

3D tisk

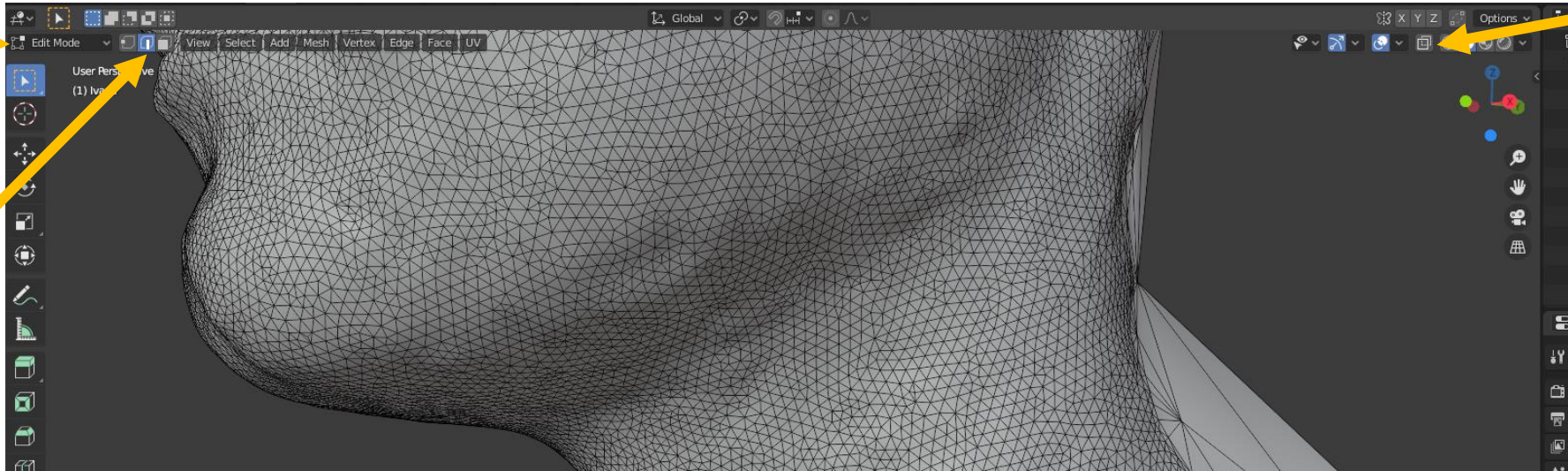
Blender – pokročilé úpravy – *edit mode*

- mód pro většinu editací polygonální sítě, prostřednictvím editací jednotlivých prvků

- přepínání mezi módy



- přepínání mezi editací bodů, hran nebo facet



- přepínání průhlednosti (možnost označit vše v dané oblasti bez ohledu na směr pohledu)

Výběr prvků:

LMB – jednotlivě

ctrl + RMB – laso

L – propojené prvky

Posun vybraných prvků:

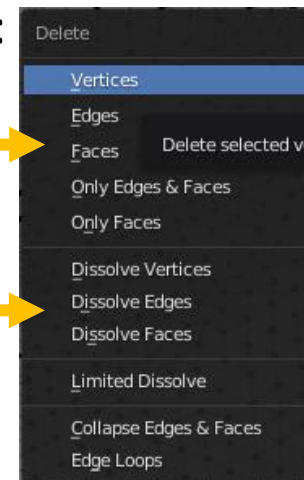
stejně jako v *edit mode* (G, R, S, T)

Odstranění vybraných prvků:

delete >

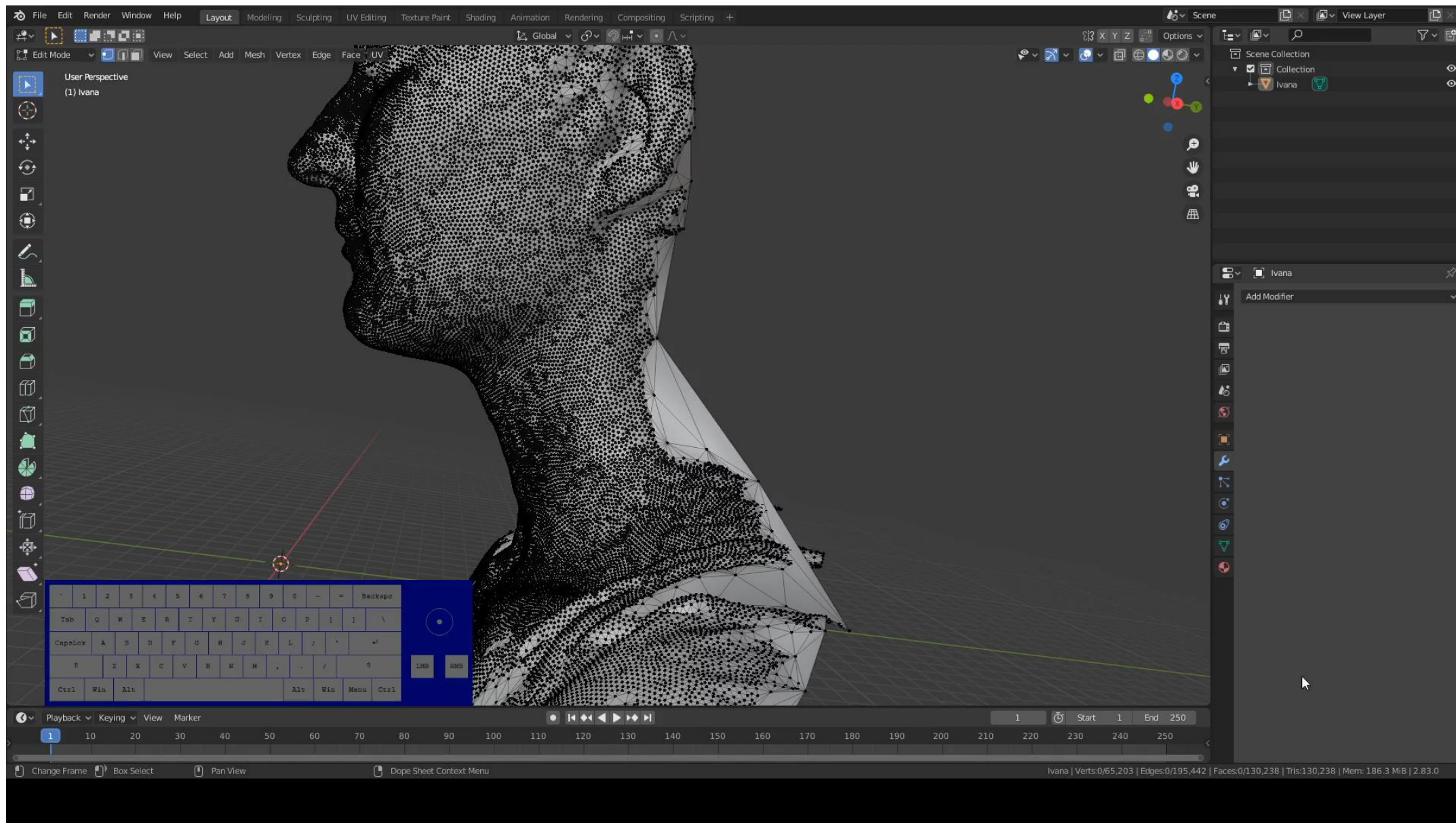
odstraní

spojí zbývající prvky



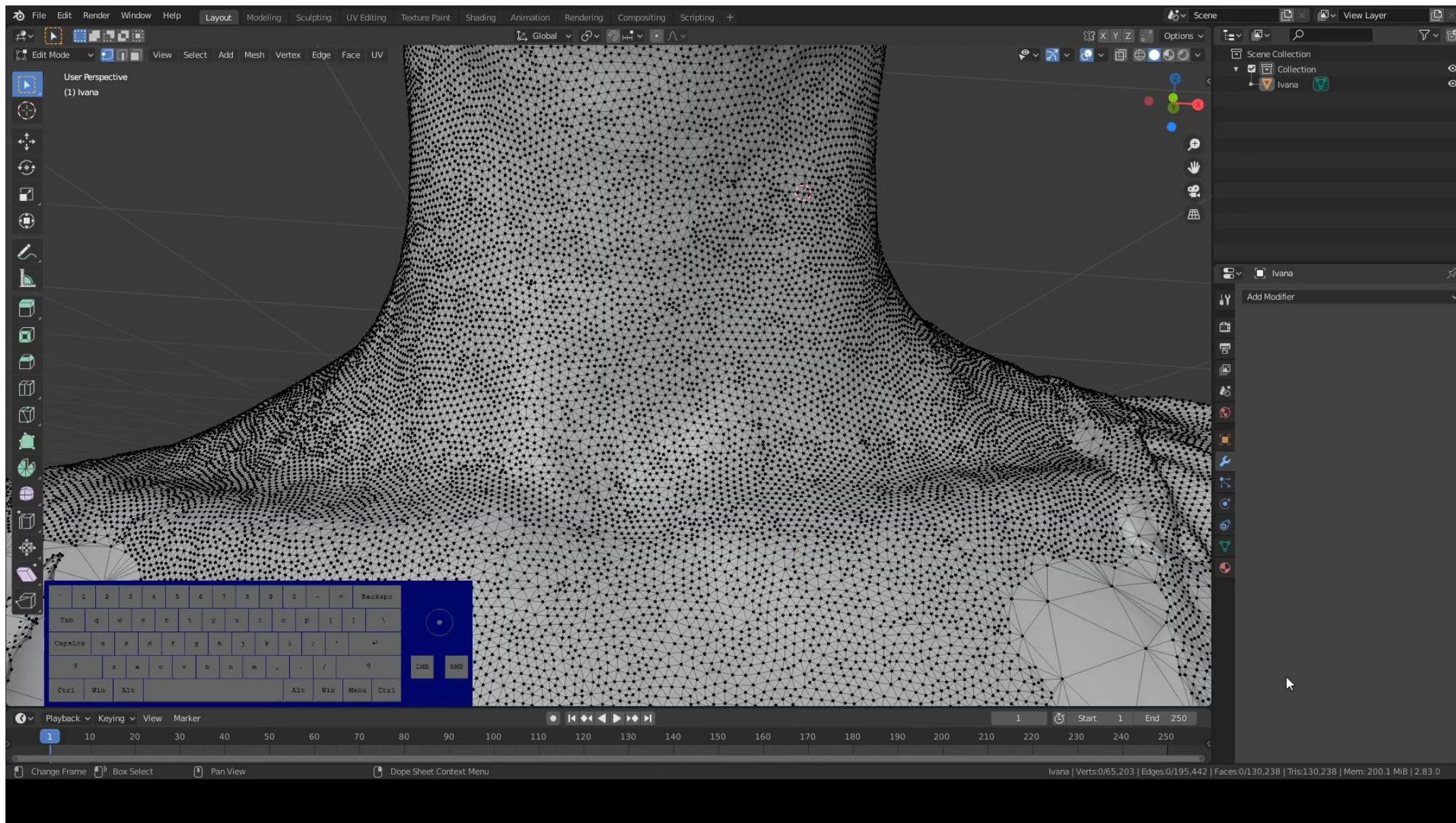
Blender – pokročilé úpravy – *edit mode*

výběr s pomocí lasa bez průhlednosti a s průhledností



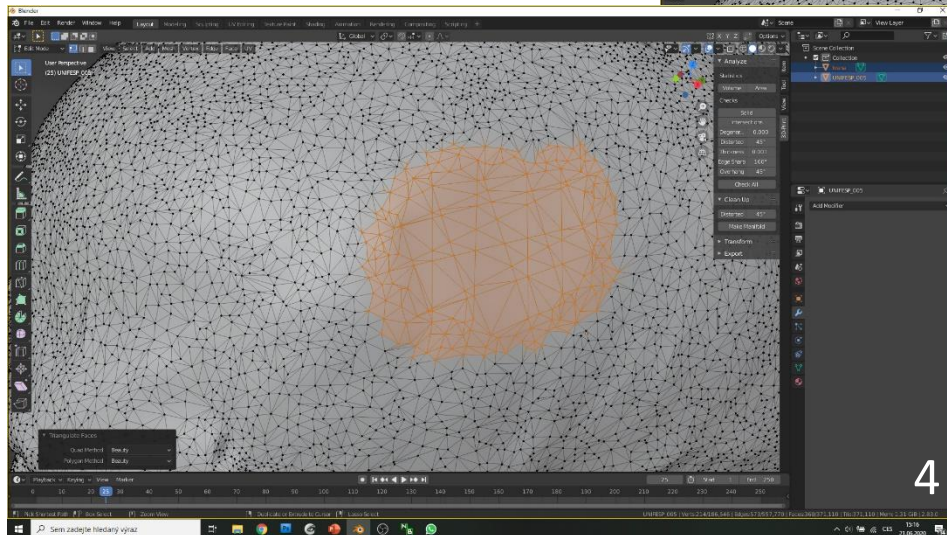
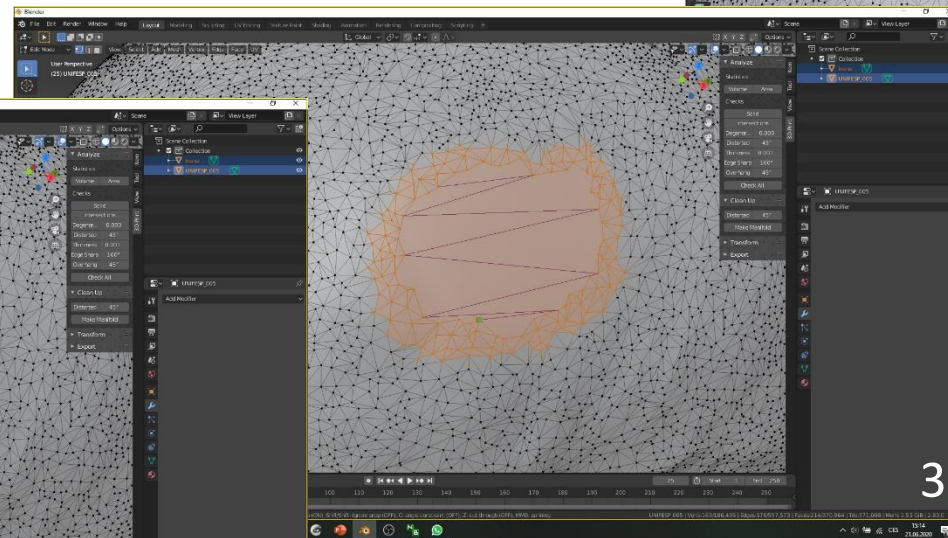
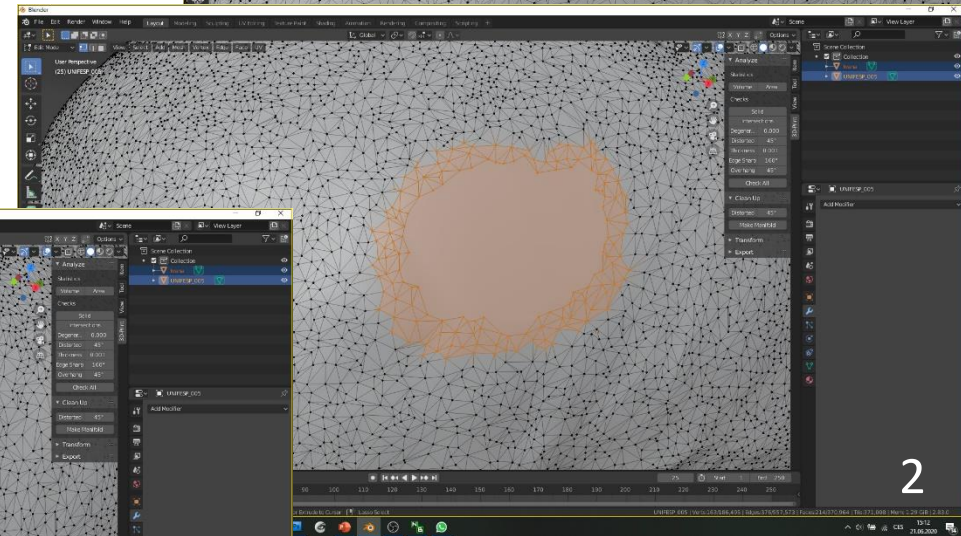
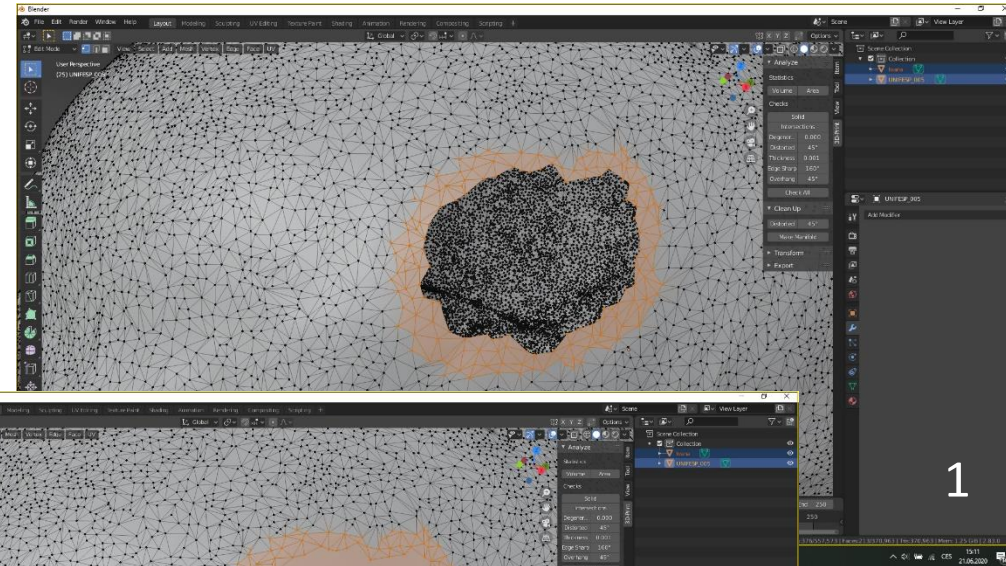
Blender – pokročilé úpravy – *edit mode*

delete (bez náhrady) and dissolve (spojení stávajících prvků)



Blender – pokročilé úpravy – *edit mode* – vyplnění děr

- 1) výběr prvků ohraničující díru
- 2) *Mesh > Clean up > Fill holes* (je potřeba navýšit počet stran)
- 3) *K (knife)* pro přidání hran
- 4) *Face > Triangulate faces* – pro triangulaci
- 5) případné domodelování *Sculpt tools*



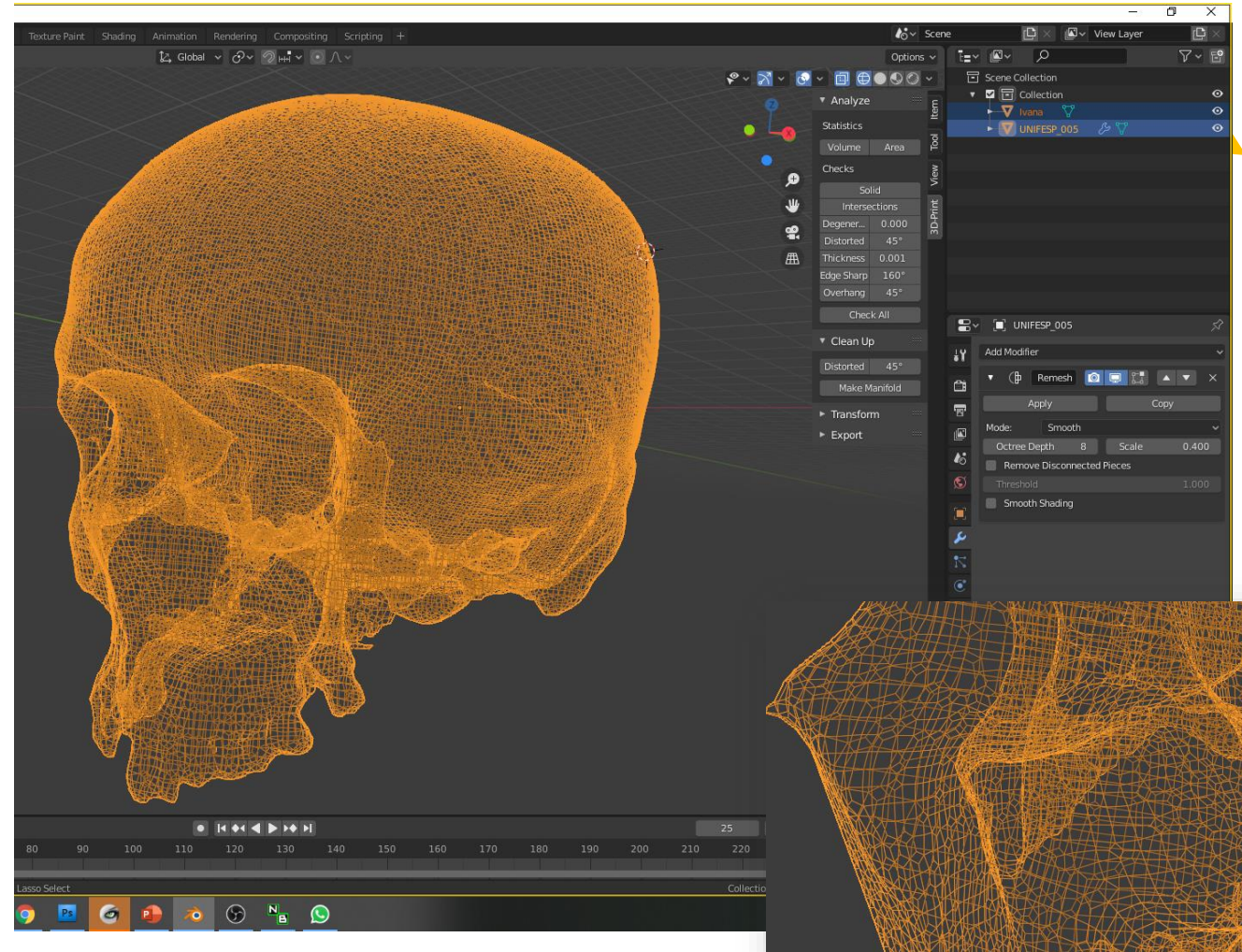
Blender – pokročilé úpravy – modifiers

Ad modifier > Remesh

- změní topologii modelu
- vhodné pro tvorbu uzavřených modelů a opravu sítí
- *mode > Smooth*
- *Octree depth*: nastavení počtu prvků a detailnosti – pro naše účely 8–10
- *Scale*: nastavení velikosti prvků (na doladění rozlišení)

uzavřený model s
pravidelnou topologií

- výkonné nástroje pro automatickou změnu geometrie
- zpravidla ovlivňují celý model
- fungují pouze v *Object mode*



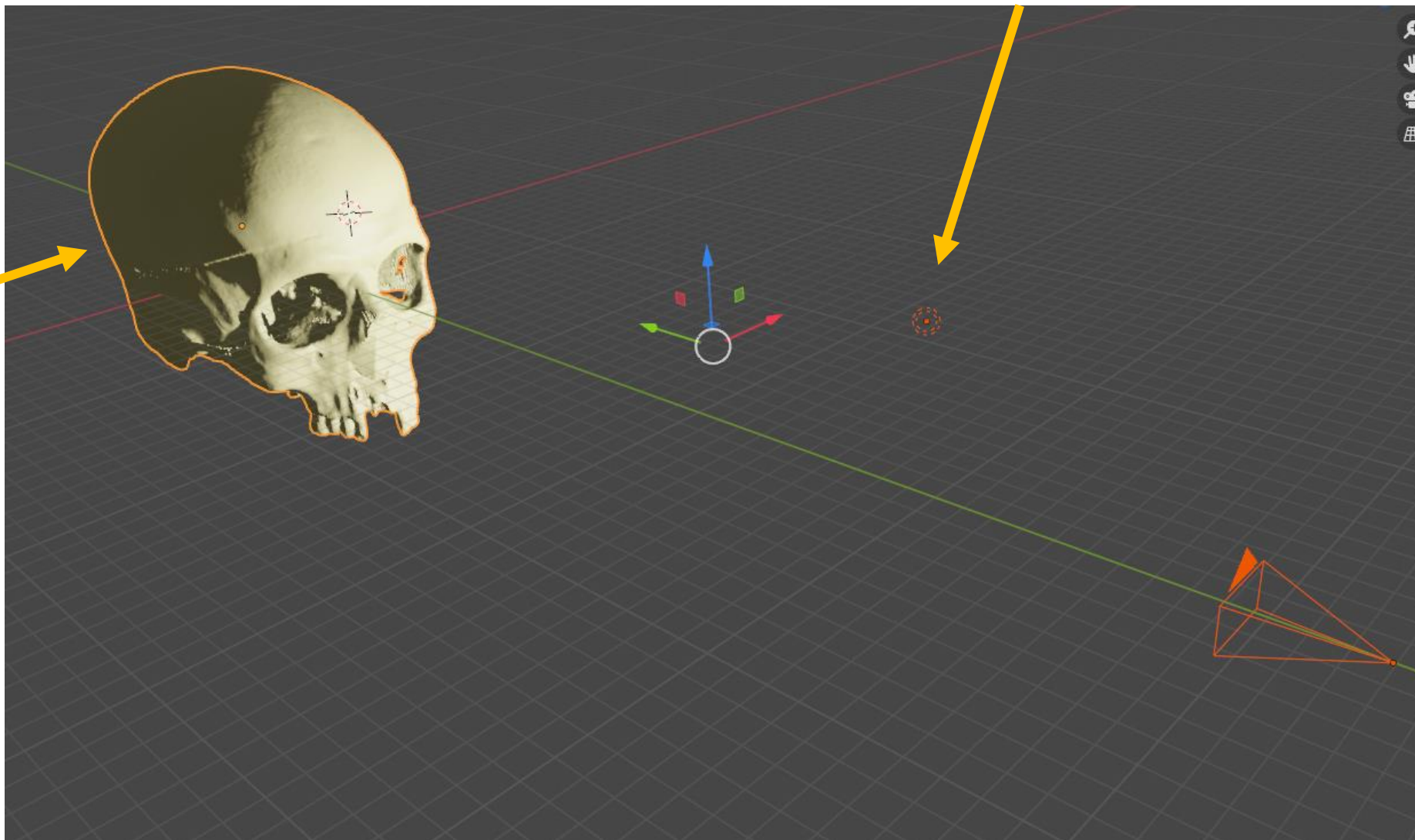
Blender – tvorba náhledů a animací

+ měřítko – jakýkoliv model o známé velikosti

Nezbytné součásti scény!!!

objekt

světlo

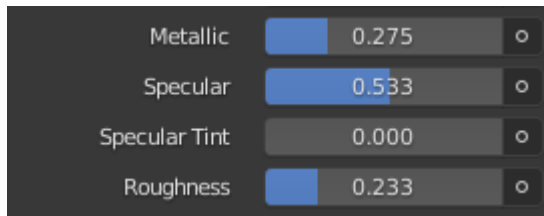


kamera

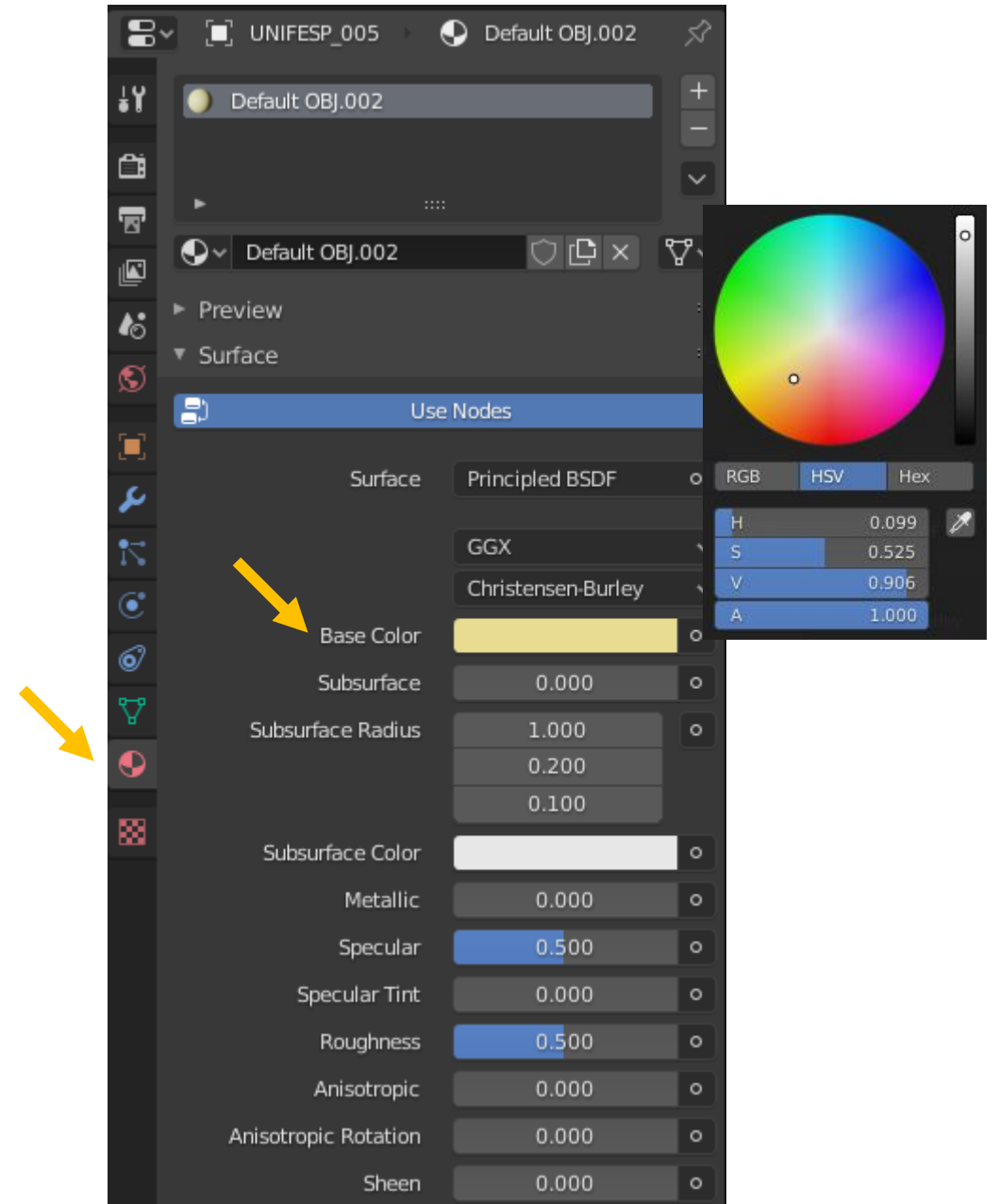
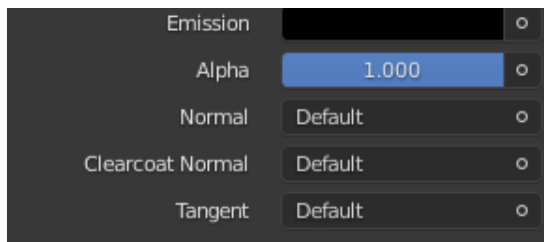
Blender – tvorba náhledů a animací

Nastavení objektu

- základem je barevnost a materiálové vlastnosti menu *Material properties* > *Base Color* (RGB, HSV, Hex)
- dále lesk (především *Metallic* a *Roughness*)



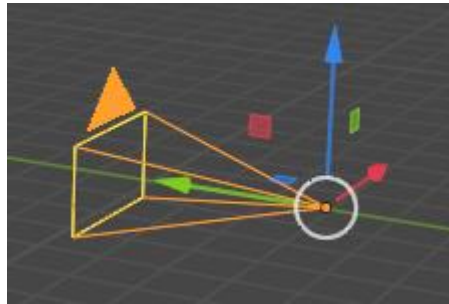
- případně průhlednost anebo vyzařování světla (*Alpha*, *Emission*)



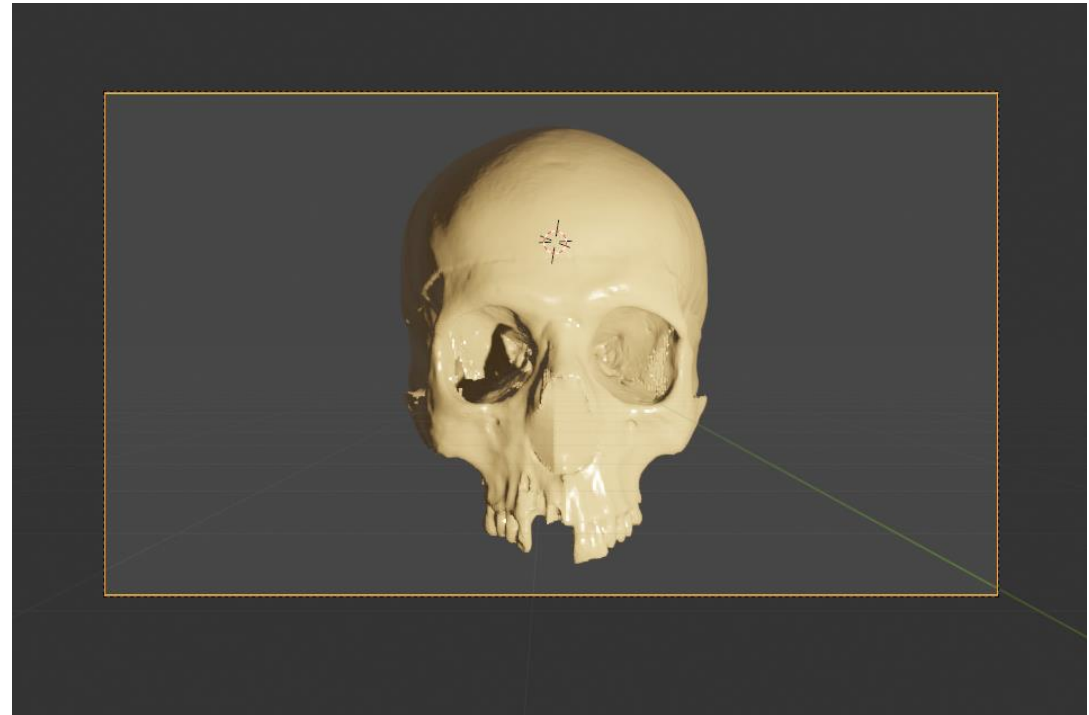
Blender – tvorba náhledů a animací

Nastavení kamery

- základem namířit kameru na objekt, stejně jako v reálném světě
- pohyb kamerou stejně jako jakýmkoliv jiným objektem (G posun, R rotace)
- případné zvětšení zobrazení kamery (S – nemá vliv na obraz)

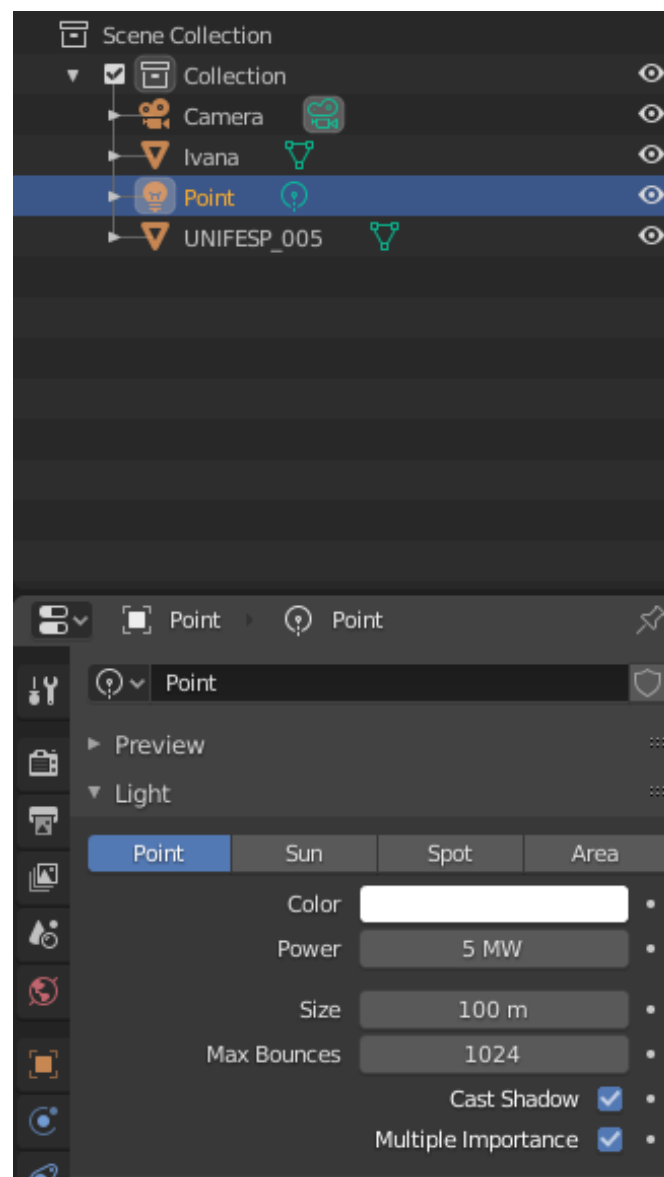
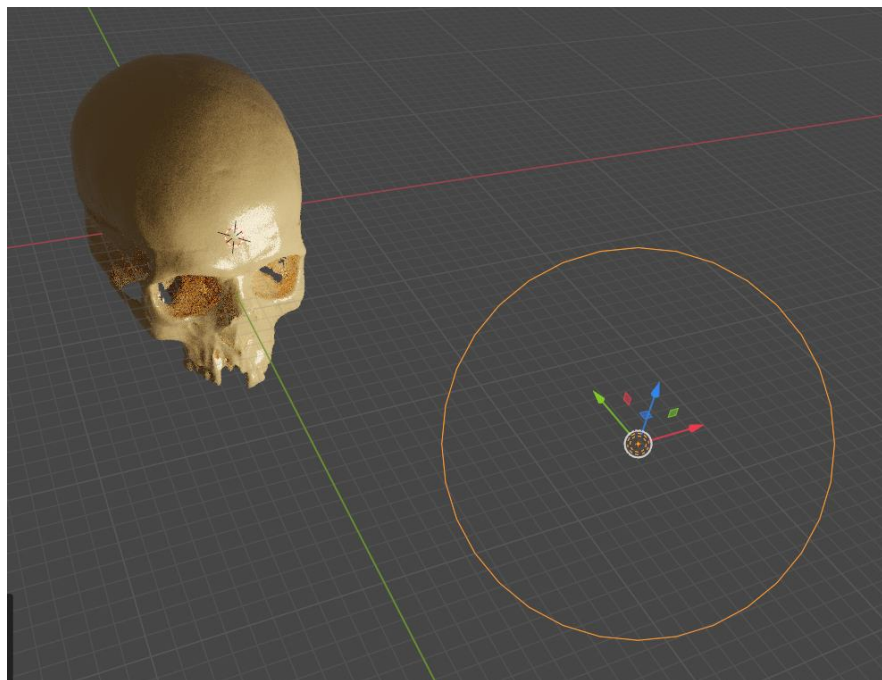


- *numpad 0* – pohled skrz kameru



Blender – tvorba náhledů a animací

Světla



výběr elementu

point – světlo vycházející všemi směry z jednoho zdroje
sun – paralelní paprsky jakoby z nekonečně vzdáleného zdroje
spot – bodové světlo
area – plošný zdroj – přirozené měkké světlo

typy světel

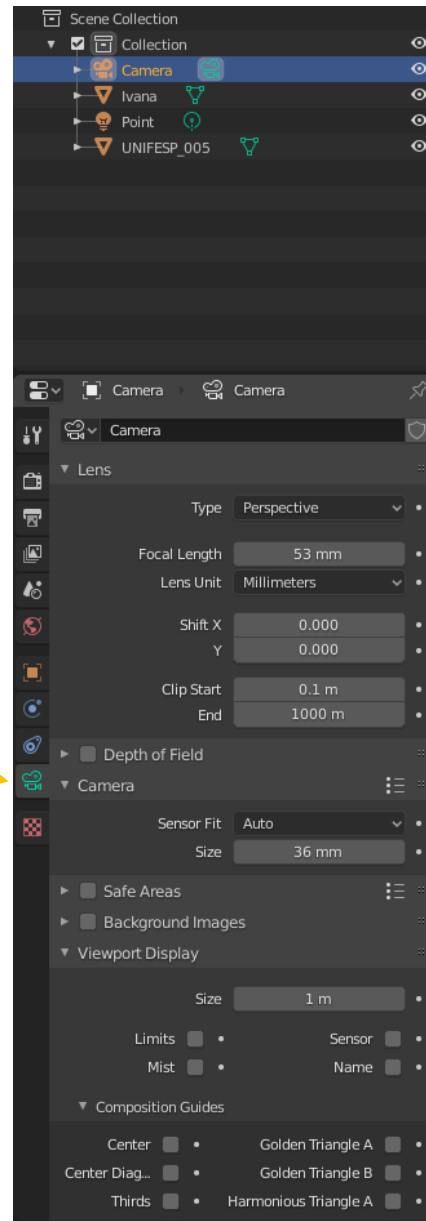
výkon (síla)

velikost zdroje

Blender – tvorba náhledů a animací

Nastavení kamery (vybrat kameru
> *Object data properties*)

object data properties



výběr kamery

perspektivní nebo
ortografické zobrazení

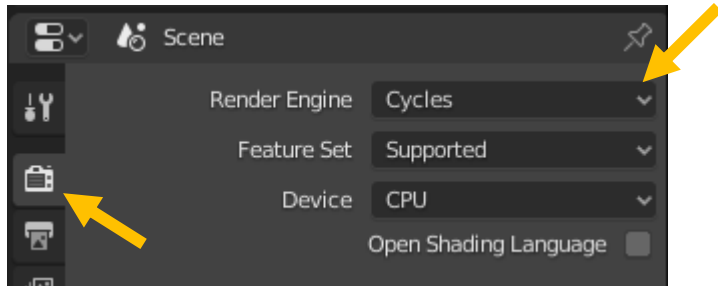
ohnisková vzdálenost (ZOOM)

vzdálenost zobrazovaného –
někdy, pokud je kamera daleko,
není objekt vidět a je potřeba
zvýšit *End*

spousta dalších nastavení včetně
simulované „velikosti čipu“

Blender – tvorba náhledů a animací

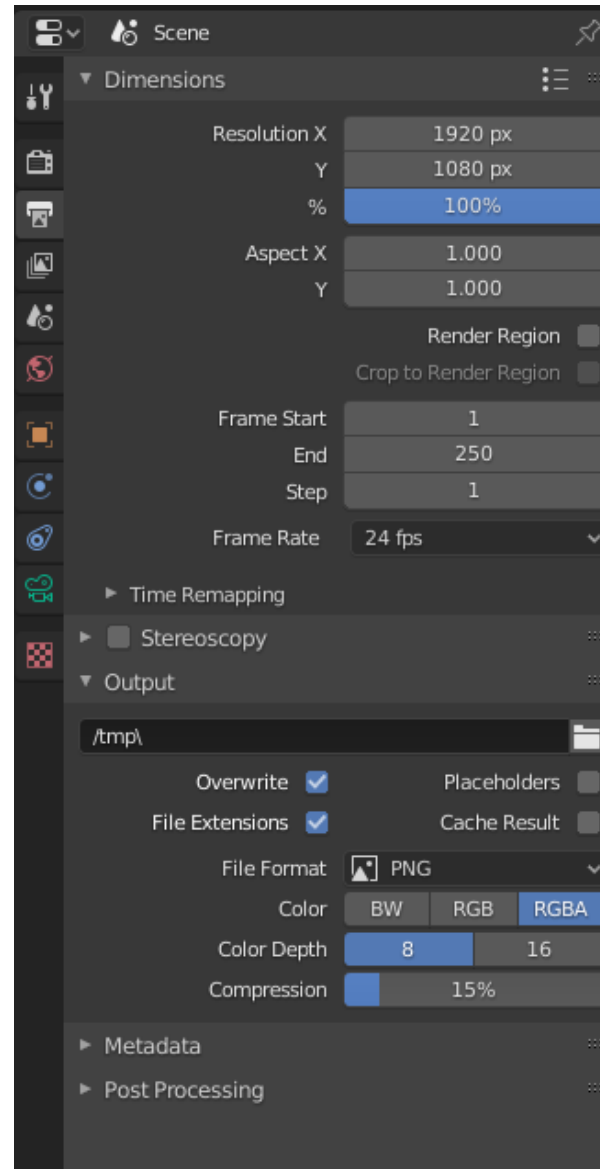
Nastavení renderovacího nástroje



Eevee – rychlé vykreslování, někdy nepřesné

Cycles – raytracing – věrné vykreslování, výpočetně náročné

Liší se v některých nastaveních.



rozlišení výstupu (poměr stran)

počáteční a koncové políčko (podstatné pro animace)

výstupní adresář

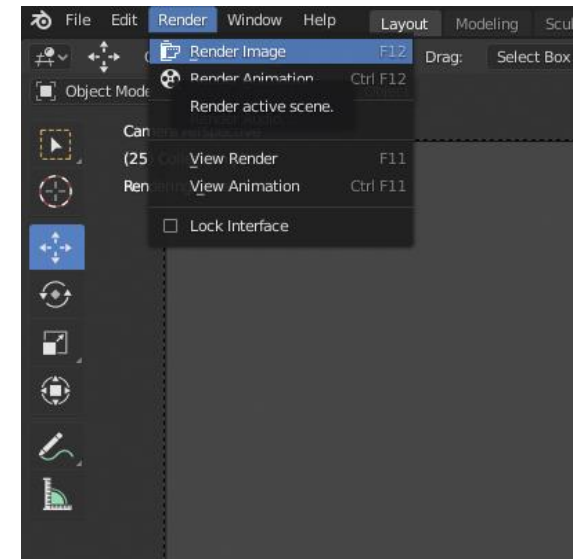
bitová hloubka a průhlednost (RGBA)

Blender – tvorba náhledů a animací

Při přípravě scény je dobré využít rychlé renderování v pracovním okně – to využívá nastavený vykreslovací nástroj a dovoluje přesněji nastavit světla

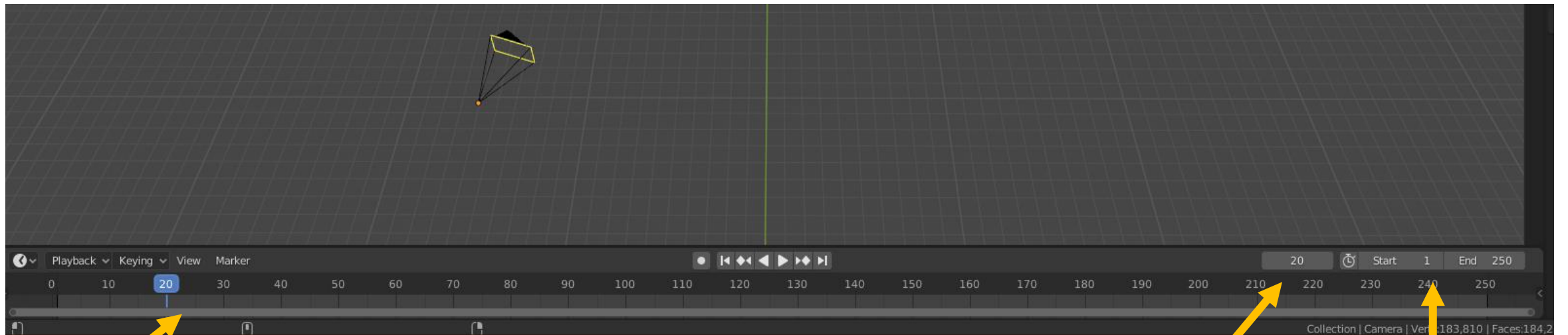


Vykreslení probíhá příkazem
Render > Render Image (F12)



Blender – tvorba náhledů a animací

- animace je pouze vyrenderování po sobě jdoucích políček
- animování probíhá vytvářením tzv. klíčových snímků a aproximací změn mezi nimi



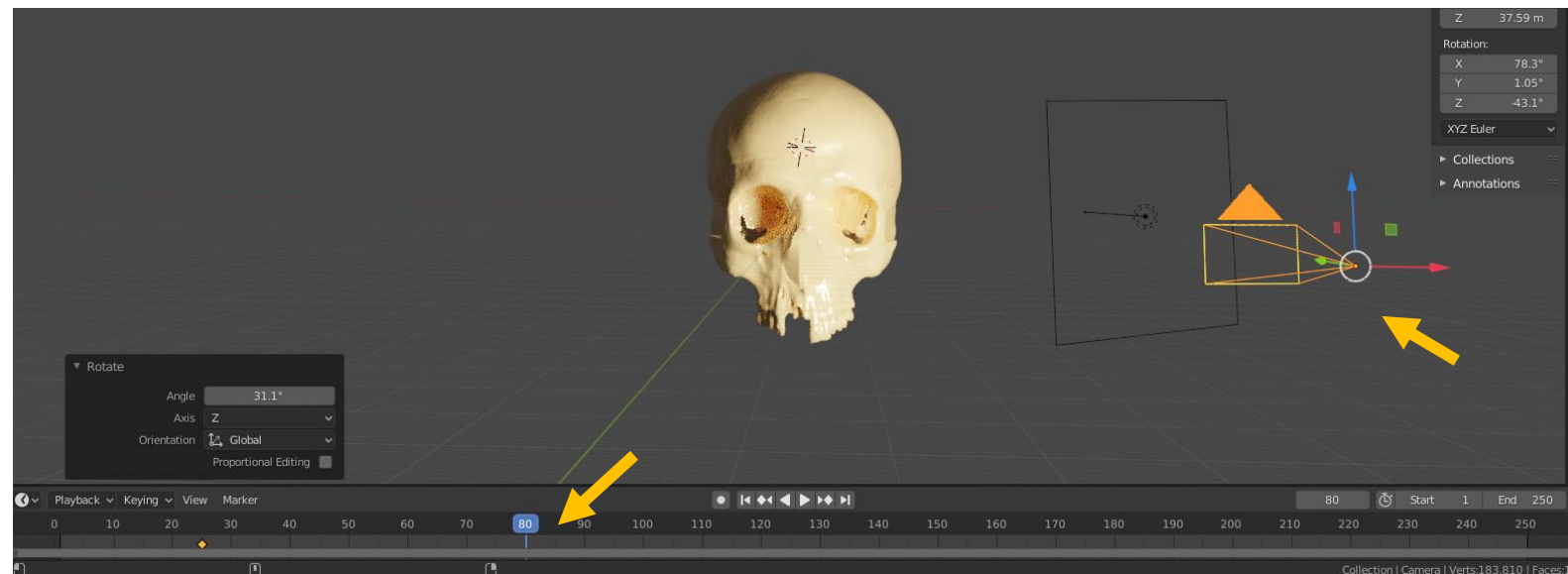
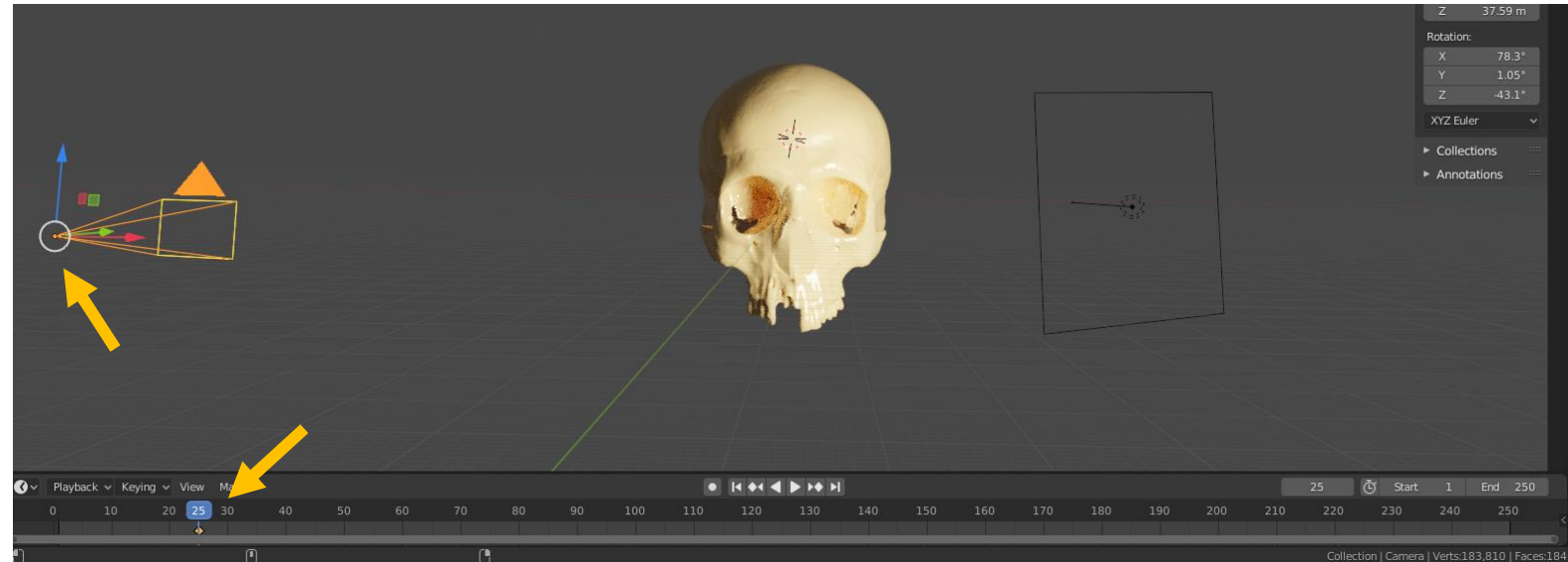
časová osa

současný
snímek

začátek a
konec času

Blender – tvorba náhledů a animací

- nastavení polohy a prvního políčka pohybu
- vytvoření klíčového snímku (RMB na objekt > *Insert keyframe* > *LocRotScale*; nebo zkratka I) – při vybrání prvku je na časové ose bod
- nastavení konečného snímku a konečné polohy (ne naopak)
- vytvoření klíčového snímku (RMB na objekt > *Insert keyframe* > *LocRotScale*)
- generování jednotlivých políček – *Render* > *Render animation*

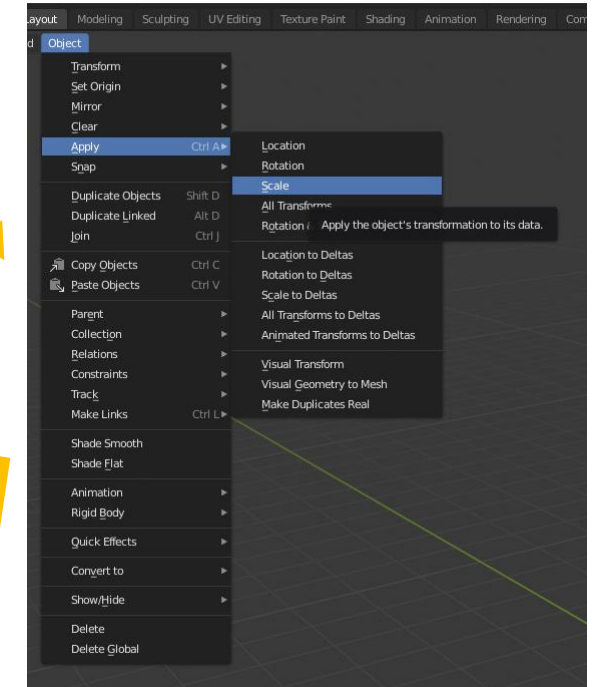
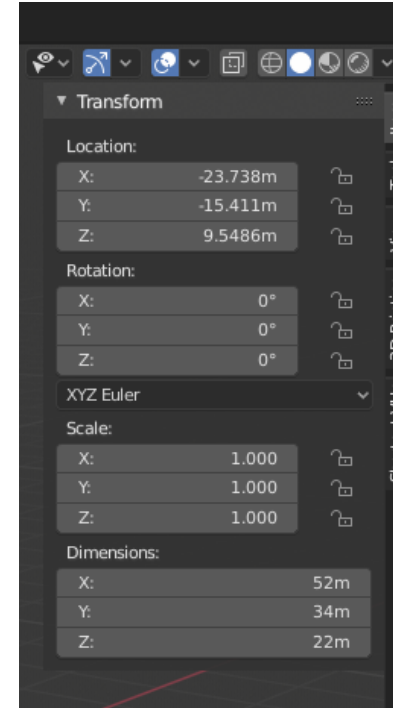
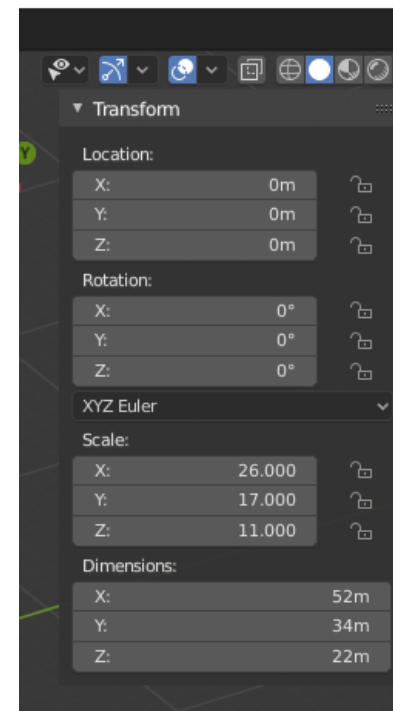


Blender – technické modelování

- lepší v ortozobrazení (numpad 5)
- postupným modelováním výchozího tvaru

Př. přidání kvádru

- *Add > Mesh > Cube*
- upravit *dimensions* na požadované hodnoty
- *Object > Apply > Scale* – aplikuje *scale*, obdobu rototranslační matice MeshLab



Blender – technické modelování

- modelování = přidávání hran a bodů a jejich transformace

Rychlé přidání hran (*edit mode*)

- ctrl + R – *loop cut + slide tool* – vytvoří nové hrany, ty lze následně přesunout k jedné straně a pak posunout o definovanou vzdálenost (G + osa + vzdálenost)

Vytáhnutí nebo zatlačení plochy

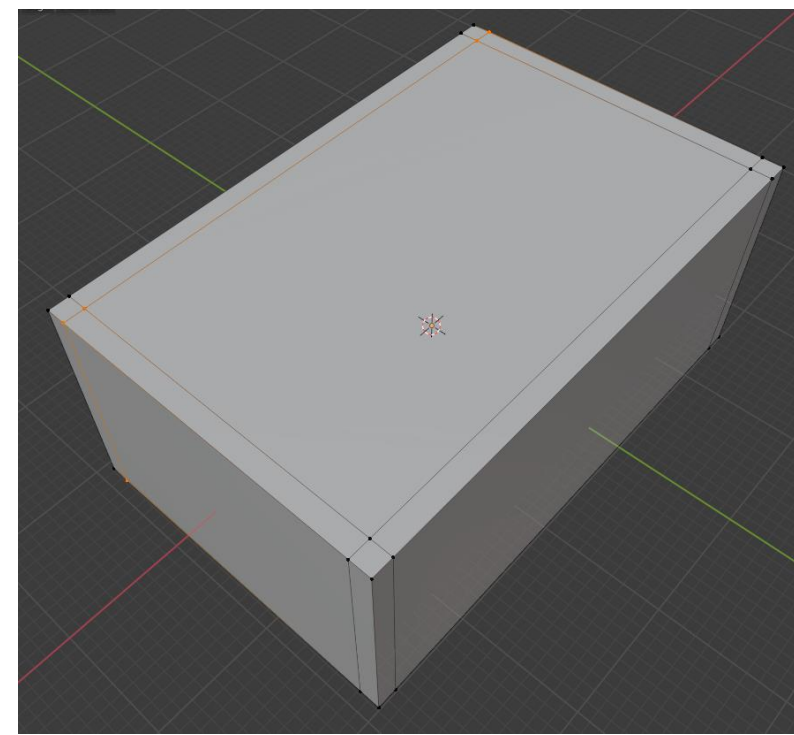
Extrude

Spojení vybraných vrcholů facetou

F

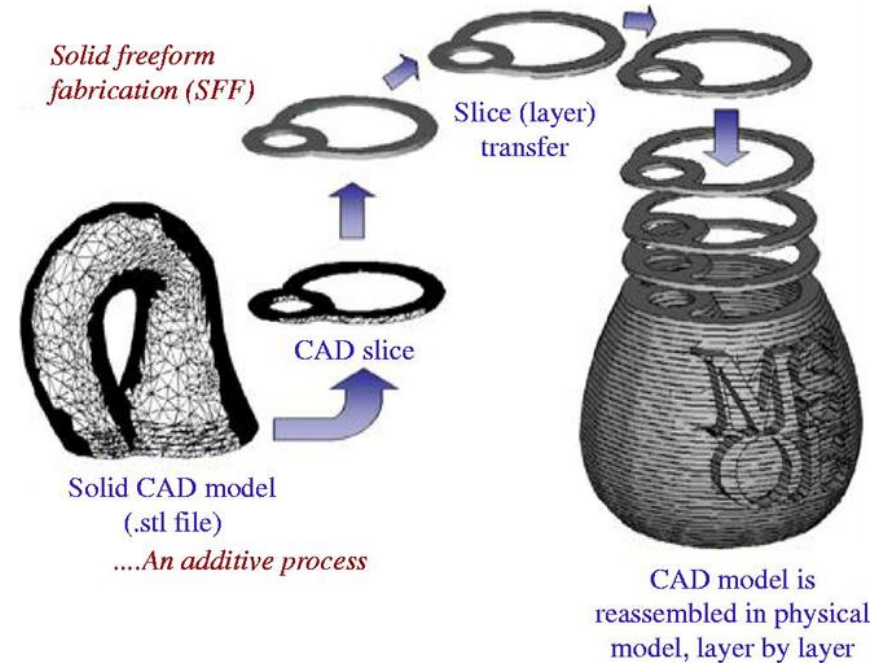
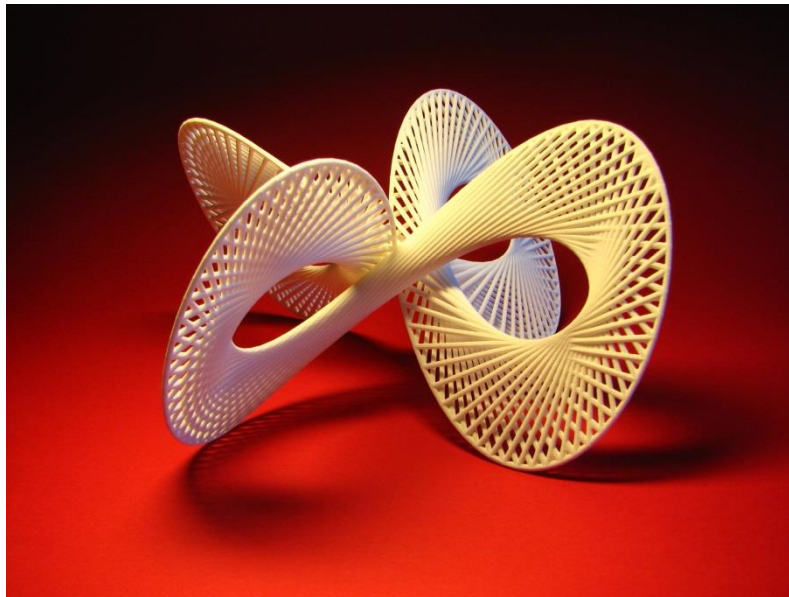
Zkosení a zaoblení hran

Edge > Bevel edges



3D tisk – obecný úvod

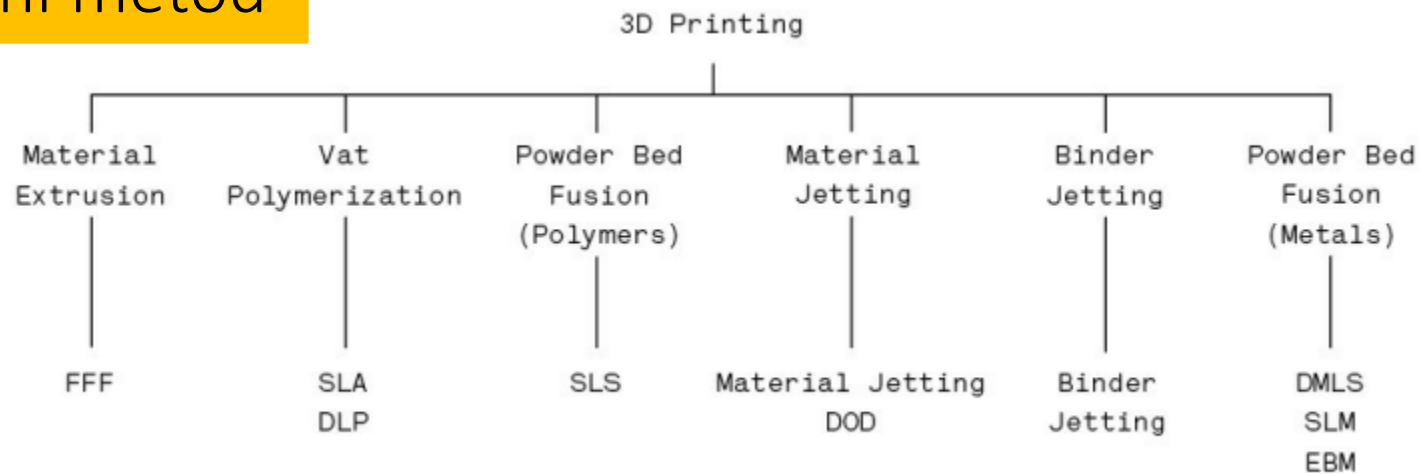
Nejčastěji synonymum pro **aditivní výrobu** (*additive manufacturing*) – model vzniká postupným přidáváním materiálu po vrstvách až do dosažení požadovaného tvaru



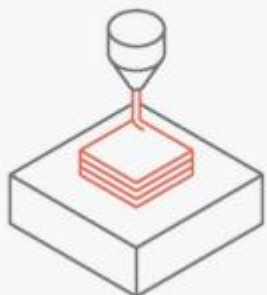
Zdrojem dat pro tiskárny je digitální trojrozměrný model převedený do tiskové úlohy specializovaným softwarem (tzv. *slicer*)

Alternativní způsoby výroby: *formative manufacturing*, *subtractive manufacturing* (obrábění)

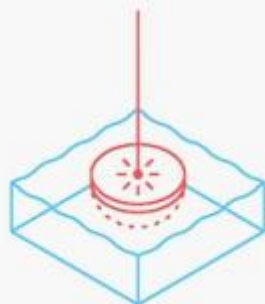
3D tisk – rozdělení metod



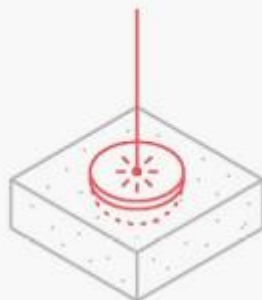
Material Extrusion



Vat Polymerization



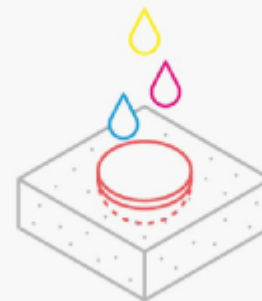
Powder Bed Fusion



Material Jetting



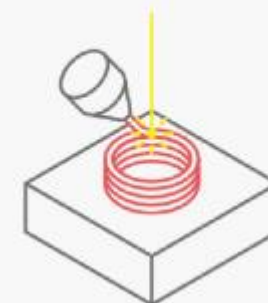
Binder Jetting



Sheet Lamination



Direct Energy Deposition

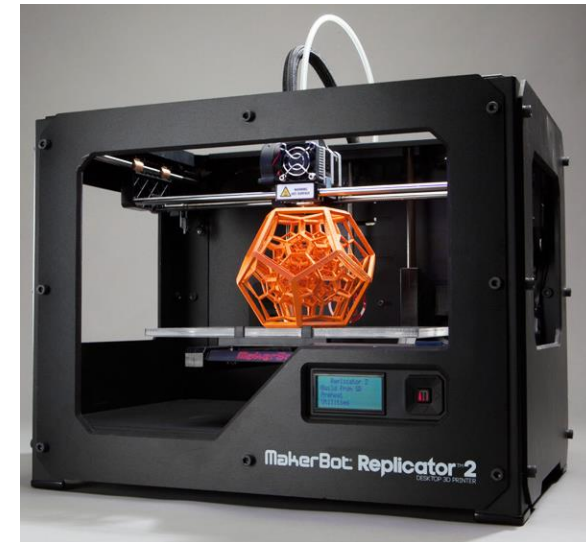


3D tisk – FDM

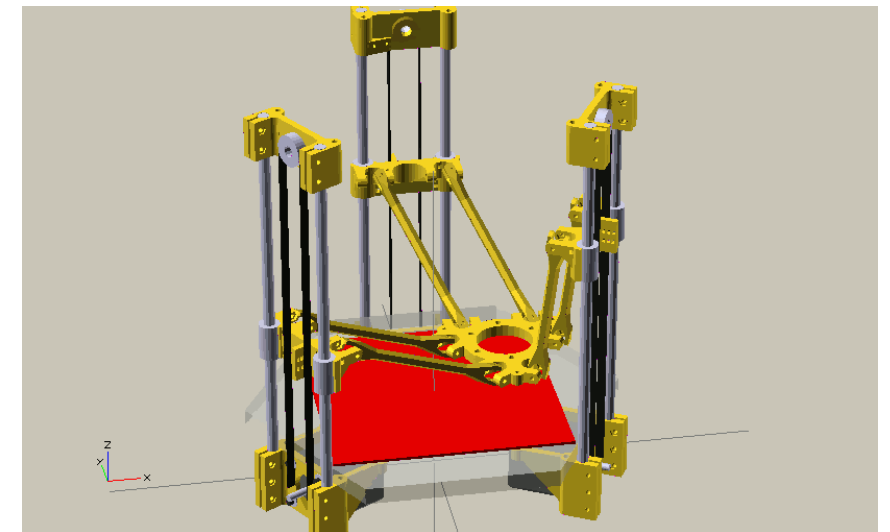
Fused decomposition modeling (FDM), fused filament decomposition (FFD), fused filament fabrication (FFF)

(1989 – Scott Crump)

- technika nejbližší obecné představě o 3D tisku – v rovinách průřezu modelem je nanášen natavený stavební materiál
- trvanlivý a skladný stavební materiál
- nevzniká velké množství odpadu
- komplexní tisky
- od stovek dolarů
- anizotropní vlastnosti
- je nutné tisknout podpěry



MakerBot 2



Deltabot – konstrukce využívá tři vertikálních ramen
Zdroj: www.deltabot-makers.com

3D tisk – FDM termoplasty

PLA (Polylaktid – polymer kyseliny mléčné)

- biologicky odbouratelný materiál vyráběný z rostlinných škrobů
- prodáván obvykle ve formě 3mm nebo 1,75mm struny
- teplota měknutí 60° - energeticky úspornější
- vyšší lesk
- zdravotně nezávadný



Různobarevné PLA struny



3D tisk – FDM termoplasty

ABS (Akrylonitrilbutadienstyren)

- nejpoužívanější materiál v 3D tisku (a také pro výrobu široké škály výrobků)
- odolný vůči vysokým (pevný do 105 stupňů) i nízkým teplotám a mechanickému poškození, nasákání, kyselinám, hydroxidům i tukům
- při ochlazování může dojít k narušení povrchu (smrštění 0,3-0,7 %)

TPU (termoplastický polyuretan)

- pružný termoplastický kaučuk
- tisk při 240–260 °C



3D tisk – speciální materiály

Dřevo

Směs pilin a látky, která po nanesení aerosolu zpevňuje. Výrobek má „dřevěný vzhled“ a dá se opracovávat.

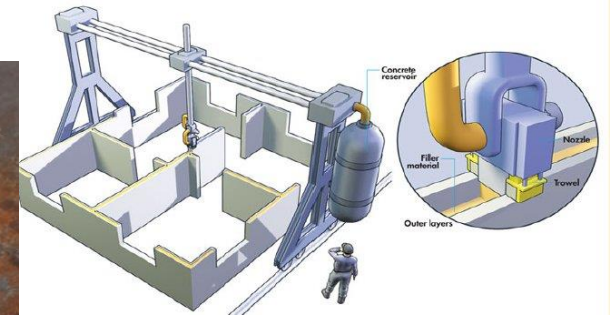


www.emergingobjects.com



Cement

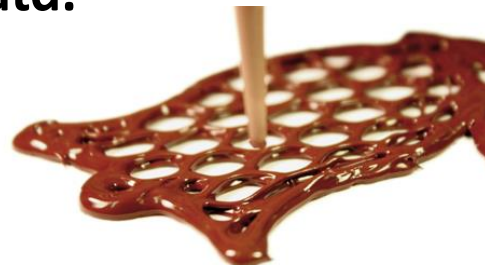
Při obohacení polymerovými vlákny může mít vlastnosti železobetonu.



www.hizook.com

Sůl

Pasty – čokoláda, těsto atd.



Choc Edge



Systems & Materials Research



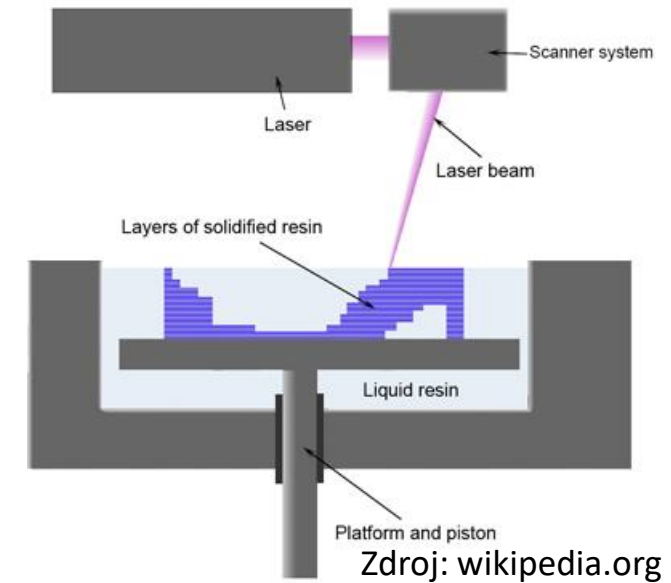
Natural Machines

3D tisk – VAT polymerization

Stereolitografie

STL, SLA (1986 – Chuck Hull)

- vrstvy modelu vznikají ztužováním tekutého fotopolymeru UV zářením
- po omytí je model vytvrzen v UV peci.
- model s vysokým stupněm detailů, bez ostrých přechodů (při stavění se uplatňuje minimum mechanických sil),
- nutná péče o tekutý polymer a práce s ním



3D tisk – VAT polymerization



Creality LD-002R
8 400 Kč



Form 1+ (Formlabs)
3 000 USD

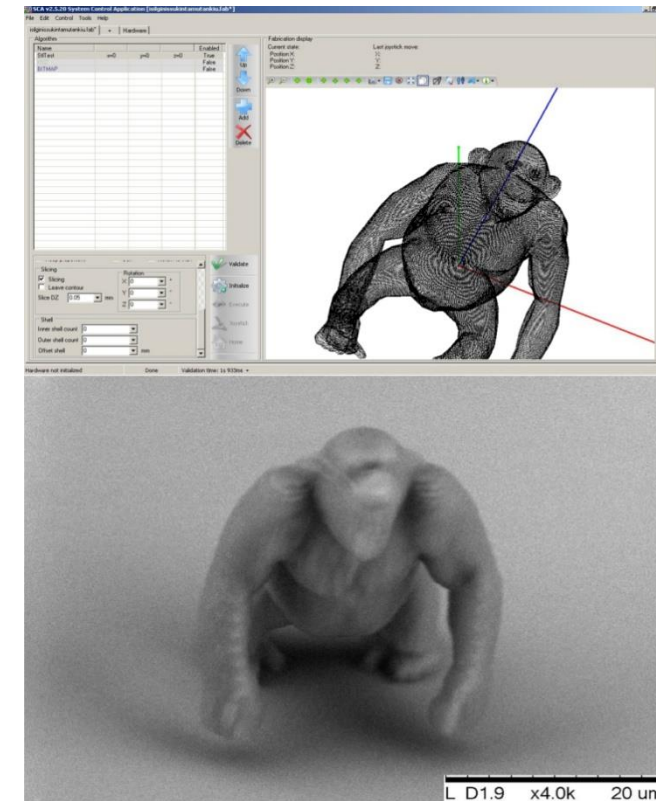


Titan 1 (Kudo 3D)
3000 USD

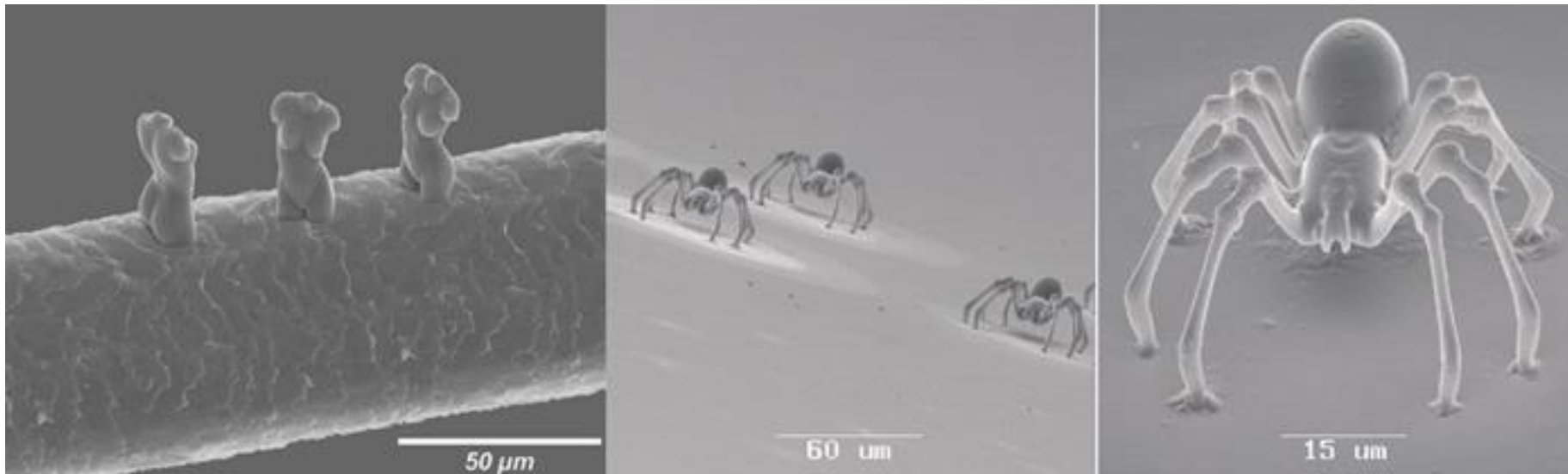
3D tisk – VAT polymerization – multifotonová polymerizace

(dvoufotonová polymerizace – *two-photon polymerization*)

- femtosekundový laser ztužuje gel ne po vrstvách, ale v celém objemu
- velmi detailní modely – rozlišení 100 nm–10 μm



Zdroj: <http://www.asdn.net/>



3D tisk – *material jetting*

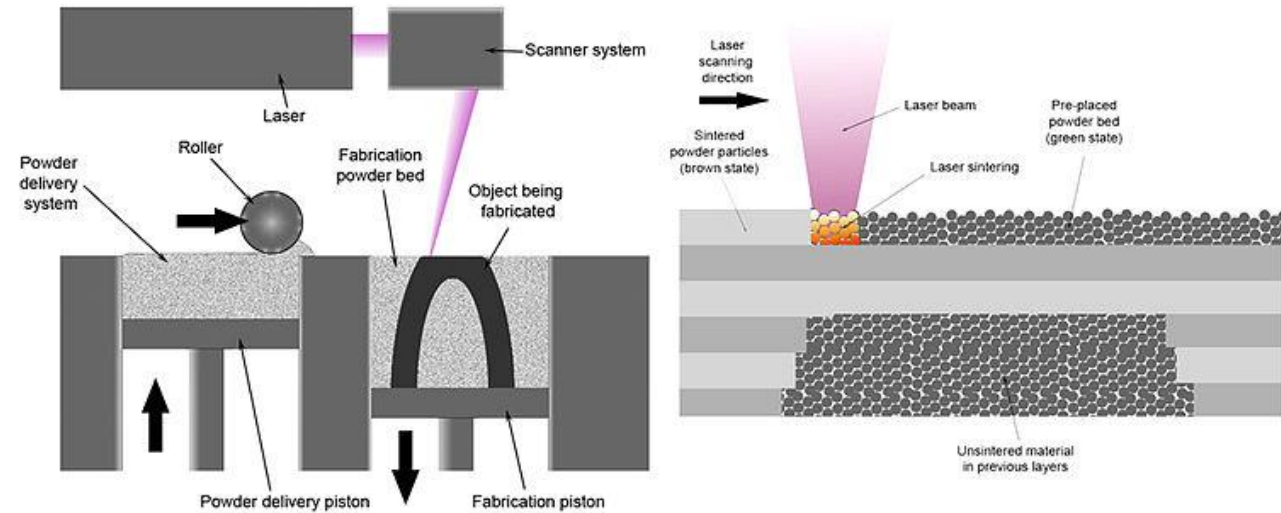
StrataSys J750

- 500 000 barev
- pevné, pružné, transparentní, neprůhledné
- vrstva 0,014 mm
- podpory odstranitelné vodní tryskou



3D tisk – *binder jetting*

- selektivní spojování sypkého materiálu tlakem, teplem nebo pojidlem
- není potřeba použít dočasné podpěry – stavěný model je podpírán neztuženým materiálem
- plnobarevné, různé mechanické vlastnosti



Zdroj: Wikipaedia



HP Multi Jet Fusion

3D tisk – *binder jetting*

- *chefjet pro* – tavení sypkého cukru



3D tisk – *powder bed fusion*

Selective laser sintering – SLS (selektivní spékání laserem, sintrování)

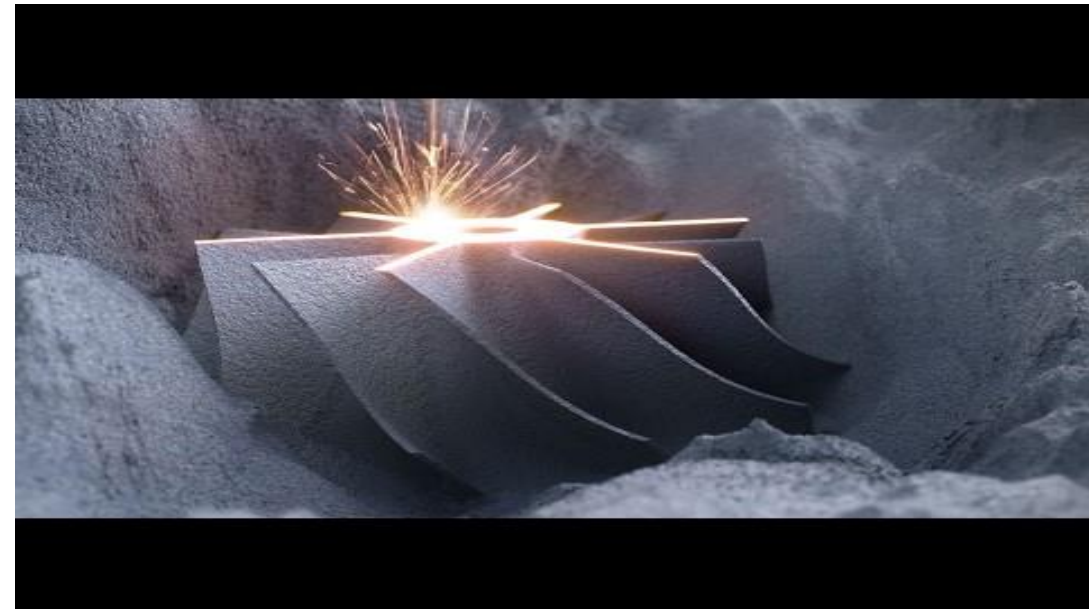
- spékání prášku

Direct metal laser sintering – DLMS – liší se pouze v detailech

např. Alumid – nylon s hliníkovým prachem – vyšší teplota tání než čisté termoplasty

Selective laser melting

- roztavení prášku



Selective laser melting
Zdroj: www.nasa.gov

3D tisk – *powder bed fusion*

Electron beam melting

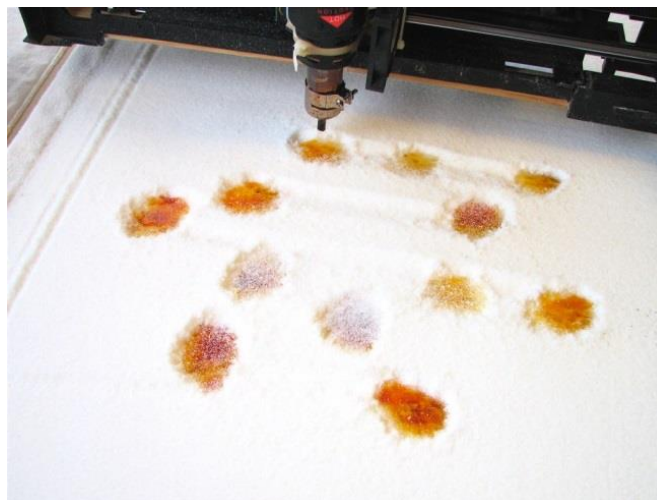
- elektronový paprsek schopný tavit titan



Zdroj: www.micromanufacturing.com



CandyFab – tavení sypkého cukru



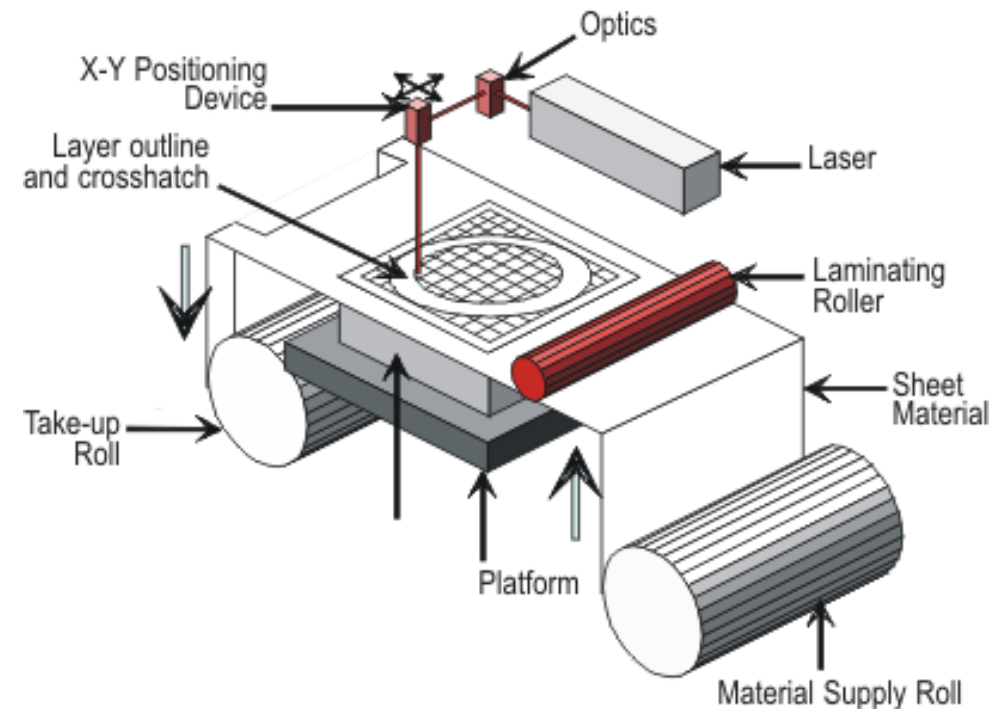
3D tisk – *sheet lamination*

LOM laminated object manufacturing (vyvinuto *Helisys Inc.*)

Lepení vrstev materiálu (např. papíru nebo fólie) vyřezaných do tvaru průřezu modelem.

K řezání se využívá nůž nebo laserový paprsek.

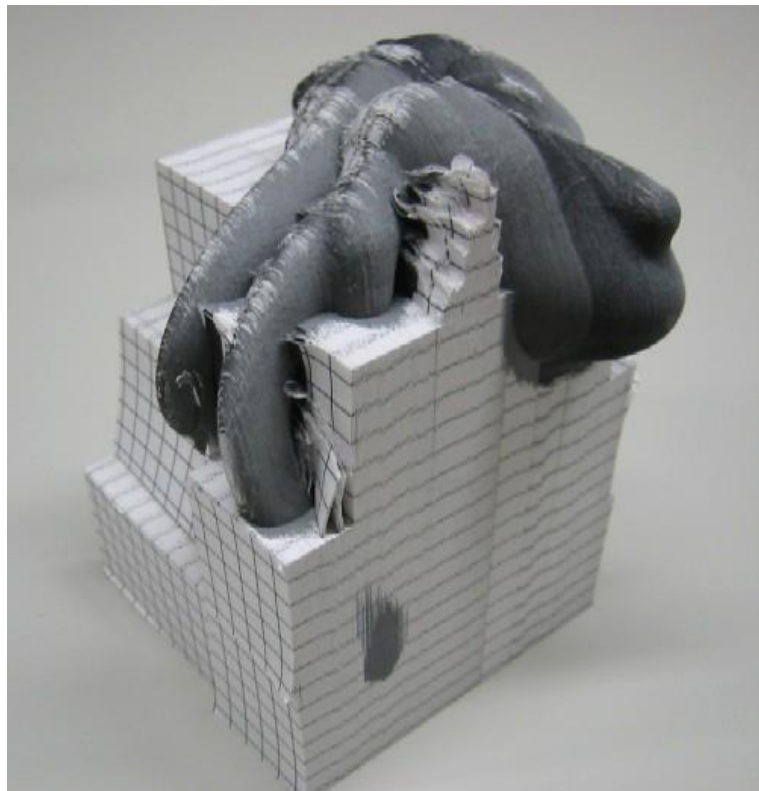
- nevhodné pro tvorbu dutých předmětů
- vylamování modelů
- nekvalitní povrch
- nejsou potřeba podpěry
- potenciálně vysoká rychlost – tiskárna edituje pouze obvod řezu, netiskne např. vnitřní výztuhy
- využívá levný materiál



AZOM.COM™

Zdroj: www.azom.com

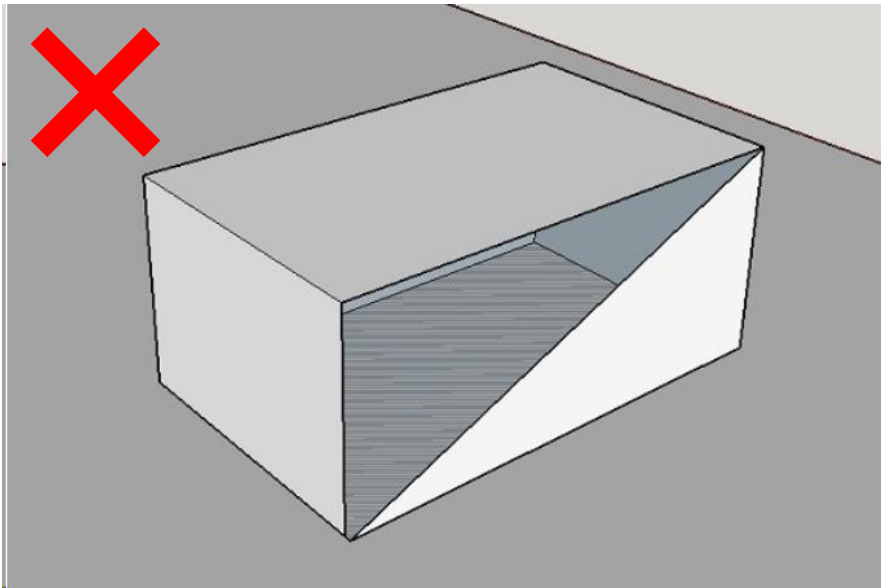
3D tisk – *sheet lamination*



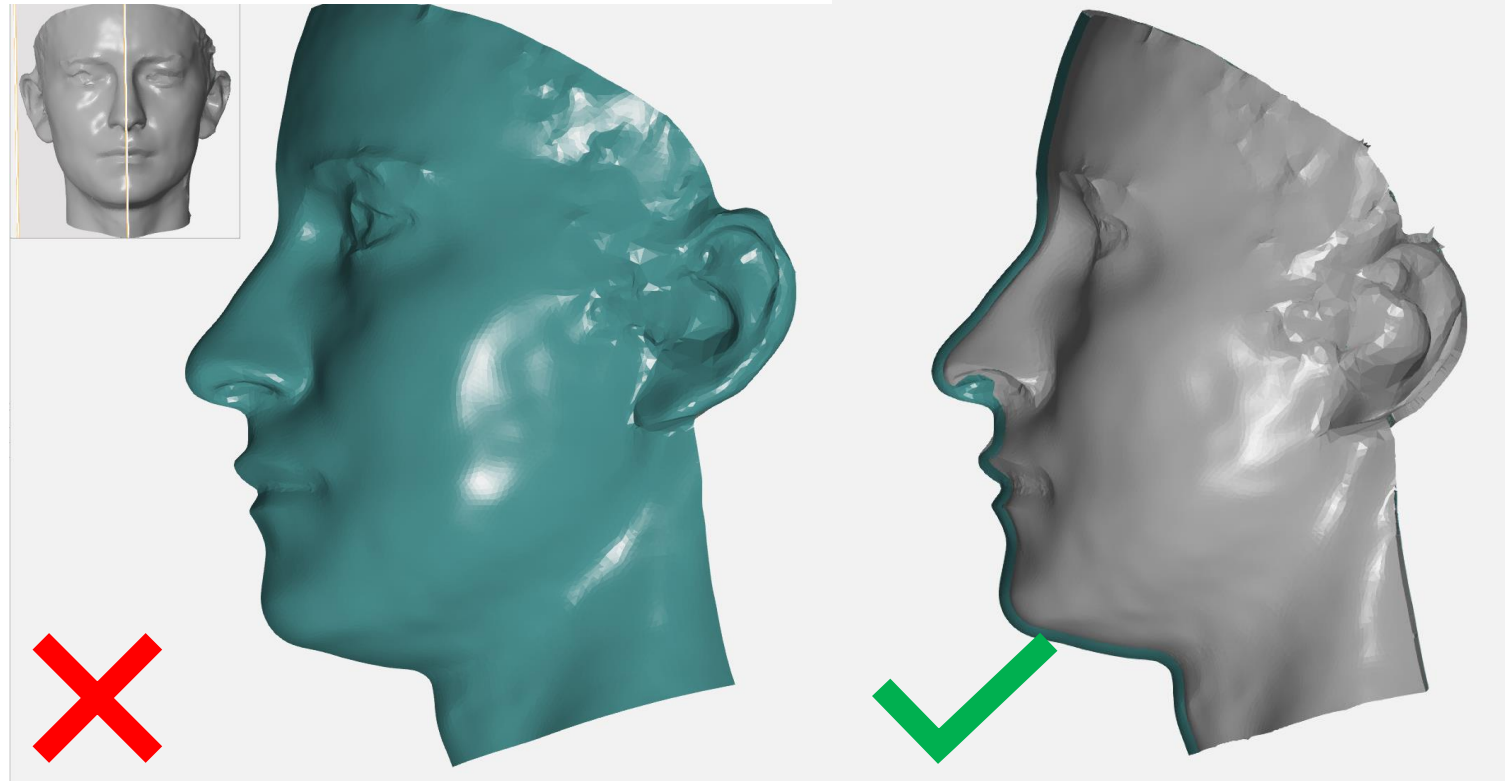
Zdroj: www.hyperfun.org

Modely pro 3D tisk

- model musí být uzavřený (*watertight*)
- nejde o uzavřenost ve smyslu tvaru, ale o vlastnost polygonální sítě, která musí obsahovat pouze hrany, které tvoří vždy stranu dvou facet (nejsou okrajové)



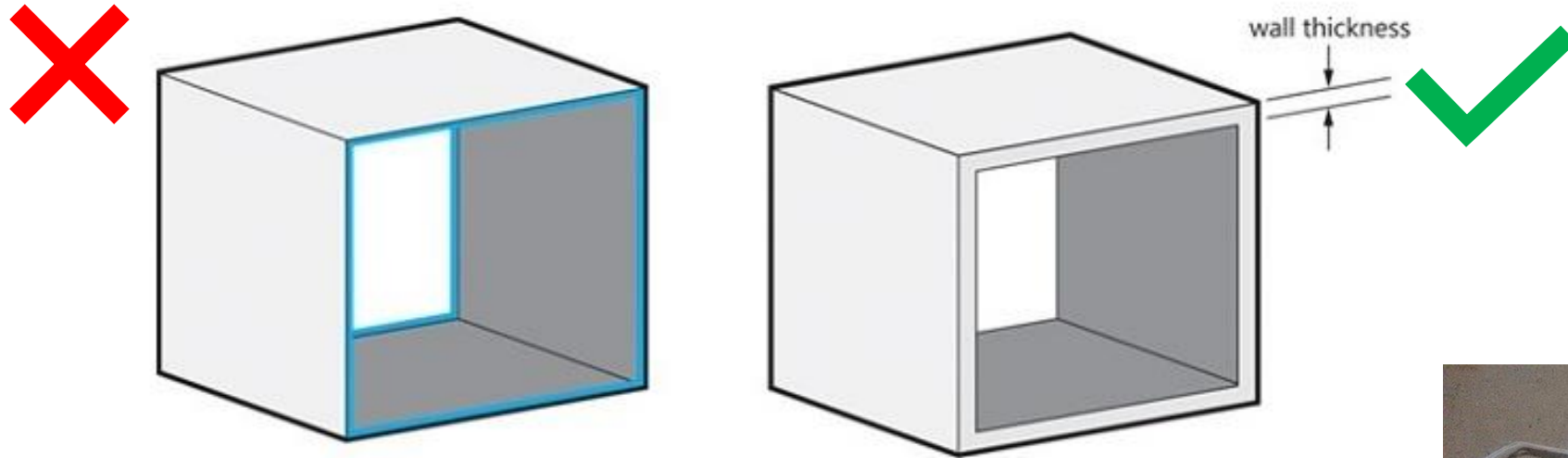
řešení – *hole filling* (GOM Inspect, Blender); *Make manifold* (Blender)



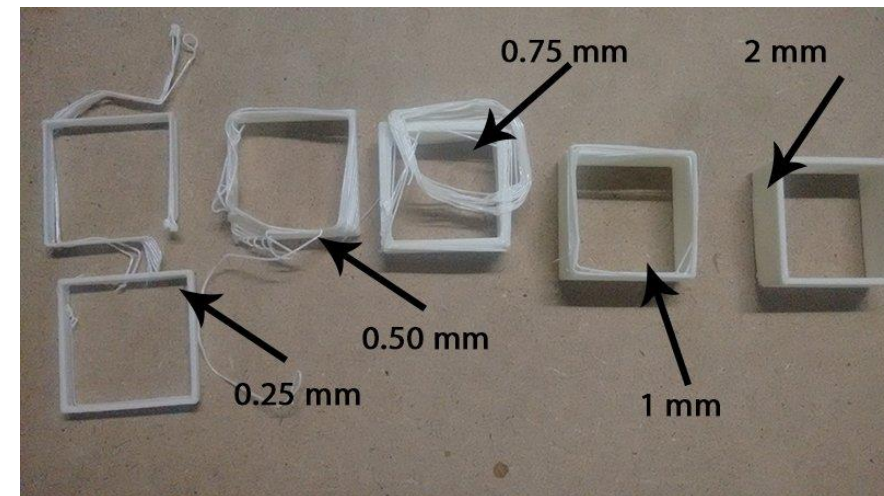
vytvoření objemu – *solidify*, *extrude*

Modely pro 3D tisk

- dostatečná tloušťka stěn



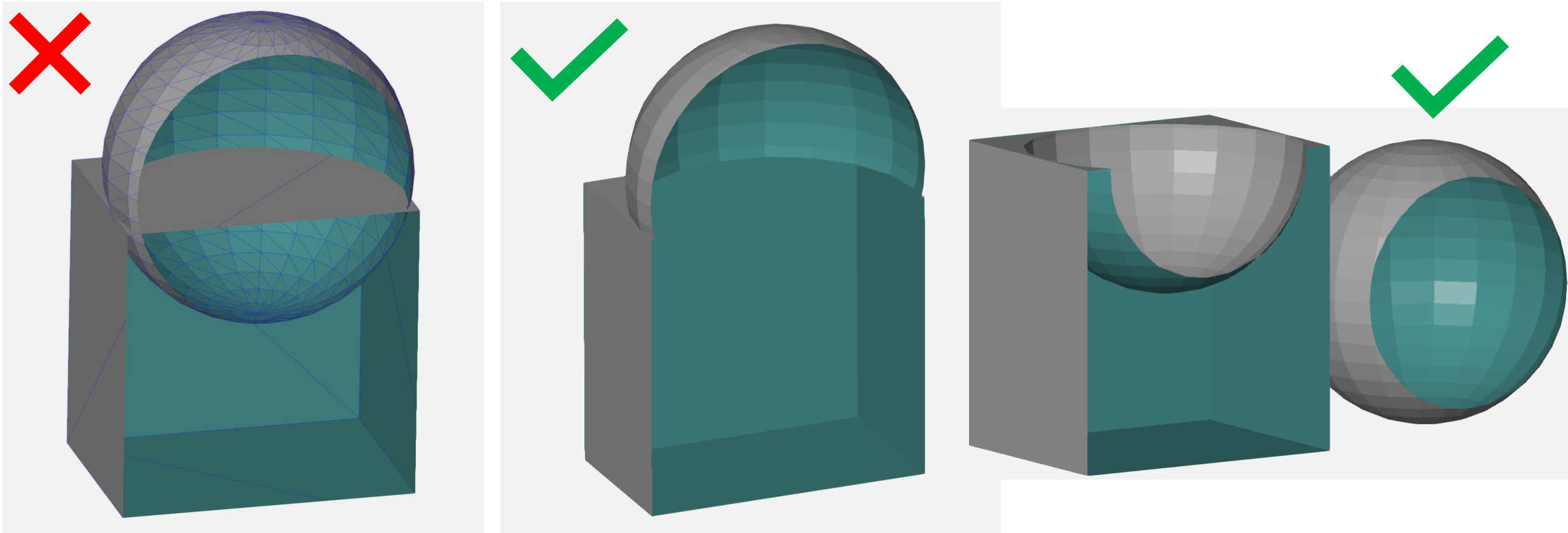
- je potřeba hlídat při tvorbě uzavřených modelů a při zmenšování modelů
- příliš tenké stěny -> poruchy tisku



(fabacademy.org)

Modely pro 3D tisk

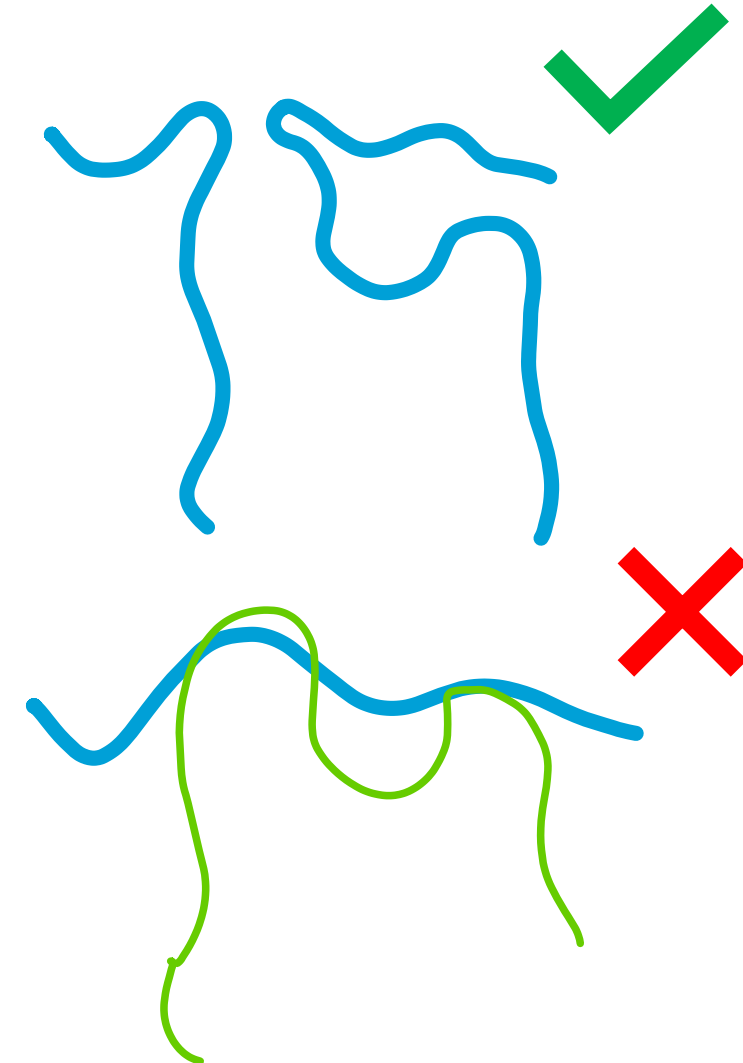
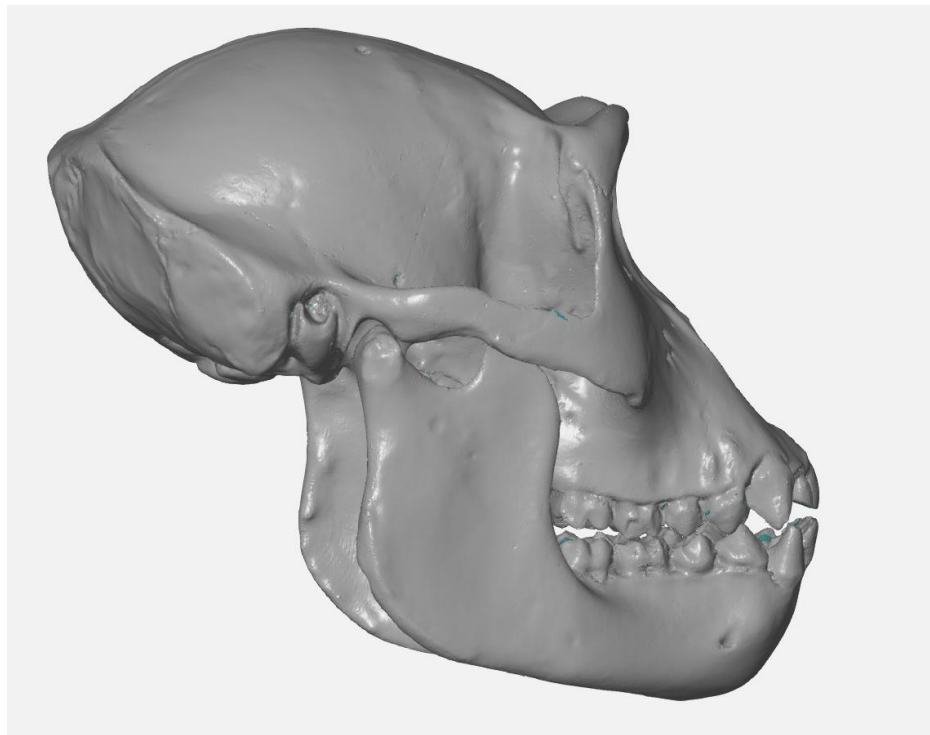
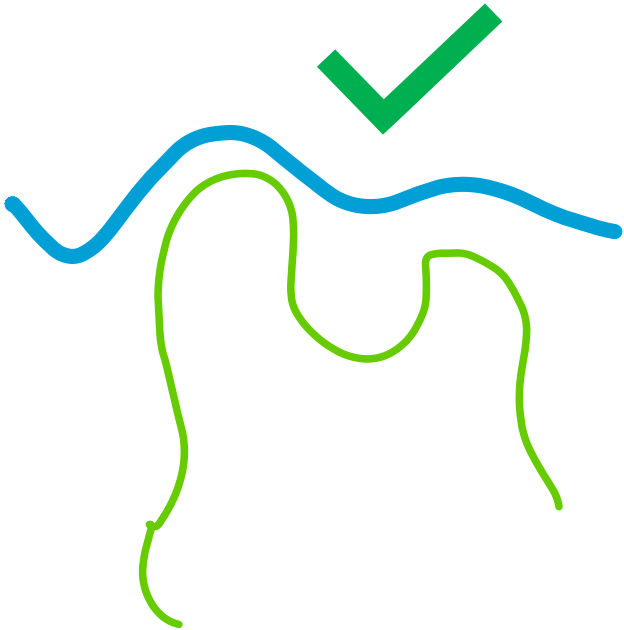
- model musí být tvořen jedinou polygonální sítí, jejíž facety se nikde neprotínají
- na úrovni celého modelu



- Boolean operace (Blender, NetFabb, TinkerCad)

Modely pro 3D tisk

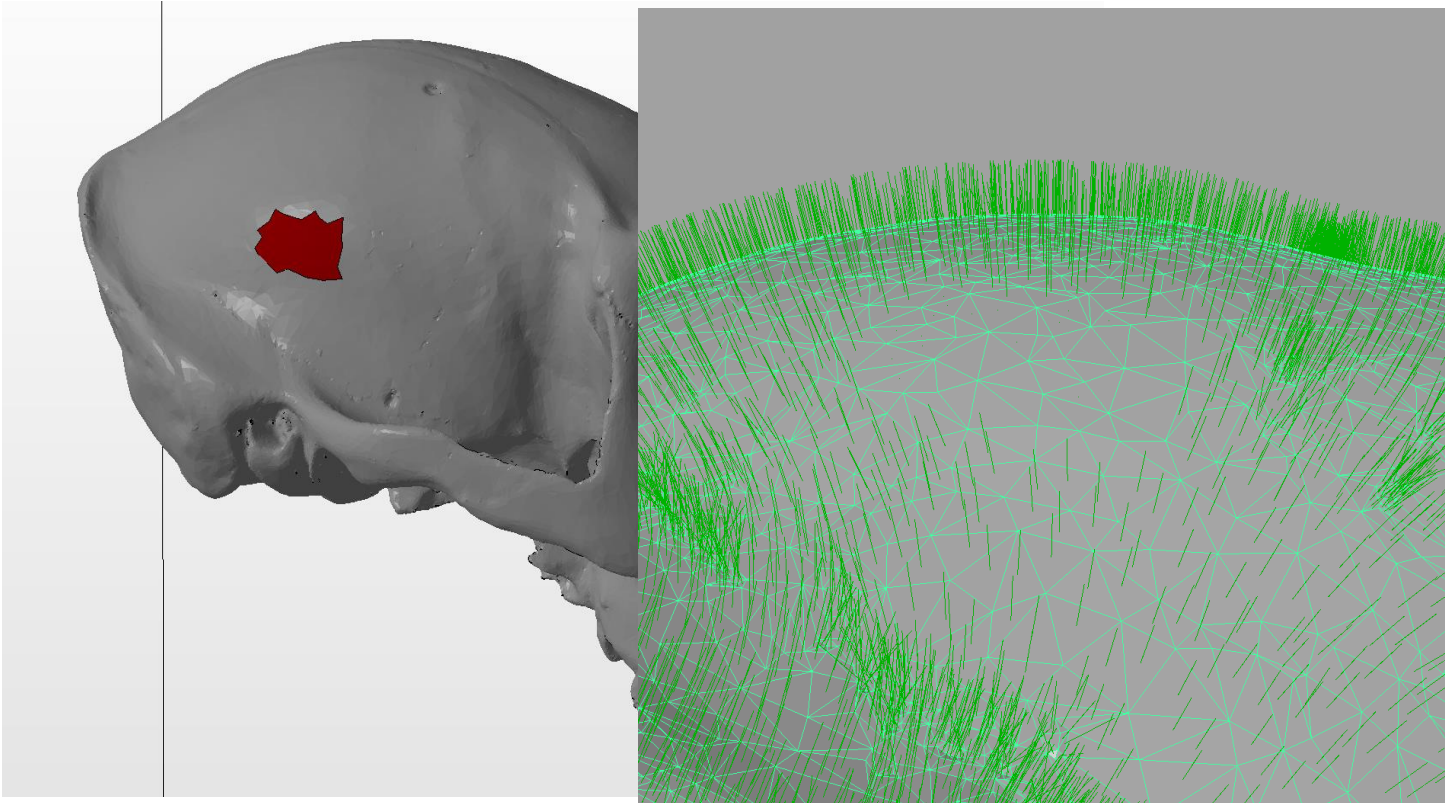
- model musí být tvořen jedinou polygonální sítí, jejíž facety se nikde neprotínají
- na úrovni celého modelu



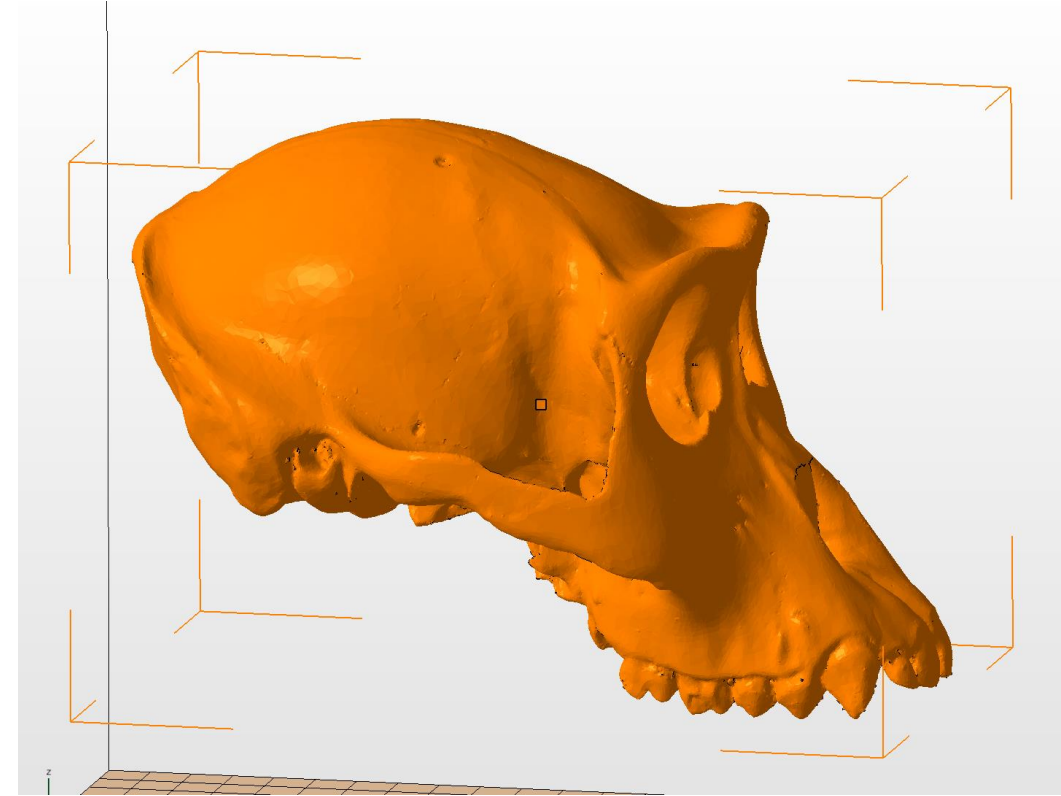
- Boolean operace (Blender, NetFabb, TinkerCad)

Modely pro 3D tisk

- chyby ve směřování normál modelu



- *invert normals* (Blender, NetFabb)



Slicer – Ultimaker cura

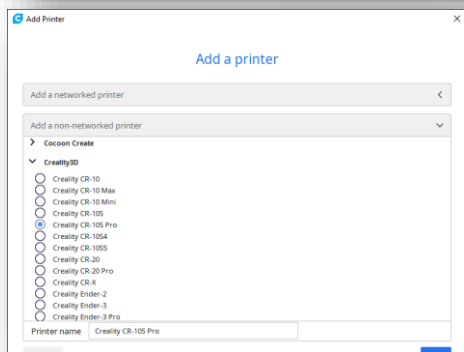
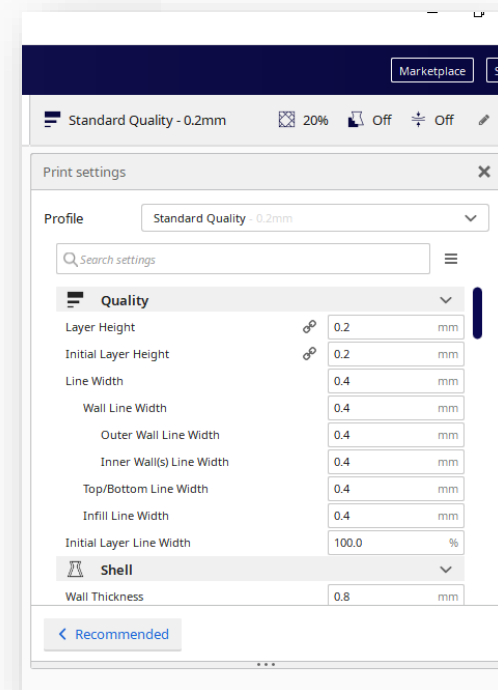
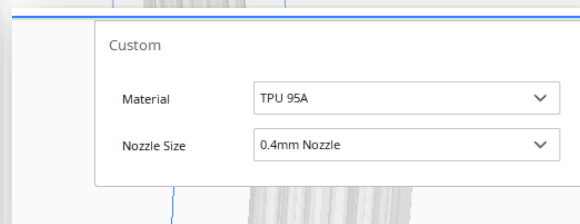
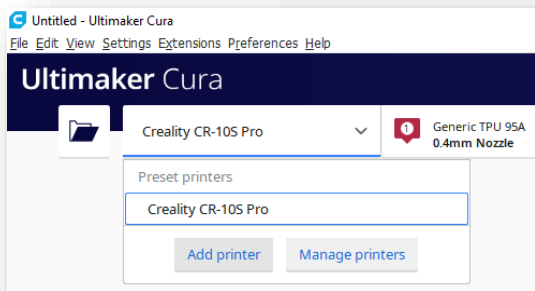


nastavení tiskárny

nastavení extruderu
a materiálu

přepínání modu

nastavení vlastností tisku



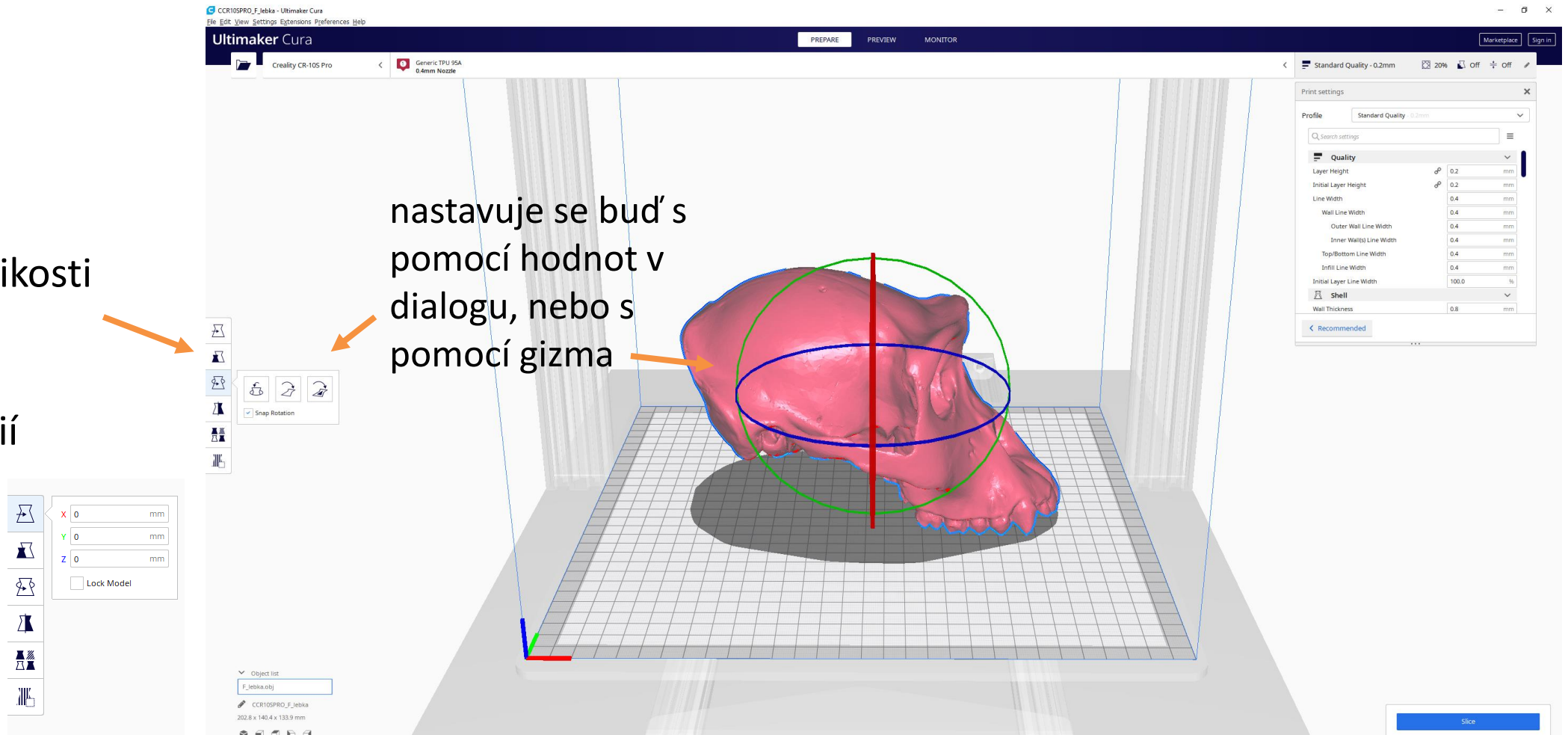
Slicer – Ultimaker cura

Import a úprava polohy

- import se provádí přetažením modelu do okna programu

Nastavení

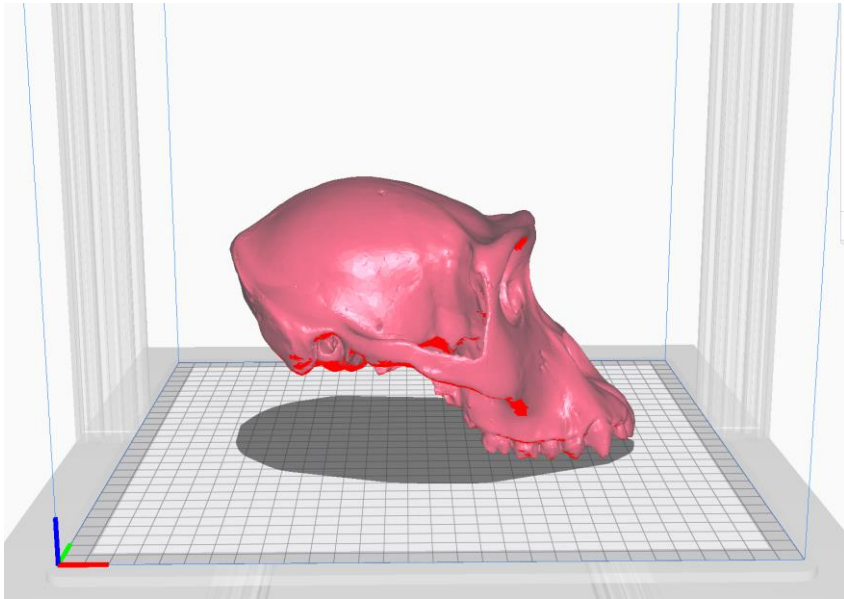
- posunu
- změny velikosti
- rotace
- zrcadlení
- počtu kopií



Slicer – *Ultimaker cura*

Model se musí: vejít do stavěcího prostoru
tisknout s ohledem na kvalitu
tisknout s ohledem na spotřebu materiálu

Slicer – Ultimaker cura – základní nastavení



Model se musí: vejít do stavěcího prostoru
tisknout s ohledem na kvalitu
tisknout s ohledem na spotřebu materiálu

🕒 2 days 6 hours 26 minutes ⓘ
📊 288g · 98.19m
Preview Save to Removable ... ▾

0,1 mm

🕒 1 day 7 hours 13 minutes ⓘ
📊 301g · 102.41m
Preview Save to Removable ... ▾

0,2 mm

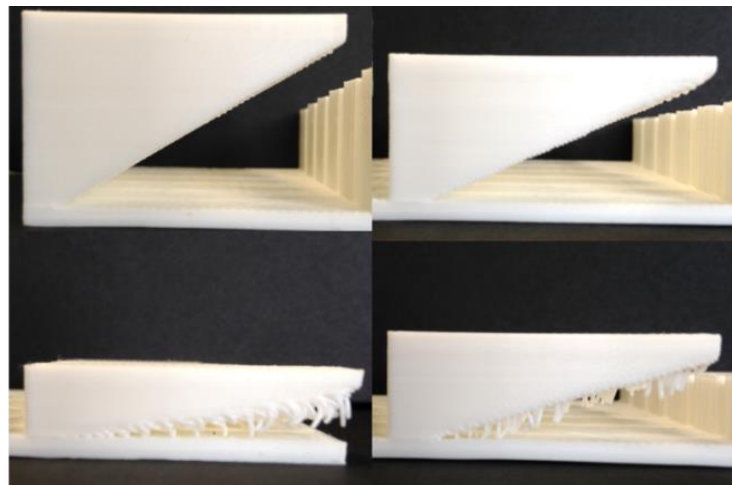
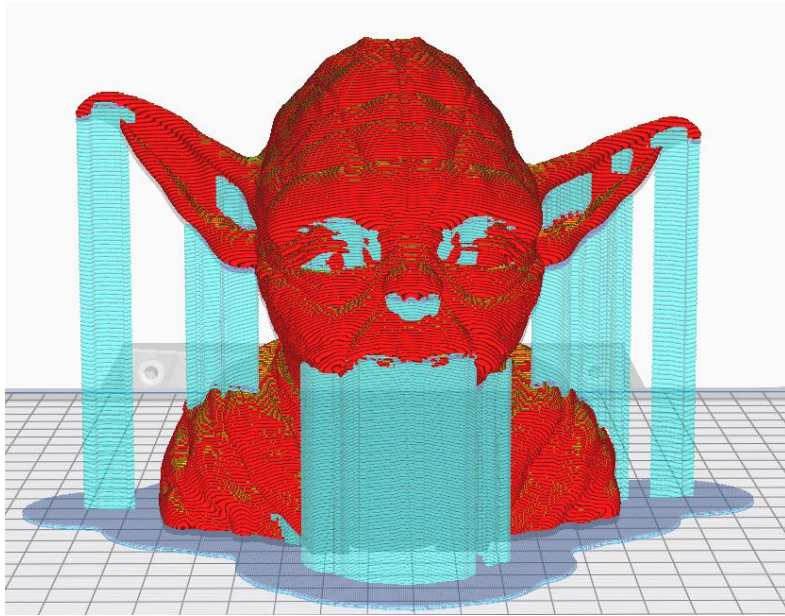
🕒 1 day 0 hours 11 minutes ⓘ
📊 319g · 108.63m
Preview Save to Removable ... ▾

0,3 mm

☰ Quality ▾
Layer Height 🔗 0.2 mm

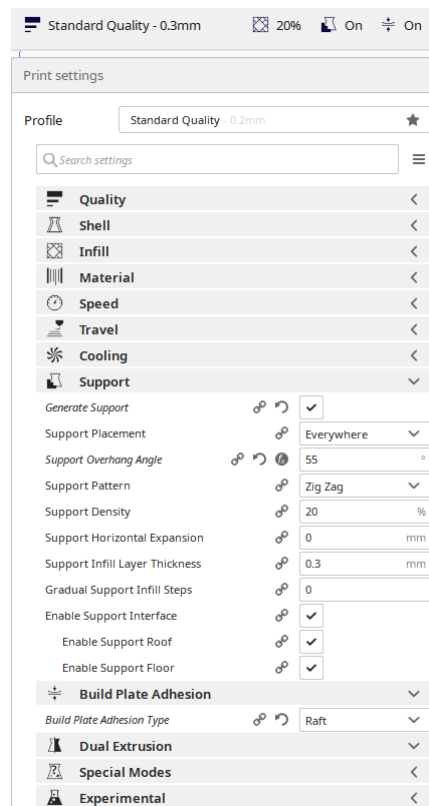
výška vrstvy (layer height) – výška jedné tištěné vrstvy; čím víc, tím detailnější model, ale delší tiskový čas

Slicer – Ultimaker cura – základní nastavení – raft a support



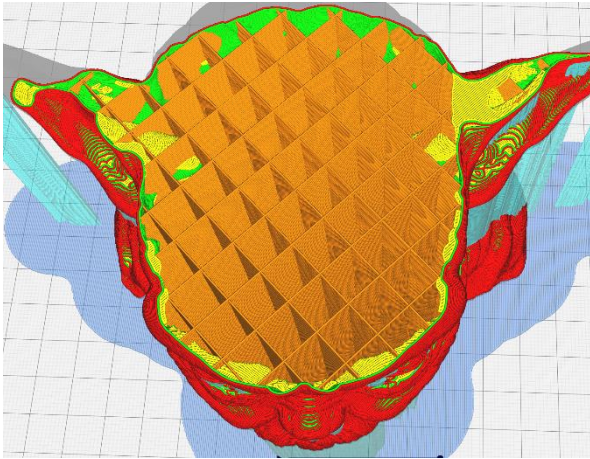
Clockwise from top left
30°, 22.5°, 15°, and 7.5° angled overhangs

Model se musí: vejít do stavěcího prostoru
tisknout s ohledem na kvalitu
tisknout s ohledem na spotřebu materiálu

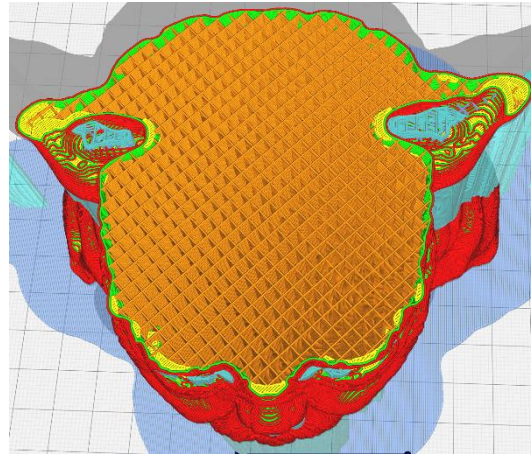


- vyrovnává případné nerovnosti stavěcí desky – samotný model je tištěn na rovnou a čistou plochu raftu
- pomáhá při tisku modelů, které mají s kontaktní deskou omezený kontakt – zvyšuje přilnavost
- zvyšuje spotřebu materiálu a dobu tisku
- pokud je v místě kontaktu s podložkou plocha, raft se může špatně odstraňovat

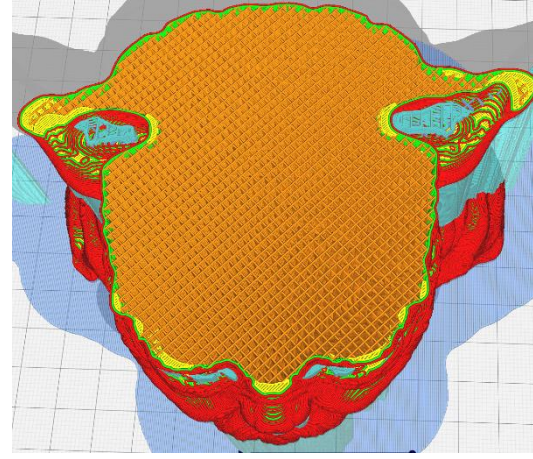
Slicer – Ultimaker cura – základní nastavení – výplň



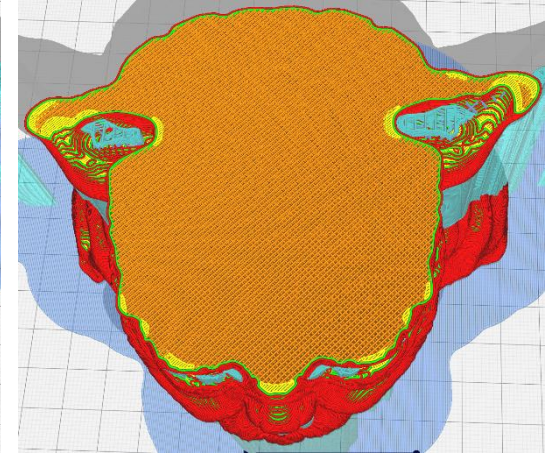
infill 5 %



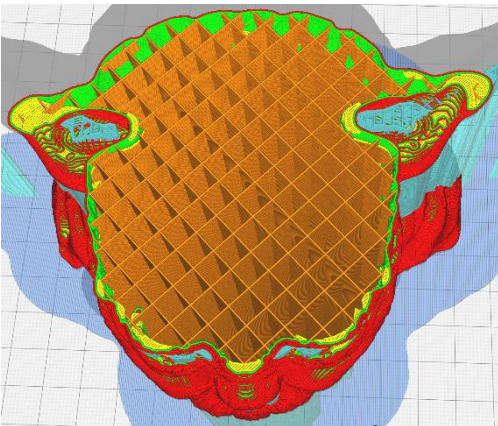
infill 15 %



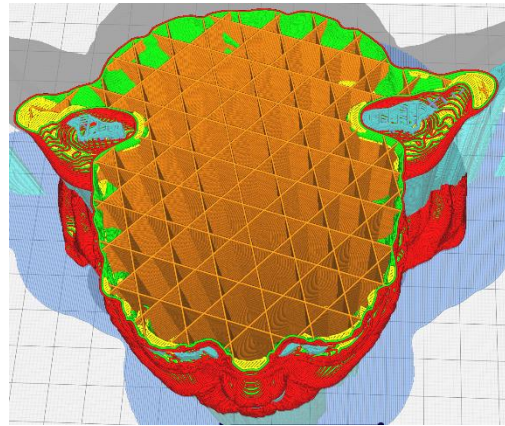
infill 25 %



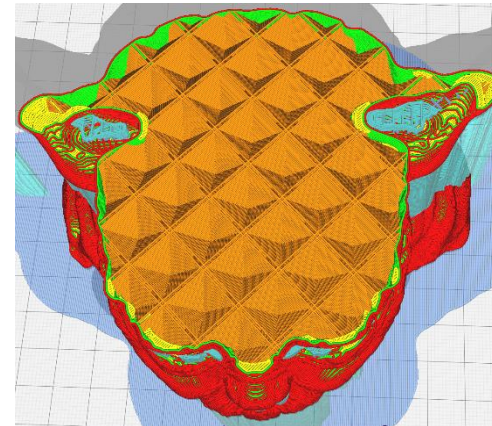
infill 50 %



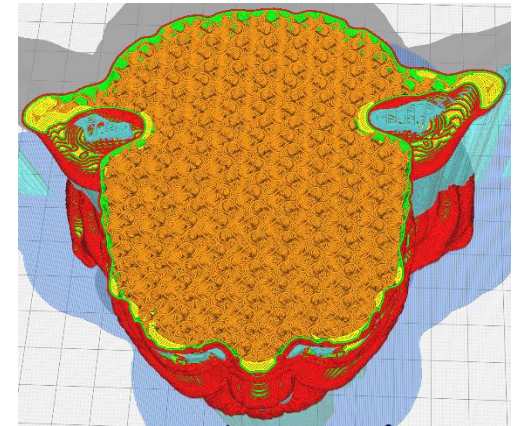
grid



tri-hexagonal

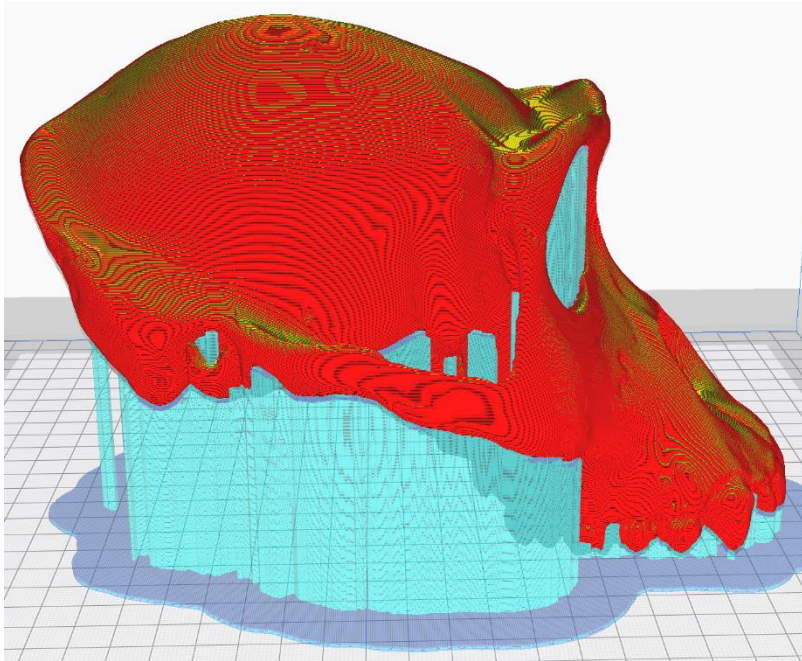


octet



gyroid

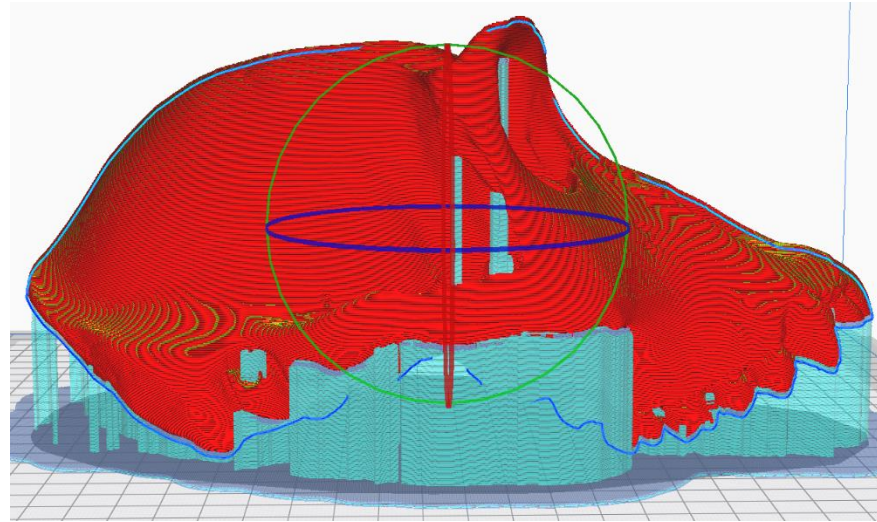
Slicer – Ultimaker cura – základní nastavení – poloha při tisku



🕒 1 day 17 hours 30 minutes

📏 452g · 153.88m

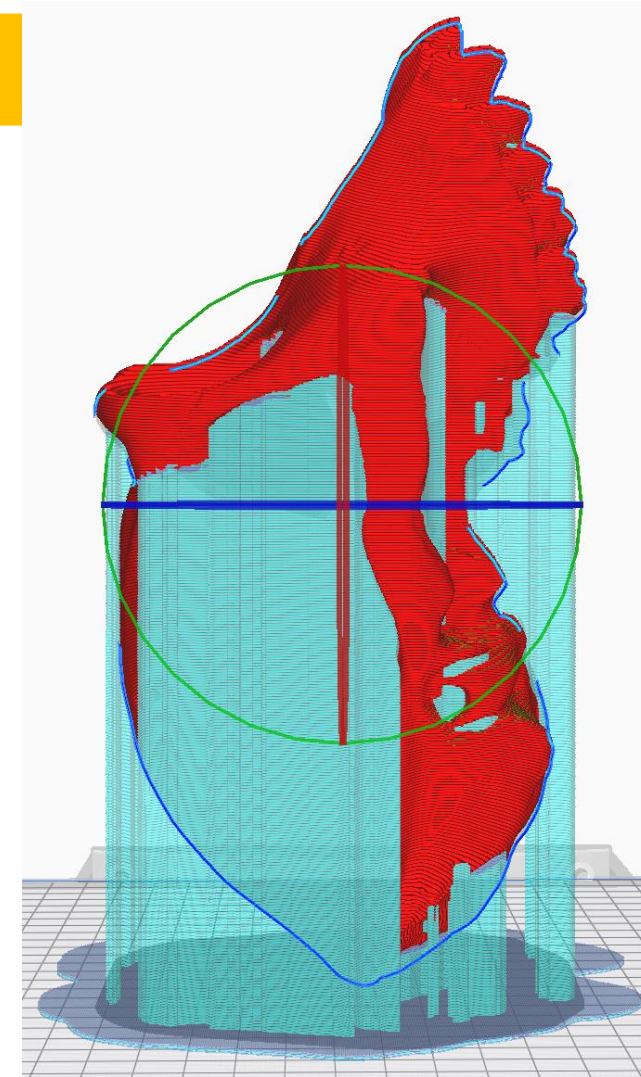
Save to Removable Drive



🕒 1 day 12 hours 59 minutes

📏 415g · 141.27m

Save to Removable Drive



🕒 1 day 14 hours 35 minutes

📏 404g · 137.77m

Save to Removable Drive

Slicer – *Ultimaker cura* – základní nastavení – poloha při tisku

The screenshot displays the Ultimaker Cura software interface. On the left, the 'Parts' list shows the loaded model. Below it, the 'Cip Planes Frame' settings are visible, with X: 73.02 mm, Y: 29.48 mm, and Z: 0.00 mm. The 'Find Orientations' table is open, showing various orientations with their respective support and outbox volumes.

Supported Volume	Support Volume	Outbox Volume	Part Height
39.122 cm³	244.274 cm³	1846.129 cm³	147.3 mm
42.522 cm³	86.904 cm³	1880.621 cm³	146.0 mm
44.680 cm³	87.691 cm³	1919.795 cm³	143.5 mm
45.528 cm³	319.183 cm³	1604.868 cm³	141.8 mm
46.329 cm³	79.709 cm³	1604.868 cm³	141.8 mm
56.197 cm³	82.032 cm³	1739.833 cm³	139.2 mm
77.289 cm³	171.782 cm³	1604.867 cm³	97.6 mm
90.380 cm³	423.648 cm³	1604.868 cm³	97.6 mm
91.382 cm³	428.069 cm³	1612.793 cm³	97.5 mm
149.585 cm³	571.358 cm³	1604.868 cm³	115.9 mm
150.836 cm³	582.798 cm³	1604.868 cm³	115.9 mm

NetFabb AutoDesk – automatické vyhledání vhodných poloh



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Forensic Science International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/forsciint



Using drone-mounted cameras for on-site body documentation: 3D mapping and active survey



Petra Urbanová^{a,*}, Mikoláš Jurda^a, Tomáš Vojtíšek^b, Jan Krajsa^b

^aLaboratory of Morphology and Forensic Anthropology, Department of Anthropology, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlarska 2, 611 37 Brno, Czech Republic

^bDepartment of Forensic Medicine, Faculty of Medicine, Masaryk University, St. Anne's Faculty Hospital, Tvrděho 2a, 662 99 Brno, Czech Republic