

Kierrätysbetonimurskeiden hyötykäyttö maa- ja metsätiloilla

Kierrätysbetoni- ja tiilimurskeiden käyttö maarakenteissa



Ramboll Finland Oy

Timo Tarkkio

30.11.2021

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.



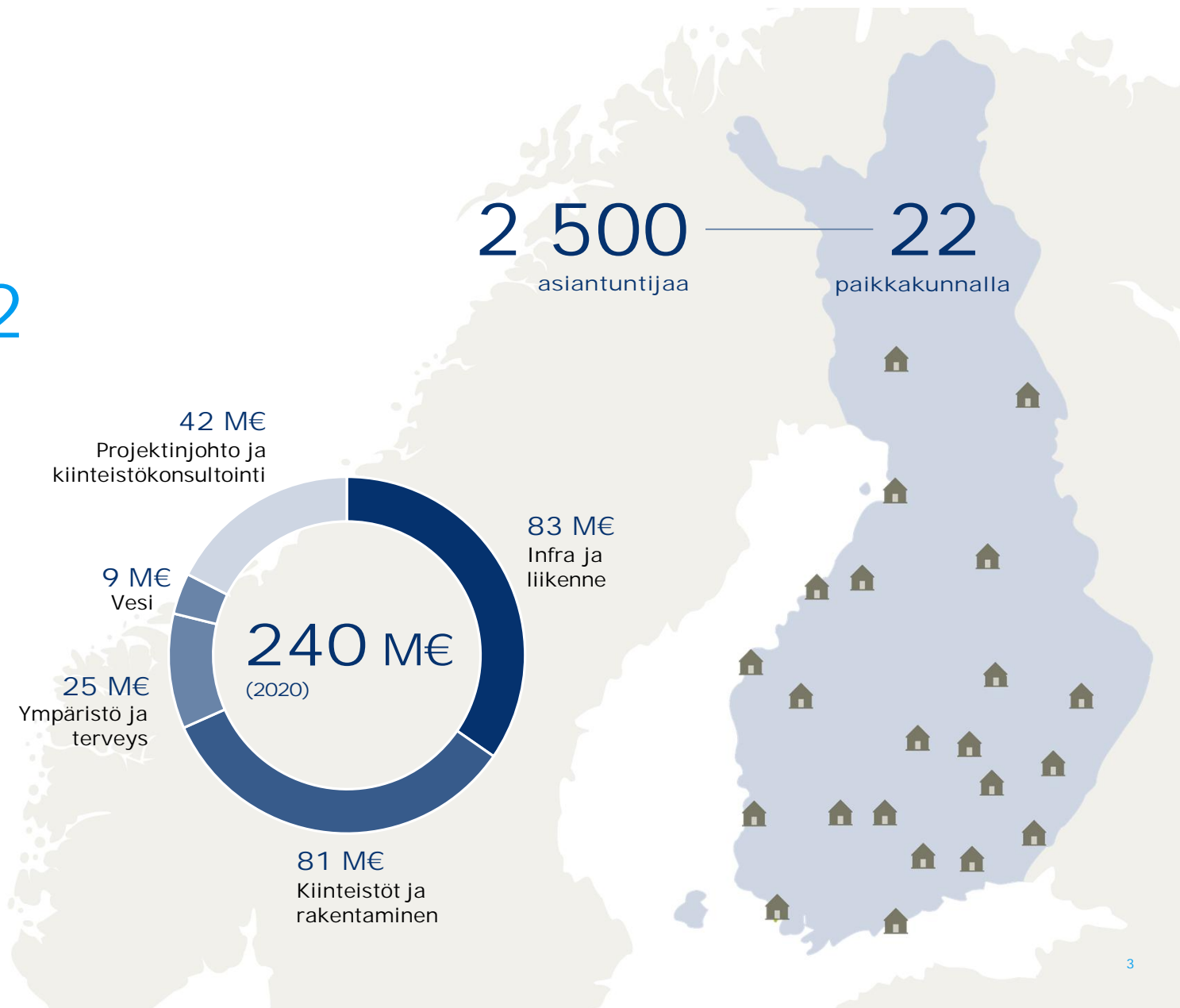
Ramboll lyhyesti

Ramboll on johtava kestävien kaupunkien ja yhteiskuntien suunnittelu- ja konsultointiyritys. Tarjoamme infrastruktuurin, ympäristön ja rakennusten suunnitteluun, rakennuttamiseen, rakentamiseen ja ylläpitoon sekä johdon konsultointiin liittyviä asiantuntijapalveluita.

- Perustettu Tanskassa vuonna 1945
- Omistajana Ramboll-säätiö
- 16 000 asiantuntijaa
- 300 toimipistettä 35 maassa
- Erityisen vahva läsnäolo Pohjoismaissa, Isossa-Britanniassa, Pohjois-Amerikassa, Manner-Euroopassa, Lähi-Idässä ja Aasiassa sekä Tyynenmeren alueella.
- Liikevaihto 1,8 mrd EUR

Ramboll Suomessa vuodesta 1962

Tarjoamme monialaista asiantuntemusta kestävän yhteiskunnan ratkaisujen suunnitteluun, projektinhallintaan ja ylläpitoon.



BETONIMURSKKE ON HIILINEGATIIVINEN RAKENNUSMATERIAALI

Betoroc-betonimurske on Ruduksen kehittämä, CE-merkitty, korkealuokkainen kierrätystuote. Sillä voidaan korvata neitseellisiä luonnon sora- ja kalliomurskeita rakenteiden kantavissa ja jakavissa kerroksissa sekä käyttää erilaisissa täyttötöissä.

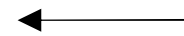
Rudus teetti alkusyksystä 2021 LCA Consulting Oy:llä selvityksen Betoroc-murskeen hiilikädenjäljestä. Tulosten mukaan Betoroc on vahvasti hiilinegatiivinen tuote. Esimerkiksi Espoonväylän urakassa käytetyn Betoroc 0/90-murskeen hiilijalanjälki on -18,6 kg CO₂-ekv/m³, kun kalliomurskeen on 6,1 kg CO₂-ekv/m³. VTT on verifioinut LCA Consultingin tekemät laskelmat.



Nyt pystymme todennetusti tukemaan asiakkaitamme, jotta he pääsevät haastaviin päästötavoitteisiinsa.

Betorocin hiilinegatiivisuus perustuu betonin karbonatisaatioon, joka kiihtyy betonijätteen murskaamisen jälkeen. Murske pystyy sitomaan jopa puolet sementin valmistuksessa aiheutuneista hiilidioksidipäästöistä, joten se toimii hiilinieluna. – Laskennan tulos on meidän kannaltamme erinomainen. Nyt pystymme todennetusti tukemaan asiakkaitamme, jotta he pääsevät haastaviin päästötavoitteisiinsa. Ympäristönäkökulmasta Betoroc on täydellinen tuote: sen avulla voidaan säästää neitseellisten materiaalien käyttöä ja se on myös hiilinegatiivinen rakennusmateriaali, toteaa Rudus Kierrätyksen tuotepäällikkö **Jussi Ukkola**.

BETONI JÄTETTÄ MUODOSTUU N. 1,5–2,5 MI JOONAA TONNIA VUODESSA



rakennus- ja purkutyömailta
(eri ikäistä betonia)

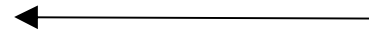
Betoniteollisuus
(valmisbetoni- ja betonituotetehtaat)



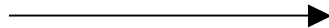
BETONI MURSKEEN RAAKA-AINE



Betonijätettä valikoivasta purusta



Sekajätettä valikoimattomasta purusta



BETONI MURSKKE

Betonijäte tyypillisesti murskataan, jolloin siitä saadaan eri käyttötarkoituksiin soveltuvaa kierrätyskiviainesta.



**Betonimursketta
valikoivasta purusta**



**“Betonimursketta”
(sekajätettä)**



BETONI MURSKEEN KÄYTTÖKOHTEET

- Suomessa käytetään pääasiassa maarakentamisessa kenttä- ja katurakentamisen pengertäytöissä ja jakavassa kerroksessa
- Betonimurskeita tai isompia betonikappaleita voidaan käyttää myös ympäristö- ja maisemarakenteissa



BETONI MURSKEEN SOVELTUVUUS JA KÄYTTÖKOHTEET (MARA:N MUKAISESTI LYHYESTI)

	Väylä	Kenttä	Valli	Pohja- rakenteet	Tuhka- mursketie
Betonimurske	X	X		X	
Tuhkat	X	X		X	X
Tiilimurske	X	X	X	X	

Väylillä tarkoitetaan kapeahkoja (pääosin leveydeltään alle 10 m) kulkuväyliä

Kentillä tarkoitetaan väylää leveämpiä (pääosin leveydeltään yli 10 m) sekä pinta-alaltaan laajahkoja maarakenteita

Teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenteilla tarkoitetaan kyseisten rakennusten alapohjan alapuolisia täyttöjä. Pohjarakenteilla ei tarkoiteta rakennuksen perustuksiin liittyviä pohjarakenteita, kuten anturoita, paaluja tms.

BETONI MURSKEEN SOVELTUVUUS JA KÄYTTÖKOHTEET

rakennusosa	materiaali	Betonimurske
sitomaton kantava kerros		++
stabiloitu kantava kerros		+
jakava kerros		++
suodatinkerros		+
pengertäyttö		
- liikennekuormitetun päällysrak. alla		+
- ei liikennekuormitusta		+
putkikaivannon lopputäyttö		
- kadulla		+
- puistossa		+

Mitä lähempänä pintaa, sen laadukkaampaa mursketta pitää olla



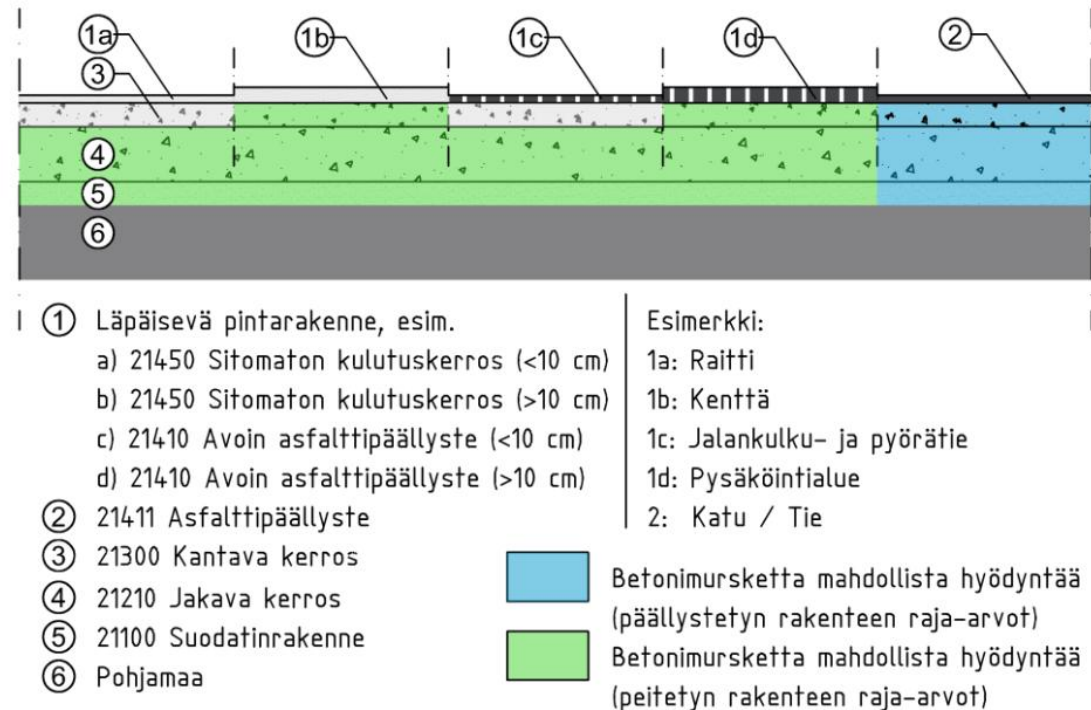
Kantava kerros
 BeM I, BeM II
 Routimattomia korkealaatuisia murskeita

BETONI MURSKEEN SOVELTUVUUS JA KÄYTTÖKOHTEET TIE- JA KENTTÄRAKENTEES

Kulutuskerroksen tyyppi määrää MARA-asetuksen vaatimukset miten lähelle pintaa betonimurske voidaan tuoda.

Lisätietoja MARA-asetuksen soveltamisohjeesta.

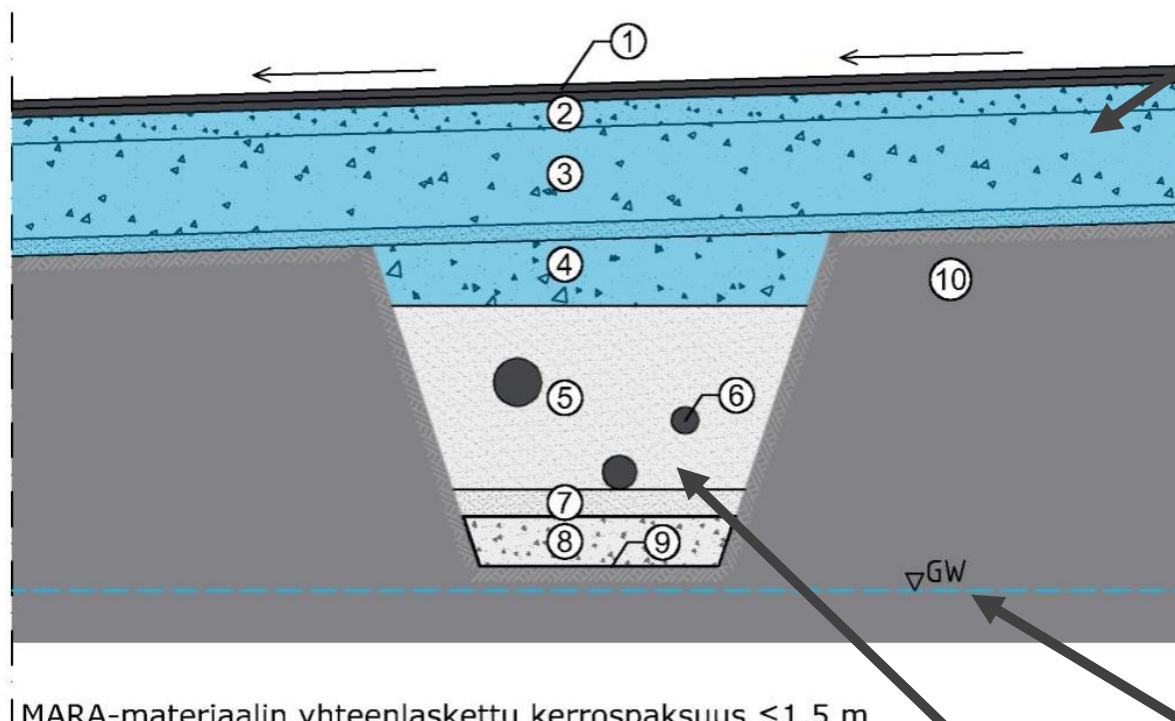
<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B39D6ABBA-49BE-4620-ACB1-B8A03700AB96%7D/143106>



Kuva 3.1. Erilaisten betonimurskerakenteiden päällysteitä ja pintarakenteita. Vihreällä värillä on esitetty rakennusosat, joissa on mahdollista käyttää peitetyn rakenteen ja sinisellä värillä päällystetyn rakenteen raja-arvot täyttävää betonimurskettä MARA-materiaalien yhteenlaskettu kerrospaksuus $\leq 1,5$ m. (VNa 843/2017 Soveltamisohje 2018, muokattu, lisätty rakenteiden 1a-1d ja 2 selitteet)

BETONI MURSKEEN SOVELTUVUUS JA KÄYTTÖKOHTEET

Putkikaivanto kenttäalueella



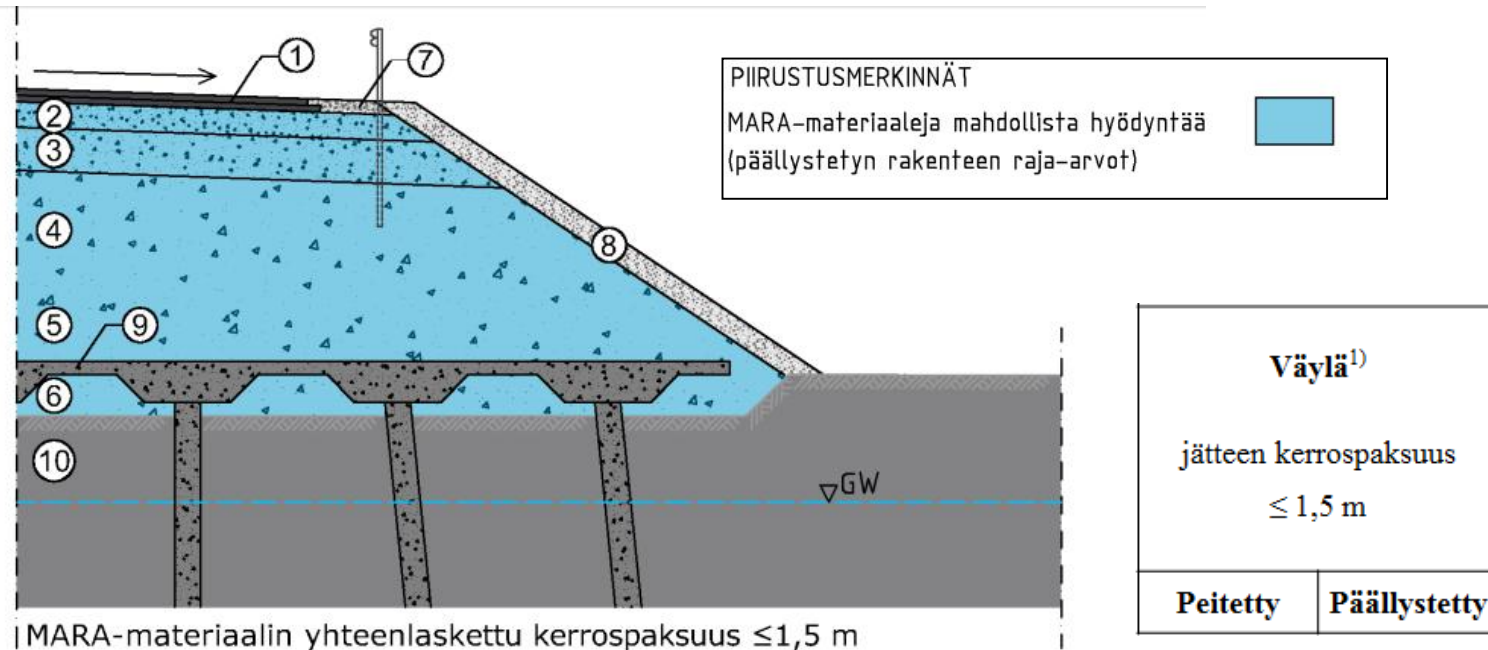
Mitä lähempänä pintaa, sen laadukkaampaa mursketta pitää olla

- ① 21400 Päällyste ja pintarakenne
- ② 21300 Kantava kerros
- ③ 21210 Jakava kerros
- ④ 18330 Lopputäyttö
- ⑤ 18320 Alkutäyttö
- ⑥ 31000 Vesihuollon järjestelmät
- ⑦ 18310 Asennusalusta
- ⑧ 13300 Arinarakenne
- ⑨ 21120 Suodatinkangas
- ⑩ Pohjamaa

Huomioitava että betonimurskeita pohjavesipinnan yläpuolelle

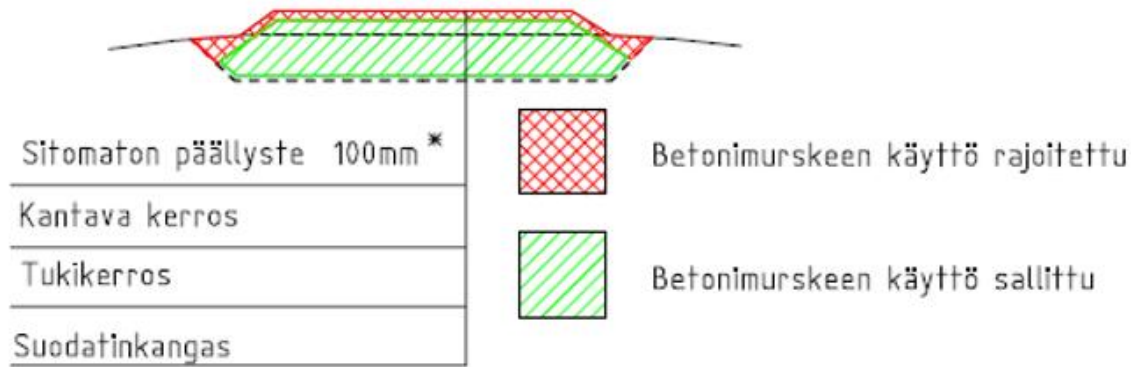
Ei putkikaivannon alkutäyttöön koska voi olla hankala kaivaa auki lujittumisen takia

BETONI MURSKEEN SOVELTUVUUS JA KÄYTTÖKOHTEET



- | | |
|--|--|
| ① 21400 Päällyste ja pintarakenne | ⑥ Pengertäyttö (esim. 18110 Maapenger) |
| ② 21300 Kantava kerros | ⑦ 21610 Piennartäyte |
| ③ 21210 Jakava kerros | ⑧ 22200 Luiskaverhous |
| ④ Pengertäyttö (esim. 18110 Maapenger) | ⑨ 61810 Paalulaatta |
| ⑤ Pengertäyttö (esim. 18110 Maapenger) | ⑩ Pohjamaa |

BETONI MURSKERAKENTEIDEN SUUNNITTELU



Lasketaan rakenteen "kantavuus" päällysteen päältä

- Raskaasti kuormitetut pihat
 - Tavoite $E_2 = 250$ MPa
- Huoltoliikenteen väylät
 - Tavoite $E_2 = 200$ MPa
- Lasketaan Odemark laskentakaavalla pohjamaan ja rakenteen E-moduuleja hyödyntäen

RAMBOLL

Taulukko 21. Odemarkin mitoituksessa käytettävät uusiomateriaalien E-moduulit.

Materiaali	E, MPa ¹⁾	Huomautukset
Betonimurske BEM I	700 $E_A \geq 70, n=10$	Sitomattoman kantavan kerroksen rakeisuusvaatimukset. 28d:n puristuslujuus $\geq 1,2$ MPa.
Betonimurske BEM II	500 $E_A \geq 50, n=10$	Sitomattoman kantavan kerroksen rakeisuusvaatimukset. 28d:n puristuslujuus $\geq 0,8$ MPa
Betonimurske BEM III	280 $E_A \geq 47, n=6$	Sitomattoman kantavan kerroksen rakeisuusvaatimukset.

- Kalliomurskeella E-moduuli 200...300 MPa

1) **E** = Rakenteen mitoituksessa käytettävä materiaalin E-moduuli (*i*)
kantavuus E_A on vähintään samassa solussa mainittu arvo. Jos E_A on pienempi, mitoituksessa käytettävä E-moduuli on $n \times E_A$.

SORAPINTAISET TIET

120

Liikenneviraston ohjeita 38/2018
Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018

Taulukko 26. Pysyvästi sorapintaisten teiden rakenteiden paksuusvaatimukset

Kuormitusluokka ja tien luonteen kuvaus (ohjeellinen kantavuus kulutuskerroksen päältä)	Kerroksen nimi (materiaalin moduulin vähimmäisarvo, MPa)	Tierakenteen kerrospaksuudet, mm ¹⁾					
		Alusrakenteen luokka ja kuvaus sekä (mitoituskantavuus)					
		A - D routimaton Hk tai karkeampi, (70 MPa)	E lievästi routiva SrMr, Hk ja HkMr, (50 MPa)	F, H, J SiMr, Si, siHkMr, siHk ja jäykkä Sa, (20 MPa)	G pehmeä Sa ja Lj (10 MPa)		
Soratie 80 Sr, yleinen tie, paljon raskaita ajon., tärkeä asema tieverkossa (80 MPa)	Kulutus ¹⁾	100	100	100	100	100	100
	Kantava ²⁾	100	150	200	370	200	560
	Suodatin ⁴⁾	-	N3	300	N3	450	N3
	Yhteensä	200	250	600	470	750	660
Soratie 70 Sr, yleinen tai yksityinen tie, paljon raskaita ajon., ei asemaa tieverkossa (70 MPa)	Kulutus ¹⁾	80	80	80	80	80	80
	Kantava ³⁾	100	120	150	360	150	540
	Suodatin ⁴⁾	-	N3	370	N3	540	N3
	Yhteensä	180	200	600	440	770	620
Soratie 60 Sr, yksityinen tie, vähän raskaita ajon., ei asemaa tieverkossa (60 MPa)	Kulutus ¹⁾	70	70	70	70	70	70
	Kantava ³⁾	100	100	130	300	130	480
	Suodatin ⁴⁾	-	-	270	N3	450	N3
	Yhteensä	170	170	470	370	650	550

- 1) Kulutuskerrosmateriaalin laskennallinen moduuli on 100 MPa
- 2) Kantavan kerroksen materiaalin laskennallinen moduuli on 200 MPa (kuormitusluokassa 80 Sr)
- 3) Kantavan kerroksen materiaalin laskennallinen moduuli on 150 MPa (kaikissa muissa sorateiden kuormitusluokissa)
- 4) Suodatinhiekan laskennallinen moduuli on 70 MPa
- 5) Louheen laskennallinen moduuli on 200 MPa.
- 6) Louhekerroksen ja kiilauksen yhteispaksuus on 2 x lohkokarekoko, kuitenkin vähintään 600 mm

Betonimurske BEM III	280 E _A ≥ 47, n=6	Sitomattoman kantavan kerroksen rakeisuusvaatimukset.
----------------------	---------------------------------	---

- BeM III laskennassa käytettävä E-moduuli 280 Mpa

- Kalliomurskeella E-moduuli 200...300 MPa

Tarvittava rakennepaksuus voidaan arvioida suoraan tierakenteiden suunnitteluohjeesta tai laskea

Tierakenteen suunnitteluohje tehty murskeita hyödyntäen mutta myös betonimurskeella teknisesti samat ominaisuudet

HUOM! Murskeetkaan ei poista kuivatuksen ongelmia

Sora-/murskepintaiset kentät joissa paljon raskasta liikennettä kuten esimerkiksi puuterminaali tai maatalouden pihamaa

Kulutuseros kalliomurskeesta

kantava ja jakava kerros betonimurskeesta mahdollista toteuttaa

Huomioitava että rakenteen kokonaispaksuus kuitenkin täyttyy

RAMBOLL

Taulukko 27. Sorapintaisten puunkuormausalueiden rakenteiden mitat

Kuormaus- alueen luokka (ohjeellinen kantavuus kulutuseroksen päältä)	Kerroksen nimi ja rakennemateriaali (laskennallinen moduuli)	Rakenteen kerrospaksuudet, mm		
		Pohjamaan alusrakenneluokka ja kuvaus (mitoituskantavuus)		
		A-D routimaton Hk tai karkeampi, (70 MPa)	E lievästi routiva SrMr, Hk ja HkMr, (50 MPa)	F, H, J SiMr, Si, siHkMr, siHk ja jäykkä Sa, (20 MPa)
Ajovalylä ja kuormausalue 145 Sr (145 MPa)	Kulutuseros M o/32 (150 MPa)	150	150	150
	Kantava kerros M o/63 (200 MPa)	200	200	200
	Jakava kerros M o/90 (200 MPa)	200	350	550
	Suodatinkangas	N3	N3	N3
	Paksuus yht.	550	700	900
Puuvarastoalue 120 Sr (120 MPa)	Kulutuseros M o/32 (150 MPa)	150	150	150
	Kantava kerros M o/63 (200 MPa)	150	150	150
	Jakava kerros M o/90 (200 MPa)	200	200	400
	Suodatinkangas	-	N3	N3
	Paksuus yht.	500	500	700

Kulutuseroksena käytetään **InfraRYL M o/32** kantavan kerroksen materiaalia.

BETONI MURSKERAKENTEI DEN SUUNNITTELUOHJEI TA

Materiaalivalmistajan suunnitteluohjeet:

Märissä olosuhteissa ei toimi mikään rakenne -> kuivatus kuntoon

Betoroc-murskeen sitoutuminen voi kestää jopa kuukausia vuodenajasta riippuen. Ennenaikainen liian suuri kuormitus sitoutumisaikana voi rikkoa sidoksia, jos alkukantavuus ei ole riittävä. Alhainen lämpötila hidastaa lujittumista ja saattaa heikentää saavutettavaa puristuslujuutta (ja E-moduulia).

Tiivistyksessä tulee huomioida betonimurskeen riittävästä kastelusta jotta rakenne tiivistyy ja lujittuminen on mahdollista

Betoroc-murskeen uudelleenkäyttö on mahdollista ja suositeltavaa. Rakenteesta kaivettu puhdas Betoroc-murske on mahdollista vastaanottaa Ruduksen kierrätysasemille vastaanottoehtojen mukaisesti.



Betoroc®-murskeohje

06/2015

Käyttöohje rakentamiseen ja suunnitteluun

Rudus

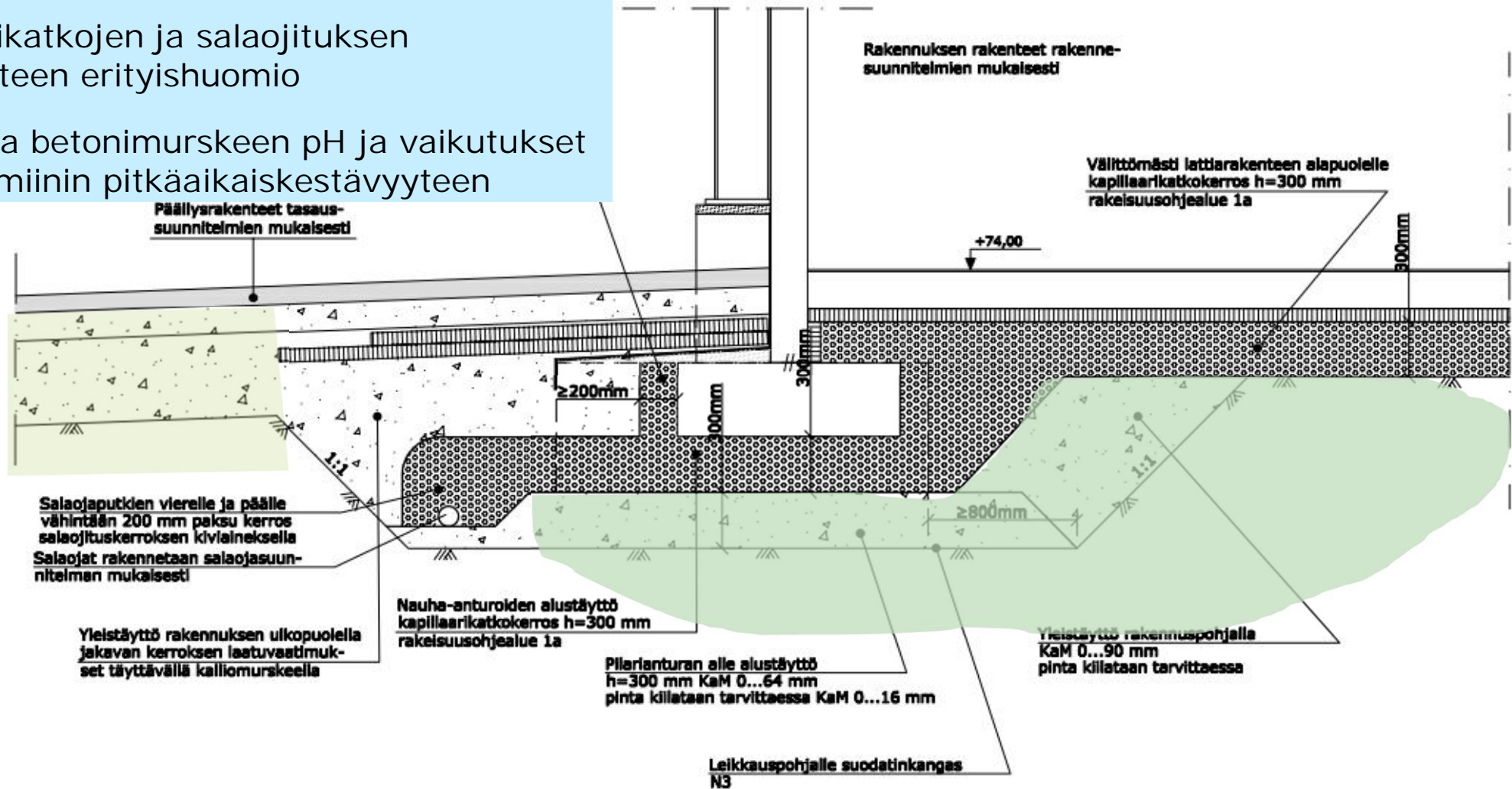
Teollisuusrakentamisessa yleistäytöissä voisi olla teknisesti mahdollista käyttää betonimurskettä

Kapillaarikatkojen ja salaojituksen toimivuuteen erityishuomio

Huomioita betonimurskeen pH ja vaikutukset esim alumiinin pitkäaikaiskestävyyteen

Piipokkileikkaus, rakennuskaivannon täytöt

1:20



INFRRARYL (2017)



Liite T18 2017 Sitomattoman kantavan kerroksen ja jakavan kerroksen vaatimukset betonimurskeelle sekä suositukset testaustiheydeksi

Liite:T18. Sitomattoman kantavan kerroksen ja jakavan kerroksen vaatimukset betonimurskeelle sekä suositukset testaustiheydeksi

OMINAISUUS	SITOMATON KANTAVA KERROS		JAKAVA KERROS, KUN D ≤ 90 mm		JAKAVA KERROS, KUN D > 90 mm	
	Vaatus	Testaustiheys	Vaatus	Testaustiheys	Vaatus	Testaustiheys
Betonimurskeen luokka ⁽¹⁾	BeM I tai BeM II		BeM I – BeM III		BeM I – BeM III	
Raekokojakautuma	Luokka G ₀ tai G _A (SFS-EN 13285)	Kerran viikossa tai 1/5000	Murske luokka G _p tai G _c (SFS-EN 13285)	Vähintään kerran viikossa tai 1/5000 t	Taulukko 21210:T3	kerran viikossa
Hienoainespitoisuus	f ₇	Kerran viikossa tai 1/5000	f ₇	Kerran viikossa tai 1/5000	f ₇	Kerran viikossa
Iskunkestävyys	Ilmoitettu arvo	Kaksi kertaa vuodessa	-	-	-	-
Litteysluku	FI ₅₀	Kerran kuukaudessa	-	-	-	-
Kiintotiheys	Ilmoitettu arvo	Kerran kuukaudessa	Ilmoitettu arvo	Kerran kuukaudessa	Ilmoitettu arvo	Kerran kuukaudessa
Vedenimeytyminen ⁽²⁾	W _{NR}	-	W _{NR}	-	W _{NR}	-
Uusiokiviaineksen luokittelu ⁽³⁾	Rc 90 Rb ₁₀ - X ₁ - FL ₅ -	Kerran kuukaudessa	Rc _{ug} 90 Rb ₁₀ - X ₁ - FL ₁₀ -	Kerran kuukaudessa	Rc _{ug} 90 Rb ₁₀ - X ₁ - FL ₁₀ -	Kerran kuukaudessa
Jäädytys-sulatuskestävyys ⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	-
Puristuslujuus 28d	BeM I 1,2 MPa BeM II 0,8 MPa	1/10000 tn tai 1/murskauserä ⁽⁵⁾	BeM I 1,2 MPa BeM II 0,8 MPa BeM III -	Kerran murskauserästä	BeM I 1,2 MPa BeM II 0,8 MPa BeM III -	Kerran murskauserästä

Yhteenveto:

Betonimursketta voidaan käyttää teknisesti murskeen ja luonnonmateriaalien korvaajana

Ei kuitenkaan:

- kuivatusrakenteisiin
- putkikaivantojen alkutäyttöihin putkien ympärille
- märkiin pohjaolosuhteisiin ilman kuivatuksen parantamista
- kulutuskerrokseen

Maa- ja pohjarakenteiden suunnittelun lähtötiedoksi

- pohjatutkimus ja maanäytteenotto

- -> maakerrosrajat ja maalajit

- -> pohjavesipinnan korkeustieto

Kiitos

Lisätietoja: Timo Tarkkio

