

Kierrätysbetonimurske maanparannusaineena

Tia Härkönen, toimittaja

Ympäristöhaasteiden jatkuvasti kasvaessa ja kiertotalouden yleistyessä CO₂ncrete Solution -tutkimushankkeessa selvitettiin, millaisia uusia ratkaisuja betonin karbonatisoituminen voisi tuoda tullessaan. Betonirakennuksesta betonimurskeena kiertoon saatu aines saa yleisesti uuden elämän maanrakennusmateriaalina, mutta ehkä enenevässä määrin myös osana maanparannukseen.

Betoniteollisuus ry:n koordinoimassa CO₂ncrete Solution -projektissa tutkittiin hiilidioksidin sitoutumista betonirakenteisiin sekä kehitettiin uusia kierrätysmenetelmiä, joissa voidaan hyödyntää betonin karbonisoitumista.

”Projektissa selvisi, että rakennetun ympäristön betonikanta toimii merkittävänä hiilivara-astona ja -nieluna ja että myös purkubetonilla on todistetusti huomattava hiilensidontapotentiaali. Projektin myötä on herännyt kysymyksiä, miten betonimursketta voisi hyödyntää muullakin tavalla kuin tutusti rakenteiden kantavissa ja jakavissa kerroksissa sekä erilaisissa täyttötöissä”, sanoo CO₂ncrete Solution -projektin projektipäällikkö Tommi Kekkonen.

Abo Akademin jatko- on askel eteenpäin

Yksi varteenotettava vaihtoehto betonimurskeena kiertoon saadun aineksen käytölle on hyödyntää sitä maanparannusaineena. Abo Akademin CO₂ncrete Solution -projektiin liittyvä tutkimusprojekti aloitettiin syksyllä 2022. Siinä on selvitetty betonimurskeen hienoaineen käyttöä maaperän neutraloinnissa ja stabiloinnissa. Hyvien tulosten saattamana projektin jatko-osa alkoi syksyllä 2023.

”Tutkimusryhmämme on tehnyt viime vuosina paljon tutkimusta liittyen happamien sulfaattisavien stabilointiin sekä neutralointiin turvallisesti sekä ympäristöystävällisesti käytämällä erilaisia teollisuuden sivuvirtoja. Betonimurskeen hienoaineen testaaminen näissä

tarkoituksissa oli luonteva jatko. Kierrätysbetonimurskeen hieno-osa on erinomaista materiaalia juuri neutralointia ajatellen. Sen käyttö sideainereseptin osana myös stabiloinnissa on antanut lupaavia tuloksia, mutta koska vaihtelua tuloksissa on, on lisätutkimus tarpeen”, kertovat Abo Akademin tutkijat Thomas Kronberg ja Jan-Erik Eriksson.

Mitä hienompaa kierrätysbetonia, sitä enemmän stabilointikykyä

Abo Akademin stabilointitutkimuksen ensimmäinen kierros tehtiin murskaamalla kierrätysbetonin suurempia kappaleita laboratoriossa leukamurskaimella ja seulomalla tehdystä murskeesta fraktioita 0–1 mm ja 0–100 µm. Testit tehtiin varsinaissuomalaisella kaivuusavella sekoittamalla siihen stabiloiva aines ja pakkaamalla massa stabilointiputkeen. Kappaleiden puristuslujuutta mitattiin eri aikapisteissä.

”Testit aloitettiin kartoittamalla murskeen potentiaali tutkimalla betonimurskeen stabiloiva vaikutus ainoana sideaineena, jolloin sen vaikutus näkyi paremmin. Tämä ei ole optimaalinen ratkaisu käytännössä”, Thomas Kronberg sanoo.

Verrattuna pelkkään saveen, saatiin 0–1 mm betonimurskefraktiolla (120 kg/m³) nostettua puristuslujuus yli 40 kPa, kun pelkkä savi jäi noin 10 kPa:n lujuteen. Saveen sekoitettu hienompi <100 µm murske nosti puristuslujuuden yli 60 kPa:n 91 päivän mittauksessa 120 kg/m³

1, 2 Yksi varteenotettava vaihtoehto betonimurskeena kiertoon saadun aineksen käytölle on hyödyntää sitä myös maanparannusaineena. Abo Akademin CO₂ncrete Solution -projektiin liittyvä tutkimusprojekti on selvitetty betonimurskeen hienoaineen käyttöä maaperän neutraloinnissa ja stabiloinnissa.

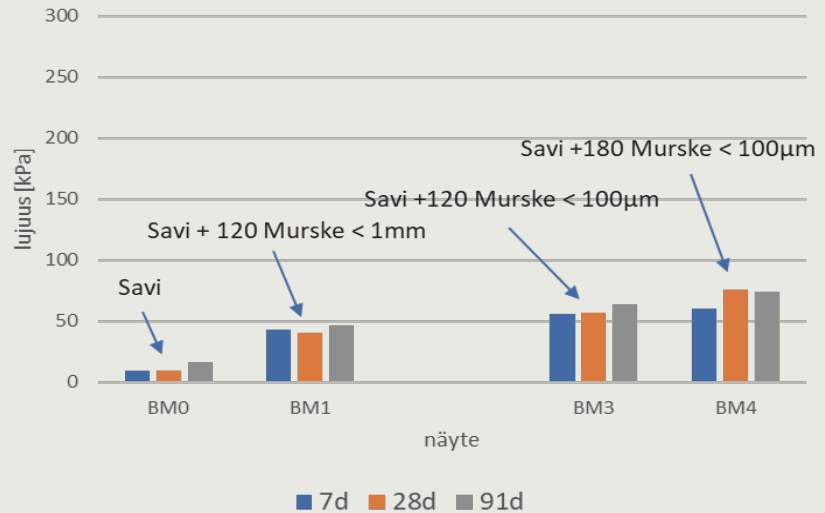


1

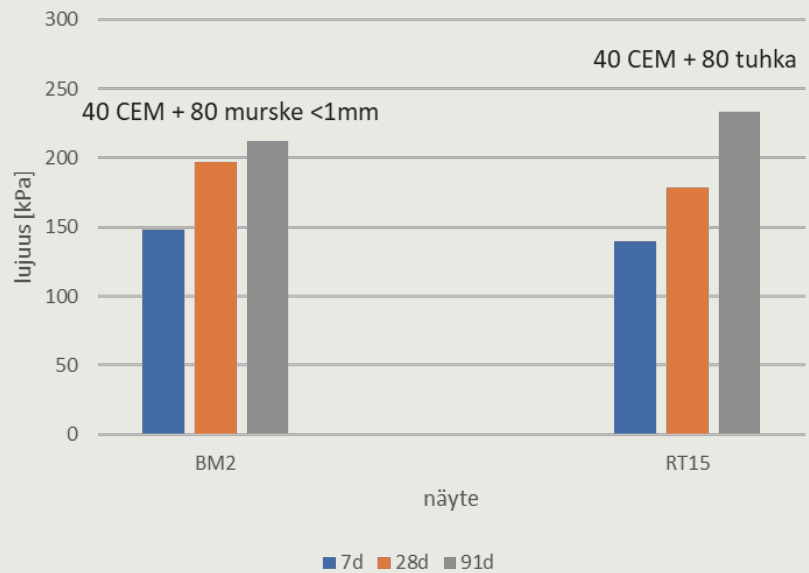
2



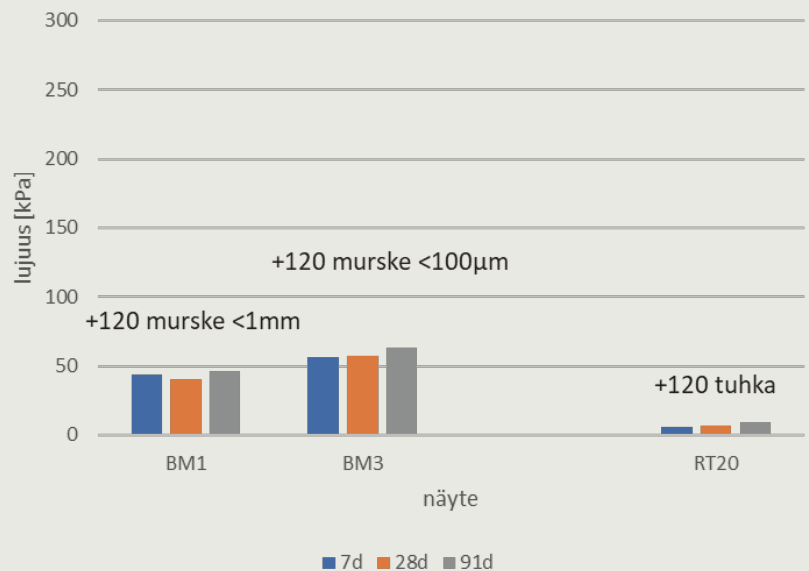
Kuva 1 Mitattuja puristuslujuuksia 7, 28, ja 91 päivän kohdilla. Massat ovat savea sekä siihen lisättyä betonimursketta <1 mm ja <100 µm frakzioilla.



Kuva 2 Puristuslujuus näytteissä missä on 40 kg/m³ sementtiä + 80 kg/m³ betonimursketta < 1 mm (vasemmalla) sekä 40 kg/m³ sementtiä + 80 kg/m³ tuhkaa (oikealla).



Kuva 3 Puristuslujuus savi + 120 kg/m³ betonimurske < 1 mm, betonimurske < 100 µm ja tuhkaa



3 Pilaantuneita maita kunnostetaan kiinteyttämällä eli stabilisoimalla. Kiinteytys sitoo ympäristölle vaaralliset aineet maaperään niin, etteivät ne pääse liukenemaan esimerkiksi pohjaveteen tai kulkeutumaan muualle maastoon.



Betoniteollisuus
3

sekä 180 kg/m^3 -lisäyksillä. Stabiloinnissa usein käytetty tavoite on puristuslujuuden osalta 150 kPa . Täten pelkällä murskeella tästä jäädään hieman alle, mutta sementtiä lisäämällä saavutetaan helposti tarvittava puristuslujuus. Lisäämällä saveen 40 kg/m^3 sementtiä ja $80 \text{ kg/m}^3 < 1 \text{ mm}$ betonimursketta, nousi puristuslujuus yli 200 kPa :n 91 päivän kohdalla.

Betonimurskeella ($< 1 \text{ mm}$) ja lisäsementillä tehtyä stabilointikoetta verrattiin vastaaviin testeihin, jossa sementin lisäksi oli käytetty teollista tuhkaa, joka on yleisesti käytetty maan stabiloinnissa. Betonimurskeella tehty stabilointi vastasi sementillä ja tuhkalla saavutettuja tuloksia.

”Vertailtaessa pelkän betonimurskeen eri fraktioiden stabilointikykyä pelkkään teolliseen tuhkaan, saavutettiin selkeästi pelkkää tuhkaa korkeampia puristuslujuuksia kummallakin testatulla partikkelikokoalla”, Kronberg toteaa.

Stabilointikokeita jatkettiin seulomalla valmiista betonimurskeesta $0-2 \text{ mm}$ fraktio, jolla tavoiteltiin teollisesti helpommin saavutettavaa partikkelijakaumaa. Betonimursketta lisättiin tällä kertaa ruoppausmassaan eri suhteissa, minkä lisäksi sementin määrää vaihdeltiin.

”Betonimurskeella tällä fraktiolla ei saatu aikaan mainittavaa stabiloivaa vaikutusta, joka oli ehkä odotettavaakin, koska kyseessä oli vetelä ruoppausmassa”, Jan-Erik Eriksson kommentoi.

Betonimurskeen hienompi fraktio antaa viitteitä, että sillä olisi käyttökohteita myös maamassojen stabiloinnissa. Yhtä millimetriä pienemmillä fraktioilla päästiin tuloksiin, joiden perusteella kierrätysbetonia voitaisiin

käyttää maan stabilointiin, esimerkiksi puistoalueratkaisuissa. Kahta millimetriä pienemmällä partikkeleilla betonimurske sisältää enemmän hiekkaa ja hienoa kiviainesta, jolloin hienon sementtipastan suhteellinen määrä vähenee ja näin stabilointikykyä ei käytännössä ole.

”Mitä hienompaa kierrätysbetoni on, sitä enemmän sillä on stabilointikykyä. Se herättää voimakkaan mielenkiinnon betonimurskan hienomman aineksen jatkokäsittelyyn”, Tommi Kekkonen miettii.

Betonimurskeen neutralointikyky on erittäin hyvä

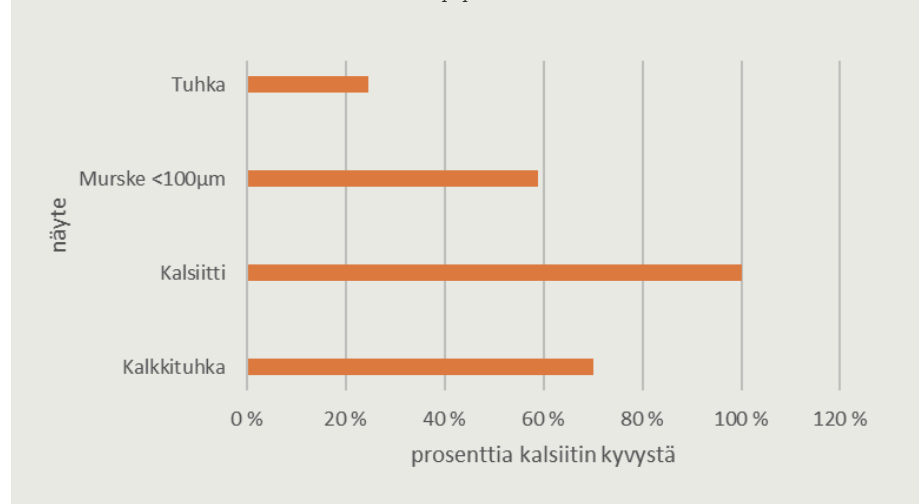
Stabilointikokeita vastaavilla betonimurskejakeilla tutkittiin myös niiden neutralointiky-

kyä happamien sulfidisavien kanssa. Hienoksi jauhettu kalkkikivi eli kalsiitti on yleisimmin tavanomaisissa sovelluksissa käytetty neutralointiaine, jonka vaikutuksiin betonimursketta kokeissa verrattiin.

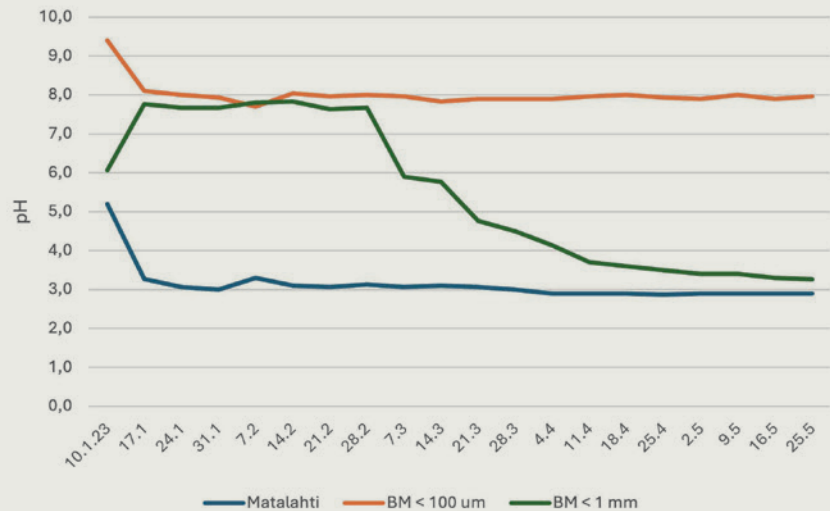
$0-100 \mu\text{m}$ fraktion neutralointikyky mitattiin titraamalla ja kokonaisneutralointikykyä laskettiin tarvittava määrä sekoituksiin. Kuvaajassa (kuva 4) kalsiitin neutralointikyky on 100% ja sitä verrattiin betonimurskeen lisäksi teolliseen tuhkaan ja kalkkituhkaan. Betonimurskeen tässä käytetyllä fraktiolla saavutettiin noin 60% kalsiitin neutralointikykyä.

Neutraloitavien massojen pH:ta mitattiin ajan funktiona inkubointitestissä ja täten seurattiin betonimurskeen neutralointikykyä.

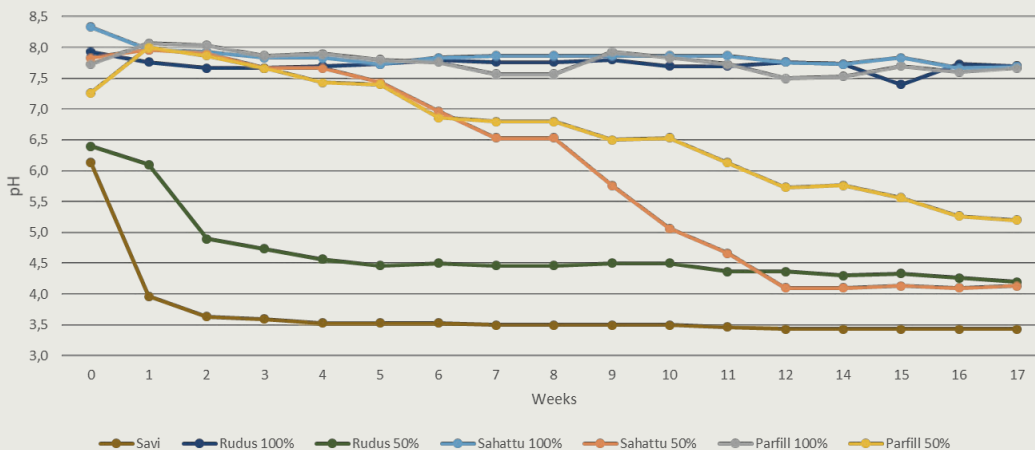
Kuva 4 Eri neutralointiaineiden neutralointikyky.



Kuva 5 Neutralointi seurattiin mittaamalla pH viikoittain 18 viikkoa.



Kuva 6 Neutralointitulokset 17 viikon jälkeen.



Lisätty betonimurskeen määrä oli 51 kg/m³ ruoppausmassaa, joka oli Naantalien Matalahdesta.

”Kuvaajasta nähdään, että ilman käsittelyä ruoppausmassan pH laskee jo noin viikossa kolmen tasolle, joka on huomattavan hapanta. Ruoppausmassaan tarvittava neutralointimäärä oli laskettu <100 µm fraktion mukaan ja siksi <1 mm fraktion neutralointikyky loppui kesken. Vaikuttavan hienon sementtipastan määrä jäi kokeessa liian alhaiseksi. Pienempi fraktio puolestaan piti neutraloivan vaikutuksensa koko mittausjakson ajan”, Eriksson sanoo.

Neutralointikokeiden seuraava vaihe tehtiin 0–2 mm kierrätysbetonimurskeella sekä betonituotetehtaalta saadusta sahauslietteellä, johon oli lisätty tiilimurskaa. Verrokina toimi jälleen kalsiitti ja käytetty hapanta sulfidisasi

(kaivusavi) oli peräisin Kaarinan Torppalasta. Neutralointikyky määritettiin titraamalla ja tulokset suhteutettiin kalsiitin vastaavaan tulokseen. Neutralointikyky tutkittiin 100 % ja 50 % -annostuksilla, jolloin varmistuttiin mittauksen toimivuudesta.

Kuvassa 6 ”Rudus” viittaa 0–2 mm fraktioon betonimurskeesta. ”Sahattu” tarkoittaa betonituotetehtaan sahauslietettä ja ”Parfill” on kaupallinen kalsiitti. Kuvaajasta nähdään, että molemmat betonimurskenäytteet, 0–2 mm seulottu hienompiaines sekä sahausliete neutraloivat hapanta sulfidisasiava yhtä hyvin kuin kaupallinen tuote. Kaikkien neutralointiainesten 50 %:sen seoksen pH laski mittauksen edetessä. Se oli tarkoituskin, eli mittaus toimi. Kuvaajasta nähdään myös, että ilman käsittelyä saven pH laskee parissa viikossa kolmen tasolle.

Betonimurskeen neutralointikyky voidaan testien perusteella todeta erittäin hyväksi. Haasteen käytännön sovelluksille heittää kuitenkin jätelainsäädäntö, joskin EEJ-asetuksen mukaista betonimursketta voisi jo käyttää tämän tyyppisesti.

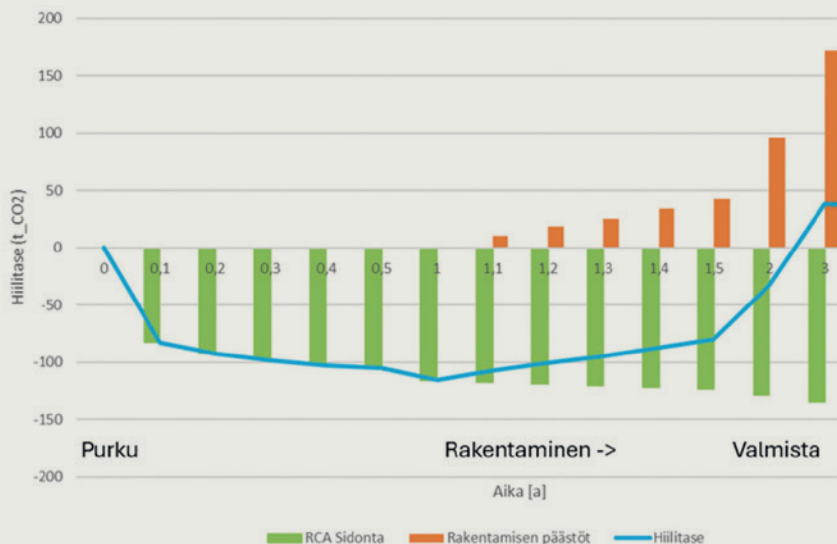
CO₂concrete Solution -projektin projektipäällikkö Tommi Kekkonen toteaa kierrätysbetonista saadun murskeen erittäin mielenkiintoiseksi sen, että mikäli murske on varastoitu optimaalisesti ja sen varastointiolosuhteet voidaan todentaa, on kyseessä hiilinegatiivinen tuote.

Thomas Kronberg ja Jan-Erik Eriksson muistuttavat, että hiilipäästöjen osalta on aina huomioitava se, mihin niitä verrataan.

”Kierrätysbetonia ajatellen lähes kaikki sen hiilipäästöt ovat syntyneet betoniin rakennusvaiheessa käytetyn sementin kalsinoimisessa. Tämä voidaan määrättyissä olosuhteissa saada

Kuva 7 Korvausrakentamisen hiilitase.

Skaalan hahmottamisen avuksi kuvaajassa on mallinnettu korvaavan rakentamisen tilannetta, jossa vanha, stereotyyppinen (Foreconin betonikanta-analyysin mallin mukainen) asuinkerrostalo on purettu ja sen purkubetoni on kierrätetty projektissa kehitetyllä metodilla. Purettu rakennuksen tilalle rakennetaan uusi identtinen asuinkerrostalo vähähiilisellä (CEM III/B) betonilla. Vihreä pylväikkö kuvaa purkubetonin hiilensidontaa. Punainen pylväikkö kuvaa rakentamisen aiheuttamia päästöjä. Sininen käyrä on rakennushankkeen hiilitase, joka jää n. 23 %:in rakentamisen aiheuttamasta hiilihiipikistä projektin lopussa.



suurelta osin talteen murskeen karbonatisoitua. Siten murskeen voidaan ajatella olevan tosiaankin lähes hiilineutraali sivuvirta. Myös kierrätysmateriaalien käyttö neitseellisten raaka-aineiden sijaan edistää hiilineutraaliutta”, tutkijat toteavat.

Seuraavaksi Åbo Akademin tutkimusprojektissa on vuorossa pilotointivaihe kenttäolosuhteissa nyt, kun betonimurskeen käytön edut ja rajoitteet stabiloinnissa ja neutraloinnissa on pystytty kartoittamaan laboratoriotesteissä. •

Lisätietoja: Tommi Kekkonen
tommi.kekkonen@concretia.fi
puh. +358 50 350 8820

<https://betoni.com/betoni-ja-ymparisto/betonin-hiilensidonta/hienomurskeen-potentiaali/>

Tiesitkö?

Suomen Litorina-vaiheen aikana merenpohjaa olleet rannikkoalueet sisältävät runsaasti potentiaalisesti happamoituvia sulfidimaita. Jos sulfidimaat pääsevät kuivumaan ja hapetumaan kosketuksessa ilman kanssa, ne happamoituvat. Maan kohoamisen seurauksena näitä happamoituvia sulfaattimaita on nyt merenpinnasta noin 40 metrin korkeudelle asti ulottuvalla vyöhykkeellä. Tämä aiheuttaa rannikkoalueilla haasteita muun muassa rakentamiselle heikon kantavuuden, teräsrakenteiden korroosioriskin ja varsinkin happamien, liukoisia metalleja sisältävien valumavesien vuoksi. Siksi sulfaattimaita päätyvät usein läjitettyinä maankaatopaikoille, ja niiden tilalle joudutaan laittamaan maanrakennushankkeissa muualta tuotua maa-ainesta.

Happamiin sulfaattimaihiniin liittyvät riskit todennäköisesti lisääntyvät ilmastonmuutoksen seurauksena, kun kuivat kaudet edistävät maaperän happamoitumista ja happamuuden huuhtoutumista.

Jotta sulfaattimaamassoja voidaan turvallisesti hyödyntää, ne on neutraloitava tai stabiloitava, jotta niitä voitaisiin käyttää erilaisissa täytöissä tai maisemoinneissa sekä rakennuspohjana.

Useimmiten maa-ainemassojen neutraloinnin ja stabiloinnin prosessi kuitenkin tuottaa merkittäviä hiilidioksidipäästöjä, sillä siihen käytetään sementti- ja kalkkipohjaisia aineita.

Betonimurske voisi toimia osana kokonaisuutta, varsinkin neutraloinnissa, jolloin saavutetaan etuja hiilijalanjäljen ja kierrätysasteen näkökulmasta.