

Hiilidioksidin hyötykäyttö  
sideaineena?

# Johdanto

# Carbon Curing

---

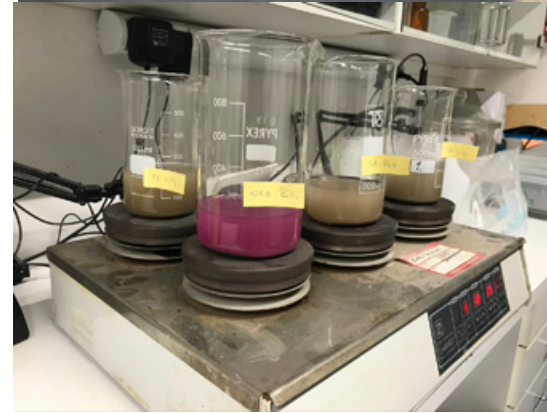
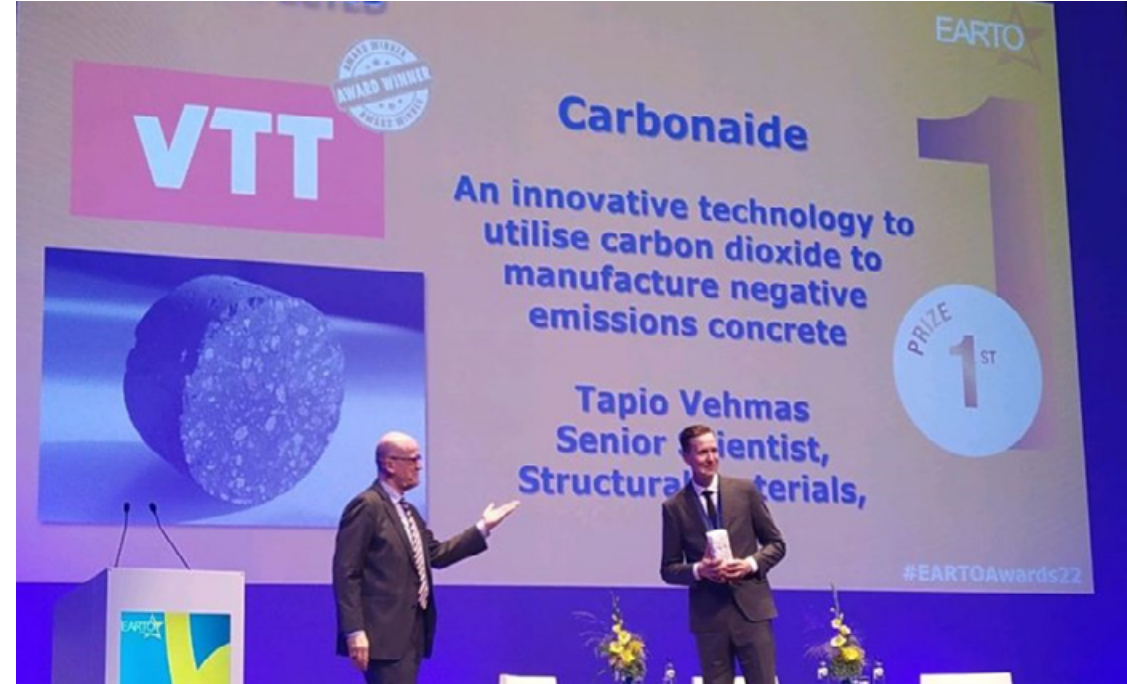
- Carbon curing prosessissa betoni altistetaan kovettumisen aikana hiilidioksidille.
- Kovettuva betoni reagoi hiilidioksidin kanssa muodostaen erilaisia karbonaattimineraaleja
- Hiilidioksidi sitoutuu pysyvästi karbonaattimineraaleihin.
- Karbonaattien muodostuminen parantaa myös betonin mekaanisia ominaisuuksia ja nopeuttaa tuotantoa.
- Menetelmä yhdistää hiilidioksidin pysyvän varastoinnin sekä hyötykäytön sideaineena.



# Johdanto Carbonaide Oy

---

- Carbonaide on Carbon curing prosessia kehittävä ja kaupallistava startup yhtiö.
- Teknologian juuret ovat Teknologian tutkimuskeskus VTT:ssä jonka tutkimustyöhön menetelmä perustuu.
- Carbonaide aloitti itsenäisenä yrityksenä vuoden 2022 lopussa.





# Hollolan teollinen pilotlaitos

---

- Maailman ensimmäinen Carbonaide prosessiin perustuva tuotantolinjasto sijaitsee Rakennusbetoni- ja Elementti Oyn Hollolan betonituotekoneella.
- Pilotlaitteiston aluslevykapasiteetti on 430, kahdessa kovetustilassa.



Hiiid ioksid ikäsittelyn  
mahdollisuudet



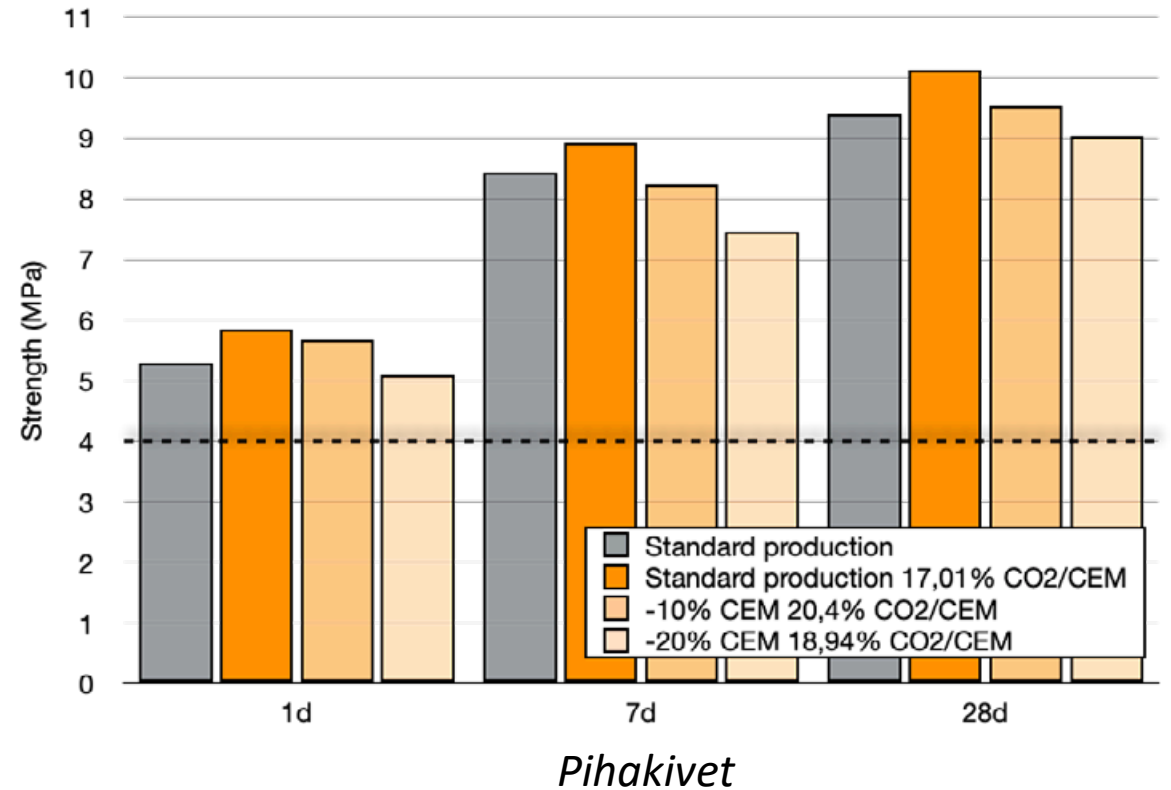
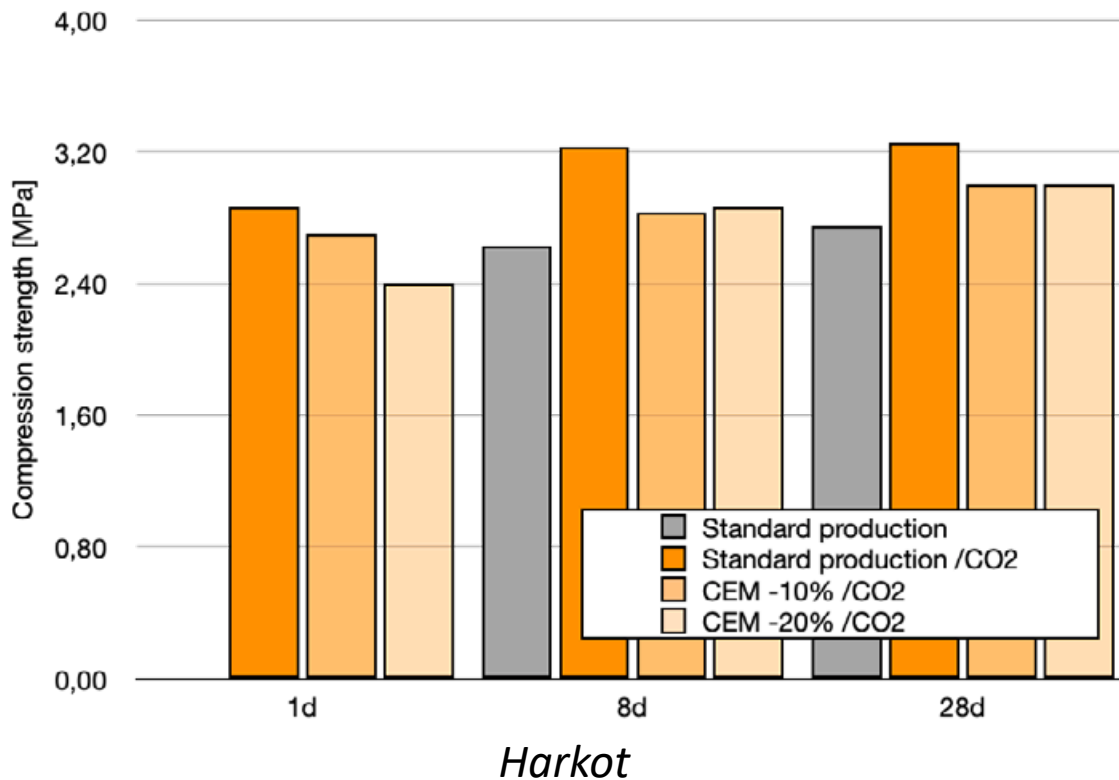


# Sementin osittainen korvaaminen hiilidioksidilla

---

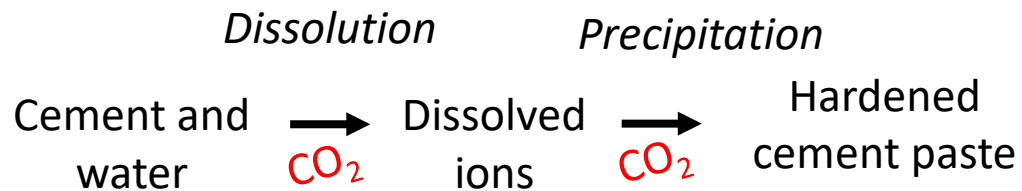
- Betonin hiilidioksidikäsitteily mahdollistaa 20 % sementinvähennyksen täysi-ikäisessä tuotteessa.
- Hiilidioksidikäsitteily tiivistää mikrorakennetta.
  - Karboalumiinien muodostuminen.
  - Belitin aktivointi.
  - Portlandiitin korvautuminen kalkkikivellä.
  - C-S-H:n polymerisoinnin lisääntyminen.
- Valitulla käsittelymenetelmällä on vaikutusta saavutettuun sementinvähennykseen.

# Pilotoinnin tuloksia



# Nopeutunut alkuvaiheen lujuudenkehitys

- CO<sub>2</sub> on voimakas kiihdytin ilman merkittäviä haittoja.
- Hiilidioksidi saostaa amorfista kalsiumkarbonaattia joka toimii nukleatioalustana muille reaktiotuotteille.
- CO<sub>2</sub> lisää sementin liukoisuutta.
- “Carbon Curing” vaikuttaa molempiin reaktionopeutta rajoittaviin tekijöihin.

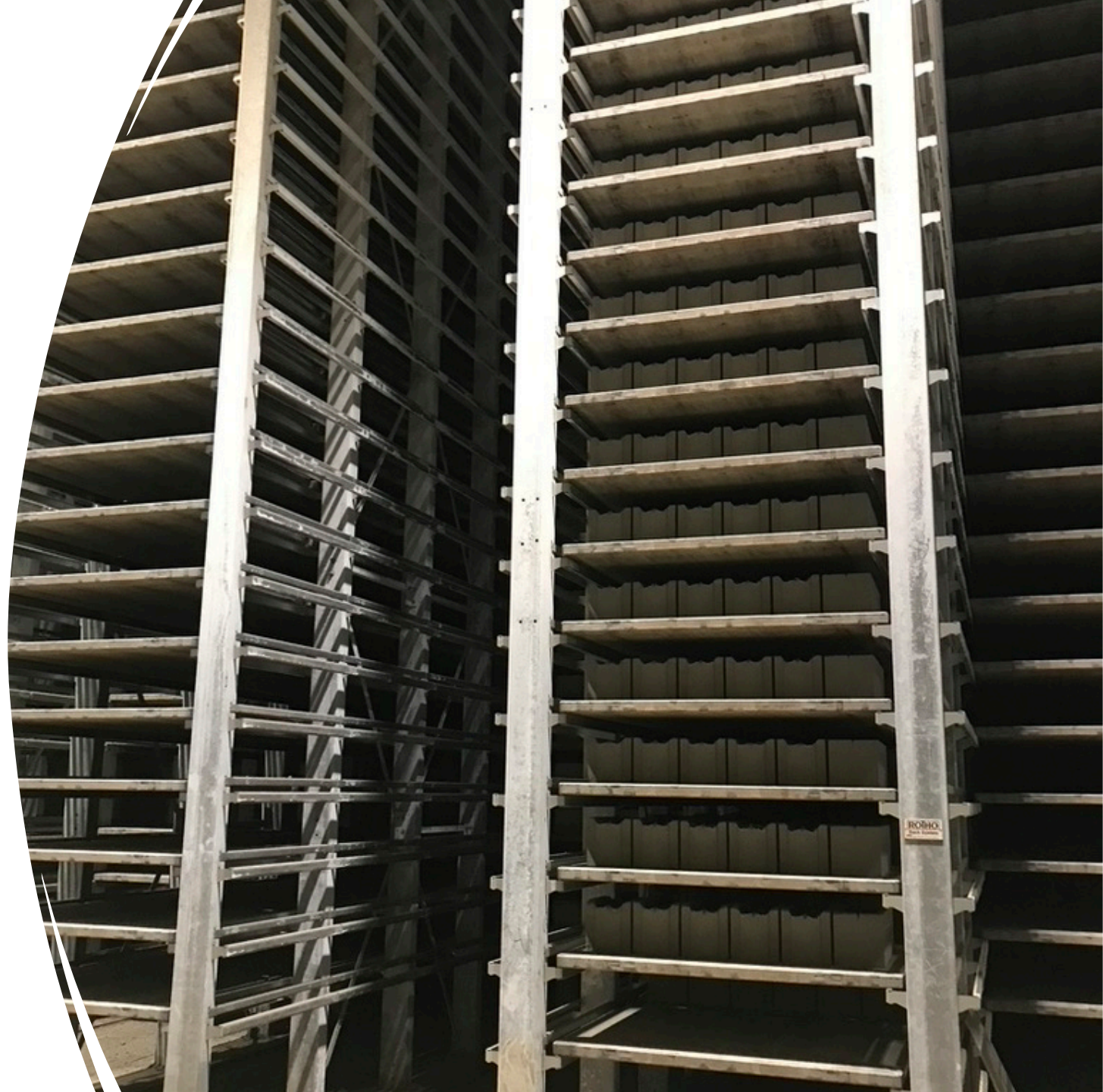




# Kalkkihärmeen eliminointi

---

- Karbonisoituminen sitoo kalkan stabiiliksi kalsiumkarbonaatiksi jolloin kalkkiperäisen härmeen muodostuminen estyy.



# Uudet seos ja sideaineet

---

- Karbonisointi mahdollistaa kalsiumrikkaiden tuhkan hyödyntämisen
  - Puutuhkat yms.
- Ei-reaktiivisten kuonien hyödyntäminen.
  - Ruostumattoman teräksen kuonat
  - Konventterikuonat, valokaarikuonat, yms.
- Hiilinegatiivinen betoni.





# Tekninen hiilidioksidivarasto

---

- Carbon curing hyödyntää sementin käyttämätöntä karbonisoitumispotentiaalia.
- Potentiaali muodostuu sementinvalmistuksen / lämpökäsittelyjen yhteydessä.
- Hiilidioksidivaraston hyödyntäminen.
  - EU-ETS alaisten päästöjen sidonta
  - Biogeenisen hiilen sidonta ja hiilen poistomarkkinat.

# FAQ: Säilyvyys

---

**Table 1.** Effect of carbonation curing on the durability of concrete.

Carbonation Time (h)	Durability Index	Improvement	References
2	Frost resistance	+55%	[27]
12	Surface resistivity	+608%	[76]
	Resistance to chloride ion attack	+34%	
6	Water absorption rate	−66.5%	[29]
	Resistance to chloride ion attack	+42.7%	
12	Porosity	−2%	[75]
	Surface resistivity	+734%	
	Resistance to chloride ion attack	+53.8%	

# FAQ: höyry vs. Carbon curing

at. [30] performed carbonation curing and steam curing on lightweight concrete blocks separately and found that the effect of carbonation curing and steam curing was comparable to that of steam curing for 18–24 h, which greatly reduced the curing time, improved the production efficiency, and reduced energy consumption.

**Table 2.** Comparison of the effects of carbonation curing and steam curing [27].

Methods	Compressive Strength (MPa)		Electric Flux (C)		Surface Resistivity (kΩ cm)	Mass Loss Rate of Freeze-Thaw Cycles (%)		Permeability (s)
	20h	28d	2d	28d		10%	20%	
Steam Curing	26.5	36.8	9861	6028	13.4	16.4	67.7	61
Carbonation Curing	23.3	38.9	2898	965	42.7	0.3	8.6	391
Standard Curing	17.0	22.1	4386	1321	41.3	6.5	19.2	155
Carbonation Curing	23.3	38.9	2898	965	42.7	0.3	8.6	391
Standard Curing	17.0	22.1	4386	1321	41.3	6.5	19.2	155

# Teknologian seuraavat askeleet



# Pilotoinnista tuotantoon

---

- Ensimmäisten kaupallisten tuotteiden lanseeraus markkinoille. Q1/2024
- Ensimmäiset hiilensidonnan tuotteet kansainvälisille markkinoille. Q3/2024
- Hiilinegatiiviset tuotteet. Q4/2024



# Taloudellisen optimin määrittäminen

---

- Carbon curing tuo taloudellista lisäarvoa betonituotteiden ja elementtien arvoketjuun.
- Seuraavaksi on tärkeää määrittää taloudellisesti toimivin malli ja mahdollistaa investoinnit arvoketjussa.
  - Betonituotevalmistajalle edullisemmat tuotantokustannukset pienemmällä hiilijalanjäljellä.
  - Päästölähteelle varastointimahdollisuus.
  - Uusista seos- ja sideaineista kustannustehokkuutta.
- Carbonaide teknologia on “vihreä betonin” tulevaisuusvakuutus.
- Teknologiaan liittyvän investoinnin hinta tiedetään Q1/2024 lopussa.





*Thank you!*

---

“We are the first generation to feel the impact of climate change and the last to be able to do anything about it.”

-Barack Obama-



---

Tapio Vehmas  
CEO

Carbonaide Oy  
tapio.vehmas@carbonaide.com  
tel.+358405911589  
carbonaide.com