

Ekobetoni on vihreämpi vaihtoehto

■ Oulussa on keksitty huippuvahva ekokuivabetoni, joka lyö laudalta kaikki vertaisensa. Pula-ajan materiaali nousi tutkijoiden työpöydälle ympäristösyistä. Uutuuden standardoinnissa saattavat auttaa löydökset entisestä Neuvostoliitosta.

Katja Pulkkinen

Oulun yliopistossa on kehitetty poikkeuksellisen luja betoni, joka ei sisällä lainkaan sementtiä. Sementti on korvattu geopolymeerilla, joka tehdään alumiinisilikaattimateriaalista.

Alumiinisilikaatti saadaan sivuvirrasta eli terästeollisuudessa ylijäävästä masuunikuonasta. Lisäksi betoniin tulee normaaliin tapaan hiekkaa tai soraa.

Ennen kuin seoksesta syntyy kovettuva kivi, tarvitaan vielä aktivaattoriaine, joka käynnistää kemialliset reaktiot ja nopeuttaa niitä.

”Me valitsimme aktivaattoriksi kiinteän vesilasini”, kertoo Oulun yliopiston tutkijatohtori **Tero Luukkonen**, joka toimii Geobiz-tutkimushankkeen johtajana.

Business Finlandin rahoittamassa hankkeessa on mukana myös joukko yrityksiä, jotka tähtäävät uutuuden kaupallistamiseen.

Kuonan ja kiinteän vesilasini seos muodostaa reagoidessaan sementin kaltaisen liiman. Kun liima kovettuu, se vangitsee hiekanjyvät sisäänsä ja tekee seoksesta kovan, kivimäisen aineen.

Koska aktivaattori on alkalinen, sementinkorviketta voidaan kutsua joko geopolymeeriksi tai alkaliaktivoituksi materiaaliksi. Käytännössä termit tarkoittavat samaa asiaa.

”Kovettimena voi käyttää muitakin aineita, mutta tällä kombinaatiolla betonista tulee erityisen luja”, Luukkonen valaisee.

Oululaismateriaali eroaa useimmista geopolymeereista siinä, että sen aktivaattorina on kuivatuote. Yleensä geopolymeerien aktivaattorina toimii neste, kuten vesilasiliuos.

”Kuulostaa ehkä vähäpätöiseltä erolta. Kiinteän aktivaattorin käyttäminen on kuitenkin kemiallisesta näkökulmasta iso muutos.”

Muutos on tärkeä siksin, että kiinteän aktivaattorin käyttö mahdollistaa geopolymeeriseoksen myynnin säkkitavarana. Valmistuksessa ei myöskään tarvita voimakkaasti emäksisiä liuoksia, jotka voisivat aiheuttaa työturvallisuusriskin.

Lajissaan maailman ykkönen

Erilaiset betonin kaltaiset materiaalit, joissa sementti korvataan geopolymeereilla, ovat viime aikoina nousseet esiin ympäristösyistä. Maailman sementintuotanto aiheuttaa runsaasti ilmastopäästöjä.

Lisäksi sekä perinteinen betoni että sen uudet korvikkeet tarjoavat mahdollisuuden hyödyntää monenlaisia teollisuuden sivuvirtoja, mikä puolestaan vähentää neitseellisten luon-

nonvarojen tarvetta.

Normaalia lujempaa betonia tarvitaan esimerkiksi korkeisiin rakennuksiin ja siltarakenteisiin. Yleensä erityisen lujia betoneja valmistetaan lisäainneiden ja tarkan reseptioptimoinnin avulla portlandsementistä, jota suomalaisinnovaatiossa ei tarvita.

Portlandsementti on maailman yleisin sementtilaatu, joka sai aikoinaan nimensä siitä, että se muistuttaa englantilaiselta Portlandin saarelta louhitua kiveä.

Oululainen alkaliaktivoitu betoni on tuplasti lujempaa kuin tavanomainen betoni. Materiaalin lujuus on yli 100 megapascalialla, mikä tekee siitä maailman lujimman sementtiä sisältämättömän kuivaseos-geopolymeeribetonin.

Luukkosen mukaan poikkeuksellista lujuutta voidaan käyttää hyödyksi monenlaisissa rakenteissa, joista saadaan näin tavallista ohuempia ja keveämpiä. Kova ekobetoni voi sopia myös erityisen kovassa kulutuksessa oleviin lattiapintoihin, joita on vaikkapa teollisuuslaitoksissa.

Lisäksi uutuusmateriaali voi nopeuttaa rakentamisen tahtia, sillä sen kuivumisaika on tavallista lyhyempi.

» » »

NYKYMAAILMA ON TEHTY BETONISTA

Betoni on maailman käytetyin rakennusmateriaali. Sitä valmistetaan vuosittain noin kaksi kuutiometriä maailman jokaista asukasta kohti.

Perinteisesti betoni koostuu sementistä, vedestä ja kiviaineksesta. Sementti on betonin perusainesosa. Sitä tarvitaan betonin sitomiseen ja kovettamiseen.

Sementin pääainesosa on kalkkikivi, joka poltetaan 1 400 asteessa ja viimeistellään muiden aineiden kanssa sementtiklinkkeriksi. Sementin klinkkerimineraalit muodostavat reagoidessaan kovan ja huokoisen kiven, joka sitoo ainesosat yhteen.

Sementtiä ja runkoainesta voidaan korvata erilaisilla seosaineilla. Seosaineina käytetään esimerkiksi teollisuuskuonia ja tuhkia.

Betonin ominaisuuksia ja työstettävyyttä säädellään lisäaineilla, kuten notkistimilla ja huokostimilla. Lisäaineet ovat pääasiassa kemian-teollisuuden tuotteita.

Betonin tavallinen puristuslujuus on noin 50 megapascalialla. Tätä lujempia betoneja tarvitaan esimerkiksi siltarakenteisiin ja korkeisiin rakennuksiin. Erityislujuudet betonit ovat puristuslujuudeltaan 55–200 megapascalialla.

Oulun yliopiston tutkijatohtori Juho Yliniemi valmistaa geopolymeria laboratoriossa. Kuivat aineet sekoitetaan ensin keskenään, sitten mukaan lisätään vettä. Lopuksi massa valetaan muottiin kovettumaan noin vuorokaudeksi.



Sementti on ympäristöpahis...

Sementtiteollisuus tuottaa seitsemän prosenttia maailman hiilidioksidipäästöistä. Suomessa sementtiteollisuuden osuus hiilipäästöistä on prosentin verran.

Maailman sementistä noin 60 prosenttia tuottaa ja käyttää Kiina. Maa käytti vuosina 2011–2013 enemmän betonia kuin Yhdysvallat koko 1900-luvun aikana.

Hiilidioksidia pääsee ilmakehään etenkin sementinvalmistuksessa käytettävästä kalkkikivestä. Päästöjä tuottaa myös kalkkikiven polttamiseen tarvittava energia.

Suomessa sementintuotannon päästöjä on saatu vähennettyä merkittävästi polttoainevalinnoilla. Kalkkikiven korvaaminen sementissä on kuitenkin hankalaa. Kalkkikivestä vapautuvaa hiilidioksidia voidaan vähentää vain korvaavilla materiaaleilla.

Sementtiä vähäpäästöisempi vaihtoehto ovat esimerkiksi geopolymeerit. Ne tehdään alumiini- ja piipitoi-

sista teollisuuden sivutuotteista, kuten kuonista tai tuhkista.

Geopolymeerit eivät vaadi kuumentamista korkeissa lämpötiloissa, eikä niihin tarvita kalkkikiveä. Toisaalta myös monet sivutuotteet ovat peräisin energiaintensiivisistä tuotantoprosesseista.

... mutta kuormaa voidaan keventää

Betonin ja betonin kaltaisten materiaalien valmistuksessa voidaan vähentää neitseellisten luonnonvarojen käyttöä korvaamalla sementtiä ja kiviainesta teollisuuden sivuvirroilla. Niitä ovat esimerkiksi lämpövoimaloiden lentotuhka, terästeollisuuden masuunikuona, rikastushiekka ja viherlipesäksä.

Sementtiä valmistettaessa energian tuottamiseen voidaan käyttää kierrätyspolttoaineita.

Elinkaarensa päässä betonirakenteet puretaan yleensä murskaamalla.

Betonimursketta käytetään runsaasti maarakentamisessa. Siitä voidaan tehdä myös uusiobetonia. Suomessa noin 80 prosenttia jätebetonista käytetään eri tavoin uudelleen.

Merkittävä osa betonin materiaali-kiertoista on yhä niin sanottua kaskadikäyttöä, jossa materiaali kierrätetään yhden kerran. Suljettuja materiaali-kiertoja on kyetty toteuttamaan vähemmän. Ideaalitilanteessa betonirakenteita voi purkaa ja hyödyntää sellaisinaan uuden rakennuksen kokoamisessa.

Rakennetun ympäristön materiaalijalanjälkeen vaikuttaa myös se, kuinka pitkäikäisiä rakenteet ovat. Tähän voidaan vaikuttaa materiaalien kunnollisella testaamisella, käytötarkoitukseen soveltuvilla materiaalivalinnoilla, rakennushankkeiden vastuullisella suunnittelulla, kilpailutuksella ja toteutuksella sekä rakennusten huolellisella käytöllä ja ylläpidolla.

» » »

Rautakaupasta uutta ekobetonia ei toistaiseksi voi ostaa, sillä materiaali ei vielä ole saanut virallisia hyväksyntöjä. Ongelmana on, että uutuus ei täytä nykyisiä betonin kriteerejä.

Euroopassa betonia koskeva lainsäädäntö ja standardit ovat useimmissa maissa raaka-ainesidonnaisia. ”Oikean” betonin pitää sisältää portlandsementtiä.

Näin ei kuitenkaan tarvitsisi olla. Esimerkiksi Australiassa betonin määritelmä ei ole sidoksissa materiaaliin käytettyihin raaka-aineisiin vaan materiaalin ominaisuuksiin.

Australiassa alkaliaktivoitu betoni on jo edennyt kaupalliseen käyttöön. Materiaalista on vastikään tehty lattiaelementtejä yliopistorakennukseen, pystytetty lentokenttäterminaali ja valettu kokonainen kiitorata.

Tero Luukkonen kertoo, että taustatyötä standardien muuttamiseksi tehdään myös Euroopassa.

”Uskon, että täälläkin voidaan jatkossa päästä lähemmäs raaka-ainevaipaata betonin määrittelyä.”



Tero Luukkonen

Juho Yliniemi esittelee testausstandardin mukaista koekappaletta eli prismaa, joka on purettu muotista ja valmiina tutkimuksiin.

Vielä avoimia kysymyksiä

Voisiko sanoa, että meidän standardimme tulevat kiertotalouden näkö-

kulmasta jälkijunassa?

”Osin kyllä”, Luukkonen vastaa.

Samalla hän muistuttaa, että silloin kun standardeja päivitetään, on oltava täysi varmuus materiaalin soveltuvuu-



Sopivilla lisäaineilla syntyy erittäin keveitä ja huokoisia geopolymeereja, joita voidaan käyttää esimerkiksi akustiikka-levyinä tai lämpöeristeinä.

desta rakennuskäyttöön.

Soveltuvuuden tutkiminen ei ole yksinkertaista, sillä kaikki portlandpohjaiselle betonille laaditut testausmenetelmät eivät sovi alkaliaktivoitujen betonien testaamiseen. Tämä koskee erityisesti kemiallista kestävyyttä.

”Saatetaan tarvita uusia testimenetelmiä, eli myös testausmenetelmien standardeissa voi olla tarvetta muutokselle.”

Varsinkin jäteaineissa iso kysymys on niiden reaktiivisuus. Oululaisten hyödyntämää masuunikuonaa syntyy vain rajallinen määrä. Muiden teollisuuden sivuvirtojen ongelma on, että ne tunnetaan huonommin.

”Tarjolla on isoja määriä erilaisia rikkastushiekköjä, jotka voisivat ehkä sopia vastaavan materiaalin valmistamiseen, samoin kuin lentotuhkat. Mutta niiden tutkimisessa riittää vielä työsarkaa.”

Työsarkaa kyntää yliopiston kuitu- ja partikkeliteknikan tutkimusyksikkö, joka paneutuu muun muassa betonin vaihtoehtoisiiin raaka-aineisiin.

Uutta ekobetonia saa jo käyttää, mutta ei kantavissa rakenteissa tai talojen rakentamisessa. Sen sijaan sitä voitaisiin kokeilla pienimuotoisissa kohteissa, kuten puistonpenkeissä tai pihalaa-toituksissa.

”Tutkimushankkeessa olemme teh-

neet esimerkiksi lattiakoelempaleita.”

Oulussa selvitetään myös vesilasin korvaamista. Sen valmistusmäärät ovat pieniä betonin käyttövolyymeihin verrattuna, mikä nostaa materiaalin hintaa. Vaihtoehtoja vesilasille voisivat olla vaikkapa natriumhydroksidi, natriumkarbonaatti ja kalsiumsulfaatti.

Uutuuden hintaan vaikuttaa myös kehitystyön keskeneräisyys. Portlandsementillä on takanaan 100–150 vuoden historia, jonka aikana materiaali, valmistusprosessi ja raaka-aineketjut on ehditty optimoida.

”Tällaista tuotetta ei niin vain haasteta”, Luukkonen pohtii.

Neuvostoliitossa tuttu materiaali

Apua löytyy kuitenkin yllättävistä paikoista. Alkaliaktivoitua sementitöntä betonia on nimittäin valmistettu ennenkin. Sille ei vain ole aiemmin ollut erityistä tarvetta.

”Aivan ensimmäiset kokeilut tehtiin 1800–1900-lukujen taitteessa, ja Suomessakin materiaalia tutkittiin jo 1980-luvulla. Silloin kehityskulku jäi kesken”, Luukkonen kertoo.

Hänen mukaansa monet ”uudet” ympäristöinnovaatiot on itse asiassa keksitty jo ammuin, mutta ne ovat jää-

neet unohduksiin. Entisinä aikoina ei ole osattu ajatella, että materiaalin hiilidioksidipäästöt olisivat asia, joka pitäisi ottaa huomioon.

Oululaisten selvityksissä on paljastunut, että sementinkorvikkeita on käytetty varsin laajalti etenkin entisessä Neuvostoliitossa, jossa muun muassa portlandsementistä oli pulaa.

”Ukrainassa on tänä päivänäkin kerrostaloja, joihin on käytetty alkaliaktivoitua masuunikuonaa. Myös Belgiasta on löydetty vastaavia, 1950-luvulla rakennettuja taloja, joista osa on vielä pystyssä.”

Säilyneistä rakennuksista on otettu näytepaloja, joiden puristuslujuuden on havaittu olevan edelleen hyvällä tasolla. Näin on saatu arvokasta tietoa materiaalin kestävydestä standardointiprosessia varten.

Materiaalinäytteitä tutkijoiden käyttöön saattaa olla luvassa vieläkin lähempää.

”Oulussa on 1980-luvulla tehty vieräriputkia alkaliaktivoitusta betonista ja asennettu putket jonnekin kaupungin alueelle. Meillä on suunnitelmissa niiden paikantaminen.” □

Kirjoittaja on vapaa toimittaja.
pulkkinen.katja@gmail.com