

**CO₂NCRETE
SOLUTION**



CO₂NCRETE SOLUTION PRESENTS

BETONIN KIERRÄTYS JA HIILENSIDONTA

Tommi Kekkonen
CO2ncrete Solution –hanke
tommi.kekkonen@betoni.com



CO₂NCRETE SOLUTION

SISÄLTÖ

- Betonin toisen elämän monet muodot
 - Nopea visuaalinen matka betonin kierrätykseen
 - (Mukaiillen varastaen Tiina Kaskiarolta)
- Betonin hiilensidonta ja sen potentiaali
 - Tarinaa CO₂ncrete Solution-hankkeen matkalta

Betonin toisen elämän monet muodot

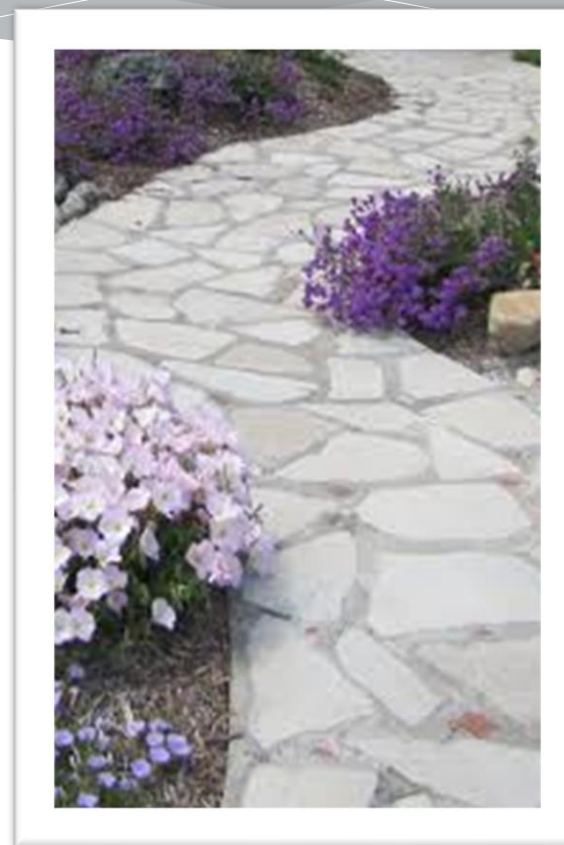
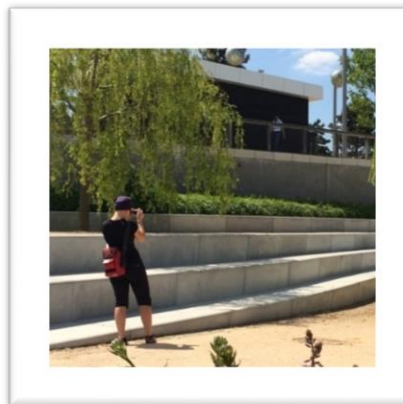
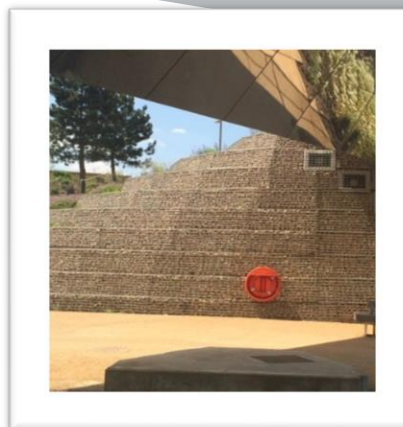


**> 80 %
betonijätteestä
uusiokäytetään**

Uusiokäyttö on Suomessa markkinaehtoista. Sitä ei tueta yhteiskunnan varoin.

TUOTTEIDEN UUDELLEENKÄYTTÖ

1. Rakennneosien uusiokäyttö tai käyttötarkoituksen muutos
2. Uusiokäyttö materiaalina tai runkoaineena
3. Murretut / Leikatut palaset
4. Murske
5. Muiden kierrätysmateriaalien käyttö betonissa



1. Rakennusosien käyttötarkoituksen muutos tai uusiokäyttö



2. Uusiokäyttö materiaalina tai runkoaineena



Rudus, "Uuma"



PV-betonimoduulit



Lontoon Olympiapuisto

3. Murretut / Leikatut palat



Urban Outfitters HQ, Philadelphia



Northaven, Kööpenhamina



OC Great Park, California

4. Murskeena



Sipoonlahden koulu, Sipoo



Rudus, Länsimäki, Vantaa



Viherkatoissa (jonkun kanssa)



4. Murskeena

Maanrakennuksessa



Kivikon pyöräkrossiparkki, Vantaa

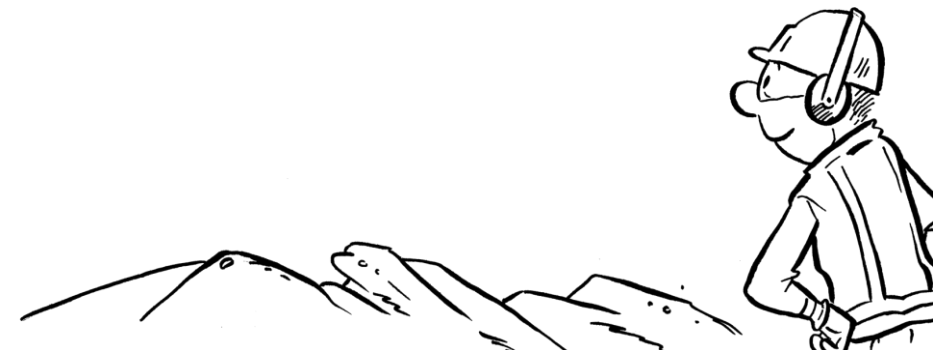
5. Kierrätysmateriaalien käyttö tuotteissa

**Masuunikuona, Lentotuhka,
Jätteenpolton pohjakuona betonituotteissa**



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

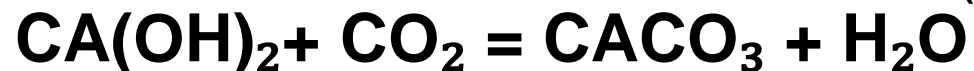




BETONIN HIILENSIDONTA

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/>

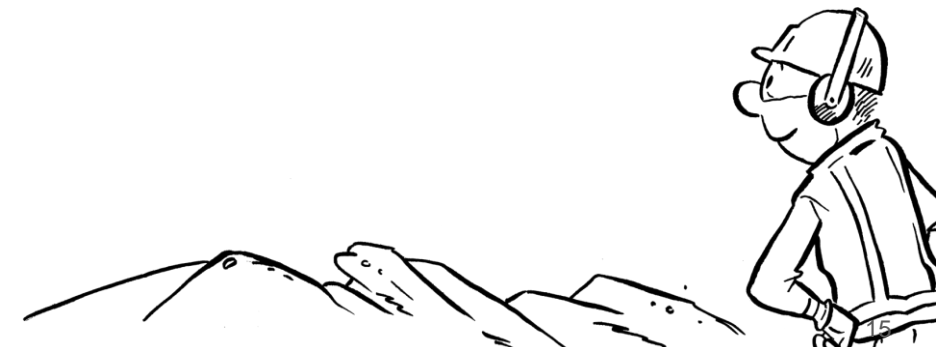
STATE-OF-THE-ART - KIRJALLISUUSTUTKIMUS

- 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

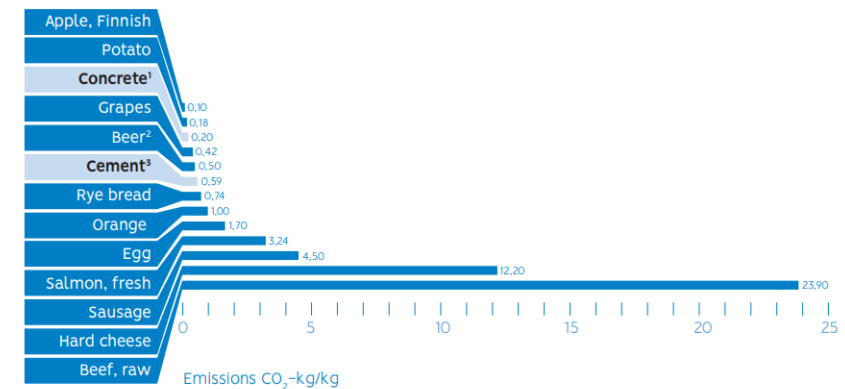


CO₂NCRETE SOLUTION

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

CO₂-ominaispäästöjä



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

¹ Typical ready-mix concrete in Finland

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

³ Finsementti, Environmental report 2019.

SUOMEN BETONIKANNAN SITOMA HIILI

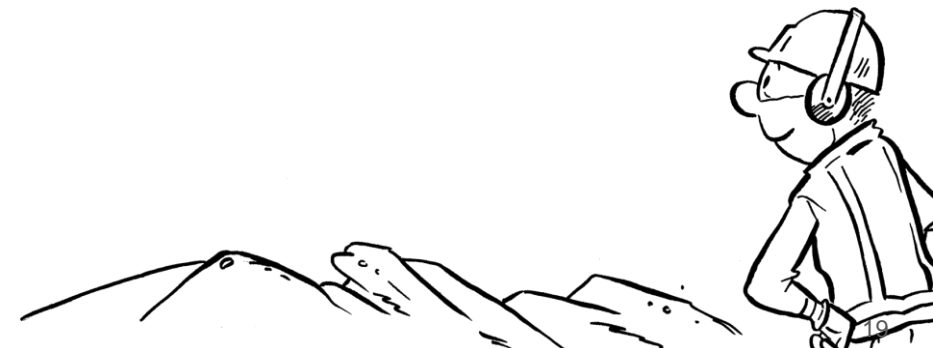
- Suomen betonikanta sitoo pysyvästi 3,5 miljoonaa tonnia hiilidioksidia
 - Tämä on luokkaa 10 % betonikannan kalsinoinnin päästöistä
- Betonikannan vuotuinen hiilinielu on 56000 tonnia hiilidioksidia
 - Tämä on luokkaa 7 % Suomen sementtiteollisuuden päästöistä
- OBS: laskenta ei sisällä purkubetonin osuutta
- Purettavan betonin hiilinielupotentiaali on 76000 tonnia hiilidioksidia vuodessa

CO₂ 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

UUSI MITTAUSMENETELMÄ (TG/DSC/MS + AMS)

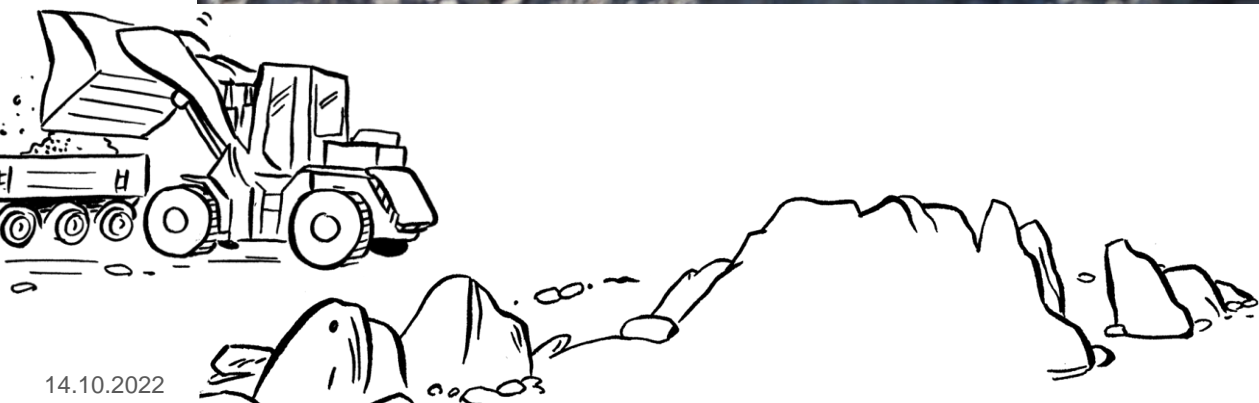
- Pystytään määrittämään betoniin sitoutuneen hiilidioksidin määrä, ilman tarkkaa tietoa näytteen alkuperäisistä ominaisuuksista
- Hiiltä voi esiintyä betonissa myös lisätyn kalkkikiven (sementtiin tai betoninvalmistuksessa) takia sekä kiviaineksen sisältämien karbonaattien mukana
- Käytetty yhdistelmä: TG/DSC/MS + AMS
 - Termogravimetrialla määritetään betoniin sitoutuneen hiilen määrä
 - Kiihdytetyllä massaspektrometrialla selvitetään ilmakehästä sitoutuneen hiilen suhde kokonaishiilipitoisuuteen
- Testinäytteenä käytettiin pihakiveä 90-luvun alusta, joka oli sitonut hiilidioksidia 17,1 kg/t
 - Teoreettinen maksimi n. 40 kg/t



BETONIN KIERRÄTYSVAIHEEN MERKITYS

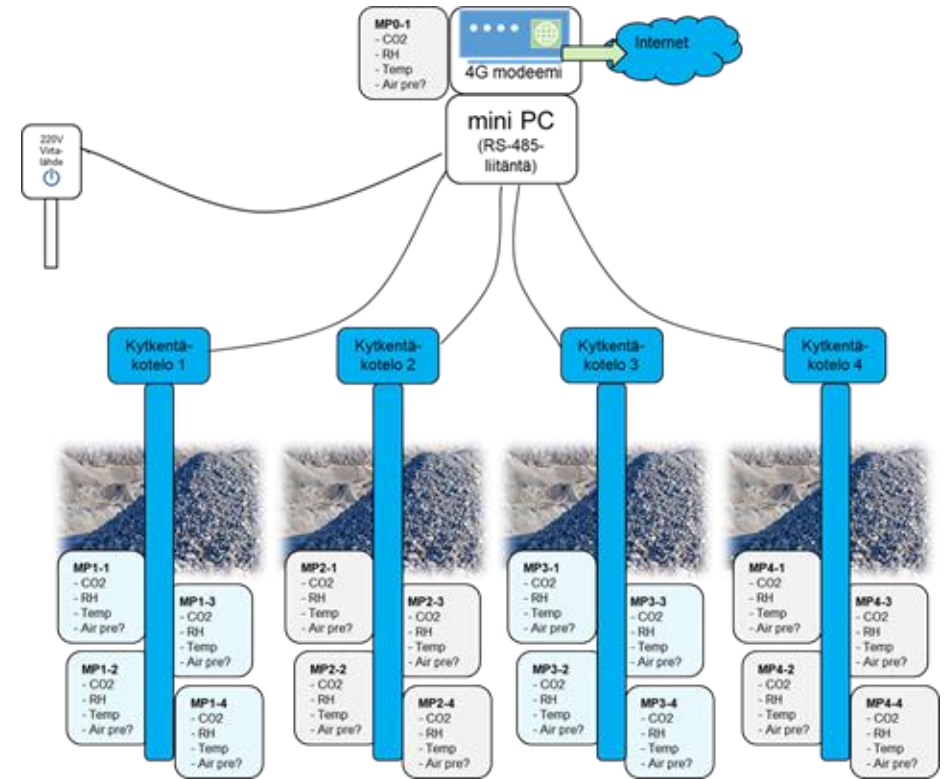


*Reaktiivinen pinta-ala kasvaa
yli 1000-kertaiseksi*



TOPINPUISTO - TURKU

- "The mother pilot"
- Mitataan murskekasassa CO₂-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

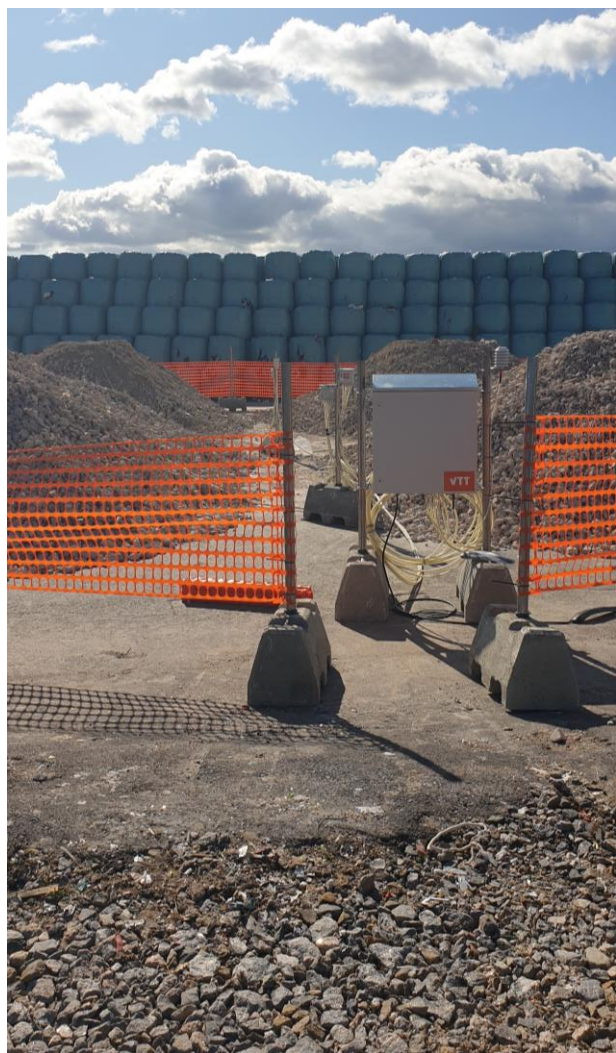


TOPINPUISTO

1.9.2021 →



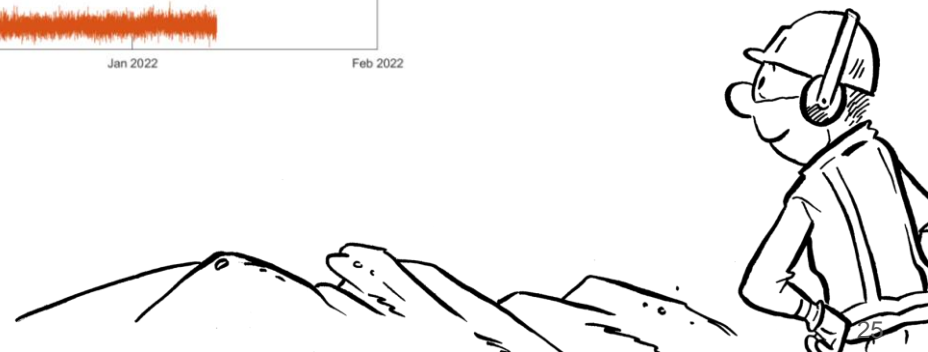
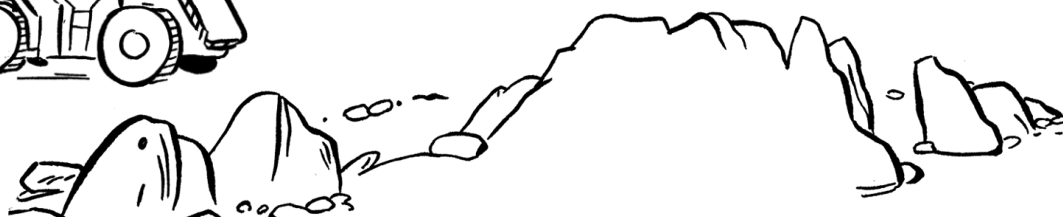
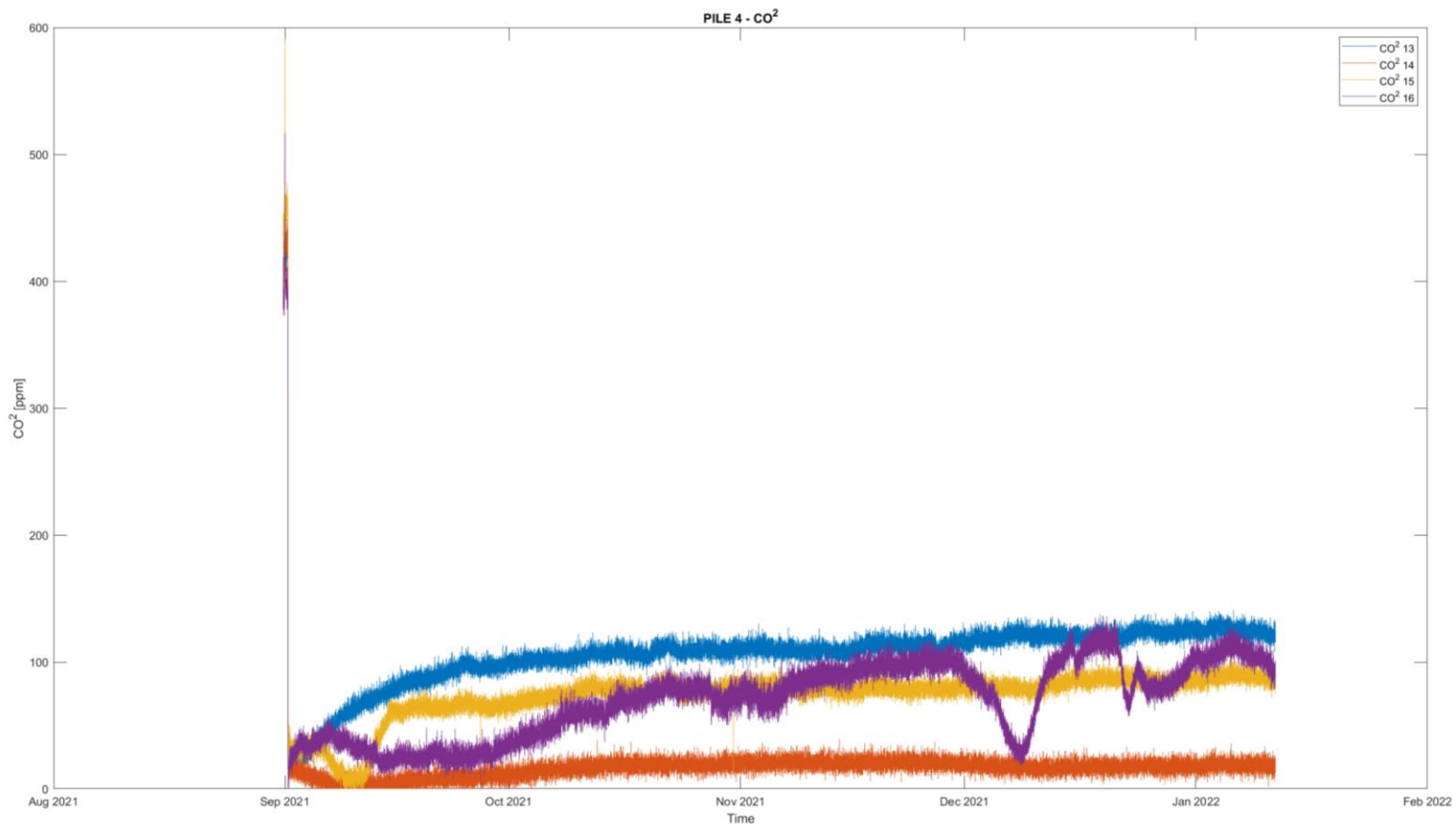
TOPINPUISTO



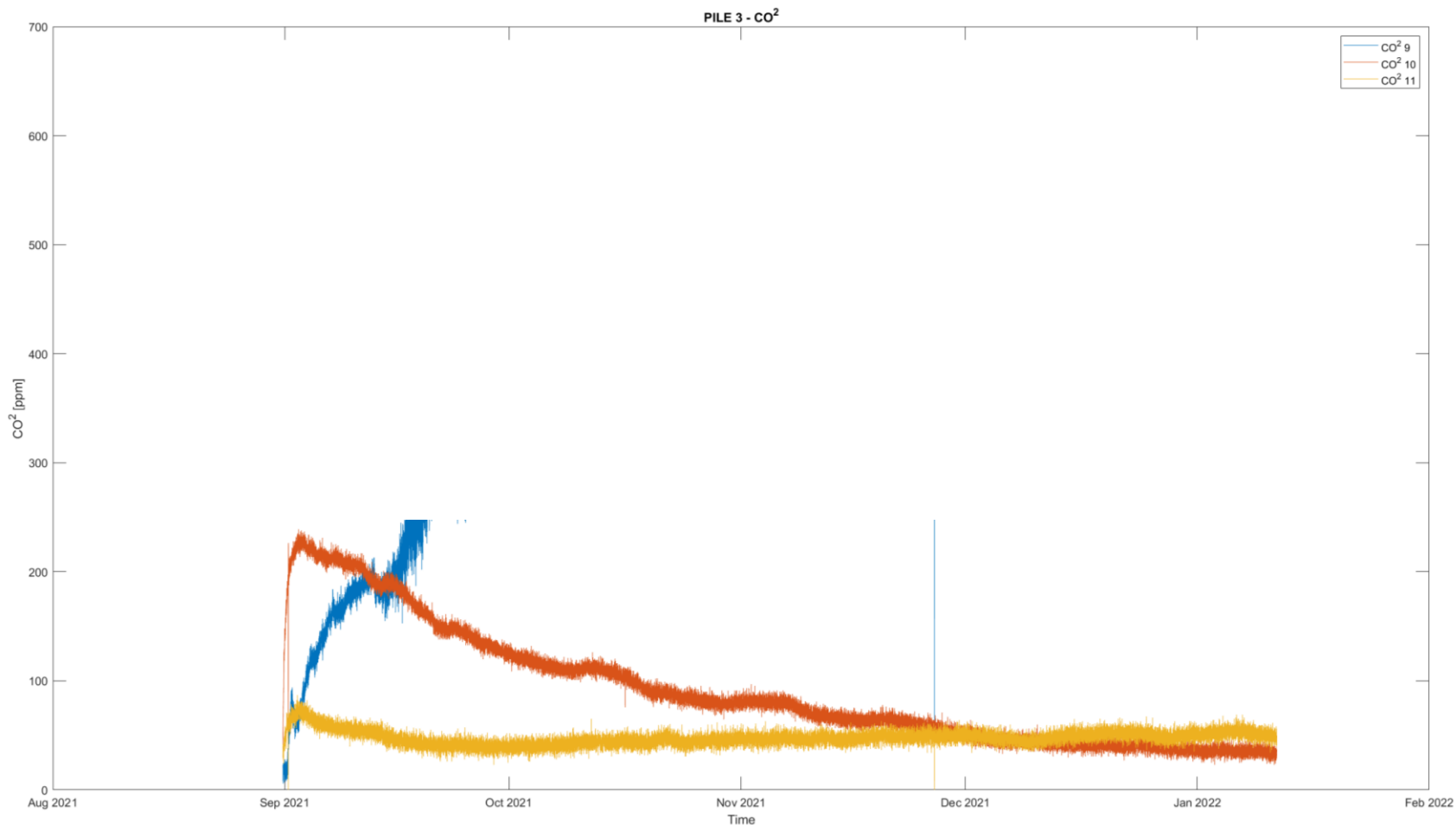
TOPINPUISTO



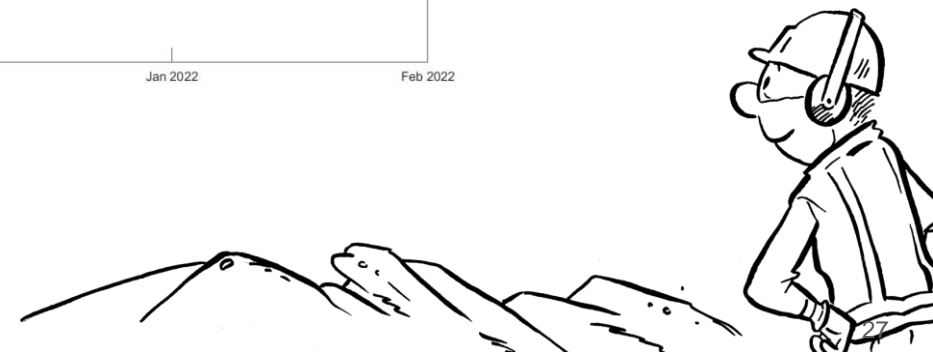
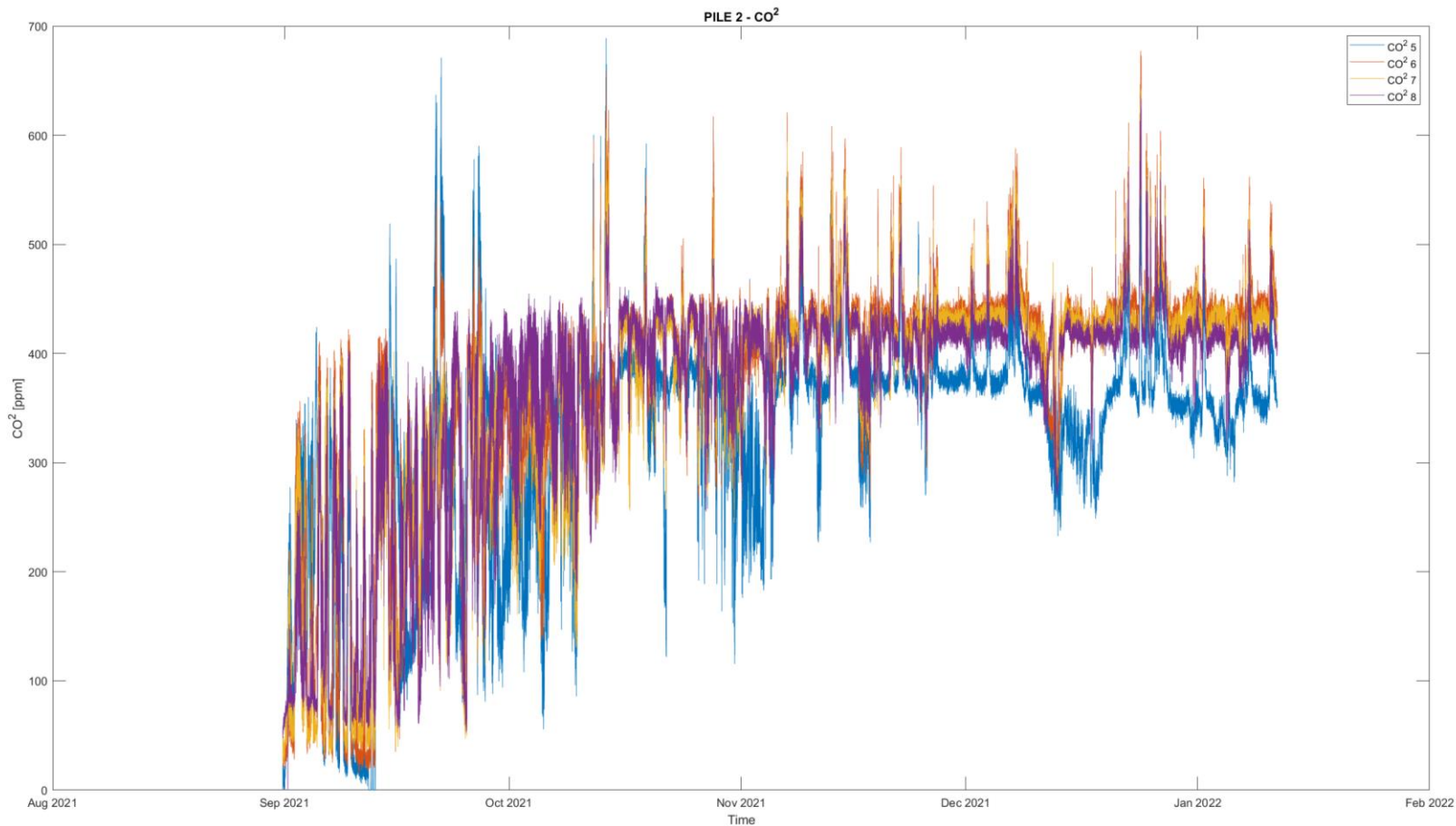
PILE 4: SEULOMATON/KATTAMATON



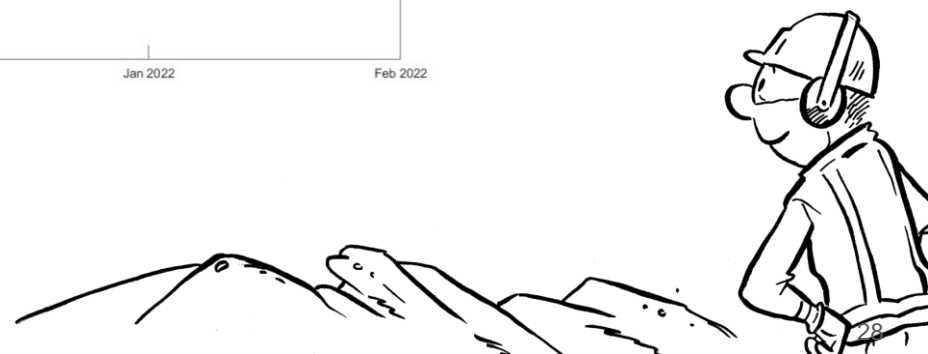
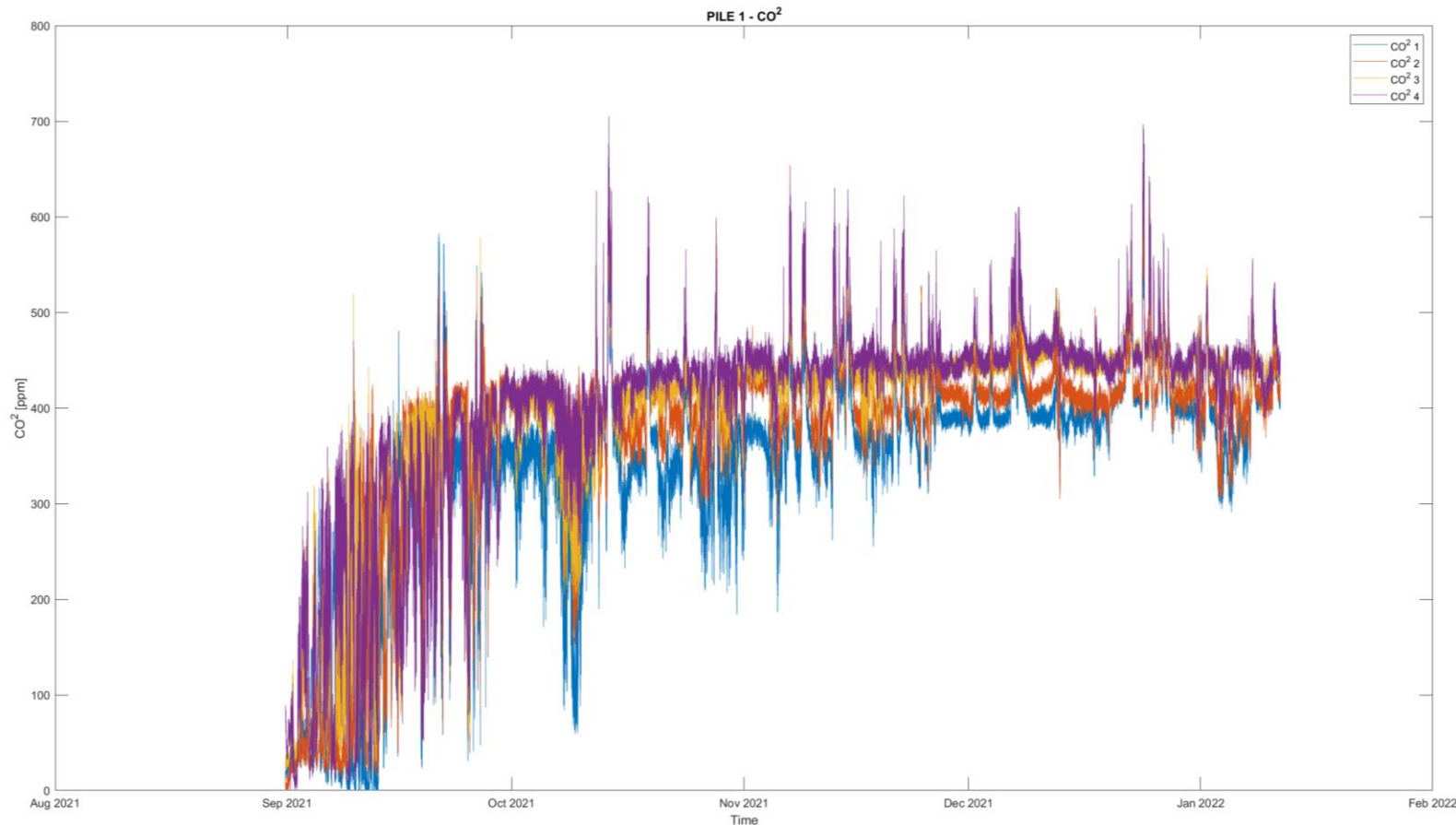
PILE 3: SEULOMATON/KATETTU



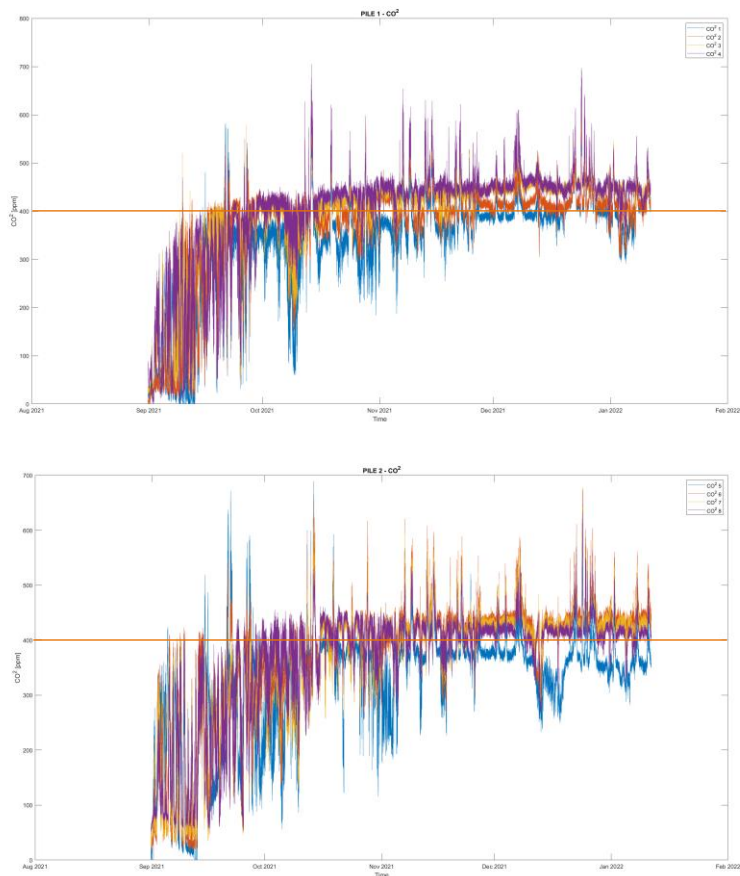
PILE 2: SEULOTTU/KATETTU



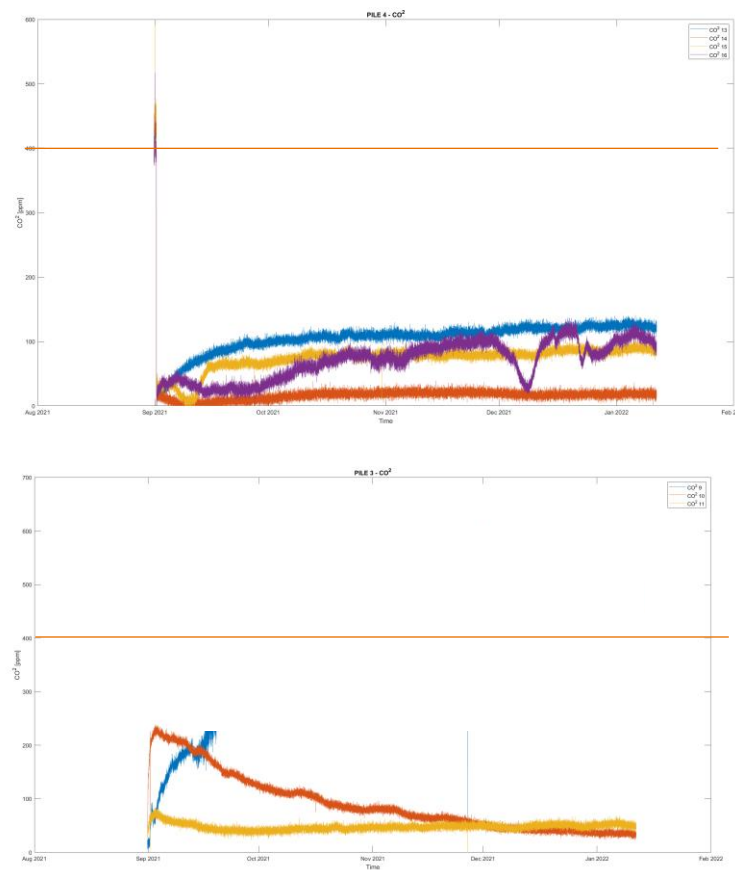
PILE 1: SEULOTTU/KATTAMATON



Seulottu

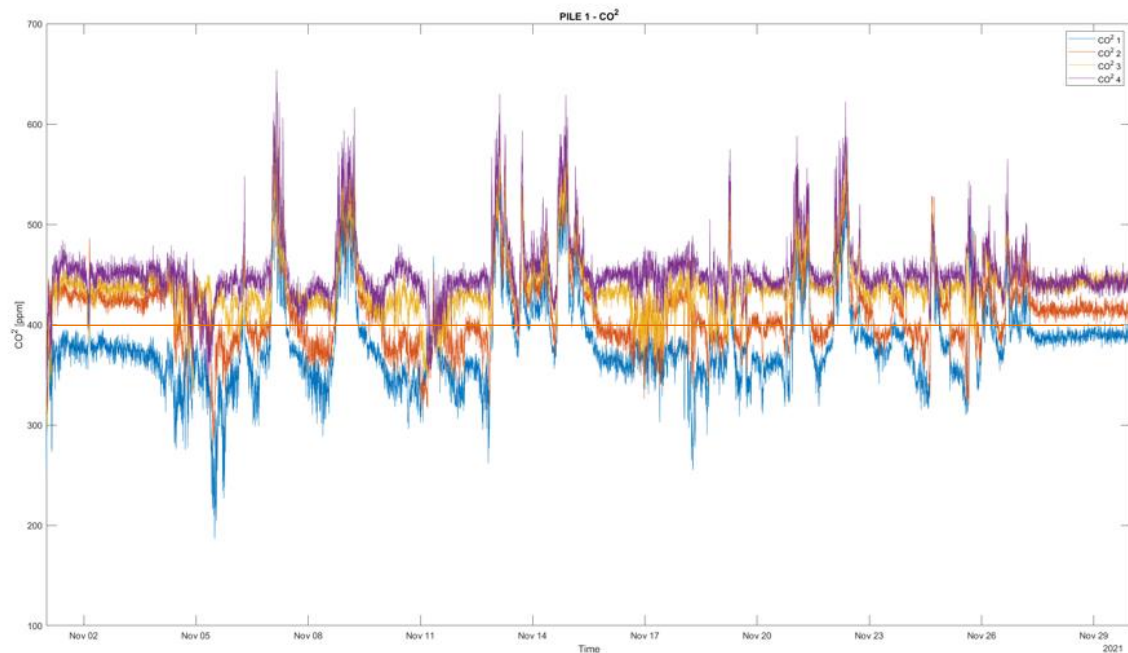


Seulomaton

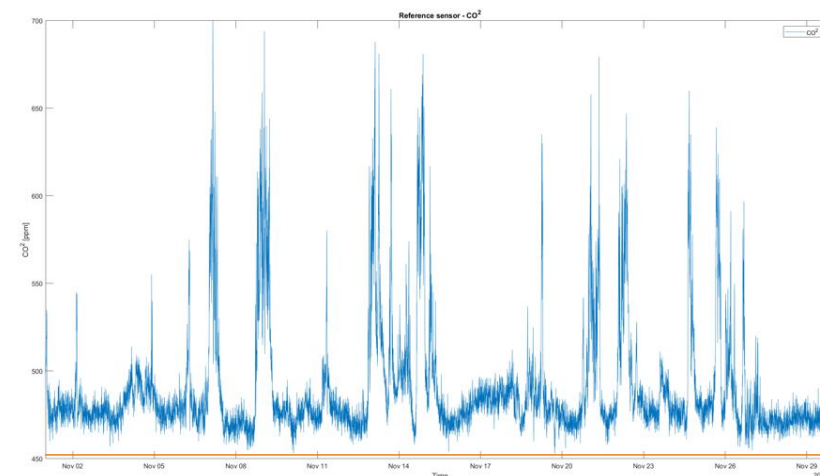


SEULOTTU KASA, MARRASKUU

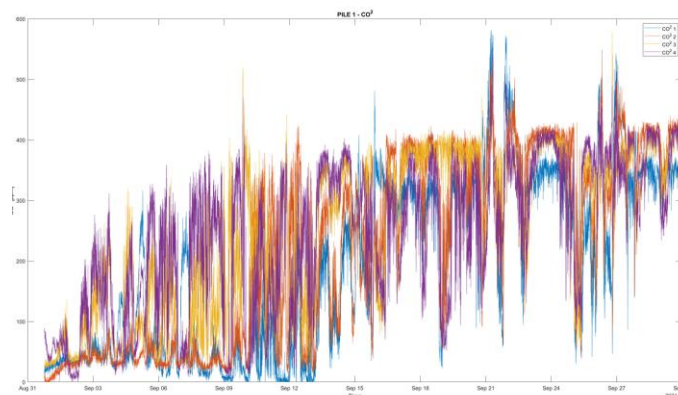
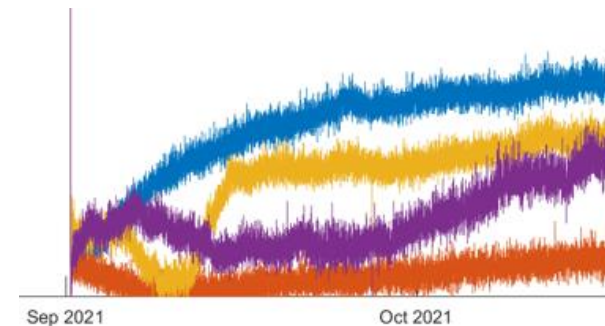
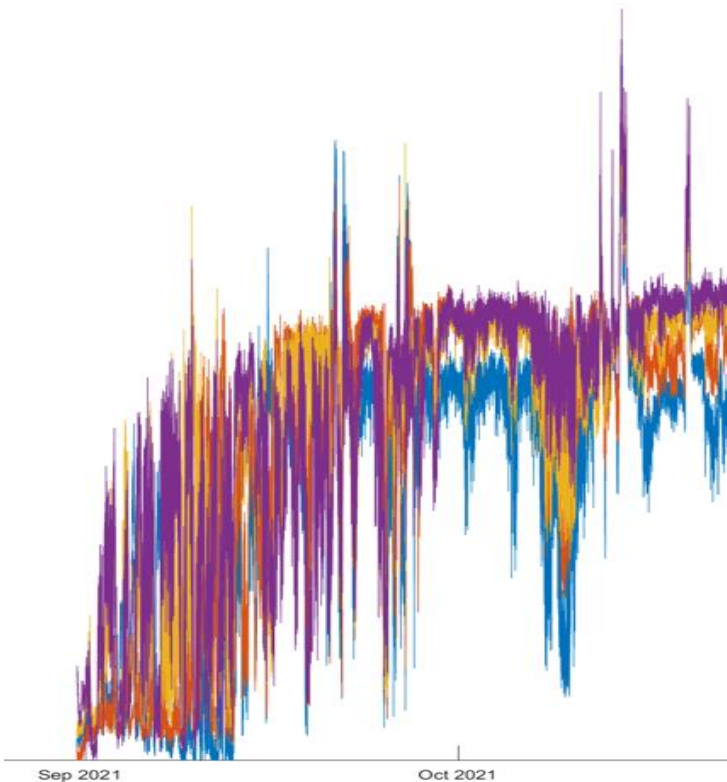
PILE 1 - CO²-Sensors – November 2021



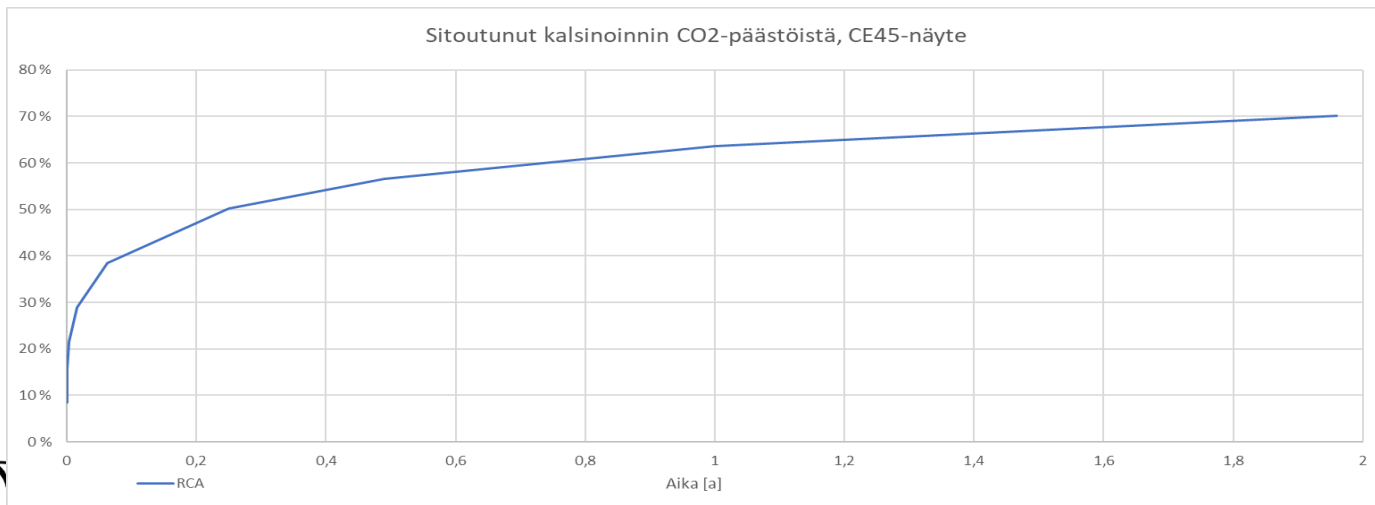
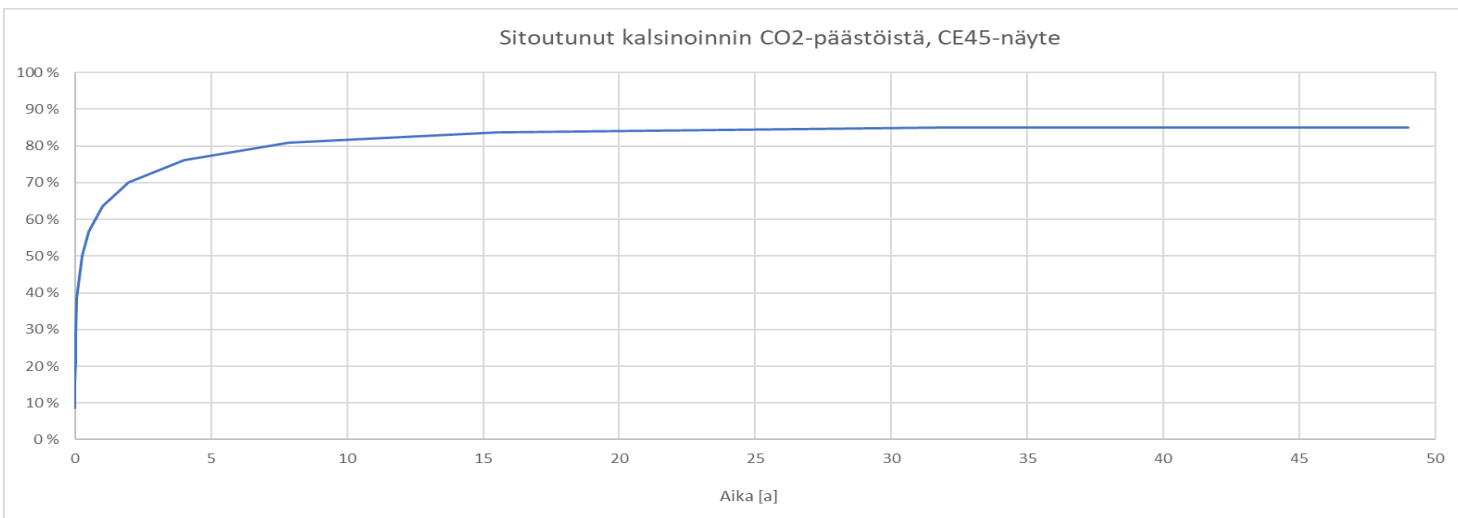
REF - CO²-Sensor – November 2021



ENSIMMÄINEN KUUKAUSI – TIHEÄN IMUN KAUSI



CE45-MURSKEEN CO₂-ABSORPTIO OPTIMIOLOSUHTEISSA



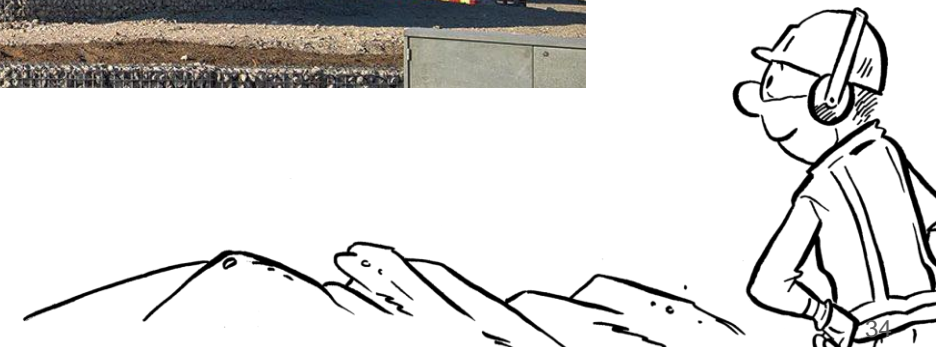
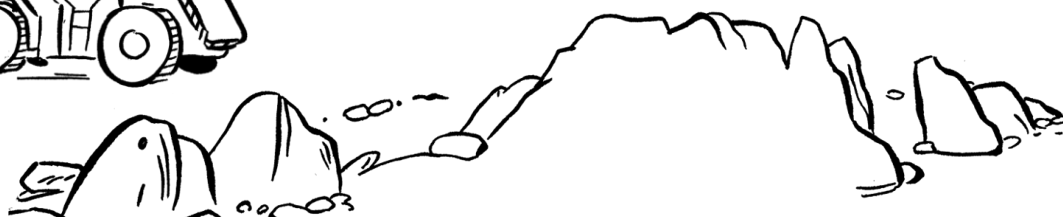
HIENOJAKEEN KÄYTTÖ

- <10 mm partikkelit muodostavat luokkaa 40 % RCA-massasta
- Hienoaines sisältää suhteessa enemmän sementtikiveä, kuin isot mötikät (=kemiallinen potentiaali)
- Tämän jakeen käyttö tutkitaan Åbo Akademin kanssa
 - ÅA tutkinut sivuvirtojen käyttöä maaperässä Matalahdessa, Naantalissa
 - Maamassan stabilointi
 - Maamassan parannus
 - Hiilensidonta m
 - Maaperässä
- Round 1 valmis vielä 2022



”VANHAN” RAKENTEEN MITTAUS

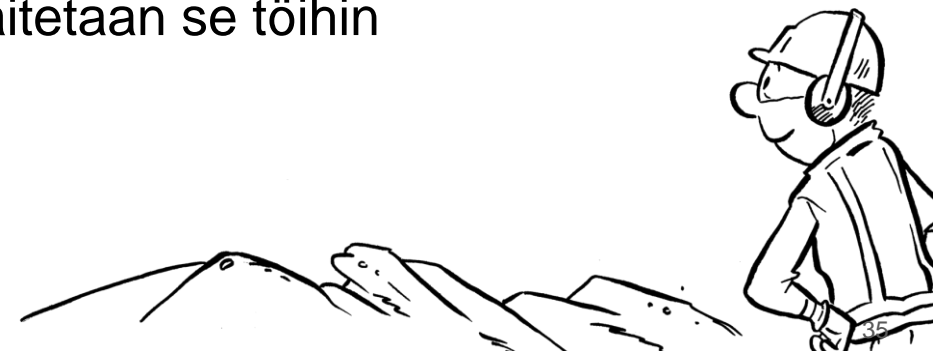
- Länsimäessä, Vantaalla, on Ruduksen 2015 rakentama meluvallirakenne
- Pintakerroksesta otetuista näytteistä mitataan ilmasta sitoutunut hiili



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



CO₂NCRETE 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!