



Nowoczesne Technologie [110-INO-1S-217]

Otrzymywanie wyrobów polimerowych
metodami przyrostowymi

dr inż. Kustra Piotr



Historia

Wbrew obiegowym opiniom krążącym od kilku lat w mediach głównego nurtu, technologie przyrostowe nie są niczym nowym. Za ich oficjalny początek przyjmuje się rok 1984, gdy Amerykanin Charles Hull złożył patent na „*stereolitografię*” – pierwszą metodę addytywną/przyrostową, **polegającą na selektywnym utwardzaniu kolejnych warstw żywicy fotopolimerowej wiązką lasera**. Warto jednak pamiętać, że prace koncepcyjne nad technologiami przyrostowymi sięgają lat 70-tych ubiegłego wieku, a w latach 80-tych niezależnie od Hulla nad stereolitografią pracowało kilka innych osób na świecie (m.in. Japończyk Hideo Kodama czy Francuz Alain Le Méhauté).

Materiały

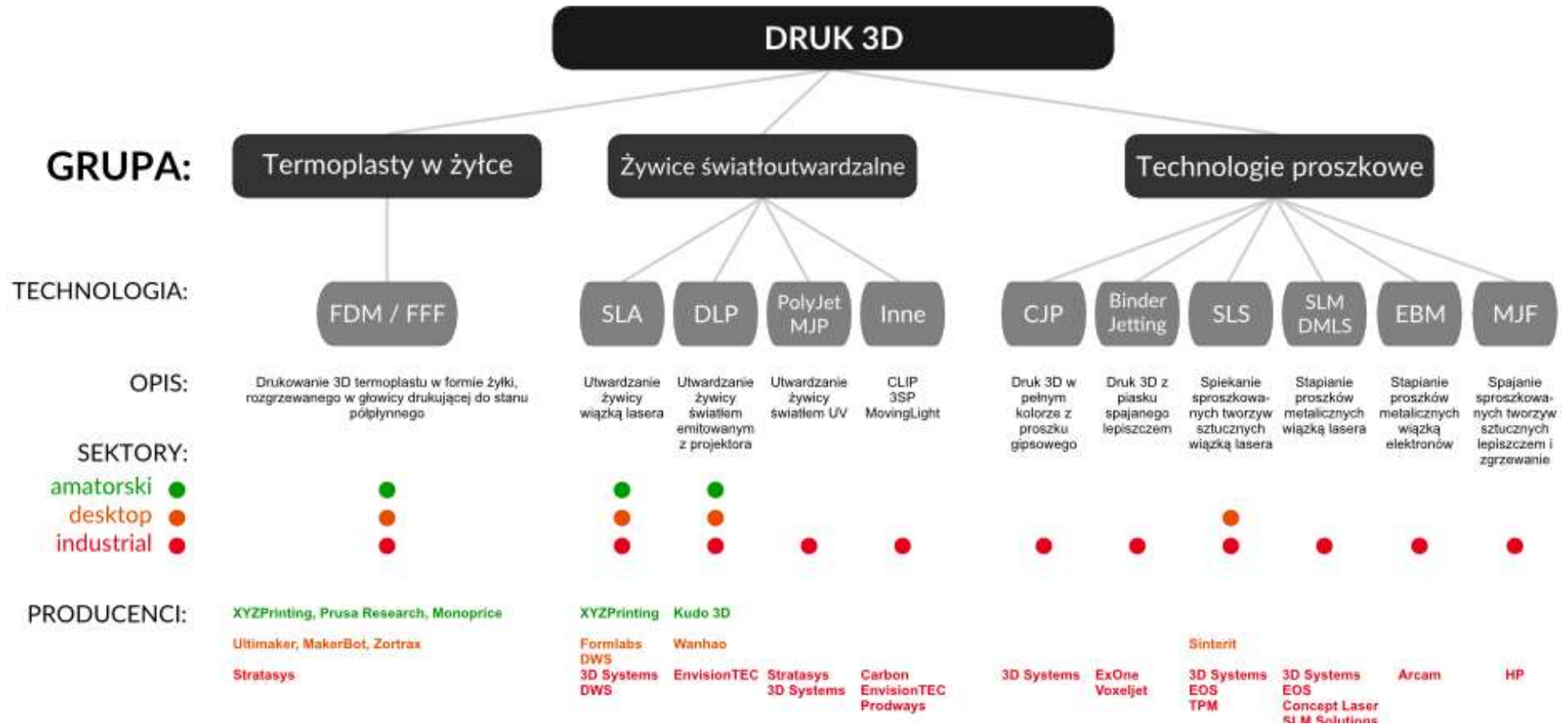
W domowych drukarkach przestrzennych używa się przede wszystkim tworzyw sztucznych takich jak: **PLA**, **ABS**, **PVA**, **nylon** Laywood (materiał drewnopodobny, **kompozyt** plastiku i **drewna**), Laybrick (kompozyt plastiku i **gipsu**). Drukarki przemysłowe i mniej typowe modele mogą używać innych materiałów np.: **żywic**, **gumy** czy też **czekolady** lub **metal** a nawet **betonu**, piasku, **papieru** czy **nawet cukru**. Trwają także prace nad możliwością druku 3D z **grafenu**. Możliwe jest również tworzenie kolorowych wydruków.



Metody druku 3d

- **FDM** (ang. *Fused Deposition Modelling*) – termoplastyczny materiał wyciskany przez dysze.
- **MJP** (ang. *Multi Jet Printing*) – napylany cienkimi warstwami fotopolimer utwardzany światłem UV.
- **CJP** (ang. *Color Jet Printing*) – gipsowy proszek barwiony tuszem (druk 3D w kolorach).
- **SLS** (ang. *Selective Laser Sintering*) – cienkie warstwy proszku tworzyw sztucznych stapiane laserem.
- **DMLS** (ang. *Direct Metal Laser Sintering*) – proszki metali topione laserem dużej mocy. Druk 3D z metalu.
- **Binder Jetting** - proszki metaliczne lub proszki piasku są łączone za pomocą ciekłego spoiwa.
- **SLM (Selective laser melting)** - spajanie proszków metali za pomocą wiązki lasera
- **WWAM (Wire Arc Additive Manufacturing)** - proces drukowania 3D jest oparty na spawaniu metodą MIG/MAG w osłonie gazów obojętnych

Metody druku



Druk 3d



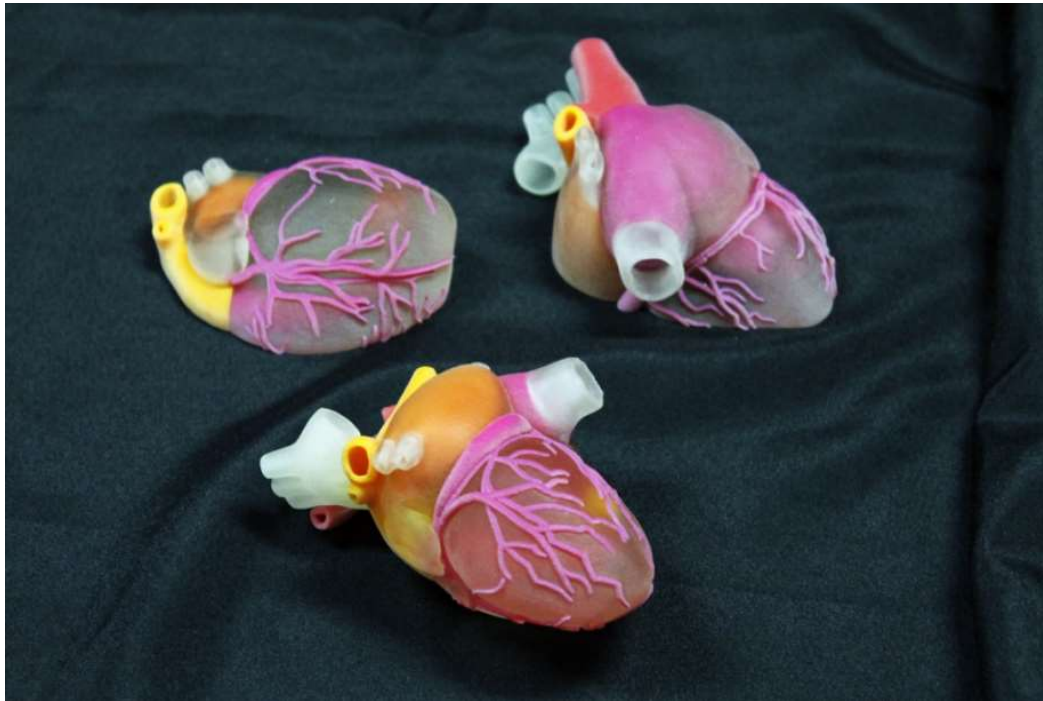
<https://3dprinting.com/3d-printing-use-cases/hexr-3d-prints-custom-inner-shells-for-their-bicycle-helmets/>

https://twitter.com/copper3d_global/status/1240198266505113601

Druk 3d



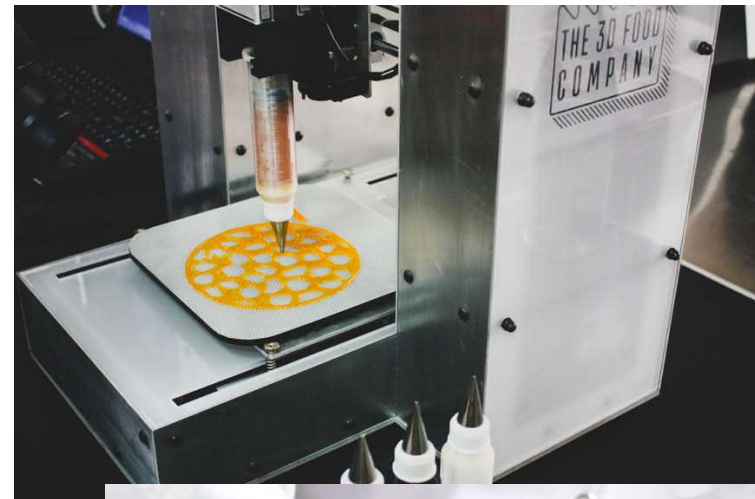
Druk 3d - medycyna



Druk 3d - medycyna



Druk w kulinariach



<https://mlodytechnik.pl/technika/29517-jedzenie-z-drukarki-3d>

<http://www.swiatdruku3d.pl/zaprojektuj-wlasny-ksztalt-makaronu/>

Drukowanie z betonu

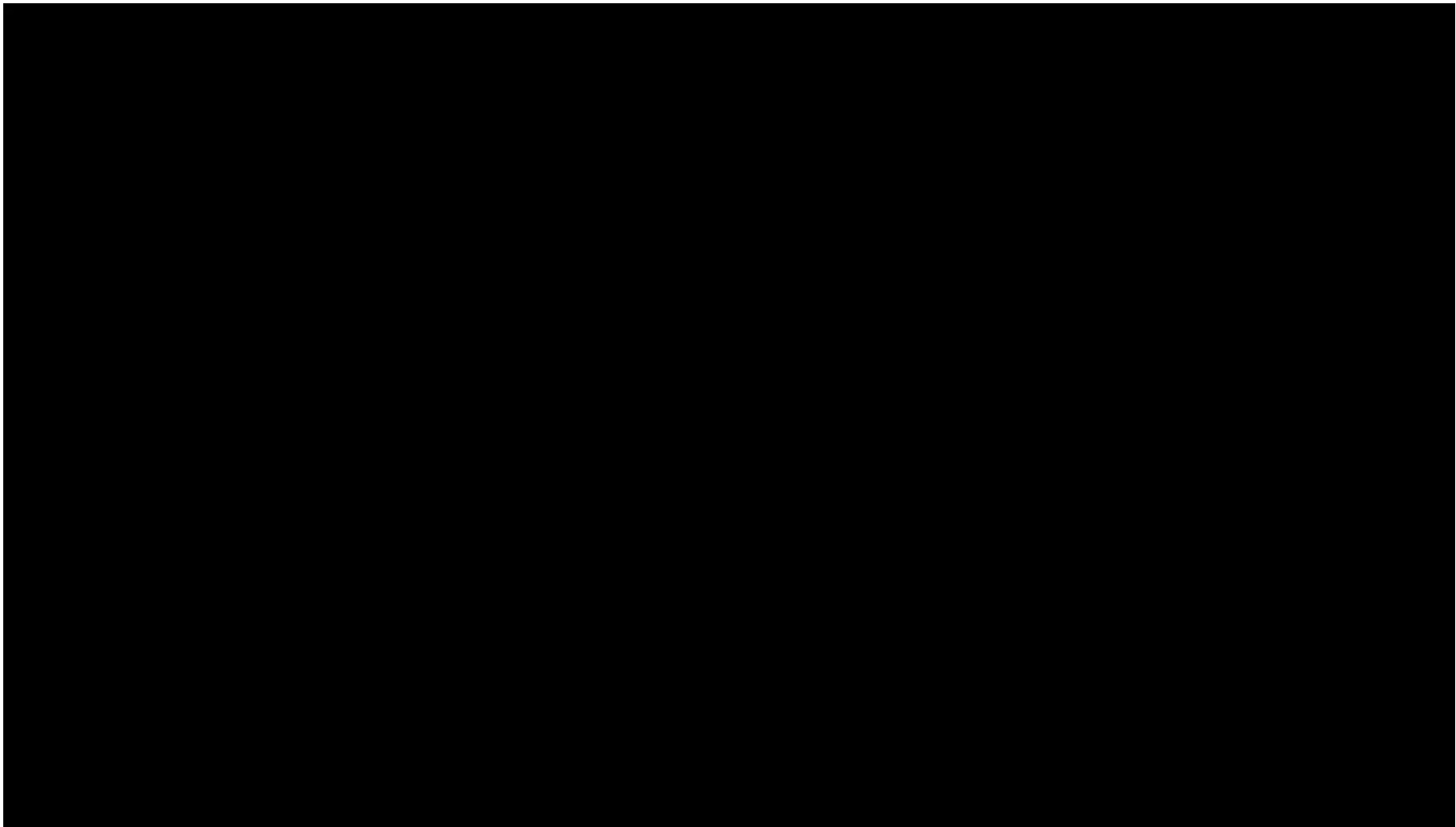


<https://www.youtube.com/watch?v=XgPJdpGV8mE>

<https://sztuka-architektury.pl/article/13418/najwiekszy-na-swiecie-dom-z-drukarki-3d>



Druk z betonu



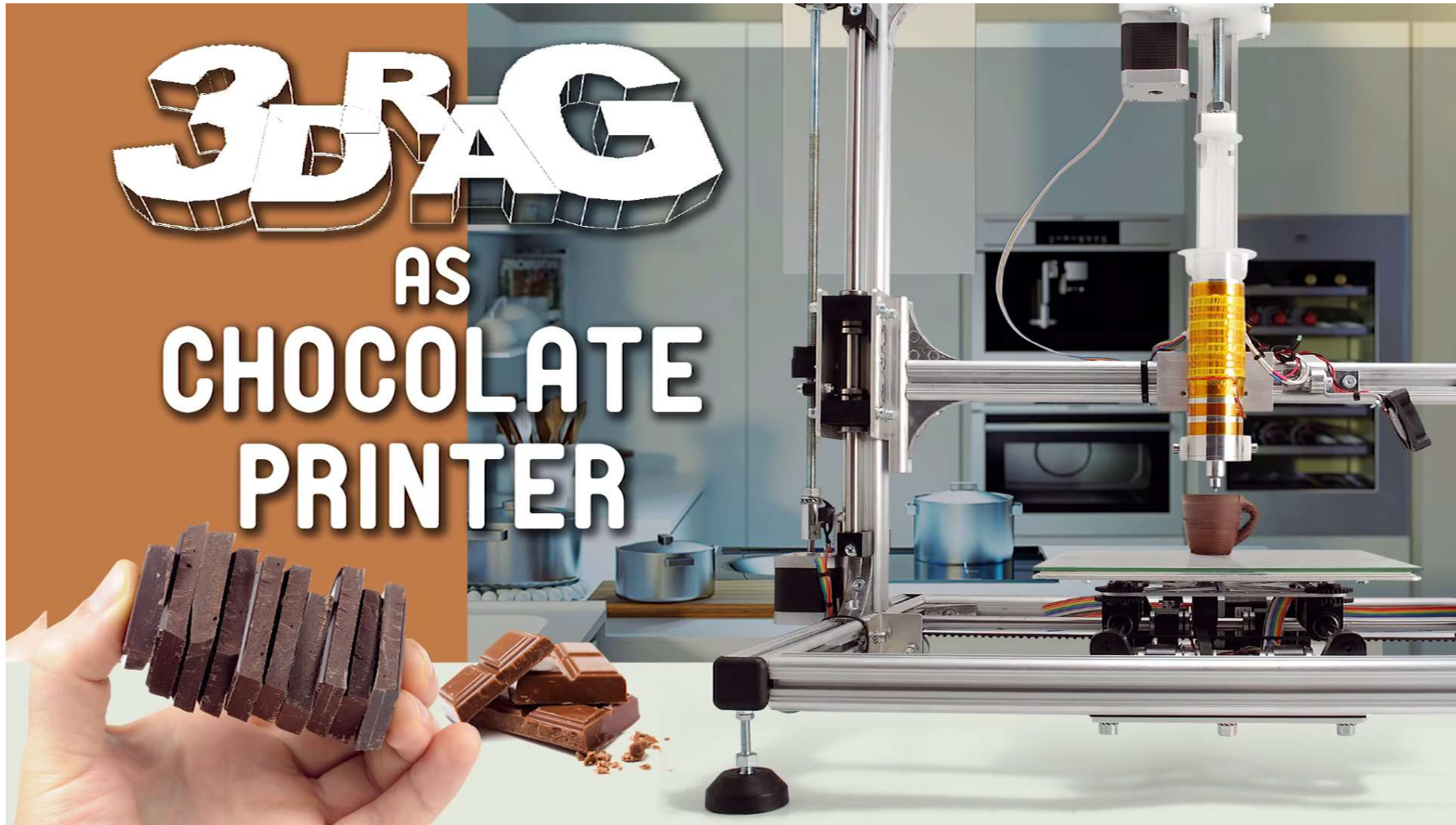
Druk z betonu



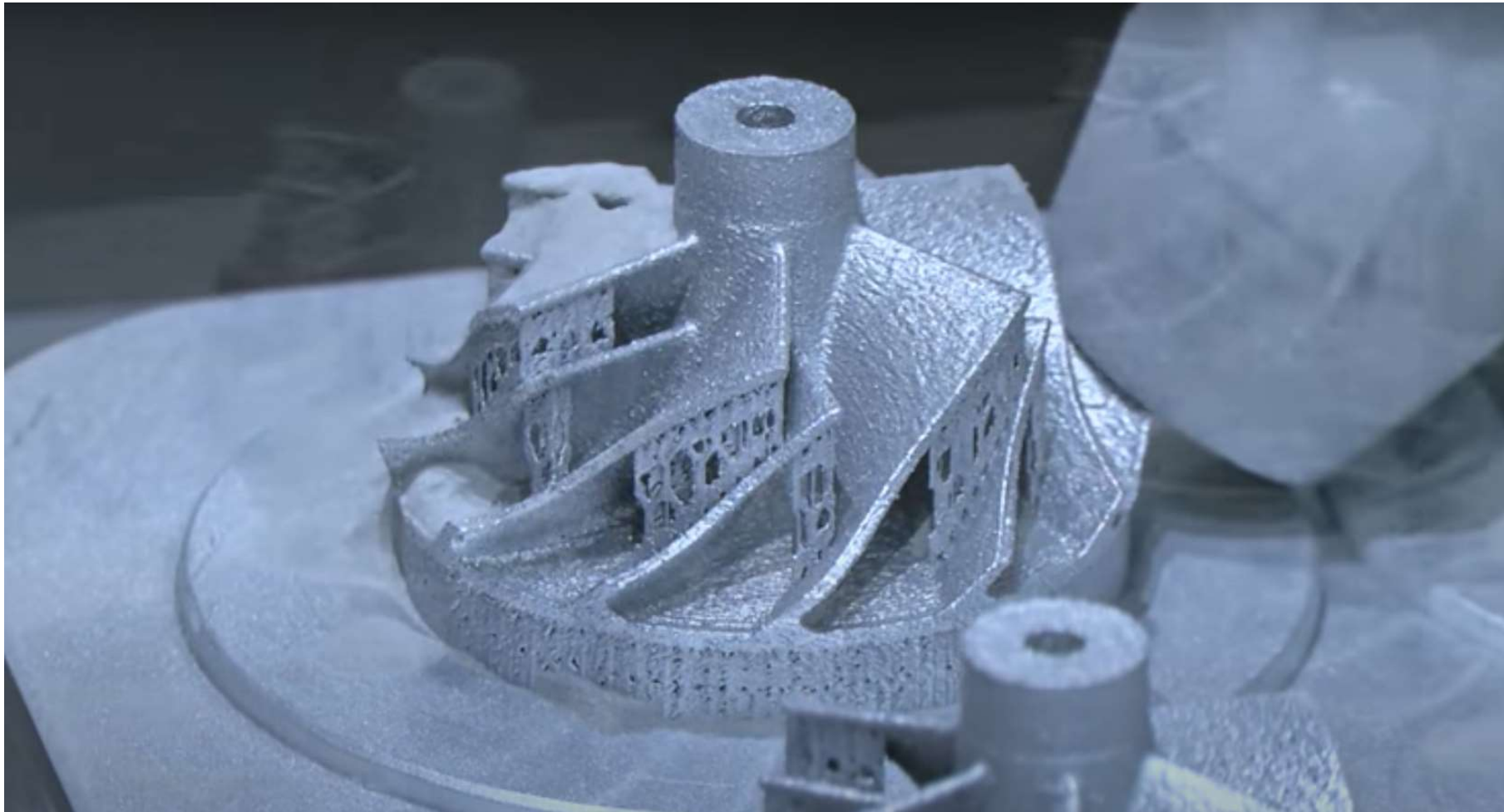
Drukowanie z czekolady

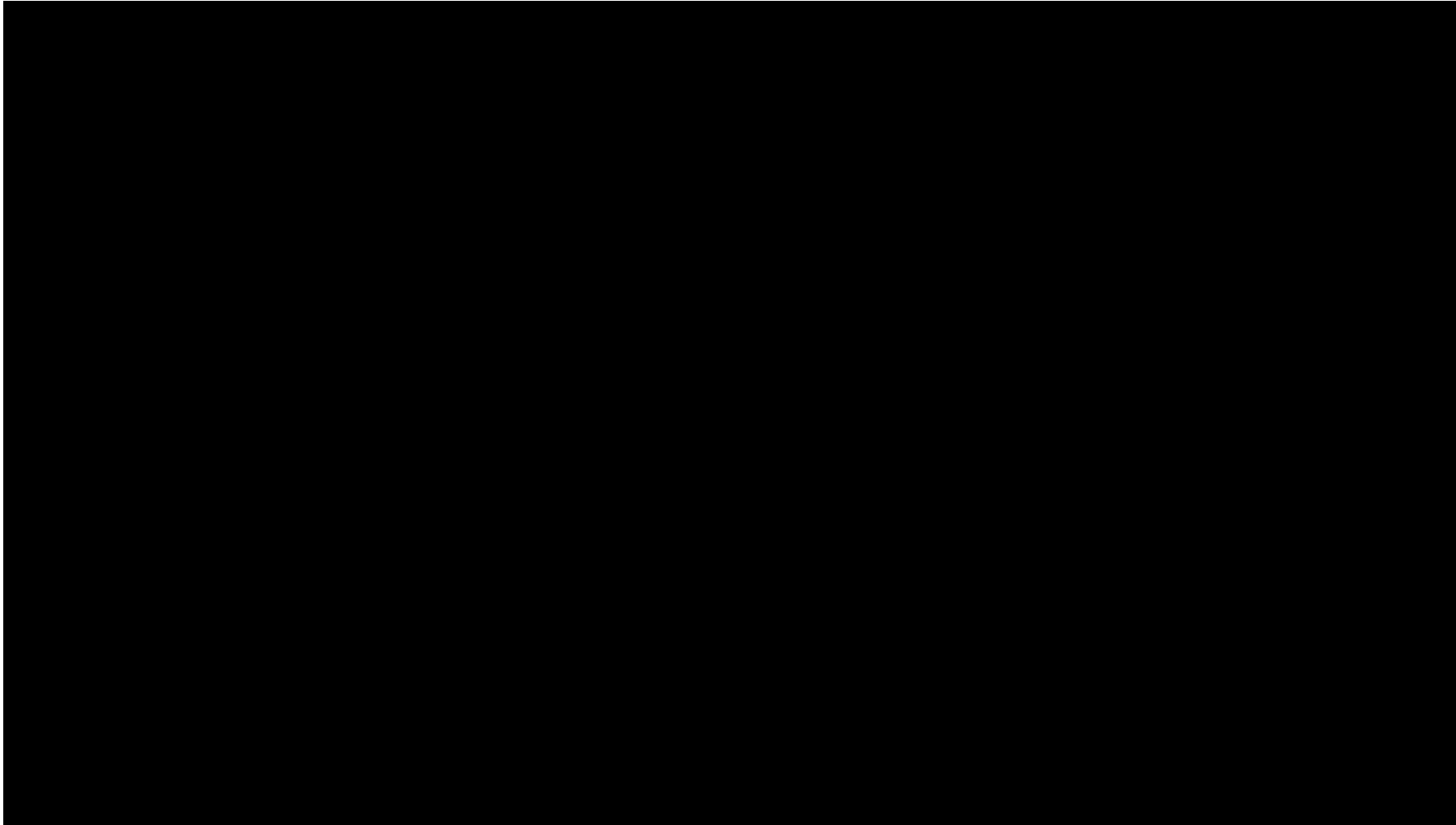
<https://www.youtube.com/watch?v=MKQlys-z7SM>





Druk poprzez spiekanie laserem - Selective Laser Melting







Typy filamentów termoplastycznych

- **filamenty PLA** – to z kolei produkty, które wykonuje się z trzciny cukrowej lub mączki kukurydzianej. Wykorzystanie do produkcji składników roślinnych sprawia, że te materiały eksploatacyjne są całkowicie biodegradowalne,
- **filamenty ABS** – jedne z najczęściej wykorzystywanych filamentów. Jest to materiał wykonany z tworzywa ABS, które określa się jako terpolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy, a otrzymuje w procesie polimeryzacji,
- **filamenty PET-G** – polimery, które charakteryzują się niską absorpcją wilgoci, wytrzymałością, twardością i sztywnością. Są to filamenty o dużej elastyczności i odporności na urazy mechaniczne (uderzenia, wstrząsy). Można śmiało powiedzieć, że te materiały eksploatacyjne łączą najlepsze cechy filamentów PLA i ABS,
- **filamenty TPU** – znany jest także jako filament gumowy,
- **filamenty HIPS-X** – wysoka udarność,
- **filamenty ASA** – odporne na warunki atmosferyczne,
- **filamenty Nylon** - lekki i wytrzymały, dobra jakość wykończenia powierzchni, elastyczny i odporny na ścieranie,
- **filamenty HIPS** – rozpuszczalne podpory,
- **filament SteelFill** - zawiera w swoim składzie aż 88% metalu,
- inne.

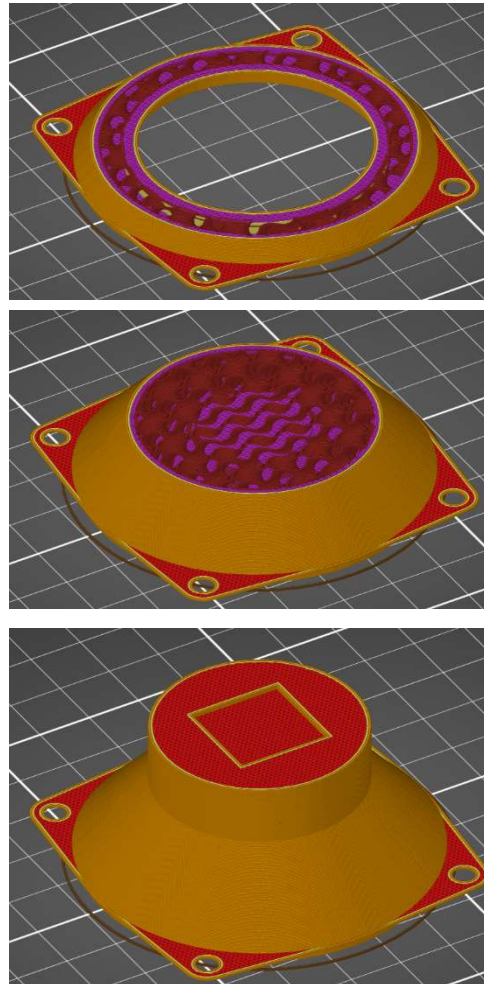
Druk 3d od pomysłu do gotowego projektu

głosnik_0.15mm_PLA_MK3S_2h12m.gcode

3d model



slicer



gcode

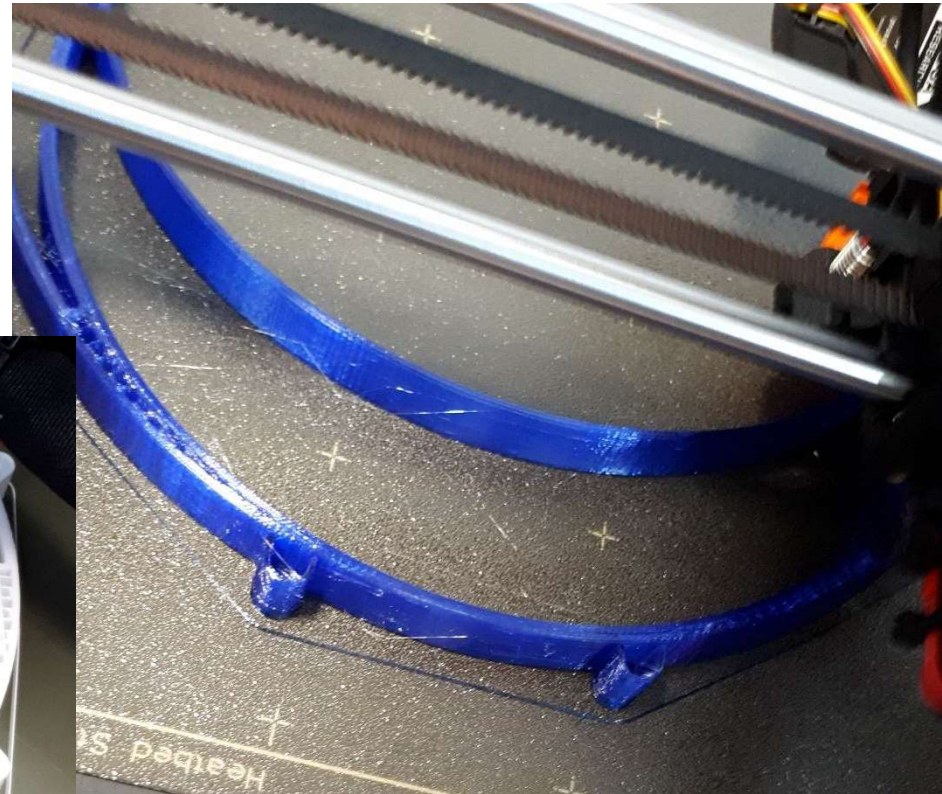
```
M862.3 P "MK3S" ; printer model check
M862.1 P0.4 ; nozzle diameter check
M115 U3.12.1 ; tell printer latest fw version
G90 ; use absolute coordinates
M83 ; extruder relative mode
M104 S215 ; set extruder temp
M140 S60 ; set bed temp
M190 S60 ; wait for bed temp
M109 S215 ; wait for extruder temp
G28 W ; home all without mesh bed level
G80 ; mesh bed leveling
```

```
G1 Z0.200
G1 E0.80000 F2100.00000
M204 S1000
G1 F1200.000
G1 X102.365 Y79.127 E0.11086
G1 X105.243 Y76.867 E0.11473
```

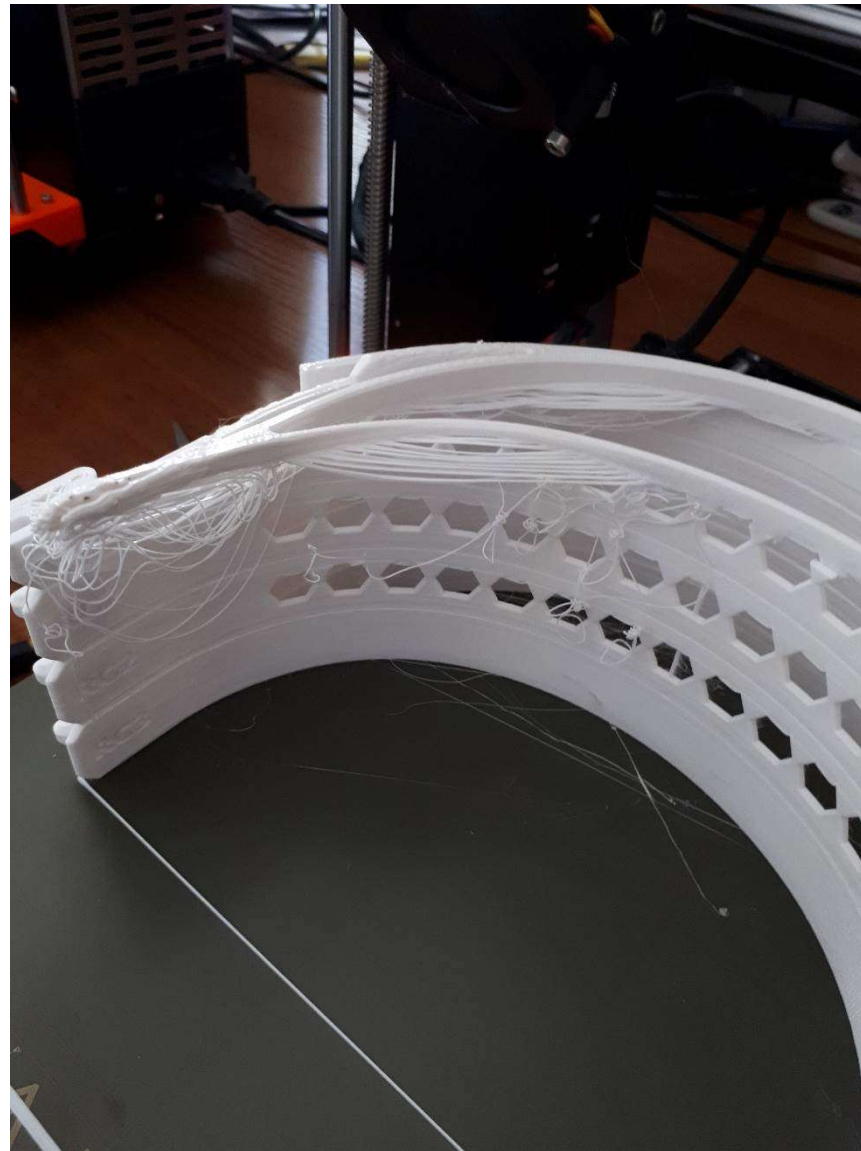
```
...
G – ruch osi
E – ilość ekstruzji
F – prędkość ekstruzji
M204 - przyśpieszenie
```

Problemy podczas drukowania

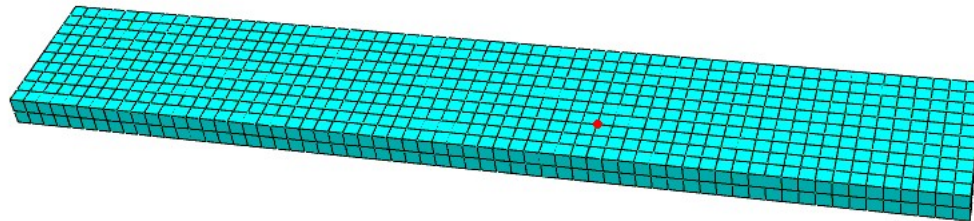
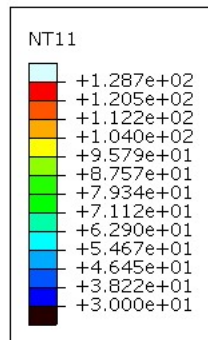
- ABS
- PLA
- PET-G



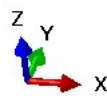
Problemy podczas drukowania



Modelowanie numeryczne procesy drukowania



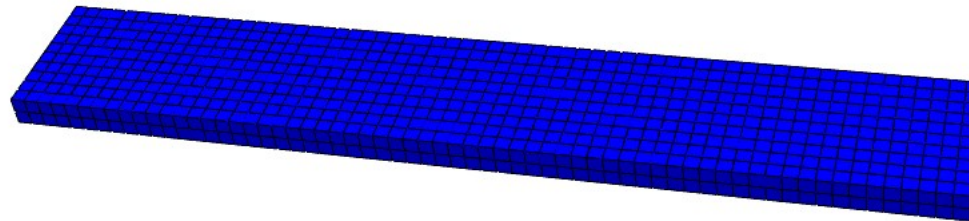
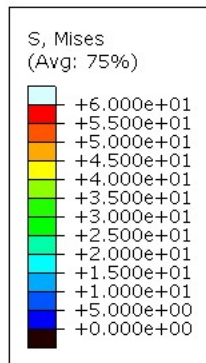
Step: Structur Frame: 0
Total Time: 0.000000



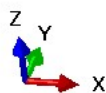
ODB: structural9.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2019x HotFix 5 Fri Dec 02 16:30:45 Central European Standard Time 2022

Step: Structural
Increment: 0: Step Time = 0.000
Primary Var: NT11
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+00
Status Var: STATUS

Modelowanie numeryczne procesy drukowania



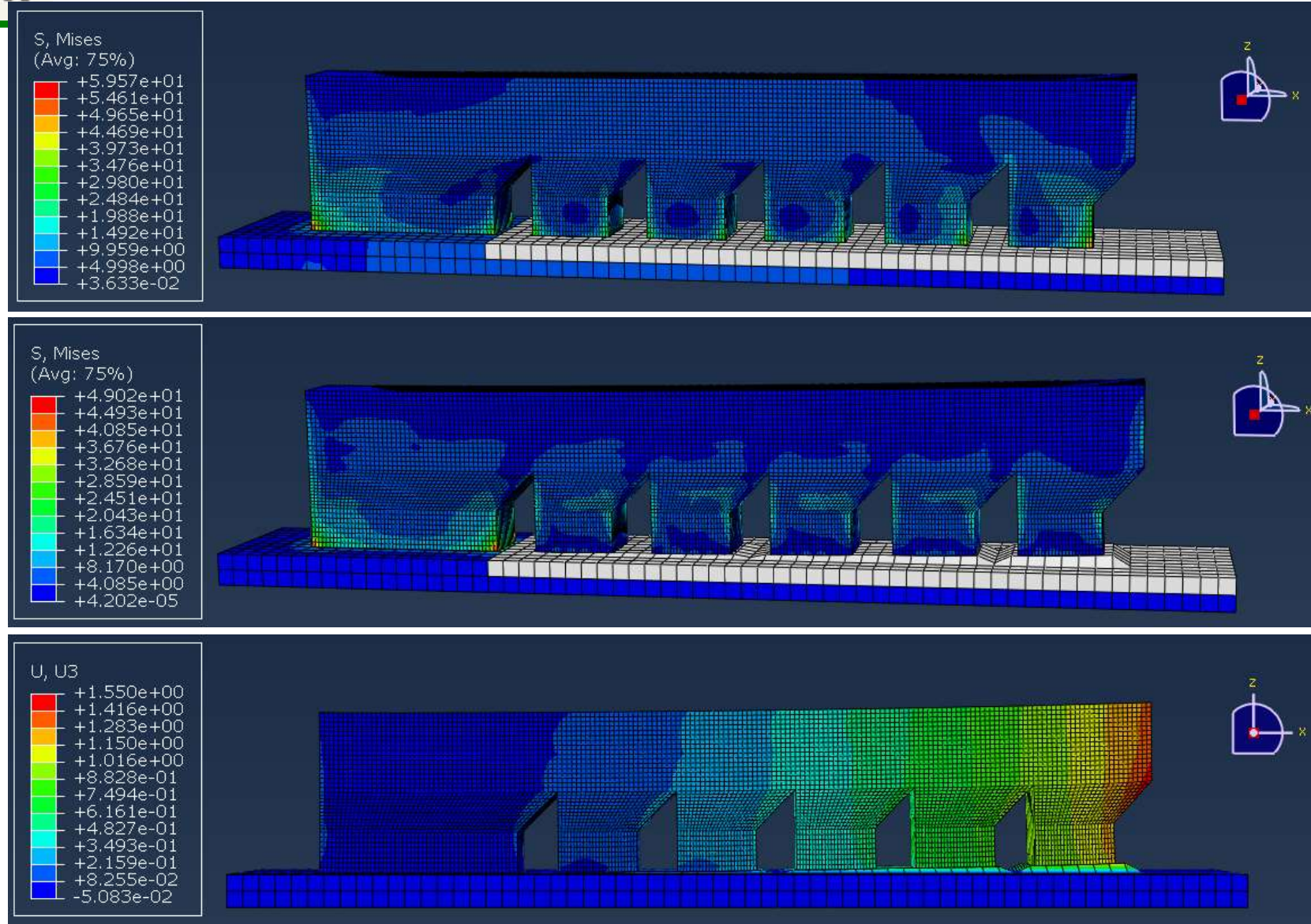
Step: Structur Frame: 0
Total Time: 0.000000



ODB: structural9.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2019x HotFix 5 Fri Dec 02 16:30:45 Central European Standard Time 2022

Step: Structural
Increment 0: Step Time = 0.000
Primary Var: S, Mises
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+00
Status Var: STATUS

Modelowanie numeryczne procesy drukowania



Ciekawe druki



<https://www.3dprinterreviewsite.com/5-amazing-things-printed-by-3d-printers/>

Ciekawe druki

The Strati electric car can be printed in just **two days** and **costs** around **11,000 British pounds**. According to the inventors, the price will eventually go down dramatic. The secret of designing this print turned out to be none other than simplification. With a normal car, you usually have to use thousands and thousand of pieces, but the Strati only has 49. Certain parts – the engine, tires and suspension – could not be printed, but the rest of the material was printed with a **carbon fiber reinforced thermal plastic**. The Strati can go up to **40 mph**, and it can travel up to about **120 miles** if not more with its current battery life. Local motorists say that eventually the product will launch and can thus be bought by those who desire to have a new electric, 3D printed car.



Ciekawe druki

A company in China used a giant 3D printer to make **10 full-sized houses in a 24-hour timeframe**. They used the printers to produce a mixture of construction waste and cement to create the walls layer on top of layer. Since there wasn't a large need for materials or physical labors, they were able to keep the costs down to just under **\$5,000**. They say they can print buildings to the design of your choosing, meaning there's no hassle to go searching around for your dream home or putting down a large mortgage. At just a fraction of the cost, you can get the design of your choosing at a cheap price. At this point your only worry would be is where to put it and how to move it. The company wants to build skyscrapers in the near future, yet right now Chinese law prohibits the 3D printing of multi-story 3D printed buildings.



Ciekawe druki

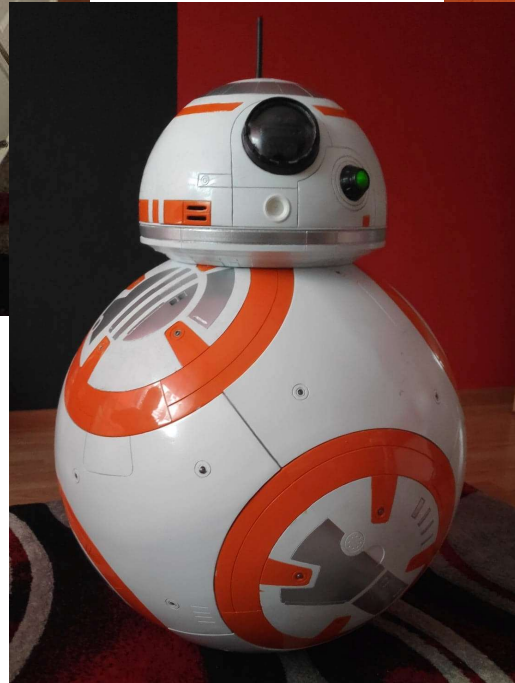
Astronauts were able to print the first object printed in outer space thanks to the efficiency and speed of technology. The story behind it is that when in space, the astronauts needed a socket wrench, so NASA drew the plans in CAD and then emailed the design to the astronauts. This was definitely much more cost effective, faster and efficient than having a rocket fly up to give them a wrench, which usually took months at a time. NASA states that this new feature will make astronauts much more self-reliant.



Ciekawe druki

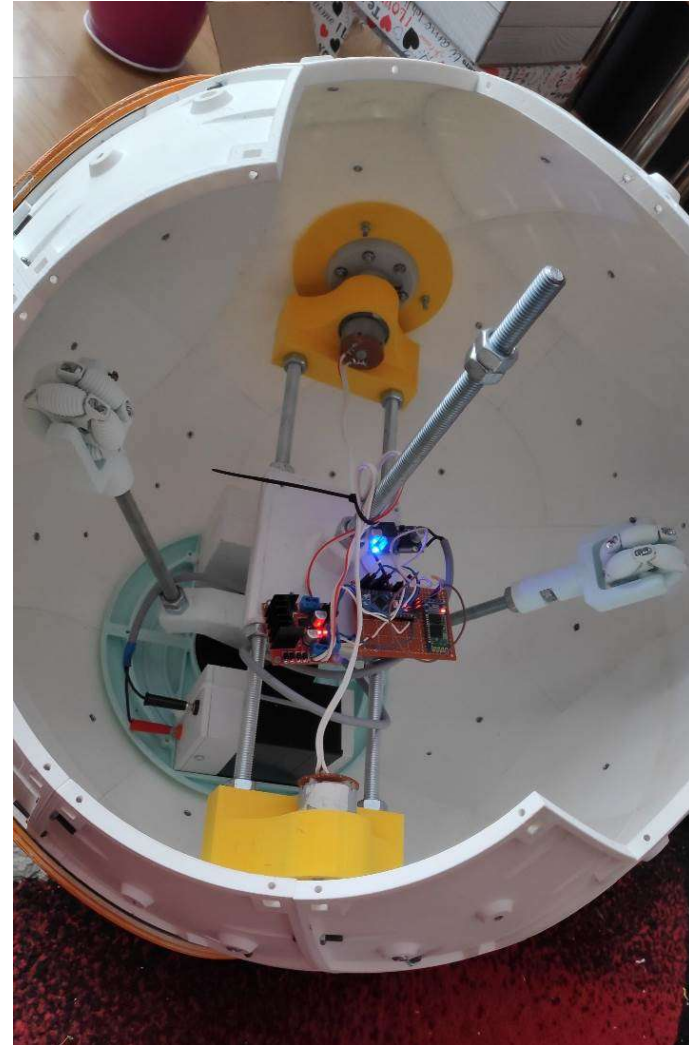


WIMIP Creative – Weronika Muszyńska





WIMIP Creative – Weronika Muszyńska



Przyłbica dla medyka RC2

