

**CO<sub>2</sub>NCRETE  
SOLUTION**



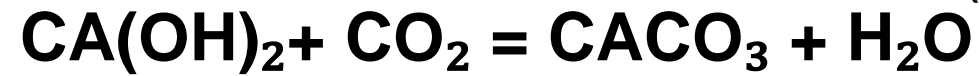
CO<sub>2</sub>NCRETE SOLUTION PRESENTS

# BETONIN HIILENSIDONTA – LASKELMIA KARBONATISAATIESTA

Tommi Kekkonen  
CO2ncrete Solution  
tommi.kekkonen@betoni.com

## KARBONATISOITUMINEN

KALSIUMHYDROKSIDI + HIILIDIOKSIDI -> KALSIUMKARBONAATTI (=KALKKIKIVI)



(SEMENTIN VALMISTUS:  $\text{CaCO}_3 + \text{LÄMPÖ} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ )

1.  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$
2.  $\text{H}_2\text{CO}_3 = \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \quad \text{pK}_a=6,35$
3.  $\text{HCO}_3^- = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \quad \text{pK}_a=10,33$
4.  $\text{Ca(OH)}_2 = \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$
5.  $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3$

<https://concretesolution.fi/betoniko-hiilinielu/>

# STATE-OF-THE-ART - KIRJALLISUUSTUTKIMUS

- Kerättiin tehtyjä tutkimuksia betonin hiilensidonnasta ja karbonatisaatiosta
- Selvitettiin laskentatapaa sitoutuneelle hiellelle
- <https://concretesolution.fi/tutkimustuloksia-maailmalta-betoni-on-hiilinielu/>

- Saavutettiin perusta koko projektin jatkolle
- Conclusion:

Betoni on suuri hiilinielu/pysyvä hiilivarasto

Reference	Absorption		Time		Point of View
	Calcination	Total	Service life	Post demo	
Andersson & al., 2013	27 %	17 %	x	-	LCA
Byrne & Nolan, 2016	15 %	9 %	8 weeks	-	-
Collins, 2013	55-65 %	34-41 %	x	x	LCA
Engelsen & al., 2005	60-80 %	38-50 %	x	x	LCA
Engelsen & al., 2016	24 %	15 %	100 a	100 a	Present
Engelsen & Justnes, 2014	24 %	15 %	100 a	100 a	LCA
Felix & Possan, 2018	74 %	46 %	70 a	30 a	LCA
Fitzpatrick & al., 2015	16 %	10 %	100 a	-	LCA
Jacobsen, 2001	11 %	7 %	x	x	Present
Kaliyavaradhan & Ling, 2017	53 %	33 %	x	x	LCA
Kikuchi & Kuroda, 2010	38 %	24 %	x	3 months	LCA
Kim & Chae, 2016	16,5 %	11,2 %	40 a	-	LCA
Kjellsen & al., 2005	57 %	30 %	70 a	30 a	LCA
Leemann & Hunkeler, 2016	8-21 %	8-21 %	x	x	LCA
Piqueras & Gonzales, 2014	35 / 75 %	22 / 47 %	x	x	LCA
Possan & al., 2016	40-90 %	40-90 %	70 a	30 a	LCA
Xi & al., 2016	43 %	27 %	35-70 a	x	Present
Zhang & Wang, 2014	27-50%	17-31 %	85-115 a	-	LCA

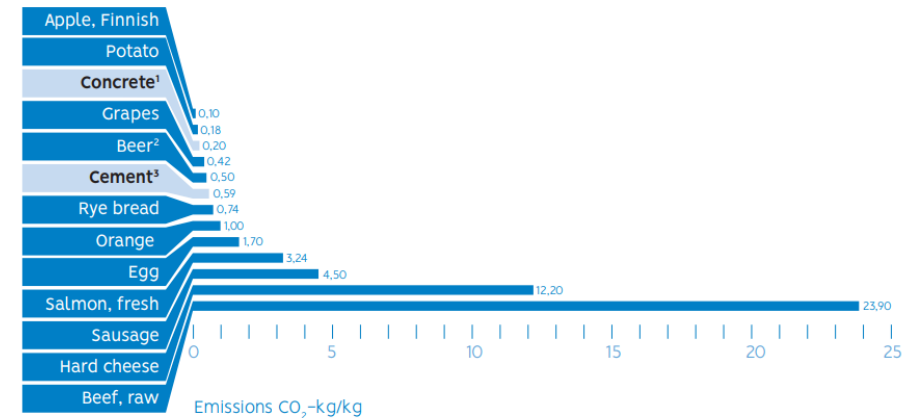


# CO<sub>2</sub> NCRETE SOLUTION

## SUOMEN BETONIKANNAN SITOMA HIILI

- Kirjallisuustutkimuksesta selvisi betonin määrän analysoinnin tärkeys; suurin osa tutkimuksista varsin kevyitä tältä osin; Suomessa hyvä tilastointi ja osaaminen mahdollisti poikkeuksellisen tarkan betonikantamallinnuksen.
- Teetettiin hiilensidontaan liittyvien parametrien kautta poikkeuksellisen tarkka analyysi betonin määrästä Suomessa
  - Stage 3+
- Suomessa on betonirakenteita n. 330 miljoonaa kuutiota
- Vuosittain betonia puretaan n. 1,5 miljoonaa kuutiota

### CO<sub>2</sub>-ominaispäästöjä



Source: <https://www.unileverfoodsolutions.fi/teemat-ja-ratkaisut/tyokalu/co2-laskuri.html>

<sup>1</sup> Typical ready-mix concrete in Finland

<sup>2</sup> Pia Karjalainen, The carbon foot print of the Finnish beverage industry for years 2000-2012 as calculated with CcaLC, University of Helsinki, 2013

<sup>3</sup> Finnsementti, Environmental report 2019.

## SUOMEN BETONIKANNAN SITOMA HIILI

- Suomen betonikanta sitoo pysyvästi 3,8 miljoonaa tonnia hiilidioksidia
  - Tämä on luokkaa 10 % betonikannan kalsinoinnin päästöistä
- Betonikannan vuotuinen hiilinielu on 56000 tonnia hiilidioksidia
  - Tämä on luokkaa 7 % Suomen sementtiteollisuuden päästöistä
- OBS: laskenta ei sisällä purkubetonin osuutta
- Purettavan betonin hiilinielupotentiaali on 76000 tonnia hiilidioksidia vuodessa
- OBS: laskenta perustuu standardiin SFS EN16757

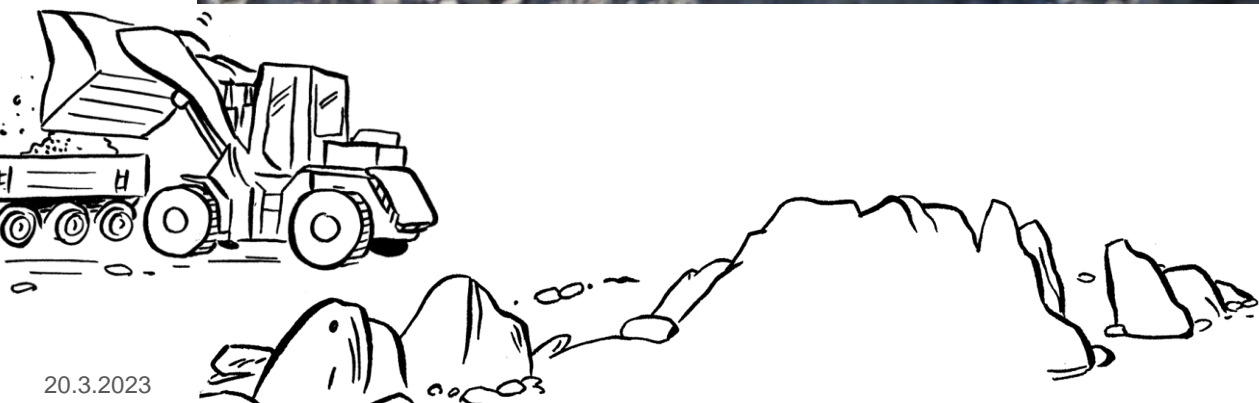
# CO<sub>2</sub> NCRETE SOLUTION

	SFS EN 16757:2017		
Kunta	Hiilivarasto [t_CO2]	Hiilinielu avg [t_CO2/a]	Poistuman CO2 abs. Pot. [t_CO2/a]
Joensuu	48023	765	807
Kotka	38947	526	610
Kouvola	65295	880	913
Lahti	83288	1197	1238
Lappeenranta	50571	774	1109
Pori	59345	802	662
Seinäjoki	43404	792	394
Tampere	148529	2458	2286
Turku	124885	1801	1895
Vantaa	155163	2940	3610
Suomi	3510091	55990	75856

# BETONIN KIERRÄTYSVAIHEEN MERKITYS

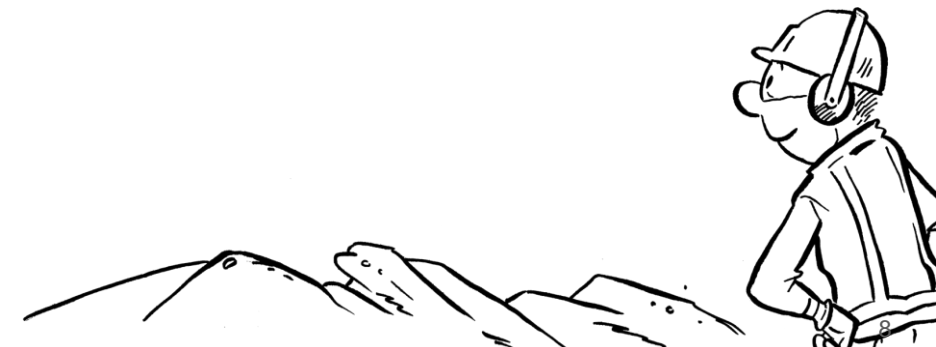
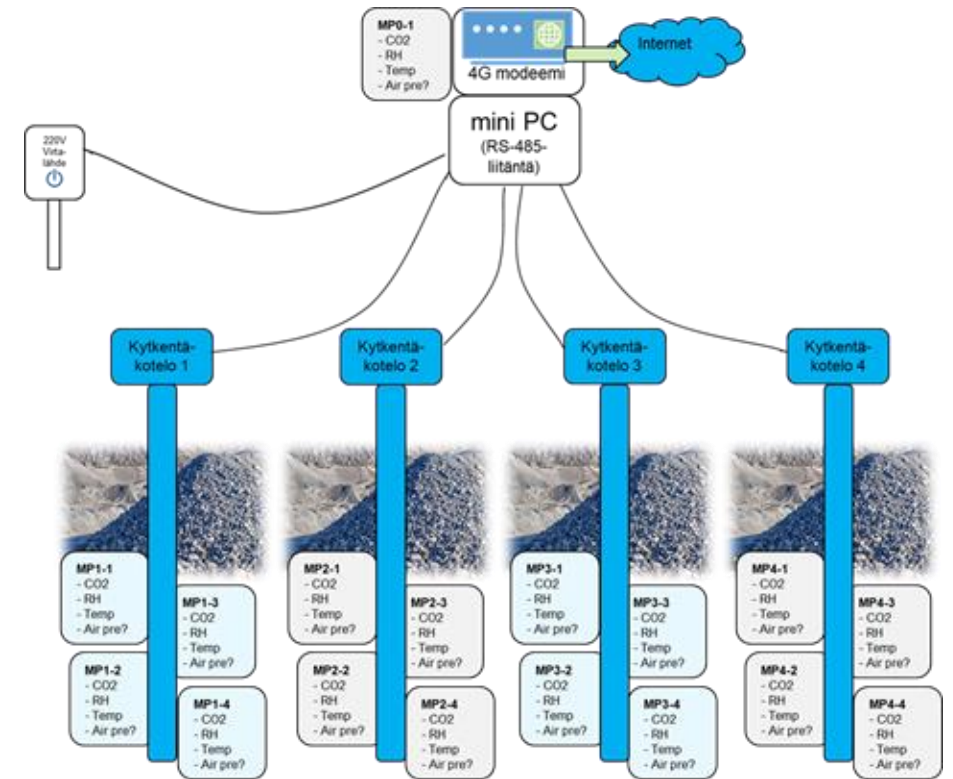


*Reaktiivinen pinta-ala kasvaa  
yli 1000-kertaiseksi*



# THE MOTHER PILOT

- Topinoja, Turku, 9/2021-11/2022
- Mitataan murskekasassa CO<sub>2</sub>-pit., kosteus ja lämpötila ilmarajapinnanetäisyyden funktiona
  - 0-90 mm, sheltered/unsheltered
  - 20-90 mm, sheltered/unsheltered
- Mitataan ajan päästä sitoutuneen hiilidioksidin määrä kappaleista mittasyvyyksillä
- Saadaan tietoa kasan olosuhteista; karbonatisaatio-parametrit syvyyden funktiona
  - Pystytään soveltamaan käytännössä kaikkiin varastointi- ja loppukäyttögeometrioihin



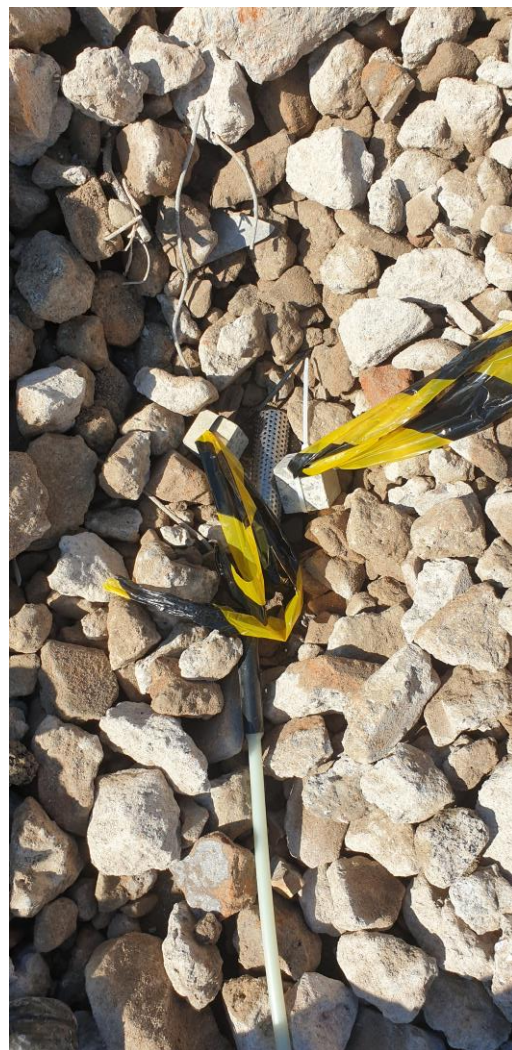
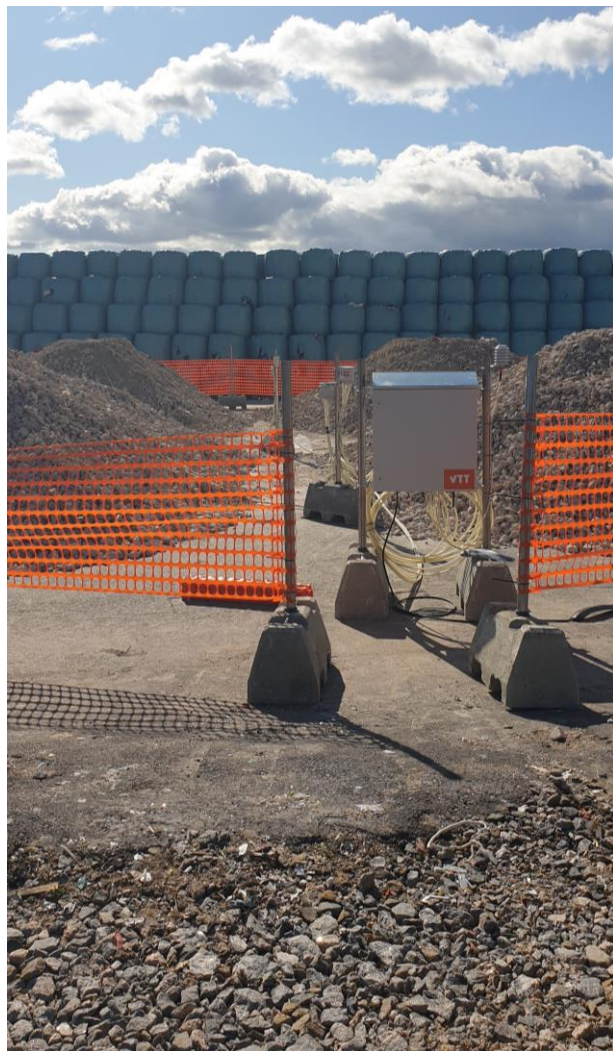


# TOPINPUISTO

1.9.2021 →



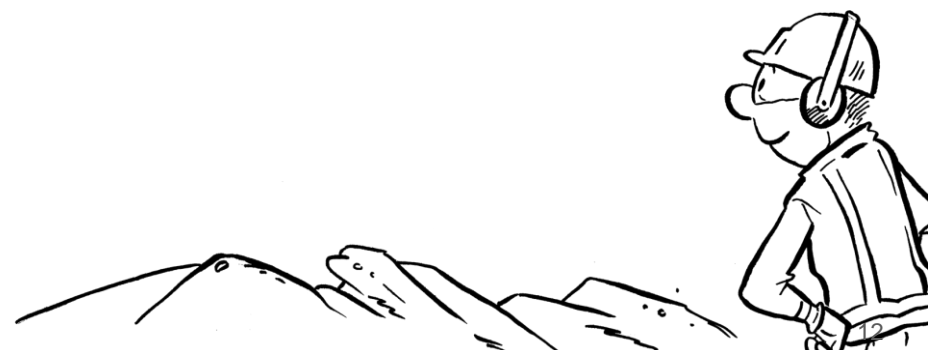
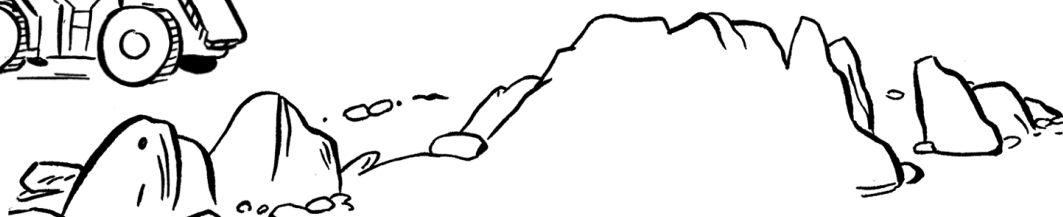
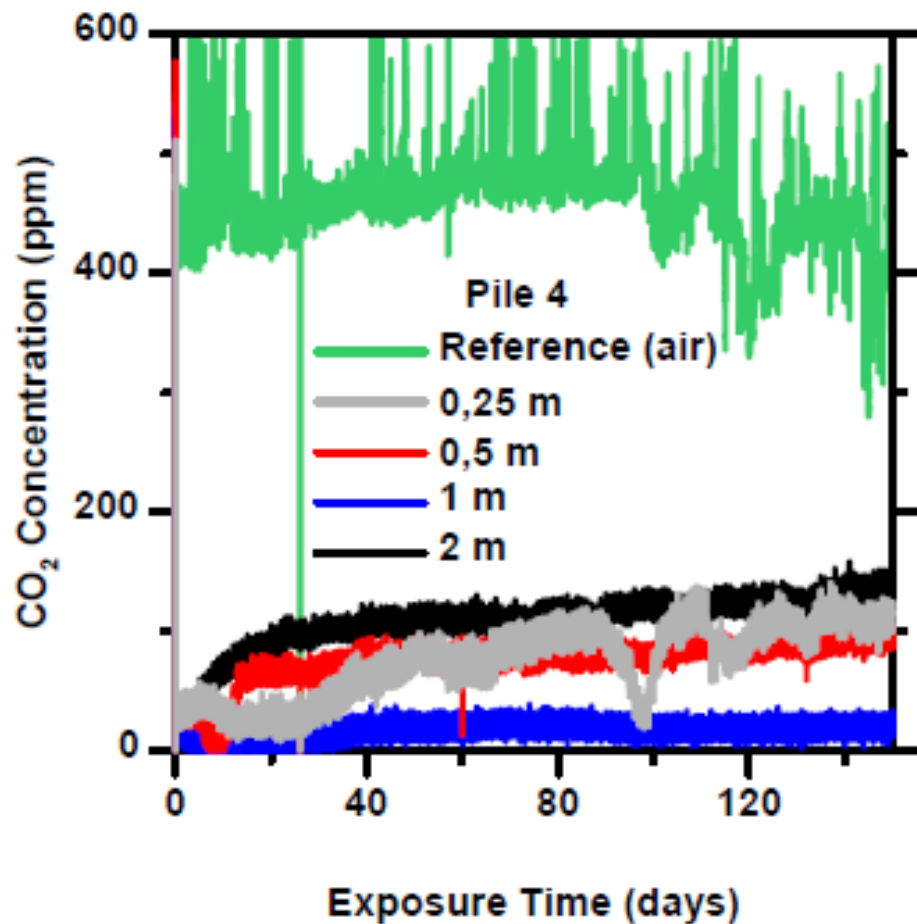
# TOPINPUISTO



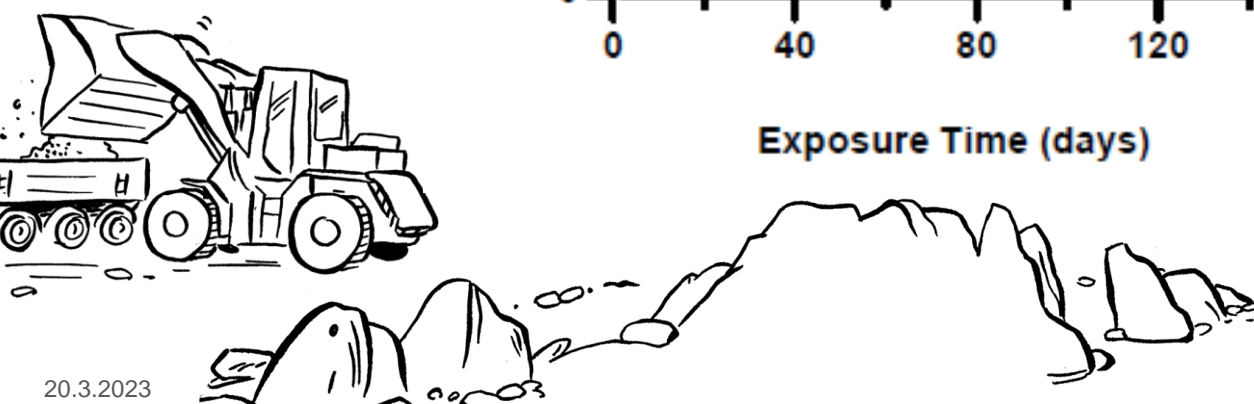
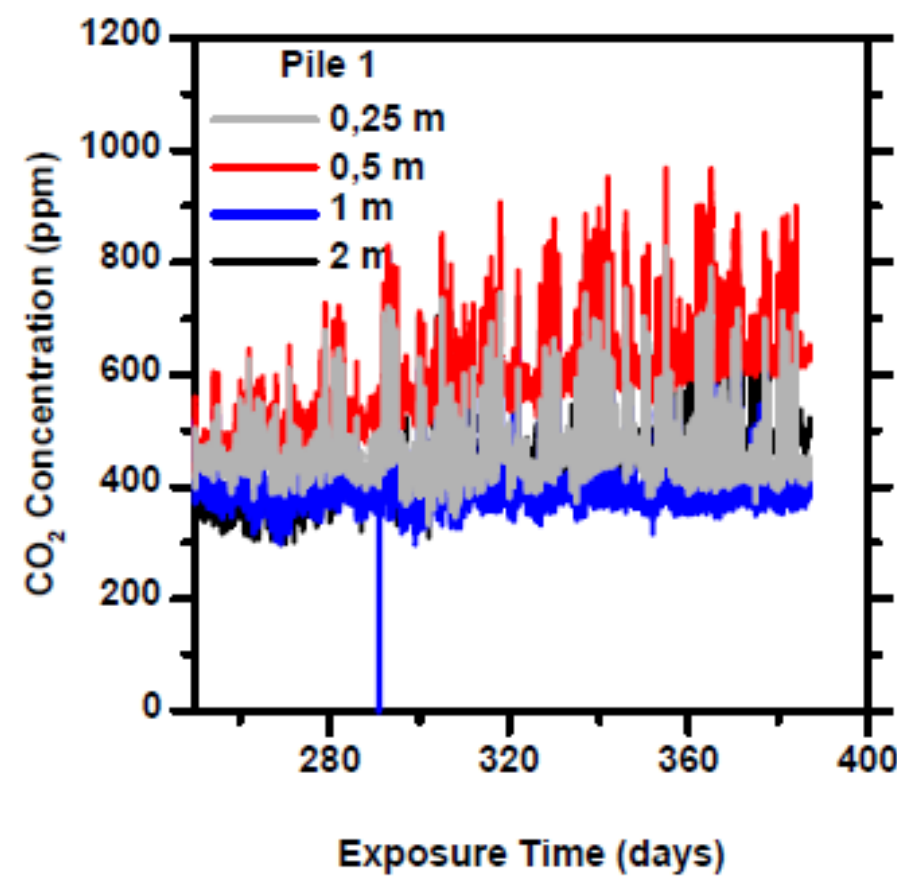
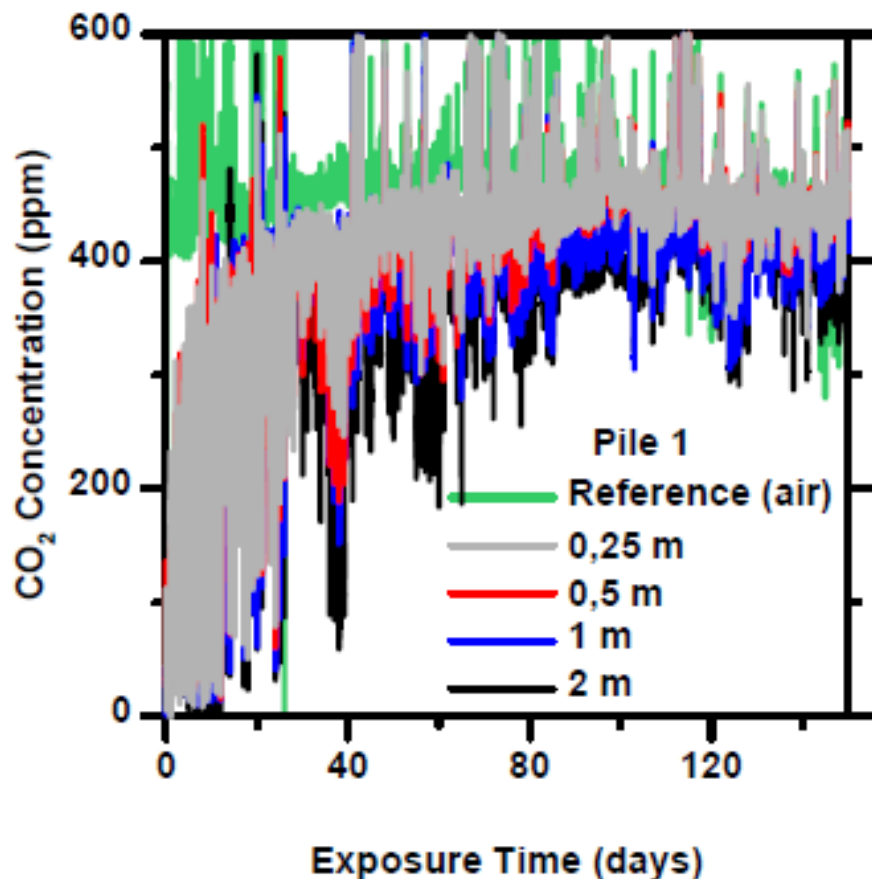
# TOPINPUISTO



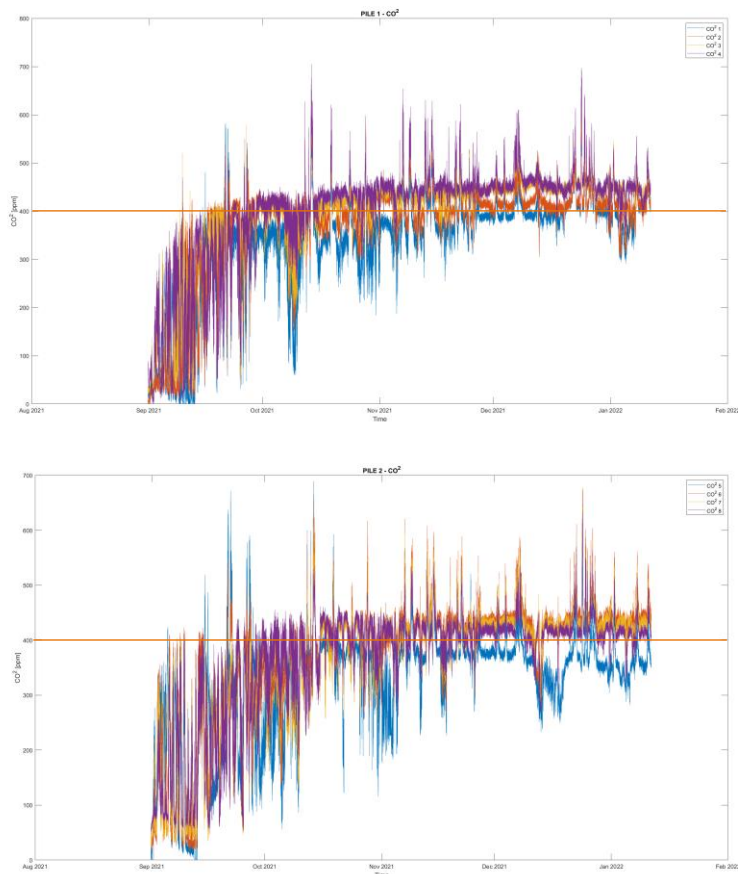
# PILE 4: SEULOMATON - CO<sub>2</sub>



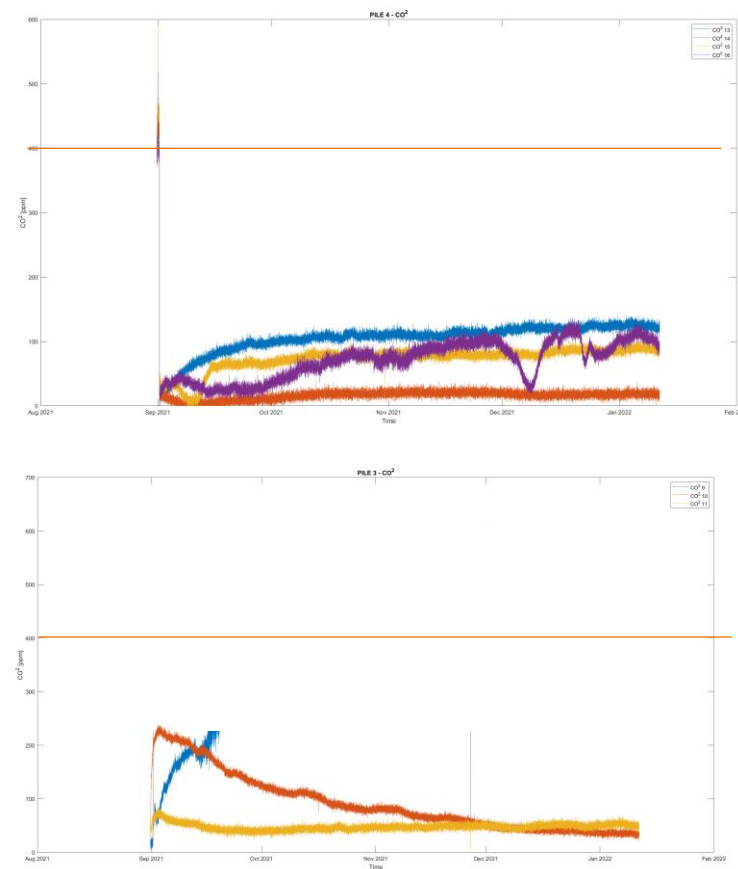
# PILE 1: SEULOTTU - CO<sub>2</sub>



## Seulottu

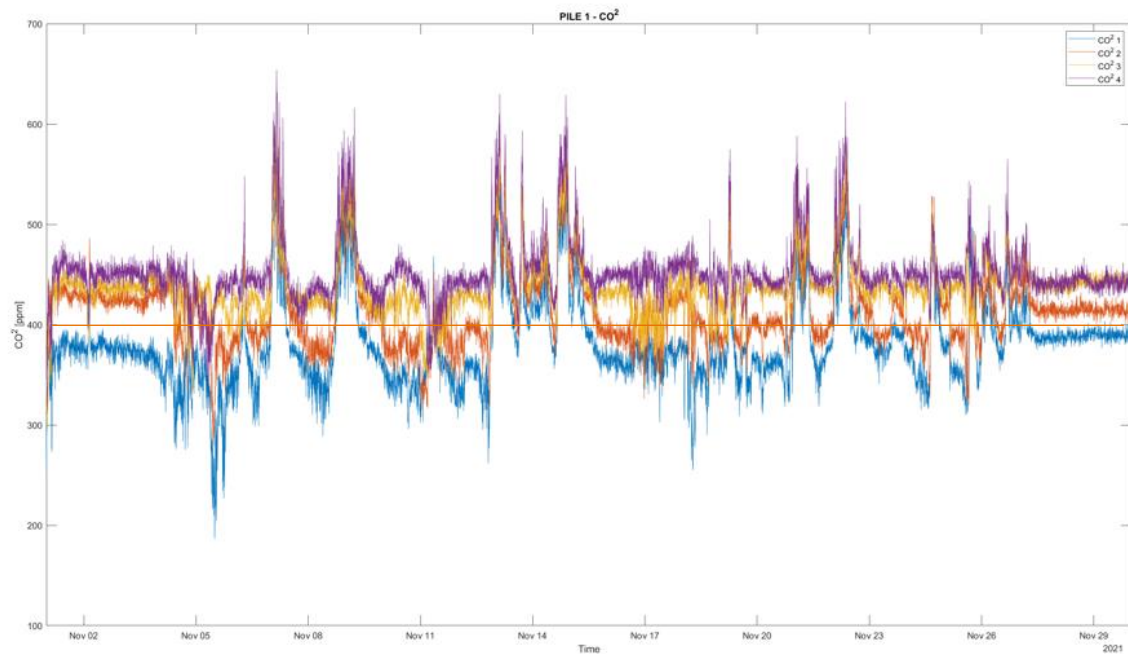


## Seulomaton

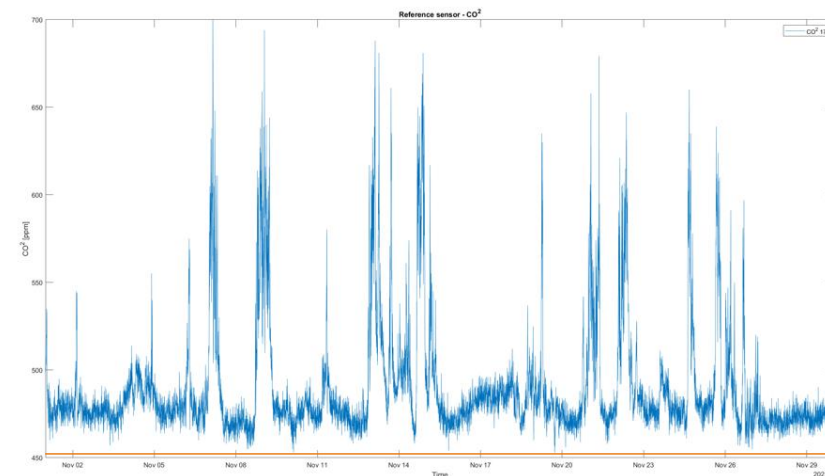


# SEULOTTU KASA, MARRASKUU

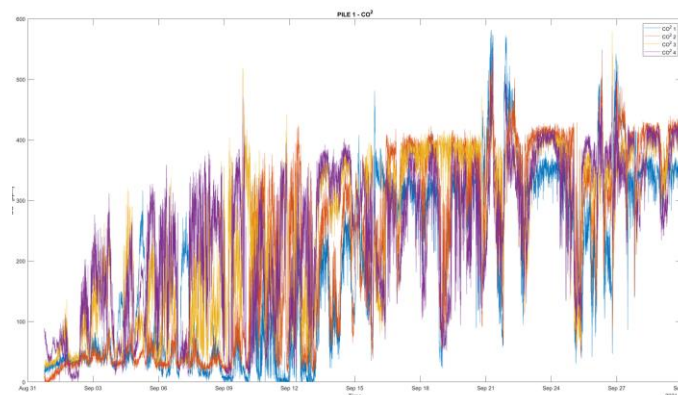
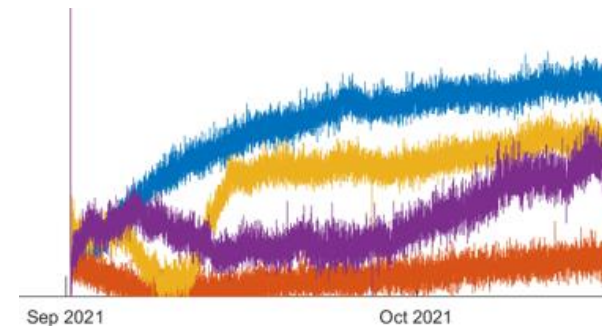
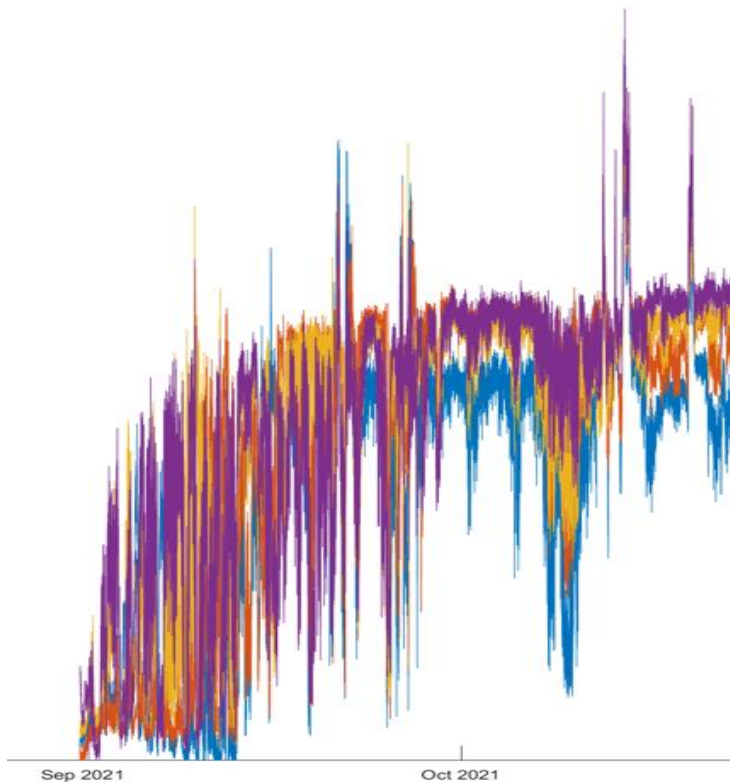
## PILE 1 - CO<sup>2</sup>-Sensors – November 2021



## REF - CO<sup>2</sup>-Sensor – November 2021



# ENSIMMÄINEN KUUKAUSI – TIHEÄN IMUN KAUSI

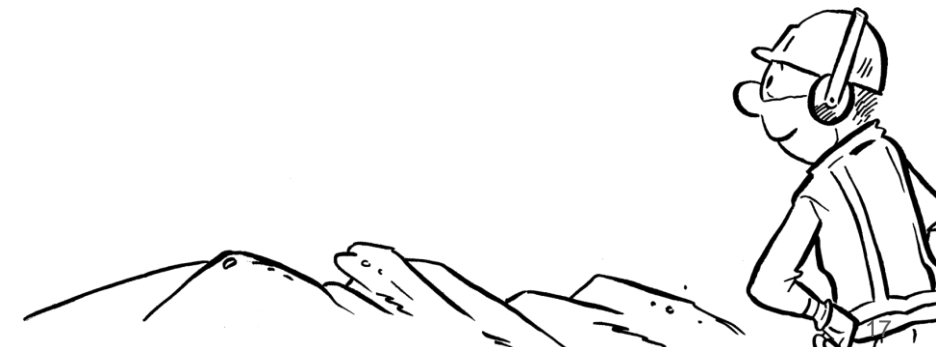
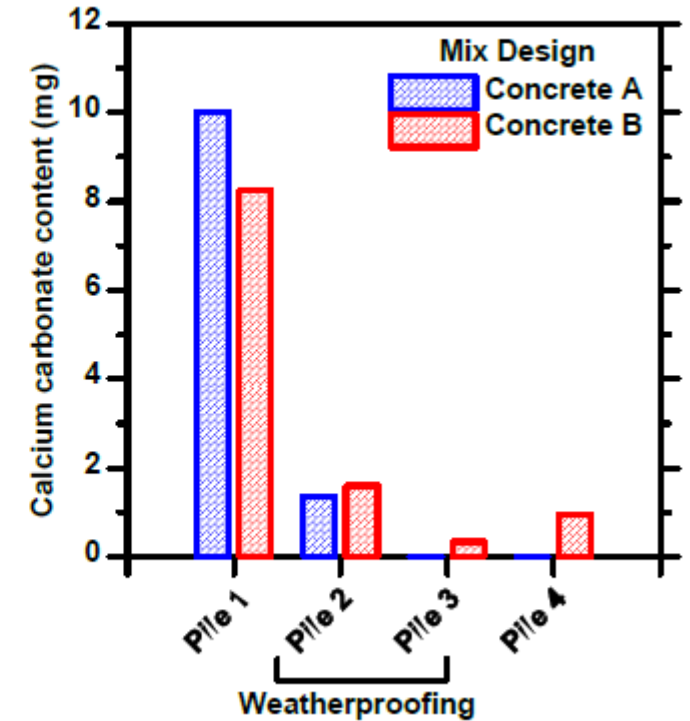
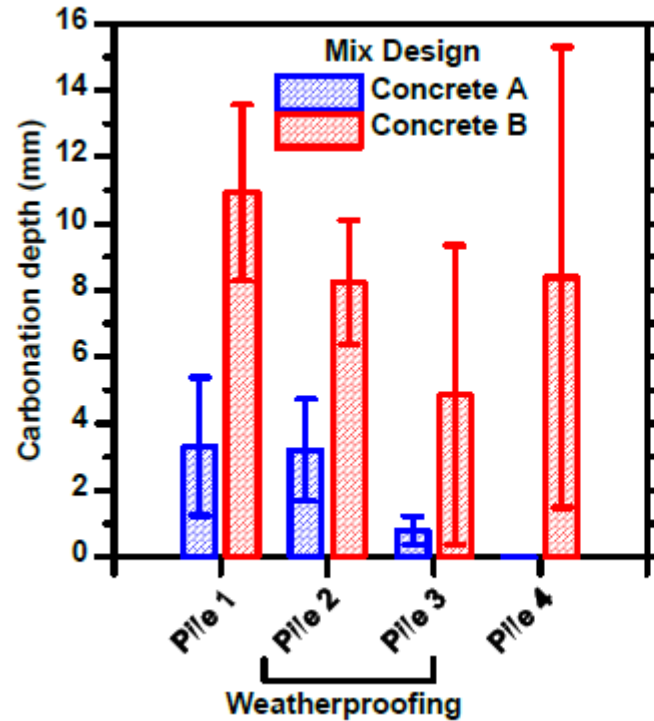




# REFERENSSINÄYTTEET

Vuosi on todella lyhyt aika mitata karbonatisoitumista ja vain yhdeltä syvyydeltä otettujen näytteiden hiilipitoisuus mitattiin.

→ Mittaukset tukivat teoriaa ja olosuhtemittauksia

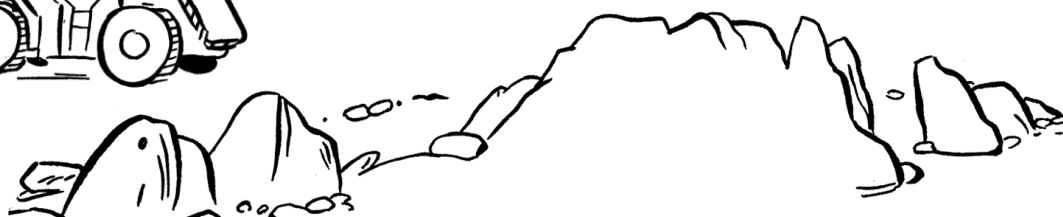
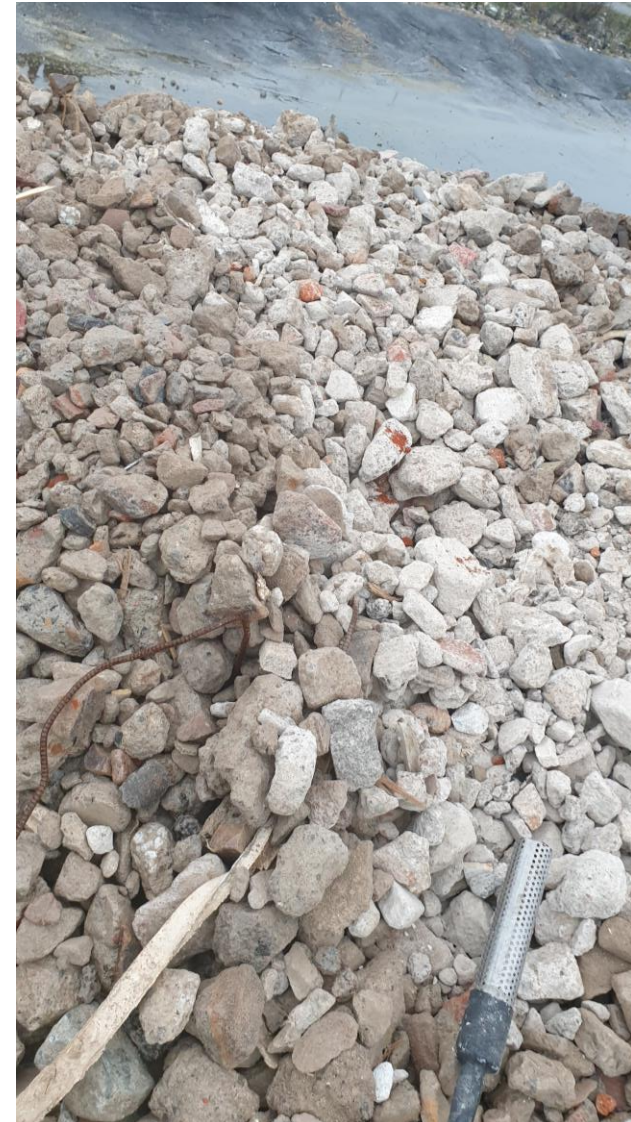
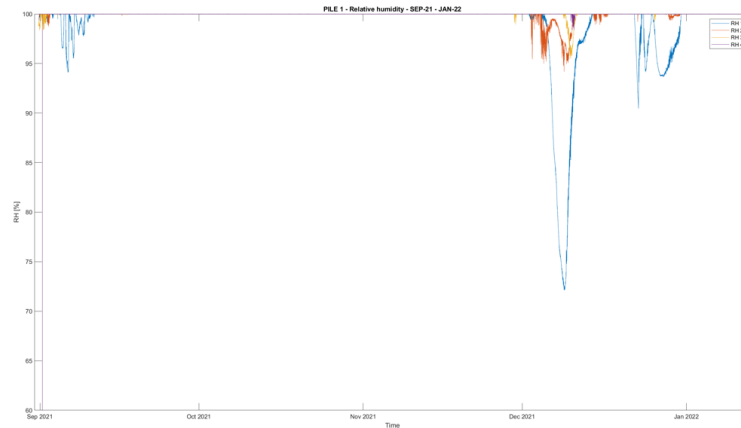


# RELATIVE HUMIDITY

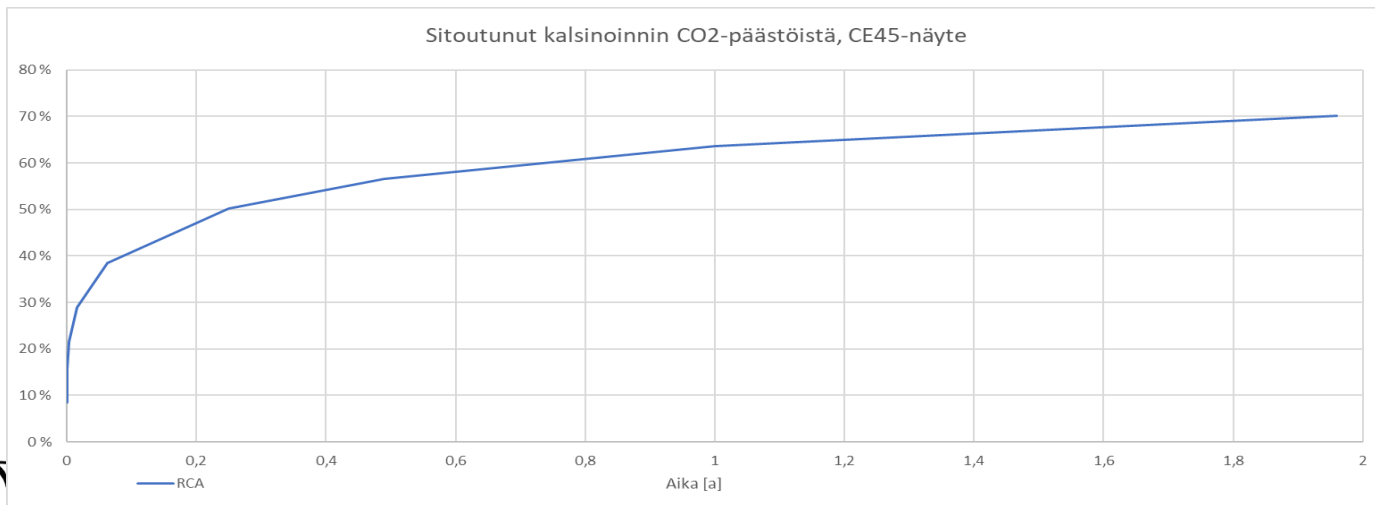
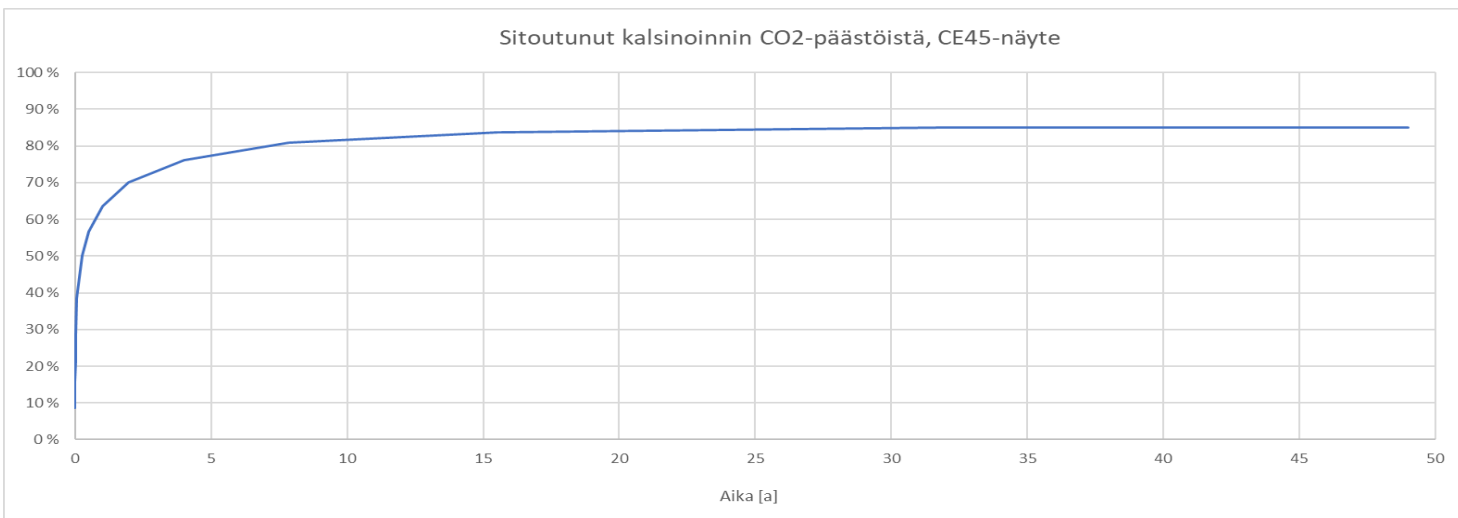
Mittaus ei ensin toiminut kunnolla ja sitten menehtyi talvella

Varsin selkeä indikaatio katetun ja seulotun kasan kuivuudesta; materiaali ei siis ollut saturoitunut

Lisätutkimusta kaivataan seulomattoman massan sisäiseen kosteuteen



# CE45-MURSKEEN CO<sub>2</sub>-ABSORPTIO OPTIMIOLOSUHTEISSA



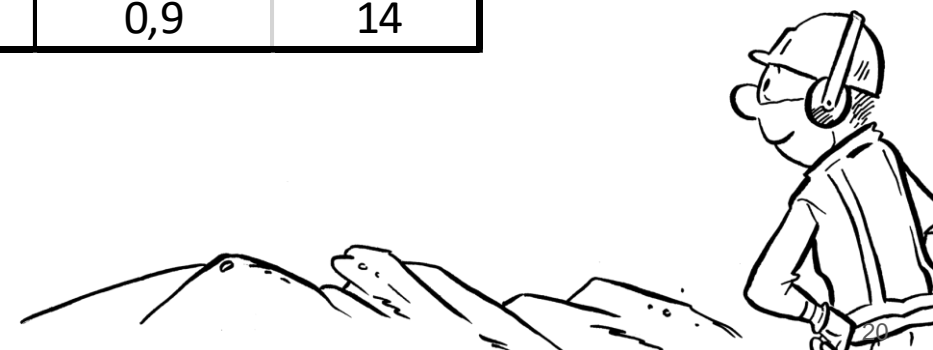
# EROTELLAAN PARTIKKELIEN MUKAAN

- Hienojakeessa heikompi ilmakierto
- Isommissa murikoissa pidempi matka

->10 mm soralla enemmän käyttöä  
maanrakennuksessa

-Onko hienoainekselle käyttöä?

	t_karb-tot.	
	d [mm]	
	<11,2	16-45
k	t [a]	
1	31,4	506
2	7,8	127
3	3,5	56
4	2	32
5	1,3	20
6	0,9	14



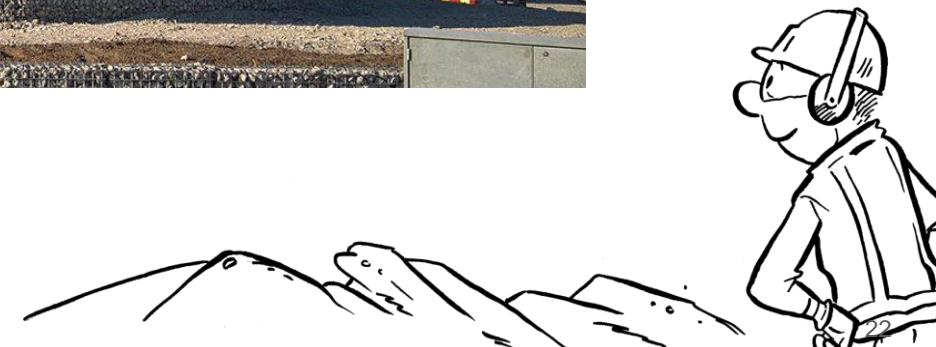
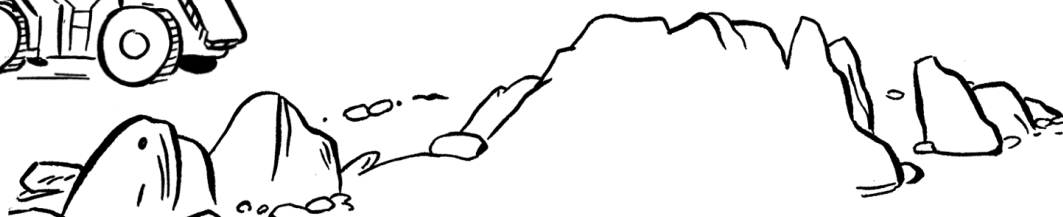
# HIENOJAKEEN KÄYTTÖ

- <10 mm partikkelit muodostavat luokkaa 40 % RCA-massasta (tavanomainen menetelmä)
- Hienoaines sisältää suhteessa enemmän sementtikiveä, kuin isot mötikät (=kemiallinen potentiaali)
- Tämän jakeen käyttöä tutkitaan Åbo Akademin kanssa
  - ÅA tutkinut sivuvirtojen käyttöä maaperässä Matalahdessa, Naantalissa
  - Maamassan stabilointi
  - Maamassan parannus
  - **Hiilensidonta maaperässä**
- Ensimmäisen tutkimuskierroksen tuloksia odotellessa



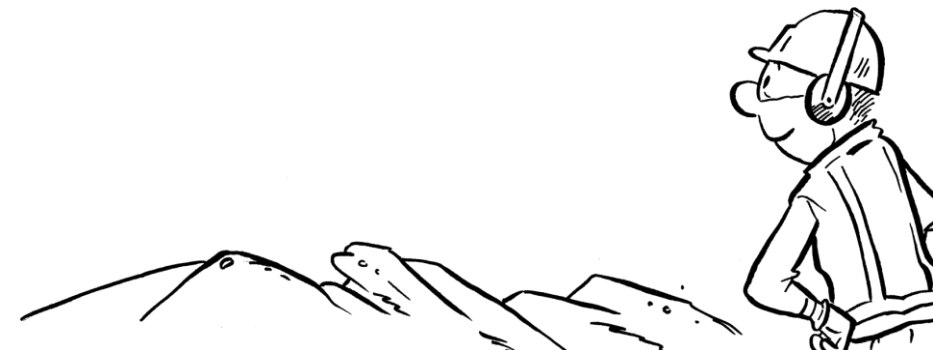
# ”VANHAN” RAKENTEEN MITTAUS

- Länsimäessä, Vantaalla, on Ruduksen 2015 rakentama meluvallirakenne
- Pintakerroksesta otetuista näytteistä mitataan ilmasta sitoutunut hiili
- Tuloksia odotellessa



# EEJ - EI ENÄÄ JÄTETTÄ

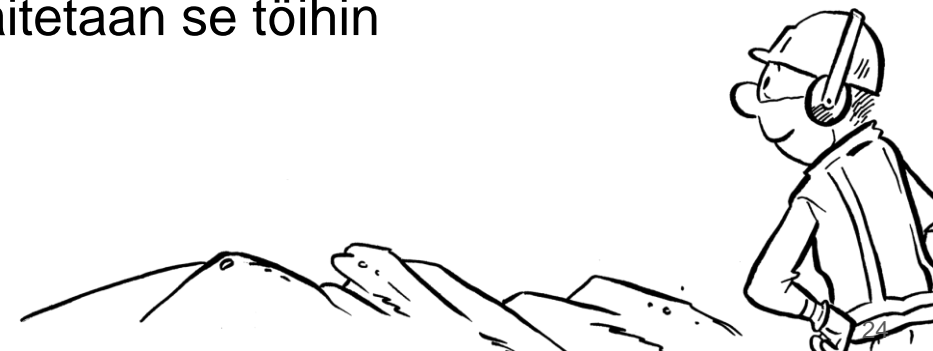
- 1.9.2022 ->
- Kierrätysbetonia voidaan käyttää ilman MARA- tai ympäristölupaehtojen täyttämää, jos EEJ-ehdot täyttyvät
- Betonin alkuperän luokitus: käyttämätön betoni, käyttämätön betoni, käytetty betoni
- Alkuperästä riippuen, ehdot täyttävää betonia voidaan käyttää:
  - Maanrakennukseen, talorakennukseen, viherrakennukseen
  - Betonin uusiokiviaineena
  - Lannoitteena, kalkitusaineena, maanparannusaineena tai kasvualustana



# VEDETÄÄN VÄHÄN YHTEEN HIILEEN

- Betoni sitoo hiiltä eri elämänvaiheissa ja tiedetään myös miten
- Tarkalla betonikanta-analyysillä saadaan varsin tarkasti selville paljonko hiiltä on sitoutunut pysyvästi rakenteisiin, paljonko hiiltä sitoutuu lisää ja mikä on kierrätysvaiheen hiilensidontapotentiaali
- Betonin murskaaminen yli 1000-kertaistaa reaktiivisen pinta-alan ja näin tehostaa hiilensidontaa kierrätysvaiheessa
- Murskeen seulominen parantaa ilmankiertoa kasassa merkittävästi ja mahdollistaa tehokkaan karbonatisoitumisen suuressakin massassa
- Pienempi partikkeli karbonatisoituu nopeasti, vaikka olosuhteet olisivat hieman heikommat

→ Löydetään lisäarvoa kierrätysbetonista ja laitetaan se töihin





# CO<sub>2</sub>NCRETE SOLUTION



LIFE17 IPC/FI/000002  
LIFE-IP CANEMURE-FINLAND  
The LIFE-IP CANEMURE-FINLAND project has received  
funding from the LIFE Programme of the European Union.

**KIITOS!**