

KYT2014 Vuosisuunnitelma 2011
14.6.2011

KYT2014

KANSALLINEN YDINJÄTEHUOLLON
TUTKIMUSOHJELMA
2011-2014

Vuosisuunnitelma
2011

Kari Rasilainen

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
1. Johdanto	4
2. Tutkimusohjelman tavoitteet	5
3. Tutkimushankkeet vuonna 2011	6
3.1 Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat	7
3.2 Ydinjätehuollon turvallisuustutkimus	8
3.2.1 Turvallisuusperustelu	8
3.2.2 Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky	9
3.2.3 Muut turvallisuustutkimukset	10
Viitteet	15
Liite 1 Hankekohtaiset tutkimusyhteenvedot 2011	16
Liite 2 KYT2014 organisaatio	47
Liite 3 Hankeseuranta vuonna 2011	49

ESIPUHE

Tämä on Kansallisen ydinjätehuollon tutkimusohjelman (KYT2014) sisällöllinen vuosisuunnitelma vuodelle 2011. 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 sekä Otaniemen tutkimusreaktorin (FiR1) käyttöluvan uusiminen. VTT suunnittelee 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 selvittää 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. puiteohjelma (2007–2011). 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 organisoimisessa ja toimintaohjeen uusimisessa. Arviointiryhmän mainitsemia laajoja integroituja tutkimusprojekteja kutsutaan KYT2014-ohjelmassa koordinoituiksi hankkeiksi.

2. Tutkimusohjelman tavoitteet

KYT2014-tutkimusohjelman lähtökohdat perustuvat ydinenergi lakiin (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.

Ydinenergi lain 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 tiedonvälitysfoorumina. 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 koordinoida esimerkiksi kansainvälisiin hankkeisiin osallistumista.

Valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR) rahoittaa vuosittain ydinjätehuollon tutkimushankkeita työ- ja elinkeinoministeriön esityksen perusteella. TEM:n esitys perustuu KYT-johtoryhmän rahoitussuosituksen. Vuosittain jaettava rahamäärä perustuu jätehuoltovelvollisten vastuumääriin ja on vuonna 2011 noin 1,7 miljoonaa euroa. Olkiluoto 3 -laitosyksikön käyttöönotto vaikuttaa ydinjätehuoltovelvollisten vastuumääriin, jolloin tutkimusrahoitukseen on vastaavasti osoitettavissa enemmän varoja.

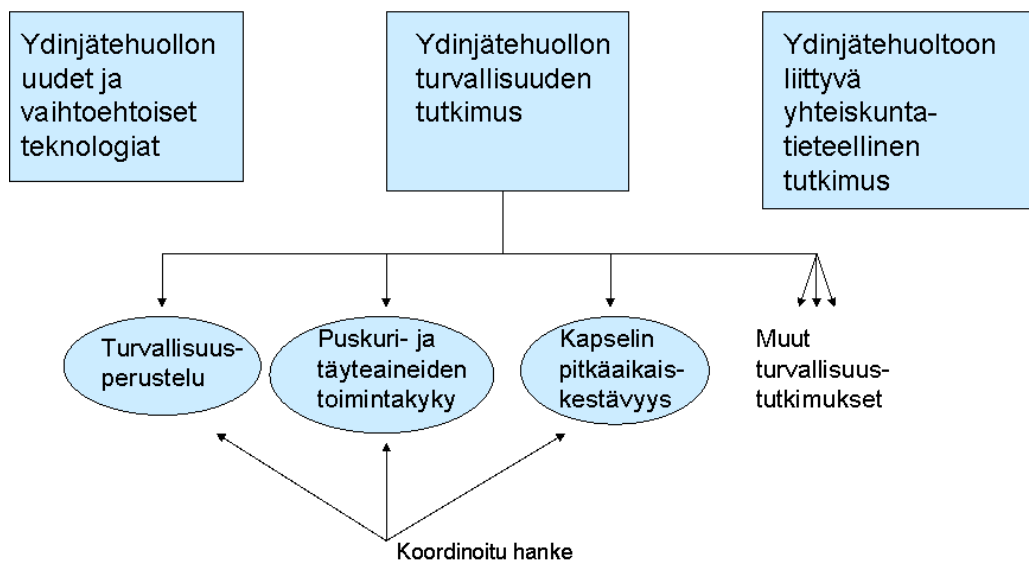
KYT2014-tutkimusohjelma tukee ja kannustaa osallistumaan ydinjätetutkimuksen kansainvälisiin ja EU-hankkeisiin. Hankkeita voidaan toteuttaa myös VYR:n ja muiden suomalaisten tai ulkomaisten rahoittajien yhteisrahoituksella. Yhteisrahoitteisiin hankkeisiin sovelletaan samoja rahoitusehtoja ja vaatimuksia 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.

KYT-ohjelman tutkimussisältöön, raportointiin ja tiedonvälitykseen liittyvät tavoitteet on esitetty tarkemmin KYTin puiteohjelmassa (TEM, 2010). Tutkimusohjelman sisäinen työnjako on kuvattu toimintaohjeessa (Avolahti 2011).

Vuoden 2011 erityisenä tavoitteena pidettiin lähinnä sitä, että ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksiin saadaan käynnistettyä koordinoituja hankkeita. Koordinoitujen hankkeiden käyttöönotto on KYT2014-

ohjelman olennainen uutuus, jolla tutkimuksen koordinoitavuutta on siirretty itse tutkimusryhmälle. Kuvassa 1 on esitetty KYT2014-ohjelman tutkimusaihepiirit.



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

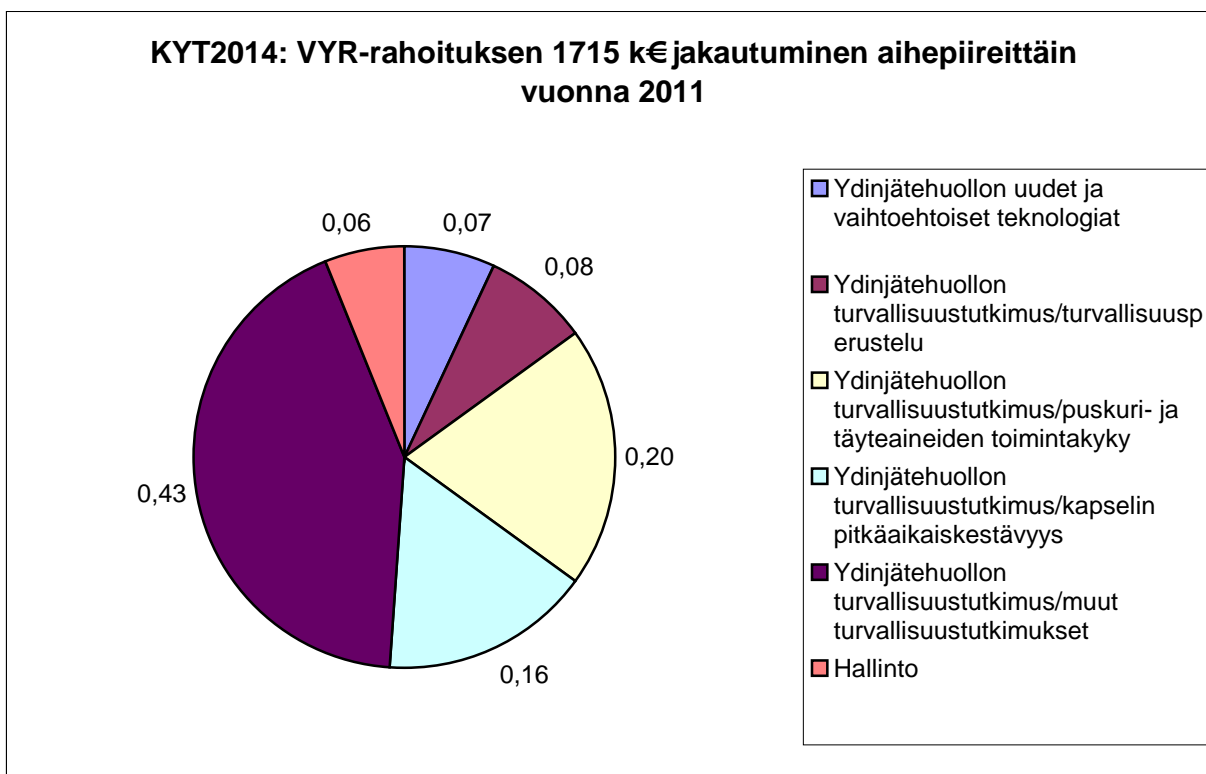
3. Tutkimushankkeet vuonna 2011

Vuoden 2011 hankehakuun lähetettiin yhteensä 36 hanke-esitystä ja yhteenlaskettuna VYR-rahoitusta haettiin 3.6 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, haetaan koottuja yhteisiä hankkeita ja ehyitä kokonaisuuksia
- koulutusvaikutus
 - uusien asiantuntijoiden kouluttaminen
 - uuden osaamisen luominen
- tieteelliset ansiot
- tuloksellisuus, jota on osoitettu KYT-hankkeissa tai muissa yhteyksissä.

Tutkimusohjelman johtoryhmä laati tukiryhmien sisällöllisten arvioiden pohjalta rahoitusesityksen ja kokosi tukiryhmien työn pohjalta hanke-esityksille sisällöllisen palautteen, jotka saatettiin hanke-esitysten tekijöiden tietoon. Kaikkia rahoitettuja hankkeita jouduttiin leikkaamaan, koska hanke-esitysten yhteenlaskettu VYR-rahoitus oli yli kaksinkertainen rahoitusvaraansa verrattuna.

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) teki johtoryhmän esityksen pohjalta rahoitusesityksen, johon pyysi lausunnon STUKilta. Valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR) teki lopullisen rahoituspäätöksen 15.3.2011. Vuonna 2011 KYT2014-ohjelmassa tutkimushankkeille myönnetty rahoitus on n. 1,6 M€ Tämän lisäksi VYR myönsi rahoitusta tutkimusohjelman hallintohankkeelle. Rahoitettujen hankkeiden jakautuminen eri aihepiireihin on esitetty Kuvassa 2.



Kuva 2. KYT2014-hankekokonaisuuden jakautuminen eri aihepiireihin vuonna 2011.

Seuraavassa esitellään lyhyt yhteenveto vuoden 2011 hankekokonaisuuden 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 2011.

Vuonna 2011 hankekokonaisuus koostuu ydinjätehuollon teknologioita ja turvallisuutta käsittelevistä tutkimushankkeista. Yhteiskuntatieteellisiä tutkimushankkeita ei ole mukana.

3.1 Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat

Vuonna 2011 ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat –aihepiiri koostuu kolmesta hankkeesta, Taulukko 1.

Taulukko 1. Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Kehittyneet polttoainekierröt - Uudet erotustekniikat	Risto Harjula, HYRL
Kehittyneet polttoainekierröt - Laskennallinen polttoainekiertoanalyysi	Silja Häkkinen, VTT
Ydinjätteen transmutointi ADS-reaktorissa (FLUTRA)	Rainer Salomaa, Aalto

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

Kehittyneet polttoainekierröt - 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 nesteuuttomenetelmien synnyttämistä

sekundäärijäteliuoksista. Lisäksi tavoitteena on kehittyneiden polttoainekiertojen kansainvälisen tutkimuksen seuranta ja tiedonvälitys koskien uusia erikoistekniikoita. Hanke toteutetaan rinnakkaishankkeena VTT:n kanssa. Hanke edistää alan asiantuntijuuden saatavuutta ja tieteellisen osaamisen kehittymistä Suomessa ja edesauttaa pääsyä mukaan kansainvälisiin projekteihin. Tuloksena syntyy alan seurantaraportteja, tieteellisiä julkaisuja ja seminaaritiedonantoja. Mahdollisesti syntyy myös uusia ioninvaihtomateriaaleja, joita voidaan hyödyntää pitkällä aikavälillä aktinidien erotukseen sekundäärijätteistä ja lyhyellä aikavälillä mm. radionuklidien poistoon happamista dekontaminointiliuoksista.

Kehittyneet polttoainekierrat - 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. Tuloksena saadaan kattava ohjelmisto, jonka avulla kyetään analysoimaan sekä alikriittisiä että kriittisiä nopeita reaktoreita, arvioimaan transmutaatiolaitosten tehokkuutta ja simuloimaan siirtymistä termisistä reaktoreista nopeisiin reaktoreihin sekä arvioimaan, miten nopeasti uudenlaisia ratkaisuja tarvitaan, jos ydinenergian käyttö kasvaa nopeasti. Tuloksia voidaan hyödyntää kehitettäessä tekniikoita, joiden avulla ydinjätteen pitkäikäisten isotooppien määrää ja näin loppusijoituksen vaatimaa aikaa lyhennetään merkittävästi. Lyhyelläkin aikavälillä projekti lisää suomalaista ydinenergiaosaamista ja sen puitteissa koulutetaan nuoria tutkijoita alalle.

Ydinjätteen transmutointi ADS-reaktorissa (FLUTRA)

Hankkeessa lasketaan tapauskohtaiset arviot ydinjätteen hävittämisestä lyijyjäähdytteisessä kiihdytinpohjaisessa reaktorissa. 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. Hanke toteutetaan FLUKA Monte Carlo koodilla käyttämällä Myrrha koereaktorin geometriaa ja laskemalla käytetty suuripalamainen polttoaine CASMO-koodilla ja/tai Serpentiin sovelletulla tarkalla nuklidimäärityksellä. 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 koordinoitun hankkeen, Taulukko 2.

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

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER)	Markus Olin, VTT
Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER) – Täydentävät tarkastelut	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)

Koordinoidussa 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. 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. Hanke tuottaa Suomeen uusia asiantuntijoita turvallisuusperustelun laatimis- ja arviointityön tarpeisiin sekä kehittää uusia tarkastelutapoja käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden arviointiin. Tulokset ovat hyödynnettävissä viranomaisarviointin tukena suoraan ja viiveettä. Ne myös selkiyttävät turvallisuusperustelun käsitettä aiempaa laajemmille piireille. Lisäksi helppokäyttöisen ja halvan laskennallisen turvallisuusanalyysimallin kehittämisen kautta analyysivalmiudet tulevat entistä helpommin kaikkien ulottuville.

3.2.2 Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky

Ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksen puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky –aihepiiri koostuu kuudesta hankkeesta, jotka yhdessä muodostavat koordinoidun hankkeen, Taulukko 3.

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

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA)	Markus Olin, VTT
Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA)	Antti Niemistö, Numerola Oy
Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA); osahanke 2.2 THM-mallin toteutus	Antti Lempinen, Ludus Mundi 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

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; GTK=Geologian tutkimuskeskus; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; HYFL=Helsingin yliopiston fysiikan laitos

Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA)

Koordinoitu hanke vastaa Suomessa selkeään kansalliseen tarpeeseen ymmärtää bentoniitin käyttäytyminen entistä paremmin loppusijoitusolosuhteissa. Prosessi- ja mikrorakenneosaaminen luo tieteellisesti perustellun pohjan tutkia kvantitatiivisesti turvallisuuden kannalta keskeisinä pidettyjä selvityskohteita (esim. eroosioilmiöt tai montmorillonitiin muuntuminen). BOA-hankkeen konsortio-osapuolet (VTT, Jyväskylän ja Helsingin yliopistot, GTK, Numerola Oy ja Ludus Mundi Oy) muodostavat bentoniittitutkimuksen osaamiskeskuksen, jolla on pitkäaikaista kokemusta bentoniitista, käytössään monipuoliset menetelmät vaatimaan kokeelliseen tutkimukseen, ja kyky mallintaa vaadittavia kytettyjä ja monimutkaisia ongelmia. BOA muodostaa jatkumon edellisen KYT-ohjelman hankkeista (PUSKURI, MOPO, KOLKU), ja lisäksi on mukana mikrobiitutkimuksen peruskartoitusta ja eri mittakaavojen kokeellista toimintaa suunnitteleva alihanke. KBS-3-konseptin puskuri- ja täyteaineiden toimintakyvyn luotettava arviointi ratkaisee pitkälti koko turvallisuusperustelun luotettavuuden, jota varten viranomaisten käytettävissä on oltava korkeatasoista osaamista näiden aineiden toimintakyvystä ja sen vaikutuksesta pitkäaikaisturvallisuuteen.

3.2.3 Muut turvallisuustutkimukset

Muut turvallisuustutkimukset –aihepiiri koostuu 17 hankkeesta, Taulukko 4.

Taulukko 4. Muut turvallisuustutkimukset.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Kolloidien vaikutus radionuklidien kulkeutumiseen (KOLORA)	Pirkko Hölttä, HYRL
Kuparin korrosio hapettomassa vedessä	Antero Pehkonen, Aalto
Kuparisen ydinjätekapselin mekaaniset ominaisuudet	Hannu Hänninen, Aalto
Hitsatun kuparivaipan pitkäaikaiskestävyys (MICO)	Pentti Kauppinen, VTT
Sulfidien aiheuttama kuparin haurastuminen	Timo Saario, VTT
Kallion in situ tutkimukset	Marja Siitari-Kauppi, HYRL
Kolmenarvoisten aktinidien kiinnittyminen savi- ja (hydr)oksidimineraalien pinnalle	Jukka Lehto, HYRL
Kiven heterogeenisten ominaisuuksien yhdistäminen matriisidiffuusio-mallinnukseen	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, HY
Kalliolaatu: Kiteisen kallioperän laatutekijöiden visualisointi ja mallinnus 1-3-ulottuvuudessa ja mallien luotettavuuden arviointi	Jussi Leveinen, 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

Kolloidien vaikutus radionuklidien kulkeutumiseen (KOLORA)

Hankkeen tavoitteena on selvittää loppusijoitustilan materiaalien, erityisesti bentoniitin rapautumista ja muodostuvien kolloidien merkitystä radionuklidien kuljettajina eri pohjavesiolosuhteissa, yhdistää kokeellinen työ ja mallinnus sekä kehittää osaamista ja kouluttaa asiantuntijoita. Osaprojekti ”Kolloidien muodostuminen loppusijoitustilan materiaaleista” on osa koordinoitua BOA-hanketta ja siinä selvitetään kolloidien irtautumista ja sovelletaan eri analyysimenetelmiä. Osaprojektissa ”Radionuklidien sorptio kolloideihin ja niiden kulkeutuminen” tutkitaan aktinidien kiinnittymistä kolloideihin ja sorption palautuvuutta sekä kolloideihin kiinnittyneiden radionuklidien kulkeutumista. Osaprojekti ”Radionuklidien kulkeutumisen vaihtoehtoiset tulkinnot” on osa koordinoitua LS-TUPER -hanketta, jossa selvitetään vaihtoehtoisia käsitteellisiä malleja ja tulkintoja. KOLORA hanke on mukana Nagran Grimselin Test Site projektissa Colloid Formation and Migration (CFM). Hanke toteutetaan osana Kansallisen ydinjätehuollon tutkimusohjelmaa KYT2014. Tuloksena saadaan tietoa mm. bentoniitin rapautumismekanismeista ja -kinetiikasta, pohjaveden vaikutuksesta kolloidien liikkuvuuteen ja aktinidien sorption pysyvyydestä sekä menetelmät määrittää kolloidien ominaisuuksia ja lähtödataa/testitapauksia mallinnusta varten. Tuloksia hyödynnetään käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuustarkasteluissa sekä lähialueella arvioitaessa bentoniitin ja tunnelin täyteaineiden toimintakykyä että arvioitaessa radionuklidien pääsyä kolloidien mukana loppusijoitustilasta lähialueelle ja biosfääriin.

Kuparin korrosio hapettomassa vedessä

Hanke on jatkoa v. 2010 toteutetulle KYT-hankkeelle. Tässä hankkeessa jatketaan loppusijoituksessa käytettävän kuparikapselin korroosion tutkimista vedessä, jossa ei ole liuennutta happea. Tutkimuksen lähtökohtana on KTH:n tutkijan Peter Szakáloksen tutkimusryhmän esittämät tulokset siitä, että kupari saattaa olemassa olevasta tiedosta poiketen syöpyä pelkistävissä olosuhteissa vetyä kehittäen. Tutkimuksen tavoitteena on varmistaa tai kumota nämä tulokset. Tutkimuksen tekevät yhteistyössä Aalto-yliopisto ja VTT KYT-rahoituksella ja Studsvik omalla rahoituksellaan. Tutkimus tullaan saamaan valmiiksi v. 2011 eikä tämän hetken käsityksen mukaan jatkorahoitusta tarvita. Vuonna 2010 rakennettiin kaksi koelaitteistoa, mutta niitä ei saatu täysin tiiviiksi. Vuonna 2011 tullaan varmistamaan laitteistojen toiminta ja tekemään pitkäaikaiset kokeet sekä puhtaassa vedessä että simuloidussa pohjavedessä. Tutkimus tehdään mittaamalla kuparin korroosionopeus eri menetelmillä upotuksen aikana. Tutkimustuloksilla varmistetaan Szakaloksen ryhmän tuloksia kuparin korroosiosta, kun bentoniittipuskuri on turvonnut ja olosuhteet ovat oletusten mukaan hapettomat.

Kuparisen ydinjättekapselin mekaaniset ominaisuudet

Hankkeen tavoitteena on selvittää kuparikapselin eri osien (perusmateriaalit ja hitsit) mekaanisia ominaisuuksia 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. Tuloksena saadaan selville kuparikapselin epäjatkuvuuskohtien (viat ja geometriset epäjatkuvuudet) ja epähomogeenisen mikrorakenteen (rae- ja muokkausrakenne) vaikutukset deformaation paikallistumiseen ja säröilyyn. Tuloksia voidaan hyödyntää meneillään olevassa virumis- ja jännityskorroosiotutkimuksessa. Tutkimus on erittäin tärkeä kapselin valmistuksessa sen laadulle asetettavien vaatimusten määrittelyssä, epäjatkuvuuskohtien kriittisyyden arvioinnissa (sallitut poikkeamat ja vikakoot sekä niiden hyväksymiskriteerit), ja erityisesti kapselin ja koko loppusijoituksen turvallisuusanalyysissä.

Hitsatun kuparivaipan pitkäaikaiskestävyys (MICO)

Hankkeen tavoitteena on kapselikuparin pitkäaikaiskestävyyden määrittäminen ja eliniän ennustaminen. Painopiste on hitsatun OFP-kuparin pitkäaikaiskokeissa, joita täydennetään kokeilla eri lämpötiloissa. Erityisesti selvitetään moniaksaalisuuden vaikutus elinikäen, josta ilmiöstä ei ole yksimielisyyttä. Kapselille tehdään vastaava FE-analyysi kuin SKB:n Design Raportissa, mutta käyttäen VTT:n virumismallia. Keskeisinä koemenetelminä ovat moniaksaalikokeet CT-sauvoilla ja lovetuilla yksiaksaalisilla koesauvoilla sekä puhtaan virumisen että yhdistetyn virumisen ja korroosion olosuhteissa (Olkiluodon simuloitu pohjavesi, alkuvaiheen happitransientti). Vertailumateriaalina on hapeton puhdas kupari (OFHC), jota käytetään vertailuun suhteellisen hauraan raerajamurtuman (teoreettisen ääritilan) suhteen. Hanke toteutetaan yhteistyönä VTT:n ja Aalto-yliopiston kesken KYT-ohjelman ja SSM:n tuella. Tuloksena saadaan realistinen elinikäennuste, joka perustuu pitkäaikaisimpaan käytettävissä olevaan koetulos pohjaan ja uusimpiin materiaali- ja mekanismimalleihin kuormitus- ja olosuhdeyhdistelmillä, joilla saadaan lyhin realistinen kuparivaipan elinikäennuste. Tuloksia hyödynnetään kuparivaipan suojauskykyyn liittyvässä viranomaisten päätöksenteossa.

Sulfidien aiheuttama kuparin haurastuminen

Edeltävässä hankkeessa 2009-2010 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 kestävyys. Hanke toteutetaan hyödyntäen edeltäneessä projektissa rakennettua kokeellista valmiutta. Tuloksena saadaan kokeellisesti varmistettu perusta uuden kuparin haurastumismekanismien aiheuttaman riskin arvioimiseen. Tuloksia voidaan hyödyntää arvioitaessa pohjaveden sulfidien ja sulfideja pelkistävien mikrobien toiminnan vaikutusta kuparikapselien pitkäaikaiskestävyyteen.

Kallion in situ tutkimukset

Hankkeen tavoitteena on kehittää menetelmiä radionuklidien kulkeutumisen tutkimiseen in situ -olosuhteissa. Työssä selvitetään vaikuttavatko kemiallisten ja/tai fysikaalisten olosuhteiden muutokset in situ - ja laboratoriokokeiden välillä niihin parametreihin, joita käytämme arvioitaessa radionuklidien kulkeutumista kalliossa. Tutkimus toteutetaan osana kansainvälistä tutkimusohjelmaa Grimselin vuorilaboratoriossa Sveitsissä. Vuoden 2011 projektissa käytetään Poitiersin Yliopiston ja Jyväskylän Yliopiston kanssa kehitettyä matriisidiffuusiomallia, joka ottaa huomioon kiven heterogeenisen huokos- ja mineraalirakenteen. Mallia kehitetään edelleen kemiallisia prosesseja huomioonottavaksi. Projektissa kehitettävät menetelmät ja tietotaito ovat siirrettävissä ja käytettävissä eri loppusijoituspaikoilla. Projektin tuloksena saadaan turvallisuusrelevanttia tietoa in situ radionuklidien kulkeutumisesta ja vuorovaikutuksista kalliossa. Hankkeesta saatava tieto edistää viranomaisen pitkäaikaisturvallisuuden arviointivalmiuksia. Hankkeen päämääränä on kouluttaa uusia ydinjätehuollon asiantuntijoita, jotka kansainvälisessä verkostossa toimiessaan saavat opetusta eri tieteenaloilta.

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 Forschungszentrum Karlsruhe, Tallinnalaisen Kemiällisen fysiikan ja biofysiikan instituutin ja suomalaisten asiantuntijoiden kanssa. Tutkimuksessa käytetään moderneja spektroskooppisia menetelmiä lantanidien ja aktinidien adsorptiomekanismien

selvittämiseksi mineraalien –OH-pinnoille, sekä yksityiskohtaisia sorptiokokeita massavaihdon selvittämiseksi. Hankkeessa saatuja atomi- ja molekyyli-tason tuloksia voidaan käyttää ennen kaikkea turvallisuusanalyysin epävarmuuksien vähentämisessä. Lisäksi hankkeessa käytettäviä uusia edistyneitä kokeellisia menetelmiä voidaan myöhemmin soveltaa myös muiden systeemien tutkimuksissa.

Kiven heterogeenisten ominaisuuksien yhdistäminen matriisidiffuusio-mallinnukseen

Hankkeen tavoitteena on mallintaa TDD-menetelmää käyttäen matriisidiffuusiota röntgentomografialla ja ¹⁴C-PMMA -mittauksella saatavassa heterogeenisessä huokosrakenteessa. Erityisesti tavoitteena on implementoida TDD-malliin yksinkertaisia, mutta mineraalispesifisiä sorptioprosesseja kuten ioninvaihtoa. Mallinnus tehdään Grimselin vuorilaboratoriosta saataville, in situ -kokeisiin liittyville näytteille. Hanke on osa laajaa kaukokulkeutumisklusteria, jota koordinoi HYRL, ja se toteutetaan kaksivuotisena projektina Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella. Yhteistyössä ovat lisäksi mukana Geologian tutkimuskeskus, Poitiersin yliopisto ja Grimselin vuorilaboratorio. Hankkeen tuloksena saadaan ensiarvoisen tärkeää tietoa radionuklidien kulkeutumisesta maaperässä. Lisäksi kehitettävillä työkaluilla pystytään arvioimaan ja tulkitsemaan suunnitteilla olevien in situ -kokeiden tuloksia. Hankkeesta saatava tieto edistää viranomaisen pitkäaikaisturvallisuuden arviointivalmiuksia ja ydinjätetoimijoiden tekemää turvallisuusanalyysiä.

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 pelkistävästä mikrobeista ja kineettisen sulfaatin pelkistymisen toimivuudesta pohjavesien sulfaatin pelkistyspotentiaalini arvioinnissa. Lisäksi tietoa saadaan syvien biosfäärien mikrobilajistoista ja niiden toiminnasta ja aineenvaihduntareiteistä. Hanke toteutetaan yhteistyössä GTK:n SALAMI ja HY:n GEOBIOINFO hankkeiden kanssa. Tuloksia voidaan hyödyntää ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyysiin. Tutkimusmenetelmät antavat uudenlaisia näkökulmia mikrobiologisiin analyysiin. Projektin liittyy myös koordinoitun BOA-hankkeen osahankkeeseen Mikrobit bentoniitissa ja Leena Carpenin johtamaan hankkeeseen Mikrobiologisen korroosion riskit Suomen loppusijoitusolosuhteissa.

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 ja HY:n GEOBIOINFO-hankkeiden 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 isotooppikoostumuksen tutkimukseen. Outokummun syväreikää käytetään tutkimuskohteena, loppusijoituspaikan analogiana ja syvälaboratoriona. Suolaisten fluidien viipymäaikaisten tutkimusta tehdään jalokaasujen avulla. Mikrobien in situ –viljelyyn kehitetään biofilmiansoja, joiden avulla simuloidaan loppusijoituksen kaltaisia olosuhteita. Kallioperän biosfäärin diversiteetin kartoitus aloitetaan käyttäen loppusijoituksen entisten ehdokaspaikkojen syviä kairareikiä. Syvän biosfäärin energiataarkasteluissa tutkitaan radiolyttisen vedyn roolia energialähteenä. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuustarkasteluissa, loppusijoituksen puskuri- ja täyteainesten käyttäytymisen mallintamisessa, ja kapselien pitkäaikaiskestävyyden ja korroosioon liittyvien prosessien tutkimuksessa.

Tutkimus tuottaa myös tietoa, jota voidaan soveltaa selvitetessä syvien reikien käyttöä loppusijoitukseen.

Syvän kallioperän bioinformatiikka (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. Bioinformatiikan menetelmät ovat välttämättömiä aineiston massiivisuuden ja aineenvaihduntaverkkojen monimutkaisuuden vuoksi. Tutkimus tuottaa uusia bioinformatiikan työkaluja, joilla voidaan tutkia kalliopohjavesien mikrobitoiminnan vaikutuksia ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyysien tarpeisiin. Hankkeen koulutuksellisenä tavoitteena on synnyttää uutta asiantuntemusta metagenomyyhteisöjen aineenvaihdunnan mallinnusmenetelmien kehittämiseen ja niiden soveltamiseen. Hankkeeseen palkattava post-doc -tutkija koulutetaan alan huippuasiantuntijaksi.

Kalliolaatu: Kiteisen kallioperän laatutekijöiden visualisointi ja mallinnus 1-3-ulottuvuudessa ja mallien luotettavuuden arviointi

Hanke on jatkoa KYT2010-ohjelmassa käynnistetyille hankkeelle. Tähän mennessä hankkeessa on nykyisten kalliolaatuluokituksen ja rakennettavuusmallin pohjalta kehitetty rakojen ominaisuuksien kartoittamista, maatutkaprofiilien tulkintaa, paikkaan sidotun tiedon visualisointia, sekä insinööri-geologiaa 3D-mallinnus- ja analysointiohjelmia. Tämän vuoden tutkimuksen päämääränä on hankkia kokemusta kalliolaadun ja rakenteiden havaintojen interpoloinnista ja ekstrapoloinnista, sekä testata kalliolaadun 1D- tai 2D-havainnoista tehtyjä kalliolaatuluokituksia simuloidun 3D-kalliolaatumallin sisällä. Hanke toteutetaan yhteistyössä Geologian tutkimuskeskuksen ja Åbo Akademin/Palin Granit Oy:n kanssa. Tuloksia voidaan hyödyntää suoraan loppusijoituksen turvallisuuteen tähtäävien kallioperätutkimusten tekemisessä ja käsittelyssä. Hankkeen tavoitteena on myös kouluttaa uusia osajia alalle vapautuviin tehtäviin.

Betonisten vapautumisesteiden säilyvyys voimalaitosjätteen loppusijoituksessa. Osaprojektit 1 ja 2

Hankkeen tavoitteena on parantaa olemassa olevaa tiedon tasoa betonisten vapautumisesteiden säilymisestä loppusijoitusolosuhteissa ja hankkia valmiudet arvioida vapautumisesteiden käyttöikä entistä realistisemmin. Yhtenä keskeisenä tavoitteena on tarkentaa valittujen ikääntymiseen vaikuttavien ilmiöiden matemaattiset mallit teoreettisella ja kokeellisella tutkimuksella ja liittää syntyneet mallit olemassa olevaan kokonaismalliin sekä hallita tilastollisesti mallin epävarmuustekijöitä. Toisena tavoitteena on selvittää ja dokumentoida 13 vuotta kemiallisissa liuoksissa olleiden betonikoekappaleiden tämän hetkinen kunto ja arvioida koetulosten perusteella betonin turmeltumismekanismia matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitusolosuhteissa. Hanke toteutetaan Aalto-yliopiston ja VTT:n yhteistyönä. Varmuudella tutkimuksen hyödyntäjiksi arvioidaan tällä hetkellä käytössä olevia ydinvoimalaitoksia omistavat suomalaiset ydinvoimayhtiöt Teollisuuden Voima Oy (TVO) ja Fortum Power and Heat Oy sekä niiden osakkuusyhtiö Posiva Oy. Lisäksi hyödyntäjiä voivat olla konsulttiyritykset sekä mahdolliset ulkomaiset toimijat, kuten AECL (Atomic Energy of Canada Limited). Fennovoima Oy mahdollisena uutena ydinvoimaa tuottavana yhtiönä voi myös olla tulosten hyödyntäjä tulevaisuudessa.

C-14 vapautuminen loppusijoituksessa (HIILI-14)

Hankkeen tavoitteena on selvittää voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen aktiivisissa metallikomponenteissa olevan C-14 isotoopin vapautumista pohjaveteen loppusijoitustilaolosuhteissa, veteen syntyviä liuenneita ja kaasumaisia hiilen kemiallisia olomuotoja, erityisesti niiden jakautumista

orgaanisiin ja epäorgaanisiin muotoihin. Hanke toteutetaan kolmivuotisena projektina. Vuonna 2011 tehdään esikokeita säteilyttämättömällä teräsmateriaalilla, joka sisältää hiiltä. Työ aloitetaan kirjallisuuskatsauksella. Kirjallisuuskatsauksen ja esikokeiden tulosten perusteella tehdään jatkosuunnitelmat. Esikokeilla pyritään saamaan tietoa tarvittavista reaktioajoista hapettomissa, pelkistävässä olosuhteissa. Kokeet tehdään synteettisessä pohjavedessä, joka simuloi loppusijoituksen suolaisia, voimakkaasti emäksisiä olosuhteita (pH 12.5). Vesi- ja kaasufaasista analysoidaan vapautunut hiili, epäorgaanisen ja orgaanisen hiilen osuus, ja mahdollisuuksien mukaan orgaaniset spesiekit. Erityisesti orgaanisen hiilen osuus on tärkeä, koska orgaaniset hiilispesiekit ovat helposti liikkuvia. Tutkimus tähtää C-14 vapautumisen realistisempaan mallintamiseen loppusijoituksen turvallisuustarkasteluissa. Tuloksia voidaan hyödyntää myös KYT2014-ohjelmaan ehdotetussa 'Loppusijoituksen turvallisuusperustelu' (LS-TUPER) hankkeessa.

Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen 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. Tutkimuksen odotetaan tuottavan entistä kehittyneempää, empiirisen tiedon avulla tarkennettua biosfäärimallinnusta käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen riskien arviointiin. Lisäksi saatuja tuloksia voidaan hyödyntää uraanimalmin etsinnän ja Suomeen mahdollisesti perustettavien uraanikaivosten ympäristövaikutusten arvioinnissa, yleisesti radioekologisten mallien kehittämisessä sekä muiden ympäristöön joutuneiden haitta-aineiden (esim. raskasmetallien) riskien arvioinnissa.

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 että loppusijoitusalueelle poratussa reiässä. 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.

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.

Avolahti, J. 2011. KYT2014-toimintaohje. <http://kyt2014.vtt.fi>

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

Liite 1 Hankekohtaiset tutkimusyhteenvedot 2011

Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Kehittyneet polttoainekierron - Uudet erotustekniikat	Risto Harjula, HYRL
Kehittyneet polttoainekierron - Laskennallinen polttoainekiertoanalyysi	Silja Häkkinen, 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, hankekoordinaattori lihavoituna)

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER)	Markus Olin, VTT
Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER) – Täydentävät tarkastelut	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, hankekoordinaattori lihavoituna)

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA)	Markus Olin, VTT
Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA)	Antti Niemistö, Numerola Oy
Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA); osahanke 2.2 THM-mallin toteutus	Antti Lempinen, Ludus Mundi 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

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; GTK=Geologian tutkimuskeskus; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; HYFL=Helsingin yliopiston fysiikan laitos

Muut turvallisuustutkimukset

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Kolloidien vaikutus radionuklidien kulkeutumiseen (KOLORA)	Pirkko Hölttä, HYRL
Kuparin korroosio hapettomassa vedessä	Antero Pehkonen, Aalto
Kuparisen ydinjätekapserin mekaaniset ominaisuudet	Hannu Hänninen, Aalto
Hitsatun kuparivaipan pitkäaikaiskestävyys (MICO)	Pentti Kauppinen, VTT
Sulfidien aiheuttama kuparin haurastuminen	Timo Saario, VTT
Kallion in situ tutkimukset	Marja Siitari-Kauppi, HYRL
Kolmenarvoisten aktinidien kiinnittyminen savi- ja (hydr)oksidimineraalien pinnalle	Jukka Lehto, HYRL
Kiven heterogeenisten ominaisuuksien yhdistäminen matriisidiffuusio-mallinnukseen	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, HY
Kalliolaatu: Kiteisen kallioperän laatutekijöiden visualisointi ja mallinnus 1-3-ulottuvuudessa ja mallien luotettavuuden arviointi	Jussi Leveinen, 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

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

Tutkimushankkeen nimi Kehittyneet polttoainekierrat – 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?) Uusi 4-vuotinen hanke		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT	Ulkomaiset organisaatiot INE, Karlsruhe	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 polttoainekierron tekniikoiden tutkimuksen seuranta antaa tutkimuslaitoksille, viranomaisille ja voimayhtiöille ajantasaista tietoa käytetyn ydinpolttoaineen suoran loppusijoituksen yhdestä vaihtoehdosta.		
Tuloskategoria Uusia testattuja ja karakterisoituja aktinidien erotusmateriaaleja 15 kpl	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 LuK-työ
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 polttoainekiertojen kansainvälisen tutkimuksen seuranta ja tiedonvälitys koskien uusia erikoistekniikoita		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain 1. Kehittyneiden polttoainekiertojen uusimman tutkimuksen seuranta - seurantaraportti yhdessä VTT:n projektin kanssa 2. TUTKIMUSTYÖ 2.1. Sekametallioksidien syntetisointi. 15-20 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 2011

Tutkimushankkeen nimi Kehittyneet polttoainekierrat – Laskennallinen polttoainekiertoanalyysi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Advanced Fuel Cycles – Computational Fuel Cycle Analysis		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuhenkilö Silja Holopainen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on jatkoa aiemmalle projektille KYT2010-ohjelmassa: "Suomalainen erotus- ja transmutaatiotekniikan tutkimus"		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot HYRL	Ulkomaiset organisaatiot KTH, CEA, Tarton yliopisto	Muut tutkimusohjelmat, tms. SAFIR2014, NETNUC
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 helpottaa loppusijoitukseen liittyviä materiaaliratkaisuja ja merkittävästi pienentää ydinjätteen loppusijoituksen vaatimaa aikaa.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) tietokoneohjelmistot, kansallisen osaamisen kehittäminen	Julkaisujen lukumäärä 2 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 ydinpolttoainekierto- ja ydinjätehuollon tutkimuksen seuranta ja valmius tiedottaa alan kehityksen tilasta muulle tiedeyhteisölle ja viranomaisille.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Raportti COS16-ohjelmasta ja ohjelman vaatimista syötetiedoista. Raportti OECD/NEA:n työryhmien toiminnasta ja kansainvälisen tutkimuksen kehityksestä.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Seminaareja ja tapaamisia järjestetään HYRL:n yhteistyökumppanien kanssa.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

Tutkimushankkeen nimi Ydinjätteen transmutointi ADS-reaktorissa (FLUTRA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Transmutation of nuclear waste in an ADS (FLUTRA)		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopisto, Teknillinen fysiikka	Vastuhenkilö Rainer Salomaa	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat.		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) ei aiempaa tutkimusta, jatkohankkeet 2012 ja eteenpäin		
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 myös mahdollisesti alkavaan YTERA tohtorikoulutusohjelmaan		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) FLUKA, CASMO sovellukset	Julkaisujen lukumäärä Tekninen raportti, Konferenssijulkaisu/artikkeli	Opinnäytetöiden lukumäärä 2
Tutkimuksen tavoite Lyijyjäähdytteisen Myrrha-koereaktorin neutroniikan tarkka Monte Carlo mallintaminen ja siinä tapahtuva ydinjätteen transmutointi.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Reaktorin mallinnus. Käytetyn ydinpolttoaineen kuvaus, erityisesti nuklidikonsentraatiot. Jälkisäteilytys eri vaihtoehdoissa.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt ICENES2011 konferenssiosallistuminen/julkaisu, 2 opinnäytetyötä		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT-seminaariesitykset		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

Tutkimushankkeen nimi Loppusijoituksen turvallisuusperustelu (LS-TUPER)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Safety case for final disposal		
Tutkimuslaitos VTT Valtion teknillinen tutkimuskeskus (koordinaattori)	Vastuuhenkilö Jarmo Lehikoinen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus; Turvallisuusperustelu		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Uusi nelivuotiseksi kaavailtu koordinoitu hanke		
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; Corrosion of copper by water under oxygen free conditions; 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 –
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 viranomaisarviointin tukena suoraan ja viiveettä. Ne myös selkiyttävät turvallisuusperustelun käsitettä aiempaa laajemmille piireille. Lisäksi helppokäyttöisen ja ilmaisen 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 laaditaan vaiheistettu tutkimussuunnitelma		

jatkotyön suuntaamisen tueksi vuodelle 2012.

2. Turvallisuusperustelun metodiikka ja esitystavat

Osaprojektissa perehdytään viimeisimpiin turvallisuusperusteluaihetta käsitteleviin aineistoihin, joiden pohjalta muodostetaan käsitys turvallisuusperustelun laatimisen periaatteista, ajattelutavoista ja rajoituksista. Päivitetty selkeä esitys turvallisuusperustelun metodiikasta pyritään raportoimaan VTT:n raporttisarjassa ja KYT2014-ohjelman kotisivulla vuonna 2011.

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. Työn edistyminen raportoidaan työraporttina KYT-kotisivulla vuoden 2011 loppuun mennessä.

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 vaihtoehtoisiiin tapoihin koostaa skenaarioita, minkä pohjalta päädytään hankkeen kannalta tarkoituksenmukaisimpaan tapaan koostaa skenaariot. Tässä työssä omakohtaisen työn merkitys on oleellisen tärkeä. Työn edistyminen raportoidaan työraporttina KYT-kotisivulla vuoden 2011 loppuun mennessä.

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, jonka sisältö täsmentyy vuoden 2011 aikana, on kaavailtu aloitettavan vuonna 2012 SAFIR-ohjelmaan osallistuvan VTT:n asiantuntijan toimesta.

7. Täydentävät tarkastelut

Osaprojektissa selvitetään, miten ja minkälaisia täydentäviä tarkasteluja voidaan hyödyntää KBS-3-loppusijoituskonseptin turvallisuusperustelussa. Työn ensimmäisessä vaiheessa 2011 keskitytään inventoimaan ja arvioimaan hankkeen kannalta tärkeimpiä hyödyntämiskohteita. Raportoinnissa esitetään ja perustellaan valitut konkreettiset esimerkit KBS-3-loppusijoituskonseptille. Tutkimusraportti, joka julkaistaan myös KYT-ohjelman kotisivulla, laaditaan vuoden 2012 alkuun mennessä.

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 2011)

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 työraportteina 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 2011

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		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, Jyväskylän ja Helsingin yliopistot, GTK, Numerola Oy ja Ludus Mundi Oy Yhteistyö: B+Tech	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms. KYT2014: LS-TUPER
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Suomessa on selkeä kansallinen tarve bentoniitin käyttäytymisen entistä parempaan ymmärtämiseen loppusijoitusolosuhteissa. Prosessi- ja mikrorakenneosaamista 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 aihepiirin ymmärrystä. Tutkimuksen tuloksena syntyyä 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 4-6 väitöskirjaa tekeillä, mutteivät valmistu vielä 2011
Tutkimuksen tavoite Hankkeessa kehitettävä bentoniitin prosessi- ja mikrorakenneosaaminen luo tieteellisesti perustellun pohjan tutkia kvantitatiivisesti loppusijoituksen turvallisuuden kannalta keskeisinä pidettyjä selvityskohteita (esim. eroosioilmiöt tai montmorilloniitin muuntuminen). BOA-hankkeen konsortio-osapuolet (VTT, Jyväskylän ja Helsingin yliopistot, GTK, Numerola Oy ja Ludus Mundi Oy) muodostavat bentoniittitutkimuksen osaamiskeskuksen, jolla on pitkäaikaista kokemusta bentoniitista, käytössään monipuoliset menetelmät vaativaan 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 kasvattaa jo vuonna 2011 huomattavasti konsortion kykyä tehdä bentoniittitutkimusta. 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.

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. kesäkuussa 2011 bentoniitti-aiheinen Workshop, joka olisi avoin myös muille alan tutkijoille. Paikaksi on kaavailtu Jyväskylää, jossa PUSKURI-hankkeella on ollut pienimuotoisia työpajoja aiempina kesinä.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

Tutkimushankkeen nimi Kolloidien vaikutus radionuklidien kulkeutumiseen (KOLORA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi The effect of colloids on radionuclide migration		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Radiokemian laboratorio	Vastuuhenkilö Pirkko Hölttä	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuus: Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky, Turvallisuusperustelu		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Jatkoa KYT2010 KOLKU hankkeelle, suunnitelma on tehty koko KYT2014 kaudeksi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, JYFL, GTK, Posiva, B ⁺ Tech	Ulkomaiset organisaatiot NAGRA, KTH, University of Poitiers	Muut tutkimusohjelmat, tms. Nagra/Grimsel Test Site VI (CFM, LTD)
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Tuloksia hyödynnetään käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuustarkasteluissa lähialueella arvioitaessa bentoniitin ja tunnelin täyteaineiden toimintakykyä sekä arvioitaessa radionuklidien pääsyä kolloidien mukana loppusijoitustilasta lähialueelle ja kaukoalueen kautta biosfääriin. Tuloksena saadaan tietoa mm. bentoniittipuskurin hajoamisesta, pohjaveden suolaisuuden vaikutuksesta kolloidien liikkuvuuteen ja aktinidien sorption pysyvyydestä. Lisäksi saadaan menetelmät määrittää kolloidien ominaisuuksia ja lähtödataa/testitapauksia mallinnusta varten. Mallittajien kanssa suunniteltujen safety case relevanttien kokeiden tuloksia voidaan käyttää parametreina mallien kehittämisessä ja testaamisessa. Tuloksia hyödynnetään myös Grimselin CFM projektissa.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Menetelmät ja kokeelliset parametrit mallitukseen	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tutkimuksen tavoite Tavoitteena on selvittää kolloidien muodostumista loppusijoitustilan materiaaleista sekä mikä on niiden merkitys radionuklidien kuljettajina erilaisissa pohjavesiolosuhteissa. Tavoitteena on myös saada tietoa bentoniittipuskurin rapautumismekanismeista ja –kinetiikasta. Koko hankkeen tavoitteena on yhdistää kokeellinen työ ja mallinnus suunnitteleamalla yhdessä mallittajien kanssa safety case:n kannalta merkityksellisiä kokeita. Yleisenä teknisenä tavoitteena on kehittää kotimaista osaamista kolloidien vaikutuksesta ja reaktiivisesta mallinnuksesta sekä kouluttaa uusia asiantuntijoita (pro gradut ja väitöskirja).		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain <u>Kolloidien muodostuminen loppusijoitustilan materiaaleista (BOA:n osahanke):</u> Tavoitteena on selvittää kolloidien irtautumista bentoniitista, kivimurskeista, sementistä ja kolloidista silikasta eri pohjavesiolosuhteissa. Tavoitteena on myös jatkaa täydentävien karakterisointimenetelmien testausta ja soveltamista luotettavan tiedon saamiseksi. Tuloksena saadaan tietoa kolloidien partikkelikokojakaumasta, määrästä, stabiilisuudesta ja muodoista. Lisäksi saadaan tietoa mm. bentoniittipuskurin kolloidisessa muodossa tapahtuvasta massan hävikistä, hajoamismekanismeista ja –kinetiikasta. <u>Radionuklidien sorptio kolloideihin ja niiden kulkeutuminen</u> Tavoitteena on kehittää ja testata sorptio- ja kulkeutumiskokeiden koejärjestelyjä. Sorptiokokeet		

aloitetaan määrittämällä batch menetelmällä radionuklidien jakaantumiskertoimia (K_d) kullekin materiaalille. Samanaikaisesti suunnitellaan ja testataan dynaamista koejärjestelyä, jotta saataisiin selvitettyä kilpailutilanteessa radionuklidin kiinnittyminen kolloideihin tai kalliioraon mineraaleihin.

Radionuklidien kulkeutumisen vaihtoehtoiset tulkinat (LS-TUPER:n osahanke)

Osaprojekti on osa LS-TUPER hanketta, jossa selvitetään vaihtoehtoisia käsitteellisiä malleja ja tulkintoja käytetyn polttoaineen, loppusijoituskapselin, puskurin ja täyteaineen, ja kallioperän sekä niiden välisten rajapintojen käyttäytymiselle. Arvioidaan reaktiivisella kulkeutumismallinnuksella kallion rakopintojen ja pohjaveden vuorovaikutuksia, radionuklidien liukenemistä ja saostumista sekä liuenneiden aineiden kemiallisia muotoja, ja siten muodostaa aiempaa tarkempi ja kokonaisvaltaisempi käsitteellinen näkemys radionuklidien käyttäytymisestä lähi- ja kaukoalueella.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Referoidut artikkelit ja konferenssipaperit (2-3/vuosi). Väitöskirjatyö on aloitettu 2010

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

Tuloksia esitellään aiheeseen liittyvissä kotimaisissa ja kansainvälisissä seminaareissa (KYT, CFM)

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT)
Tutkimussuunnitelma 2011

Tutkimushankkeen nimi Kuparin korroosio vedessä hapettomissa olosuhteissa		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Corrosion of copper by water under oxygen free conditions		
Tutkimuslaitos Aalto Yliopisto	Vastuuhenkilö prof. Olof Forsén	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma) Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus, Tekniset vapautumisesteet - kuparikapseli		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkittu TKK:lla 2007-2010. Jatkohakemus vuoden 2010 hakemukseen.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto-yliopisto, VTT	Ulkomaiset organisaatiot Studsvik, SSM	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Tutkimuksessa selvitetään kuparikapselin korroosionopeus hapettomissa olosuhteissa. Tämän hetkisen tietämyksen mukaan korroosiota ei tapahdu, mutta Peter Szakalós et al. ovat esittäneet tuloksia, joiden mukaan kuparin korroosio voi olla mikrometrejä vuodessa tai enemmän.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Tutkimustulos	Julkaisujen lukumäärä 1-2	Opinnäytetöiden lukumäärä 0
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoitteena on varmistaa tai kumota Szakalós et al. esittämät tulokset siitä, että kupari saattaa olemassa olevasta tiedosta poiketen syöpyä hapettomissa olosuhteissa vetyä kehittäen.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain 1. Koelaitteistojen toiminnan varmistaminen 2. Korroosiokoeket hapettomissa olosuhteissa sekä puhtaassa vedessä että pohjavedessä.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt 1 kongressiesitelmä, v 2012 referoitu artikkeli.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT-seminaarit		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

Tutkimushankkeen nimi Kuparisen ydinjätekapserin mekaaniset ominaisuudet		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Mechanical properties of copper nuclear waste canisters		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulu	Vastuuhenkilö 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) Kokeellinen tutkimus	Julkaisujen lukumäärä 3	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Selvittää kuparikapselin eri osien mekaanisia ominaisuuksia sekä vedyn vaikutus kupariin.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuparikapselin eri osien (perusmateriaalit ja hitsit) mekaanisia ominaisuuksia sekä plastisen deformaation mekanismit kvantitatiivisesti mikroskooppisella ja makroskooppisella tasolla. Tutkimuksessa on kolme osatehtävää: 1. Kati Savolaisen väitöskirjan viimeistely 2. Kuparikapselin eri osien (perusmateriaalien ja hitsien) mekaanisten ominaisuuksien selvittäminen lämpötilan ja muodonmuutosnopeuden funktiona käyttäen optista venymämittauslaitteistoa huoneenlämpötilassa tehtävissä kokeissa 3. Vedyn absorptio kupariin ja kuparin vetyhauraus		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Väitöskirja, tieteellinen julkaisu ja kaksi konferenssiesitelmää		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT2014-tutkimusohjelman seminaarit ja alan kansainväliset konferenssit		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

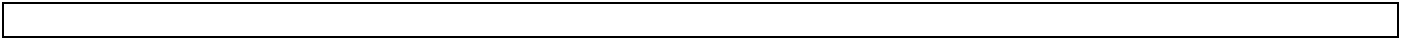
Tutkimushankkeen nimi Hitsatun kuparivaipan pitkäaikaiskestävyys (MICO)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Material Integrity of Welded Copper Overpack		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuuhenkilö Pentti Kauppinen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus: tekniset vapautumisesteet/loppusijoituskapseli		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Jatkoa hankkeelle Kuparin pitkäaikaiskestävyys (PIKE) 2006-2010		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot SSM	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Projekti tuottaa pitkiin koeaikoihin perustuvaa kokeellista näyttöä ja mallipohjaisia ennusteita viranomaisille tukemaan päätöksentekoa ydinjätteen loppusijoituksen kulkeutumisesteen osalta. Projektin tuloksina saadaan laaja koetulosaineisto, kokeellisen toiminnan valmiuksia ja asiantuntijaosaamista vauriomekanismeista, mallinnuksesta, pitkän ajan elinikäennusteista ja kokeelliseen näyttöön perustuvaa ymmärrystä kuparin käyttäytymisestä.		
Tuloskategoria Kokeellinen tulosaineisto, materiaaliominaisuudet	Julkaisujen lukumäärä 6	Opinnäytetöiden lukumäärä 2
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 liitosvirheen kohdalla - ennustaa yhdistetyn mekanismin minimielinikä vikoja sisältävälle kapselikuparille		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain - Ruotsissa lasketun kapselin jännitysanalyysin riippumaton verifiointi ja elinikäennuste - elinikäennusteet puhtaalle virumiselle ja yhdistetyille mekanismeille uusilla kuormitusoletuksilla käyttäen pisimpien kokeiden ja korroosivaikutusten materiaaalimalleja - yhdistetyn virumisen ja korroosion CT-kokeet Olkiluodon pohjavedessä - pisimpien moniaksaalivirumiskokeiden jatkaminen yli 75 000 h mallien tueksi ja vaurion varalta		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Julkaisut kv. konferensseissa ja alan lehdissä Kaksi väitöskirjaa valmisteilla seuraavilta aloilta: - moniaksaalisuuden vaikutus (2011 J. Rantala, VTT) - mikrorakenneanalyysi (2011 T. Saukkonen, Aalto)		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Vuositteiset KYT-seminaarit		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

Tutkimushankkeen nimi Sulfidien aiheuttama kuparin haurastuminen (CUHA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Sulphide-induced embrittlement of CuOFP		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuuhenkilö 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.		
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 kuparikapselin haurastumisriskistä.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Perusta riskiarviolle	Julkaisujen lukumäärä 2 kansainvälistä julkaisua	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 diffuusiosta kuparin sisään raerajoja pitkin. <i>Tuloksena saadaan arvio jännitys-tekijän merkittävydestä sulfidin/rikin diffuusiosta.</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 2 kansainvälistä julkaisua, 1 diplomityö		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) - Esitelmä KYT2014 – seminaarissa		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimussuunnitelma 2011

Tutkimushankkeen nimi Kallion <i>in situ</i> tutkimukset Grimselin vuorilaboratoriossa		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Long Term Diffusion experiment –LTD Phase II, Grimsel Test Site - Phase VI		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopiston kemian laitos, radiokemian laboratorio (HYRL)	Vastuuhenkilö Marja Siitari-Kauppi	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus ja kohdat kallioperä ja pohjavesi ja radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on osa tutkimuskokonaisuutta kansainvälisessä yhteistyöprojektissa, joka toteutetaan Grimsel Test Site - Phase VI puiteohjelmassa. Projekti on suunniteltu vuoteen 2013 saakka.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot JYFL	Ulkomaiset organisaatiot Nagra, JAEA, NRI, RAWRA, University of Poitiers	Muut tutkimusohjelmat, tms. EU projekti Posinam
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Ydinjätehuollon toimijat Suomessa voivat käyttää kehitettyjä <i>in situ</i> kulkeutumistutkimusmenetelmiä paikka tutkimuksissaan. Hankkeesta saatava tieto edistää viranomaisen pitkäaikaisturvallisuuden arviointivalmiuksia. Tavoitteena on kouluttaa alan asiantuntijoita kasvavaan tarpeeseen.		
Tuloskategoria menetelmien kehitys, kansainvälisen yhteistyön mukanaan tuoma laaja tietotaito, uuden tutkijapolven perehdyttäminen	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Tavoitteena on kehittää kallion <i>in situ</i> tutkimusmenetelmiä radioaktiivisten alkuaineiden kulkeutumisen selvittämiseksi kalliossa sekä kehittää edelleen tutkimusmenetelmiä kallion rakenteen ja huokosveden koostumuksen selville saamiseksi alhaisen huokoisuuden omaavissa kivissä sekä demonstroida ja määrittää radionuklidien kulkeutuminen ja pidentyminen kalliossa <i>in situ</i> olosuhteissa.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Vuoden 2011 tärkeimpänä tavoitteena on tarkastella mallilaskuin ensimmäisen <i>in situ</i> kokeen tuloksia. Kesiumin ja natriumin osalta työssä käytetään PHREEQC-mallia. Vuonna 2010 aloitetaan uusi <i>in situ</i> diffuusiokoe ja tehdään rinnan diffuusiokokeita laboratorioskaalassa. Tässä kokeessa käytettäviä alkuaineita ovat mm Se, Ni, Sr ja Cl. Grimselin granodioriitin diffuusioprosesseja tutkitaan PET tekniikalla.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt		
Muu tutkimuksista tiedottaminen		



Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

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	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 vuoden 2012 loppuun 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 molekyyli tasolla vähentää suuresti turvallisuusanalyysin lähtötietojen epävarmuutta.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Pääpaino kokeellisissa menetelmissä.	Julkaisujen lukumäärä 2 julkaistu 1 tekeillä	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 kandidaatintutkielma
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		
Laser-indusoidulla luminesenssi spektroskopiolla on tutkittu curiumin spesiaatiota gibbsiitti- ja kaoliniittisuspensiosta. Vuoden 2011 aikana savimineraalitutkimukset pyritään saattamaan loppuun. Aikaisemmissa tutkimuksissa curiumin (Cm^{3+}) adsorptiota valitun savimineraalin kaoliniitin pinnalle on tutkittu. Nämä kokeet suoritettiin karbonaattivapaassa ympäristössä mahdollisten karbonaattikompleksien muodostumisen estämiseksi. Näissä olosuhteissa havaittiin kolme kaoliniitin pinnalle adsorboitunutta Cm-kompleksia, sekä yksi mineraaliin inkorporoitunut spesies. Alkuvuodesta 2011 tavoitteena on selvittää mikä mineraalifaasi (alumiinihydroksidi, alumiinisilikaatti, silikaatti...) saostuu liuoksesta emäksisissä olosuhteissa ja näin muodostaa saostuman kaoliniitin pinnalle joka peittää eli inkorporoi adsorboituneen curiumin. LIF-kokeita tehdään myös alhaisessa ioninvahvuudessa kaoliniitille, sekä illiitille. Illiitti on montmorilloniittia muistuttava 2:1 kerroksinen savimineraali. LIF-kokeilla selvitetään sopivat pH alueet suunnitetuille NMR kokeille. NMR näytteet valmistetaan pH olosuhteissa, joissa on joko pelkästään ulkokomplekseja mineraalien pinnalla tai korkeimmissa pH arvoissa pelkästään		

sisäkomplekseja.

Ydinmagnettisia resonanssispektroskopiatutkimuksia (NMR) suoritetaan vuoden 2011 aikana myös kaoliniitille ja illiitille. NMR tutkimukset tehdään yhteistyössä Tallinnan kemiallisen fysiikan ja biofysiikan instituutin kanssa. NMR tutkimuksissa pyritään saamaan tietoa kolmenarvoisen metallin spesifisestä kiinnittymisestä mineraalien Si-OH/Al-OH-ryhmiin. Metallionina käytetään diamagneettista yttriumia, Y^{3+} , koska aktinidien lantanidianalogit kuten Eu^{3+} on paramagneettinen. Paramagneettisuus aiheuttaa tutkittaville atomeille kemiallisen siirtymän NMR spektrissä.

Eräsorptiokokeita pyritään vuosien 2011-2012 aikana **mallintamaan** sopivalla pintakompleksaatiomallilla. Mallintamisella pyrimme selvittämään eri komponenttien massabalanssia, sekä vahvistamaan spektroskopialla saatuja tuloksia. Mallintamiseen tarvittavia potentiometrisiä titrauksia sekä itse mallintaminen on suunniteltu yhteistyössä FZK-INE kanssa.

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, α -Al(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 ¹H NMR study in the specific sorption of Y(III) and Eu(III) on γ -Al₂O₃ (manuscript)

Opinnäytetyöt

Atte Saunamäki: Europiumin sorptio silikaan, Kandidaatin tutkielma, lokakuu 2010

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

Posteresitykset

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, Hungary, 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, Germany 24-27.11.2008

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

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

Tutkimushankkeen nimi Geomikro Syvien kalliopohjavesien mikrobiologinen kartoitus		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Geomicro, Characterization of microbiology of deep groundwater samples		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuuhenkilö Merja Itävaara	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2)		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on jatkoa Gemol hankkeelle		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot KYT2014 organisaatiot	Ulkomaiset organisaatiot DCO Deep carbon observatory verkosto Nordic geobiology verkosto	Muut tutkimusohjelmat, tms. -
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Ydinjätteiden loppusijoituksen riskin arviointi. Syvien kalliopohjavesien hydrogeokemiallinen ja mikrobiologinen tutkimus		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Menetelmiä ja tutkimuksia syvien kalliopohjavesien geomikrobiologisista prosesseista	Julkaisujen lukumäärä Vuosittain 1-2 julkaisua, konferenssiesityksiä	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 gradutyö valmistuu 2011, toinen gradutyö käynnistyy 2012
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa tietoa syvien kalliopohjavesien mikrobilajistoista ja niiden toiminnasta. Erityisesti tavoitteena on tuottaa sellaista tietoa, jota voidaan hyödyntää ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyysien tukena.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Tutkimus toteutetaan Salami ja Geobioinfo hankkeen kanssa yhteistyössä		
Julkaisut ja opinnäytetyöt 1-2 julkaisua		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Järjestetään ja osallistutaan alan seminaareihin		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

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/KABIO 2008-2010		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT/Biotekniikka Helsingin yliopisto/Tietojenkäsittelytieteen laitos	Ulkomaiset organisaatiot GeoForschungsZentrum Potsdam (Saksa) ICDP-ohjelma	Muut tutkimusohjelmat, tms. DEEP LIFE 2010-2013 (GTK, VTT, HY/Geotieteet)
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: 1 konferenssiesitelmä 2012: 2 julkaisua kans.välisiin sarjoihin 2013-2014: 2 julkaisua kans.välisiin sarjoihin	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) 2. Kallioperän suolaisten fluidien viipymääjan ja alkuperän tutkimus: Jalokaasujen käyttö viipymääjan selvityksessä (2011-2012) 3. Kallioperän syvän biosfäärin diversiteetin kartoitus: Olemassa olevien kairareikien käyttö näytteenottoon (2011 esiselvitys) 4. Outokummun syväreian käyttö loppusijoituskohteen analogiana: Biofilmiansat ja loppusijoituksen simulointi (2011-2012 tehtävä in situ -koe) 5. Syvän biosfäärin energiatarkastelut: Radiolyttisen vedyn rooli mikrobien energialähteenä, vedyn läsnäolo tai puuttuminen Outokummun vesistä (2011-2014)		
Julkaisut ja opinnäytetyöt		

Pro gradu: Kaasujen näytteenottotekniikat syvistä kairareistä, geol.yo NN, 2011-2012

Osajulkaisu FT-tutkintoon: Riikka Kietäväinen: Outokummun syväreian biogeokemiallinen tutkimus stabiilien isotooppien avulla (julkaisu 2012, tutkinto 2013)

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

Merkittävien tutkimustulosten valmistuessa annetaan lehdistötiedotteita

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

Tutkimushankkeen nimi Syvän kallioperän bioinformatiikka (GEOBIOINFO)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Deep bedrock bioinformatics		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopisto	Vastuuhenkilö Dos. 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?) Projekti on ensimmäinen laatuaan, mutta liittyy VTT:n ja GTK:n aiempaan syvän biosfäärin tutkimukseen. Hanke on suunniteltu nelivuotiseksi 2011-2014.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, GTK	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Projektin tuloksena saadaan bioinformatiikan menetelmiä ja työkaluja, joilla voidaan selvittää syvän kallioperän mikrobisyönteiden toiminnan vaikutuksia ydinjätteen loppusijoittamisen turvallisuuteen.		
Tuloskategoria Tietokoneohjelma, laskennallinen menetelmä	Julkaisujen lukumäärä 1	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tutkimuksen tavoite GEOBIOINFO-hankkeen tavoitteena on kehittää bioinformatiikan menetelmiä ja työkaluja syvien kalliopohjavesien mikrobipopulaatioiden aineenvaihduntareittien karakterisoimiseksi.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Vuoden 2011 sisällölliset tavoitteet ovat seuraavat: 1) kehittää bioinformatiikka-alusta, joka tukee syväreilistä peräisin olevien totaalisekvenssointinäytteiden ja geokemiallisten näytteiden bioinformatiikka-analyysien työnkulkua. Tuloksena saatava alusta tulee välittömästi GEOMIKRO ja SALAMI-hankeiden käyttöön. 2) Edelleen kehittää HY:n metaboliarekonstruktio menetelmiä siten, että metagenomi- ja erityisesti syväreikäaineistojen tarpeet otetaan huomioon. Syntyvät työkalut liitetään kohdan (1) alustaan.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tavoitteena 1 lehtiartikkeli/vuosi		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Tutkimuksesta tiedotetaan tieteellisissä kokouksissa ja KYT2014-tutkimusohjelman järjestämissä tilaisuuksissa. Mahdollisista tiedotteista päätetään yhdessä GEOMIKRO ja SALAMI-hankeiden kanssa		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

Tutkimushankkeen nimi Kalliolaatu: Kiteisen kallioperän laatutekijöiden visualisointi ja mallinnus 1-3-ulottuvuudessa ja mallien luotettavuuden arviointi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Rock quality: Visualization and modeling of rock quality parameters in 1-3 dimensions in crystalline bedrock; confidence assessment of the models		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulu, Georakentaminen	Vastuuhenkilö Jussi Leveinen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? Muut turvallisuustutkimukset / Kallioperätutkimukset loppusijoituksen turvallisuuden kannalta		
Tutkimusjatkumo Tutkimus on jatkoa hankkeelle "Kalliolaatu: Rakennusgeologiset kallioluokitukset ja niihin liittyvien epävarmuuksien määrittäminen ja esittäminen käyttäen tilastollista päättelyä ja geologisia 3D- ja paikkatieto-ohjelmistoja". Osaa tutkimustuloksista ei hyödynnetä tässä hankkeessa, joka tähtää Mira Markovaara-Koivisto väitöskirjatyöhön.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Geologian tutkimuskeskus (GTK) Åbo Akademi/Palin Granit Oy	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Väitöskirjatyöhankkeen tavoitteena on tietotaidon lisääminen kalliolaadun ja sen luotettavuuden esittämisen alueella. Tutkimuksessa tuotetaan työkaluja loppusijoitustilan suunnittelu- ja rakennusvaiheen kalliolaadun esittämiseen.		
Tuloskategoria Tietokoneohjelma, tulkintamenetelmä	Julkaisujen lukumäärä 3	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Hankkeen esittämä lähestymistapa parantaa loppusijoitustilan suunnittelijoille ja rakentajille muodostuvaa kuvaa rakennuskohteen kallioperämalleista, sekä viranomaisen valmiuksia arvioida ydinjätteen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Ensimmäisenä tavoitteena on interpoloida ja ekstrapoloida rakoilua ja geologisia rakenteita maanpinnalta tehtyjen havaintojen perusteella syvemmälle kallioperään. Tuloksena on Lohjan alueen rakoilu- ja rakennegeologinen 3D-malli, joka perustuu aikaisempiin havaintoihin alueelta. Toisena tavoitteena on tutkia betonitulkalla (korkeataajuinen pieni maatutka) laboratorioissa erilaisten rakojen aiheuttamia heijasteita. Tuloksena saadaan tulkintamenetelmä rakojen ominaisuuksille. Kolmantena tavoitteena on testata 3D-rakoilu ja -rakennemallista tehtyjen 1D- ja 2D-havaintoihin perustuvaa kalliolaatumäärittystä koko malliin perustuvaa laatumäärittystä vastaan. Tuloksena saadaan käsitys luotettavaan määrittelyyn tarvittavien havaintojen määrästä ja laadusta ja erilaisia tapoja esittää ennustettujen kalliolaatuparametrien luotettavuutta. Neljäntenä tavoitteena on kirjoittaa väitöskirjatyön yhteenveto, eli synopsis, jossa mietitään ennustetun kalliolaadun luotettavuutta väitökseen sisältyneen tutkimuksen pohjalta. Yksi projektin tavoite on kouluttaa uusia osaajia alalle vapautuviin tehtäviin.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt		

Hokkanen T, Tammenmaa J, Huuskonen E, Markovaara-Koivisto M. Physical properties of rock fractures, and their response in GPR-signal.

Laine E, Markovaara-Koivisto M. 3D structural geological model from interpolation of outcrop observations of Mustio region, Southern Finland

Markovaara-Koivisto M, Laine E, Wennerströmin M. Uncertainty in interpolating and extrapolating geological features.

Väitöskirjatyön synopsis: Kalliolaatuhavaintojen laajentaminen suorien ja välillisten havaintojen välilliseen tilaan ja sen ulkopuolelle

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

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

Tutkimushankkeen nimi Holistinen betonimalli kloridien tunkeutumisen ja raudoitekorroosion käynnistymisen määrittämiseen voimalaitosjätteen loppusijoituksessa		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Holistic concrete model for determining chloride ingress and reinforcement corrosion under final disposal conditions		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopisto ja VTT	Vastuhenkilö 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 Oy 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 käyttöä hallintaan. Tulokset ovat sovellettavissa myös yleisesti ydinvoimaan liittyvien teräsbetonirakenteiden käyttöä hallintaan ja lisäksi hyödyntämismahdollisuudet kattavat koko rakennusteknologian alueen.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Malli, kokeellinen menetelmä 2011	Julkaisujen lukumäärä 1-3	Opinnäytetöiden lukumäärä 0
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksessa kehitetään kokeellisesti varmennettu malli ja sen numeerinen sovellus teräsbetonirakenteen ikääntymiselle voimalaitosjätteen loppusijoitusolosuhteissa.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Osaprojekti 1 Mallin kehitys ja epävarmuustekijöiden hallinta tilastollisin menetelmin • <u>Huokoisuus- ja kemiallisten osamallien kehitys</u> Osaprojekti 2 Tutkimussuunnitelman mukaiset betoninäytteiden analyysit koebetoneille S1, S2 ja S3, w/c 0.425		
Julkaisut ja opinnäytetyöt		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

Tutkimushankkeen nimi C-14 vapautuminen loppusijoituksessa (HIILI-14)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Release of ¹⁴C (Carbon-14)		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuuhenkilö Kaija Ollila	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus: Muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo Hanke on suunniteltu kolme vuotiseksi ja alkavaksi vuonna 2011.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Tulokset antavat tärkeää tietoa ydinjätteiden loppusijoituksen realistisempia turvallisuustarkasteluja varten. ¹⁴ C on osoittautunut säteilyvaikutukseltaan merkittäväksi isotoopiksi voimalaitos- ja purkujätteessä (sekä käytetyissä polttoainepiippoissa). Tuloksia voidaan hyödyntää myös KYT2014-ohjelmaan ehdotetussa 'Loppusijoituksen turvallisuusperustelu' hankkeessa.		
Tuloskategoria kokeellinen menetelmä	Julkaisujen lukumäärä 1	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tutkimuksen tavoite Hankkeen tavoitteena on selvittää voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen aktiivisissa metallikomponenteissa olevan ¹⁴ C-isotoopin vapautumista pohjaveteen loppusijoitustilaolosuhteissa, veteen syntyviä liuennetta ja kaasumaisia hiilen kemiallisia olomuotoja, erityisesti niiden jakautumista orgaanisiin ja epäorgaanisiin muotoihin. Orgaanisen hiilen osuus on erittäin tärkeä, koska orgaaniset hiilispesieket ovat helposti kulkeutuvia ja siten merkittäviä turvallisuustarkastelujen kannalta.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain Kirjallisuuskatsaus: -Aiheeseen liittyvän tutkimustustaan selvittäminen kokeellisen osuuden menetelmien ja tärkeiden parametrien arvioimiseksi. Mallinnus: -Mallitarkasteluilla suunnitellaan loppusijoitusta simuloivat vedet kokeita varten. Kokeellinen tutkimus: -Esikokeilla varmennetaan mm. tarvittavat parametrit, reaktioajat ja analyysimenetelmien soveltuvuus, jonka jälkeen voidaan aloittaa varsinaiset kokeet säteilyttämättömällä materiaalilla. Säteilyttämättömän materiaalin kokeiden tulokset ovat pohjana suunniteltaessa säteilytetyn materiaalin kokeita tuleville vuosille.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt		
Muu tutkimuksista tiedottaminen KYT-seminaarit		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

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?) 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. 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 suomalaisen metsäekosysteemiin soveltuvaa 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 epälineaarisena ilmiönä• tutkitaan kuinka paljon siirtymisen epälineaarisuuden huomioon ottaminen vaikuttaa radioekologisten mallien tuloksiin ja niiden tarkkuuteen Osaprojekti 2: Kokeellinen ekosysteemi alkuaineiden siirtymisen simulointiin <ul style="list-style-type: none">• rakennetaan ja testataan toimiva kokeellinen järjestelmä, jolla voidaan selvittää ydinjätteen loppusijoituksen kannalta tärkeiden alkuaineiden siirtymistä pohjoisissa metsäekosysteemeissä tyypillisen pioneeripuulajiin ja kenttäkerroksessa yleisten kasvilajien biomassaan sekä sitä miten nämä alkuaineet siirtyvät kasveista primääri- ja sekundääritason		

kuluttajiin (eläimiin)

Tutkijankoulutus

- Päivi Roivaisen väitöskirjatyön valmistuminen
- Tiina Bomanin väitöskirjatyön eteneminen

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit:

Boman T ym. Soil-to-plant transfer factors of five plant species in boreal forest are not linear (viimeistelyvaiheessa, perustuu aiempaan KYT-hankkeeseen)

Roivainen P ym. Element interactions affecting the soil-to-plant transfer (perustuu aiempaan KYT-hankkeeseen)

Boman T ym. Metodologinen artikkeli, jossa kuvataan epälineaarisen siirtymisen tarkasteluun soveltuva radioekologinen malli

Kasurinen A ym. Radionuklidien siirtymisen kokeellisen simulaatiomenetelmän kuvaus

Opinnäytetyöt:

Roivainen P. Väitöskirja.

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

Tutkimustuloksia esitellään kokouksessa "International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity" Hamilton, Kanada 19.–24.6.2011

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2014)
Tutkimusyhteenveto 2011

Tutkimushankkeen nimi Mikrobiologisen korroosion riskit Suomen loppusijoitusolosuhteissa		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Risks of microbiologically influenced corrosion in the Finnish nuclear waste repository		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuuhenkilö Leena Carpén	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tämä projekti ei ole jatkoa aiemmille hankkeille. Projektin jatko on mahdollinen, mikäli se on tulosten mukaan hyödyllistä.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot HY	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Tuloksia hyödynnetään arvioitaessa purkujätemetallien mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, ietokoneohjelma)	Julkaisujen lukumäärä 2 kansainvälistä julkaisua	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Hankkeen tavoitteena on arvioida biofilmiä muodostumista ja mikrobiologisen korroosion riskiä metallisille materiaaleille (purkujätämateriaalit) Suomen loppusijoitusolosuhteissa kokeellisten laboratorio- ja kenttäkokeiden avulla.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain 1. Kehittää koearjestely purkujätemetallien mikrobiologisen korroosion arvioimiseksi Suomen loppusijoitusolosuhteissa. <i>Tuloksena saadaan luotettava koearjestely, jolla voidaan tutkia samanaikaisesti purkujätemetallien korroosiota ja metallipinnoille kertyvän biofilmin ominaisuuksia</i> 2. Määrittää mikrobiologisen toiminnan vaikutus purkujätemetallien korroosionopeuteen ja korroosiomekanismeihin Suomen loppusijoitusolosuhteissa. <i>Tuloksena saadaan luotettavampi arvio Suomen loppusijoitusolosuhteissa tapahtuvista eri materiaalien korroosiomekanismeista ja -nopeuksista mikrobiologinen vaikutus mukaanlukien</i> 3. Tutkia metallipinnoille laboratorio-olosuhteissa muodostuvan biofilmin ominaisuuksia ja rakennetta <i>Tuloksena saadaan tietoja bakteerilajistosta sekä esim. sulfidin muodostumisesta biofilmissä</i> 4. Selvittää purkujätemetallien pinnoille tarttuvat mikrobit ja ajan kuluessa muodostuvan biofilmin ominaisuudet ja uutena materiaalina ruostumattoman teräksen käyttäytyminen kenttä -olosuhteissa. <i>Tulosten avulla voidaan verifioida laboratoriokokeiden tuloksia ja saadaan uusia tuloksia ruostumattoman teräksen mikrobiologisesta korroosiosta Suomen loppusijoitusolosuhteissa</i>		
Julkaisut ja opinnäytetyöt 2 kansainvälistä julkaisua ja yksi opinnäytetyö		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Osallistuminen kansainvälisiin konferensseihin (esim. International Symposium on Scientific Basis for Nuclear Waste Management) ja KYT vuosiseminaareihin.		

Liite 2 KYT2014 organisaatio

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 (Nina Koivula)	Fennovoima	

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	
Kari Koskinen	Posiva	
Jukka Tanskanen	Posiva	
Nina Paaso	TVO	

KYT2014 Tukiryhmä II: Turvallisuuden arviointi ja innovaatiot

Jäsen	Organisaatio	Tehtävä
Esko Eloranta	STUK	pj.
Kai Hämäläinen	STUK	
Arto Isolankila	STUK	
Petri Jussila	STUK	varapj.
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.
Risto Isaksson	STUK	
Timo Seppälä	Posiva	
Tiina Tigerstedt	Fennovoima	
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 Hankeseuranta vuonna 2011

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 2011 hankehaun yhteydessä. Käytännön seurantatyö tapahtuu muun muassa erityisissä seurantakokouksissa ja näitä kokouksia varten tukiryhmät I ja II ovat v. 2011 jakaneet rahoitusta saaneet tutkimushankkeet aihepiireittäin seuraaviin seurantaryhmiin.

Tukiryhmä I Puskuri. täyteaine ja kapseli (pj. Marko Alenius)

Seurantaryhmä 1. Koordinoitu hankekokonaisuus Bentoniittipuskuri (BOA)

- Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA); **Markus Olin, VTT**
- Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA); Antti Niemistö, Numerola Oy
- Bentoniittipuskurin ominaisuuksien arviointi (BOA); osahanke 2.2 THM-mallin toteutus; Antti Lempinen, Ludus Mundi 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

Seurantaryhmä 2. Kapseli

- Kuparin korroosio hapettomassa vedessä; Antero Pehkonen, Aalto
- Kuparisen ydinjätekapselin mekaaniset ominaisuudet; Hannu Hänninen, Aalto
- Hitsatun kuparivaipan pitkäaikaiskestävyys (MICO); Pentti Kauppinen, VTT
- Sulfidien aiheuttama kuparin haurastuminen; Timo Saario, VTT
- Mikrobiologisen korroosion riskit Suomen loppusijoitusolosuhteissa; Leena Carpén, VTT

Seurantaryhmä 3. Kalliolaatu:

- Kalliolaatu: Kiteisen kallioperän laatutekijöiden visualisointi ja mallinnus 1-3-ulottuvuudessa ja mallien luotettavuuden arviointi; Jussi Leveinen, Aalto

Seurantaryhmä 4. 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 (pj. Esko Eloranta)

Seurantaryhmä 5. Koordinoitu hankekokonaisuus Turvallisuusperustelu (LS-TUPER)

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

Seurantaryhmä 6. Nuklidikulkeutuminen

- Kolloidien vaikutus radionuklidien kulkeutumiseen (KOLORA); Pirkko Hölttä, HYRL
- Kallion in situ tutkimukset; Marja Siitari-Kauppi, HYRL
- Kiven heterogeenisten ominaisuuksien yhdistäminen matriisidiffuusio-mallinnukseen; Jussi Timonen, JYFL
- C-14 vapautuminen loppusijoituksessa (HIILI-14); Kaija Ollila, VTT
- Kolmenarvoisten aktinidien kiinnittyminen savi- ja (hydr)oksidimineraalien pinnalle¹; Jukka Lehto, HYRL (TR I)

Seurantaryhmä 7. 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, HY

Seurantaryhmä 8. Biosfääri

- Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen empiirisen aineiston valossa; Jukka Juutilainen, UEF

Seurantaryhmä 9. Ydinjätehuollon uudet ja vaihtoehtoiset teknologiat

- Kehittyneet polttoainekierröt - Uudet erotustekniikat; Risto Harjula, HYRL
- Kehittyneet polttoainekierröt - Laskennallinen polttoainekiertoanalyysi; Silja Häkkinen, VTT
- Ydinjätteen transmutointi ADS-reaktorissa (FLUTRA); Rainer Salomaa, Aalto

¹ Hanke kuuluu Tukiryhmän I seurattaviin hankkeisiin, mutta toiminnallisista syistä seuranta toteutetaan seurantaryhmässä nuklidikulkeutuminen.