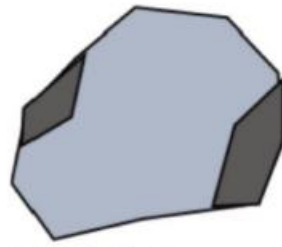


a) Luonnonkiviaines



b) Uusiokiviaines,
sementtipasta
kiinnittynyt



c) Uusiokiviaines,
sementtipastan
peittämä



d) Uusiokiviaines,
puhdas sementti

Murskatun betonin käyttö betonin kiviaineksena*

*Tutkimus on saanut rahoitusta RRF-rahastosta, mikä tarkoittaa EU:n elpymis- ja palautumistukivälinettä (*Recovery and Resilience Facility*), joka on osa EU:n NextGenerationEU-ohjelmaa.

Ympäristöministeriö hankkeet – Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelma

Miksi käyttää murskattua betonia

Murskatun betonin käyttö

Murskatun betonin käyttö maanrakentamisessa ja betonin kiviaineksena tukee kiertotaloutta ja vähentää rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia kokonaisuutena.

Kiertotalouden ja ympäristöpolitiikan merkitys

Rakentamisen kiertotalous ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ovat keskeisiä EU:n ja Suomen ympäristöpolitiikassa. Mitä arvokkaammassa käytössä kierrätysmateriaalia käyttää sen parempi. Periaate on, että kierrätysmateriaalin "arvo" ei saisi laskea. Tosin murskatun betonin kohdalla arvo ei laske vaikka kierrätysmateriaali käytetään kantavana materiaalina esim. tienrakentamiseen, koska luonnonmateriaalien tarve vähenee.

Rudus Oy:n kehityshankkeet

Rudus Oy kehittää kierrätysratkaisuja kiertotalouden "jätteistä, joista merkittäviä tuotteita ovat Betoroc ja Uuma-betonit.

Todennettu Betoroc'in hiilinegatiivisuus tuo murskatun betonin käytölle betonissa ja maanrakentamisessa lisäetua.



Murskatun betonin alkuperä ja koostumus

Murskatun betonin alkuperä

Kierrätysbetoni vastaanotetaan purkukohteista, teollisuuden ylijäämäbetonista ja myös suoraan omasta tuotannosta. Niinpä sillä on lähtökohdasta ja kirjallisesta lähteestä riippuen erilaisia termejä.

Pesty uusiokiviaines RWA. Tuore betoni pestään ja kiviaines vastaa täysin alkuperäistä.

Uusiokiviaines RA (recycled aggregate **SFS-EN 12620** Betonikiviainekset) kaikki murskattu kiviaines.

(Murskattu) uusiokiviaines RCA (reclaimed crushed aggregate **SFS-EN 206** Betoni). Murskattu betoni, jota ei ole aiemmin käytetty rakentamisessa. Tätä termiä voi käyttää, jos lajikkeisiin jakamatonta uusiokiviainesta on korkeintaan 5 % uusiobetonin kiviaineksen kokonaismassasta.

Kierrätyskiviaines (CCA crushed concrete aggregate (primarily clean, BS) tai RA recycled aggregate, **SFS-EN 206**), betoni ollut aiemmin käytössä.

Murskausprosessi ja esikäsittely

Purkubetonista poistetaan rauditus ja epäpuhtaudet ennen murskausta ja lajittelua hienoon ja karkeaan kierrätysainekseen. ja 2x murskaus, seulonta ja mahdollinen ilmaluokitus



Murskatun betonin alkuperä ja koostumus

Tekniset vaatimukset

Betonimurskeen tulee täyttää sovelletusti **SFS-EN 12620**

Betonin kiviainekset standardin ja kansallisen soveltamisstandardin **SFS 7003** Betonikiviaineksilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

Kansallinen betonin standardointiryhmä **Tukiryhmä betonin** alainen **Laadunvarmistustoimikunta** on laatinut ohjeistuksen ominaisuuksille, jotka murskatusta kierrätysbetonista on tutkittava ja testaukselle vaadittu taajuus.

Tämä nähtiin edellytyksenä, jotta murskattua betonia voidaan käyttää uusiobetonissa. Ohjeistus on tarkoitus saada mahdollisimman pian by 43:een sekä kansalliseen soveltamisstandardiin SFS 7003. Tätä käsittelee kiviaineksen standardointiryhmä.

Ennen kuin betonimurskeen laadunvarmistuksen vaatimukset on SFS 7003 standardissa ollaan betonimurskeen käytössä uusiobetonissa "harmaalla alueella".



Murskatun betonin alkuperä ja koostumus

Tekniset vaatimukset

SFS-EN 12620 -standardin vaatimukset (SFS 7003)

Standardi määrittelee ominaisuudet betonissa käytettävälle kiviainekselle ja fillerikiviainekselle, jotka on valmistettu luonnon kiviaineksesta, keinokiviaineksesta tai uusiokiviaineksesta tai näiden seoksista. Vaatimukset ovat varsin vaativat murskatulle betonille.

Standardi määrittelee mm. betonin kiviaineksien käytön geometrian, fysikaaliset, kemialliset vaatimukset.

Mikäli murskattu kierrätysbetoni on tehtaan **omasta tuotannosta**, sille ei tarvitse tehdä erityistä laaduntarkkailua, koska se on alun perinkin ollut vaatimuksen mukaista.

Muualta vastaanotetulta kierrätysbetonilta vaaditaan ”normaali” laadunvalvonta, jossa murskatun betonin puhtaus ja ominaisuudet tarkistetaan laadunvarmistuskäsikirjan mukaisesti.



SFS-EN 12620 –standardi ja laatuvaatimukset

Uusio-/kierrätyskiviaineksen käyttörajoituksia

Standardirajoitusten lisäksi rajoitukset vaihtelevat maittain. Pääosin rajoitukset ovat kuitenkin saman suuntaisia.

Maakohtaiset rajoitukset liittyvät käytettäviin lujuusluokkiin, sallittuihin käyttömääriin ja sallittuihin rasitusluokkiin.

Yleensä yli C40/50 lujuusluokkia ei hyväksytä. Joissain maissa rajoitutaan jopa lujuusluokkiin C25/30 ja C30/37.

XF2 ja XF4 rajataan pois käytännössä kaikissa maissa.



Laatuvaatimukset ja rajoitukset murskatulle betonikiviainekselle

Suomessa murskatun kierrätysbetonin käyttöä ohjaa SFS-EN 12620 standardin lisäksi SFS-EN 206 ja sen kansallinen soveltamisstandardi SFS 7022.

Betonin Laadunvarmistustoimikunnassa todettiin, että murskattu betoni ei sovellu pakkasenkestävän betonin valmistukseen korkean vedenimun takia ja näin perusvaatimus kiviainekselle ei toteudu. Murskatun betonin vedenimu on käytännössä aina > 1 p-%. Tällöin murskeelle pitäisi tehdä pakkasenkestävyyskoe.

Tästä johtuen betonin käyttö pakkasrasituksen alaisissa rakenteissa ei ole sallittua.

Alkalireaktiivisuus on lähtökohtaisesti luokka II

Taulukko E.2 Enimmäismäärät, joilla normaalipainoiset karkeat luonnonkiviainekset voidaan korvata (painoprosenttiyksikköä)

Kierrätyskiviainestyyppi	Rasitusluokat			
	X0	XC1, XC2	XC3, XC4, XF1, XA1, XD1	Kaikki muut rasitusluokat ^{a)}
Tyyppi A: (<i>Rc</i> ₉₀ , <i>Rcu</i> ₉₅ , <i>Rb</i> ₁₀₋ , <i>Ra</i> ₁₋ , <i>FL</i> ₂₋ , <i>XRg</i> ₁₋)	50 %	30 %	30 %	0 %
Tyyppi B ^{b)} : (<i>Rc</i> ₅₀ , <i>Rcu</i> ₇₀ , <i>Rb</i> ₃₀₋ , <i>Ra</i> ₅₋ , <i>FL</i> ₂₋ , <i>XRg</i> ₂₋)	50 %	20 %	0 %	0 %
^{a)} Tunnetusta lähteestä peräisin olevia tyypin A kierrätyskiviaineksia voidaan käyttää samoissa rasitusluokissa, joihin alkuperäinen betoni on suunniteltu, kun karkeita luonnonkiviaineksia korvataan enintään 30 prosenttiyksiköllä.				
^{b)} Tyypin B kierrätyskiviaineksia ei saisi käyttää betoneissa, joiden lujuusluokka on > C30/37.				

HUOM. Kierrätyskiviainesten alkali-piidioksidireaktion riski, ks. standardin EN 12620:2002+A1:2008 kohta G.3.2.

Osa-aineiden luokittelutestissä käytetään seuraavia lyhenteitä:

- Rc betoni, betonituotteet, laasti ja betoniharkot
- Ru sitomaton kiviaines, luonnonkivi, hydraulisesti sidottu kiviaines
- Rb poltetut tiilet, kalkkiehkekatiiilet ja -harkot, kellumaton vaahtobetoni
- Ra bitumiset materiaalit
- Rg lasi
- X muut osa-aineet kuten koheesiomaa, sekalaiset metallit, kellumaton puu, muovi ja kumi, kipsilaasti
- FL kelluvat osa-aineet.

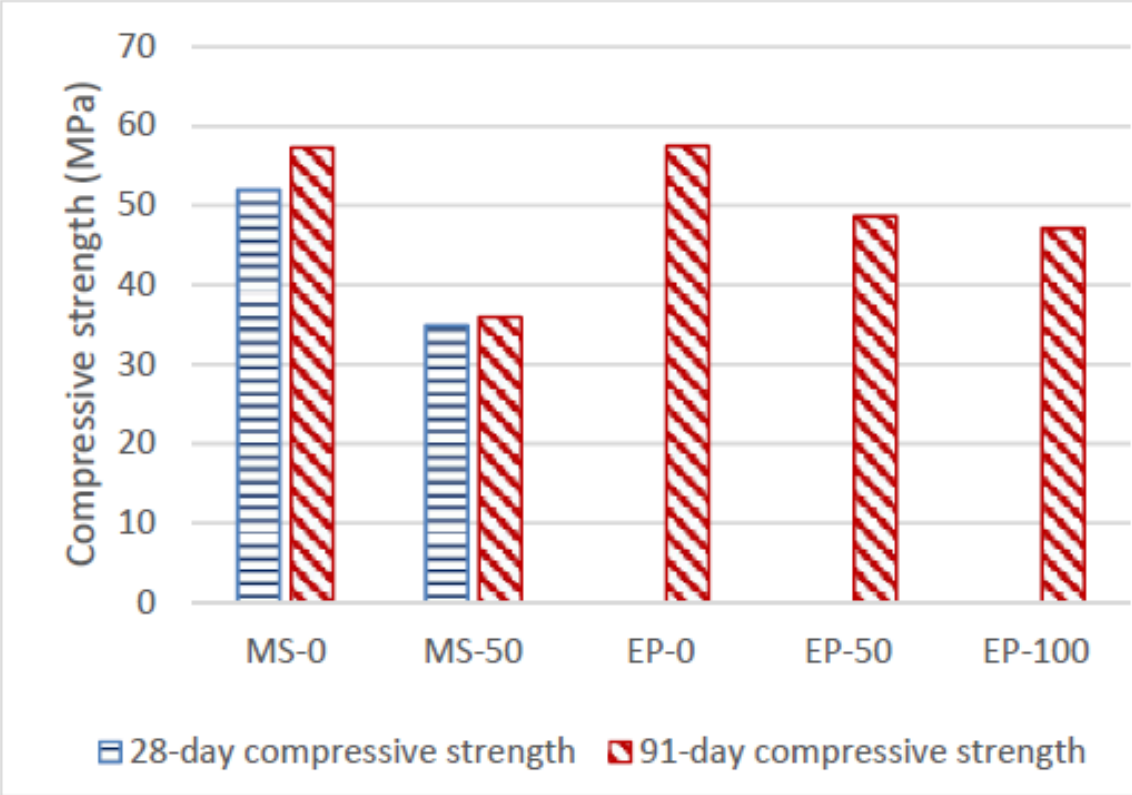
SFS-EN 206 Betoni.

Uusiobetonin lujuus

(uusiobetoni = betonia, joka on valmistettu käyttäen murskattua betonia karkeana kiviaineksena)

Assessing the Mechanical Properties and Frost Resistance of Recycled Coarse Aggregate Concrete in Finland. 2025.Tulimaa M. et al. NCR 72

Sementtimäärä	320 kg/m ³ CEM II/B-M (S-LL) 42,5N		
Vesimäärä	192 kg/m ³		
vesi-sementtisuhte	0,6		
Lisävesi	ei lisävettä		
Kierrätysbetoni	0 %	50 %	100 %
8-16 kiviaineksesta [kg/m ³]	0	280/385	775
Lujuus, 91 vrk [N/mm ³]	57,3/57,5	35,9/48,6	47,13
Ilma [%]	2,0/1,8	2,5/1,8	2,2



Uusiobetonin kutistuma ja viruma

Assessing the Mechanical Properties and Frost Resistance of Recycled Coarse Aggregate Concrete in Finland. 2025.Tulimaa M. et al. NCR 72

Sementtimäärä 310 kg/m³ CEM II/B-M (S-LL)
42,5N
Vesimäärä 186 kg/m³
vesi-sementtisuhde 0,6
Lisävesi ei lisävettä

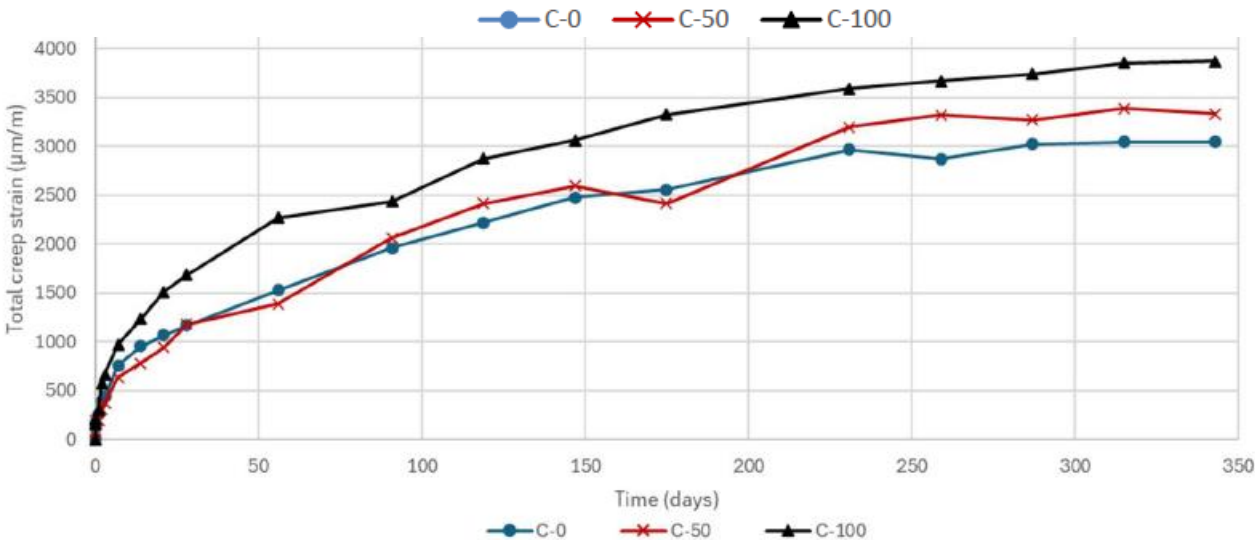
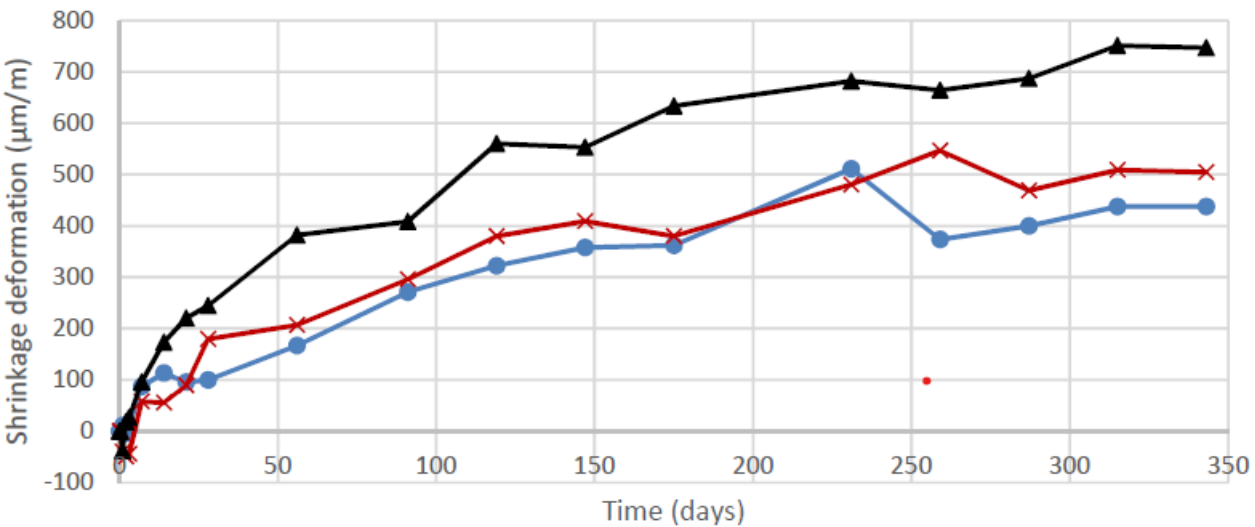
Kierrätysbetoni	0 %	50 %	100 %
8-16 kiviaineksesta [kg/m ³]	0	310	620

Lujuus, 91 vrk [N/mm ³]	37,7	39,3	37,8
-------------------------------------	------	------	------

Ilma [%]	2,5	1,6	3,0
----------	-----	-----	-----

Viruma [mm/m]	3,0	3,3	3,8
---------------	-----	-----	-----

Kutistuma [mm/m]	0,45	0,50	0,75
------------------	------	------	------



Uusiobetonin pakkasenkestävyys

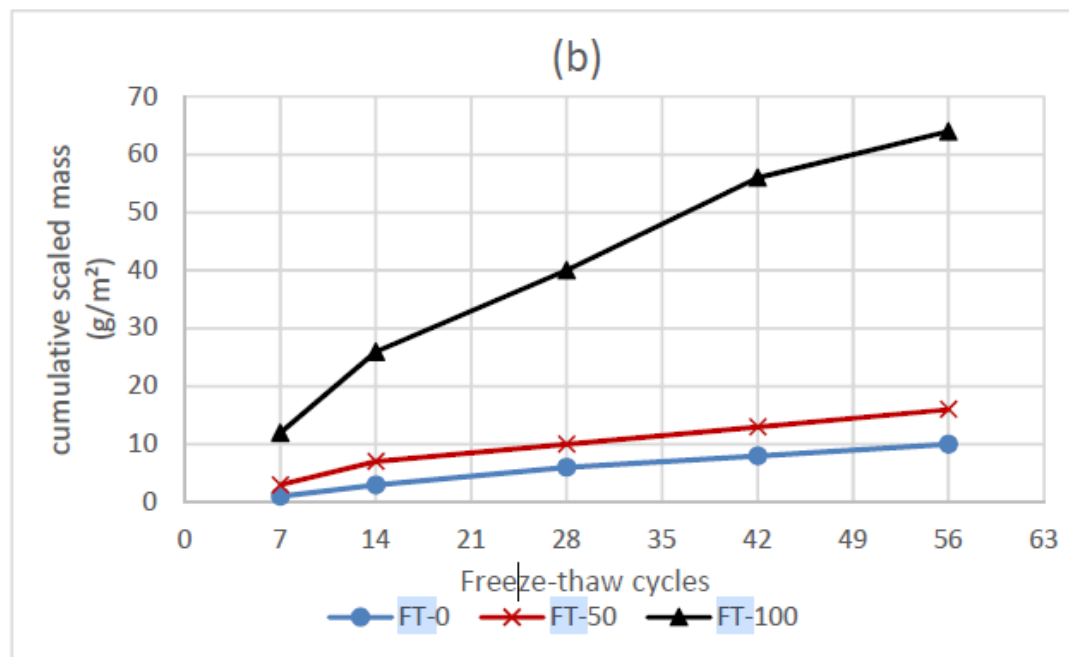
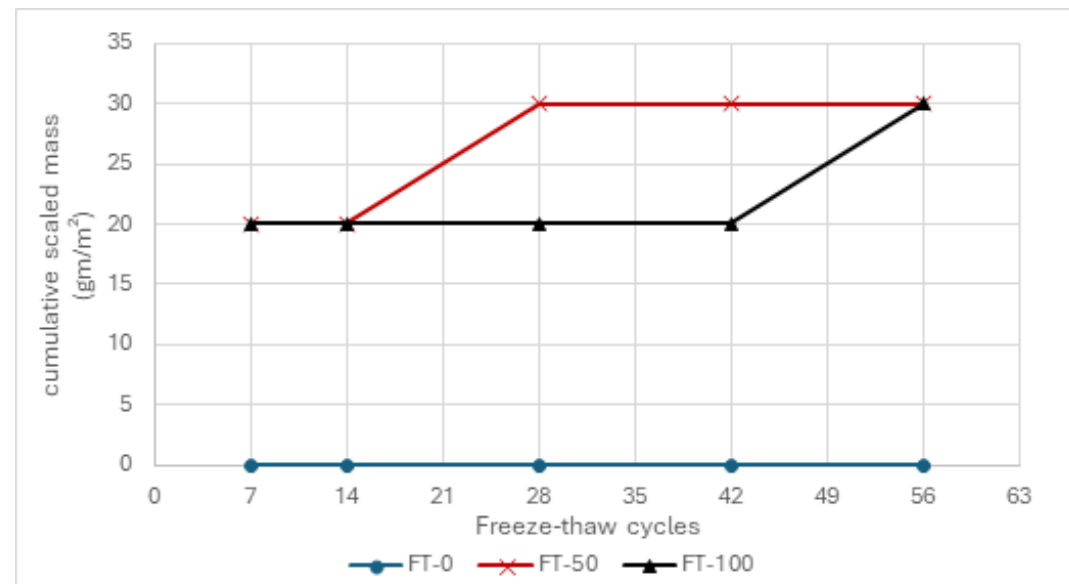
Assessing the Mechanical Properties and Frost Resistance of Recycled Coarse Aggregate Concrete in Finland. Tulimaa M. et al. NCR 72

Sementtimäärä	334 kg/m ³ CEM II/B-M (S-LL) 42,5N
Vesimäärä	180 kg/m ³
vesi-sementtisuhte	0,54
Lisävesi	ei lisävetä

Kierrätysbetoni	0 %	50 %	100 %
8-16 kiviaineksesta [kg/m ³]	0	368	736
Lujuus	ei testattu		
Ilma [%]	6,4	6,3	5,8

Tiukin vaatimus on XF3 100 vuotta, jolle sallitaan 100 g/m³ rapauma ja dynaaminen kimmokerroin 85 %.

Dynaaminen kimmokerroin täytti vaatimuksen XF3 100 vuotta (105-120 %)



Uusiobetonin pakkasenkestävyys

Murskatun betonin käyttö valmisbetonin runkoaineena Heidi Viitamäki, 2023. AMK lopputyö. Pakkasenkestävyyskokeet Sweco

Kaikki (ei-huokostetut) betonit läpäisivät laattakokeen XF3 100 vuotta rapauman suhteen, kts viereinen taulukko. Tiukin vaatimus on XF3 100 vuotta, jolle sallitaan 100 g/m³ rapauma.

Suhteellinen dynaaminen kimmokerroin ei täyttynyt vertailubetonin kohdalla (62 %).

Sen sijaan uusiobetoneilla täyttyi XF3 100 vuotta (86-101 %). Raja 85 %

Murskattu betonikiviaines oli vedellä kostutettu ennen valua.

Sementtimäärä	340 kg/m ³
Vesimäärä	180 kg/m ³
vesi-sementtisuhde	0,53
Lisävesi	30 kg/m ³ ei mukana v-s-suhteessa
Ilmamäärä	2,3 – 2,7 %
Referenssibetoni	1,8 %
Lujuudet 91 vrk	
Vertailu	58,9 N/mm ²
Kierrätys	52,0-52,6 N/mm ²

TAULUKKO 17. Laattakokeessa koekappaleista irronnut materiaali

Laattakokeessa irronnut materiaali m (g/m2)						
Betoni	7 vrk	14 vrk	28vrk	42 vrk	56 vrk	Yhteensä
Vertailu (PK1)	9	8	13	15	14	58
Kierrätys likainen (PK2)	5	5	3	2	2	17
Kierrätys puhdas (PK3)	16	10	17	7	5	53
Uusio (PK4)	6	6	5	9	9	35

Betonimurskeen soveltuvuus ja ympäristöhyödyt

Betonimurskeen käyttökohteet

Uusiobetoni on turvallista käyttää valmisbetonissa, infrarakenteissa ja massiivisissa betonikohteissa.

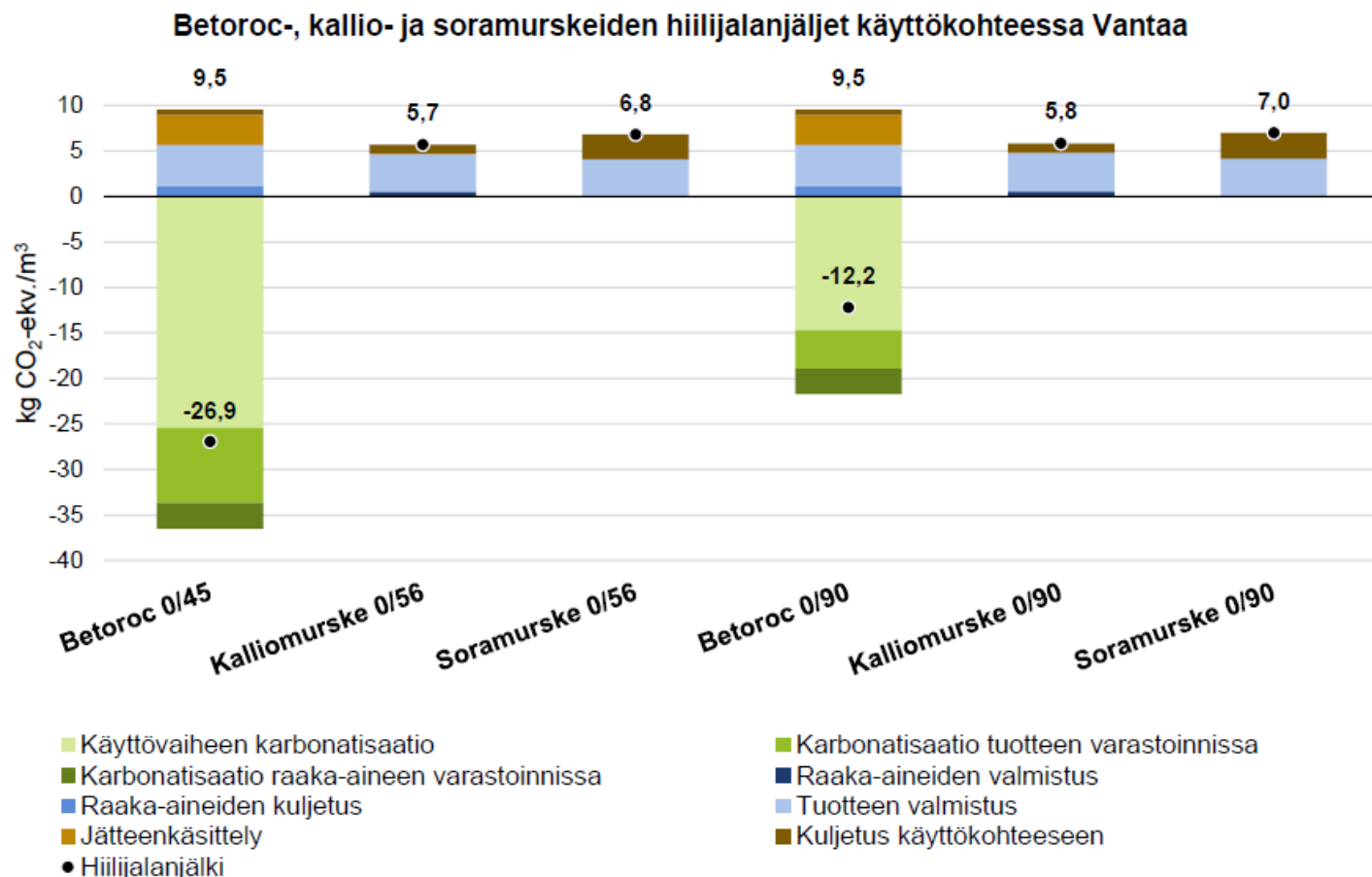
Ominaisuudet ja korvausosuus

Jopa 50 % korvausosuudella saavutetaan vastaavat ominaisuudet kuin luonnonkiviaineksella.

Ympäristöhyödyt ja hiilinielu

Betonimurskeen käyttö vähentää luonnonvarojen kulutusta, kaatopaikkajätettä.

Karbonatisoitumisprosessin ansiosta betonimurske sitoo hiilidioksidia ja tukee materiaalien kiertotaloutta. 16 mm murske sitoo tehokkaasti hiilidioksidia.



Betonimurskeen soveltuvuus ja ympäristöhyödyt

