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopiston kemian laitos, radiokemian laboratorio (HYRL)	Vastuuhenkilö Marja Siitari-Kauppi	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus: Kallioperä ja pohjavesi ja Radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä		
Tutkimusjatkumo Hanke on tutkimuskokonaisuus kansainvälisessä yhteistyöprojektissa (Grimsel Test Site - Phase VI): Long Term Diffusion (LTD), Phase II suunniteltu päättyväksi vuonna 2013		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot JYFL, GTK, VTT	Ulkomaiset organisaatiot Nagra, AIST, JAEA, NRI, RAWRA, HYDRASA (University of Poitiers), CEA, Saclay	Muut tutkimusohjelmat, tms. EU projekti Posinam
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Työssä käytettyjä kallion in situ tutkimusmenetelmiä kiven rakenteen selville saamiseksi kuin myös kehitettyjä analyysitekniikoita pidättymättömien radioaktiivisten alkuaineiden määrittämiseksi kiviäytteistä voidaan hyödyntää tulevissa in situ kulkeutumiskokeissa Suomessa.		
Tuloskategoria menetelmien kehitys, luo lajaa osaamis pohjaa, kansainvälisen yhteistyön ylläpito, uuden tutkijapolven perehdyttäminen	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Hankkeesta saatava tieto edistää viranomaisen pitkäaikaisturvallisuuden arviointivalmiuksia. Ydinjätehuollon toimijat voivat käyttää kehitettyjä in situ kulkeutumistutkimusmenetelmiä paikka tutkimuksissaan. Tavoitteena on kouluttaa alan asiantuntijoita kasvavaan tarpeeseen.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Radiokemian laboratorio vastaa stabiileille Se, Sr ja Ni isotoopeille tehtävistä määrityksistä ICP-MS ja ICP-OES -tekniikoilla. TDD mallinnusta tullaan edelleen kehittämään kemialliset prosessit huomioonottavaksi työkaluksi arvioitaessa kiven rakenteellisen ja mineralogisen heterogeenisuuden vaikutusta radionuklidien kulkeutumisessa ja pidättymisessä kiveen.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Jokelainen osajulkaisut väitöskirjaan Radionuklidien kemiallisten prosessien mallinnus heterogeenisessa kivessä Kelokaski ”Graniittisen kiven huokoisuus / in situ PMMA menetelmän kehitys”/väitöskirja		
Muu tutkimuksista tiedottaminen Alan konferenssit, kotimaiset (mm. KYT-) seminaarit, esitelmät muissa tutkimusorganisaatioissa, yhteydet alan teollisiin toimijoihin.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Kolmenarvoisten aktinidien kiinnittyminen savi- ja (hydr)oksidimineraalien pinnoille		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Sorption of trivalent actinides onto clay and (hydr)oxide minerals		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Radiokemian laboratorio (HYRL)	Vastuuhenkilö Nina Huittinen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus: Turvallisuusperustelu, puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky, sekä muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on jatkoa vuonna 2008 alkaneelle tutkimukselle. Hanketta jatketaan vuoteen 2012 asti.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot •ASM	Ulkomaiset organisaatiot •Institut für Nukleare Entsorgung, Forschungszentrum Karlsruhe, Saksa •Université de Poitiers, Ranska •National Institute of Chemical Physics and Biophysics, Viro	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Hankkeessa saatuja tuloksia voidaan käyttää käytetyn polttoaineen ja korkea-aktiivisen jälleenkäsittelyjätteen loppusijoituksen turvallisuusanalyysin tarkentamisessa. Hydroksidi ja oksidimineraaleja sekä savimineraaleja löytyy joko primäärimineraalifaaseina tai muuntumistuotteina kallioperässä. Savimineraaleja käytetään myös puskureina ja täyteaineina loppusijoitustilassa. Aktinidien ja mineraalipintojen vuorovaikutusten tunteminen atomi- ja molekyyllitasolla vähentää suuresti turvallisuusanalyysin lähtötietojen epävarmuutta.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeellinen työ	Julkaisujen lukumäärä 3	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 kandidaatintutkielma 1 pro gradututkielma
Tutkimuksen tavoite Projektissa pyritään saamaan yksityiskohtaista tietoa kolmenarvoisten aktinidien adsorptiomekanismeista eri savi- ja (hydr)oksidimineraalien pinnoille, sekä tutkia adsorptioon osallistuvien pintaryhmien luonnetta, määrää, sekä affiniteettia An(III) ja Ln(III) ioneja kohtaan.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain TRLFS-tutkimusten loppuensaattaminen: Tämän hankkeen aikana curiumin spesiaatiota on tutkittu alumiinihydroksidi-, kaoliniitti- ja illiittisuspensioissa aika-erotteisella laserindusoidulla fluoresenssispektroskopiolla. Työ on suoritettu yhteistyössä Karlsruhen teknillisen instituutin (KIT) ydinjätetutkimusinstituutin (INE) kanssa. Kokeellisessa työssä curiumin adsorptiosta gibbsiitin pinnalle ($\alpha\text{-Al}(\text{OH})_3$) mineraalin liukeneminen ja jälleensaostuminen todettiin määrävän kolmenarvoisen metallikationin kiinnittymismekanismiin alumiinihydroksidin pinnalla. Kokeellista työtä alumiinihydroksidien parissa jatkettiin osana saksalaisen Tomas Kupcikin väitöskirjaa. Näistä alumiinihydroksidituloksista on tarkoitus kirjoittaa yhteisjulkaisu vuoden 2012 alussa. Kokeellisessa työssä curiumin adsorptiosta kaoliniitin pinnalle ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) kaoliniitin liukeneminen emäksisissä olosuhteissa todettiin vaikuttavan kolmenarvoisen metallin spesiaatioon. Näissä emäksisissä olosuhteissa kaoliniitin pinnalle muodostuu curium-silikaattikompleksi. Vertailun vuoksi samankaltaisia tutkimuksia suoritettiin illiitille pH-alueella 3-13. Illiitille kerätyt curium-emissiospektrit ja fluoresenssin elinajat on tarkoitus analysoida vuoden 2012 alussa, jonka jälkeen tuloksia tullaan vertaamaan kaoliniitille saatuihin tuloksiin curiumin spesiaation selvittämiseksi, etenkin emäksisissä olosuhteissa. Tuloksista on tarkoitus kirjoittaa yksi tieteellinen julkaisu vuoden 2012 aikana.		

NMR-tutkimusten loppuunsaattaminen: NMR-tutkimukset yttriumin ja europiumin spesifisestä adsorptiosta kaoliniitin pinnalle saatetaan loppuun. Diamagneettista yttriumia käytetään kolmenarvoisten aktinidien analogina koska aktinidien lantanidianalogit kuten Eu^{3+} ovat paramagneettisia. NMR analyysit on suoritettu Tallinnassa kemiallisen fysiikan ja biofysiikan instituutissa fyysikko Priit Sarvin opastuksessa. Kokeissa pyritään karakterisoimaan kaoliniitin pinnalla olevat Si-OH ja Al-OH ryhmät, sekä identifioimaan ne ryhmät, joihin kolmenarvoinen metalli-ioni kiinnittyy. Lisäksi pH:n ja suolapitoisuuden vaikutusta kaoliniitin pinta-ominaisuuksiin kuten Si-OH/Si-O⁻ ja Al-OH₂⁺/Al-OH/Al-O⁻ suhteisiin pyritään selvittämään. Näytteitä eri Y^{3+} ja Eu^{3+} pitoisuuksilla on valmistettu kahdessa eri pH:ssa, 3 ja 8. Happamissa olosuhteissa metalli on kiinnittynyt pintaan elektrostaattisesti kun puolestaan pH:ssa 8 suurin osa kiinnittymisestä tapahtuu pintakompleksin muodostumisena kemiallisen sidoksen avulla. Näytteet on tarkoitus saada mitattua vuoden 2012 aikana, minkä jälkeen tulokset voidaan analysoida. NMR-tuloksista on tarkoitus kirjoittaa yksi tieteellinen julkaisu vuonna 2012.

Yhteenvedon kirjoittaminen: Koska hanke päättyy vuonna 2012, viisivuotisen hankkeen keskeisistä tuloksista tullaan kirjoittamaan yhteenvedo joka on FM Nina Huittisen väitöskirja. Yhteenvedossa evaluoidaan viiden vuoden aikana kerättyjä tuloksia ja näiden sovellettavuutta esimerkiksi loppusijoitustilan turvallisuusanalyysissä käytettäviin kulkeutumismalleihin. Lisäksi tullaan pohtimaan tulevaisuudennäkymiä radionuklidien molekyylliskaalan vuorovaikutusten tutkimisessa hankkeessa käytetyillä menetelmillä.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Julkaisut

N. Huittinen, Th. Rabung, J. Lützenkirchen, S.C. Mitchell, B.R. Bickmore, J. Lehto, H. Geckeis: Sorption of Cm(III) and Gd(III) onto gibbsite, $\alpha\text{-Al}(\text{OH})_3$: A batch and TRLFS study, *Journal of Colloid and Interface Science* 332 (2009) 158-164

N. Huittinen, Th. Rabung P. Andrieux, J. Lehto, H. Geckeis: A comparative batch sorption and time-resolved laser fluorescence spectroscopy study on the sorption of Eu(III) and Cm(III) on synthetic and natural kaolinite, *Radiochimica Acta* 98 (2010) 613-620

N. Huittinen, P. Sarv, J. Lehto: A proton NMR study on the specific sorption of yttrium(III) and europium(III) on gamma-alumina [$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$], *Journal of Colloid and Interface Science* 361 (2011) 252-258

Opinnäytetyöt

Atte Saunamäki: Europiumin sorptio silikaan, Kandidaatintutkielma, 10/2010

Hannu Teittinen: Europiumin sorptio silikaan, gibbsiittiin ja kaoliniittiin, pro gradututkielma 08/2011

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

Suulliset esitelmät

N. Huittinen, Th. Rabung, J. Lehto, H. Geckeis: A TRLFS study on curium sorption onto gibbsite and kaolinite, VIII Finnish-Russian Symposium on Radiochemistry, Turku, 3-5.9.2009

N. Huittinen, Th. Rabung, P. Andrieux, J. Lehto, H. Geckeis: A comparative batch and TRLFS study on the sorption of Eu(III) and Cm(III) on synthetic and natural kaolinite, Migration 2009, Kennewick, WA, USA, 20-25.9.2009

T. Kupcik, N. Huittinen, Th. Rabung, J. Lützenkirchen, H. Geckeis, Th. Fanghänel: Interaction of trivalent metal ions with aluminum (hydr)oxides, Migration 2011, Peking, Kiina, 18-23.9.2011

Posterit esitykset

Th. Rabung, T. Kupcik, N. Huittinen, H. Geckeis, J. Lehto: Gd(III)/Cm(III) sorption onto aluminum oxides/hydroxides, 7th international conference on nuclear and radiochemistry, Budapest, Unkari, 24-

29.08.2008

N. Huittinen, Th. Rabung, J. Lützenkirchen, S. Mitchell, B. Bickmore, J. Lehto, H. Geckeis: Sorption of Cm(III) and Gd(III) onto gibbsite, α -Al(OH)₃, 4th. Annual Workshop, FUNMIG, Karlsruhe, Saksa 24–27.11.2008

T. Kupcik, N. Huittinen, T. Rabung, J. Lützenkirchen, H. Geckeis, Th. Fanghänel: Trivalent metal ion interaction with aluminium oxides/hydroxides, Migration 2009, Kennewick, WA, USA 20-25.9.2009

N. Huittinen, Th. Rabung, J. Lehto, H. Geckeis: The role of dissolved silicon on curium speciation in alkaline kaolinite suspensions, Migration 2011, Peking, Kiina, 18-23.9.2011

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Kiven heterogeenisten ominaisuuksien yhdistäminen matriisidiffuusiomallinnukseen		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Including heterogeneous rock structure in the modeling of matrix diffusion		
Tutkimuslaitos Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos	Vastuhenkilö Jussi Timonen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Kaksivuotisen hankkeen jälkimmäinen vuosi ja myös jatkoa 2009-2010 toteutetulle hankkeelle "Kiven kolmiulotteisen huokoisuusrakenteen yhdistäminen matriisidiffuusiomallinnukseen".		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio	Ulkomaiset organisaatiot Poitiersin yliopisto, Ranska Nagra, Sveitsi	Muut tutkimusohjelmat, tms. Grimsel, LTD Phase II
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Tuloksia voidaan soveltaa arvioitaessa ydinjätteen loppusijoituksen pitkäaikaisvaikutuksia ja radionuklidien kulkeutumista biosfääriin. Niitä voivat hyödyntää sekä viranomaiset että ydinjätetoimijat.		
Tuloskategoria Sekä kokeellisia menetelmiä että numeerisia simulointeja	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoitteena on mallintaa matriisidiffuusiota realistisessa rakenteellis-kemiallisesti heterogeenisessä kivessä ja tuottaa erityisesti in situ -kokeisiin sopiva analysointityökalu.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Grimselin kiviäytöiden tomografiset rekonstruktiot, mineraalispesifiset huokoisuudet ja ioninvaiht ominaisuudet cesiumille sekä kolmiulotteiset huokoisuus- ja ioninvaihtokartat. Numeerisen TDD-mallin tehostaminen ja ioninvaihto-ominaisuuksien implementointi siihen. Matriisidiffusion simulointi Grimselin näytteissä TDD-mallilla. Analyttis-numeerinen mallinnus samoille (suuremmille) näytteille. Vertailu Grimselissä saatujen koetulosten kanssa. Tarvittaessa analyttis-numeerisen mallinnuksen laajennos ja sen validointi.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Referoituja artikkeleita alan kansainvälisissä julkaisuissa, yksi väitöskirja.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Alan konferenssit, kotimaiset (mm. KYT-) seminaarit, esitelmät muissa tutkimusorganisaatioissa, yhteydet alan teollisiin toimijoihin.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Syvien kalliopohjavesien mikrobiologinen kartoitus, GEOMIKRO VTT-V-77258		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Microbiological characterization of deep subsurface groundwaters		
Tutkimuslaitos VTT Technical research centre of Finland	Vastuuhenkilö Dos. Merja Itävaara	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on jatkoa GEOMIKRO hankkeelle, sekä edellisen tutkimusohjelman GEOMOL hankkeelle		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Geologian tutkimuskeskus, GTK ja Helsingin Yliopisto (HY)	Ulkomaiset organisaatiot Deep carbon observatory (DCO) ja ICDP International Continental Scientific drilling program (ICDP)	Muut tutkimusohjelmat, tms. Deep Life projekti (Suomen akatemia)
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Tutkimuksessa kehitettyä osaamista ja tietämystä on hyödynnetty luottamuksellisissa teollisuuden toimeksiannoissa, joissa on karakterisoitu loppusijoitusalueen mikrobilajistoja suhteessa geokemiaan. Ydinjätteiden loppusijoitusalueen hydrogeologinen ja geokemiallinen karakterisointi edellyttää myös mikrobiologisten riskien arviointia. Tässä projektissa kehitetään uusia menetelmiä ja tuotetaan uutta tietoa maankuoren mikrobien toimintaan erityisesti hiilenkiertoon ja kuparin biokorroosioon liittyen. GEOMIKRO projekti on erillishanke, joka toimii tiiviissä yhteistyössä SALAMI ja GEOBIOINFO hankkeen kanssa. Tuloksia voidaan hyödyntää loppusijoituksen turvallisuustarkasteluissa.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Tietoa mikrobiologisista prosesseista ja niiden vaikutuksista loppusijoitusolosuhteisiin ja turvallisuusriskeistä	Julkaisujen lukumäärä Tuloksista kirjoitetaan tieteellisiä artikkeleita ja raportteja. Tuloksia esitellään konferensseissa.	Opinnäytetöiden lukumäärä 2 väitöskirjaa muilla rahoituksilla liittyvät tutkimukseen. 2 gradutyötä, joista toinen valmistuu hankkeessa v. 2012 aikana.
Tutkimuksen tavoite Kokonaisuudessaan, nelivuotinen tutkimushanke tuottaa tietoa syväbiosfääriin mikrobiyhteisöjen kokoonpanosta sekä niiden potentiaalisesta toiminnasta kun ravinneolosuhteet muuttuvat, sekä tunnistetaan metaboliareittejä ja vuorovaikutuksia eri mikrobiryhmien välillä.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain		
<ul style="list-style-type: none"> - Kartoittaa syvien kalliopohjavesien mikrobidiversiteettiä - Tutkia anaerobisen metaanin hapettumisen yleisyyttä kalliopohjavesissä ja sulfaatin pelkistymistä prosesseissa - Tutkia sulfaatin kineettisen menetelmän toimivuutta kalliopohjavesien sulfidin muodostumisessa ja yhdistää tämä menetelmä molekyylibiologiisiin menetelmiin - Hyödyntää uuden sukupolven sekvensointitekniikoita mikrobiyhteisöjen ja niiden metaboliareittien karakterisoinnissa - Analysoida mikrobiologisia tuloksia yhteistyössä GTK:n tutkijoiden ja HY Bioinformatiikan tutkijoiden kesken. - Arvioidaan kemiallisia analyysimenetelmiä kalliopohjavesissä esiintyvien organisten hiili ja typpiyhdisteiden esiintymisessä; GC-MS, LC-MS, ionikromatografia, NMR (nuclear magnetic resonance) tutkimusmenetelmin tutkitaan kuparin korroosiota in situ olosuhteissa yhteistyössä SALAMI hankkeen kanssa 		
Julkaisut ja opinnäytetyöt		
1. Nyyssönen, M., Bomberg, M., Kapanen, A., Nousiainen, A., Pitkänen, P., Itävaara, M. 2011. Methanogenic and		

sulphate-reducing microbial communities in deep groundwater of crystalline rock fractures in Olkiluoto, Finland. -Geomicrobiology Journal in press

2. Itävaara, M., Nyyssönen, M., Kapanen, A., Nousiainen, A., Ahonen, L., Kukkonen, I. 2011. Characterization of bacterial diversity down to a depth of 1500 m of the Outokumpu deep borehole. FEMS Microbiology 2011, 1-15,. DOI:10.1111/j.1574-6941.2011.01111.x
3. Bomberg, M., Nyyssönen, M., Itävaara, M. 2011. Quantity and diversity of methanogens and sulphate reducers in Olkiluoto groundwater. - Posiva Working Report 2010, 55 pages.
4. Ahonen, L., Kietäväinen, R., Kortelainen, N., Kukkonen, I.T., Pullinen, A., Toppi, T., Bomberg, M., Itävaara, M., Nousiainen, A., Nyyssönen, M., Öster, M. 2011. Hydrogeological characteristics of the Outokumpu Deep Drill Hole. - 'Special Paper' series of the Geological Survey of Finland. The Outokumpu Deep Drilling Project 2004-2010.
5. Itävaara, M., Nyyssönen, M., Bomberg, M., Kapanen, A., Nousiainen, A., Ahonen, L., Hultman, J., Paulin, L., Auvinen, P., Kukkonen, I.T. 2011. Microbiological sampling and analysis of the Outokumpu Deep Drill Hole biosphere in 2007-2009. 'Special Paper' series of the Geological Survey of Finland. The Outokumpu Deep Drilling Project 2004-2010.

Gradutyö Helsingin Yliopistolle:

Pauliina Rajala 2011. The effect of C-1 substrates on the activity of deep biosphere micro-organisms from Outokumpu deep drillhole at 500 m depth.

Leea Ojala 2011-2012. Syväbiosfäärin hapetus/pelkistys entsyymit (työn alla, valmistuu 2012)

Konferenssit:

Merja Itävaara osallistui seuraaviin konferensseihin:

-Carbon Cycling in the Deep Crustal Biosphere Workshop, Bloemfontein, South Africa, January 18-23, 2011 jossa piti esitelmän '.

-Goldschmidt Meeting August 14-19, 2011 Prague, Czech Republic

-Deep biosphere in earth crust aquifers – global and local efforts to understand the role of microbes in deep terrestrial ecosystems 2011 WCEB, The first international BIT's 1st World Congress of Environmental Biotechnology 19-22.10.2011 Dalian, China, jossa piti esitelmän.

Malin Bomberg osallistui seuraaviin konferensseihin:

-8th International Symposium of Subsurface Microbiology, 11.-16.9.2011, Garmisch-Partenkirchen, Saksa, jossa piti esitelmän 'Characterization of the deep terrestrial subsurface microbial communities by pyro-sequencing.'

- Nordic Archaea Network Meeting. Tuusula, Suomi, Toukokuu 2011, jossa piti esitelmän 'Diversity (and function?) of the Archaea in the Fennoscandian deep subsurface.'

-6th Science Day, Faculty of Forestry and Agriculture, University of Helsinki, Espoo, Finland, August 2011, jossa piti esitelmän 'Microbial communities in the deep geobiosphere of the Fennoscandian Shield.'

Lotta Purkamo osallistui seuraaviin konferensseihin:

-8th International Symposium of Subsurface Microbiology, 11.-16.9.2011, Garmisch-Partenkirchen, Saksa, jossa esitetty posterit 'Acetate-consuming microbial populations enriched from Fennoscandian bedrock fracture fluids from a depth of 967 m.'

-Comets, rocks and life. Nordic astrobiology conference, 19.-21.9.2011, Tuorla, Turun yliopisto

Maija Nuppenen-Puputti osallistui seuraaviin kansainvälisiin kursseihin ja konferensseihin:

-Institute of Biotechnology, University of Southern Denmark, Odense, Tanska, osallistui kurssiin Aquatic Microbial and Molecular Ecology (AMME), 2.8.-20.8.2010. Lisäksi kurssilla pidetty esitelmä yhdessä GTK:n Riikka Kietäväisen kanssa: Deep life in crystalline bedrock: DEEP LIFE -project at Outokumpu, eastern Finland

- Department of Microbial Ecology, University of Vienna, Itävalta, osallistui kurssiin International Fluorescence in situ hybridization –course. 21.2.2011-25.2.2011. Lisäksi kurssilla pidetty esitelmä: Deep life in crystalline bedrock: DEEP LIFE -project at Outokumpu, Eastern Finland, ja tutkimuskuvaus kurssikirjassa: Microbiology of the Outokumpu deep drillhole

-8th International symposium of subsurface microbiology (ISSM2011), 11.9.-16.9.2011, Garmisch-Partenkirchen, Saksa, jossa esitetty posterit 'Identification of acetate-utilizing communities in deep terrestrial biosphere by Stable Isotope Probing.'

Vierailut:

M. Itävaara 30.9-1.10.2011 Max Planc ja Marum, Bremen Saksa (syvämerenpohjatutkimukset) ja TUM Munchenin tekninen yliopisto (Carsen Muller) liittyen NanoSims menetelmiin ja yhteistyöhön. Matkoihin erillinen Akatemian DAAD Saksa – Suomi yhteistyö rahoitus.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Kallioperän suolaiset fluidit, kaasut ja mikrobit (SALAMI)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Saline fluids, gases and microbes in crystalline bedrock (SALAMI)		
Tutkimuslaitos Geologian tutkimuskeskus	Vastuuhenkilö Tutk.prof. Ilmo Kukkonen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) KYT-SALAMI –hankkeen 2011-2014 toinen toimintavuosi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT/Biotekniikka Helsingin yliopisto/Tietojenkäsittelytieteen laitos Helsingin yliopisto/Geotieteiden ja maantieteen laitos	Ulkomaiset organisaatiot GeoForschungsZentrum Potsdam (Saksa) ICDP-ohjelma University of Waterloo, Canada	Muut tutkimusohjelmat, tms. KYT2014 bentonitti ja Cu- korroosiohankkeet
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? SALAMI-hankkeen tutkimustuloksia voidaan hyödyntää ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuustarkasteluissa, loppusijoituksen puskuri- ja täyteaineiden käyttäytymisen mallintamisessa, ja kapselien pitkäaikaiskestävyyteen ja korroosioon liittyvien prosessien tutkimuksessa. Tutkimus tuottaa myös tietoa, jota voidaan soveltaa selvitetessä syvien reikien käyttöä loppusijoitukseen		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeellinen tutkimus	Julkaisujen lukumäärä 2011: 4 julkaisua vertaisarvioituissa sarjoissa, 2 konferenssiesitelmää 2012: 2 julkaisua vertaisarvioituissa sarjoissa 2013-2014: 2 julkaisua vertaisarvioituissa sarjoissa	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 alkava pro gradu 1 käynnissä oleva väitöskirja
Tutkimuksen tavoite SALAMI-, GEOMIKRO- ja GEOBIOINFO-hankkeiden yhteisenä tavoitteena on selvittää syvän biosfäärin makroskooppisesti ja mikrobiologisesti havaittavat biogeokemialliset prosessit.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain 1. Outokummun syväreian fluidi- ja kaasututkimus ja tutkimusmetodiikan kehitys: Fluidi- ja kaasunäytteenotto, analyysit ja alustava tulkinta (2011-2012) 2. Kallioperän suoloisten fluidien viipymääjan ja alkuperän tutkimus: Jalokaasujen käyttö viipymääjan selvityksessä (2011-2012) 3. Kallioperän syvän biosfäärin diversiteetin kartoitus: Olemassa olevien kairareikien käyttö näytteenottoon (2012 reikien käytettävyysselvitys, kahden kohteen näytteenotto) 4. Outokummun syväreian käyttö loppusijoituskohteen analogiana: Biofilmiansat ja loppusijoituksen simulointi (2011-2013 tehtävät in situ -kokeet) 5. Syvän biosfäärin energiatarkastelut: Radiolyyttisen vedyn rooli mikrobien energialähteenä, vedyn läsnäolo tai puuttuminen Outokummun vesistä (2011-2014)		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Pro gradu: "Syvien pohjavesien sisältämien kaasujen geokemia ja liukoisuus" ,geol.yo NN, 2012-2013 Osajulkaisuja FT-tutkintoon: Riikka Kietäväinen et al.: Outokummun syväreian veden stabiilit		

isotoopit (julkaisu 2011, tutkinto 2013)

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

Merkittävien tutkimustulosten valmistuessa annetaan lehdistötiedotteita; Yleisille tiedotusvälineille annetaan haastatteluja

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2012

Tutkimushankkeen nimi Syvän kallioperän bioinformatiikka (GEOBIOINFO)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Deep bedrock bioinformatics		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopisto	Vastuuhenkilö Prof. Juho Rousu	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) 3.2.4 Muut turvallisuustutkimukset; biosfääritutkimukset loppusijoituksen turvallisuuden kannalta		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on jatkoa 2011 alkaneelle GEOBIOINFO-hankkeelle		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, GTK	Ulkomaiset organisaatiot Deep carbon observatory (DCO) ja ICDP International Continental Scientific drilling program (ICDP)	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Projektin tuloksena saadaan bioinformatiikan menetelmiä ja työkaluja, joilla voidaan selvittää syvän kallioperän mikrobiyhteisöjen toiminnan vaikutuksia ydinjätteen loppusijoittamisen turvallisuuteen.		
Tuloskategoria Tietokoneohjelma, laskennallinen menetelmä	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 2
Tutkimuksen tavoite GEOBIOINFO-hankkeen tavoitteena on kehittää bioinformatiikan menetelmiä ja työkaluja syvien kalliopohjavesien mikrobipopulaatioiden aineenvaihduntareittien karakterisoimiseksi.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Vuoden 2012 sisällölliset tavoitteet ovat seuraavat: <ul style="list-style-type: none"> - Syväreikien mikrobiyhteisöjen aineenvaihduntaverkostojen rekonstruointi totaalisekvenointidatasta. Tuloksena saadaan uutta tietoa siitä millaisia aineenvaihduntareittejä syväreikien mikrobiyhteisöillä on. - Aineenvaihduntaverkostojen toiminnallisuuden analysointi. Tuloksena saadaan tietoa siitä millaisia yhdisteitä mikrobiyhteisö pystyy tuottamaan eri lähteistä ja mikä on eri mikrobilajien rooli aineenvaihdunnassa. - Aineenvaihduntareittien vertaileva ja rikastumisanalyysi selittävien tekijöiden suhteen. Analyysin tuloksena saadaan tietoa siitä, mitkä aineenvaihdunta reitit ovat spesifisiä tietyille olosuhteille ja mitkä ovat läsnä laajassa kirjoissa olosuhteita. 		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Valmisteilla on lehtiartikkeli liittyen 2011 kehitettyyn bioinformatiikka-alustaan ja syväreikien metaboliareittien analysointiin, valmistuu alkuvuodesta 2012. Lisäksi tekeillä on gradutyö (Yvonne Herrmann) liittyen syväreikäyhteisöjen aineenvaihduntareittien rikastumisanalyysiin, joka valmistuu keväällä 2012. Kaksi posteresitystä pidettiin vuoden 2011 aikana tieteellisissä kokouksissa: <ul style="list-style-type: none"> - Hongyu Su, Esa Pitkänen, Juho Rousu, Malin Bomberg, Mikko Arvas, Merja Itävaara, Ilmo Kukkonen. GEOBIOINFO - Deep Bedrock Bioinformatics. Proc. 11th SocBiN Conference on Bioinformatics, 2011 - Esa Pitkänen, Juho Rousu, Mikko Arvas. Genome-scale reconstruction of gapless atomlevel 		

metabolic networks for living and ancestral species. 1st Conference on Constraintbased Reconstruction and Analysis, 2011

Vuonna 2012 käynnistetään gradutyö liittyen aineenvaihduntareittien toiminnallisuuden analysointiin, jonka on tarkoitus valmistua 2012 loppuun mennessä.

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

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Betonisten vapautumisesteiden säilyvyys voimalaitosjätteen loppusijoituksessa		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Durability of engineered concrete barriers under final disposal conditions		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopisto ja VTT	Vastuuhenkilö Jari Puttonen, Aalto-yliopisto Eila Lehmus, VTT	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus – Muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on jatkoa tutkimukselle: "Kokonaismalli teräsbetonirakenteen ikääntymiselle voimalaitosjätteen loppusijoituksessa".		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Teollisuuden Voima Ot ja Fortum Power and Heat Oy	Ulkomaiset organisaatiot AECL, Kanada	Muut tutkimusohjelmat, tms. Safir 2014
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Ensisijaisia tulosten hyödyntäjiä ovat loppusijoituksesta vastaavat yhtiöt. Malli kehitetään erikoisesti Suomen ydinvoimaloissa tuotetun matala- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen loppusijoitustilojen käyttöön hallintaan. Tulokset ovat sovellettavissa myös yleisesti ydinvoimaan liittyvien teräsbetonirakenteiden käyttöön hallintaan ja lisäksi hyödyntämismahdollisuudet kattavat koko rakennusteknologian alueen.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Malli, kokeellinen menetelmä 2012	Julkaisujen lukumäärä 1-2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksessa kehitetään kokeellisesti varmennettu osin termodynaaminen tunkeutumamalli ja sen numeerinen sovellus teräsbetonirakenteen ikääntymiselle voimalaitosjätteen loppusijoitusolosuhteissa.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain		
Osaprojekti 1 Laboratoriokokeissa kiihdytetyn karbonatisoitumisen soveltuvuus loppusijoitustilojen betonirakenteiden karbonatisoitumisen ennustamiseen <ul style="list-style-type: none"> kiihdytetyn kokeen soveltuvuus loppusijoitustilojen betonirakenteiden karbonatisoitumisen arviointiin ja mallin verifiointi tulosten perusteella Mallin kehitys ja epävarmuustekijöiden hallinta tilastollisin menetelmin <ul style="list-style-type: none"> mallinnuksessa ja muissa analyyseissä tarvittavien parametrien tarkentaminen sekä tilastollinen tarkastelu 		
Osaprojekti 2 Tutkimussuunnitelman mukaiset betoninäytteiden analyysit koebetoneille S1, S2 ja S3, w/c 0.5		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tavoitteina Olli-Pekka Karin väitöskirjan käsikirjoitus sekä vähintään yksi tieteellinen artikkeli kansainvälisessä julkaisussa		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi C-14 vapautuminen loppusijoituksessa (HIILI-14)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Release of ¹⁴ C (Carbon-14)		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuhenkilö Kaija Ollila	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus: Muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo Hanke on suunniteltu kolme vuotiseksi, 2011-2013		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Helsingin Yliopiston Radiokemian laitos	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Tulokset antavat tärkeätä tietoa ydinjätteiden loppusijoituksen realistisempia turvallisuustarkasteluja varten. ¹⁴ C on osoittautunut säteilyvaikutukseltaan merkittäväksi isotoopiksi voimalaitos- ja purkujätteessä (sekä käytetyissä polttoainepiirissä). Tuloksia voidaan hyödyntää myös KYT2014-ohjelmaan ehdotetussa 'Loppusijoituksen turvallisuusperustelu' hankkeessa.		
Tuloskategoria kokeellinen menetelmä	Julkaisujen lukumäärä 1	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Hankkeen tavoitteena on selvittää voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen aktiivisissa metallikomponenteissa olevan ¹⁴ C-isotoopin vapautumista pohjaveteen loppusijoitustilaolosuhteissa, veteen syntyviä liuenneita ja kaasumaisia hiilen kemiallisia olomuotoja, erityisesti niiden jakautumista orgaanisiin ja epäorgaanisiin muotoihin. Orgaanisen hiilen osuus on erittäin tärkeä, koska orgaaniset hiilispesiektet ovat helposti kulkeutuvia ja siten merkittäviä turvallisuustarkastelujen kannalta.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Säteilyttämättömän teräsmateriaalin esikokeet jatkuvat. Esikokeilla varmennetaan mm. tarvittavat parametrit, reaktioajat ja analyysimenetelmien soveltuvuus. Esikokeiden jälkeen aloitetaan varsinaiset kokeet säteilyttämättömällä materiaalilla. Säteilyttämättömän materiaalin kokeiden tulokset ovat pohjana suunniteltaessa säteilytetyn materiaalin kokeita tuleville vuosille. Helsingin Yliopiston Radiokemian laitos tutkii ¹⁴ C pidättymismekanismeja alihankintaprojektina.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt		
Muu tutkimuksista tiedottaminen KYT-seminaarit		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen empiirisen aineiston valossa		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Use of empirical data to improve radioecological modelling applied to risk assessment of radioactive waste		
Tutkimuslaitos Ympäristötieteen laitos, Itä-Suomen yliopisto/ Kuopion kampus	Vastuuhenkilö Jukka Juutilainen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus: Muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Helmikuussa 2011 alkanut hanke on jatkoa työryhmän aiemmalle KYT2010-ohjelman hankkeelle. Tämän hankkeen suunnitellaan jatkuvan vuoteen 2014 saakka.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms. ERAC (Minera)
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamisen turvallisuusanalyysiin liittyvässä biosfäärimalinnuksessa tarvitaan tietoa radionuklidien siirtymisestä maaperästä kasvillisuuteen ja ravintoketjuun. Suomalaisiin ympäristöolosuhteisiin sovellettu tieto parantaa mallinnuksen luotettavuutta.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeellinen menetelmä	Julkaisujen lukumäärä 4	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Hankkeen yleisenä tavoitteena on empiirisen tiedon valossa tarkentaa suomalaiseseen metsäekosysteemiin soveltuva radioekologista mallintamista ja sen käyttöä loppusijoituksen mahdollisten riskien arviointiin. Erityinen huomio keskittyy alkuaineiden siirtymiseen maaperästä kasveihin ja eläimiin.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Osaprojekti 1: Siirtymisen epälineaarisuuden vaikutus biosfäärimalinnukseen <ul style="list-style-type: none"> • kehitetään radioekologista mallintamista siten, että siirtymistä maaperästä biosfääriin ja ekosysteemin osien välillä voidaan kuvata epälineaarisenä ilmiönä • tutkitaan kuinka paljon siirtymisen epälineaarisuuden huomioon ottaminen vaikuttaa radioekologisten mallien tuloksiin ja niiden tarkkuuteen • kirjoitetaan ensimmäinen käsikirjoitus epälineaarisuuden vaikutuksesta biosfäärimalinnukseen Osaprojekti 2: Kokeellinen ekosysteemi alkuaineiden siirtymisen simulointiin <ul style="list-style-type: none"> • analysoidaan v. 2011 aikana pystytetyn kokeen (kokeellinen järjestelmä, jolla voidaan selvittää ydinjätteen loppusijoituksen kannalta tärkeiden alkuaineiden siirtymistä pohjoisissa metsäekosysteemeissä kasvien biomassaan sekä sitä miten nämä alkuaineet siirtyvät kasveista eläimiin) tulokset • aloitetaan uusi koe, jossa systeemiin lisätään yksi ravintoketjun taso (petoeläin). Tässä otetaan huomioon ensimmäisestä kokeesta saadut tulokset • julkaistaan kokeellisen ekosysteemin kuvaus Tutkijankoulutus		

- Tiina Tuovisen väitöskirjatyön eteneminen

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit (odotettavissa 2012):

- Roivainen P, Makkonen S, Holopainen T, Juutilainen J. Element interactions and soil properties affecting the soil-to-plant transfer of six elements relevant to radioactive waste in boreal forest (tila: korjattavana, "minor revision")
- Saengkul C, Tuovinen TS, Ylipieti J, Solatie D, Juutilainen J. Transfer of ¹³⁷Cs from water to fish is not linear in two northern lakes (tila: tarjottu julkaistavaksi)
- Boman T ym. Metodologinen artikkeli, jossa kuvataan epälineaarisen siirtymisen tarkasteluun soveltuva radioekologinen malli (käsikirjoitus valmistuu v. 2012 loppupuolella)
- Kasurinen A ym. Radionuklidien siirtymisen kokeellisen simulaatiomenetelmän kuvaus (käsikirjoitus valmistuu alkuvuoden 2012 aikana; tavoite saada julkaistuksi 2012)

Opinnäytetyöt:

Hankkeeseen otetaan yksi opiskelija tekemään pro gradu-työtään.

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

Päivi Roivaisen väitöskirjan lehdistötiedote (jo vuoden 2011 puolella)

Tuloksia raportoidaan mahdollisuuksien mukaan kansainvälisessä tieteellisessä kokouksessa (tarkkaa vielä ole)

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenvedo 2012

Tutkimushankkeen nimi Mikrobiologisen korroosion riskit Suomen loppusijoitusolosuhteissa		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Risks of microbiologically influenced corrosion in the Finnish nuclear waste repository		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuhenkilö Leena Carpén	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on suunniteltu 4-vuotiseksi ja tutkimustyö on aloitettu vuonna 2011.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot HY	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Tuloksia hyödynnetään arvioitaessa purkujättemetallien mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeellinen menetelmä	Julkaisujen lukumäärä 1 kansainvälinen julkaisu ja vuosiraportti	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Hankkeen tavoitteena on arvioida biofilmien muodostumista ja mikrobiologisen korroosion riskiä metallisille materiaaleille (purkujättemetallit) Suomen loppusijoitusolosuhteissa kokeellisten laboratorio- ja kenttäkokeiden avulla		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain 2012 1. Määrittää mikrobiologisen toiminnan vaikutus purkujättemetallien (hiilliteräs ja uutena tutkimuskohteena ruostumaton teräs) korroosionopeuteen ja korroosiomekanismeihin Suomen loppusijoitusolosuhteissa laboratorio- ja kenttäkokeiden avulla. <i>Tuloksena saadaan luotettavampi arvio Suomen loppusijoitusolosuhteissa tapahtuvasta eri materiaalien korroosionmekanismeista ja –nopeuksista mikrobiologinen vaikutus mukaan lukien. Saadaan uusia tuloksia ruostumattoman teräksen mikrobiologisesta korroosiosta Suomen loppusijoitusolosuhteissa</i> 2. Tutkia metallipinnoille laboratorio- ja kenttäolosuhteissa muodostuvan biofilmin ominaisuuksia ja rakennetta. <i>Tuloksena saadaan tietoja bakteerilajistosta sekä biofilmin rakenteesta ja voidaan verifioida laboratoriokokeiden tuloksia.</i>		
Julkaisut ja opinnäytetyöt 1 kansainvälinen julkaisu ja yksi opinnäytetyö (julkaisu ja käytetään osana väitöskirjaa), julkinen vuosiraportti		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Osallistuminen kansainvälisiin konferensseihin (NACE Corrosion, International Symposium on Scientific Basis for Nuclear Waste Management tms) KYT vuosiseminaarit. Lisäksi VLJ-luolassa tehtävistä kenttäkokeista raportoidaan vuosittain TVO:lle.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2012

Tutkimushankkeen nimi Käytetyn ydinpolttoaineen geologisen sijoituksen kansainväliset sosio-tekniiset ja turvallisuus haasteet – Suomi ja EU – FINSOTEC 2012-2014		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi International Socio-Technical and Safety Challenges for Implementing Geological Disposal of Spent Nuclear Fuel – Finland and EU – FInSOTEC 2012-2014		
Tutkimuslaitos Jyväskylän yliopisto, Yhteiskuntatieteiden ja filosofian laitos	Vastuuhenkilö Tapio Litmanen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) 3.2.4. Muut turvallisuustutkimukset (3.3. Ydinjäteh. liittyvä yhteiskuntat. tutkimus)		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Jatkoa edellisellä KYT-ohjelmakaudella aloitetulle ydinjätetutkimukselle, joka mahdollisesti EU-hankkeen nimeltä InSOTEC (12 partneria). Nyt haetaan täydentävää rahoitusta EU-hankkeen oheen. Edellisen KYT-ohjelmakauden jälkeen projektitutkija Mika Kari sai tutkijakoulupaikan (SOVAKO) ja valmisteelee väitöskirjaa JYU-UTA KYT2010 tutkimusprojektin tutkimusaineistosta.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot TEM (haastattelu) YM (haastattelu) STUK (haastattelu) Posiva (haastattelu) Fennovoima (haastattelu) Kansalaisjärjestö (haastattelu)	Ulkomaiset organisaatiot 13 EU-tutkimuspartneria: etupäässä yliopistoja ja yksi kansalaisjärjestö	Muut tutkimusohjelmat, tms. EU's 7 th Framework Programme (Theme: Fission-2010-1.1.2; Research activities in support of implementation of geological disposal)
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Tulokset auttavat hahmottamaan olemassa olevia sosio-tekniisiä haasteita ydinjätehuollon toteuttamiseen liittyen. Eri osapuolten näkemysten pohjalta tuotettu kuva tämänhetkisesti nähtävissä olevista sosio-tekniisistä haasteista auttaa arvioimaan ydinjätehuollon turvallisuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä. FiNSOTEC-projekti edistää eri toimijoiden kansainvälistä yhteistyötä tuottamalla saman EU-projektin (InSOTEC) puitteissa eri maiden geologisen sijoituksen sosio-tekniisistä haasteista. Tulokset mahdollistavat Suomen sosio-tekniisten haasteiden vertaamisen muiden EU-projektimaiden vastaaviin tuloksiin. Koko EU-projektin ja maakohtaisten tulosten levittäminen esimerkiksi Eurajoen kunnan, Posivan, ydinvoimayhtiöiden tietoisuuteen sekä ydinjätehuollon kehittämisessä mukana olevien toimijoiden keskuuteen lisää ymmärrystä tämänhetken tilanteesta ja mahdollisesti odotettavissa olevista haasteista. Kyse on osittain ydinjätehuollon kehittämishaasteiden ennakoinnista.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma)	Julkaisujen lukumäärä 1 maaraportti 2 tieteellistä artikkelia 1 muu julkaisu	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tutkimuksen tavoite Empiirinen tavoite on identifioida eri näkemykset Suomen ydinjätehuollon sosio-tekniisistä ja turvallisuushaasteista. Tavoite on katsoa kuinka eri toimijat (tekniis-tieteellinen yhteisö, hallinto, kansalaisyhteiskunta ja markkinatoimijat) hahmottavat nämä jäljellä olevat haasteet. Toinen empiirinen tavoite on päivittää tietämystä suomalaisesta uudesta (v. 1999 jälkeen julkaistusta) yhteiskuntatieteellisestä ydinjätetutkimuksesta ja analysoida sen painotuksia vertaillen tätä edeltävään alan tutkimuskirjallisuuteen.		

Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain

Tavoitteena on tuottaa EU-projektin työskentelyn pohjalta yksi EU-projektin yhteinen tieteellinen artikkeli, yksi ns. maaraportti, yksi FINSOTEC-projektin oma kansainvälinen tiedeartikkeli, joka keskittyy vain Suomen ydinjätehuollon sosioteknisiin haasteisiin. Samoin yksi yleistajuinen mediajulkaisu, esimerkiksi ATS Ydintekniikka tai ALARA-lehteen. Lisäksi tavoitteena on huolehtia EU-tutkimusprojektin tulosten tiedonkulusta relevanteille suomalaisille toimijoille ja toimijaryhmille, kuten Eurajoen kunta, Posiva, ydinvoimayhtiöt, STUK, Työ- ja elinkeinoministeriö, Ympäristöministeriö ja kansalaisjärjestöt.

Haettava täydentävä rahoitus EU-projektin oheen auttaa osallistumaan täysipainoisesti laajaan EU-projektin, jonka rahoitus on koko projektikaudelle 2011-2014 on puutteellinen. Rahoitus auttaa osallistumaan EU-projektin yhteisen tiedeartikkelin kirjoittamiseen sekä muokkaamaan EU-projektin maakohtaisesta raportista yhden oman kansainvälisen tiedeartikkelin, yhden muun yleistajuisen mediajulkaisun sekä mahdollistaa tutkimustulosten välittämisen eri toimijatahoille.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

1 yhteinen tiedeartikkeli, 1 maaraportti, 1 "oma" tieteellinen artikkeli, 1 muut yleistajuinen mediajulkaisu

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

Yksi yleistajuinen mediajulkaisu. EU-projektin yhteiset suunnitelmat seminaarista relevanteille eri osapuolille.

Liite 2 KYT2014 organisaatio 2012

KYT2014 Johtoryhmä

Jäsen (varajäsen)	Organisaatio	Tehtävä
Kaisa-Leena Hutri* (Risto Paltemaa)	STUK	pj.
Mikko Paunio	STM	
Miliza Malmelin (Magnus Nyström)	YM	
Sami Hautakangas (Maiju Paunonen)	Fortum	
Marjut Vähänen (Juhani Vira)	Posiva	
Veijo Ryhänen (Liisa Heikinheimo)	TVO	
Jaana Avolahti (Jorma Aurela)	TEM	varapj.
Juhani Hyvärinen (Malla Seppälä)	Fennovoima	

* Virkavapaalla 2012

KYT2014 Tukiryhmä I: Puskuri, täyteaineet ja kapseli

Jäsen	Organisaatio	Tehtävä
Marko Alenius	STUK	pj.
Rainer Laaksonen	STUK	varapj.
Katriina Labbas	STUK	
Jaakko Leino	STUK	
Ari Luukkonen	STUK	
Tuulikki Sillanpää	STUK	
Jarkko Kyllönen	Fortum	
Seppo Kasa	Posiva	
Kari Koskinen	Posiva	
Nina Paaso	TVO	

KYT2014 Tukiryhmä II: Turvallisuuden arviointi ja innovaatiot

Jäsen	Organisaatio	Tehtävä
Kai Hämäläinen	STUK	
Arto Isolankila	STUK	
Petri Jussila	STUK	pj.
Jarmo Lehikoinen	STUK	
Paula Ruotsalainen	STUK	
Janne Viertävä	STUK	
Tapani Eurajoki	Fortum	
Anne Lehtinen	Posiva	
Marja Vuorio	Posiva	
Pekka Viitanen	TVO	

KYT2014 Tukiryhmä III: Yhteiskunta ja ihminen

Jäsen	Organisaatio	Tehtävä
Jaana Avolahti	TEM	pj.
Juhani Tirkkonen	TEM	
Risto Isaksson	STUK	
Timo Seppälä	Posiva	
Tiina Tigerstedt	Fennovoima	
Juha Poikola	TVO	
Miliza Malmelin	YM	
Peter Tuominen	Fortum	

Koordinaattori Kari Rasilainen (VTT) toimii johtoryhmän sihteerinä. Tarkempi kuvaus organisaation osien työnjaosta on toimintaohjeessa (<http://kyt2014.vtt.fi/>).

Liite 3 KYT2014 hankeseuranta 2012

KYT2014-ohjelmassa tutkimushankkeiden edistymisen seuranta ja tieteellinen ohjaus on 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 2012 hankehaun yhteydessä. Käytännön seurantatyö tapahtuu muun muassa erityisissä seurantakokouksissa ja näitä kokouksia varten tukiryhmät I ja II ovat v. 2012 jakaneet rahoitusta saaneet tutkimushankkeet aihepiireittäin seuraaviin seurantaryhmiin.

Tukiryhmä I Puskuri, täyteaine ja kapseli (Marko Alenius)

1. Koordinoitu hankekokonaisuus Bentoniittipuskuri (BOA)
 - Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA); **Markus Olin, VTT**
 - Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA); Antti Niemistö, Numerola Oy
 - Bentoniitin ominaisuuksien arviointi: mineralogiset tutkimukset GTK:ssa (BOA/GTK); Mia Tiljander, GTK
 - Bentoniitin fenomenologinen THM-mallinnus (BOA-konsortion osahanke); Markku Kataja, JYFL
 - Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA); Ritva Serimaa, HYFL
 - Kolloidien vaikutus radionuklidien kulkeutumiseen (KOLORA); Pirkko Hölttä, HYRL
 - Bentoniitin ja täyteaineiden lohkopintojen mekaaninen käyttäytyminen leikkausrasituksessa; Leena Korkiala-Tanttu, Aalto
2. Koordinoitu hankekokonaisuus Kapseli (L-TICO)
 - Hitsatun kuparivaipan pitkäaikaiskestävyys (MICO); **Juhani Rantala, VTT**
 - Kuparisen ydinjätekapselin mekaaniset ominaisuudet; Hannu Hänninen, Aalto
 - Sulfidien aiheuttama kuparin haurastuminen (CUHA); Timo Saario, VTT
 - Korroosion monitorointi loppusijoitusolosuhteissa (KAISA); Timo Saario, VTT
 - Kuparin korroosio hapettomassa vedessä; Antero Pehkonen, Aalto
3. Betoni
 - Betonisten vapautumisesteiden säilyvyys voimalaitosjätteen loppusijoituksessa. Osaprojekti 1; Jari Puttonen, Aalto
 - Betonisten vapautumisesteiden säilyvyys voimalaitosjätteen loppusijoituksessa. Osaprojekti 2; Eila Lehmus, VTT

Tukiryhmä II Turvallisuuden arviointi ja innovaatiot (Petri Jussila)

4. Koordinoitu hankekokonaisuus Turvallisuusperustelu (LS-TUPER)
 - Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER); **Markus Olin, VTT**
 - Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER)/HYRL; Juhani Suksi, HYRL
 - Turvallisuusperustelun täydentävät tarkastelut TUPER/GTK; Lasse Ahonen, GTK
 - Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER); osahanke laskennallisen analyysimallin kehittäminen; Antti Lempinen, Ludus Mundi Oy
5. Nuklidikulkeutuminen
 - Kallion in situ tutkimukset; Marja Siitari-Kauppi, HYRL
 - Kiven kolmiulotteisen huokosrakenteen yhdistäminen matriisidiffuusio- mallinnukseen; Jussi Timonen, JYFL
 - Kolmenarvoisten aktinidien kiinnittyminen savi- ja (hydr)oksidimineraalien pinnalle; Nina Huittinen, HYRL
 - C-14 vapautuminen loppusijoituksessa (HIILI-14); Kaija Ollila, VTT
6. Mikrobiologia
 - Syvien kalliopohjavesien mikrobiologinen kartoitus (Geomikro); Merja Itävaara, VTT
 - Kallioperän suolaiset fluidit, kaasut ja mikrobit (SALAMI); Ilmo Kukkonen, GTK
 - Syvän kallioperän bioinformatiikka (GEOBIOINFO); Juho Rousu, Aalto
 - Mikrobiologisen korroosion riskit Suomen loppusijoitusolosuhteissa; Leena Carpén, VTT
7. Biosfääri
 - Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen empiirisen aineiston valossa; Jukka Juutilainen, UEF
8. Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat
 - Kehittyneet polttoainekierröt - Uudet erotustekniikat; Risto Harjula, HYRL
 - Kehittyneet polttoainekierröt - Laskennallinen polttoainekiertoanalyysi; Tuomas Viitanen, VTT
 - Ydinjätteen transmutointi ADS-reaktorissa (FLUTRA); Rainer Salomaa, Aalto

Tukiryhmä III Yhteiskunta ja ihminen (Jaana Avolahti)

9. Yhteiskuntatiede
 - Käytetyn ydinpolttoaineen geologisen sijoituksen kansainväliset sosio-tekniiset ja turvallisuus haasteet – Suomi ja EU – FiNSOTEC 2012-2014; Tapio Litmanen, JY