



Kirill Kinstler

Uusiomateriaalien käyttäminen rakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

02.10.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Kirill Kinstler
Otsikko: Uusiomateriaalien käyttäminen rakentamisessa
Sivumäärä: 30 sivua + 2 liitettä
Aika: 2.10.2024

Tutkinto: Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine: Talonrakennustekniikka
Ohjaajat: Lehtori Tomi Karppinen
Vastaava työnjohtaja livari Kanto
Vastaava työnjohtaja Jani Nyman

Uusiomateriaalien käyttö rakentamisessa on nouseva trendi, joka tukee kestäväen kehityksen periaatteita ja kiertotaloutta. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin uusiomateriaalien, kuten betonimurskeen, vaahtolasimurskeen ja biohiilen, soveltuvuutta ja hyötyjä rakennusteollisuudessa. Analysoitiin uusiomateriaalien tekniset ominaisuudet, taloudelliset hyödyt sekä ympäristövaikutukset verrattuna perinteisiin rakennusmateriaaleihin. Esiteltiin käytännön esimerkkejä käyttökohteista. Lisäksi käsiteltiin uusiomateriaalien käyttöön liittyviä haasteita, kuten ympäristövaikutukset, lainsäädäntö ja standardit.

Uusiomateriaalit tarjoavat merkittäviä etuja, kuten vähentävät neitseellisten luonnonmateriaalien tarvetta, pienentävät hiilijalanjälkeä ja edistävät materiaalien tehokasta kierrätystä. Esimerkiksi betonimurskeen käyttö teiden kantavissa ja jakavissa kerroksissa vähentää kiviainesten tarvetta, kun taas vaahtolasimurskeen keveys tekee siitä ihanteellisen ratkaisun alueilla, joissa maaperän kantavuus on heikko. Biohiili puolestaan parantaa maaperän vedenpidätyskykyä ja ravinteiden sitomiskykyä, mikä on hyödyllistä erityisesti viherkattojen ja kaupunkivihreän rakentamisessa.

Avainsanat: uusiomateriaalit, biohiili, vaahtolasimurske, betonimurske

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Kirill Kinstler
Title: Use of Recycled Materials in Construction
Number of Pages: 30 pages + 2 appendices
Date: 2 October 2024

Degree: Bachelor of Construction Management
Degree Programme: Construction Site Management
Professional Major: Professional Major Building Construction
Supervisors: Tomi Karppinen, Lecturer
Iivari Kanto, Project Manager
Jani Nyman, Project Manager

The use of recycled materials in construction is an emerging trend that supports the principles of sustainable development and the circular economy. In this graduate study, the applicability and benefits of recycled materials, such as crushed concrete, crushed foam glass and biochar, were investigated in the construction industry. The technical properties, economic benefits and environmental effects of recycled materials compared to traditional building materials were analyzed. Practical examples of applications were presented. In addition, challenges related to the use of recycled materials were discussed, such as environmental effects, legislation and standards. Recycled materials provide significant advantages, such as reducing the need for virgin natural materials, reducing the carbon footprint and promoting efficient recycling of materials. For example, the use of crushed concrete in load-bearing and dividing layers of roads reduces the need for aggregates, while the lightness of crushed foam glass makes it an ideal solution in areas where the soil's bearing capacity is weak. Biochar, on the other hand, improves the soil's water-holding capacity and nutrient-binding capacity, which is especially useful in the construction of green roofs and urban greenery.

Keywords: recycled materials, biochar, crushed foam glass, crushed concrete

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Uusiomateriaalien esittely	3
2.1	Biohiili ja sen valmistus	3
2.2	Vaahtolasimurske ja sen valmistus	4
2.3	Betonimurske ja sen valmistus	5
3	Uusiomateriaalien yleiskatsaus rakentamisessa	8
3.1	Lainsäädäntö uusiomateriaalien käytössä	8
3.2	Ympäristövaikutukset ja uusiomateriaalien periaatteet	9
4	Uusiomateriaalien ominaisuudet ja käyttökohteet	11
4.1	Biohiilen ominaisuudet	11
4.2	Biohiilen käyttökohteet	13
4.3	Vaahtolasimurske rakentamismateriaalina	17
4.3.1	Vaahtolasimurskeen käyttökohteet	18
4.4	Betonimurske rakennusmateriaalina	22
5	Betonimurskeen hankinta	25
5.1	MARA-asetuksen mukainen betonimurske	25
5.2	EEJ-betonimurske	26
5.2.1	EEJ-betonimurskeen käyttöohjeet	26
5.3	Betonimurskeen vastaanotto työmaalla	26
5.4	Betonimurskeen laatudokumentaatio	27
6	Vaahtolasimurskeen hankinta	28
6.1	Vaahtolasin tilaaminen ja vastaanotto	28
6.2	Vaahtolasimurskeen laadunvarmistus	28
7	Yhteenveto	30
	Lähteet	1

Lyhenteet

EEJ: Ei Enää Jätettä

ELY: Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

InfraRYL: Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset

MARA: Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä
maarakentamisessa

1 Johdanto

Rakennusala on yksi maailman suurimmista luonnonvarojen kuluttajista, ja sen vaikutus ympäristöön on merkittävä. Rakennusmateriaalien valmistus, käyttö ja hävittäminen tuottavat huomattavia määriä hiilidioksidipäästöjä ja jätettä, mikä lisää paineita kestäväen kehityksen mukaisten ratkaisujen löytämiseksi. Yksi lupaavimmista keinoista vähentää rakennusalan ympäristövaikutuksia on uusiomateriaalien hyödyntäminen. Uusiomateriaalit ovat kierrätettyjä tai teollisuuden sivutuotteista valmistettuja materiaaleja, joita voidaan käyttää perinteisten rakennusmateriaalien korvaajina tai täydentäjinä.

Uusiomateriaalien käyttö rakentamisessa ei ole vain ympäristöystävällinen valinta, vaan se voi myös tarjota taloudellisia ja teknisiä etuja. Esimerkiksi betonimurskeen, vaahtolasimurskeen ja biohiilen kaltaiset uusiomateriaalit voivat vähentää rakentamisen kustannuksia, parantaa rakenteiden energiatehokkuutta ja pidentää niiden käyttöikä. Näiden materiaalien käytön lisääntyminen voi myös tukea kiertotaloutta, jossa materiaalit kiertävät yhteiskunnassa mahdollisimman pitkään ja tehokkaasti.

Tämä opinnäytetyö keskittyy uusiomateriaalien käyttöön rakentamisessa, erityisesti niiden hyötyihin, haasteisiin ja rakennushankkeiden käyttökohteisiin. Työssä tarkastellaan eri uusiomateriaalien teknisiä ominaisuuksia, lainsäädännön ja standardien asettamia vaatimuksia sekä käytännön sovelluksia Suomessa. Tavoitteena on luoda kattava kuva siitä, miten uusiomateriaalit voivat edistää kestäväää rakentamista ja vähentää rakennusalan ympäristökuormitusta.

Uusiomateriaalien käytön tutkiminen ja edistäminen on ratkaisevan tärkeää, kun pyritään vähentämään luonnonvarojen kulutusta ja torjumaan ilmastonmuutosta. Rakennusala on muutosten edessä, ja uusiomateriaalien

tehokas hyödyntäminen tarjoaa mahdollisuuden siirtyä kohti kestävämpää ja ympäristöystävällisempää tulevaisuutta.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Louhintahiekka Oy. Työn aiheeksi rajattiin uusiomateriaaleista betonimurske, biohiili ja vaahtolasimurske.

2 Uusiomateriaalien esittely

2.1 Biohiili ja sen valmistus

Biohiilellä tarkoitetaan kaikkia biomassasta pyrolyysillä valmistettuja hiiliä, joiden tarkoitus on säilyttää hiili pysyvästi varastoituna. Tämä monikäyttöinen materiaali löytyy useimmiten lannoitteista ja maaperän hiilensidontatekniikoista, kuten pelloilta. Biohiilellä on lukuisia mahdollisia sovelluksia, joilla on korkea käyttöarvo, esimerkiksi fossiilisten raaka-aineiden korvaajana. [1.]

Biohiiltä tuotetaan pyrolyysiprosessilla, jossa orgaaninen aine, kuten puu, maatalousjätteet tai biomassa, kuumennetaan korkeaan lämpötilaan hapettomassa ympäristössä. Pyrolyysin aikana orgaaninen materiaali hajoaa, muodostaen kolme päätuotetta: biohiiltä, pyrolyysiöljyä ja pyrolyysikaasuja.

Prosessi alkaa raaka-aineen keräämisellä ja esikäsitteilyllä, mikä voi sisältää materiaalin pilkkomisen ja kuivaamisen. Tämä varmistaa raaka-aineen tasalaatuisuuden ja sopivuuden pyrolyysiin. Tämän jälkeen raaka-aine syötetään pyrolyysireaktoriin, jossa lämpötila nostetaan yleensä 300–700 °C:een. Reaktorissa tapahtuva hapeton kuumennus saa aikaan orgaanisen aineksen hajoamisen ja biohiilen muodostumisen. Reaktorista saatava biohiili erotellaan pyrolyysiöljystä ja pyrolyysikaasuista. Biohiili jäähdytetään ja varastoidaan, kun taas pyrolyysiöljy ja -kaasut voidaan kerätä talteen ja hyödyntää energianlähteenä tai jatkojalostaa. Kuvassa 1 esitetään materiaalia, jota valmistumiseen jälkeen kutsutaan biohiileksi. [1.]



Kuva 1. Valmista biohiiltä. (grk.fi/biohiili)

2.2 Vaahtolasimurske ja sen valmistus

Vaahtolasimurske on uusiomateriaali, jonka keveys, kantavuus, eristyskyky ja ympäristöystävällisyys tekevät siitä erinomaisen valinnan moniin eri rakennuskohteisiin. Vaahtolasimurske on 100 % kierrätysmateriaalia, josta 99 % kierrätyslasia ja 1 % teollisuuden sivuvirtaa. Vaahtolasimurske ei ole jäte, vaan se on tuote. [2.]

Keräyslasi on pääraaka-aine vaahtolasimurskeen valmistamisessa. Vaahtolasimurskeen valmistaminen alkaa keräyslasien puhdistuksella. Keräyslasit puhdistetaan muovista, metallista ja orgaanisista aineista. Puhdistus tapahtuu kierrätyslaitoksella. Kun puhdistus on tehty, vaahtolasimurskeen valmistus jatkuu lasinsirujen murskaamisella alle 0,1 mm:n jauheeksi, johon sekoitetaan vaahdotusagenttia. Vaahdotusagentti on aine, jolla lasijauhe saadaan vaahdottumaan. Se aine voi olla esimerkiksi hiili. Kun seos on tehty, lasijauhe kuumennetaan uunissa 900 asteiseen lämpötilaan. Kuumentuessaan jauhe paisuu lähes viisinkertaiseksi. Uunista vaahtolasi tulee ulos levyinä. Levyt jäädytetään ja murskataan, jolloin vaahtolasi pirstaloituu lopulliseen muotoonsa. Viimeisenä se seulotaan, jotta murskeen rakeisuus saadaan

oikeanlaiseksi ja näin valmistuu vaahtolasimurske. Kuvassa 2 esitetty, minkälaista materiaalia valmistumisen jälkeen tulee. [3.]



Kuva 2. Vaahtolasimurske valmistusprosessin jälkeen. (Foamit.fi)

2.3 Betonimurske ja sen valmistus

Betonimurske on ylijäämä- tai purkubetonista murskattua betonia, jolla voidaan korvata neitseellisiä kiviaineksia ja edistää tehokkaasti kiertotaloutta.

Betonimursketta on kahta eri lajia. Ne ovat EEJ-betonimurske ja MARA-betonimurske. EEJ (Ei Enää Jätettä) -betonimurske ja MARA (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa) -betonimurske eroavat toisistaan pääasiassa niiden sääntely- ja käyttötarkoitusten perusteella, EEJ-betonimurske on sertifioitu ja täyttää tiukemmat laatuvaatimukset, mikä mahdollistaa sen monipuolisemman käytön ilman raskasta ilmoitusmenettelyä. MARA-betonimurske taas on tarkoitettu erityisesti maarakentamiseen ja vaatii rekisteröinnin mutta ei sertifiointia. Sitä voidaan käyttää kiviaineksena maan-, talon- ja viherrakentamisessa sekä raaka-aineena valmisbetonin ja

betonituotteiden valmistuksessa. Betonimurske on myös hiilinegatiivinen, mikä tarkoittaa, että se sitoo enemmän hiilidioksidia kuin sen valmistuksessa syntyy. Näin se edistää ympäristöystävällistä rakentamista. [4.]

Betonimurske valmistus aloitetaan kierrättämällä ja murskaamalla vanhaa betonia. Tämä prosessi sisältää purettujen rakennusten betonia, ylijäämäbetonia rakennustyömailta tai betoniromua. Kerätty betoni puhdistetaan epäpuhtauksista, kuten metalleista, puusta, muovista ja muusta roskasta, usein magneetteja ja muita erottelutekniikoita käyttäen.

Puhdistettu betoni syötetään murskauslaitteistoon, joka on esitetty kuvassa 3. Käytettäviä koneita ovat leuka- tai kartiomurskain, jotka murskaavat betonin. [5.]

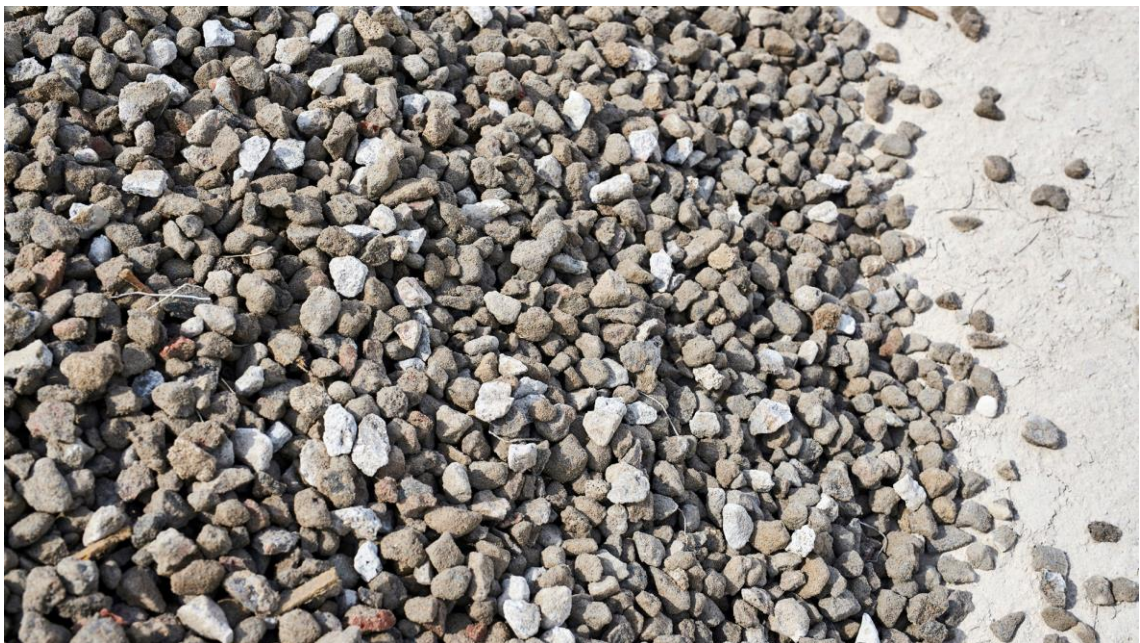


Kuva 3. Leukamurskain valmistaa tuoretta betonimursketta. (Hs Tekniikka Oy)

Ensimmäisessä murskausvaiheessa betonista saadaan suuria paloja, jotka murskataan edelleen hienommaksi murskeeksi. Murskattu betoni seulotaan eri kokosiin fraktioihin seulontalaitteilla, jotka erottelevat murskeen eri

rakeisuuksiin, jotta saadaan erikokoisia betonimurskeita erilaisiin käyttötarkoituksiin. Kuvassa 4 esitetty valmista betonimursketta. Murskeen laadun varmistamiseksi tehdään tarkastuksia ja testejä, joilla varmistetaan, että murske täyttää tarvittavat standardit ja vaatimukset.

Betonimurskeen valmistaminen on ekologisesti järkevää, koska se vähentää uuden raaka-aineen tarvetta ja vähentää jätteen määrää kaatopaikoilla. Lisäksi betonimurskeen käyttö voi olla kustannustehokasta ja se voi parantaa uusien betonirakenteiden kestävyyttä ja lujuutta. [5.]



Kuva 4. Valmista betonimursketta. (Betoni, verkkolehti)

3 Uusiomateriaalien yleiskatsaus rakentamisessa

Uusiomateriaalien käyttö rakentamisessa on viime vuosina kasvanut merkittävästi osana kestävän kehityksen ja kiertotalouden periaatteiden omaksumista. Yhä useammat rakennusyrietykset pyrkivät vähentämään rakennusprojektien ympäristövaikutuksia hyödyntämällä kierrätettyjä materiaaleja, kuten betonimursketta, vaahtolasimursketta ja biohiiltä. Tämä trendi näkyy erityisesti kaupunkien infrastruktuurihankkeissa, joissa uusiomateriaalit voivat tarjota kustannustehokkaita ja ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja perinteisille materiaaleille.

Yksi merkittävimmistä uusiomateriaalien käytön eduista on luonnonvarojen säästö. Rakentaminen kuluttaa valtavia määriä neitseellisiä materiaaleja, kuten hiekkaa, soraa ja kiviaineksia. Lisäksi uusiomateriaalit edistävät kiertotaloutta, jossa jätteet ja sivutuotteet hyödynnetään uudelleen raaka-aineina. Tämä vähentää kaatopaikalle päätyvän jätteen määrää ja edistää materiaalien uudelleenkäyttöä. Tällainen kiertotalousajattelu on välttämätöntä kestävän tulevaisuuden saavuttamiseksi. [6.]

3.1 Lainsäädäntö uusiomateriaalien käytössä

Uusiomateriaalien käyttöä rakentamisessa ohjaa sekä kansallinen että EU-tason lainsäädäntö. Keskeisiä lainsäädännöllisiä asiakirjoja ovat muun muassa EU:n jätedirektiivi, rakennustuoteasetus (CPR) ja kansalliset ympäristönsuojelulait ja -asetukset. [7.]

EU:n jätedirektiivi (2008/98/EY) luo perustan jätehuollon ja kierrätyksen lainsäädännölle. Se määrittelee jätteen hierarkian, jossa etusijalla on jätteen synnyn ehkäisy, uudelleenkäyttö, kierrätys ja muu hyödyntäminen ennen loppusijoitusta kaatopaikalle. Jätedirektiivi velvoittaa jäsenvaltioita edistämään materiaalien kierrätystä ja uusiokäyttöä, mukaan lukien rakennus- ja purkujätteen. Direktiivi asettaa tavoitteita kierrätysasteille ja edellyttää, että

jäsenvaltiot laativat ja toteuttavat strategioita ja toimenpiteitä näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. [7.]

Rakennustuoteasetus (EU) N:o 305/2011 säätelee rakennustuotteiden markkinoille saattamista ja asettaa vaatimuksia tuotteiden suoritustason pysyvyyden arvioimiseksi ja varmentamiseksi. Rakennustuoteasetuksen mukaan kaikkien rakennustuotteiden, mukaan lukien uusiomateriaalit, on täytettävä tietyt tekniset ja turvallisuusvaatimukset ennen markkinoille saattamista. Tämä varmistetaan CE-merkinnällä, joka osoittaa, että tuote täyttää kaikki olennaiset vaatimukset ja standardit. [7.]

Kansallisella tasolla ympäristönsuojelulait ja -asetukset säätelevät uusiomateriaalien käyttöä erityisesti ympäristövaikutusten osalta. Suomessa ympäristönsuojelulaki (527/2014) ja siihen liittyvät asetukset ohjaavat jätteiden käsittelyä ja hyödyntämistä. Rakennus- ja purkujätteen, kuten betonimurskeen, käyttöä säätelevät myös erilaiset lupamenettelyt, joissa arvioidaan materiaalin ympäristökelpoisuus ja mahdolliset riskit. [7.]

3.2 Ympäristövaikutukset ja uusiomateriaalien periaatteet

Kierrätysmateriaalien käyttö rakentamisessa tarjoaa merkittäviä ympäristöhyötyjä, kuten luonnonvarojen säästämistä, jätteen vähentämistä ja hiilijalanjäljen pienentämistä. Uusiomateriaalit, kuten biohiili, vaahtolasimurske ja betonimurske, auttavat sulkemaan materiaalikiertoja ja vähentämään neitseellisten raaka-aineiden tarvetta. [7.]

Kiertotalouden periaatteet korostavat materiaalien uudelleenkäyttöä ja resurssitehokkuutta. Rakentamisessa tämä tarkoittaa sitä, että purkumateriaaleja ja muita jätteitä käsitellään ja jalostetaan uusiksi rakennusmateriaaleiksi. Esimerkiksi biohiili, joka valmistetaan pyrolyysiprosessilla biomassasta, voidaan käyttää maaperän parannusaineena tai betonin lisäaineena, mikä parantaa rakennusmateriaalien kestävyyttä ja ympäristöystävällisyyttä. [7.]

Ympäristövaikutusten arviointi ja hallinta ovat keskeisiä kierrätysmateriaalien käytössä. Tämä sisältää elinkaarianalyysien tekemisen, joissa arvioidaan materiaalien ympäristövaikutukset niiden valmistuksesta käytön kautta kierrätykseen. Kiertotalouden periaatteiden mukaisesti pyritään minimoimaan jätteen syntymistä ja maksimoimaan materiaalien arvo ja käyttöikä.

Kierrätysmateriaalien käyttö rakentamisessa ei ainoastaan edistä kestävästä kehitystä ja ympäristönsuojelua, vaan se voi myös tuoda merkittäviä taloudellisia säästöjä ja innovatiivisia ratkaisuja rakennusprojekteihin. [7.]

4 Uusiomateriaalien ominaisuudet ja käyttökohteet

4.1 Biohiilen ominaisuudet

Biohiilen käyttöä tutkitaan sekä ympäristön haitta-aineiden sitojana että maatalouden ja metsätalouden tuottavuuden parantajana. Lisäksi biohiilellä on merkittävä potentiaali ilmastonmuutoksen hillinnässä, koska se sitoo biomassan hiiltä, joka pysyy maaperässä pitkään. Tämä lisää maaperän hiilivarastoa ja estää hiilen vapautumisen ilmakehään. [8.]

Biohiilen käyttö parantaa kasvillisuuden kasvua, mikä lisää hiilidioksidin sitoutumista biomassaan. Arviolta noin 20 % käytetyn biomassan hiilestä voidaan sitoa biohiileen. Biohiilen elinkaaritutkimukset osoittavat, että biohiilen sisältämä hiili säilyy maassa riittävän pitkään ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi.

Ilmastohyötyjen saavuttamisen suurin haaste on logistiikan ja biomassan hankinnan järjestäminen siten, että ilmastohyödyt eivät menetä merkitystään. Elinkaarianalyysissa on otettava huomioon raaka-aineen hankinta, tuotantoprosessi ja loppukäyttö. Hiilikustannuksia aiheuttavat kuljetukset, raaka-aineen käsittely, tuotantolaitoksen ylläpito, biohiilen levitys ja mahdollisesti sekoitettavat lannoitteet. [8.]

Laajassa meta-analyysissä biohiilen ilmastohyötyjen arvioitiin olevan 0,4–1,2 tonnia CO₂-ekvivalenttia per tonni kuivaa raaka-ainetta. Suurimmat ilmastohyödyt saavutetaan, kun biohiilen tuotantoon yhdistetään prosessilämmön ja -kaasujen talteenotto. Hakkuutähteet ovat todettu ilmastohyödyllisimmäksi raaka-aineeksi. Biohiili voi myös vähentää väkilannoitteiden käyttöä, koska se parantaa ravinteiden pidättymistä maassa. Väkilannoitteiden tuotannon ilmastokustannukset ovat korkeat, joten biohiilen

käyttö maaperässä voi merkittävästi vähentää maatalouden ilmastovaikutuksia. [8.]

Biohiilen tuotantomenetelmillä, kuten hitaalla pyrolyysilla, on merkittävä rooli ilmastohyötyjen maksimoimisessa. Hidas pyrolyysi tuottaa enemmän biohiiltä kuin nopea pyrolyysi ja on teknologialtaan yksinkertainen, mikä tekee siitä soveltuvan erityisesti kehittyviin maihin. Toisaalta matalan teknologian menetelmät voivat aiheuttaa haitallisia pienhiukkaspäästöjä. Biohiili voi parantaa maaperän ravinteiden käytön tehokkuutta ja vähentää kastelutarvetta sekä maan muokkauksen energiankulutusta. Näin biohiilen käyttö rakentamisessa ja maataloudessa tarjoaa laaja-alaisia hyötyjä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja ympäristön tilan parantamiseksi. [8.]

Biohiili voi sisältää haitallisia aineita, kuten kloridia, PAH-yhdisteitä ja raskasmetalleja, jotka voivat vaikuttaa negatiivisesti kasveihin ja ympäristöön. Se voi myös muuttaa maaperän pH-arvoa, mikä saattaa lisätä haitta-aineiden, kuten arseenin, liukoisuutta. Biohiilen käyttöön liittyy lisäksi sosiaalisen kestävyuden ja ilmaston kannalta merkittäviä huolia. [8.]

EBC-sertifiointi määrittää biohiillelle haitta-aineiden pitoisuusrajat ja kestävyyskriteerit, jotka liittyvät erityisesti raaka-aineen hankintaan. Maailmanlaajuisesti biohiilen tuotannon keskeisiä kestävyyskysymyksiä ovat maankäyttö ja ruokaturva sekä maaperän, vesistöjen ja ekosysteemien suojeleminen. Kestävyysertifiointi voisi helpottaa loppukäyttäjän valintoja, ja useita sertifikaatteja on kehitteillä.

Biohiilen tuotannossa syntyvä hiukkaspöly ja aerosolit voivat vähentää biohiilen ilmastohyötyjä. Biohiili myös alentaa pellon albedoa, mikä lisää auringon säteilyn imeytymistä ja voi vähentää biohiilen ilmastohyötyä 5–30 % ensimmäisenä vuonna. Pölyyntymistä voidaan vähentää pelletöimällä biohiili, mikä kuitenkin vähentää sen aktiivista pinta-alaa ja hyötyjä maaperässä. [8.]

Biohiilen tuotannossa syntyy myös PAH-, dioksiini- ja PCB-päästöjä. Perinteiset miilut tuottavat enemmän päästöjä kuin modernit tuotantolaitokset, joissa pyrolyysikaasut kerätään talteen tai jälkipolttavat. [8.]

Biohiili liikkuu maaperässä helposti, mikä voi johtaa sen päätymiseen vesistöihin. Tämä voi aiheuttaa merkittäviä ilmastovaikutuksia, koska suuri osa vesistöihin päätyvästä hiilestä mineralisoituu hiilidioksidiksi ja palaa ilmakehään. Biohiili voi myös vaikuttaa negatiivisesti maaperän eliöihin ja kasvien juuriin, erityisesti haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ja suolojen, kuten kloorin ja natriumin, vuoksi. Nämä vaikutukset voivat kuitenkin olla lyhytaikaisia. Lisäksi biohiilestä liukenevat aineet voivat olla haitallisia vesistöjen eliöille. [8.]

4.2 Biohiilen käyttökohteet

4.2.1.1 Maatalous

Yksi käyttökohteista on maatalous. Kuvassa 4 on esitetty maatalouden kohteet ja ne ovat kotieläintilojen kaskadikäytössä, Biohiili lisätään lantaan hajuhaittojen vähentämiseksi ja myöhemmin kompostoinnin tehostamiseksi ja myös maanparannusaineena. Biohiilen käyttö maataloudessa maanparannusaineena perustuu sen erinomaisiin fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin, jotka vaikuttavat suotuisasti maaperän rakenteeseen ja terveyteen. Biohiili on erittäin huokoinen materiaali, joka pystyy sitomaan ja pidättämään suuria määriä vettä ja ravinteita. Tämä parantaa maaperän kykyä ylläpitää kasvien kasvua, erityisesti kuivina kausina, jolloin veden saatavuus on rajoitettua. [1.]



Kuva 4. Biohiilen käyttökohteet maataloudessa. (Bioenergia, biohiili)

4.2.1.2 Kaupunkiympäristö ja rakennustuotteet

Toinen käyttökohde on kaupunkiympäristö ja rakennustuotteet. Kuvassa 5 esitetty biohiilen käyttökohteita. Biohiili on monipuolinen ja ympäristöystävällinen materiaali, joka tarjoaa merkittäviä etuja kaupunkiympäristössä ja rakennustuotteissa. Sen käyttö katupuiden kasvualustoissa, viherkatoissa ja hulevesien puhdistusjärjestelmissä parantaa näiden rakenteiden toiminnallisuutta ja kestävyttä samalla vähentäen ympäristövaikutuksia. Biohiilen kyky parantaa maaperän rakenteita, vedenpidätyskykyä ja ravinteiden saatavuutta tekee siitä arvokkaan materiaalin kaupunkiympäristön viherrakentamisessa. [1.]



Kuva 5. Biohiilen käyttö kaupunkiympäristössä. (Bioenergia, biohiili)

4.2.1.3 Veden suodatus

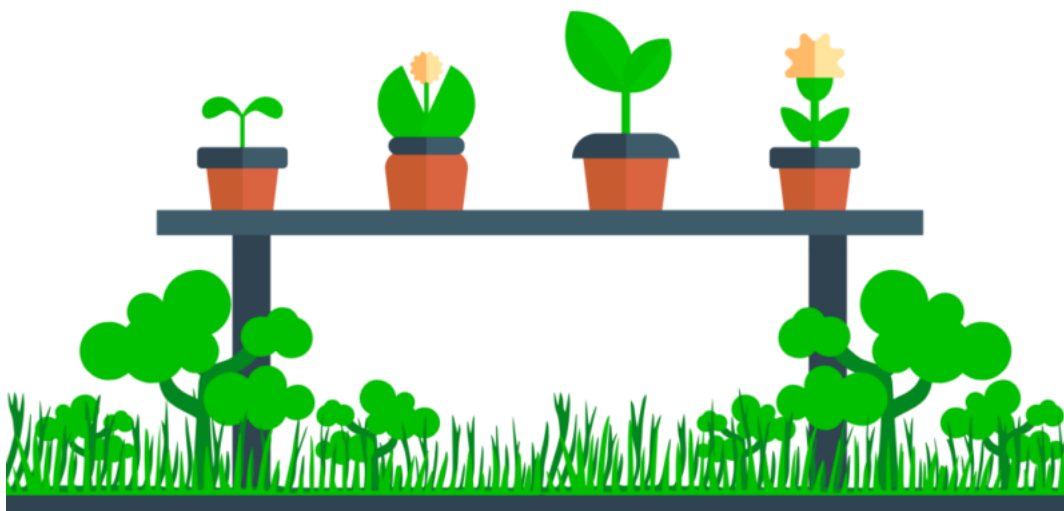
Kolmas käyttökohde on veden suodattaminen. Biohiili tarjoaa monipuolisia ja tehokkaita ratkaisuja veden suodatukseen monilla eri sovellusalueilla. Sen huokoinen rakenne, adsorptiokyky ja kemiallinen reaktiivisuus tekevät siitä ihanteellisen materiaalin juomaveden, teollisuuden prosessiveden, sadeveden ja maatalousvesien puhdistukseen. Kuvassa 6 on esitetty biohiilen käyttö veden suodatuksessa, joka tarjoaa ympäristöystävällisen vaihtoehdon perinteisille vedenpuhdistusmateriaaleille. Se valmistetaan uusiutuvista biomassalähteistä pyrolyysiprosessin kautta, mikä tekee siitä kestävä ja ympäristöystävällisen valinnan. Biohiilen käyttö veden suodatuksessa ei ainoastaan paranna veden laatua, vaan myös edistää kestävä kehitystä ja ympäristönsuojelua. [1.]



Kuva 6. Biohiili toimii myös veden suodatuksessa. (Bioenergia, biohiili)

4.2.1.4 Kasvualusta

Neljäs käyttökohde on kasvualusta, joka on esitetty kuvassa 7. Sillä on hyötyjä maaperän laadun ja kasvien hyvinvoinnin parantamiseksi. Tässä on tarkempi katsaus biohiilen hyödyntämiseen kasvualustassa. Biohiili parantaa maaperän rakennetta ja sillä biohiili lisää maaperän huokoisuutta, mikä parantaa veden ja ilman läpäisevyyttä. Tämä mahdollistaa juurten paremman kasvun ja lisää hapen saatavuutta, mikä on elintärkeää kasvien terveydelle ja kasvulle. Maaperän hyvä rakenne edistää myös maan mikrobisten toimintaa, mikä on tärkeää kasvien ravinteiden saannin kannalta. [1.]



Kuva 7. Biohiili on monipuolinen materiaali, esimerkiksi se pystyy tasapainottelemaan kasvualueen kosteusolosuhteet. (Bioenergia, biohiili)

4.3 Vaahtolasimurske rakentamismateriaalina

Vaahtolasimurskettä käytetään infrarakentamisessa rakenteiden keventämiseen, routaeristykseen ja kalteviin rakenteisiin. Asennus voidaan suorittaa maanrakentajan omalla kalustolla ja korkea kitkakulma mahdollistaa asennuksen ilman tukipenkereitä, mikä säästää kiviaineksia, työ- ja laitekustannuksia sekä aikaa. Lisäksi vaahtolasimurske mahdollistaa veden nopean läpivirtauksen rakenteessa. Vaahtolasimurske tilavuuspaino on vain viidesosa karkean hiekkamurskeen painosta. Rakenteita korjattaessa vaahtolasimurskeen korkea kitkakulma pitää kaivetun rakenteen koossa, estäen sortumisen kaivantoon. Tämä tekee esimerkiksi putkien korjaustöistä kustannustehokkaampia. [9.]

4.3.1 Vaahtolasimurskeen käyttökohteet

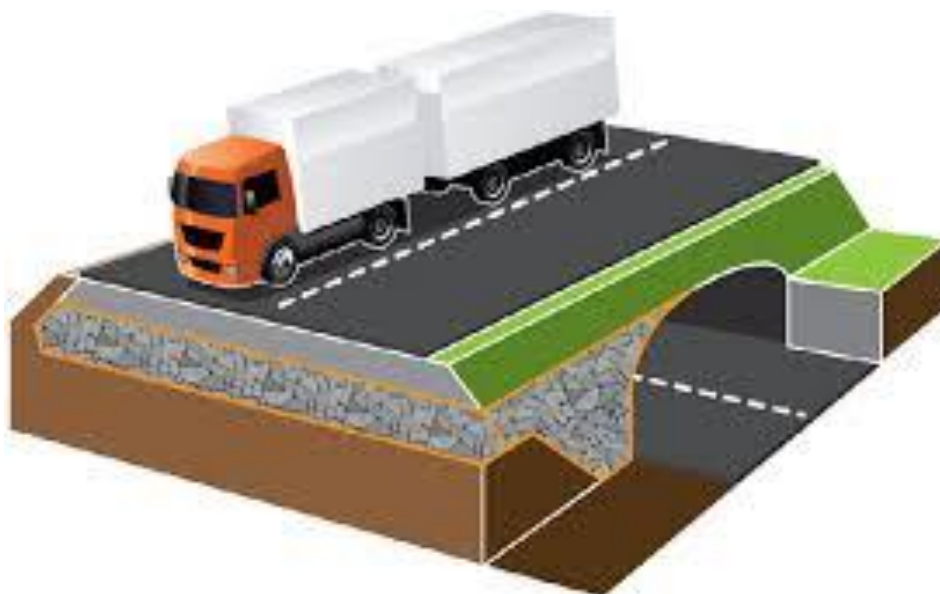
4.3.1.1 Kevennysrakenteet

Vaahtolasimurske soveltuu kevennysrakenteisiin erittäin hyvin.

Vaahtolasimurske on erinomainen soran korvike kevennysrakenteissa, koska sen pieni tilavuuspaino vähentää rakenteen kokonaismassaa ja siten maaperään kohdistuvaa kuormitusta. Tämä on erityisen hyödyllistä alueilla, joissa maaperä ei kestä raskaita rakenteita. Vaahtolasimursketta hyödynnetään liikennealueiden kevennysrakenteiden materiaalina, kuten kaduilla, teillä, satama-alueilla, siltapenkereissä ja putkisiltojen taustatäytöissä. Kuvassa 8 esitetty vaahtolasimurskeen käyttökohde, jossa käytetään tiepenkeressä ja sillan taustatäytössä. Kevennysrakenteen paksuus vaihtelee tyypillisesti 0,5–2 metrin välillä, mutta myös huomattavasti paksumpia rakenteita voidaan toteuttaa. Suomessa on toteutettu jopa 8 metrin paksuisia pengerrakenteita vaahtolasimurskeen avulla. [10.]

Vaahtolasimurskeen sisäinen kitkakulma (leikkauskestävyyskulma) on verrattavissa kiviainesmurskeisiin. Kevennysrakenteen luiskat voidaan rakentaa jopa kaltevuuteen 1:1 tai loivempana, riippuen penkereen korkeudesta, pohjamaan lujuudesta sekä rakenteen yläpuolisista kuormista ja niiden sijainnista. [10.]

Suunnitelmassa tulee varmistaa, että maaperän ja rakenteen stabiliteetti on riittävä, kokonaispainumat pysyvät sallituissa rajoissa, maanpaine ei kasva liian suureksi ympäröiviin rakenteisiin nähden, ja että mahdollinen veden nousu ei aiheuta rakenteen murtumista. Pengerrakenteissa on tärkeää varmistaa, että rakenne läpäisee vettä tehokkaasti, jotta vesi ei jää rakenteeseen ja eikä aiheuta ongelmia. [10.]

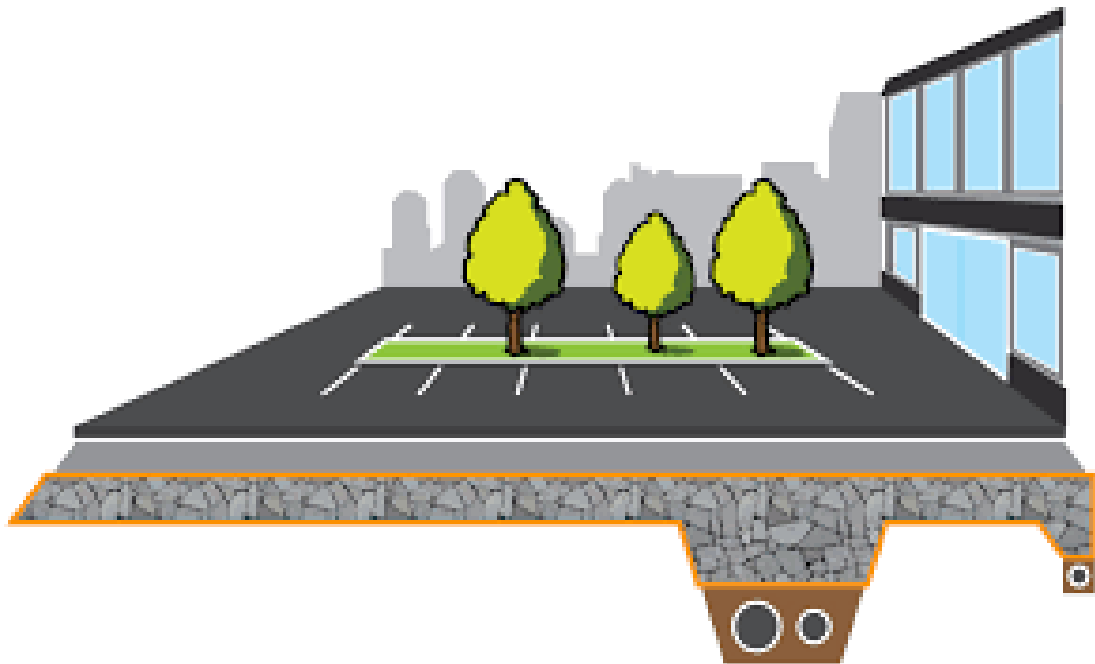


Kuva 8. Vaahtolasimurske tiepenkereen ja sillan taustatäytön kevennysmateriaalina. (Foamit, vaahtolasimurske)

4.3.1.2 Putkijohtorakenteet

Vaahtolasimurskettä voidaan käyttää putkikaivantojen lopputäyttönä ja niin se esitettykin kuvassa 9. Sen käyttö alkutäytössä vaatii erillisen suunnitelman, erityisesti silloin, kun putken tai liitosten materiaali, halkaisija tai raekoko eivät rajoita käyttöä. Putket voidaan asentaa vaahtolasimurskekerrokseen, mutta putken alle tulee asentaa InfraRYL:n mukainen kiviaineksesta tehty alusta. [10.]

Saneerauskohteissa, joissa putket ovat painuneet maaperän painuessa, tulevaa painumaa voidaan pysäyttää tai rajoittaa keventämällä putkien yläpuolista täyttökerrosta vaahtolasimurskeella. Periaatekuva vaahtolasimurskeen käytöstä putkikaivannon täyttömateriaalina ja routaeristyksenä on esitetty kuvassa [10.]



Kuva 9. Vaahtolasimurske putkikaivannon täyttömateriaalina. (Foamit, vaahtolasimurske)

Vaahtolasimurskeen hyvä lämmöneristävyys mahdollistaa putkien asentamisen lähemmäksi rakenteen yläpintaa, mikä vähentää tarvittavaa kaivussyvyyttä, kaivumaiden määrää ja kaivantojen tuentatarvetta. [10.]

4.3.1.3 Routaeristeet

Routa on merkittävin ympäristökuormitustekijä tie-, katu-, kenttä- ja piharakenteille Suomessa. Roudan vaikutus ulottuu rakenteen koko syvyyteen asti, johon routa tunkeutuu. Vaahtolasimurske on erinomainen materiaali tie- ja katurakenteiden, kenttien, pihojen ja putkien routaeristykseen. [10.]

Kuvassa 10 vaahtolasimurske toimii sekä kevennyksenä että routaeristeinä.



Kuva 10. Vaahtolasimurske toimii myös routaeristeenä tiekerroksissa.
(Kolabacken, katujen ja kunnallistekniikan rakentaminen)

Vaahtolasimurskeen käyttö routaeristeenä mahdollistaa ohuemat rakennepaksuudet routivalla pohjamaalla, mikä vähentää kaivumaiden määrää, nopeuttaa rakentamista ja vähentää tarvittavan kiviaineksen määrää. Tämä myös vähentää rakenteen ylläpitokustannuksia, koska päällysteen routavauriot vähenevät ja uudelleen päällystämisen tarve siirtyy myöhemmäksi. [11.]

Vaahtolasimurske on erityisen sopiva routanousuvaatimuksiltaan erilaisiin rakenteiden tai erilaisten pohjamaiden rajakohtiin. Routivalla pohjamaalla routaeristeet putkilinjoilla estävät putkien routanousut, mutta eivät niiden vieressä. Mahdolliset epätasaiset routanousut tasataan vaivattomasti vaahtolasimurskekerroksella toteutettavilla siirtymärakenteilla. [10.]

Vaahtolasimurske kestää paremmin paikallisia muodonmuutoksia, kuten routanousuja, painumia ja teräviä iskuja, verrattuna levymäisiin routaeristeisiin,

jotka voivat halkeilla tai katketa. Levyeristeen alle on rakennettava tasainen asennusala routimattomasta hienorakeisesta kiviaineksesta ja kuivatuskerros.

Jos rakenteelle ei sallita lainkaan routanousua, vaahtolasimurskekerroksen alle on rakennettava vähintään 0,2 metrin paksu kuivatuskerros esimerkiksi hiekasta tai murskeesta, mikäli routaeristeen alla on routiva kerros. Tämä kuivatuskerros voidaan myös korvata noin 150 mm paksulla vaahtolasimurskekerroksella. [10.]

4.4 Betonimurske rakennusmateriaalina

Betonimurske on rakennusmateriaali, joka syntyy betonirakenteiden purkamisen ja kierrätyksen yhteydessä. Sitä käytetään laajasti rakentamisessa sen useiden hyödyllisten ominaisuuksien vuoksi. Betonimurske on kestävä ja lujatekoinen materiaali, mikä tekee siitä erinomaisen valinnan erilaisten infrarakenteiden, kuten teiden, siltojen ja perustusten, rakentamiseen. Sen hyödyntäminen vähentää tarvetta käyttää neitseellisiä luonnonmateriaaleja, edistäen näin kestävästä rakentamisesta ja kiertotalouden periaatteita. [11.]

Betonimurskeen käyttöön liittyy merkittäviä ympäristöetuja, sillä se vähentää kaatopaikoille päätyvän rakennusjätteen määrää ja vähentää uuden betonin tuotantoon tarvittavien resurssien kulutusta. Tämä vähentää myös rakentamisen hiilijalanjälkeä. [11.]

Rakenteellisesti betonimurske tarjoaa hyvän kantavuuden ja vakauden, ja sen käyttö voi parantaa maaperän kuivatusta, koska se on hyvin vettä läpäisevä. Tämä ominaisuus tekee betonimurskeesta sopivan materiaalin tie- ja siltarakenteisiin sekä muihin sovelluksiin, joissa tarvitaan kestävä ja vedenkestävää täyttöainetta. Lisäksi betonimurskeen käyttöön liittyy usein kustannussäästöjä, sillä kierrätetyn materiaalin hinta on yleensä alhaisempi kuin neitseellisten materiaalien. [12.]

4.4.1.1 Tie- ja katurakenteet

Yleensä betonimurskeet käytetään jakavissa ja/tai kantavissa kerroksissa tie- ja katurakentamisessa. Jakava ja kantava kerrokset ovat keskeisiä tien ja katujen rakenteiden kestävyden ja toimivuuden kannalta. [11.]

Jakava kerros on tien ja katujen rakennekerroksista se, joka jakaa liikenteen ja muiden kuormitusten aiheuttaman rasituksen tasaisesti kantavalle kerrokselle. Kuvassa 11 tehdään jakavaa kerrosta betonimurskeesta. Sen pääasiallinen tehtävä on estää kuormitusten keskittyminen tiettyihin pisteisiin ja jakaa ne laajemmalle alueelle. Tämä auttaa vähentämään tien ja katujen alapohjarakenteisiin kohdistuvaa painetta ja parantaa koko rakenteen kestävyttä. [11.]



Kuva 11. Työmaalla tehdään jakava kerros EEJ-betonimursketta. (Kolabacken, katujen ja kunnallistekniikan rakentaminen)

Betonimurske on erinomainen materiaali jakavaan kerrokseen sen suuren kantavuuden ja kulutuskestävyyden ansiosta. Betonimurskeen käyttö jakavassa kerroksessa parantaa kuormituksen jakautumista ja vähentää painaumien ja halkeamien riskiä päällysteessä. Lisäksi sen hyvä vedenläpäisykyky auttaa ehkäisemään veden kerääntymistä rakenteeseen, mikä vähentää eroosion ja routavaurioiden riskiä. [12.]

Kantava kerros on rakenteen tukipilari, joka kantaa pääosan liikennekuormituksesta ja siirtää sen alapuolisille kerroksille. Tämä kerros on ratkaiseva koko tien ja kadun rakenteen stabiliteetin ja kestävyyden kannalta. Kantavan kerroksen on oltava riittävän vahva ja kestävä, jotta se voi estää rakenteen painumista ja varmistaa pitkän käyttöiän. [11.]

Betonimurske on ihanteellinen materiaali kantavaan kerrokseen sen suuren puristuslujuuden ja kestävyyden vuoksi. Se tarjoaa vahvan ja vakaan alustan, joka kestää raskaita kuormia ja kulutusta. Betonimurskeen käyttö kantavassa kerroksessa parantaa tien ja katujen kestävyyttä. Lisäksi betonimurskeen hyvä vedenläpäisykyky auttaa ehkäisemään rakenteen kosteusvaurioita ja ylläpitää sen stabiliteettia vaihtelevissa sääolosuhteissa. [12.]

Betonimurskeen laatuvaatimukset kantavaan ja jakavaan kerrokseen on esitetty InfraRYLin päällys- ja pintarakenteet -yleiset laatuvaatimukset asiakirjassa. Betonimurskeen maarakennuskäytön laadunvarmistusjärjestelmästandardissa SFS 5884 on lisäksi kuvattu kattavasti betonimurskeen laatuvaatimukset. Ensimmäinen versio SFS 5884 -standardista julkaistiin jo vuonna 2001 ja standardin päivitystyö on aloitettu syksyllä 2021, jotta tulevan betonijätteen jätteeksi luokittelun päättymistä koskevan valtioneuvoston asetuksen vaatimukset tulee huomioitua. [12.]

5 Betonimurskeen hankinta

Betonimurskeen hankinta pyritään varmistamaan hyvissä ajoin.

Toimituskapasiteetin ja aikataulujen lisäksi tarkistetaan, että toimittaja toimittaa tarvittavat laadunvalvontadokumentit ennen toimitusten alkamista työmaalle. On tärkeää varmistaa etukäteen, että toimittajan murske täyttää rakennuskohteen laatuvaatimukset [12.]

5.1 MARA-asetuksen mukainen betonimurske

Ennen kuin betonimursketta voidaan tilata ja hyödyntää maarakentamisessa, siitä on tehtävä ilmoitus paikalliselle ELY-keskukselle (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) tai kunnalle. Tämä ilmoitus on tehtävä 30 päivää ennen suunniteltua hyödyntämistä. Ilmoituksen tulee sisältää seuraavat tiedot:

- Hyödyntämispaikan sijainti
- Materiaalin määrä ja laatu
- Rakennuskohteen käyttötarkoitus
- Suunnitellut toimenpiteet ja aikataulu

Kun ilmoitus on käsitelty ja hyväksytty, betonimurskeen käyttö voidaan aloittaa maarakennuskohteessa suunnitelman mukaisesti. Tämä tarkoittaa, että betonimursketta voidaan hyödyntää rakennushankkeessa tietyin reunaehdoin, kuten tie-, kenttä- tai pohjarakenteissa, kunhan noudatetaan ilmoituksessa esitettyjä vaatimuksia. [13.]

5.2 EEJ-betonimurske

Syyskuussa 2022 voimaan tullut pitkään odotettu "Ei enää jätettä" -asetus (EEJ) määritteli, että betonimurske ei enää kuulu jäteluokituksen piiriin. Tämä mahdollistaa sen käytön kiviaineksena maanrakennus-, talonrakennus- ja viherrakennusprojekteissa tietyn ehdoin, samalla tavalla kuin luonnon kiviainesta. Lisäksi EEJ-betonimursketta voidaan hyödyntää raaka-aineena valmisbetonin ja betonituotteiden valmistuksessa. [4.]

EEJ-betonimurskeen käyttö ei vaadi samanlaista toimenpidettä kuin MARA-asetuksen mukainen betonimurske. Jos EEJ-betonimurske täyttää EJJ-asetuksen vaatimukset, sitä voidaan käyttää kuten tavanomaisia rakennusmateriaaleja, kuten kiviainesta tai soraa, eikä ympäristölupaa tarvita. Käyttöä voivat kuitenkin säädellä muut rakentamiseen liittyvät asetukset ja määräykset. [4.]

5.2.1 EEJ-betonimurskeen käyttöohjeet

Betonimursketta ei saa sijoittaa pohjaveden pinnan alapuolelle. Käytettäessä betonimursketta vedenhankintaa varten tärkeällä pohjavesialueella tai muuhun vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella etäisyyden pohjaveden pintaan tulee olla pysyvästi vähintään 2 metriä. On myös huomioitava, että murskeen läpi suotautuvan tai huuhtoutuvan veden pH on noin 11. Tämä on erityisen tärkeää käytettäessä betonimursketta korroosiolle alttiiden muiden rakenteiden tai pintavesien välittömässä läheisyydessä. Noudattamalla näitä ohjeita EEJ-betonimursketta voidaan käyttää laajasti erilaisissa rakennus- ja maarakennushankkeissa. [4.]

5.3 Betonimurskeen vastaanotto työmaalla

Kun betonimursketta käytetään, on hyvä seurata sen laatua, jotta se vastaa laatudokumentteja ja kohteen laatuvaatimuksia. Tarkistukset tapahtuvat

silmämääräisesti, esimerkiksi ettei siinä ole suuria määriä jätettä.

Betonimurskeen seassa voi olla sen laatuluokan mukaan myös tiiltä sekä pieniä määriä epäpuhtauksia, kuten puuta, metallia ja muovia. [12.]

5.4 Betonimurskeen laatudokumentaatio

Laatudokumentaatio on tärkeää, koska sen avulla voimme varmistaa, että materiaali sopii suunniteltuun hankkeeseen. Tarvittavat dokumentit ovat:

- Suoritusilmoitus
- CE-merkintä
- Rakeisuustutkimusten tulokset
- Uusiokiviaineksen luokittelutestin tulokset
- Ympäristökelpoisuustutkimusten tulokset.

Nämä dokumentit takaavat, että käytettävä materiaali täyttää kaikki vaaditut laatu- ja ympäristöstandardit. [12.]

6 Vaahtolasimurskeen hankinta

6.1 Vaahtolasin tilaaminen ja vastaanotto

Vaahtolasimurske toimitetaan rakennuskohteeseen yleensä rekka-autoilla, joiden tilavuudet ovat tyypillisesti 114–150 m³. Toimituksen vastaanottamisen yhteydessä on tärkeää tarkistaa, että materiaalin rakeisuus vastaa tilauksessa sovittuja vaatimuksia. [10.]

Murske puretaan kohteessa kippaamalla se varastokasaan samalla tavoin kuin muutkin kiviainekset. On kuitenkin tärkeää varmistaa, ettei vaahtolasimurskeen joukkoon pääse sekoittumaan lunta tai jäätä varastoinnin tai levityksen aikana, jotta materiaalin laatu ja käyttöominaisuudet säilyvät optimaalisina. [10.]

6.2 Vaahtolasimurskeen laadunvarmistus

Rakentamisessa vaahtolasimurskeen käyttöön liittyy monia kriittisiä vaiheita, joihin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Yksi keskeisimmistä tekijöistä on varmistaa, että valmiin vaahtolasimurskekerroksen paksuus ja korkeusasema vastaavat tarkasti suunnitelmaa. Tämä on olennaista, jotta rakenteen kantavuus, eristyskyky ja muut tekniset ominaisuudet saavutetaan suunnitellusti.

Ensimmäinen tärkeä vaihe on alapuolisen pinnan mittaaminen ennen vaahtolasimurskeen levittämistä. Tämä tarkoittaa, että pinnan taso sekä mahdolliset reunat ja penkereiden sijainti mitataan ja varmistetaan tarkasti. Näiden mittausten avulla varmistetaan, että murskeen levitys voidaan toteuttaa oikeille paikoille ja oikeaan korkeuteen. [10.]

Toinen merkittävä tekijä on huomioida vaahtolasimurskeen tiivistyminen. Murske tiivistyy levityksen jälkeen, mikä on huomioitava kerroksen alkuperäisessä paksuudessa ennen tiivistämistä. Jos tiivistymistä ei huomioida,

saattaa lopullinen murskekerros jäädä liian ohueksi, mikä voi johtaa rakenteellisiin ongelmiin. Näin ollen on tärkeää arvioida tarkasti, kuinka paljon materiaalin tilavuus muuttuu tiivistymisen aikana, ja ottaa tämä huomioon levityksessä. [10.]

Kolmas tärkeä vaihe on vaahtolasimurskekerroksen yläpinnan tason mittaaminen tiivistämisen jälkeen. Tämä mittaus varmistaa, että lopullinen rakenne on juuri suunnitelman mukainen korkeuden ja paksuuden osalta. Mikäli rakenteessa on monimutkaisia muotoja tai korkeuseroja, mittauksia on tehtävä tiheämmin, jotta rakenteen yksityiskohdat saadaan oikein. [10.]

Mittauksien lisäksi on tärkeää varmistaa, että työmaalle toimitettu vaahtolasimurskeen määrä vastaa rakennussuunnitelmissa esitettyä määrää. Jos poikkeamia havaitaan, on selvitettävä, mistä ne johtuvat. Usein poikkeamat voivat johtua virheistä joko suunnittelussa tai toteutuksessa. Mikäli poikkeamat johtuvat suunnitelman vastaisesta toteutuksesta, on ensisijaisena toimenpiteenä korjata rakenne suunnitelman mukaiseksi, jotta haluttu lopputulos voidaan saavuttaa. [10.]

7 Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että biohiili, vaahtolasimurske ja betonimurske ovat merkittäviä uusiomateriaaleja, jotka voivat mullistaa rakentamisprosessin ja edistää kestävästä kehitystä. Näiden materiaalien esittelyssä on käyty läpi niiden syntytavat, ominaisuudet ja monipuoliset käyttökohteet, jotka tekevät niistä houkuttelevia vaihtoehtoja perinteisille rakennusmateriaaleille.

Biohiili, joka syntyy biomassan pyrolyysissä, on erinomainen hiilensitoja ja maaperän parantaja. Se tarjoaa ympäristöystävällisen ratkaisun, joka voi merkittävästi vähentää hiilidioksidipäästöjä ja parantaa maaperän laatua. Vaahtolasimurske, valmistettu kierrätetystä lasista, on kevyt ja eristävä materiaali, joka soveltuu erityisesti maanrakennukseen, kevennykseen ja eristämiseen. Sen käyttö vähentää kaatopaikkajätteen määrää ja tarjoaa tehokkaan eristysratkaisun. Betonimurske, joka hyödyntää purkubetonia, vähentää jätteen määrää ja säästää luonnonvaroja, tarjoten samalla kestävä ja vahvan rakennusmateriaalin.

Rakentamisessa näiden materiaalien käyttö voi parantaa energiatehokkuutta ja pidentää käyttöikää. Biohiili voi esimerkiksi parantaa maaperän kantavuutta ja vedenpidätyskykyä, vaahtolasimurske voi toimia erinomaisena lämpöeristeenä, ja betonimurske voi korvata neitseellisiä kiviaineksia rakennekerroksissa.

Näiden materiaalien hankinta ja laajempi käyttöönotto vaativat kuitenkin edelleen tutkimusta ja kehitystä. On tärkeää jatkaa innovointia ja investointeja uusiomateriaalien tutkimukseen, jotta niiden potentiaali saadaan täysimääräisesti hyödynnettyä rakennusalalla. Tämä edellyttää tiivistä yhteistyötä suunnittelijoiden, tilaajien, teollisuuden ja lainsäätäjien välillä.

Biohiili, vaahtolasimurske ja betonimurske tarjoavat merkittäviä etuja kestävästä rakentamisen näkökulmasta. Niiden käyttö ei ainoastaan vähennä ympäristökuormitusta, vaan myös parantaa rakentamisen energiatehokkuutta ja käyttöikää, tehden niistä arvokkaita vaihtoehtoja perinteisille materiaaleille.

Lähteet

- 1 Biohiilen esittely. Tietopankki. Verkkoaineisto. <<https://www.bioenergia.fi/biohiili/>> Luettu 27.05.2024
- 2 Vaahtolasimurskeen esitekortti. Verkkoaineisto. <<https://foamit.fi/wp-content/uploads/2024/02/foamit-infra-esite-210x297mm-v2.pdf>> Luettu 27.05.2024
- 3 Vaahtolasimurske infrarakentamisessa. Opinnäytetyö. Verkkoaineisto. <<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/122242/LampainenLeo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>>. Luettu 30.05.2024
- 4 Betonimurske- jätettä vai ei. Kiertotalous. Verkkoaineisto. <<https://betoni.com/lehti/2023/03/03/betonimurske-jatetta-vai-ei-ja-mita-valia-silla-on>> Luettu 31.05.2024
- 5 Betonin murskaus. Verkkoaineisto. <<https://kivikolmio.fi/betonin-murskaus/>> Luettu 03.06.2024
- 6 Uusiomateriaalit osana kestäväää taloutta. Verkkoaineisto. <<https://www.uuma2.fi/uusiomateriaalit-osana-kestavaa-taloutta/>> Luettu 05.06.2024
- 7 Uusiomateriaali opas. Liikennevarasto. Verkkoaineisto. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lr_2014_uusiomateriaaliopas_luonnos_28.2.2014_web.pdf> Luettu 06.06.2024
- 8 Biohiili ja sen käyttömahdollisuudet viherrakentamisessa. Verkkoaineisto. <<https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-19-19.pdf>> Luettu 07.06.2024
- 9 Kevyt Foamit kantaa ja eristää. Vaahtolasimurske infrarakentamisessa. Verkkoaineisto < <https://foamit.fi/kayttokohteet/infrarakentaminen/> > Luettu 09.06.2024
- 10 Suunnitteluohje infrarakentamiseen. Vaahtolasimurske. Verkkoaineisto <<https://www.foamit.fi/wp-content/uploads/2018/04/Foamit-suunnitteluohje-infra-ID-9119.pdf>> Luettu 09.06.2024
- 11 Betonimurskeen hyödyntäminen rakentamisessa. Opinnäytetyö. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/789990/Marko_Aro.pdf?sequence=2&isAllowed=y> Luettu 13.06.2024

- 12 Betonimurskeiden tekninen soveltuvuus ja käyttö tierakenteissa. Verkkoaineisto.
<https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/Betonimurske%20tekni%20soveltuvuuden%20arviointi_web.pdf> Luettu 15.06.2024

- 13 Ilmoitus jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Verkkoaineisto.
<<https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-velvoitteet/ysl-in-kertaluonteiset-ilmoitusmenettelyt/jatteiden-hyodyntaminen-maarakentamisessa>> Luettu 26.06.2024