

# Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamisen ekologinen riskinarviointi metsäekosysteemissä

Kuopion yliopisto, Ympäristötieteen laitos

Päivi Roivainen

KYT-seminaari 26.9.2008



# KY, Ympäristötieteen laitos

- toiminut nykyisessä muodossaan vuodesta 2007
- n. 120 työntekijää
- laaja-alainen ympäristötieteen koulutusyksikkö, uusia opiskelijoita vuosittain n. 20-30
- vahvuusalueet: ympäristöterveys, ympäristömuutokset, ympäristötekniikka
- radioekologinen tutkimus yhdistää laitoksen kaksi vahvaa osaamisaluetta: säteilyn ja ekologiset ympäristöriskit
- ympäristöriskinarvioinnin osaamiskeskus ERAC (mukana KY, KTL, GTK Itä-Suomi)



# Laitoksen radioekologinen tutkimus

- käynnistyi hiljaisemman vaiheen jälkeen uudestaan vuonna 2005 (graduprojekti yhteistyössä Posivan kanssa)
- vastuullinen johtaja prof. Jukka Juutilainen
- 2006-> KYT-hanke
  - 1 päätoiminen tutkija (väitöskirja)
  - ohjausryhmä
  - opiskelijoita tutkimusharjoittelijoina
- 2007-> erityisesti uraaniin liittyvä hanke (rahoittajana Nesslingin säätiö)
  - lisäresursseja etenkin näytteiden analysointiin



- ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuusanalyysissä huomioitava ihmisten lisäksi myös muihin eliöihin kohdistuvat vaikutukset (STUK YVL 8.4)
- tietoa rajoitetusti saatavilla, sillä pitkään ajateltiin ihmisen säteilysuojelun riittävän myös luonnon suojelemiseksi
- ei vielä olemassa kansainvälisesti yhtenäisiä kriteerejä ympäristön säteilysuojeluun (kehitteillä esimerkiksi ICRP, EU:n ohjelmat)



- lisäksi olemassa olevan tiedon hyödyntäminen suomalaisissa, pohjoisissa ympäristöolosuhteissa haastavaa
- metsäekosysteemin huomattu mallinnuksessa todennäköisesti olevan se alue, johon suurimmat riskit Olkiluodossa kohdistuvat<sup>1</sup>
  - metsäekosysteemin asiantuntemus KY:ssä

<sup>1</sup>(Smith & Robinson: Assessment of Doses to Non-Human Biota: Review of Developments and Demonstration Assessment for Olkiluoto Repository. Posiva Working Report 2006-112)



# Hankkeen tavoitteet

- selvittää loppusijoituksen turvallisuuden kannalta tärkeiden nuklidien käyttäytymistä suomalaisen metsäekosysteemin maaperän ja eliöiden välisissä prosesseissa
- hyödyntää näin saatua tietoa Suomen olosuhteisiin ja loppusijoituksen riskien arviointiin sovelletun radioekologisen mallinnuksen kehittämisessä
- radioekologisen riskinarvioinnin asiantuntijoiden kouluttaminen



# Vuosi 2006: menetelmätestaus ja tarkempien tavoitteiden määrittely

- pieni määrä maaperä- ja kasvillisuusnäytteitä
- analyysimenetelmäksi valittiin ICP-MS/AES
  - samalla määrittelyllä useiden eri alkuaineiden kokonaispitoisuudet (käytetään analogioina yksittäisille radionuklideille)
  - saadaan tutkittua laajasti loppusijoituksen turvallisuuteen vaikuttavia nuklideja
- ensimmäiseksi lähempään tarkasteluun valittiin uraani
  - suomalaisessa ympäristössä melko vähän tutkittu
  - tieto hyödynnettävissä myös mahdollisten uraanikaivosten ympäristöriskien arvioinnissa



# Hankkeen tavoitteet yksityiskohtaisemmin

- selvitetään luonnonuraanin kulkeutumista maaperässä sekä liikkumista maaperän ja kasvien välisissä prosesseissa eri kasvilajeilla
- vastaavaa tarkastelua tehdään myös muiden alkuaineiden kohdalla (esim. Pb, Ni, Mo)
- siirtokertoimien laskeminen ja niihin vaikuttavat tekijät, voiko samaa kerrointa käyttää eri kasveille ja eri kasvinosille
- vuorovaikutukset eri alkuaineiden välillä
- lineaarisuusoletuksen tarkastelu
- vastaavaa tarkastelua pienten eläinten siirtokertoimille





# Vuosi 2007: aineiston hankinta

- tutkimusalueina kaksi uraaniesiintymää Pohjois-Savossa (Kuopio ja Nilsiä)
- kerätty aineisto sisältää tietoa suomalaisen metsäympäristön maaperän, aluskasvillisuuden, puiden sekä maaperän ja kenttäkerroksen eläinten alkuainepitoisuuksista
- lierojen ja maakiitäjäisten keräys pienimuotoisesti (osa pro gradu-työtä)
  - antoi viitteitä siitä, että uraanipitoisuudet näissä eläimissä suurempia kuin kasveissa



# Vuosi 2008: aineiston hankinta

- kerätty lisää liero- ja maakiitäjäisnäytteitä Nilsiä koealalta (suuremmat U-pitoisuudet, eläimiä enemmän)
- alkuaineanalyysien tuloksia odotetaan
- maakiitäjäisnäytteitä vähän
  - kylmä sää vaikutti



# Tulokset tähän mennessä

- uraanin käyttäytyminen suomalaisessa metsäympäristössä (Nilsiä aineisto)
  - uraanin jakaantuminen kasvin eri osiin (kertyy juuriin)
  - siirtokertoimien määrittäminen (sama suuruusluokka kuin kirjallisuudesta löydetyissä)
  - ei merkittäviä eroja kasvien välillä
  - tieteellinen artikkeli valmistumassa
- liero- ja maakiitäjäisnäytteet
  - viitteitä siitä, että altistuminen kasveja suurempaa ainakin uraanille
  - pieni aineisto (ongelmat keräämisessä)
  - pro gradu-töiden valmistumista odotetaan



# Miten tutkimus etenee?

- vastaavaa tilastollista tarkastelua muille alkuaineille
- lineaarisuusoletuksen paikkaansa pitävyys eri alkuaineille
  - alustava tarkastelu -> ei voimassa
- pelkistettyjen siirtokerrointarkastelujen jälkeen tarkastellaan maaperästä eliöihin siirtymiseen vaikuttavia tekijöitä monimuuttujaregressiolla
- maakiitäjäis- ja lierotulosten tarkastelu
- tulosten testaaminen olemassa olevissa malleissa
- tutkimuksen laajentaminen enemmän mallinnukseen (toinen väitöskirja)?



# Hankkeen lopputulos

- kasvien ja eläinten altistuksen arvioinnin kehittäminen
  - mallien validointi ja tarvittaessa mallien oletusten korjaaminen
  - mallien Suomen oloihin soveltuvuuden kehittäminen
- turvallisuusanalyysin lisäksi hyödynnettävyys uraanimalmin etsinnän ja mahdollisten uraanikaivosten ympäristövaikutusten arvioinnissa
- tuloksia julkaistaan 2008-2010 (tieteelliset artikkelit)
- väitöskirja

