

**Akademia Sztuk Pięknych w Warszawie**  
**Wydział Wzornictwa Przemysłowego**

**dr inż. Przemysław Siemiński**  
*e-mail: przemyslaw.sieminski@asp.waw.pl*

**[www.3druk.pl](http://www.3druk.pl)**

# **Zastosowanie druku przestrzennego we wzornictwie przemysłowym.**

# Popularne metody szybkiego prototypowania

## SLA (Stereolitography)

*Stereolitografia. Opatentowano w 1986r. przez UVP, Inc. (licencja dla 3D System, Inc.)*

## SLS (Selective Laser Sintering)

*Selektywne spiekanie laserowe. Opatentowano w 1989r. przez University of Texas.*

## FDM (Fused Deposition Modeling)

*Modelowanie ciekłym tworzywem sztucznym. Opatentowano w 1992r. przez Stratasy, Inc.*

## **MJM (Multi Jet Modeling)**

*Modelowanie wielostrumieniowe. Opatentowano w 1992r. przez 3D System, Inc.*

## 3D Printing

*Drukowanie trójwymiarowe. Opatentowano w 1993r. przez MIT (licencja dla: Z Corp., ...).*

PolyJet to technologia szybkiego prototypowania opracowana i opatentowana przez izraelską firmę Objet Geometries.

Polega ona na warstwowym natryskiwaniu fotonopolimeru i utwardzaniu go za pomocą UV.



## **Dane techniczne i możliwości drukarki Eden250:**

- Wymiary urządzenia: 870 mm x 735 mm x 1200 mm
- Waga urządzenia: 280 kg
- Rozmiar komory roboczej w mm (X x Y x Z): 260 x 260 x 200
- Grubość warstwy: 16 mikronów
- Minimalna grubość ścianki możliwa do osiągnięcia – 0,6mm w zależności od złożoności modelu
- Dokładność w granicach 0,1 – 0,2 mm
- Rozdzielczość:  
X: 600 dpi  
Y: 300 dpi  
Z: 1600 dpi



### Do drukowania używane są 2 rodzaje materiału:

1. Materiał do wytwarzania modelu właściwego (toksyczny do momentu utwardzenia światłem UV).
  2. Materiał pomocniczy (nietoksyczny żel) do budowy konstrukcji podpierających przy złożonej geometrii modelu typu otwory, wnęki, podcięcia, cienkie ścianki itd.
- Po skończeniu drukowania materiał ten usuwa się za pomocą urządzenia WaterJet.

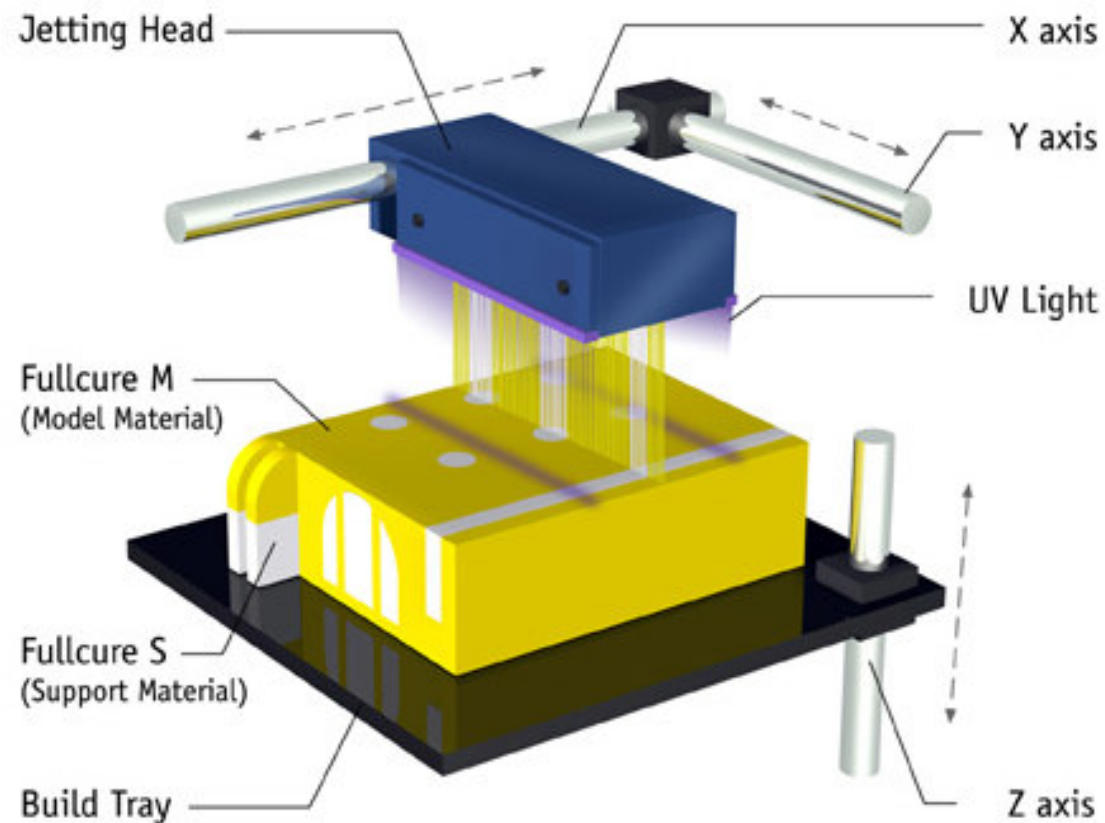
Wszystkie kasety z materiałami można łatwo włożyć i wyjąć z drukarki poprzez przednie drzwiczki. Czysty proces drukowania i brak bezpośredniego kontaktu z materiałami sprawia, że Eden250 jest urządzeniem do pracy w warunkach biurowych.



Rys. ze strony firmy Objet.

## Proces drukowania 3D

- Model budowany jest na wewnętrznej tacy. Głowica przesuwaną się w osi x dozuje pojedynczą warstwę fotopolimeru (równocześnie z materiałem pomocniczym).
- Po każdym nałożeniu warstwy fotopolimeru zostaje ona utwardzona światłem UV. Eliminuje to konieczność dalszej obróbki (utwardzania, moczenia).
- Taca z modelem opuszcza się bardzo precyzyjnie. Głowice kontynuują drukowanie warstwa po warstwie aż do skończenia modelu.

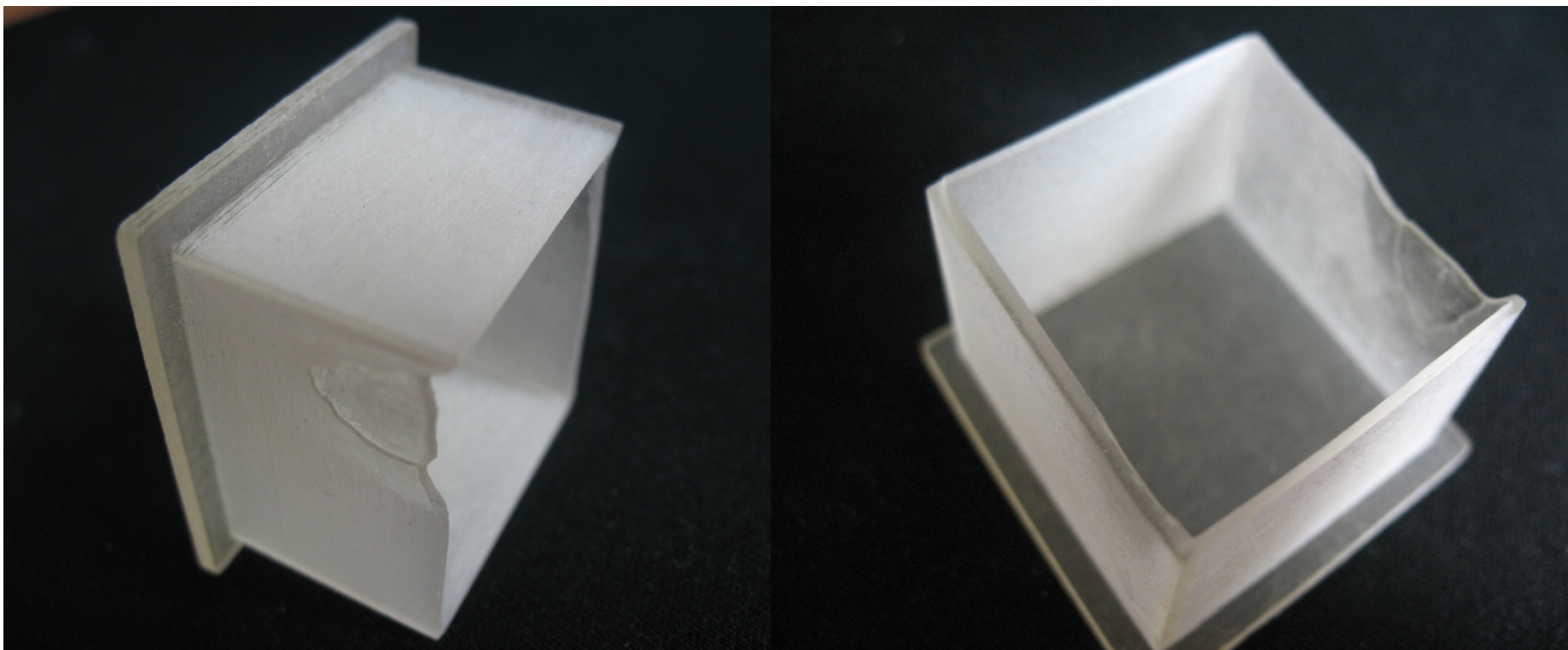


Rys. ze strony firmy Objet.

## Model po wydrukowaniu



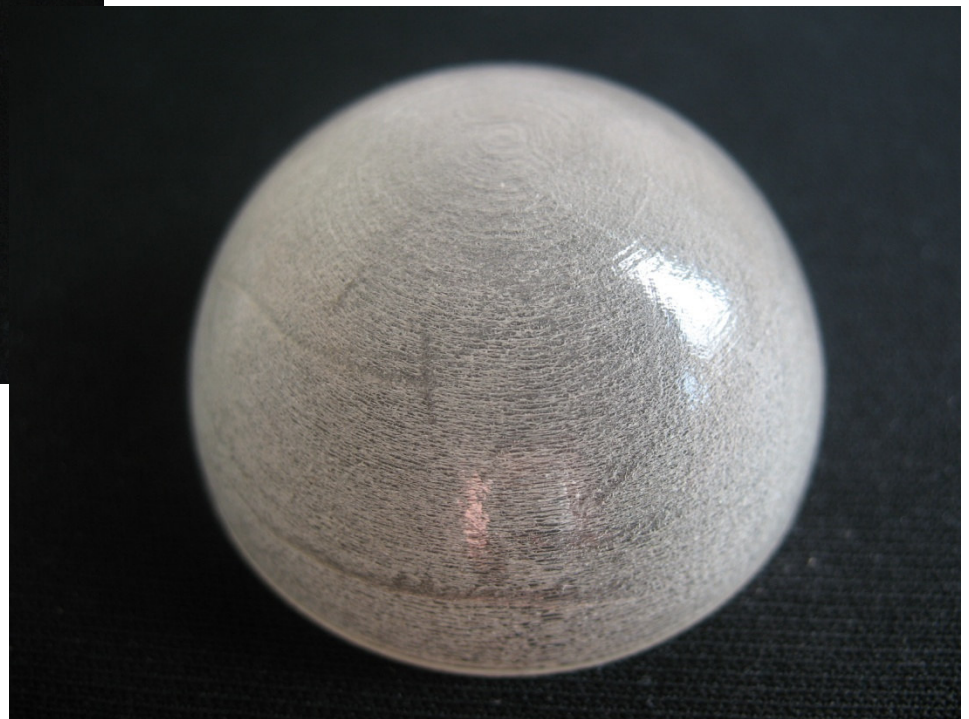
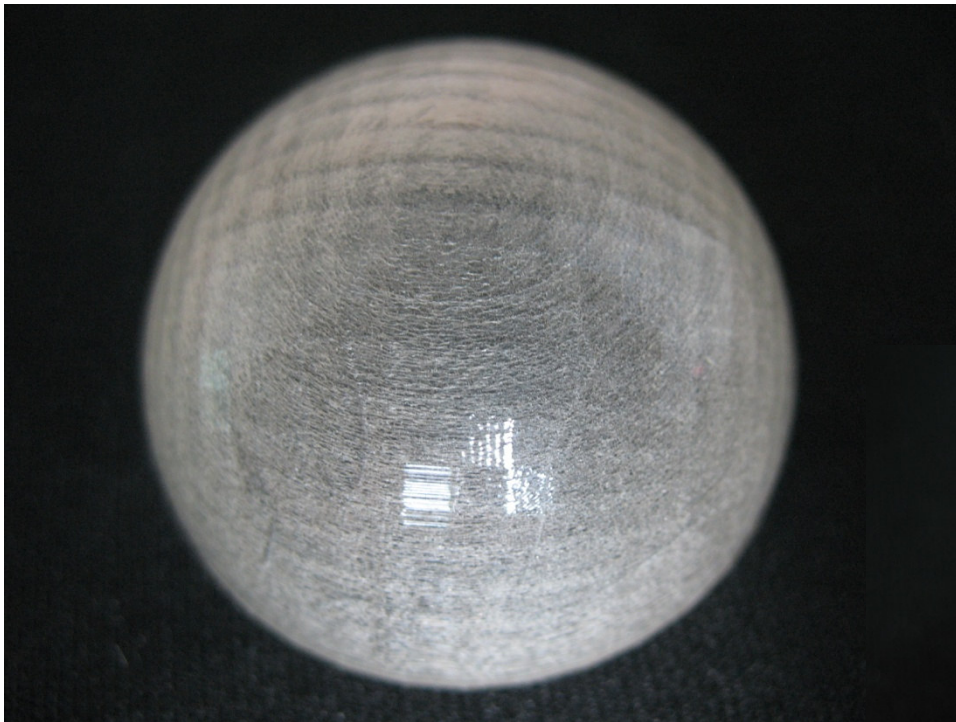
# Minimalna grubości ścian modeli



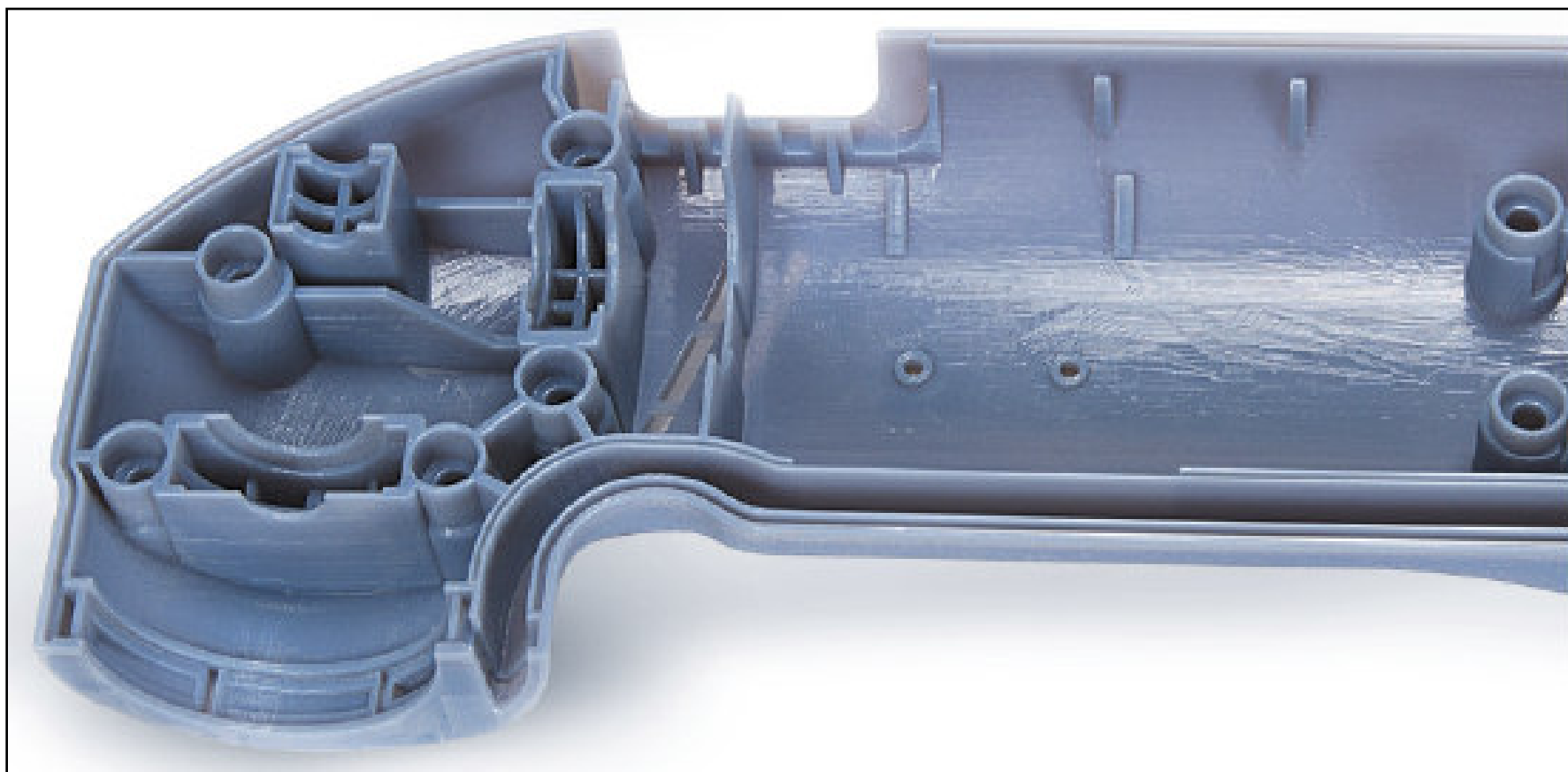
Czterościenne rura drukowana na Objēt, o różnej grubości ścianek, odpowiednio 0.6, 0.8, 0.9, 1mm, wysokości 20mm na podstawie o wymiarach 35x35x1mm. Ścianka o najmniejszej grubości odkształciła się, pozostały widoczne braki w jej budowie.



# Tolerancja liniowa siatki STL



# Dokładność wykonania modeli w drukarkach firmy Objet



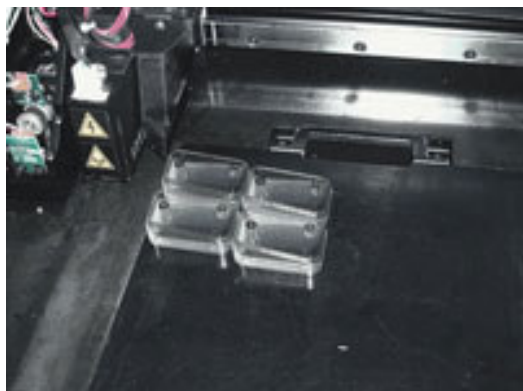
Przykład ze strony firmy Objet.

# Różne rodzaje materiału budulcowego używane w drukarkach serii Eden



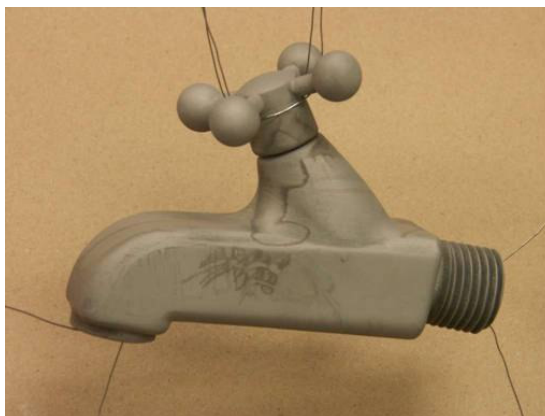
Przykłady ze strony firmy Objet.

# Wykańczanie modeli z drukarek serii Eden



Przykłady ze strony firmy Objet.

# Metalizowanie modeli z drukarek serii Eden



Przykłady ze strony firmy Objet.

# Popularne metody szybkiego prototypowania

## SLA (Stereolitography)

*Stereolitografia. Opatentowano w 1986r. przez UVP, Inc. (licencja dla 3D System, Inc.)*

## SLS (Selective Laser Sintering)

*Selektywne spiekanie laserowe. Opatentowano w 1989r. przez University of Texas.*

## FDM (Fused Deposition Modeling)

*Modelowanie ciekłym tworzywem sztucznym. Opatentowano w 1992r. przez Stratasys, Inc.*

## MJM (Multi Jet Modeling)

*Modelowanie wielostrumieniowe. Opatentowano w 1992r. przez 3D System, Inc.*

## 3D Printing

*Drukowanie trójwymiarowe. Opatentowano w 1993r. przez MIT (licencja dla: Z Corp., ...).*

# Istota szybkiego prototypowania

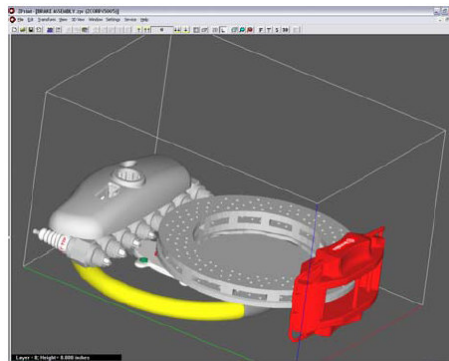
## Wirtualny model bryłowy lub powierzchniowy

Program komputerowy do tworzenia geometrii 3D (systemy inżynierskie, architektoniczne, do animacji i wizualizacji, ...)



## Tzw. model ściankowy (plik o rozszerzeniu \*.stl)

Program komputerowy ze sterownikiem dla konkretnego typu drukarki przestrzennej.



## Wirtualny model warstwowy

Maszyna lub drukarka wykonująca prototypy według metod przyrostowych



## Obiekt rzeczywisty

Wykańczanie powierzchni (ręczne szlifowanie, malowanie, itp.)



# Drukarka Spectrum Z510 - parametry



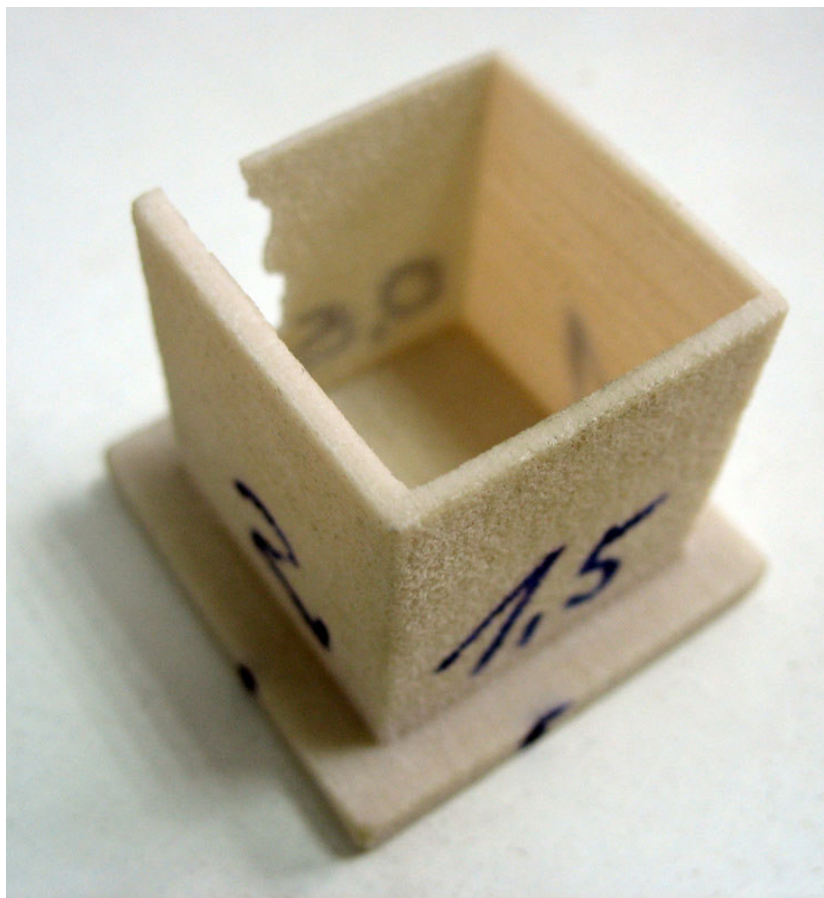
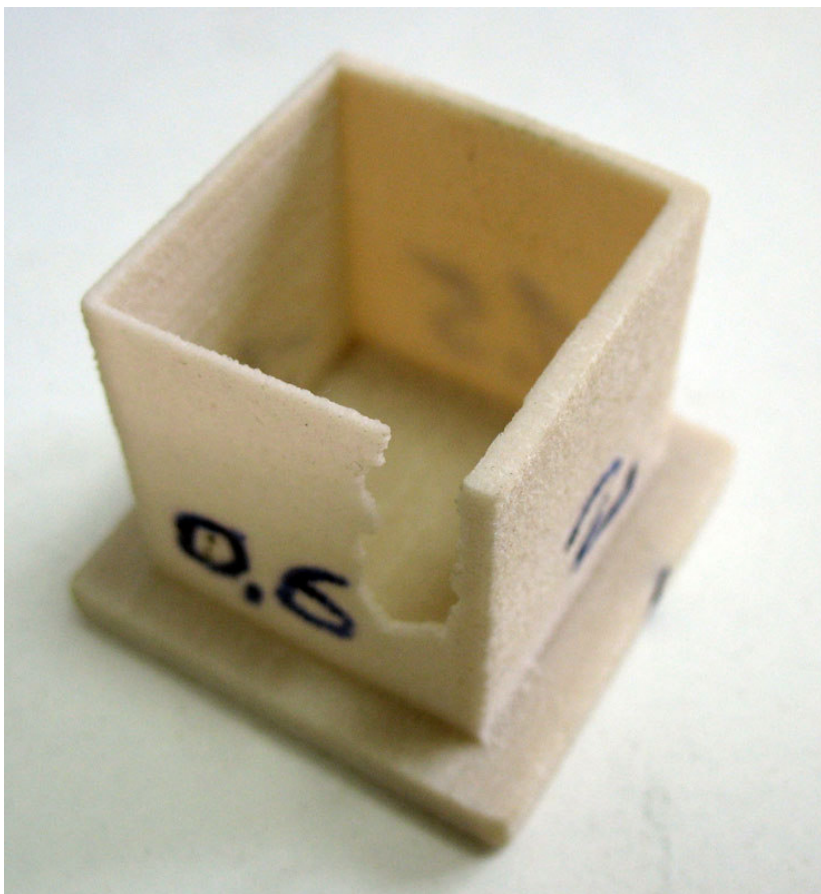
- Gabaryty urządzenia: 107x79x127cm (SxGxW)
- Waga urządzenia: 204 kg
- Objętość komory roboczej: 254 x 356 x 203mm
- Grubość warstwy: 0.089 mm - 0.203 mm
- Rozdzielczość druku w XY: 600 x 540 dpi
- Ilość głowic: 4 (każda głowica ma 304 dysze)
- Szybkość druku w trybie kolorowym – 2 - 4 warstw na minutę
- Druk kolorowy 24-bitowa paleta kolorów (CMY)



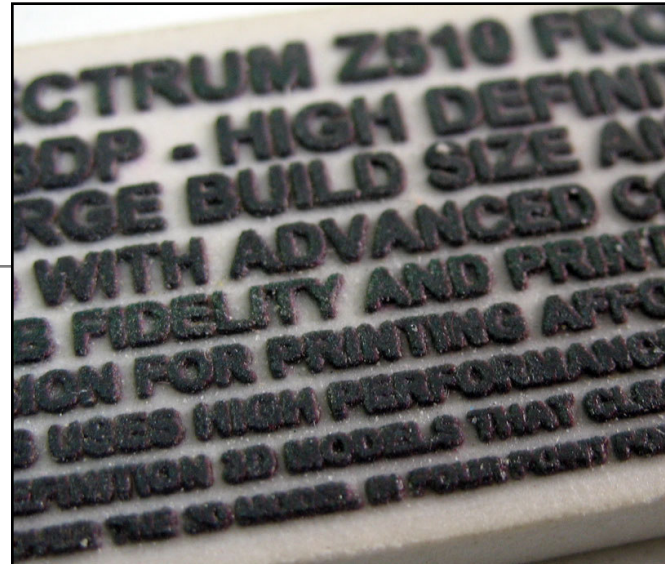


**Wybrane cechy  
przestrzennego druku proszkowego**

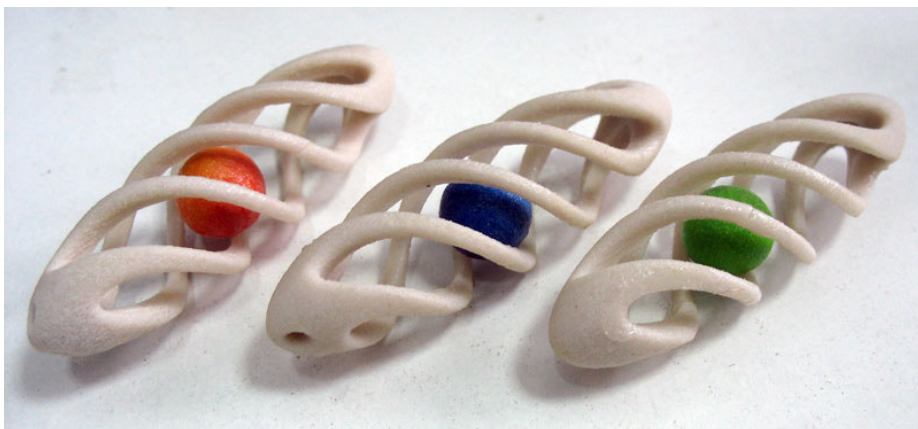
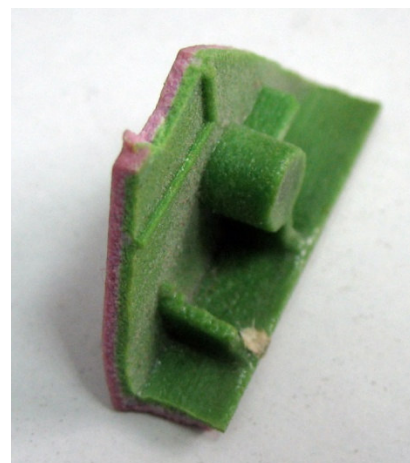
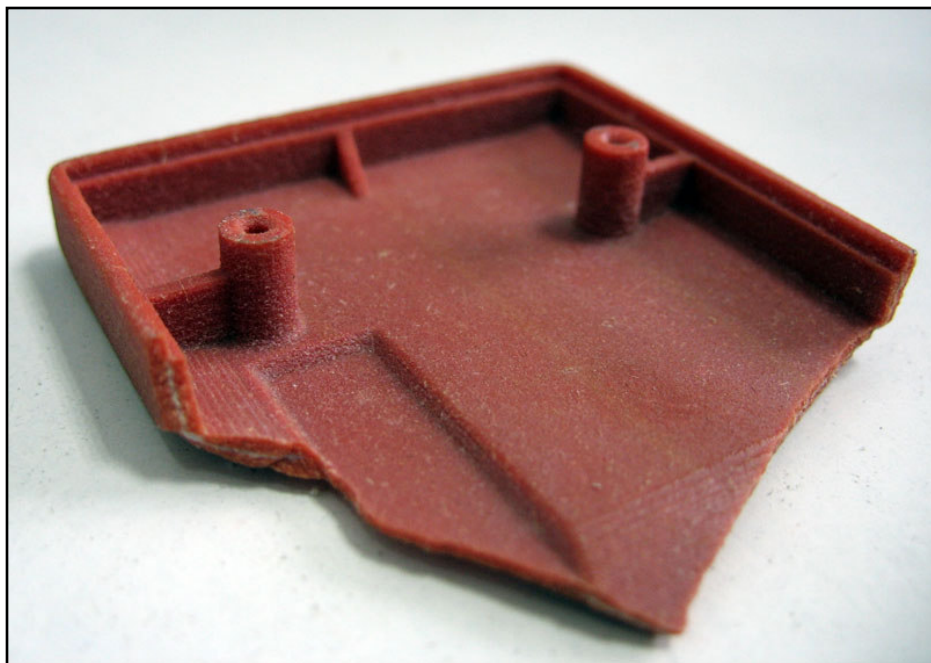
## Minimalna grubości ścian modeli



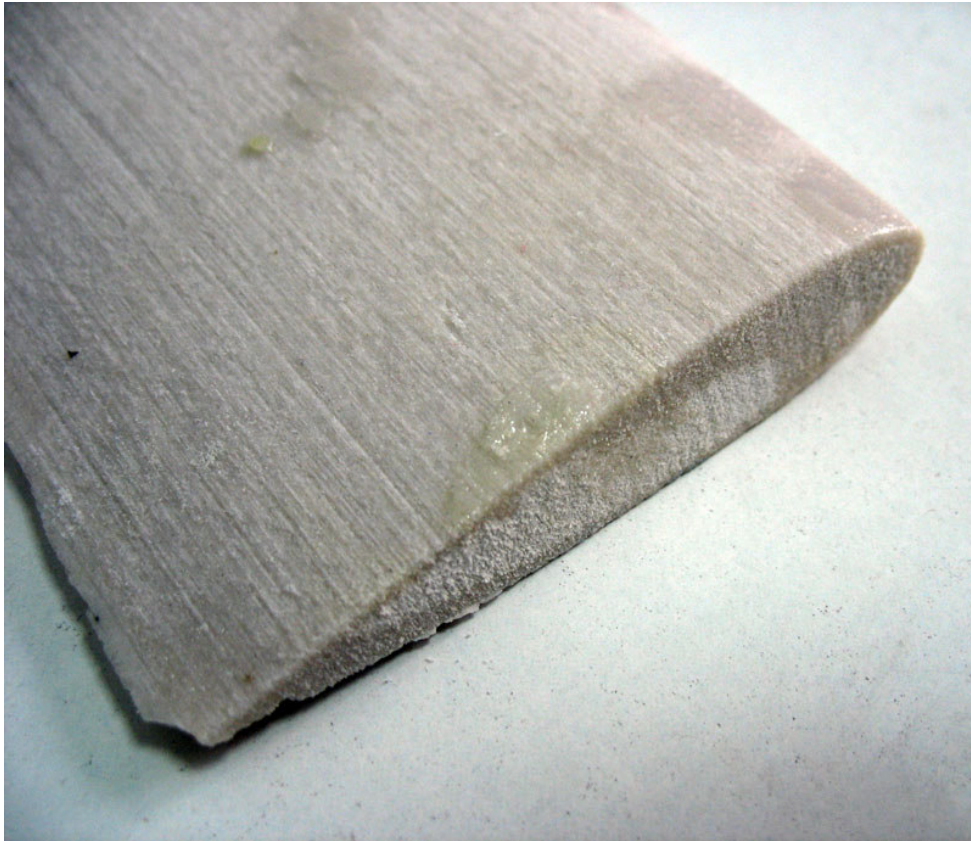
# Możliwość druku w kolorze



## Uwagi dotyczące druku kolorowego

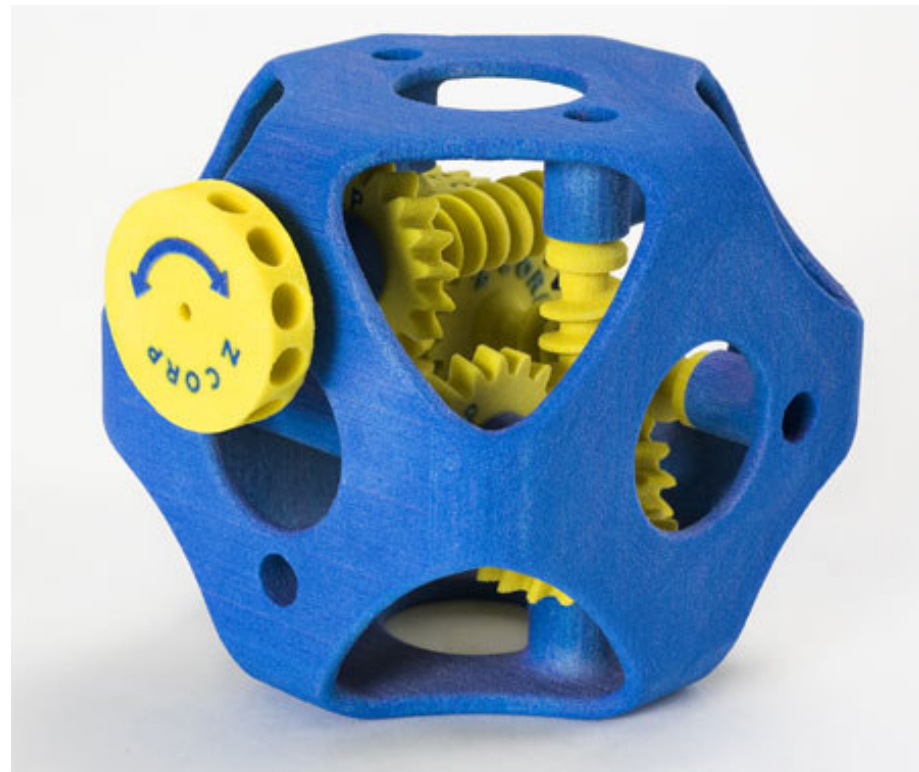


# Przesycanie żywicą



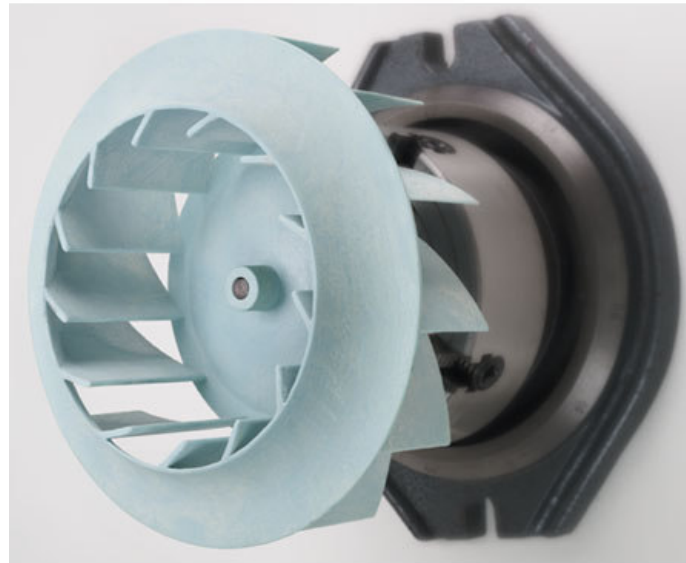
# **Obszary zastosowań przestrzennego druku proszkowego**

# Analizy montażu i działania mechanizmów



Przykłady modeli z drukarki Spectrum 510 firmy Z-Corp.

# Analizy inżynierskie



Przykłady modeli z drukarki Spectrum 510 firmy Z-Corp.



# Makiety architektoniczne



Przykłady modeli z drukarki Spectrum 510 firmy Z-Corp.

# Testowanie elementów elastycznych



Przykłady modeli z drukarki Spectrum 510 firmy Z-Corp.

# Drukowanie form odlewniczych



Forma odlewnicza (aluminium, brąz, mosiądz), Z-Corp.

# **Wzornictwo przemysłowe**

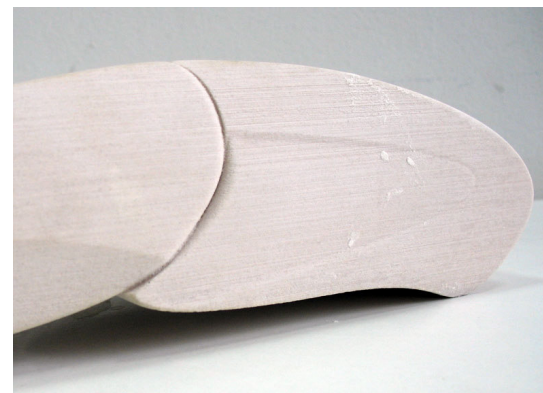
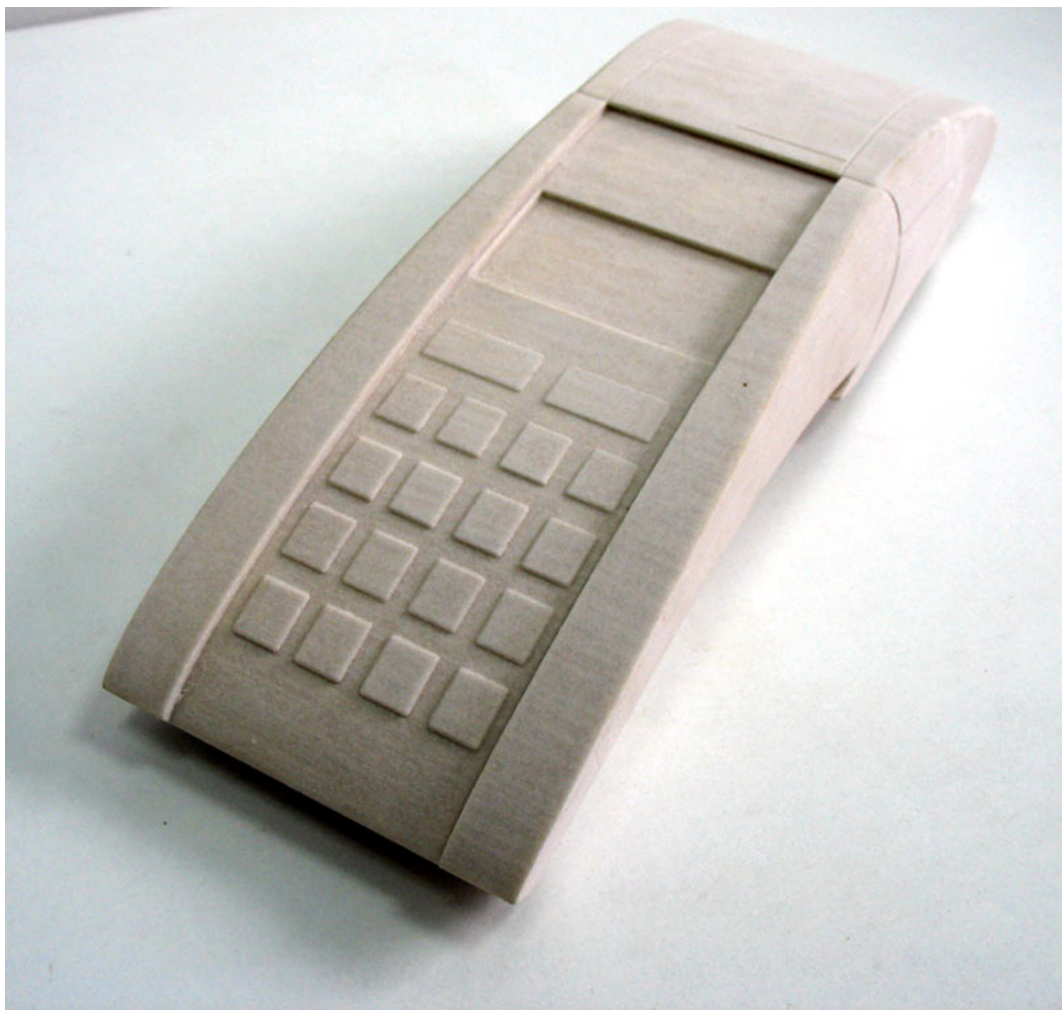
wybrane projekty wzornicze zrealizowane  
na Wydziale Wzornictwa Przemysłowego  
ASP w Warszawie

# Monocykl (rower jednokołowy)



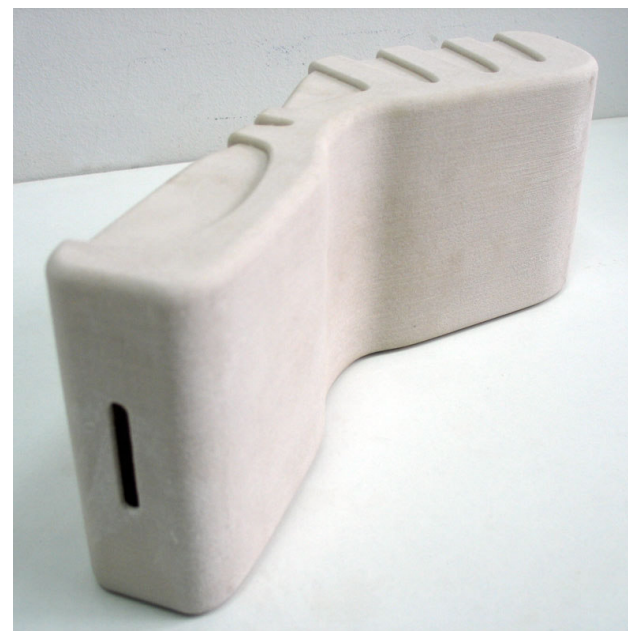
Wydział Wzornictwa Przemysłowego ASP w Warszawie, Pracownia Projektowania, rok akad. 2007/2008.  
Autor projektu: Marcin Ebert, promotor Grzegorz Niwiński, czas druku ok. 45 min., cena druku ok. 270 zł.

# Drukarka fiskalna - wersja 1



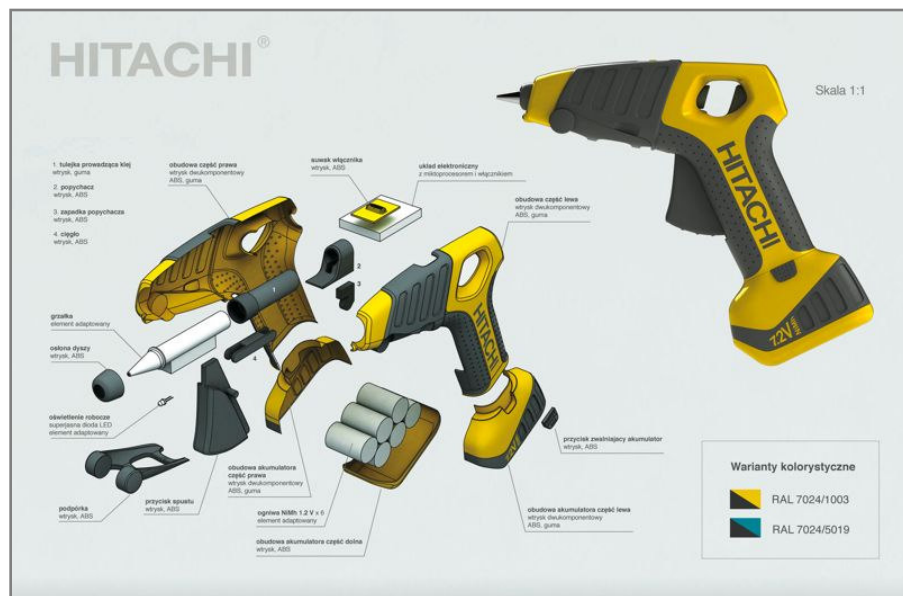
Autor: Michał Mitek, promotor Wojciech Małolepszy.  
Model drukowany w całości (bez kolorów), czas wydruku proszkowego 4 godz. i 4 min., cena druku 950 zł.

## Drukarka fiskalna - wersja 2



Autor: Jan Godlewski, promotor Wojciech małolepszy.  
Model drukowany w całości (bez kolorów), czas wydruku proszkowego 5 godz. i 19 min., cena druku 810 zł.

# Pistolet do kleju



Wydział Wzornictwa Przemysłowego ASP w Warszawie,  
Pracownia Podstaw Projektowania II, rok akad. 2007/2008.  
Opracowanie koncepcji, projekt i modelowanie w Rhino  
- student Stanisław Płoski, prowadzący pracownię:  
Jacek Surawski, Dominik Głąb i Przemysław Siemiński.



# Pistolet do kleju



Model drukowany w częściach, czas wydruku proszkowego 3 godz. i 37 min., cena druku ok. 580 zł.

# Wkrętarka akumulatorowa



Wydział Wzornictwa Przemysłowego ASP w Warszawie,  
Pracownia Podstaw Projektowania II, rok akad. 2007/2008.  
Opracowanie koncepcji, projekt i modelowanie w systemie  
Rhinceros oraz lakierowanie - student Jan Godlewski,  
Prowadzący pracownię: Jacek Surawski, Dominik Głąb,  
Przemysław Siemiński.

# Porównanie metod druku



Model drukowany w częściach  
(bez koloryzowania), czas wydruku proszkowego:  
6 godz. i 41 min., cena druku ok. 800 zł.



Model drukowany w całości  
(z koloryzowaniem), czas wydruku proszkowego:  
5 godz. i 24 min., cena druku 850 zł.

# Wkrętarka akumulatorowa



Model drukowany w całości (z koloryzowaniem), czas wydruku proszkowego 5 godz. i 24 min., cena druku 850 zł.