

Ruotsin Kuninkaallisen teknillisen korkeakoulun tutkija Peter Szakálos (vas.) ei luota siihen, että kuparikapseli pitäisi ydinjätteen sisällään kauemmin kuin tuhat vuotta. Korroosiotutkimusta tekevät hänen kanssaan tohtoriopiskelijat Eleonora Bettini (kesk.) ja Zahra Besharat.

■ Ydinjätteen loppusijoituksen kiistakapulaksi on noussut kuparikapselin kestävyys. Ruotsalainen tutkija Peter Szakálos väittää kapselin syöpyvän tuhat kertaa ydinvoimayhtiöiden laskelmia nopeammin. Szakálos vaatii loppusijoitussuunnitelmiin jopa 20 vuoden tuumaustaukoa.

Juha Granath

Tutkija **Peter Szakálos** poistuu ruotsalaisen ydinjätehuoltoyhtiön SKB:n pääkonttorissa pidetystä kokouksesta tuhtuneena. SKB ei ole vielä tehnyt kuparin korroosiokeitoaan sovitulla tavalla.

”SKB:n tutkijaryhmän perustamisesta on kulunut jo kolme vuotta, mutta vielä se ei ole saanut aikaan yhtään tieteellistä koetta saati kriittistä yritystä kuparin syöpymisvauhdin selvittämiseksi”, Szakálos sanoo.

Suomessa kuparikapselin kestävyyttä loppusijoitusoloissa selvittävät Kansallisen ydinjätehuollon tutkimusohjelman (KYT) nimissä Aalto-yliopisto ja VTT. Aalto-yliopisto aloittaa kevään aikana tutkimuksen, joka tarkastelee kuparikapselin syöpymistä suolaisessa vedessä.

KYT:n koordinaattori **Juhani Rantala** VTT:stä tietää, että nyt on tosi kysymyksessä.

”Tämän tutkimuksen tulokset kaatavat joko koko loppusijoitusmallin tai Peter Szakáloksen johtopäätökset.”

Hämmäntävät tulokset

Kuninkaallisessa teknillisessä korkeakoulussa KTH:ssa tutkijana toimivan Peter Szakáloksen ryhmä julkaisi vuonna 2007 tiedepiirejä hämmäntäneen tutkimustuloksen. Kokeet osoittivat, että kupari syöpyy puhtaassa, hapettomassa vedessä.

Szakálos sanoo, että kuparikapseli kestää ydinjätteen loppusijoitusoloissa vain tuhat vuotta, kun ydinvoimayhtiöt ilmoittavat ajaksi ainakin 100 000 vuotta.



Peter Szakáloksen albumista

”Puhtaassa vedessä kuparin korroosiovauhti oli millin tuhannesosa vuodessa. Se on pieni luku, mutta jokainen voi laskea, kuinka paljon se tekee 100 000 vuodessa.”

Loppusijoituskapseli on valmistettu

pallografiittivaluraudasta, ja sitä ympäröi 50 millin paksuinen kuparivaippa.

Szakáloksen tulokset aiheuttivat Ruotsissa kiivaan, vuosia kestäneen väittelyn. Suomessa keskustelu kuivui, kun loppusijoitusyhtiö Posiva Oy ilmoitti vuonna



Ydinjätehuollon kuuma kysymys

Kestääkö kuparikapseli?

2009 julkaisemassaan tiedotteessa, että ”kapseli kestää hyvin korroosiota”.

Ruotsissa Szakáloksen väitteet ovat myös joutuneet testiin.

”Runsas vuosi sitten Studsvik Nuclear AB:n tutkijaryhmä toisti kokeemme

Ruotsin säteilyturvallisuuksiviranomaisen SSM:n toimeksiannosta ja sai samankaltaisia tuloksia kuin me”, Szakálos kertoo.

Nyt Szakálos otetaan Ruotsissa vakavasti, ja mies vaikuttaa loppusijoituksen

turvallisuustutkimuksen kovimmassa ytimessä.

Tutkija avustaa säteilyturvaviranomaisia kuparikapselin korroosiotutkimuksissa ja osallistuu SKB:n rakennuslupahak-
➤➤➤

kemuksen käsittelyyn. Lisäksi hän on mukana ryhmässä, joka valvoo SKB:n Uppsalan yliopistossa käynnistämää korroosiotutkimusta.

Kiire hirvittää

SKB ja sen yhteistyökumppani, käytöstä ydinpolttoaineesta Suomessa vastaava Posiva Oy aikovat haudata jätteen 400–500 metrin syvyyteen kaivettuihin luolastoihin.

Yhtiöiden käyttämä, vuodelta 1983 peräisin oleva KBS-3-malli perustuu siihen, että ydinjäte pakataan kuparikapseliin, jota suojaa bentoniittisavi. Viimeisen turvan antavat Forsmarkin ja Olkiluodon kallioperät.

SKB jätti loppusijoituslaitoksen rakennuslupahakemuksen keväällä 2011 ja Posiva omansa vuoden 2012 lopussa. Peter Szakálost yhtiöiden kiire hirvittää.

”Yhtiöt jättivät hakemuksensa, vaikka ne eivät vielä tiedä tarkkaan, miten kupari käyttäytyy loppusijoitusoloissa”, tutkija manaa.

SKB ja Posiva aikovat aloittaa loppusijoituksen – ensimmäisinä maailmassa – 2020-luvulla. Peter Szakálos ehdottaa suunnitelmii 10 tai jopa 20 vuoden tuumaustaukoa.

”Ainakin SKB:n lupahakemuksessa on niin suuria puutteita, että viranomaisten on syytä pysäyttää hanke lähivuosina.”

Kuparin korroosio

Kansallisen ydinjätehuollon tutkimusohjelman tarkoitus on tuottaa täsmätietoa viranomaiskäyttöön. Tutkimuskoordinaattori **Kari Rasilainen** vetää ohjelman hankkeita 1,7 miljoonan euron budjetilla.

Parhaillaan tutkittavana ovat muun muassa kuparikapselin ja bentoniitin turvallisuus Olkiluodon kallioperässä.

”VTT:ssä tutkimme hitsatun kuparivaipan pitkäaikaiskestävyyttä ja sulfidien aiheuttamaa kuparin haurastumista. Aalto-yliopistossa selvitetään kuparisen ydinjätekapselfin mekaanisia ominaisuuksia ja kuparin korroosiota hapettomassa vedessä”, Rasilainen kuvailee.

Kiinnostavin ja kiistellyin tutkimus koskee kuparin korroosiota.

Aalto-yliopisto on toistanut Peter Szakáloksen kokeen kemian tekniikan korkeakoulun materiaalitekniikan laboratoriossaan. Juhani Rantalan mukaan tulokset ovat samansuuntaiset kuin Szakáloksella.

”Käytimme kokeissamme samaa 60 asteen lämpötilaa kuin Szakálos. Hapettomaan veteen muodostui hyvin pieni määrä vetyä, joka tietysti haurastuttaa



Posiva Oy

Käytetyt polttoaineet pakataan kaasutiiviiseen kupari-valurautakapseliin, jonka pitää kestää korroosiota ja suojata polttoainepuja syvällä kalliossa tapahtuvalta mekaaniselta rasitukselta.

Sadantuhannen vuoden varmuutta ei ole

Posiva siirtää lähivuosina testinsä laboratorioista Olkiluodossa sijaitsevaan tutkimusluolaansa Onkaloon. Yksi tärkeimmistä testattavista aineista on kuparikapselia suojaava bentoniittisavi.

Bentoniitti on luonnossa esiintyvä savilaji, joka paisuu joutuessaan kosketuksiin veden kanssa. Loppusijoitusolissa sen on estettävä veden pääsy kuparikapselin lähelle ja ehkäistävä radioaktiivisten aineiden vuotaminen kallioon siinä tapauksessa, että kapseli rikkoutuu.

VTT mallintaa laboratoriossaan bentoniitin käyttäytymistä loppusijoitusolissa. Tulosten perusteella pitäisi pystyä arvioimaan, miten aine käyttäytyy seuraavat 100 000 vuotta.

VTT:n professorin **Markus Olinin** mukaan tutkimukset ovat osoittaneet, että bentoniitti – odotusten mukaisesti – estää veden virtauksen loppusijoitusolissa.

”Ongelma on tietysti se, että ajanjaksot ovat niin pitkiä. Että kestääkö bentoniitti 100 000 vuotta? Siitä ei ole tiedeyhteisön hakemaa varmuutta, mutta tutkimukset jatkuvat”, Olin toteaa.

kuparia. Ilmiö on tuttu teräksistä”, kertoo Rantala, jonka mukaan ruotsalaistutkijan tulokset ovat tieteellisesti mielenkiintoisia.

”Tosin tieteelliseen metodiin kuuluvat toistokokeet muissa riippumattomissa laitoksissa ovat vasta menossa, joten lopullista vertailua ei ole esitetty. Keskustelu jatkuu.”

Suolavesi ratkaisee

Rantala huomauttaa, että Szakálos on tutkinut kuparin korroosiota hapettomassa vedessä, mutta loppusijoitukses-

sa kapseli ei joudu tekemisiin puhtaan veden kanssa.

”Esimerkiksi Olkiluodon suolaisessa pohjavedessä on paljon epäpuhtauksia sekä muun muassa rikkiä ja klooria. Lisäksi loppusijoitusoloissa vesi joutuu vuorovaikutukseen kuparin kanssa vasta, kun se on kulkeutunut bentoniitin läpi. Monet asiantuntijat onastelevat, että tässä tilanteessa vetyä ei syntyisi. Näin Szakáloksen ajatuksilta putoaisi pohja.”

Peter Szakálos kiistää Rantalan arviota ja muistuttaa, että kapselin lämpötila loppusijoitusoloissa nousee ensimmä-

”Aalto-yliopistossa käynnistyneen tutkimuksen tulokset kaatavat joko koko loppusijoitusmallin tai Peter Szakáloksen johtopäätökset.”

Stuk vaatii lisäselvitystä

Ydinjätehuolto-yhtiö Posiva jätti vuoden 2012 lopussa Olkiluotoon suunnitellun loppusijoituslaitoksensa rakentamislupahakemuksen. Se on parhaillaan Säteilyturvakeskuksen (Stuk) tarkastettavana.

Stukin toimistopäällikön **Jussi Heinosen** mukaan lupahakemukseen perehtyminen on vielä kesken.

”Emme ole vielä päässeet tarkastamaan pitkäaikaisturvallisuutta, koska Posiva ilmoitti täydentävänsä turvallisuusperustelujaan kuluva vuoden alkupuolella.”

Pitkäaikaisturvallisuuden sijasta Stukissa on tutkailtu muun muassa laitos-suunnittelun, laadunhallinnan ja ydinmateriaalivalvonnan kattavuutta.

”Tarkastuksissa on havaittu jonkin verran puutteita. Parhaillaan kokamme havainnoistamme yhteenvetoa”, Heinonen kertoo.

Entä miten Posiva perustelee kuparikapselin kestävyttä?

”Sen perusteella, mitä olemme ehtineet käydä läpi, Posiva vakuuttaa kuparikapselin kestävyden perustuvan kuparisen ulkovaipan korroosionkestävyyteen ja valurautaisen sisäosan mekaaniseen kestävyteen.”

Hakemuksessaan yhtiö toteaa kuparin olevan termodynaamisesti stabiilia puhtaassa hapettomassa vedessä, kun taas tutkija Peter Szakálos esittää, että kuparin reagoi veden kanssa syntyy vetyä.

”Posivan mukaan Szakáloksen tuloksilla – vaikka ne olisivat oikeitakin – ei ole merkitystä kapselin pitkäaikaisturvallisuuteen”, Heinonen sanoo.

Säteilyturvakeskuksen kanta kuitenkin on, että tehdyissä tutkimuksissa ja niiden tuloksissa on puutteita. Keskus valmistelee juuri lisäselvityspyynnöksiä Posivalle.

”Tärkeää on, että korroosion vaikutus kuparin pitkäaikaisturvallisuuteen suljetaan riittävällä varmuudella pois.”

Posivan on tarkoitus aloittaa ydinjätteen hautaaminen vuonna 2020. Loppusijoitus päättyisi vuonna 2112. Loppusijoitus suljettaisiin vuoteen 2120 mennessä.

mäisen tuhannen vuoden aikana 50:n ja 90:n asteen välillä.

”Pohjavesi on tässä tapauksessa puhdasta vettä vaarallisempaa. Kun pohjavedessä on muun muassa kloori- ja rikkisuoloja, ja kapselia ympäröi jopa 90 asteen lämpötila, kuparin korroosio etenee paljon rivakammin kuin hapettomassa vedessä”, sanoo Szakálos, jonka mukaan kapseli voi rikkoontua loppusijoitusluolastossa pahimmassa tapauksessa jo sadassa vuodessa.



Posivan on tarkoitus aloittaa ydinjätteen loppusijoittaminen ensimmäisenä maailmassa. Jäte haudataan Olkiluodon kallioperään porattuun luolastoon 420 metrin syvyyteen.

”Posivan mukaan Szakáloksen tuloksilla – vaikka ne olisivat oikeitakin – ei ole merkitystä kapselin pitkäaikaisturvallisuuteen.”

Juhani Rantalan mielestä Szakáloksen väite korroosion nopeasta etenemisestä epäpuhtaassa vedessä on arrogantti, koska sitä ei ole tieteellisesti todistettu. Aalto-yliopisto tekee pian käynnistyvän kuparin korroosio-kokeensa Olkiluodon pohjaveden tapaisessa suolaisessa vedessä.

”Vasta tämän kokeen tulokset voivat kaataa kuparin käytön loppusijoituksessa”, Rantala painottaa.

Peter Szakálos sanoo, että kuparin syöpmistä suolaisessa vedessä olisi tutkittu jo vuosia sitten, jos Kuninkaallisen teknillisen korkeakoulun rahat olisivat riittäneet.

”Tutkimus hapettomassa ja suolaisessa vedessä yli 90 asteen lämpötilassa kuitenkin vaatii titaaniautoklaavin. Siihen KHT:n laboratoriolle ei ole varaa.”

”Loppusijoitustutkimuksen rahoituksesta vastaa Ruotsissa SKB, mutta yhtiö ei ole halunnut myöntää meille tutkimusrahaa.”

Posiva tutkii

Posiva ilmoitti jo vuonna 2009 aloittavansa SKB:n kanssa tutkimukset Peter Szakáloksen tulosten paikkansapitävyydestä. Tutkimuksen toteuttajaksi yhtiö valitsivat VTT:n.

Posivan tiedottajan **Timo Seppälän**

käsityksen mukaan ”raportin tekoon osallistuneet henkilöt tarkastavat parhaillaan kokonaisuutta”. Välituloksia yhtiö aikoo julkaista kevään ja kesän aikana.

Yhtiön tutkimuksissa on käytetty vettä, jossa suolan määrä on peräti 58 grammaa litraa kohden.

”Kokeet osoittivat, että korroosio loppuu hyvinkin suolaisissa vesissä, kun systeemissä oleva happi on kulunut pois. Teimme samalla vaivalla kokeen näinkin suolaiseen veteen ja nyt kehittelemme uusia analyysimalleja.”

SKB:n pääkonttorista hetki sitten jalkautunut Szakálos ihmettelee Posivan lausuntoja ja palaa ydinjäte-yhtiön tutkimusryhmän kokouksen antiin.

”Tämä oli jo viidestoista tapaaminen ja aihe aina sama: kuparin, veden, kuparioksidin ja vedyn aikaansaamat reaktiot”, tutkija harmittelee.

Edellisessä kokouksessa oli päätetty, että SKB:n Uppsala-projektin tutkijat pumpaavat kokeessa muodostuneen vedyn pois, jotta reaktiota saataisiin eteenpäin. Kuparin korroosiovahti olisi näin helpommin todettavissa.

”Näin ei kuitenkaan tehty. Peräsin syytä, mutta SKB:n edustaja vastasi, että jos tekisimme niin, jokin tuntematon prosessi saattaa lähteä liikkeelle. Se oli hämmästyttävä kommentti, joka osoittaa, kuinka huonosti yhtiön asettama tutkimusryhmä toimii.” □

Kirjoittaja on Ylen toimittaja.
juha.granath@yle.fi