



TURKU

Kaupunkitutkimusohjelma

TUTKIMUSKATSAUKSIA

3–2023

Rakennushankkeissa tulee huomioida sulfidisavimaa-lajien yleisyys ja estää niiden hapettuminen

Haasteelliset maalajit ovat yllättävän yleisiä Turun seudulla. Kiertotalous tarjoaa uusia keinoja niiden stabilointiin ja uudelleenkäyttöön.

Kasvavassa kaupungissa otetaan rakennuskäyttöön yhä enemmän alueita, jotka ovat rakennusteknisesti haastavia kuten savimaat, pilaantuneet maat sekä maalle läjitetyt ruopausmassat. Turun seudun sulfidisavien kartoitus osoitti, että näiden haastavien savien esiintyminen on aiempaa odotettua yleisempää. Sulfidisavien happamoituminen ja sen aiheuttama haitallisten metallien liukeneminen voidaan estää savien stabiloinnilla tai neutraloinnilla. Tutkimus osoitti, että teollisia sivuvirtoja voidaan hyödyntää korvaamassa nykyisin käytettäviä sideaineita kuten sementtiä. Se edistää merkittävästi kiertotaloutta ja hiilineutraalisuutta maanrakennuksessa.

YHTEENVETO

Turku on rakennettu saven päälle, pääasiassa sulfidipitoisen saven päälle. Se on otettava huomioon tulevissa rakennushankkeissa estämällä hapettuminen.

Jos sulfidisavimaata kaivetaan ja jätetään käsittelemättä, sulfidi hapettuu ja haitallisia alkuaineita liukenee ympäristöön. Tämä voidaan estää esimerkiksi stabiloimalla tai neutraloimalla maa.

Teolliset sivuvirrat voivat korvata osan stabiloinnissa käytetystä sementistä, mikä edistää kiertotaloutta ja pienentää hiilijalanjälkeä.

Sulfidipitoiset savet tarvitsevat usein enemmän sideaineita kuin tavalliset savimaat saavuttaakseen sopivan puristuslujuuden. Myös saven vesipitoisuus ja hiukkaskokojakauma vaikuttavat tulokseen.

KIRJOITTAJAT

Jan-Erik Eriksson¹, Thomas Kronberg¹, Peter Österholm², Miriam Nystrand², Leena Hupa¹

¹ Molekyyli- ja -tekniikan laboratorio, Epäorgaaninen kemia, Åbo Akademi

² Geologian ja mineralogian laboratorio, Åbo Akademi

AINEISTO JA MENETELMÄT

Kirjallisuuskatsaus, laboratoriokokeet, analyysit

TEEMAT

Sulfidisavi, hapontuotto, haitallisten metallien liukeneminen, stabilointi, neutralointi, kestävä kehitys

HALUATKO TIETÄÄ?

Miksi sulfidipitoiset savet ovat ongelmallisia? s. 2

Miten savia stabiloidaan? s. 5

Miten niitä neutraloidaan? s. 5

Miksi sulfidisavet ovat ongelmallisia

Suomen rannikkoseuduilla esiintyy monin paikoin runsaasti sulfidipitoisia maita (esim. savia). Pelkistyneessä tilassa maan tai veden alla, sulfidipitoiset maat eivät aiheuta haittaa ympäristölleen, mutta kun sulfidipitoisia maita muokataan, läjitetään tai kuivatetaan, ne alkavat hapettua ilmassa olevan hapen vaikutuksesta muodostaen samalla rikkihappoa. Rikkihapon aikaansaama pH:n lasku eli happamoituminen aiheuttaa maassa jo olevien metalliyhdisteiden liukenemista, jolloin niitä siirtyy valumavesien mukana ympäristöön. Sama happamoituminen aiheuttaa myös rakenteiden, mm. teräksen ja betonin korroosiota.

SULFIDIPITOISET SEDIMENTIT

Sulfidipitoiset sedimentit (esim. sulfidisavet) ovat tyypillisesti kerrostuneet alun perin veteen. Niiden muodostuminen alkoi viimeisen jääkauden jälkeen noin 8000 vuotta sitten muinaisen Litorina-merivaiheen aikana, ja niitä muodostuu yhä tänäkin päivänä. Tyypillisesti hienorakeiset sulfidisedimentit ovat kohonneet kuivalle maalle jääkauden jälkeisen voimakkaan maankohoamisen seurauksena. Korkeimmillaan näitä kerrostumia tavataan noin 20-100 m tasolla merenpinnan yläpuolella. Turussa sulfidisavia esiintyy < 15m merenpinnan yläpuolella.

HAPAN SULFAATTIMAA (HASU)

Sulfidipitoisilla mailla on taipumus happamoitua, kun ne pääsevät kosketuksiin ilman hapen kanssa ja muodostavat rikkihappoa. Se voi johtaa maaperän merkittävään happamoitumiseen (pH <4), jonka seurauksena maaperästä liukenee usein haitallisia metalleja (esim. alumiini, kadmium, koboltti, nikkeli ja sinkki). Ne kulkeutuvat edelleen vesistöihin heikentäen niiden ekologista ja kemiallista tilaa.

STABILOINTI

Stabiloinnissa saviin lisätään sideaineita, tyypillisesti sementtiä, jolloin saven lujuus nousee tarvittavalle tasolle. Usein tämä tarkoittaa maalajin muokkaamista siten, että siitä tulee kantavaa ja se saadaan siten ottaa hyötykäyttöön. Stabiloinnin jälkeen maata voidaan usein vielä muokata. Stabilointi estää myös haitallisten aineiden liukenemista ympäristöön.

SAVI

Savet ovat plastisia, hienojakeisista alumiinisilikaattirakenteista muodostuvia usein hyvin epästabiileja maalajeja. Savet pystyvät sitomaan kemiallisesti ja fysikaalisesti huomattaviakin määriä vettä, joka vaikuttaa niiden muokkausominaisuuksiin. Savissa ja savimaalajeissa voi olla mukana epäpuhtauksina myös raskasmetalleja (lyijy, kadmium, nikkeli, sinkki, arseeni, jne).

NEUTRALOINTI

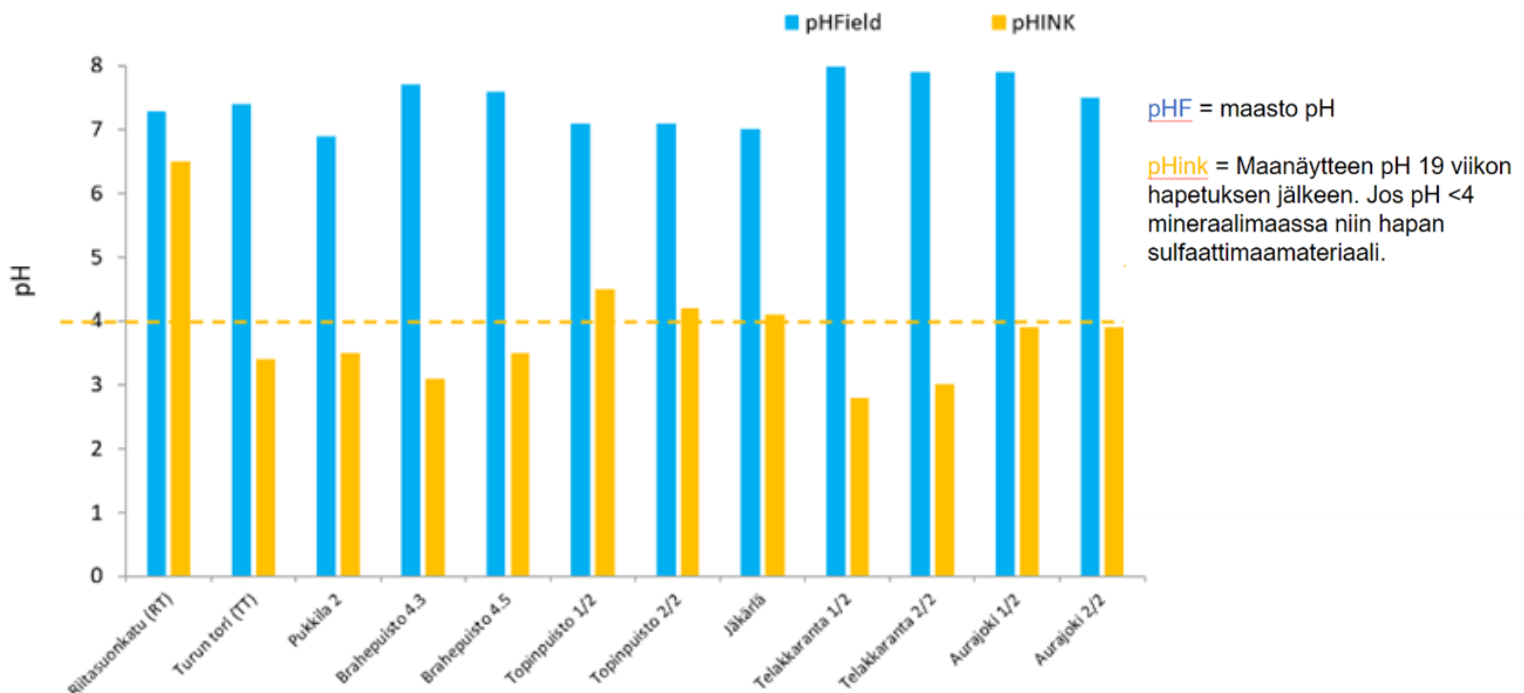
Lisäämällä saveen pieniä määriä pH:ta nostavaa ainetta estetään saven sisältämien haitallisten alkuaineiden liukeneminen ympäristöön. Neutraloinnissa voidaan käyttää samoja sideaineita kun stabiloinnissa mutta perimmäinen tarkoitus ei ole lujittaa maata vaan estää sulfidisaven happamoituminen.

Miten happamat sulfaattimaat tunnistetaan

Luotettava ja yleisin tunnistusmenetelmä on pH-inkubaatio. Menetelmässä hapetetaan n. 5 mm paksua kosteaa näytettä huoneilmassa n. 8-19 viikkoa, jolloin siinä oleva rautasulfidi hapettuu. Jos pH on hapettumisen jälkeen laskenut vähintään tasolle 4, niin näyte voidaan luokitella happamaksi sulfaattimaamateriaaliksi.

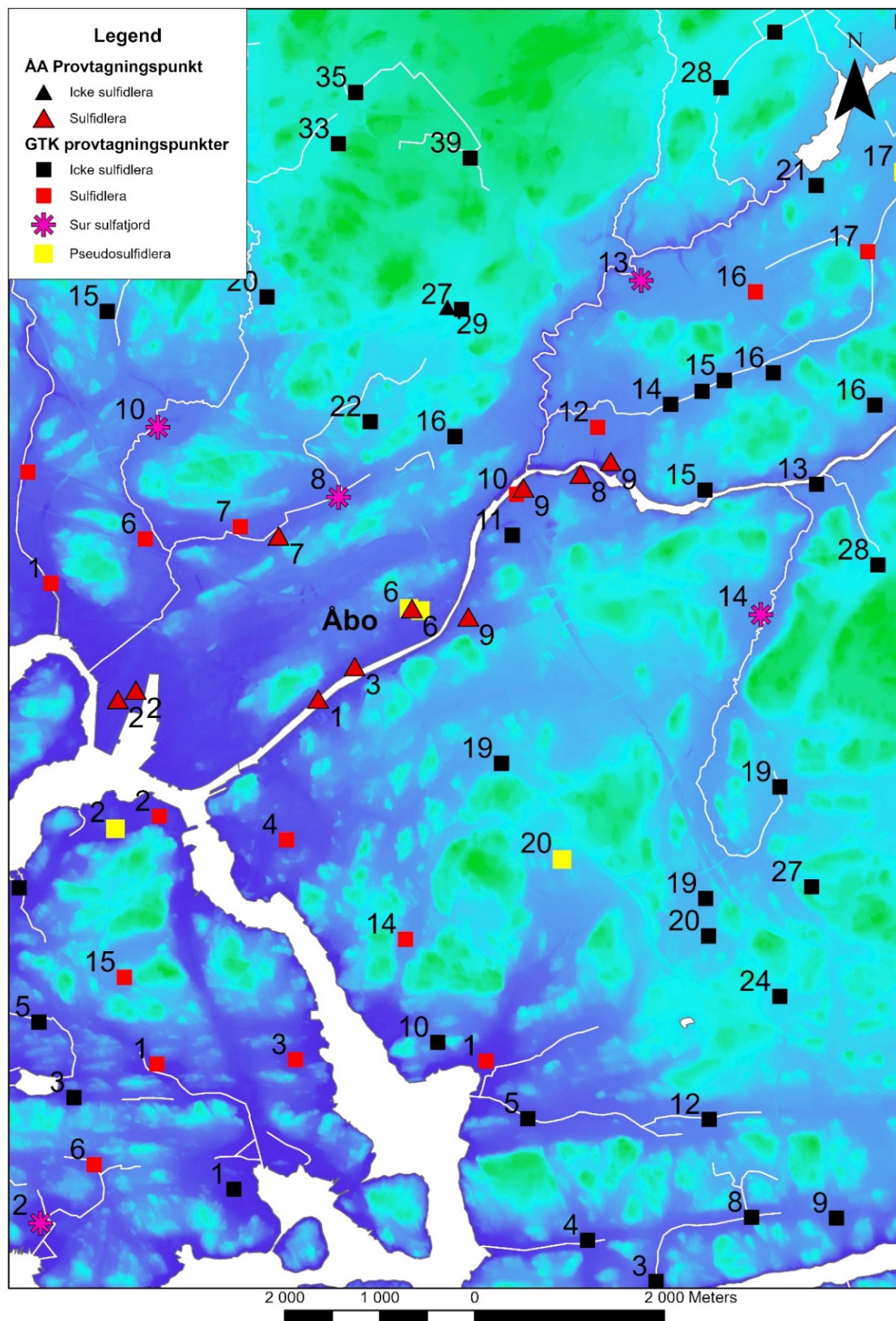


Kuva 1. Kuvassa tyypillinen esimerkki sulfidisavesta. Turun toriparkin kaivettu seinämä kuivuneena ja hapettuneena. Pinnan pH oli laskenut.



Kuva 2. Kaikkien savinäytteiden maastossa mitattu pH oli neutraali. 19 viikon hapetuksen jälkeen joidenkin pH oli laskenut jopa alle 3. Raja sulfidisaveksi määrittelykselle on 4.

Turku on rakennettu sulfidisaven päälle



Kuva 3. Kartta sulfidisavien esiintymisalueista Turun seudulla. Aurajoki ja suisto valkoisena keskellä. Punaiset, pinkit ja keltaiset pisteet kartassa tarkoittavat sulfidisaviesiintymiä. Kartassa on yhdistetty Åbo Akademien uudet ja Geologian tutkimuskeskuksen olemassa olleet tutkimustulokset.

Savien kartoituksessa ilmeni, että happamien sulfaattimaiden/sulfidisavien esiintymisalueet olivat paljon odotettua yleisempiä Turussa. Voidaankin sanoa, että Turku on rakennettu sulfidisaven päälle. Sulfidisavet esiintyvät Turun seudulla yleensä maan pinnasta, arviolta noin 1–10 m paksussa Litorinamerivaiheen aikana kerrostuneessa savikerrostumassa. Tämän alta löytyy vanhempi, Ancylusjärvivaiheen savikerrostuma, joka ei sisällä suuria määriä sulfidia. Molemmat savikerrostumat ovat Turun alueella erittäin hienorakeisia ja epästabiileja rakenteeltaan, mutta niiden käyttömahdollisuuksia rakennus- ja alustana saadaan parannettua, kun ne stabiloidaan käyttämällä erilaisia sideaineita.

Sulfidisavien stabiloinnissa voidaan hyödyntää teollisuuden sivuvirtoja

Hankkeessa tutkittiin valituista haasteellisista maalajeista otettujen näytteiden stabilointia tieteellisiä menetelmiä hyödyntäen. Verrokkeina käytettiin ”tavallisia” eli vanhemman Ancylus-kerroksen savia. Stabilointikokeita suoritettiin käyttämällä sideaineina teollisia sivuvirtoja, mm. lentotuhkaa, kuonaa, betonimurskepölyä sekä näiden yhdistelmiä. Tuloksia verrattiin sementillä stabiloituihin näytteisiin.

Tutkittujen happamien sulfaattisavien rikkipitoisuus oli noin 1 % ja siten niillä oli myös korkea hapontuottopotentiaali. Vertailevissa ei-sulfidisavissa rikkipitoisuus oli < 0,1 %. Inkuboidussa eli ilmassa hapettuneessa happamassa sulfaattisavessa haitallisten aineiden vesiliukoisuus oli korkea (esim. Ni, Zn, Cu, Co ja Al), kun taas ei-sulfidisavista liukenemista ei tapahtunut. Stabiloinnin jälkeen näytteiden pH pysyi neutraalina ja haitallisten aineiden liukoisuus oli erittäin alhainen. Näin ollen stabilointi esti tehokkaasti haitallisten aineiden huuhtoutumista happamista sulfaattisavista.

Teollisuuden sivuvirtoja voidaan menestyksekkäästi hyödyntää savimaiden stabiloinnissa. Sementin määrää voidaan vähentää kaikilla tässä tutkimuksessa käytetyillä sivuvirroilla. Masuunikuonaa käytettäessä noin 2/3 sementtipitoisuudesta voidaan korvata ja silti saavuttaa samanlaisia pitkäaikaisia lujuusarvoja. Näin ollen, näillä sovelluksilla voidaan saavuttaa merkittävästi pienempi hiilijalanjälki.

Huomioitavaa on, että verrattuna tavalliseen saveen, sulfidipitoisen savien stabiloimiseen tarvittiin yleensä huomattavasti enemmän (n. 50 %) sideaineita, joka kasvattaa toiminnan hiilijalanjälkeä ja kustannuksia. Tätä jälkeä voidaan kuitenkin pienentää käyttämällä stabilointiin mahdollisuuksien mukaan esim. teollisia sivuvirtoja, jotka korvaavat sementtiä sekoituksissa. Hiilidioksidipäästöjä aiheuttavien sideaineiden, kuten sementin käytön vähentäminen ja sivu- ja jätevirtoja tehokas hyödyntäminen kaatopaikkaläjäytyksen sijasta edistää Turun kaupungin kestävä kehitystä ja maa-alueiden tehokasta ja ympäristöystävällistä hyötykäyttöä.

Stabilointi vähentää myös ympäristöhaittoja

Sideaineiden sekoittaminen maahan nostaa sen pH-arvoa voimakkaasti, mikä estää metallien liukenemista sulfidisavesta. Stabilointiaineiden käyttö vähentää siten myös ympäristöhaittoja lujittamisen lisäksi. Sama neutralointivaikutus saadaan aikaiseksi kuitenkin myös pienemmällä sideainemäärällä tai käyttämällä muita vähemmän lujittavia emäksisiä sivuvirtoja kuten betonimurskepölyä, tuhkaa tai kalkkipitoisia materiaaleja. Neutralointia voidaan käyttää kohteissa, joissa savimaan happamoituminen pitää estää,

Savimaiden stabiloinnissa käytettävää sementtiä voidaan korvata teollisuuden sivuvirroilla jopa huomattavasti, mikä pienentää hiilijalanjälkeä.

mutta lujuuden lisääminen ei ole haluttavaa tai tarvittavaa. Tällaisia kohteita voivat olla esimerkiksi puistot, pellot tai niityt. Neutralointia voidaan käyttää myös estämään läjitetyn savimassan hapettuminen ja metallien liukeneminen massojen kuivaamisen ajaksi ennen mahdollista stabilointia.

Pilottikokeet ovat keskiössä jatkotutkimuksessa

Haastavien savimaiden hyötykäytön jatkotutkimuksessa pilottikokeet ovat keskiössä. Näissä kokeissa testataan käytännössä erilaisten paikallisten sivuvirtojen soveltuvuutta sulfidisavien stabilointiin. Myös tavallisten ylijäämäsavien hyötykäyttöä ympäristöystävällisenä rakennusmateriaalina tutkitaan mm. Euroopan aluekehitysrahaston rahoittamissa hankkeissa (SARA-hanke). Jatkossa teollisia sivuvirtoja ei voida enää läjittää entisessä laajuudessa maankaatopaikoille, vaan niille tulee löytää uusia hyödyntämistapoja. Saviin perustuvat ratkaisut ovat lupaavia tulevaisuuden hyödyntämiskohteita.

LUE LISÄÄ:

- J. Jarva (toim.), J.-E. Eriksson (toim.), L. Larkela, J. Auri, T. Kronberg, T. Tarvainen, J. Kuva, M. Järvinen, H. Hänninen, M. Lehtonen, M. Ketola, R. Huh-tinen (2021). CircVol-projekti. Ruoppausmassojen stabiloinnin kenttäkoe Naantalin Matalahdella. *Geologian tutkimuskeskus, Tutkimustyöraportti* 19/2021.
- J.-E. Eriksson, J. Karvonen, T. Kronberg, J. Salminen (2022). Ruoppausmassan stabilointi uusiosideai-neilla – Hiilijalanjäljen, lujuuden ja kustannusten tar-kastelu Matalahden kenttäkokeessa. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja* 31/2022.
- J. Auri, A. Kaseva, T. Tarvainen, T. Kronberg, J.-E. Eriksson, S. Mattbäck, R. Nilivaara, A. Boman, H. Hänninen, E. Suvanto (2022). Maalle läjitetyn hap-poa tuottavan ruoppausmassan seuranta- ja neutra-lointitutkimukset. *Geologian tutkimuskeskus, Tutkimustyöraportti* 29/2022.

- M. Visuri, M. Nystrand, J. Auri, P. Österholm, R. Nilivaara, A. Boman, J. Räisänen, S. Mattbäck, A. Korhonen, R. (2021). Ihme. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille. Tunnistus-hankkeen loppuraportti. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja* 43/2021.
- P. Österholm, M. Åström (2004). Quantification of current and future leaching of sulphur and metals from Boreal acid sulphate soils, W. Finland. *Austra-lian Journal of Soil Research*. 42: 547-551.

NÄIN TUTKIMUS TEHTIIN:

Hanke toteutettiin poikkitieteellisenä yhteistyönä Åbo Akademin Molekyy-litieteiden ja -tekniikan laboratorion, epäorgaanisen kemian osaston sekä Geologian ja mineralogian laboratorion toimesta.

Savinäytteitä kerättiin laajasti Turun alueelta. Niiden koostumus, hapontuottopotentiaali sekä haitta-ainepitoisuudet mitattiin. Yhdistämällä olemassa olevaa tietoa uusiin savianalyyseihin muodostettiin kartta Turun alueen sulfidisaviesiintymistä.

Savinäytteitä stabiloitiin käyttäen hyödyksi teollisia sivuvirtoja. Stabiloitujen näytteiden puristuslujuus sekä haitta-aineiden liukoisuus mitattiin. Hankkeessa käytettiin sekä yleisiä standardin mukaisia että tutkimuskäyt-töön suunniteltuja testejä ja analyysejä savimateriaalien sekä sekoitusten vertailuun.

OTA YHTEYTTÄ:**Jan-Erik Eriksson**

Projektitutkija,
Åbo Akademi
jan-erik.eriksson@abo.fi

Peter Österholm

Vanhempi yliopistonlehtori,
Åbo Akademi
peter.osterholm@abo.fi

Tutkimuskatsauksia-sarjassa

julkaistaan tiiviisti Turun kaupunki-tutkimusohjelmaan kuuluvien tut-kimusten tuloksia. Kirjoittajat ovat tutkijoita.

TOIMITTAJA

Sampo Ruoppila, tutkimusjohtaja
sampo.ruoppila@turku.fi

JULKAISIJA

Turun kaupungin konsernihallinto
PL 355 (Olavintie 2), 20101 Turku
www.turku.fi/kaupunkitutkimus