

---

# 3D printere – State of the art

## Besøg hos Total Kustom



*Firma :* Total Kustom

*Dato for besøg:* 2016-12-09

*Varighed af besøg:* 09.00-15.30

*Kontaktpersoner ved besøget:* Andrey Rudenko

*Interviewet er udført af:* Henrik Lund-Nielsen (3D Printhuset), Wilson Ricardo Leal de Silva (DTI) og Kåre Flindt Jørgensen (NCC)

---

## Indholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>FIRMAET .....</b>	<b>3</b>
1.1	Historie.....	3
1.2	Vision .....	3
1.3	Finansiering.....	3
<b>2</b>	<b>PRINTTEKNOLOGIEN .....</b>	<b>3</b>
2.1	Betonprintere .....	3
2.1.1	StroyBot.....	4
2.1.2	LAByrinth .....	4
2.1.3	SEVEReBot.....	5
2.1.4	SEVEReBot Max .....	5
<b>3</b>	<b>BYGGESYSTEM.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>UDFØRTE PROJEKTER .....</b>	<b>6</b>
4.1.1	Slot/legehus (udført i 2014) .....	7
4.1.2	Hotel suite på 130m2 på Manilla på Filippinerne (udført i 2015) .....	8

---

# 1 FIRMAET

---

Total Kustom blev etableret i 2011 i Minneapolis, Minnesota, af den russiskfødte Andrey Rudenko. Total Kustom er en high-tech virksomhed som udvikler 3D beton printere til byggebranchen, samt opfører bygninger ved hjælp af betonprinterne. Total Kustom har i dag 5-10 medarbejdere ansat rundt om i verden.

Total Kustom har kontor i Minneapolis i Minnesota. Total Kustom har opført råhuset til en hotel suite på 130m<sup>2</sup> på Filippinerne, men dette er nærmere omtalt i besøgsrapport fra besøg af hotel suite på Filippinerne.

## 1.1 Historie

---

Total Kustom historie kort fortalt:

- 2011: Andrey Rudenko starter med at bygge 3D beton printer i sin garage i Minneapolis
- 2013: Total Kustom færdiggør sin første prototype af en 3D beton printer.
- 2014: Total Kustom printer et slot/legehus i Andrey Rudenkos baghave
- 2015: Total Kustom printer en hotelsuite på 130m<sup>2</sup> i Manilla på Filippinerne
- 2016: Total Kustom markedsfører 4 forskellige modeller af 3D beton printere

## 1.2 Vision

---

Visionen er at udvikle robotsystemer der vil lette opførelsen af billige, hurtigere, nul-energi og smartere boliger.

## 1.3 Finansiering

---

Bagmanden bag Total Kustom er Andrey Rudenko og det er primært via egne midler at firmaet finansieres. Deres oprindelige forretningsplan var at udvikle printerne og sælge dem til entreprenører, men da ingen vil købe printerne uden at de kunne fremvise flere eksempler på printede bygninger har de ændret strategi, så firmaet vil nu selv opføre flere byggerier for at bevise potentialet med printerne.

# 2 PRINTTEKNOLOGIEN

---

Total Kustom har udviklet 4 forskellige 3D beton printer modeller.

## 2.1 Betonprintere

---

Betonprinterne fås både udført i stål og udført i Carbon / Kevlar Composite materialer. I det føl-

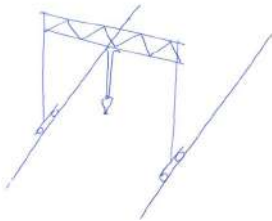
---

gende er de 4 printere kort omtalt. Det bemærkes, at nedenstående ikke er nogle printere vi har inspiceret under besøget hos Total Kustom og det har ikke været muligt at få udvidede detaljer om printerne, printerhovedet, pumpesystemet osv. uden at købe dem. Men generelt er det vores indtryk at printerne bygger på et meget avanceret og fintfølede styringssystem, hvor der monitoreres adskillige parametre som afgør betonens sammenblanding og fremføringshastighed. Nogle af parametrene som monitoreres og styres er luftfugtighed, vand/cement forhold, mængde af forskellige additiver, og temperatur. Desuden styres mængden af materiale afhængig af hastigheden af printerhovedet.

Generelt er det oplyst at printerhastigheden på alle nedenstående printere er ca. én 100 kvm bygning i én etage (ca. 3m) på 48 timer.

### 2.1.1 StroyBot

StroyBot er den mest simple af printerne som Total Kustom anbefaler ved alm. printede byggerier som placeres på et plant underlag. Den har et printnings areal på 10mx15m og kan printe i op til 2 etager (ca. 6m). Printerens er en gantry enkeltramme printer og egner sig derfor ikke til vejr, hvor der er kraftig vind, da den vil deformere printerens og derved forværre præcisionen af printerens. Printerens ser principielt ud som følgende.



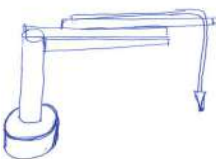
Principskitse af bærende system - StroyBot

Pris: \$300.000 (stålprinter)

Pris: \$500.000 (carbon/kevlar komposit printer)

### 2.1.2 LAByrinth

Labyrinth er en Robotarms 3D beton printer, hvor printerens er placeret i midten og printerens så kan printe en diameter på 12m, hvilket giver en maksimalt areal på ca. 110m<sup>2</sup>. Printerens kan printe i én etage (ca. 3m). Den er velegnet til at printe på ikke plane overflader (spring i terræn, mv.). Printerens har en forholdsvis stor udkrægning som gør den følsom overfor f.eks. kraftig vind og kraftig vind vil derved forværre præcisionen af printerens. Printerens ser ud som følgende.



Principskitse af bærende system - Labyrinth

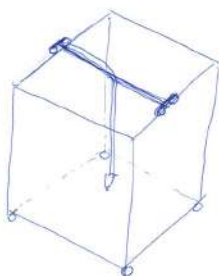
Pris: \$300.000 (stålprinter)

---

Pris: \$400.000 (carbon/kevlar komposit printer)

### 2.1.3 SEVEReBot

SEVEReBot er en boks formet gantry printer, som gør den meget stiv i alle retninger og det er derfor muligt at benytte printeren i forholdsvis kraftigt blæsevejr. Den har et printnings areal på 12mx12m og kan printe i op til én etager (ca. 3m). Printeren ser ud som følgende.



Principskitse af bærende system - SEVEReBot

Pris: \$700.000 (stålprinter)

Pris: \$2000.000 (carbon/kevlar komposit printer)

### 2.1.4 SEVEReBot Max

SEVEReBot Max er en højere udgave af SEVEReBot. Den har de samme egenskaber som SEVEReBot, men kan i stedet for printe i op til 4 etager (ca. 12m) Printeren ser principielt ud som ovenstående figur fra afsnit 2.1.3.

Pris: \$3000.000 (stålprinter)

Pris: \$5000.000 (carbon/kevlar komposit printer)

## 3 BYGGESYSTEM

---

Modsat mange andre firmaer som bygger 3D beton printere baserer Total Kustom deres byggesystem på at printe vægge (ikke dæk) som virker som forskalling (formwork) for en efterfølgende udstøbt betonvæg med tilhørende armering i.

Dette gør at der ikke optræder nogen normmæssige udfordringer, da det printede materiale ikke bruges statisk. Idéen er at printeren kan udforme en vilkårlig og speciel forskalling, men at den så efterfølgende armeres og udstøbes på traditionelvis. Ifølge Andrey kunne væggene nøjes med at være 25mm tykke i 3m's højde, men af sikkerhedsårsager og grundet arbejderne på Filippinerne var meget utilregnelige, så lavede han alle væggene 50mm tykke, se eksempel på nedenstående billede.



Dækkonstruktionen laves på helt traditionel vis enten med trapezpladedæk, huldæk eller in-situ støbt.

Betonens styrke er fra ca. 20 MPa (2500 Psi) og opefter.

## 4 UDFØRTE PROJEKTER

---

Følgende byggerier er der kendskab til at Total Kustom har udført.

Generelt må det siges, at kvaliteten af det printede er forholdsvis høj og Rudenko angiver afvigelsen i overfladen til maksimalt at være 1-2mm, altså en forholdsvis fin overflade.



---

#### 4.1.1 Slot/legehus (udført i 2014)



---

#### 4.1.2 Hotel suite på 130m<sup>2</sup> på Manilla på Filippinerne (udført i 2015)

