

Rikastushiekasta tuotteeksi – SETELIT-hanke loppusuoralla

Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) ja Savonia-ammattikorkeakoulun SETELIT-hanke (Sekundääristen teollisuusvirtojen arvonnalisäys ja tuotteistus) tutkii rikastushiekkapohjaisen betoninkaltaisen materiaalin valmistamista ja tuotteistamista, pyrkien samalla löytämään vähähiilisiä vaihtoehtoja sementille. SETELIT jatkaa kovettuviin kaivostäyttöihin perehtyneen Kove-Pro-hankkeen jalanjäljissä, mutta laajentaa aihetta myös kaivosalueen ulkopuolelle. Tulossa on ohjeistus rikastushiekan jätestatuksen kumoamiseen ja tuotteistamisen prosessiin sekä tietokanta rikastushiekkapohjaisten tuotteiden resepteille.

On selvää, että kasvava määrä kaivannaisjätteitä läjitettynä ei varsinaisesti hyödytä ketään. Uusiokäytölle voi kuitenkin muodostua pullonkaulaksi tai jopa esteeksi osaamisen puute, haastava byrokratia tai pula tutkimuspalveluiden tarjoajista kotimaassa. Tutkija **Soili Solismaa** GTK:lta toteaa, että rikastushiekkojen hyödyntämisen täytyy tietenkin olla taloudellisesti kannattavaa. Toisaalta myös lainsäädännöllä, tuilla tai sanktioilla voi olla iso merkitys siinä, kuinka realistinen vaihtoehto tuotteistaminen on kaivosyhtiön näkökulmasta. SETELIT pyrkii osoittamaan, että rikastushiekillä on potentiaalia tuotteeksi, kunhan sen ominaisuudet tunnetaan. Materiaalien kehittämistä ja tutkimista olisikin Solismaan mielestä kannattavaa jatkaa tulevaisuudessa ja lähestyä aihetta myös globaaleissa mittakaavassa.

Hankkeen tuloksia esittelevä loppuseminaari järjestetään marraskuussa 2025. Tähän mennessä tutkijoille on kuitenkin kertynyt jo paljon tietoa siitä, mitä kaikkea pitää ottaa huomioon tutkimuksen, testauksen ja lainsäädännön osalta, jotta rikastushiekkaa voidaan hyödyntää joko kaivosalueen sisällä esimerkiksi kaivostäyttöinä tai sen ulkopuo-

Kuva 1. Flow Loop -laitteisto Savonia ammattikorkeakoulun tiloissa Kuopiossa. Kuvat Marjaana Ahven, Petri Juntunen ja Olli Torvinen



lella erilaisina tuotteina. Yksi esimerkki korkeamman jalostusasteen tuotteesta on Keko Geopolymeerit Oy:n tilaustyönä valmistama rikastushiekkaa sisältävä pöytälevy, jonka lanseerausta odotetaan syksyille. Geopolymeerisointi näyttääytyykin mielenkiintoisena vaihtoehtona sementille muiden vähähiilisten sideaineiden ohella.

Ohjeita rikastushiekan hyödyntämisestä kiinnostuneille

Rikastushiekkojen tuotteistamisen lähtökohdiana on hiekan jätestatuksen purkaminen. Kansallisia ja EU-harmonisoituja säädöksiä on laadittu vasta harvojen jätelajien jätteeksi luokittelun päättymisestä (lasimurske, metalliromu, betonimurske, uusiomuovi). Useiden jätelajien, esimerkiksi rikastushiekan Ei Enää Jätettä (EEJ) -menettely kulkeekin

toistaiseksi ympäristölupaviranomaisen tapauskohtaisen harkinnan kautta. Nähtäväksi jää, miten jäte- ja ympäristölain tulevat muutokset onnistuvat sujuvoittamaan prosessia.

GTK:n tutkija **Rita Kallio** ja geologi **Heli Kivisaari** valmistelevat ohjeistusta rikastushiekkojen EEJ-menettelystä. Ihanteellisessa tapauksessa kaivostoiminnassa syntyvien materiaalien jatkokäyttösuunnitelma sisältyy kaivoksen perustamisvaiheen ympäristölupaan, mutta prosessi täytyy tehdä sujuvaksi myös toiminnan muissa vaiheissa. Kivisaaren mukaan kaivosyhtiöt tuottavat jo nyt runsaasti tietoa tuotevirroistaan ympäristölupaa varten, ja rikastushiekkaa koskevia tietoja voi käyttää myös EEJ-menettelyssä, kun tiedetään, mitä vaaditaan.

Ohjeistus lähestyy EEJ-menettelyä tapausesimerkein. Painopisteenä on teolli-



Kuva 2 Puristettu lieriö ja koekappaleita. Kuvat Soili Solismaa ja Pasi Heikkilä

suusmineraalikaivosten inerttien rikastushiekkien tuotteistaminen kaivosalueen ulkopuoliseen käyttöön. Jätelaissa EEJ-menetelmä sisältää tuotehyväksyntää vastaavan kriteeristön, joka uusiomateriaalin tai -tuotteen tulee täyttää. Ohjeistus sisältää tietoa laeista ja sääntelystä sekä rikastushiekkien ominaisuuksien määrittelyä. Lisäksi se avaa keskeistä termistöä ja hyödyntää ympäristöviranomaisien havaintoja.

Myös reaktiivisten ja haitta-ainepitoisten rikastushiekkien jatkokäyttöä kaivosalueen sisällä käsitellään. Kallio painottaakin, että ymmärrys materiaalin ominaisuuksista ja niiden asettamista reunaehdoista on avain onnistuneeseen EEJ-menetelyyn ja tuotteistamisprosessiin. Alustava ohjeistus esitellään Kaivosten ympäristönsuojelupäivillä kesäkuussa.

Vesiteknikan koehallissa voi virrata betonimassaakin

Savonian vesi- ja ympäristötekniikan opetus- ja tutkimusyksikön koehalliin Kuopiossa on rakentunut jo Kove-Pro-hankkeen aikana laitteisto, jolla voidaan tutkia betoninkaltaisen pastan pumpattavuutta ja seurata käytännössä sen käyttäytymistä putkistossa. Pastan reologisten ominaisuuksien tuntemus korostuu, kun sitä liikutellaan putkistoissa kaivosalueella. Kovettuvan pastatäyttömenetelmän käyttöönottoa kaivoksilla helpottaa se, että tarjolla on kotimainen TKI-ympäristö reseptin viilaamiseksi.

Flow Loop -laitteisto koostuu säiliöstä, pumppausyksiköstä sekä 20-metrisestä putkistolenkistä (kuva 1). Putkistoon kuuluvan kuusimetrisen suoran päihin sijoitetut paineanturit ja virtausmittari tuottavat mittausdataa reaaliajassa sekunnin välein, ja pastaan lisätään tarvittaessa notkistavia lisäaineita.

Eritysasiantuntija **Petri Juntunen** kertoo, että laitteistoa voitaisiin kehittää edelleen rakentamalla alaspäin viettävä putkisto slack flow -ilmiön tutkimiseksi kaivosolosuhteissa.

Tähän mennessä Flow Loopissa on pyörinyt muun muassa Agnico Eaglen Kittilän kaivoksen rikastushiekkaa sisältävä kaivostäyttöpastasta, johon pyritään löytämään toimiva vähähiilinen sideaineiden yhdistelmä. Masuunikuonan lisäksi sideaineena tutkitaan puun ja turpeen poltosta syntyvää prosessoitua lentotuhkaa sekä teollisuuden sivuvirroista valmistettua Ecobond-tuotetta (Fatec Oy). Erilaiset materiaaliyhdistelmät sekä tuottavat uusia testituloksia että kerryttävät laitteiston käyttökokemusta ja kehittämisideoita.

Flow Loopin vieressä koehallissa valmistuu muotteihin koekappaleita (kuva 2), joita testataan betonin standarditesteillä (painuma, puristuslujuus). Inerti kvartsipitoinen rikastushiekka (Sibelco Nordic, Nilsia) toimii Juntusen mukaan hyvänä betoninkaltaisen tuotteen runkoaineena kaivosalueen ulkopuoliseen käyttöön. Testejä on tehty myös kiillepitoista rikastushiekkaa (Yara, Siilinjärvi) sekä edellä mainittujen yhdistelmiä sisältävillä koekappaleilla. Käyttämällä koekappaleissa runkoaineena standardihiekkaa voidaan vielä tarkentaa eri sideaineiden ominaisuuksia.

Tekoäly rikastushiekkakirjaston virkailijana

Tutkimusta tehdessä dataa voi kertyä vaikeasti hallittavia määriä, ja lukuisin eri tavoin taulukoidun aineiston yhdistäminen ja hallinnoiminen vaatii tutkijalta paljon manuaalista työtä. Mitä tapahtuisi, jos aineisto siirtyisikin hallitusti tietokantaan, josta koneoppimisen avulla saisi vielä enemmän irti? SETELIT-hankkeessa on tartuttu rohkeasti

tähän ja ryhdytty yhtenäistämään aineistoa reseptikirjasto-tietokantaan vietäväksi.

Kirjasto koostuu betoninkaltaisen materiaalin lähtöaineiden ja koekappaleiden ominaisuuksia määrittävästä aineistosta. Aineistoon sisältyy geokemiaa, lujuustestien ja uuttokokeiden tuloksia sekä koekappaleen huokoisuusprosentti, joka on määritetty röntgentomografian avulla. Mineralogisiin ominaisuuksiin liittyvät karakterisointimenetelmät sen sijaan tuottavat dataa, jonka vieminen kirjastoon on toistaiseksi vielä haastavaa.

Kirjaston käyttöliittymänä toimii reseptityökalu, jonka käyttäjä ohjeistaa luomiansa reseptien pohjalta koekappaleiden tekemistä, tuo koekappaleita koskevat aineistot ja tulokset kirjastoon ja yhdistää tapahtumat toisiinsa. Testausinsinööri **Marko Häkkinen** (Savonia) mukaan reseptityökalu on toistaiseksi nimenomaan asiantuntijan työkalu, sillä sen käyttö vaatii ymmärrystä näytteistä ja niiden ominaisuuksista.

Tämän hankkeen puitteissa Häkkinen kollegoineen pyrkii saamaan tietojen viedä kirjastoon sujuvaksi ja reseptityökalun alustavasti käyttövalmiiksi. EEJ-menetelyä silmällä pitäen kirjastoon lisätään esimerkiksi betonimurskeen EEJ-säädöksestä vesiuuton raja-arvoja, joihin sekä rikastushiekkien että koekappaleiden tuloksia verrataan tekoälyavusteisesti. Itseorganisoituvan kartan (self-organizing map, SOM) mahdollisuuksia löytää hyödyllisiä syy-seurausyhteyksiä aineistosta tutkitaan, kunhan tietokanta valmistuu. Kirjasto-työkalu-konseptille on helppo nähdä useita sovelluskohteita, ja sen kehittämistä pyritäänkin jatkamaan tulevaisuuden hankkeissa. ▲

KIRJOITTAJA: MARJAANA AHVEN

SETELIT 1.3.2023-31.11.2025

Hankkeen toteuttajat: Geologian tutkimuskeskus, Savonia-ammattikorkeakoulu

Yrityskumppanit: Agnico Eagle Finland Oy, Yara Suomi Oy, LKAB Minerals Oy, Alva Oy, Sika Finland Oy, Fatec Oy, Fescon Oy ja Sibelco Nordic Oy

Rahoitus: EU:n osarahoittama (Pohjois-Savon liitto), toteuttajat ja yrityskumppanit

Yhteyshenkilöt: neea.heino@gtk.fi ja petri.juntunen@savonia.fi