



Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden
korkeakoulu

3D-muottitekniikan mahdollisuudet

Building for tomorrow –seminaari 18.1.2018

*Jouni Punkki, Professor of Practice
Aalto-yliopisto*

Jouni Punkki



- **Betonitekniikan professori (Professor of Practice)**
08/2016->
- **Opetus ja tutkimus**
- **Tutkimusalueita mm.:**
 - *Materiaalitekniikka; kuitubetonit*
 - *IoT rakentamisessa*



- **Konsultointia**
 - *Betonin materiaalitekniikka*
 - *3D-betonimuottien suunnittelu (Topi Äikäs)*



3D-betonirakenteet ja –pinnat

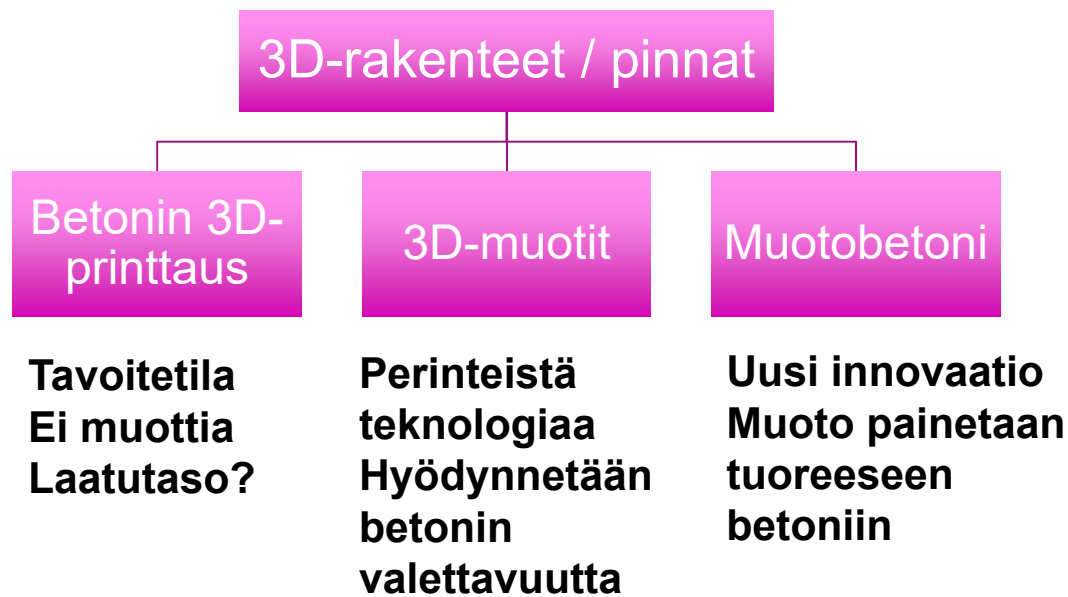
Kehityspolku

- **Vaihe I**
 - *Työvoima halpaa, materiaalit kalliita*
 - *Arvotettiin koristeluita*
- **Vaihe II**
 - *Työkustannusten merkittävä kasvu*
 - *Rationaaliset, tuotantoystävälliset muodot*
- **Vaihe III**
 - *Työkustannukset jatkaa kasvuaan*
 - *Käsityö voidaan korvata uudella tekniikalla*
 - *3D-muodot arkkitehtuurissa*



3D-betonirakenteet ja –pinnat

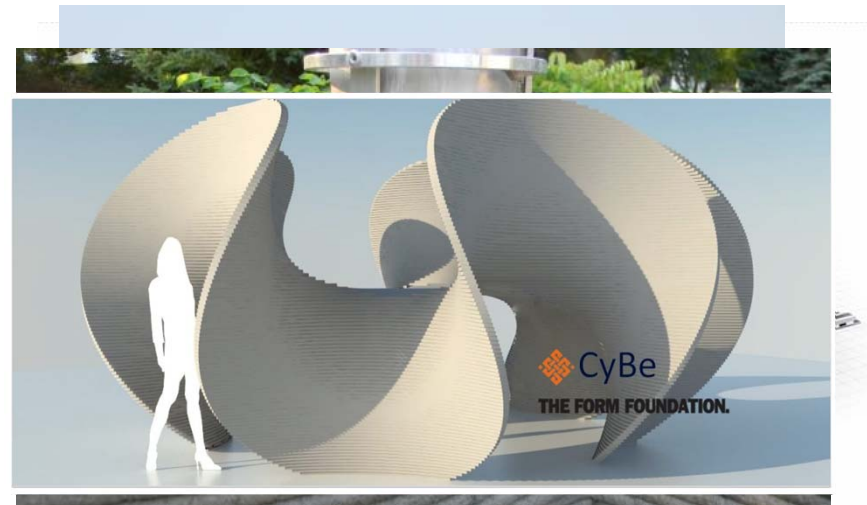
Erilaisia lähestymistapoja



Betonin 3D-printtaaminen

Haasteet ja mahdollisuudet

- Tuottavuus, rakentamisen nopeus
- Vapaat muodot
- Rakentamisen laatu
- Betonin printattavuus
- Betonin uudet mahdollisuudet
- Rakentamisen uudistuminen



3D-muottitekniikka

Haasteet ja mahdollisuudet

- Perinteistä teknologiaa, paitsi muottien valmistus
- 3D-valmistustekniikoiden kokorajoitteet
- Mahdollisuus erinomaiseen pintalaatuun
- Eri 3D-valmistustekniikoiden hyödynnettävyys



3D-muottitekniikka

Pääryhmät

1. 3-ulotteiset seinäpinnat
2. Rei'itetyt julkisivukuoret
3. Kaarevat pinnat (esim. seinät)
4. Ohuet rakenteet (esim. katokset)
5. Edellisten yhdistelmät



3D-muottitekniikka

Perusperiaatteet

- **Muottitekniikka olennaisessa roolissa – Miten valmistetaan muotti kustannustehokkaasti?**
- **Seinäelementin (6 * 3 m²) 3D-pinnan täysin yksiköllinen valmistaminen olisi huomattavan kallista**
 - *Käytännössä valmistetaan pienempiä yksiköitä, joita monistetaan järkevästi*



Kruunuvuoren rannan koonta-asema on hyvä esimerkki.

3D-muottitekniikka

Muottiteknologia

Muottimateriaalit

- **Puumuotit**
 - *Työvaltainen, käsityötä*
- **Teräsmuotit**
 - *Kallis, käytännössä vain pitkillä tuotantosarjoilla*
- **Kumi- ja muovimuotit**
 - *Soveltuu 3D-valmistustekniikoihin*
- **Muut**
 - *Hiekka 3D-printit*

Muottien 3D-valmistustekniikat

- **CNC-jyrsintä**
 - *Kovat muovit ja kovat kumit*
- **3D-printtaaminen**
 - *Muovit*
 - *Hiekkaprinttaus*
- **Muotin osien valaminen**
 - *Polyuretaani*
 - *Silikoni*
 - *Betoni?*

3D-muottitekniikka

Betonilaadut ja raudoitus

1. ”Normaali” julkisivubetoni ja normaalirauδοitus

- *Haasteena betonipeitteet, kutistumahalkeilu*

2. Rauδοitettu betonirakenne + kuidut

- *Muovikuidut tai lasikuidut (valkobetoni)*
- *Kuidut lähinnä halkeilun rajoittamiseksi, vähäinen rakenteellinen vaikutus*



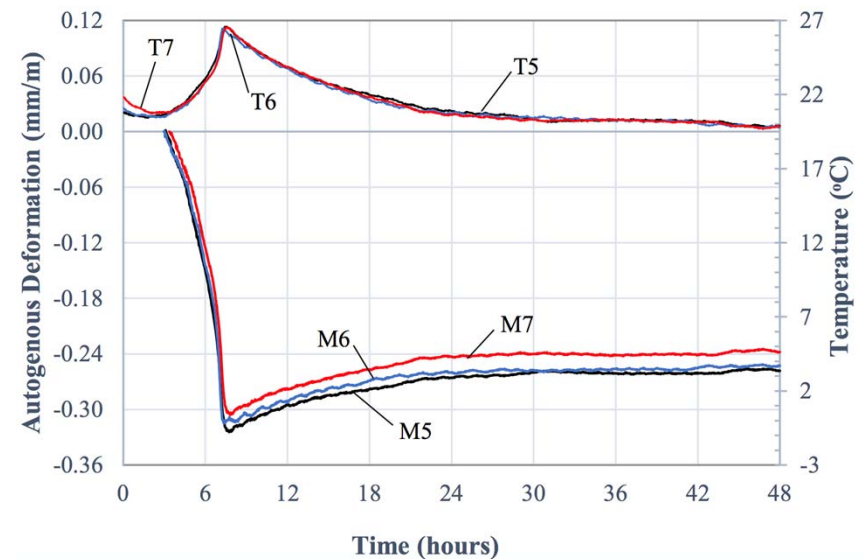
4. Erikoisluja kuitubetonirakenne

- *Mahdollistaa uudentyyppiset betonirakenteet*
- *Esim. ranskalainen Ductal*

3D-muottitekniikka

Betonitekniikka

- **Asettaa haasteita myös betonin osalta:**
 - *Alhainen vesi-sementtisuhde*
 - *Kuitujen vaikutus tuoreen betonin ominaisuuksiin*
 - *Muotin vaikutus betonin alkuvaiheen muodonmuutoksiin*
- **Tavoitteena useimmiten erittäin hyvä pintalaatu ja tasavärisyys**

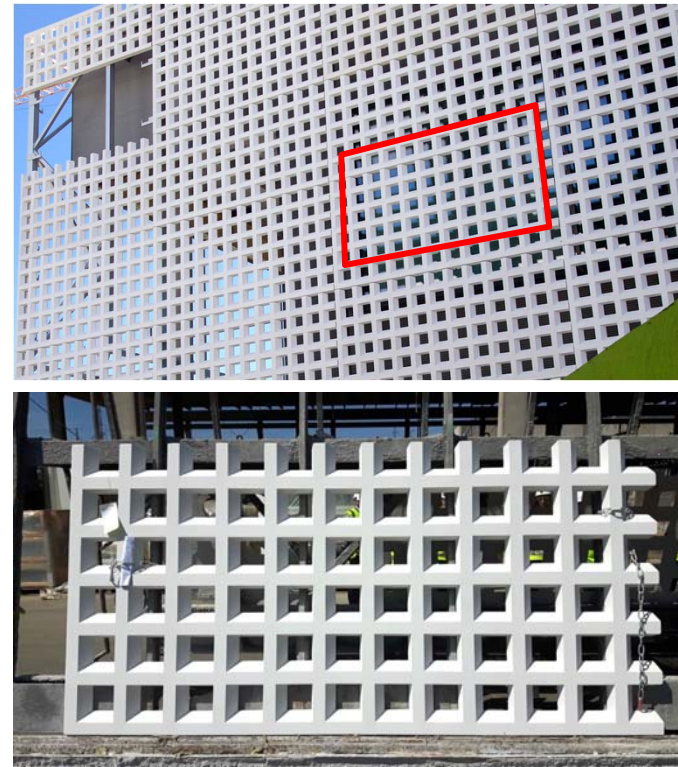


Esimerkki. Valkobetonin muodonmuutokset ensimmäisten tuntien aikana

3D-muottitekniikka

Vaaditun laatutason saavuttaminen

- Tavoitellaan yleensä selvästi normaalia parempaa laatutasoa
- Kiinnitettävä erityistä huomiota:
 - *Pintalaatuun; kuplat, värin tasaisuus*
 - Muotin tiiveys
 - Muotin puhtaus
 - Valmiiden tuotteiden käsittely
 - *Elementtien saumoihin*
 - Samojen sijainti
 - Saumaratkaisut



3D-muottitekniikka - Esimerkkejä

Kruunuvuorenrannan koonta-asema

Pää- ja arkkitehtisuunnittelu:
Arkkitehtuuritoimisto B & M Oy

Urakointi: Rakennuspartio Oy

Betonielementit: Consolis Parma Oy

Värjäys: Betonipallas Oy / Pertti
Kukkonen



3D-muottitekniikka - Esimerkkejä

Verkkosaaren Portus

Arkkitehtisuunnittelu:
Arkkitehtiryhmä A6 Oy

Rakennuttaja: Westpro CC Oy

Elementtipintojen suunnittelu:
Topi Äikäs, Betoniviidakko Oy



3D-muottitekniikka - Esimerkkejä

Verkkosaaren Portus



3D-muottitekniikka - Esimerkkejä

Tapiolan kauppakeskus Ainoa

Arkkitehtisuunnittelu:
Arkkitehtitoimisto Sarc Oy

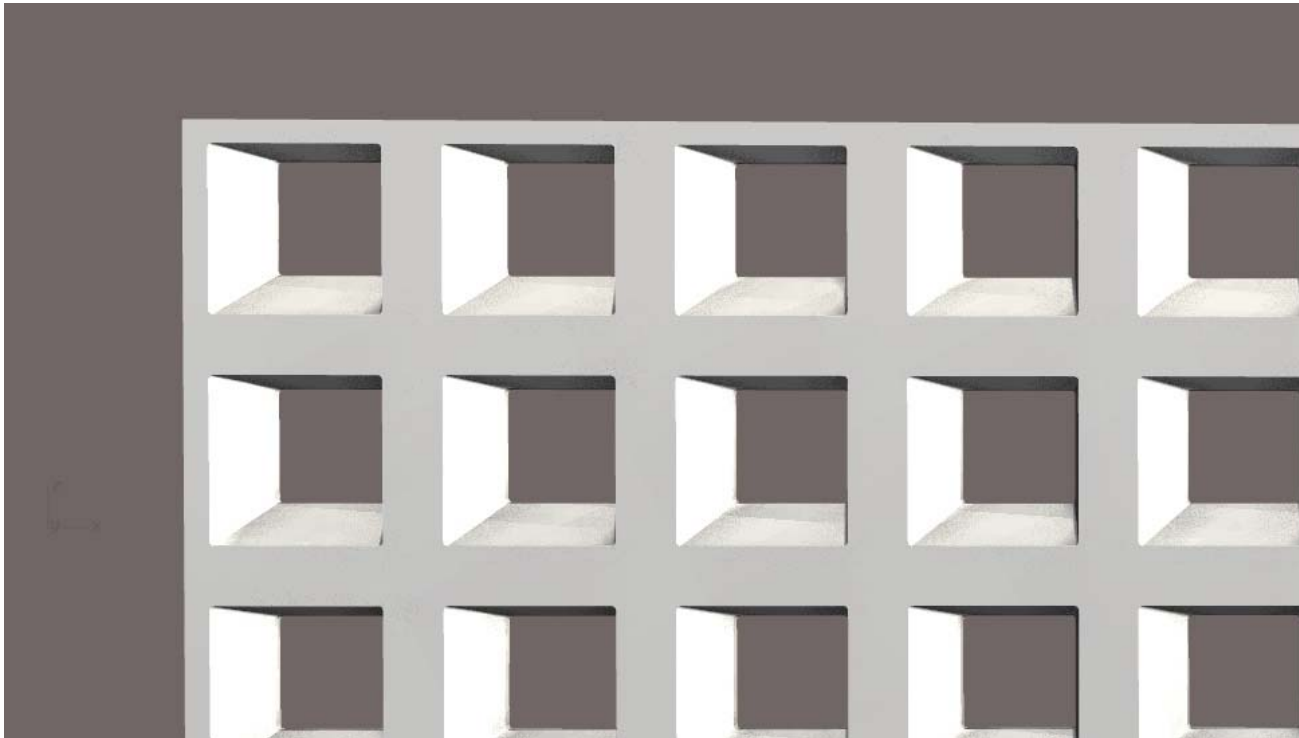
Betonielementit: Consolis
Parma Oy

Urakointi: SRV rakennus Oy



3D-muottitekniikka - Esimerkkejä

Tapiolan kauppakeskus Ainoa



Pienimittakaavainen lähestyminen Kuvanveistoa betonilla

Prosessi

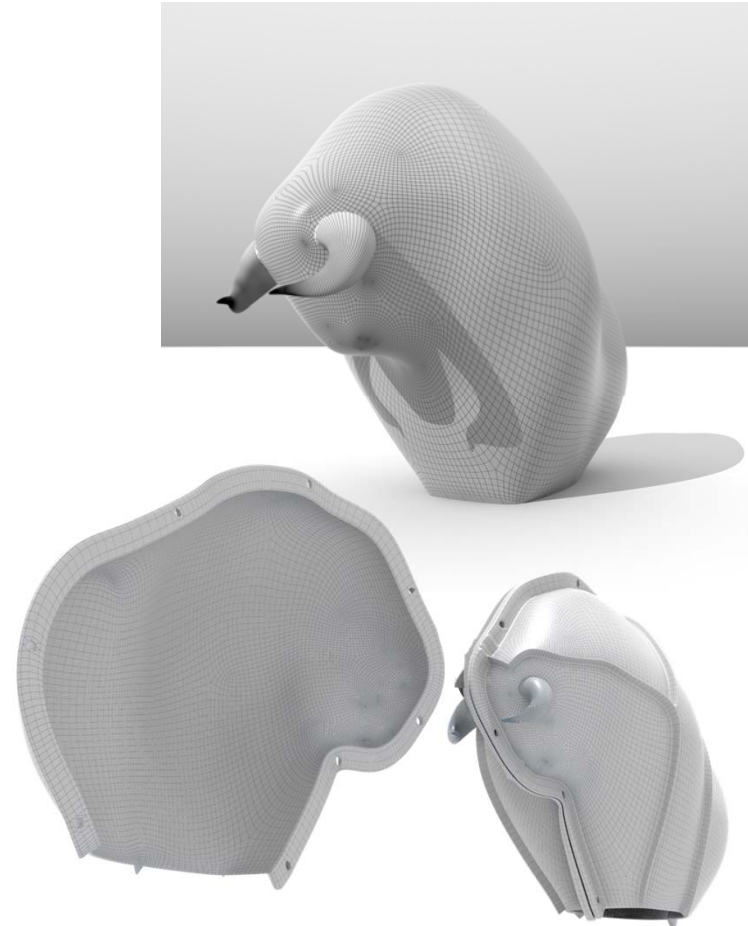
1. Mallin digitaalinen muotoilu
(digital sculpting)
2. Muotin digitaalinen suunnittelu
3. Muotin valmistus, 3D-
printtaaminen
4. Betonin valaminen
5. Muotinpurku
6. Jälkikäsittely, esim. hiominen

↑
Digitaalinen
↓
Perinteinen



Mallin ja muotin muotoilu

- **Perinteinen savimuotoilu korvattu digitaalisella muotoilulla**
 - *Eritasoisia ohjelmistoja tarjolla*
 - *Mahdollista myös yhdistää perinteinen ja digitaalinen muotoilu*
- **Muotin mallintaminen mallista**
 - *Erittäin mittatarkka muotti*
 - *Liitokset ja päästävyys tärkeää*
- **Muotin 3D-tulostaminen**
 - *Muottimateriaalin valinta*



Valu ja jälkikäsittelyt

- Perinteistä teknologiaa
- Betonista valittavissa
 - *Betonin väri (kiviaines, sementti ja pigmentti)*
- Pintakäsittely
 - *Muottipinta*
 - *Pesty betonipinta*
 - *Hionta*
 - *jne*





Kuvat: Christian Jakowleff



KIITOS