



Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden
korkeakoulu

Betonin
eKesäkokous

28.8.2020

Betonitekniikan kuulumiset

AALTO-YLIOPISTO

Jouni Punkki
Professor of Practice
Betonitekniikka
28.8.2020

Sisältöä

- **Ajankohtaista: Betonitekniikan opetus Aallossa**
- **Ajankohtaista: Betonitekniikan tutkimus Aallossa**
- **Betonitekniikan tutkimus globaalisti**

Betonitekniikan opetus

Opetus

Betonitekniikka

- **Kolme betoni-kurssia, á 5 op**
 - Lisäksi Rakennusmateriaali-kurssi on betonipainotteinen
- **Maisteri-tason kursseja, 1. vuoden maisteriopinnoissa**
- **Aallossa maisteritason opetus englanniksi**
 - Ulkomaalaisia n. 30%

Opiskelijamäärät, kurssi	2016	2017	2018	2019	2020
Building Materials Technology	99	105	99	99	
Concrete Technology	22	47	57	56	56
Production Tech. of Concrete Struct.	30	30	53	45	37
Experimental Methods in Building Materials	23	22	21	18	21

Diplomityöt betonitekniikasta

Rahoitus	2017	2018	2019	2020 EST
Aallon rahoittamat	4	5	1	5
Ulkopuolisten rahoittamat	4	6	7	2
YHTEENSÄ	8	11	8	7

Tavoite: 6...8 kpl/vuosi, max. 10 kpl/vuosi

Yhteensä valmistunut d-töitä: 28 kpl

Aallon rahoittamat d-työt (Apuraha)

- **Kirsi Heikkinen**: *Kuitubetonin taivutuskapasiteetti eri kuitutyyppejä käytettäessä.*
- **Farid Ullah**: *Early age autogenous shrinkage and long-term drying shrinkage of fibre reinforced concrete.*
- **Teemu Ojala**: *Analyzing the air-entrainment of fresh concrete with acoustic measurement system.*
- **Ville Repo**: *Fine grained crushed stone aggregate in concrete.*
- **Adnan Syed**: *Development of Ultra-High Performance Fiber Reinforced Concrete. 02/18.*
- **Nithes Nadrajah**: *Development of concrete 3D printing. 08/18.*
- **Soma Janka**: *Non-destructive measurement of air content of hardened concrete. 08/18.*
- **Mohammed Ramadan**: *Determination of air content of hardened concrete. 11/18.*
- **Ammad Tauqir**: *Determination of water-cement ratio of concrete. 11/18*
- **Toni Makkonen**: *Frost resistance of high-strength concrete with low air content. 09/19*
- **Mikke Suominen**: *Betonin työstettävyyden automaattinen mittaaminen.*
- **Srivathsa Hulikal Muralidhar**: *Mechanical properties of ultra-high performance concrete*
- **Hassan Ahmed**: *On-line monitoring of compaction of concrete*
- **Jussi Forss**: *3D-printing of concrete moulds*
- **James Roney**: *"Design and production of curved concrete structures" (in cooperation with prof. Günther H. Filz)*

Betonitekniikan tutkimus



Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden
korkeakoulu

Aalto – Betonitekniikka

Keskeiset tutkimusalueet

Tutkimuksen painopistealueet:

- 1. IoT Betonirakentamisessa (ICT ja digitalisaatio)**
- 2. Kuitubetonit (Innovatiiviset ratkaisut)**
- 3. Resurssitehokkuus**

Lisäksi merkittävästi tutkimusaktiviteetteja

- Betonin tiivistäminen ja betonin erottuminen**

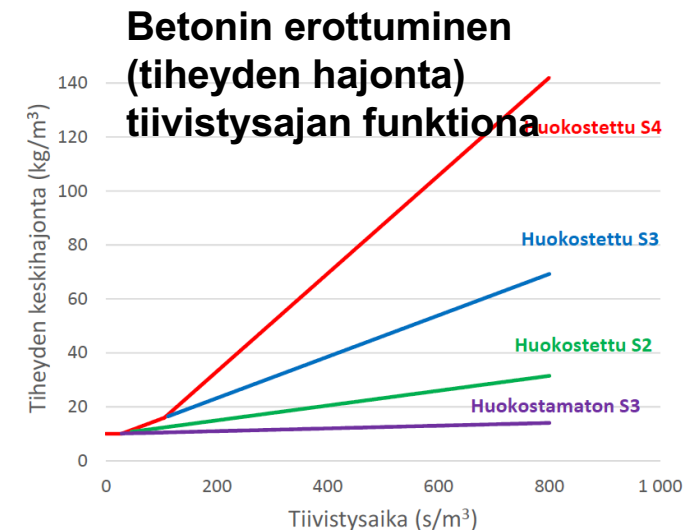
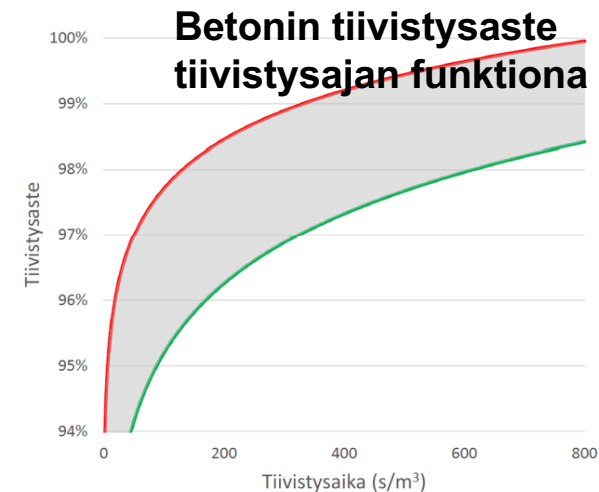
CompactAir-tilaustutkimus



Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden
korkeakoulu

Tilaustutkimus - CompactAir

- **Good vibrations-projektissa (2018-2019) tutkittiin betonin tiivistyvyyttä ja havaittiin:**
 1. Betonin tiivistysilman poistaminen rakenteesta on haasteellista
 2. Notkeilla, huokostetuilla betoneilla on merkittävä erottumisriski
- **Käytännössä GV-projektin havainnot tarkoittavat:**
 - Betonista ei saada täyttä lujuuspotentiaalia käyttöön
 - Aiheutuu vaihtelua betoniin, mm. erottumisen vuoksi



CompactAir – Tavoitteet ja sisältöä

Projektin tavoitteena:

- ❖ Vähentää betonin tiivistyshuokosten määrää
 - Ensisijaisesti muutoin kuin tiivistysaikaa lisäämällä
- ❖ Pienentää betonin erottumisherkkyttä tiivistyksen aikana

Projektin sisältöä:

- I. Nykyisten betonien tarkempi analysointi tiivistyshuokosten määrän sekä erottumisen osalta
- II. Lisäaineiden vaikutus betonin tiivistymiseen, erottumisherkkyteen ja huokostuksen stabiilisuuteen.
- III. Betonin tiivistyvyys ja erottumisherkkyys koerakenteissa

CompactAir

Projektin potentiaaliset hyödyt

- ❖ Betonirakenteet saadaan tiivistettyä nykyistä paremmin
 - Samalla betonilla korkeampi lujuus rakenteessa
 - Kustannussäästöt
 - Pienemmät ympäristökuormitukset
- ❖ Huokostettujen betonin erottumisherkkyttä voidaan vähentää
 - Betonirakenteiden laatuvaltelut vähentyvät

Yhteistyöprojekti:

- **Aalto-yliopisto: 50%**
- **VTT: 50%**

Projektin rahoittajat:

- Rakennustuotteiden Laatu Säätiö sr
- Väylävirasto
- Betoniteollisuus ry / VB-jaosto
- Rakennustuoteteollisuus RTT ry / Betoniteollisuustoimiala
- Betoniyhdistys ry

❖ Aikataulu:

- Vuoden 2020 aikana

Tuoreen betonin automaattiset mittausmenetelmät

Teemu Ojala - Väitöskirjaprojekti



Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden
korkeakoulu

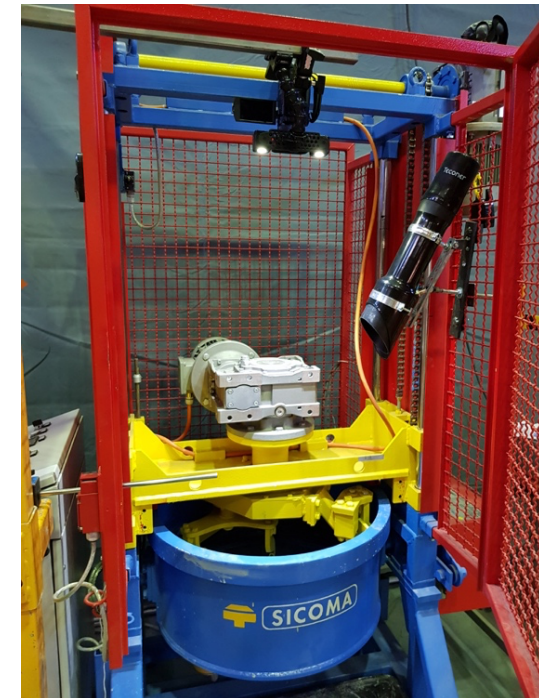
Tuoreen betonin automaattinen mittaus

- **Betoni koostuu luonnon raaka-aineista, joissa runsaasti vaihtelua**
 - Erityisesti kiviaineksissa
- **Nykyiset mittausmenetelmät manuaalisia ja työläitä**
- **Tavoitteena parantaa betonin tuotannon tehokkuutta ja laadunvalvontaa**
 - Hajonnan vähentäminen
 - Puutteiden havaitseminen ja korjaaminen reaaliajassa
 - Betonit ja betonointi muuttuvat vaativimmiksi → Kasvava tarve mitata tärkeimpiä tuoreen betonin ominaisuuksia



Tuoreen betonin automaattinen mittaus - Notkeuden mittaus

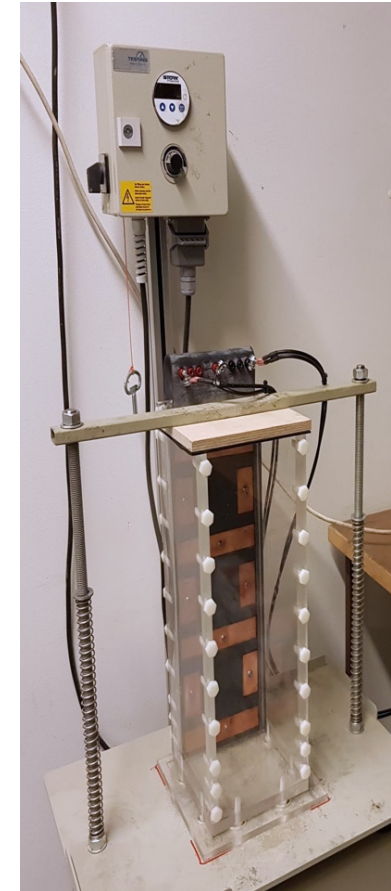
- Betonin notkeus on kriittinen tekijä
- Työstettävyyttä mitataan pääosin painumakokeella
 - Vain painovoiman vaikutus
 - Koe tehdään harvoin ja tuloksien systemaattinen analysointi puutteellista
- **DI-työ & Concrete vision:**
Automaattisia mittausmenetelmiä
 - Tehontarve
 - Mekaaniset voimasensorit
 - Konenäkö



Tuoreen betonin automaattinen mittaus

– Tiivistyksen monitorointi

- **Betonin tiivistäminen on oletettua vaativampaa**
 - Puutteellinen tiivistys vs. betonin erottuminen
- **DI-työ: Sähköisen mittauksen hyödyntäminen tiivistyksen monitorointiin**
 - Elektroninen impedanssispektroskopia
 - Mittaus suoraan muotista jo tiivistyksen aikana
 - Yhteistyössä Itä-Suomen yliopiston kanssa (prof. Aku Seppänen)



Ajankohtaista betonitutkimuksessa maailmalla



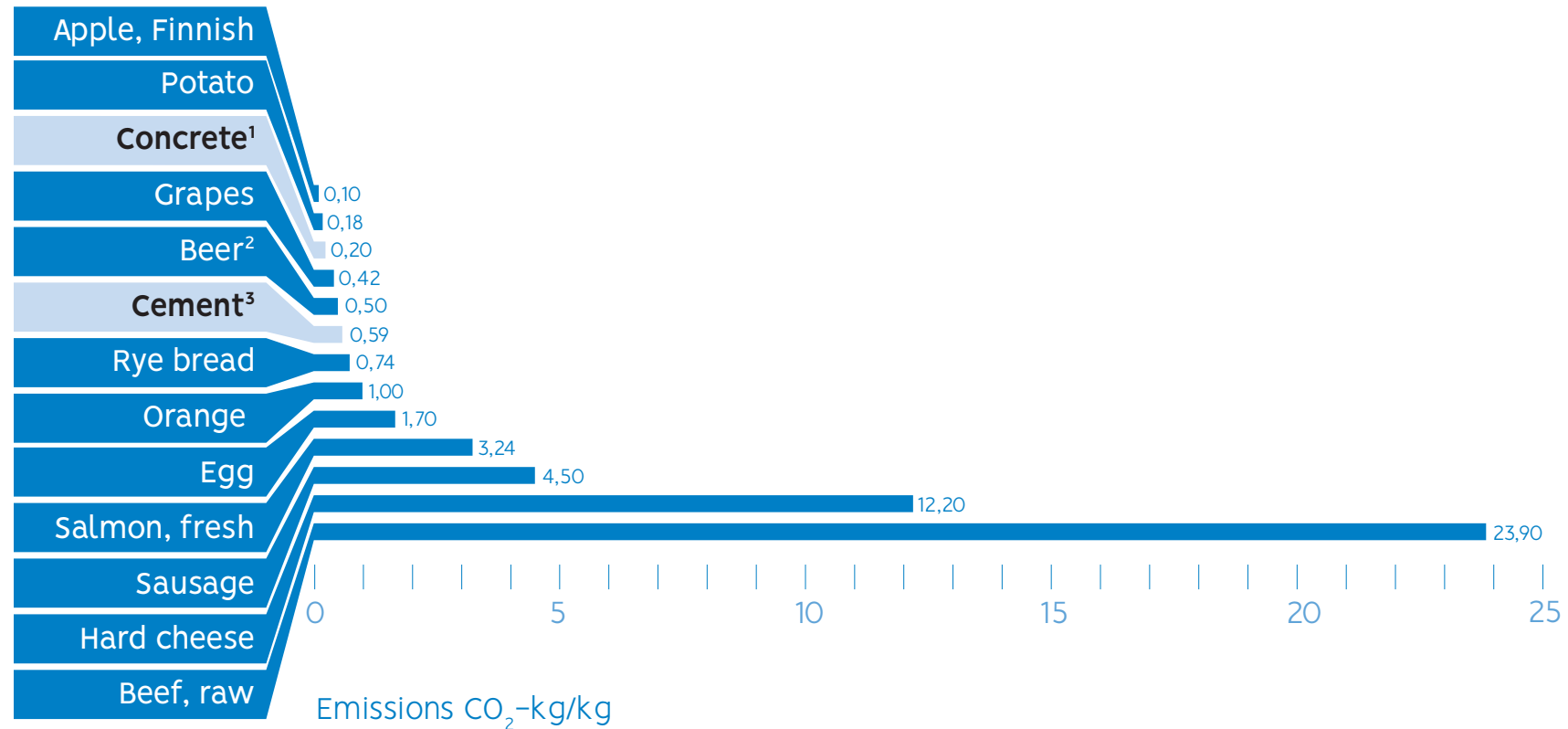
Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden
korkeakoulu

Betonin/sementin CO₂-päästöt

$$\text{Päästöt (tn-CO}_2\text{)} = \text{Määrä (tn)} * \text{Ominaispäästö (tn-CO}_2\text{ / tn)}$$

- **Betonin haasteena jättimäiset käyttömäärät**
 - Ei niinkään korkeat ominaispäästöt
- **Betonin korkeat käyttömäärät perustuvat betonin ominaisuuksiin**
- **Kaikissa kehitysvaihtoehtoissa suuret käyttömäärät on otettava huomioon**
 - Tarvitaan valtavasti raaka-aineita
- **Nopeaa ratkaisua ei ole näkyvissä**
 - Toisaalta olisi aika erikoista että lopullinen ratkaisu olisi keksitty jo 200 vuotta sitten (portland-sementti)

CO₂-ominaispäästöjä



Source: <https://www.unileverfoodsolutions.fi/teemat-ja-ratkaisut/tyokalu/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 Finnsementti. Environmental report 2019.

Digitalisaation hyödyntäminen

- **Rakentaminen suurelta osin vanhanaikaista, reaaliaikaista dataa ei synny prosessin kaikista vaiheista**
 - *Korvataan osin manuaalisilla mittauksilla*
- **Datan puuttumisen vuoksi**
 - *Prosessia ei voida ohjata reaaliaikaisesti*
 - *Virhetilanteita ei aina havaita*
 - *Jäljitettävyys on puutteellista*
- **Betonin valmistuksen osalta tarvitaan:**
 - *Betonin olennaisten ominaisuuksien reaaliaikainen mittaaminen ja tietojen tallentaminen*

Automaatio & digital fabrication

- **Automaation taso rakennusalalla alhainen**
 - *Johtuu osin rakentamisen luonteesta*
- **Digital fabrication: suunnittelu – valmistus**
 - *Ihminen ei osallistu varsinaiseen valmistusprosessiin*
- **Betonialalla:**
 - *Automatisoitu valmistus*
 - *Betonin 3D-printtaaminen*
 - *Muottien valmistus*

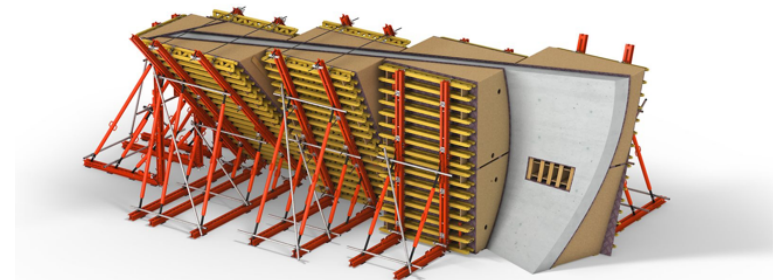


Photo: Peri: Freeform formwork



Photo: Voxeljet. Size of column: 1980 x 1082 x 289 mm³