

Úloha B: 3D tisk

V tomto cvičení si prakticky vyzkoušíte kompletně celý proces přípravy podkladů pro tisk na 3D tiskárně. Začnete 3D skenem a skončíte reálným výtiskem, takže si projdete všechny fáze přípravy: úpravu 3D skenu, 3D modelování, Slicování i samotný 3D tisk.

Cíl cvičení

Cílem cvičení je vytisknout na 3D tiskárně personalizovanou dlahu, která přesně padne na vybranou část pacientova těla.

Domácí příprava

- Nastudujte si pořádně na jakém principu funguje tiskárna Průša i3 MK3S+. <https://www.prusa3d.com/cs/produkt/3d-tiskarna-original-prusa-i3-mk3s-3/#Features>
- Důsledně si nastudujte celý proces: 3D modelování – Slicování – 3D tisk. Hledejte na webech.
- Nezapomeňte na 3D model z úlohy A (pokud jste úlohu A již absolvovali) na USB paměti!

Zadání úkolů a postup

Součástí úlohy je jeden úkol, který je rozdělen na několik fází. Ty je potřeba projít v daném pořadí postupně za sebou. Úlohu řešíte společně za celou skupinu – výstupem tedy bude 1 výtisk personalizované dlahy pasující na tělo naskenovaného figuranta.

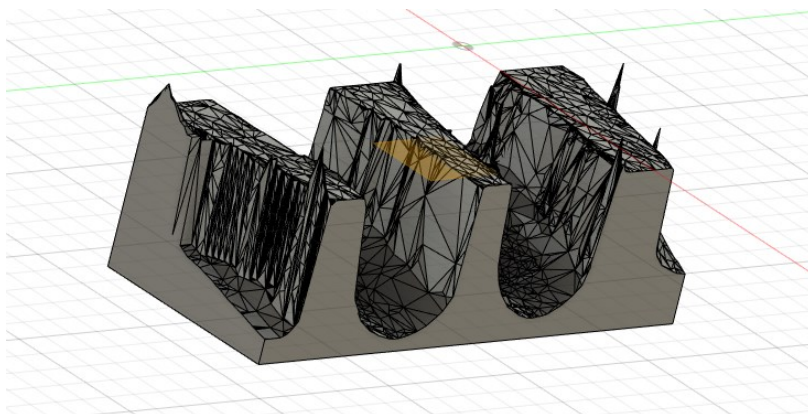
Co máte k dispozici:

- Počítač s programem Autodesk Fusion 360 a slicerem PrusaSlicer
- Čtečka paměťových karet s paměťovou kartou
- 3D sken části zápěstí v PLY formátu
- 3D tiskárna Original Prusa i3 MK3S+ s filamentem

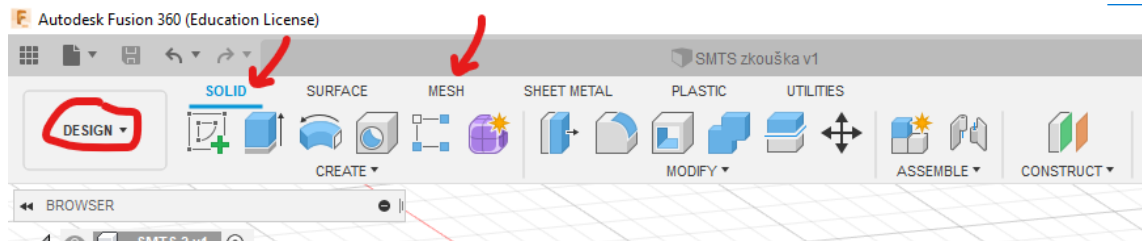
Postup:

1. Připravte si 3D scan oblasti bazálních kloubů zápěstí ve formátu PLY, který jste pořídili pomocí multispektrálního skeneru RoScan v rámci řešení úlohy A. Pokud jste úlohu A ještě neřešili, stáhněte si ze stránek předmětu soubor s názvem “Vzorový 3D sken”.
2. Otevřete si program **Autodesk Fusion 360** a přihlaste se do něj s uživatelským jménem a heslem, které je napsáno na počítači s tímto programem. Základní ovládání programu:
 - stisk prostředního tlačítka: posun pohledu
 - Shift+prostřední tlačítko: rotace pohledu

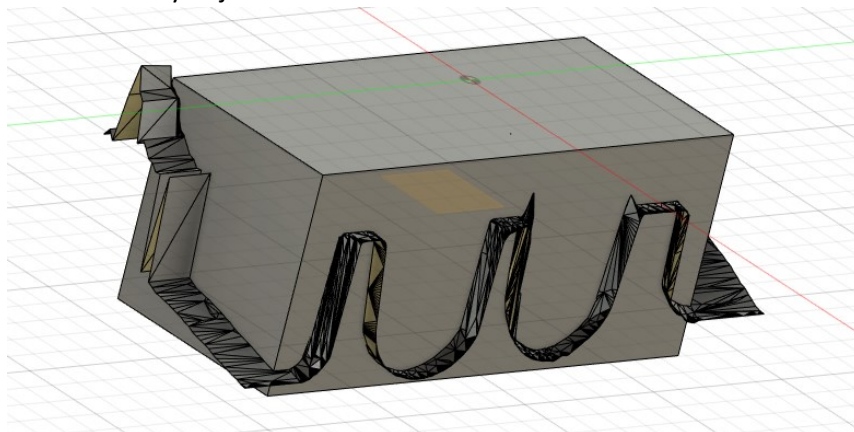
V tomto programu potřebujeme vytvořit 3D model ve formátu STL, který budeme následně zpracovávat Slicerem pro 3D tiskárnu. Výsledek by měl vypadat nějak takto:



Po celou dobu budeme pracovat v režimu **Design** a budeme střídat módy **Mesh** (pokud pracujeme s importovaným Meshem) a **Solid** (pokud modelujeme geometrické tvary):



3. Začneme importováním našeho 3D skenu, který máme k dispozici jako Mesh, což uděláme volbou **Insert Mesh**. Pokud program nepodporuje zrovna náš formát, ve kterém mesh máme, musíme si ho převést do některého z formátů, který podporuje. Doporučuji k tomu použít např. funkci **Convert** v online službě <https://imagnetostl.com/>.
4. Jakmile máme mesh importován, uvidíme ho v programu **Fusion 360** jako takovou pokrivenou rovinu. Protože však 3D formáty obsahují pouze souřadnice, ale neví v jakých jsou jednotkách, musíme programu hned v rámci importu říct, že to je v **milimetrech**. Současně je dobré sken usadit do středou souřadného systému (**Center**) a následně ho položit na zem (**Move to Ground**), protože souřadnice v originálním souboru s modelem jsou vztažené ke středu podstavy skenovacího robotu a tak by se nám špatně s modelem otáčelo apod.
5. Importovaný model je velmi podrobný (rozlišení 0,05mm), má přes sto tisíc bodů. Abychom s takovým modelem nepracovali věky, potřebujeme si ho co nejvíce zmenšit, ale zase ne tak, abychom ztratili nějaké detaily. Použijeme k tomu funkci **Modify – Reduce** typu **Tolerance**. Zvažte, jakou hodnotu tolerance zvolit v závislosti na tom, jaké má 3D tiskárna rozlišení. te tisknout. Zvolené číslo tolerance konzultujte s vedoucím.
6. Nyní se už s modelem bude pracovat lépe, avšak pro program **Fusion 360** je to pořád je shluk trojúhelníků (mesh body) a ne nějaký geometrický tvar (solid body), se kterým se dá pracovat. Najděte tedy funkci, která vám mesh převede na solid body a použijte ji.
7. Fajn, už je to objekt, ale stále to není nic trojrozměrného, jen takový plátek. Abychom dostali žádaný výsledek, který půjde vytisknout, musíme z něj nyní udělat hmatatelný objekt. Musíme tedy dotvořit tu podstavu – ten spodek objektu (viz. obrázek výsledku). Potřebujeme tedy náš sken nějak „obtisknout“ do krychličky. Jedna z jednoduchých možností je vymodelovat si krychličku, kterou následně řízeme tím naším naskenovaným povrchem na dvě části. Tedy nějak takto:



Krychlička by měla být logicky menší než náš sken a uvnitř něj. Modelování 3D objektů v 3D programech se dělá tak, že si nejprve nakreslíme podstavu ve 2D (**Solid – Create Sketch**). Pozor, je potřeba vybrat jednu ze tří žlutých rovin, do kterých budeme chtít podstavu kreslit.

Následně pak podstavu „vytáhneme“ do výšky pomocí **Extrude** (Tip: hodí se zapnout si Direction:Two sides). A máme krychličku.

8. Nyní tuto krychličku řízeme naskenovaným pokriveným povrchem na dvě části. Jaká funkce ze **Solid – Modify** se na to hodí? 😊 (Řezání trvá dost dlouho, tak se mezitím můžete začít dopředu zabývat Slicerem v bodě 12)
9. Po řezu nám v Browseru objektů vzniknou 2 tělesa. Očičkem si je můžete skrývat a tím poznat který je který. Který budeme chtít zachovat – ten spodní, nebo horní?
10. Nyní už zbývá jen ten správný objekt exportovat do formátu **STL** tak, že na něj v Browseru klikneme **pravým tlačítkem** a zvolíme ... co vlastně zvolíme? 😊 Nezapomeňte u exportu vybrat **STL (Binary)**, **milimetry** a Refinement **Medium**.
11. Nyní máme kompletně hotový 3D model pro tisk a nyní ho musíme naslicovat, tj. vytvořit z něho soubor s instrukcemi pro tiskárnu, jak (kam) má postupně umísťovat lepivé vlásky filamentu, jejichž splením k sobě vzniká samotný hmatatelný 3D objekt. Takovým instrukcím se říká G-kód. Otevřete si tedy program **PrusaSlicer**, který je určen k převodu 3D modelů do G-kódu.
12. Do **PrusaSliceru** importujte váš vytvořený **STL** soubor a umístěte ho (natočte) na podložku vhodnou stranou pro 3D tisk (**Place on face**). Vybranou stranu konzultujte s vedoucím.
13. Nyní se zamyslete nad principem 3D tisku a zvažte, zda je opravdu celý model vytisknutelný. Pokud ne, ořežte ho o nevytisknutelné části pomocí funkce **Cut**.
14. Tiskárna je již předem odladěna pro tuto úlohu, není tedy potřeba procházet jednotlivé záložky s nastaveními. V součinnosti s vedoucím tedy pouze vyberte **profil dle metody** tisku (Ironing), vyberte použitý materiál (**Filament**) a model tiskárny, na které budete tisknout. Volte tisk bez podpory a 15% výplň.
15. Zkontrolujte zda slicer nehlásí nějaké chyby (vpravo dole) a pokud nebyly žádné chyby detekovány, **spusťte slicování**.
16. A máme naslicováno. V programu **PrusaSlicer** si po naslicování prohlédněte zobrazený výsledek, jak se budou klást jednotlivé vrstvy a jak dlouho to bude celé trvat. Pro zobrazení vrstev uvnitř objektu použijte posuvníky naboku. Konzultujte, proč jsou v určitých místech různé barvy (tj. typy/způsoby kladení povrchu) – jaký mají smysl?
17. Pokud to nevypadá realizovatelně, opakujte postup od bodu 13. Pokud to vypadá dobře, stačí už jen uložit hotové instrukce pro 3D tiskárnu ve formátu **gcode** na paměťovou kartu pomocí **Export G-code**. Použijte čtečku SD karet do USB.
18. Před fyzickým odpojením čtečky od počítače nezapomeňte nejprve správně odpojit čtečku!
- 19. Nyní vyzvěte vedoucího a pod jeho dohledem provádějte další body. Nepokračujte sami!**
20. Vložte SD kartu do 3D tiskárny a pomocí otočného voliče vyberte „**Print from SD**“. Vyberte Vámi vytvořený model. Měl by být na SD kartě jako první. **Spusťte tisk** stisknutím otočného voliče na tiskárně.
21. Nyní můžete pozorovat, jak tiskárna postupně klade jednotlivé vrstvy dle G-kódu vytvořeného slicerem. Pro výsledek se pak můžete stavět odpoledne nebo si ho vyzvednete na příštím cvičení. Vyzkoušejte, zda opravdu pasuje na naskenovanou ruku.

