

Návrh a výroba ergonomické myši

Martin Sekerák

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Sekerák**
Osobní číslo: **T14128**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh a výroba ergonomické myši**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Vymodelujte fyzický díl ergonomické myši
3. Naskenujte bezkontaktním způsobem myš
4. Provedte reverse engineering
5. Vyroberte prototyp myši

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vojtěch Šenkeřík, Ph.D.
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

19. května 2017

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: SEKERÁK MARTIN

Obor: Průmysl inženýrství

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 4. 5.



²⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, apisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).*

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na výrobu funkční ergonomické myši. Myš bude vyrobena hlavně pomocí technologií 3D tisku a 3D skenerů.

Teoretická část této práce bude zaměřena na vznik a vývoj 3D tisku. Také na metody a materiály, které je možné pro tištění 3D modelů použít, jejich výhody a nevýhody. V teoretické části své práce se také zaměřím na technologii 3D skenerů, výrobu prototypů, reverzní inženýrství a ergonomii.

V praktické části budou popsány kroky pro výrobu jednotlivých dílů ergonomické myši. Dále budou popsány technologie pro úpravu vyrobených dílů a renderování počítačového modelu myši.

Klíčová slova: ergonomie, počítačová myš, 3D skener, 3D tisk, reverzní inženýrství

ABSTRACT

Bachelor's thesis is focused on the production of functional ergonomic mouse. The ergonomic mouse will be mostly made by using 3D print technology and 3D scanners technology.

The theoretical part of this work will be focus on the creation and development of 3D printing. Also on methods and materials wich can be used for print of 3D models, their advantages and disadvantages. In the theoretical part of my thesis I will focus on 3D scanner technology, prototype production, reverse engineering and also ergonomics.

In the practical part I will describe proces of ergonomic mouse. In addition, technologies for editing manufactured parts, rendering of a computer mouse model will be described.

Keywords: ergonomics, computer mouse, 3D scanner, 3D print, reverse engineering

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Vojtěchovi Šenkeříkovi, Ph.D., za odborné rady a čas, které mi věnoval během tvorby této bakalářské práce. Dále také panu Ing. Pavlovi Stokláškoví, za jeho velice aktivní přístup a čas, který této práci obětoval, také za odborné rady týkající se 3D tisku a 3D skeneru, které mi vždy rád poskytnul. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Václavovi Janoščíkovi, za pomoc při povrchové úpravě ergonomické myši.

„ Jestli najdeš v životě cestu bez překážek, určitě nikam nevede.“

(Arthur C. Clarke)

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ERGONOMIE	12
1.1 ERGONOMIE V TECHNICKÉ PRAXI	12
1.2 ERGONOMIE POČÍTAČOVÝCH MYŠÍ	13
2 3D TISK	14
2.1 VZNIK STEREOLITOGRAFIE.....	14
2.2 VÝVOJ 3D TISKU	15
2.3 TECHNOLOGIE 3D TISKU PRO VÝROBU POLYMERNÍCH DÍLŮ	17
2.3.1 Technologie Fused Filament Fabric a Fused Deposition Modeling	17
2.3.2 Technologie Selective Laser Sintering (SLS)	18
2.3.3 Technologie Stereolitography (SLA)	19
2.3.4 Technologie PolyJet	20
3 REVERZNÍ INŽENÝRSTVÍ	22
3.1 VÝZNAM REVERZNÍHO INŽENÝRSTVÍ.....	22
4 3D SKENOVÁNÍ	23
4.1 TECHNOLOGIE 3D SKENERŮ	23
4.1.1 Laserové skenování 3D objektů	23
4.1.2 Optické skenování 3D objektů	24
4.1.3 Mechanické skenování 3D objektů	25
4.2 OBLASTI VYUŽITÍ 3D SKENERŮ	25
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	28
6 VÝBĚR KOMERČNĚ VYRÁBĚNÉ MYŠI	29
6.1 DEMONTÁŽ MYŠI.....	30
7 VÝROBA POČÍTAČOVÉ SESTAVY ERGONOMICKÉ MYŠI	31
7.1 VÝROBA REPLIKY ZÁKLADNÍ DESKY	31
7.2 VÝROBA MODELU HORNÍ ČÁSTI ERGONOMICKÉ MYŠI	33
7.3 VÝROBA MODELU SPODNÍ ČÁSTI MYŠI.....	37
7.4 VÝROBA MODELŮ BOČNÍCH TLAČÍTEK A DPI TLAČÍTKA	38
7.5 ZKOMPLETOVÁNÍ FINÁLNÍ SESTAVY	40
8 TVORBA REÁLNÉHO OBRAZU Z POČÍTAČOVÉHO MODELU	42
8.1 DESIGN MYŠI ELUSE CLASSIC	42
8.2 DESIGN MYŠI ELUSE GAMING	42
8.3 DESIGN MYŠI ELUSE LUXURY	43
9 VÝROBA MYŠI ELUSE CLASSIC	44
9.1 TISK JEDNOTLIVÝCH SOUČÁSTEK	44
9.2 POVRCHOVÁ ÚPRAVA SOUČÁSTEK	45
ZÁVĚR	48
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	52
SEZNAM OBRÁZKŮ	53

ÚVOD

Ergonomie je věda, která se zabývá vztahem mezi člověkem, věcí a prostředím. Jejím úkolem je vytvořit ideální podmínky pro práci člověka, ať už ze zdravotní stránky, nebo psychické.

V dnešní době je běžné, že spousta lidí pro svoji práci nebo zábavu využívá počítač. Tato skutečnost může mít za následky problémy s páteří, únavu, bolesti zápěstí, špatně prokrvené končetiny, ale i fyzické a psychické vyčerpání. Proto začaly vznikat ergonomické předměty jako např. židle, počítačové myši, klávesnice, podložky pod nohy apod.

Počítačová myš je dnes pro všechny známá a hojně využívaná věc. Dlouhodobé používání nevhodné počítačové myši může mít za následek zdravotní problémy v oblasti paží a zápěstí. Ergonomické počítačové myši jsou navrženy právě pro lidi, kteří tráví dlouhé hodiny u počítače a chtějí předejít zdravotním problémům. Výroba ergonomické myši je náročnější než výroba běžné počítačové myši. Konstruktor si totiž musí být vědom zdravotních dopadů na člověka, které souvisí s používáním navrženého předmětu. Pro výrobu prototypů ergonomických myši je velice vhodná technologie 3D tisku.

Svoji popularitu si 3D tisk získal především nespočetnými možnostmi využití a svojí jednoduchostí a přesností. Nejčastěji se používá pro výrobu prototypů, kdy autor své dílo, v našem případě dílo v podobě 3D modelu, jednoduše vytiskne, nepotřebuje k tomu další technologie, stroje, nebo drahé formy.

Modely pro tisk nemusí vznikat pouze v softwarech, které jsou určeny pro 3D modelování. Dají se získat i pomocí skenerů, které jsou schopny většinu objektů digitalizovat a následně je konvertovat do počítače. Takto naskenovaný model lze jednoduše upravovat pomocí různých programů, ale také je možné ho vytisknout s velmi vysokou přesností.

Další silná stránka této technologie spočívá ve výrobě náhradních dílů. V běžné domácnosti je výroba náhradních dílů pomocí 3D tisku nevýhodná. Hlavním důvodem proč tomu tak je může být na příklad pořizovací cena tiskárny nebo fakt, že si spoustu věcí, které se doma rozbijí, lze zakoupit koupit v obchodě. Jinak je tomu ale na příklad v kosmonautice, kde každá sebemenší porucha může znamenat nemalé problémy. Dlouho dobu se museli kosmonauti při jakémoliv poruše spolehnout pouze na náhradní díly, které měli na palubě. Toto se podařilo změnit 21. 9. 2014, kdy byla poprvé dopravena speciální 3D tiskárna na

Mezinárodní vesmírnou stanicí ISS, kde byla následně testována. Do budoucna by to mohlo znamenat to, že člověk na Zemi pošle email s modelem součástky, která se na palubě vesmírné lodi porouchala a tam si ji jednoduše vytisknou v řádu několika minut nebo hodin.[1][2]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ERGONOMIE

Ergonomie je věda, která se zabývá studiem vztahů mezi člověkem, prostředím, ale i nástrojem. Jeden z hlavních cílů ergonomie je vytvoření ideálního a pohodlného prostředí z pohledu potřeb člověka. Cílem je vytvořit podmínky a prostředí pro člověka tak, aby byly v souladu s požadavky fyziologie a psychologie, za účelem ochrany života, zdraví a podpory co nejzdravějšího rozvoje lidské osobnosti. [3]

1.1 Ergonomie v technické praxi

Za účel zvýšit pohodlí a zdraví člověka se dnes vyrábí spousta předmětů, které jsou navrženy tak, aby podmínkám ergonomie co nejvíce vyhovovaly. Vznikají tak např. ergonomické židle, nářadí, oblečení, batohy, klávesnice a počítačové myši, nebo třeba celé kuchyně nebo pracovní kanceláře a mnoho dalšího.



Obr. 1 Ergonomická klávesnice [4]



Obr. 2 Ergonomické pero [5]

1.2 Ergonomie počítačových myší

Syndrom karpálního tunelu tzv. počítačová nemoc je jedním z hlavních důvodů, proč ergonomické počítačové myši vznikly. Tento syndrom patří mezi onemocnění horní končetiny. Projevuje se bolestí dlaně a prstů, zpravidla v kombinaci s brněním a celkově nepříjemnými pocity v těchto místech. Hlavními příčinami vzniku tohoto syndromu je trvalá a křečovitá práce s počítačovou myší. Ta způsobuje napětí v oblastech zápěstí a utlačuje nerv, který jím prochází. Při dlouhodobém tlaku na tento nerv vzniká právě onemocnění karpálního tunelu.

Za účelem vyřešení tohoto problému začaly vznikat ergonomické počítačové myši. Jejich tvar je navržen tak, aby co nejvíce uvolnily zápěstí a předloktí. Práce s ergonomickou myší je pro člověka mnohem zdravější a pohodlnější. [6]



Obr. 3 Zdravotní význam ergonomických myší [7]



Obr. 4 Ergonomická myš Trust Evo Advanced [8]

2 3D TISK

Technologie Rapid Prototyping dnes už více známá pod pojmem 3D tisk, je technologie, která umožňuje vytvořit fyzický díl nebo celý výrobek z počítačového modelu. Hlavním důvodem, kvůli kterému jsou 3D tiskárny stále populárnější, jsou především mnohem nižší náklady na výrobu prototypů ve srovnání s ostatními výrobními technologiemi. [9]

2.1 Vznik Stereolitografie

Vůbec první technologie, která světu představila pojem 3D tisk, byla vynalezena v roce 1984 Charlesem Hullem. Tehdy zkoumal, že fotopolymery inkoustových tiskáren, tuhnou za pomoci působení UV záření. Svůj nápad si nechal patentovat a celou technologii pojmenoval stereolitografie. Již v roce 1986 Charles Hull založil společnost s názvem 3D Systems a představil světu svoji první 3D tiskárnu nesoucí název SLA-1. [10]

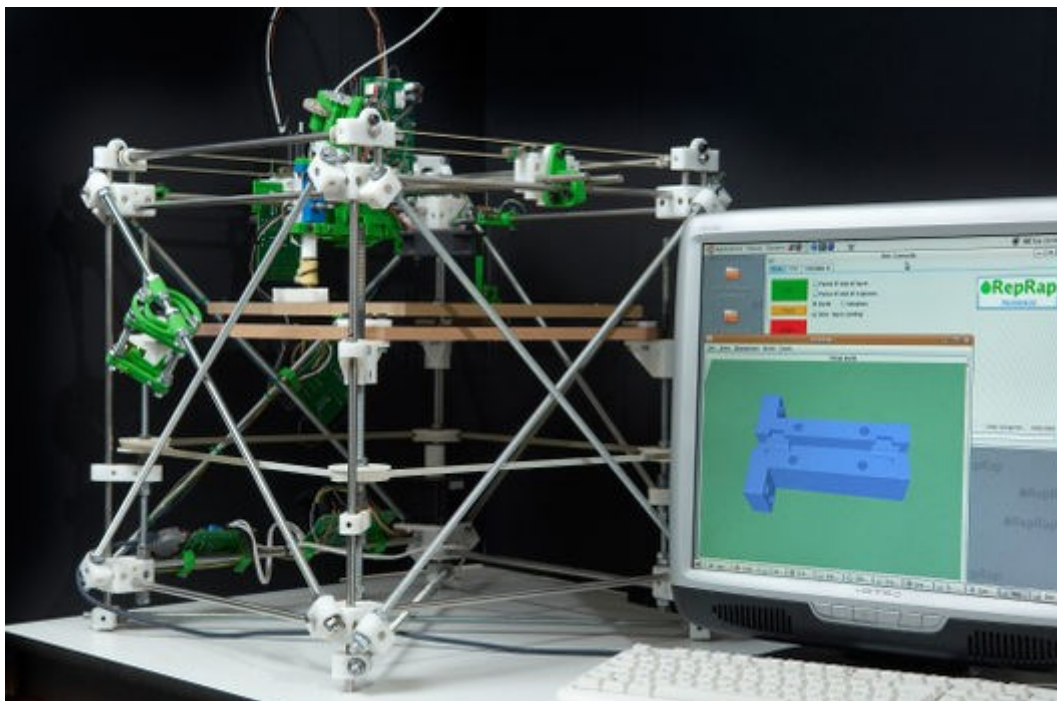


Obr. 5 Tiskárna „SLA-1“ [11]

2.2 Vývoj 3D tisku

Při vzniku první 3D tiskárny byl objeven vysoký potenciál využití této technologie. Jako první se začaly v roce 1992 vytvářet díly pro automobilový a letecký průmysl. V roce 2002 způsobila technologie 3D tisku převrat v lékařském průmyslu, když se podařilo vytisknout funkční miniaturní ledvinu, která byla následně úspěšně transplantována nemocnému zvířeti. [12]

Stále měla 3D tiskárna jednu zásadní nevýhodu a tou byla pořizovací cena, takže představa toho, že by 3D tiskárnu vlastnili lidé ve svých domácnostech, byla v nedohlednu. Tuto skutečnost se pokusil změnit Dr. Adrian Browyer. Ten přišel v roce 2005 s nápadem, vytvořit 3D tiskárnu, která by byla schopna vytisknout veškeré díly, ze kterých je zkonstruována. Svůj projekt nazval RepRap a už v roce 2008 vytvořil první tiskárnu pod názvem Darwin, která umí vytisknout většinu svých dílů. Kovové díly, které tato tiskárna tisknout neumí, jsou běžně dostupné. Takže pokud si takovou tiskárnu pořídíte, může být další jednoduše vytištěna. [12]



Obr. 6 RepRap tiskárna Darwin [13]

Tímto nápadem se inspirovalo mnoho dalších firem a dnes je možné pořídit cenově dostupné 3D tiskárny, které vznikly právě ze zmiňované platformy RepRaP. V roce 2015 byla vyhlášena soutěž na výstavě 3Dexpo, která porovnávala kvalitu cenově dostupných tiskáren, které mají pořizovací cenu od 10 000,- Kč do 100 000,- Kč. Společnou charakteristikou těchto tiskáren bylo použití nejdostupnější aditivní technologie FDM /FFF (tyto technologie budou popsány v další části této bakalářské práce). Soutěže se účastnilo 28 výrobců 3D tiskáren a z toho 3 výrobci byli z České republiky. Úkolem bylo vytisknout jednoduchý 3D model malého robota (Obr. 3), který všichni dostali chvíli před zahájením soutěže, aby neměli možnost se na soutěž jakkoliv připravit. [14]



Obr. 7 Soutěžní model [15]

Vítězem soutěže se stal polský výrobce se svoji tiskárnou Zortax M200 (obr. 4), která test podle poroty zvládla nejlépe. Pořizovací cena této tiskárny se pohybuje kolem 55 000,- Kč. [16]



Obr. 8 3D tiskárna Zortax M200 [17]

2.3 Technologie 3D tisku pro výrobu polymerních dílů

Princip výroby 3D modelu pomocí 3D tiskárny je možné si představit tak, že model, který chceme vyrobit je pomyslně rozřezán na tenké vrstvy. Tyto vrstvy se pak nanáší jedna po druhé, dokud nevznikne hotový model. Ve skutečnosti to není až tak jednoduché, jak se může na první pohled zdát. Pro zrealizování tohoto postupu slouží několik technologií, které mají samozřejmě své výhody i nevýhody, které je nutné zohlednit před samotnou výrobou. [18]

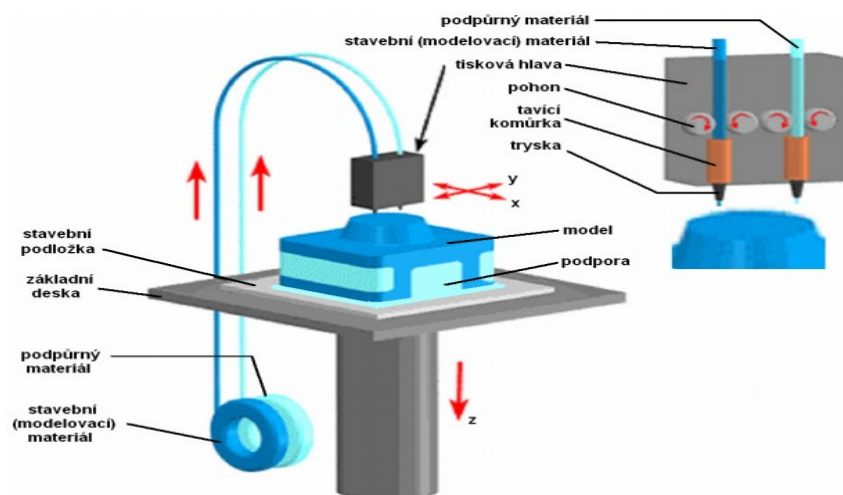
2.3.1 Technologie Fused Filament Fabric a Fused Deposition Modeling

Tyto dva názvy mají stejný význam, ale název Fused Deposition Modeling (FDM) je registrovaná ochranná značka společnosti Stratasys, která ji jako první vynalezla a představila v roce 1988, takže ji ostatní výrobci nemohou používat. Jedná se o tisk funkčních modelů roztaveným plastem. V dnešní době asi nejrozšířenější metoda vytváření 3D modelů.

Nejčastěji využívané materiály této technologie jsou ABS a PLA, kdy jsou tyto materiály navinuty na cívce v podobě vlákna, nejčastěji o průměru 1,75 mm, 2,85 mm nebo 3mm a tiskárna si je postupně odebírá. Následně jsou tyto materiály roztaveny v tiskové hlavě a vytlačovány tenkou tryskou. Celá sestava se pohybuje nad tiskovým stolem, na kterém nanášené vrstvy postupně tuhnou. U průmyslových tiskáren se často používají dva materiály, z nichž jeden je modelovací a druhý je podpůrný. Cenově dostupné tiskárny, často využívají modelovací materiál zároveň i jako podpůrný. Podpůrný materiál slouží jako lešení a následně je odstraněn buď manuálně, nebo vodou. Modelovací materiál poté tvoří hotový model.

Výhodou této technologie je vytváření funkčních prototypů za mnohem nižší cenu oproti použití jiných technologií. Lze s ní vyrábět funkční díly nebo např. nerozebíratelná pohyblivá spojení (Obr. 6), která mohou obsahovat několik dílů. Další výhodou může být pořizovací cena tiskárny, ta bývá nižší ve srovnání s tiskárnami, které využívají jiné technologie pro vytváření dílců.

Hlavní nevýhodou této technologie je tloušťka nanášené vrstvy, mohl by být problém vytisknout dílce, u kterých je obzvlášť důležité detailní provedení. [19] [20]



Obr. 9 Výroba modelu technologií FDM/FFF [21]



Obr. 10 Nerozebíratelné pohyblivé spojení [22]

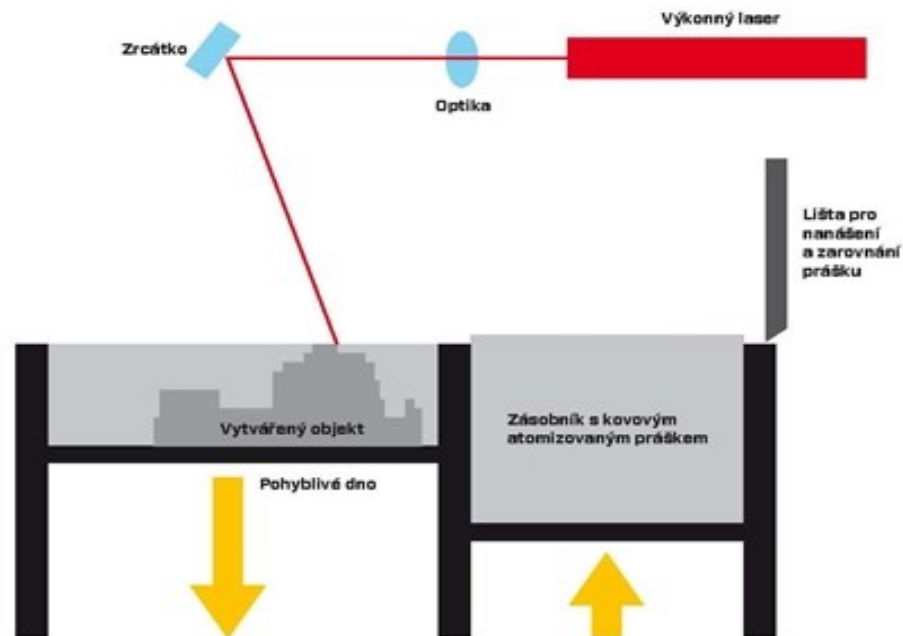
2.3.2 Technologie Selective Laser Sintering (SLS)

Tato technologie byla vynalezena v osmdesátých letech minulého století vědci, kteří působili na Texaské Univerzitě v Austinu. Jedná se o technologii, která využívá selektivní spékání laserem. Funguje na principu spojování práškových hmot, které nemusí být jen z plastu, ale také třeba z kovu, skla, nylonu nebo keramiky.

Na podkladovou desku se nanese vrstva práškového materiálu a následně se nataví za pomoci působení velmi výkonného CO₂ laseru. Tím dochází ke spékání materiálu, ale jen v požadovaném místě. Tento proces se opakuje až do dokončení výrobku. Okolní materiál zůstává nespečen a slouží jako podpurný.

Výhodou této technologie je vysoká pevnost a přesnost vytištěných dílů, také velké množství materiálů, které lze pro tisk použít. Tato metoda má veliké uplatnění při výrobě prototypových vstřikovacích forem a velmi tvarově složitých výrobků.

Nevýhoda této technologie může být nižší kvalita povrchu ve srovnání s ostatními technologiemi, velikost samotného zařízení a jeho energetická náročnost. [23]



Obr. 11 Technologie SLS [24]

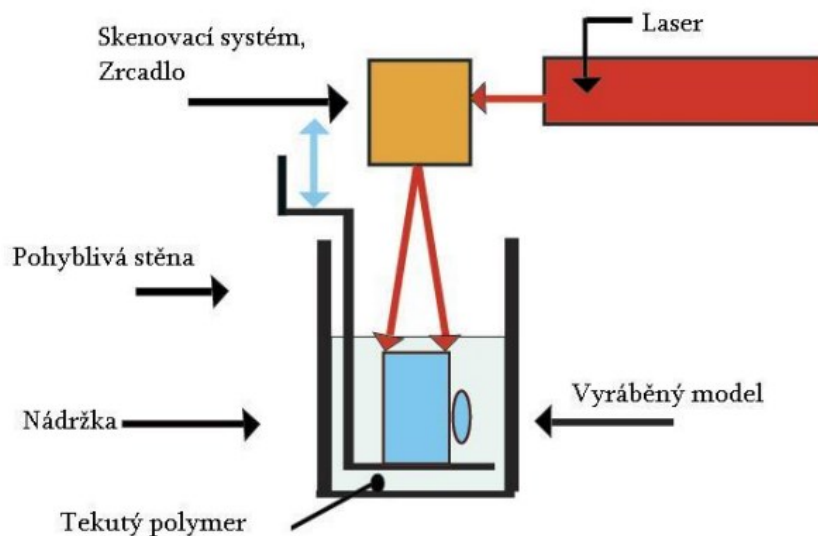
2.3.3 Technologie Stereolitografie (SLA)

Od roku 1984, kdy byla stereolitografie objevena, se využívá ve velké míře při výrobě 3D modelu za pomoci ultrafialového laseru, který působí na tenkou vrstvu tekutého fotocitlivého polymeru.

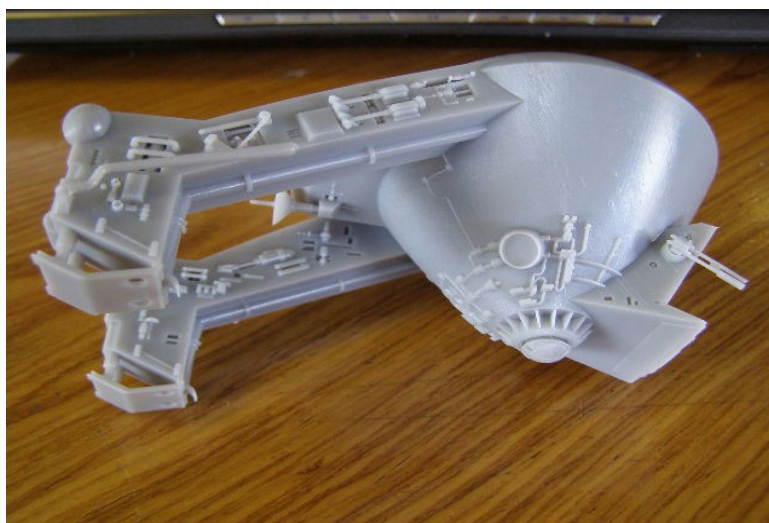
Tato metoda je velice podobná metodě SLS. Model vzniká v nádobě, ve které je fotopolymer a nosná deska, která se v nádobě pohybuje. Paprsek generovaný laserem působí pouze na místa, kde chceme fotopolymer vytvrdit. Po vytvrzení první vrstvy nosná deska klesne o tloušťku jedné vrstvy níže pod hladinu fotopolymeru a proces vytvrzování se opakuje. Před každým dalším působením laseru na polymer je nutné přejet hladinu tzv. stěračem, aby se zabránilo vzniku nepřesností. Po vytvrzení všech vrstev vzniká 3D model, u složitějších modelů je nutné použít dočasné podpory, které se po vyhotovení modelu odstraní.

Mezi výhody SLA technologie je možnost tvorby velkých a složitých modelů, které mají dobré fyzikální vlastnosti. Proto se touto metodou dají vyrobit např. formy pro vstřikování polymerů.

Hlavní nevýhodou této technologie je omezené množství výběru materiálů a také vysoká pořizovací cena tiskárny. [25],[26]



Obr. 12 Technologie SLA [26]



Obr. 13 Výrobek vytištěný metodou SLA [27]

2.3.4 Technologie PolyJet

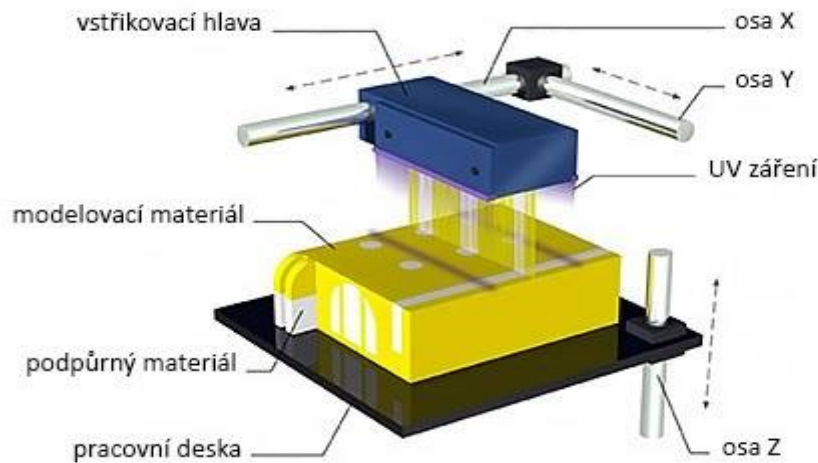
Technologie PolyJet byla představena v roce 2000 firmou Objet. Jedná se o tryskání fotopolymerních materiálů. Od ostatních technologií se liší tím, že se může současně používat více druhů polymerů.

Při výrobě modelu se využívá dvou a více druhů fotopolymerů, které jsou tryskány na nosnou podložku v 0,6 mm tlustých vrstvách, které jsou ihned po nanesení vytvrzeny za pomoci ultrafialového záření. Vzhledem k tomu, že je model vytvrzován zároveň

s modelováním, hotový výrobek je ihned připraven k použití. Podpurný materiál, který se využívá pro technologii PolyJet, je na bázi gelu a po zhotovení výrobku se jednoduše odstraní. [26]

Hlavní výhodou technologie PolyJet je v možnosti použití různých materiálů současně. To znamená, že se dají kombinovat materiály s různými fyzikálními vlastnostmi, nebo třeba materiály různě barevné. PolyJet technologie je velmi přesná, díky malé vrstvě nanášeného fotopolymeru je možné tvořit složité součástky s velmi hladkým povrchem. Použití této technologie je vhodné pro součástky, u kterých je kladen důraz na detailní provedení.

Nevýhodou technologie PolyJet je, stejně jako u technologie SLA, nemožnost výběru z velkého množství polymerů a vysoká pořizovací cena tiskárny.[28]



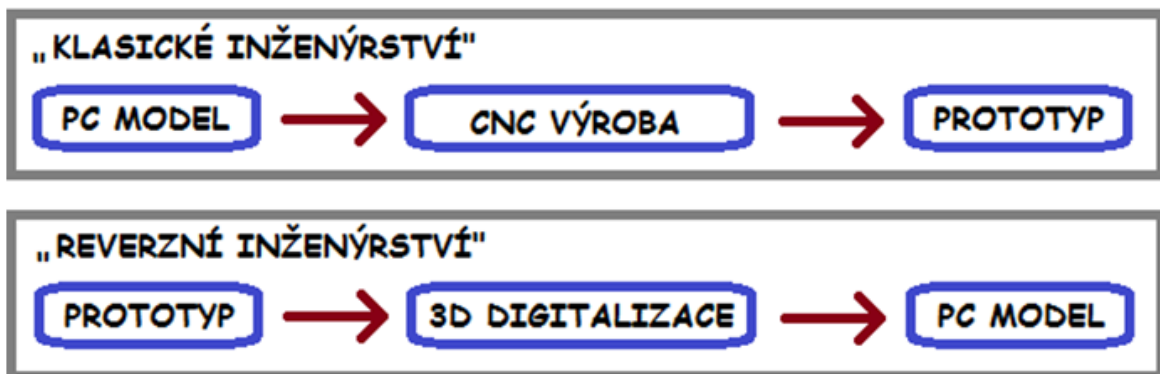
Obr. 14 Technologie PolyJet [26]



Obr. 15 Výrobek vytištěný metodou PolyJet [29]

3 REVERZNÍ INŽENÝRSTVÍ

U reverzního inženýrství, nebo také zpětného inženýrství, jde především o to odkrýt princip a fungování zkoumaného předmětu.



Obr. 16 Rozdíl mezi klasickým a reverzním inženýrstvím [30]

3.1 Význam reverzního inženýrství

Jedním z důvodů, proč reverzní inženýrství vzniklo, je vyrobit podobný nebo stejně fungující předmět. Využívá se ale také kvůli odhalení nových technologií a materiálů v případě konkurenčních firem. Příkladem může být výrobce pneumatik, který nakoupí pneumatiky od konkurenčních firem, ty rozebere a zkoumá. Tím zjistí, jaké materiály a technologie využívá jeho konkurence a následně tak může vyrobit podobnou pneumatiku, která bude mít lepší vlastnosti.

Dalším příkladem použití reverzního inženýrství může být např. obnovení výkresové dokumentace, kdy danou součástku můžeme naskenovat, převést do digitalizované podoby a následně z ní vytvořit výkresovou dokumentaci.

Reverzní inženýrství se také využívá v oboru rekonstrukce. Například zlomený obráběcí nástroj, který se provizorně slepí, naskenuje a provede se rekonstrukce. Jestliže se na nástroji vyskytuje zdeformovaná oblast, dá se v počítači domodelovat, nebo u symetrických dílů převzít tvar pomocí zrcadlení. [31]

4 3D SKENOVÁNÍ

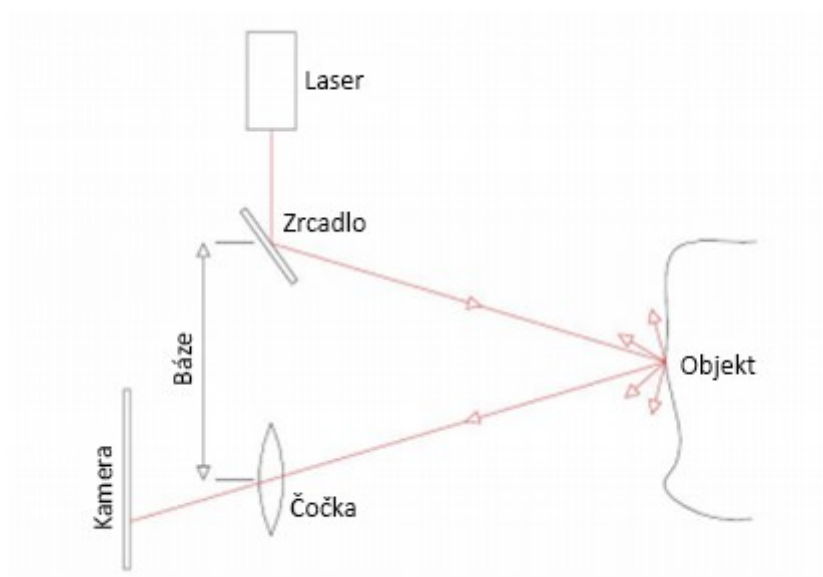
3D skenování je činnost, při které se realita přenáší do počítače a vytváří se její digitální obraz za pomoci 3D skeneru. Je to velmi zajímavé řešení, jak transformovat objekt z reálného světa do počítačového modelu. 3D skenování jde ruku v ruce s 3D tiskem, jedná se vlastně o obrácený proces, který velice často 3D tisku předchází. [32]

4.1 Technologie 3D skenerů

Skenování lze rozdělit na 3 základní kategorie a to laserové skenování, optické skenování a mechanické skenování. Tyto skenery se liší technologií, kterou využívají pro tvorbu digitálního modelu z reálného objektu.

4.1.1 Laserové skenování 3D objektů

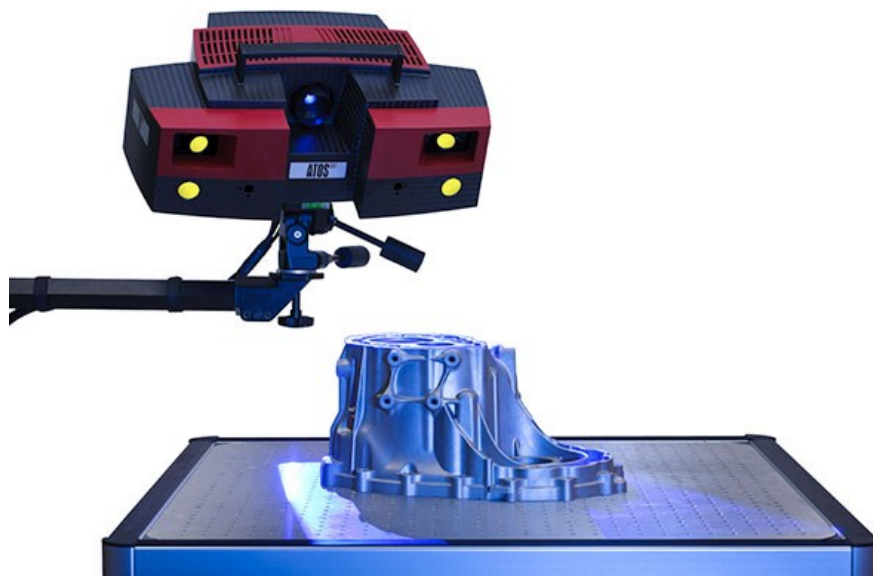
3D laserové skenování je technologie, u které je fyzický tvar objektu převeden na digitální za pomoci tzv. triangulace. Laserová triangulace je stereoskopická technika, u které se vzdálenost objektu vypočítá pomocí rozkmitávaného laserového paprsku, který je promítán na snímané těleso, tento paprsek je sledován pomocí kamer. Kamery musí být umístěny ve známé poloze vůči skeneru a následně lze pomocí trigonometrie určit prostorové souřadnice skenovaného modelu. Takto změřené body tvoří tzv. mračno bodů, které je následně převedeno do počítače, kde se nám vykreslí skenovaný objekt. [32]



Obr. 17 Princip 3D laserového skenování [33]

4.1.2 Optické skenování 3D objektů

U optického skenování se nejdříve skenovaný objekt umístí na pevnou podložku nebo polohovací zařízení (otočný stolek) a nasnímá se z několika úhlů. Při každém snímání se model v podstatě vyfotí a data se uloží. Když je objekt nasnímaný ze všech úhlů pohledu, data se zpracují a pomocí softwaru, který využívá princip aproximace, se vytvoří digitalizovaný model.



Obr. 18 Ukázka optického skenování skenerem Atos [35]

Jedna z možností jak vytvořit digitální obraz skenovaného dílu, je na skenovaný objekt umístit několik orientačních bodů tzv. centrovacích terčičků. Pro co nejpřesnější napojení jednotlivých snímků, je potřebné při každém skenování nasnímat alespoň 3 centrovací terčičky z předchozího snímku.

Další z možností je využít software, který využívá tzv. best-fit. Tato metoda se používá u kontroly kvality dílu, kdy se porovnává model vytvořený konstruktérem např. v programu Catia a naskenovaný 3D reálný díl. Pro finální porovnání je důležité ustavení 3D modelu a skenovaného dílu tzv. best-fit. Ten lze provést na libovolně zvolenou plochu či entitu objektu. Výstupem měření je pak barevná mapa odchylek ve 3D oblasti, kde lze jasně rozpoznat odchylky reálného dílu vůči datům, např. u výrobků jde o otřepy či povrchové vady. U této metody není nutné využívat centrovací terčičky.

Problém je u lesklých povrchů, které se nedají optickým skenerem nasnímat. Používají se proto speciální nátěry a postřiky, které povrch zmatní, ne vždy lze ale toto řešení využít. [34]

4.1.3 Mechanické skenování 3D objektů

U mechanické metody skenování se využívá přímého kontaktu měřeného objektu se senzorem, kterým bývá často sonda s kuličkou, která je připojena na mechanické rameno. Snímá se poloha a natočení v jednotlivých kloubech mechanismu. Výsledkem je mračno bodů, které se dále převede na digitalizovaný model.

Mechanickou metodou měření se nedají získat informace o textuře povrchu a navíc je tato metoda velice časově náročná. Nicméně lze použít více druhů sond, čímž lze samotné měření urychlit. Dosahovaná přesnost této technologie je řádově 0,01mm. [36]



Obr. 19 Mechanický 3D skener INFINITE 2 [36]

4.2 Oblasti využití 3D skenerů

Protože je možné naskenovat objekty všech velikostí a tvarů, využívá se 3D skenování ve velké škále aplikací. Ve výrobním průmyslu se skenování často využívá pro inovaci nebo vývoj jednotlivých součástí např. u automobilů.

Velký rozvoj použití skenerů je i v lékařství, kde se využívá v oboru ortopedie, kdy je lékař pomocí přesně naskenovaných částí lidského těla schopný navrhnout ideálně přizpůsobené protézy. V lékařství se skenery využívají také v oboru plastické chirurgie.

Skenování se také využívá v herním a filmovém průmyslu. Kde může naskenování 3D modelu značně urychlit práci grafiků a 3D návrhářů. Využívá se i při tvorbě speciálních efektů.

3D skenování ulehčuje práci módních návrhářů, archeologů, ale také v oboru pojišťovnictví, nebo např. v kriminalistice, kde umožní podrobné studie místa činu.
[37]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hlavním cílem práce bylo vyrobit funkční ergonomickou myš. Nejdříve byla vybrána běžná počítačová myš, která byla následně demontovaná. Z demontované myši byly vybrány některé součástky, jako je např. základní deska spolu s otočným kolečkem. Na tyto součástky byl následně navržen nový ergonomický obal. Pro tento obal byly navrženy různé designy, z nichž byl jeden vybrán a následně vyroben. Obal myši byl vyroben za pomoci nekonvenčních technologií obrábění.

6 VÝBĚR KOMERČNĚ VYRÁBĚNÉ MYŠI

Byla zakoupena běžná počítačová myš v cenové relaci do 200,- Kč. Myš má optický senzor, funguje bezdrátově a pracuje s přijímačem, který má dosah až 10m. Na myši se nachází 6 funkčních tlačítek a pochromované kolečko. Myš umožňuje přepínání DPI a dokáže pracovat s maximálním rozlišením až 1600 DPI. Napájení myši zajišťují dvě AAA baterie. Myš je plně kompatibilní s operačním systémem Windows 10.



Obr. 20 Počítačová myš C-TECH WLM-02

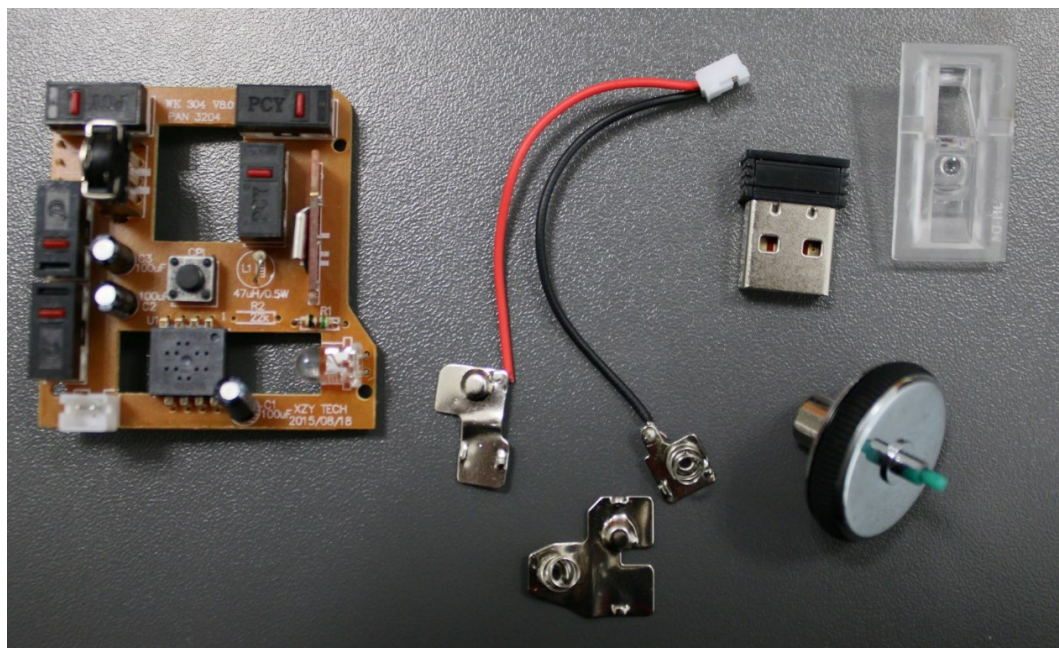
6.1 Demontáž myši

Zakoupená počítačová myš byla následně demontována na jednotlivé díly.



Obr. 21 Demontovaná myš C-TECH WLM-02

Z demontované počítačové myši byla vyjmuta základní deska, pochromované kolečko, USB rozhraní, sklíčko a konektory, které propojují základní desku s bateriemi.

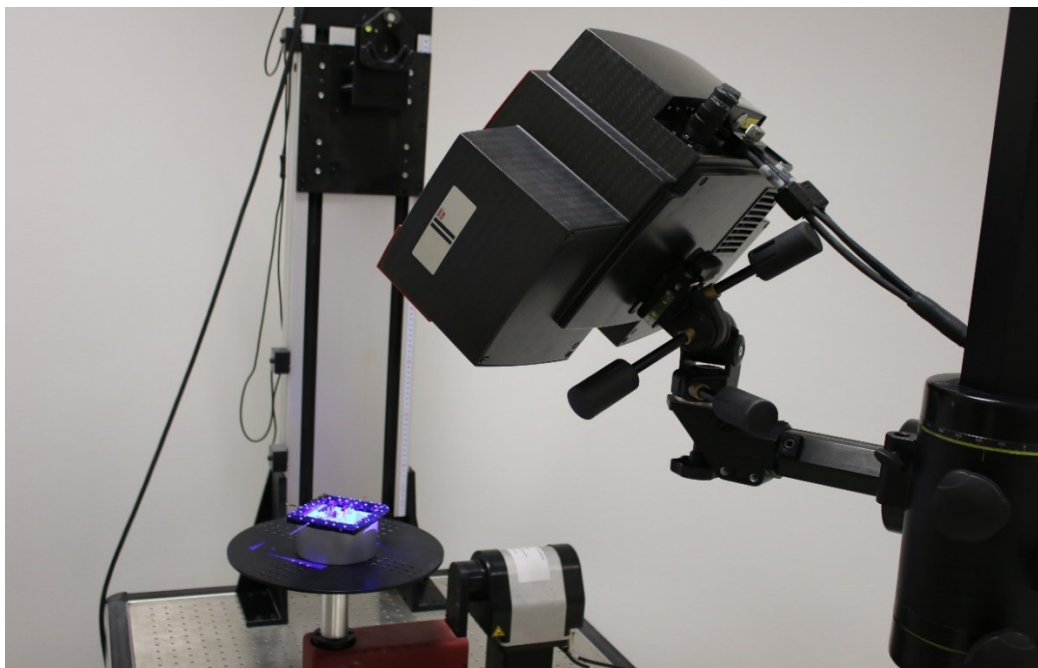


Obr. 22 Součástky, které budou následně použity pro výrobu myši

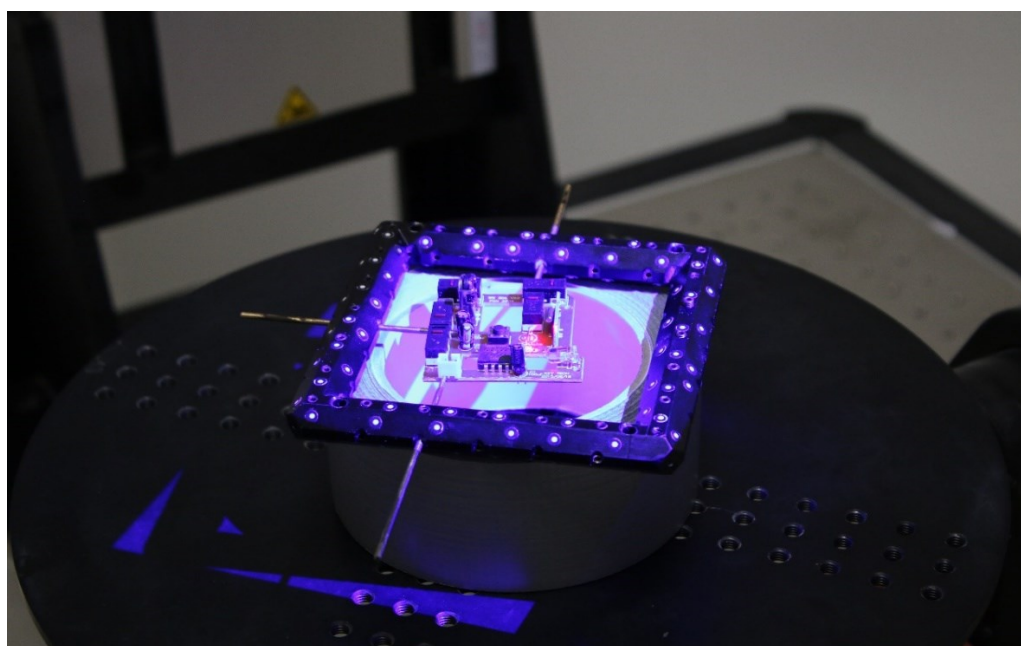
7 VÝROBA POČÍTAČOVÉ SESTAVY ERGONOMICKÉ MYŠI

7.1 Výroba repliky základní desky

V prvním kroku byla naskenována originální základní deska optickým skenerem ATOS. Pro skenování byl využit skenovací rámeček, s předem definovanými referenčními body, z důvodu malé tloušťky základní desky.

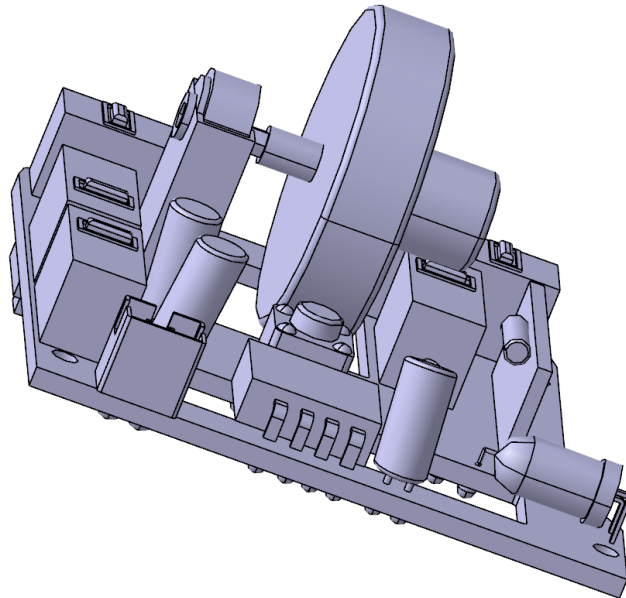


Obr. 23 Skenování základní desky



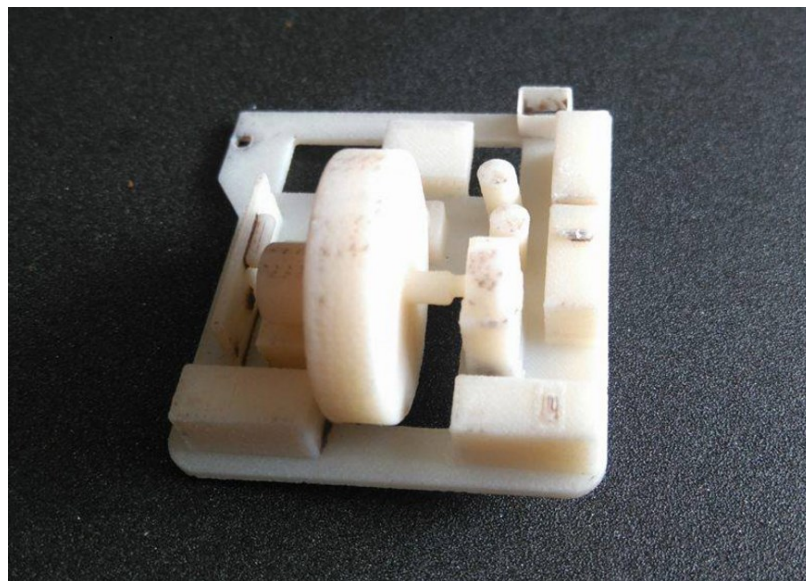
Obr. 24 Detail skenování základní desky

Naskenované snímky byly zpracovány v softwaru ATOS Professional V8, kde byl vytvořen mrak bodů, který byl následně převeden na síť. Tato síť byla převedena do formátu STL, aby bylo možné ji zobrazit v softwaru CATIA V5-R19. Zobrazená síť byla v softwaru CATIA obtažena a tím byl vytvořen počítačový model repliky základní desky.



Obr. 25 Počítačový model základní desky

Tento model byl následně vytisknut na 3D tiskárně Fortus 900mc. Pro tisk byla zvolena technologie FDM, protože součástka nebude nijak namáhaná, je tato technologie vhodná. Model byl vytištěn z materiálu ABS M30.



Obr. 26 Vytištěný model základní desky

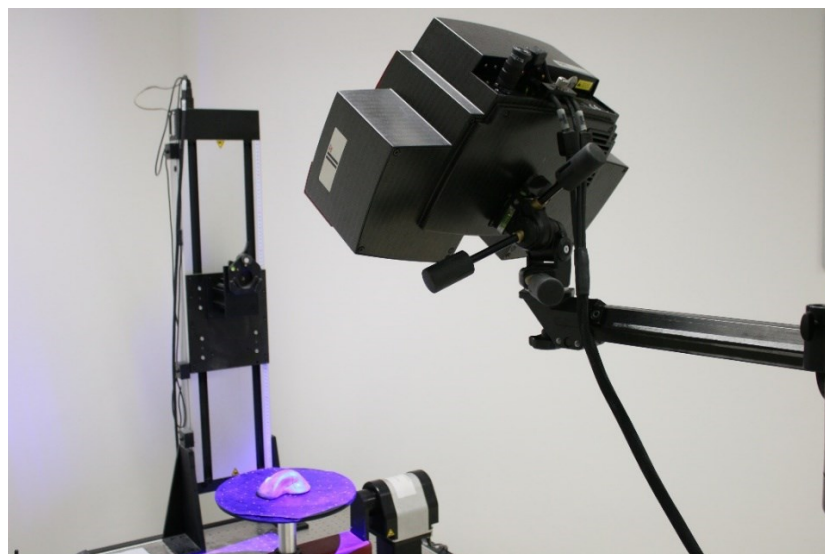
7.2 Výroba modelu horní části ergonomické myši

Vytištěná základní deska byla umístěna do plastické modelovací hmoty. Nejdříve byla v plastické modelovací hmotě navržena poloha pro otočné kolečko základní desky. Tvar myši byl navržen podle dlaně autora tak, aby splňoval podmínky ergonomie a tudíž, aby byla myš při dlouhodobém používání pohodlná.

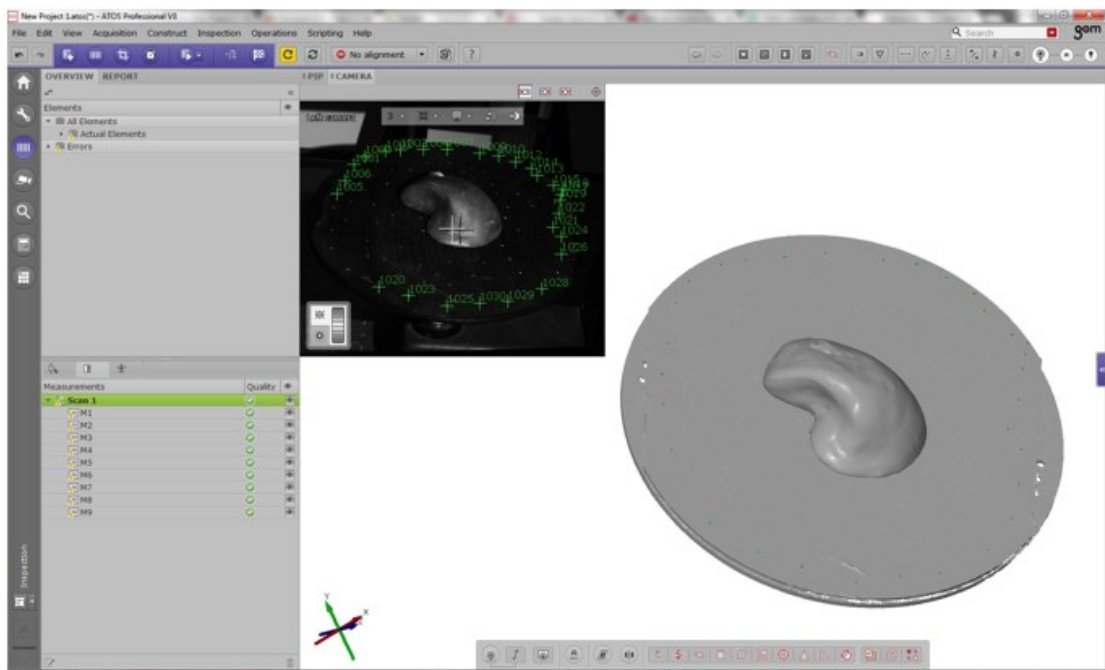


Obr. 27 Vymodelovaná plastická hmota

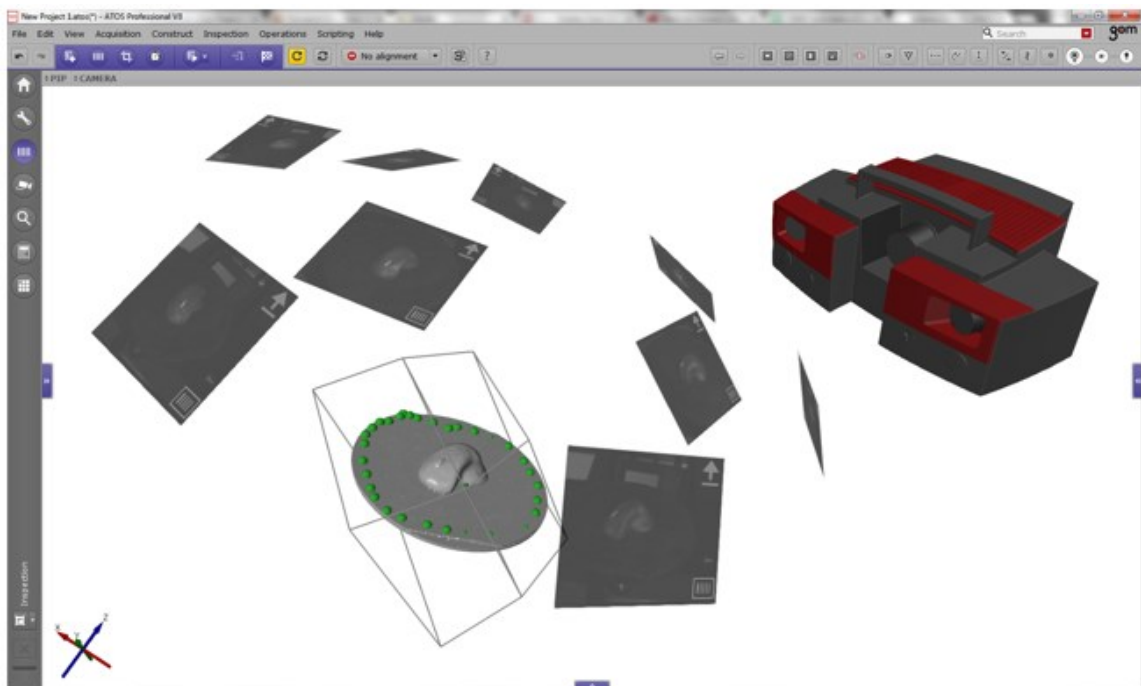
Vymodelovaná plastická hmota byla umístěna na otočný stůl s předem vyznačenými referenčními body. Následně bylo provedeno skenování tohoto materiálu. Není nutné skenovat spodní plochu myši, vzhledem k tomu, že je rovná, nebude problém ji domodelovat v počítači.



Obr. 28 Skenování vymodelované plastické hmoty

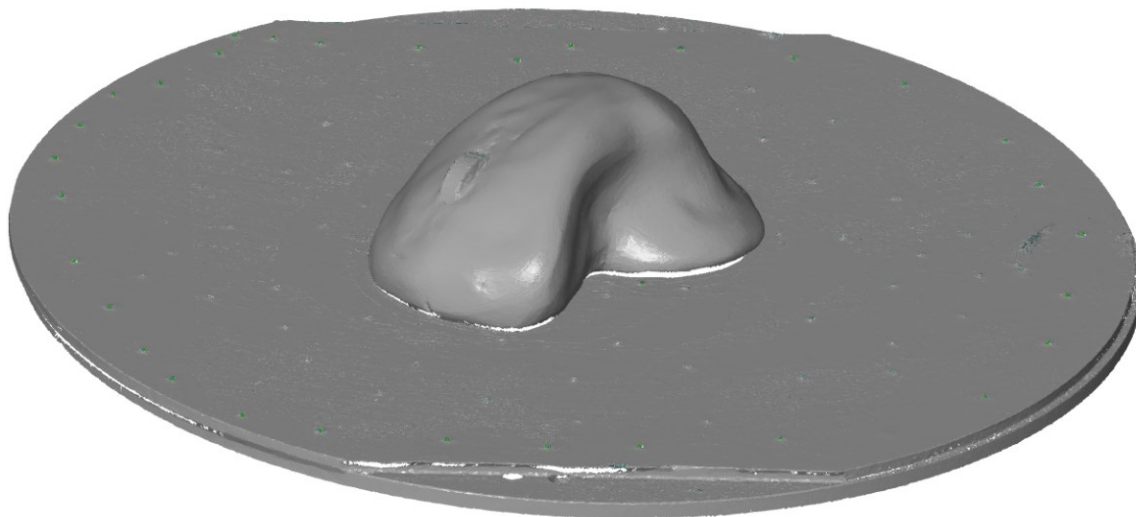


Obr. 29 Ukázka zaměření referenčních bodů



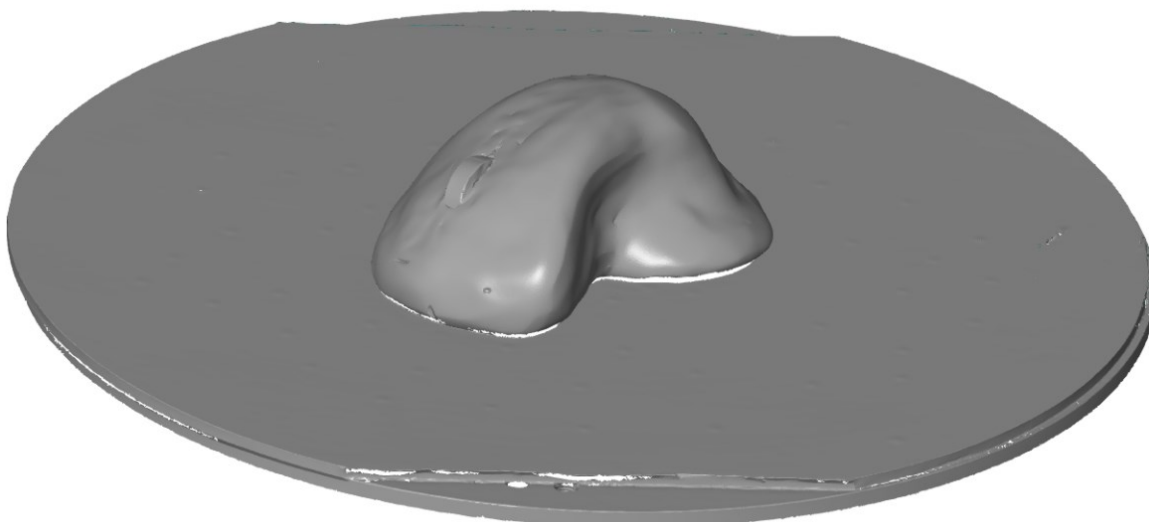
Obr. 30 Princip skládání snímků skeneru ATOS

Snímky byly nejdříve zpracovány softwarem ATOS Professional V8, který spojením jednotlivých snímků vytvoří nezpolygonizovaný mrak bodů. Tento nezpolygonizovaný mrak bodů je nutné dále zpracovat, protože vytvořená plocha obsahuje spoustu nežádoucích nerovností.



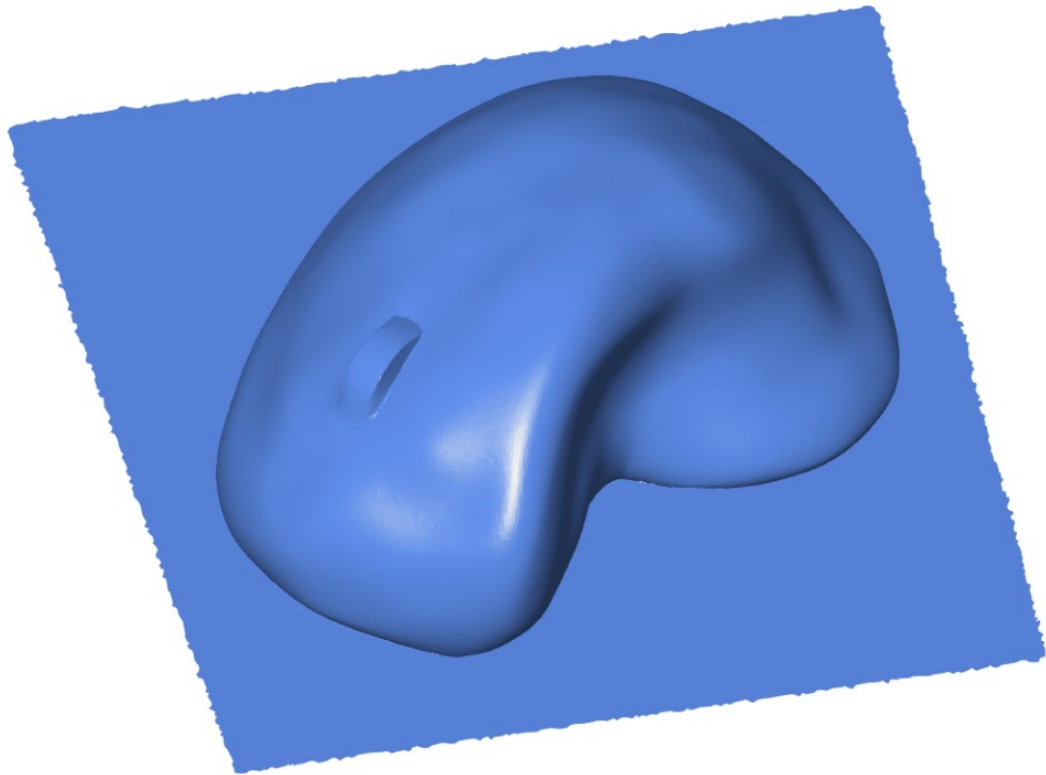
Obr. 31 Nezpolygonizovaný mrak bodů

Tento mrak bodů byl zpolygonizován, tím se mrak bodů částečně vyhladí a odstraní se menší nežádoucí deformace. Takto připravený model je vhodný pro následné vytvoření jednotné plochy.



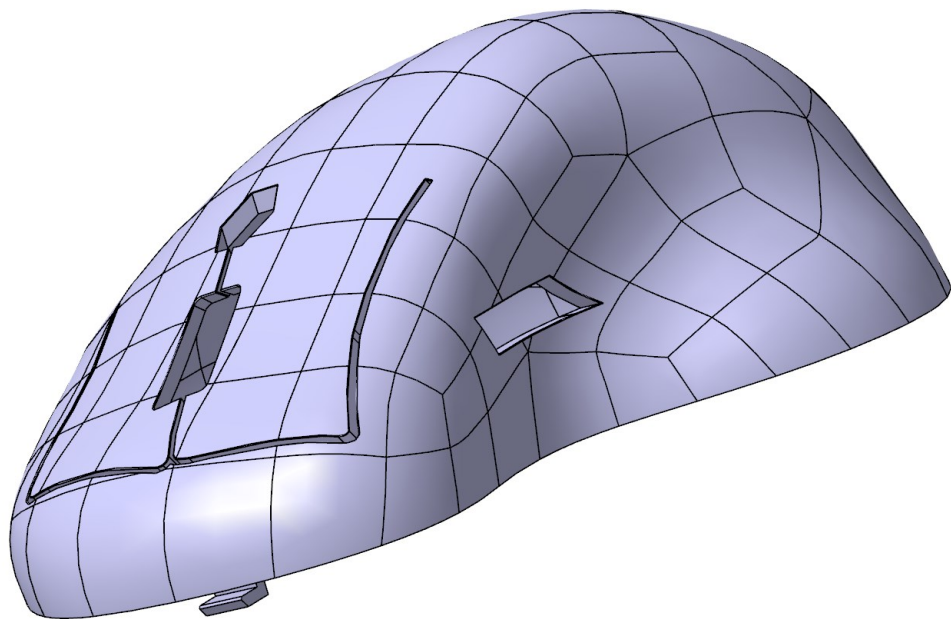
Obr. 32 Zpolygonizovaný mrak bodů

V dalším kroku byla ze zpolygonizovaného mraku bodů vytvořena plocha, která slouží jako výchozí tvar pro další zpracování modelu.



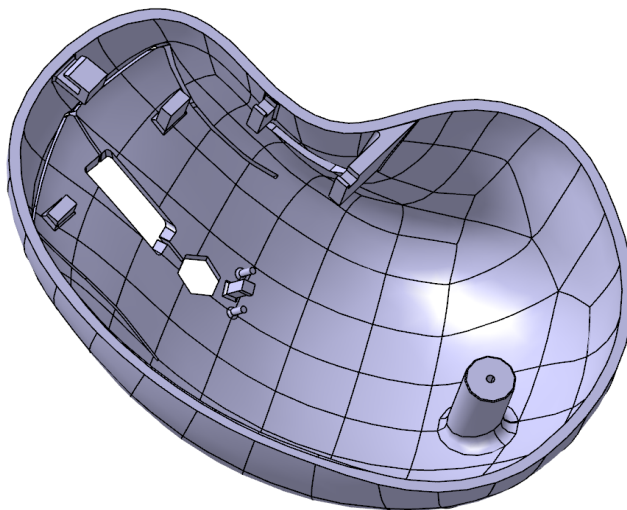
Obr. 33 Plocha tvaru ergonomické myši

Takto zpracovaná plocha byla převedena do softwaru CATIA V5 R19. Ploše byl přidán objem, tudíž vznikla skořepina. Na skořepině byl vytvořen otvor pro kolečko základní desky, levé a pravé tlačítko, boční tlačítka a DPI tlačítko.



Obr. 34 Pohled na vnější stranu horní části myši

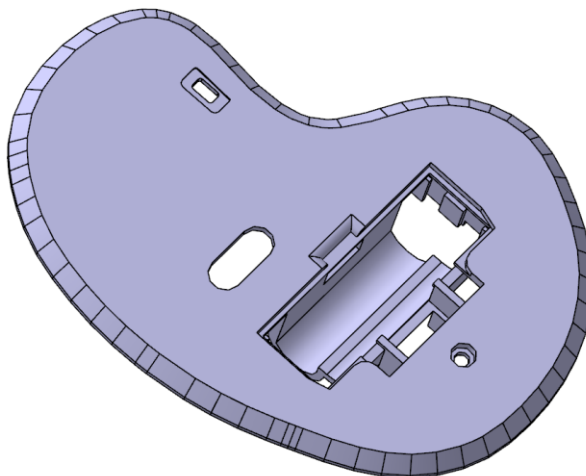
Následně byl vymodelován mechanismus, který zajistí spojení horní a dolní části ergonomické myši. Také byly vytvořeny úchytčné prvky pro DPI tlačítko a boční tlačítka. Ke všem prvkům vycházejících ze skořepiny, byly přidány technologické rádiusy. Z důvodu toho, že materiál vytištěný tiskárnou je křehký, byly přidány technologické rádiusy a tím byla zvýšena pevnost jednotlivých prvků.



Obr. 35 Pohled na vnitřní stranu horní části myši

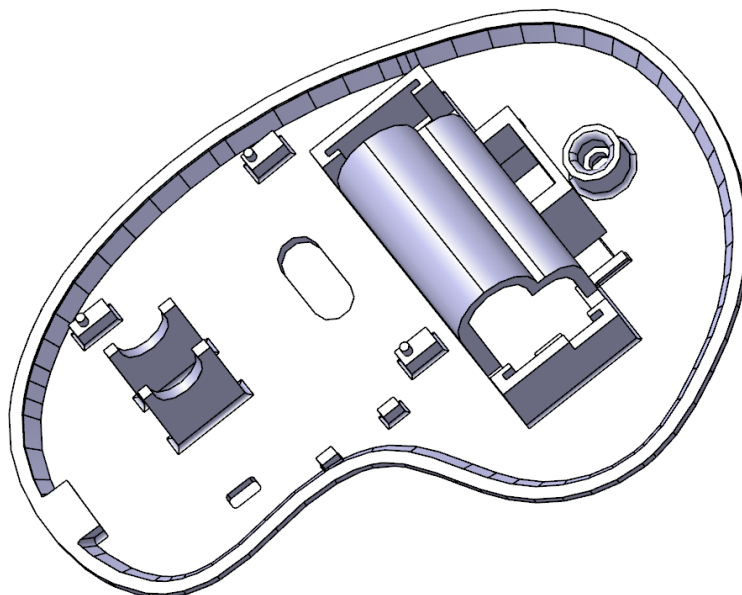
7.3 Výroba modelu spodní části myši

Výchozí tvar spodní části myši byl navržen tak, aby přesně dosednul na horní část. Následně byly vytvořeny otvory pro spouštěcí tlačítko, optický senzor, kryt pro baterie a otvor, který je určený pro šroub, který u sebe bude držet horní a spodní část myši.



Obr. 36 Vnější pohled na spodní část myši

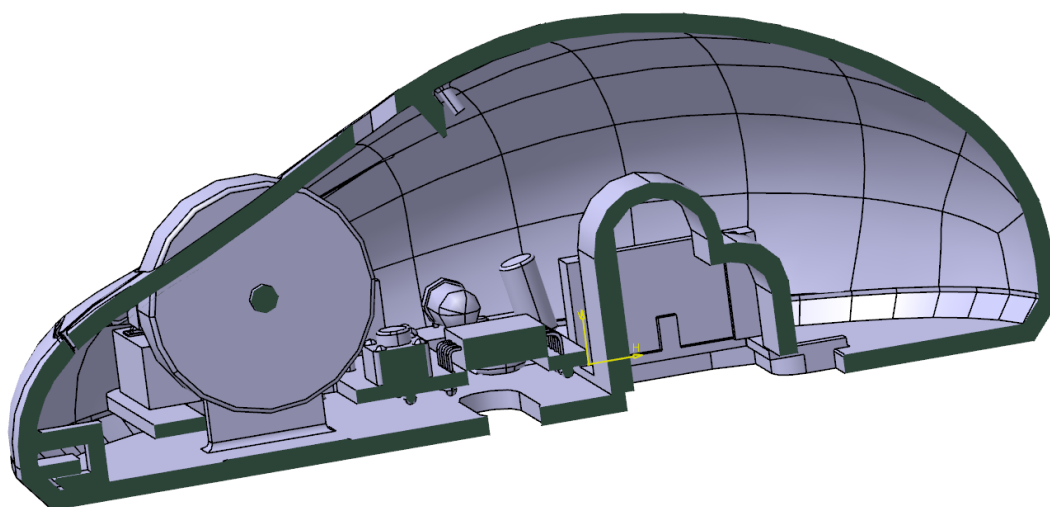
Dalším krokem výroby modelu bylo vymodelovat prvky pro zajištění správné polohy základní desky myši. Následně bylo vymodelováno pouzdro pro baterie a mechanismus, který zajistí správnou polohu horní a spodní části myši. Jako u horní části byly vytvořeny technologické rádiusy u všech prvků, vycházejících ze skořepiny.



Obr. 37 Pohled na vnitřní stranu ergonomické myši

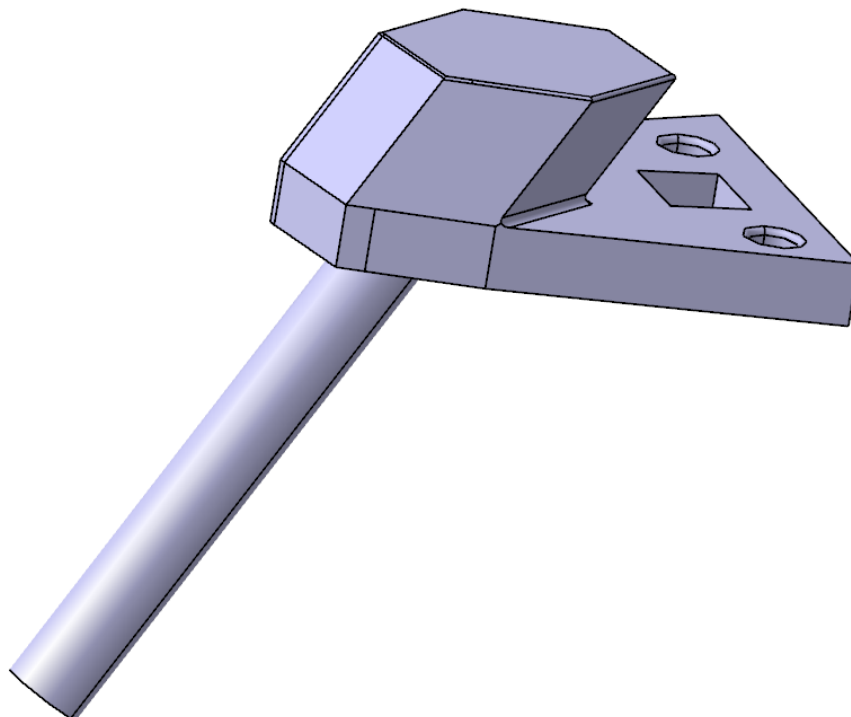
7.4 Výroba modelů bočních tlačítek a DPI tlačítka

Nejdříve byla vytvořena podsestava spodní a horní části myši spolu se základní deskou. Tato podsestava byla výchozí pro určení polohy a rozměrů tlačítek myši.

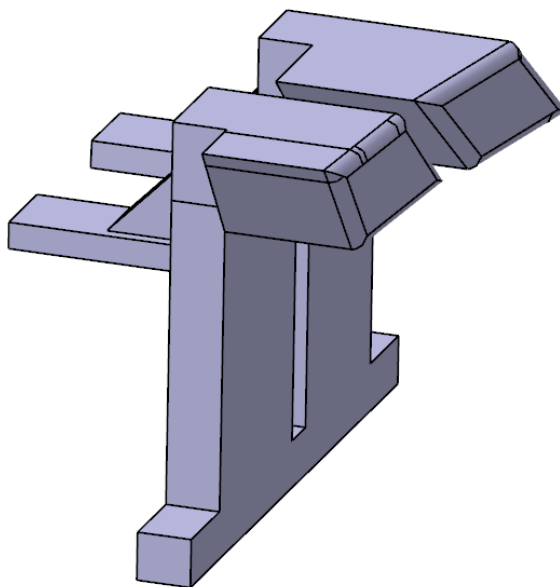


Obr. 38 Řez podsestavou

Bylo vymodelováno DPI tlačítko a boční tlačítka.

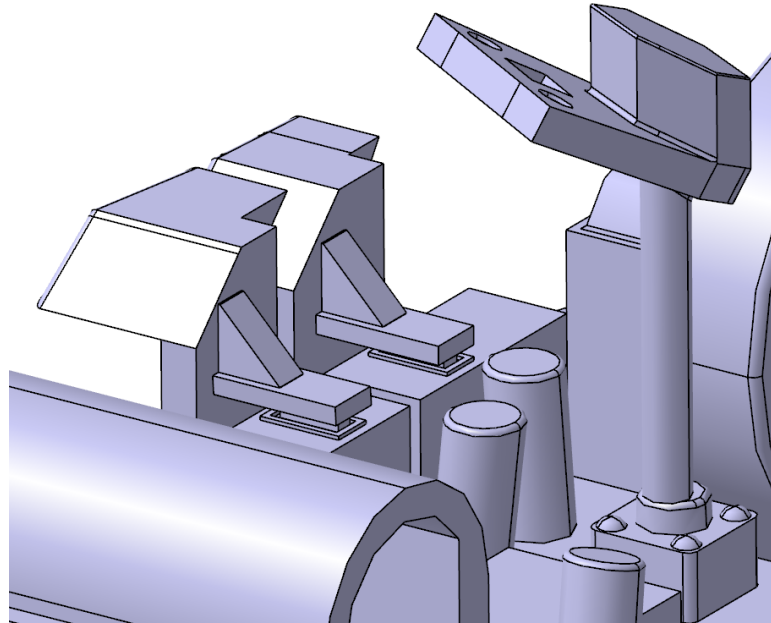


Obr. 39 Model DPI tlačítka



Obr. 40 Model bočních tlačítek

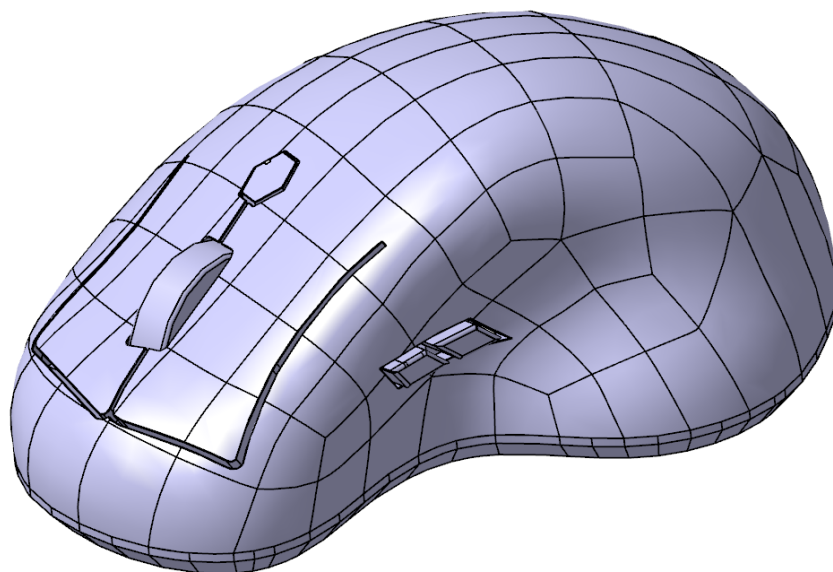
Takto vymodelovaná tlačítka byly umístěny na vytvořenou podsestavu a byla zajištěna jejich správná poloha pomocí vazeb.



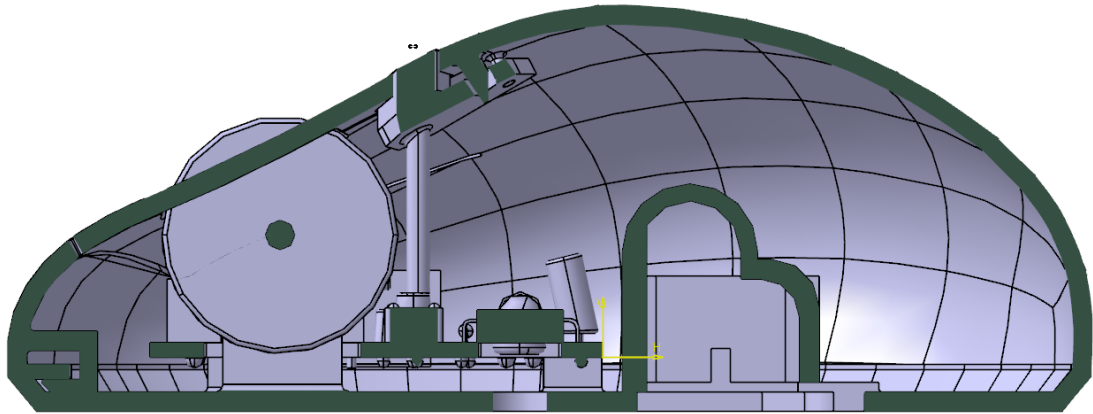
Obr. 41 Umístění tlačítek na základní desku

7.5 Zkompletování finální sestavy

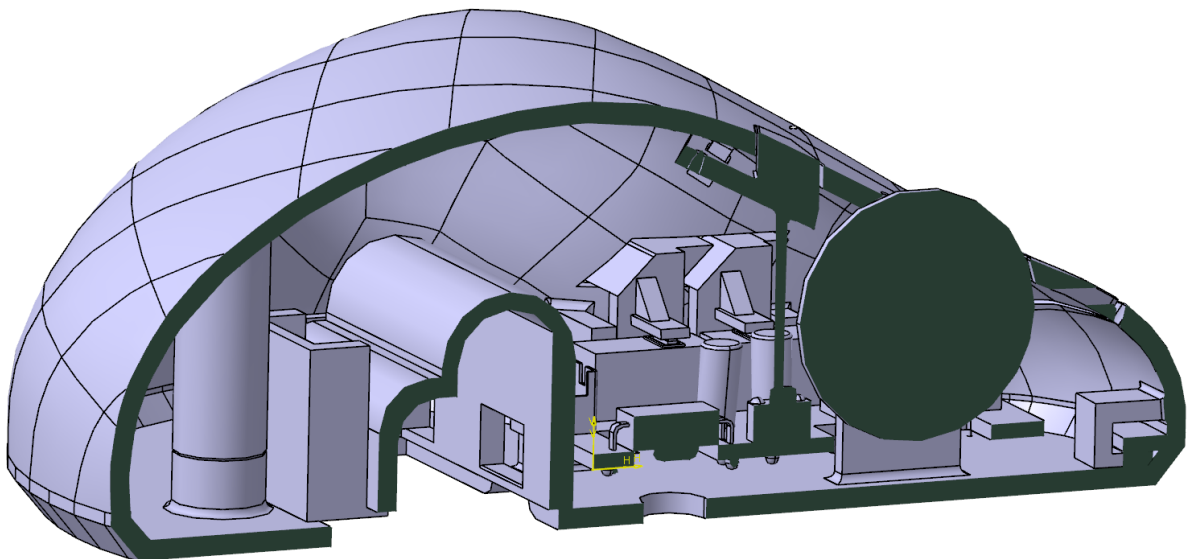
Jednotlivé vymodelované díly byly spojeny v softwaru Catia V5R19. Spojením dílů vznikla sestava ergonomické myši, která je vhodná k dalšímu zpracování. Základní rozměry myši jsou 114 mm délka, 80 mm šířka a 45 mm výška.



Obr. 42 Finální sestava ergonomické myši



Obr. 43 1. řez sestavou ergonomické myši



Obr. 44 2. řez sestavou ergonomické myši

8 TVORBA REÁLNÉHO OBRAZU Z POČÍTAČOVÉHO MODELU

Ergonomická myš dostala obchodní název Eluse. V programu Showcase od společnosti Autodesk, který slouží k renderování, byly navrženy tři druhy designů vymodelované sestavy ergonomické myši. Každý z designů byl navržen pro jinou skupinu potenciálních zájemců.

8.1 Design myši Eluse Classic

Tento design byl navržen za účelem, aby oslovil co nejvíce lidí. Byla zvolena kombinace bílé a černé barvy. Důvod této barevné kombinace je ten, že v podobných barvách se vyrábí většina laptopů a tudíž k nim bude myš barevně ladit.



Obr. 45 Design myši Eluse Classic

8.2 Design myši Eluse Gaming

Myš Eluse Gaming je navržena spíše pro mladší skupinu lidí, kteří preferují spíše pestřejší barevné kombinace. Design horní části myši tvoří velké množství různě orientovaných plamenů. Hlavní cíl u této barevné kombinace myši byl ten, aby se barevně odlišila od ostatních komerčně vyráběných myší.



Obr. 46 Design myši Eluse Gaming

8.3 Design myši Eluse Luxury

Tento design je zaměřen na skupinu lidí, kteří mají rádi luxus a chtějí se svými věcmi odlišit od ostatních. Design horní a spodní části připomíná strukturu dřeva a zbylé tlačítka jsou pozlacená.



Obr. 47 Design myši Eluse Luxury

9 VÝROBA MYŠI ELUSE CLASSIC

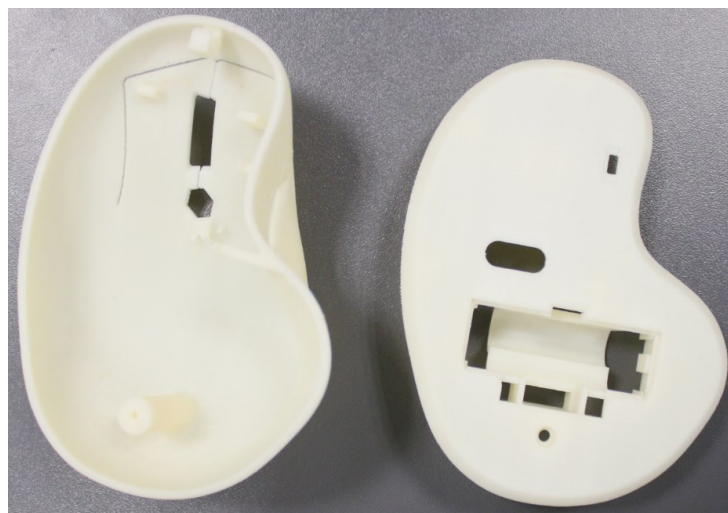
V této části bakalářské práce budou popsány jednotlivé kroky výroby, které bylo nutno udělat pro zhotovení myši Eluse Classic.

9.1 Tisk jednotlivých součástí

První krok výroby bylo vytisknutí jednotlivých dílů. Vzhledem k předpokládanému malému namáhání byla pro tisk horní a spodní část myši Eluse Classic zvolena technologie FDM. Tisk probíhal na tiskárně Fortus 900mc, která má pracovní prostor 914x610x914mm a dokáže nanést nejtenčí vrstvu 0,178mm. Pro tisk byl zvolen materiál ABS M30, který se vyznačuje vysokou pevností v tahu, ohybu a rázu.



Obr. 48 Tiskárna Fortus 900mc



Obr. 49 Vytisknutá horní a spodní část myši

Tiskárna Fortus 900mc je schopná tisknout pouze součástky, které mají tloušťku stěny nad 1,5mm a materiál, který se na ni využívá je velice křehký. Protože jsou tlačítka více detailní součástka než horní a spodní část myši, byla pro jejich výrobu zvolena technologie PolyJet, která je schopná tisknout mnohem přesnější detaily.

DPI tlačítko spolu se spodními tlačítky byly vytištěny na tiskárně od značky Objet Eden 250, která má pracovní prostor 260x260x200mm a dokáže tisknout nejmenší vrstvu až 0,016 mm. Tisk probíhal z materiálu VeroGray, tento materiál je pevný a má šedou barvu. Tato tiskárna je schopna tisknout i menší tloušťky stěny než 1,5mm.



Obr. 50 Tiskárna Objet Eden 250

9.2 Povrchová úprava součástek

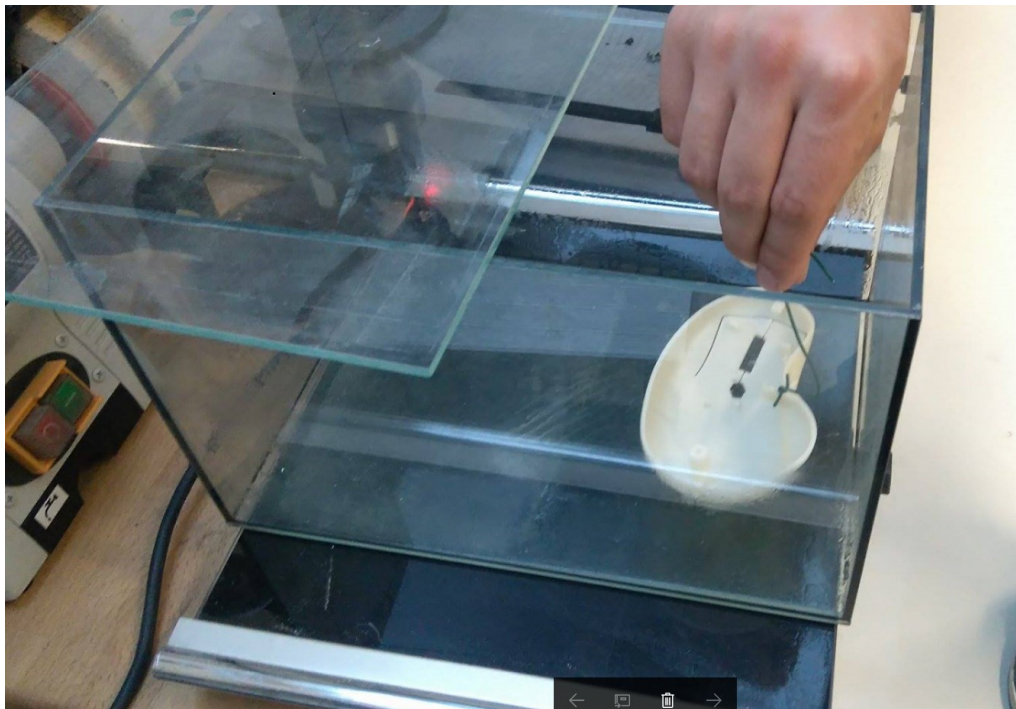
Vzhledem k vysoké drsnosti vytištěné horní a spodní části myši Eluse Classic, bylo nutno povrchu snížit drsnost. Nejdříve byla zvolena technologie pískování, která je na plastové díly vhodná, protože s ní jde rychle a snadno vyhladit menší nerovnosti na povrchu výrobků. Pískování probíhalo v pískovacím boxu Unicraft SSK 3.



Obr. 51 Pískovací box Unicraft SSK 3

Povrch součástek byl po pískování ještě přebroušen brusným papírem, protože povrch myši byl stále dost hrubý a delším pískováním by se mohly díly myši protrhnout.

Následně byl takto upravený povrch naleptán. Rychlým naleptáním se povrch dílu rozpustí a následně po vyjmutí z par opět ztuhne. Tím vznikne hladká lesklá plocha. Naleptání součástek probíhalo ve skleněné nádobě za pomoci par acetonu, které vznikly jeho zahřátím na bod varu. Doba, po kterou byla součástka vystavena parám acetonu, byla asi 10-15 vteřin.



Obr. 52 Leptání horní části myši



Obr. 53 Rozdíl mezi naleptaným (vlevo) a nenaleptaným (vpravo) povrchem

Poslední krok povrchové úpravy bylo jednotlivé součástky nalakovat. Pro lakování byly použity laky značky Prisma Color, určeny k lakování plastových dílů. Všechny součástky byly nejdříve 3x nalakovány matným sprejem, aby bylo překryto co nejvíce povrchových vad myši. Následně byly přebroušeny jemným brusným papírem pod proudem vody. Dále byly nanесeny 2 vrstvy lesklého laku a součástky se nechaly vytvrdit do druhého dne. Všechny vyrobené součástky byly v posledním kroku výroby zkompletovány a tím vznikla ergonomická počítačová myš nesoucí název Eluse Classic.



Obr. 54 Pohled na levou část myši Eluse Classic



Obr. 55 Pohled na pravou část myši Eluse Classic

ZÁVĚR

Vzhledem ke stále zvyšujícímu se počtu lidí, kteří využívají pro svoji práci, nebo zábavu počítač, je vývoj ergonomických myši důležitý. Práce s ergonomickou myši je pohodlná a i při dlouhodobém používání zdraví nezávadná. Právě na výrobu funkční ergonomické myši byla zaměřena tato bakalářská práce.

V praktické části bakalářské práci byla popsána výroba ergonomické myši. Myš byla zhotovena hlavně za pomoci technologie 3D tisku a 3D skeneru. Tyto technologie jsou vhodné pro tvorbu prototypů, nebo kusovou výrobu. V případě sériové výroby by byla vhodnější technologie vstřikování, kvůli lepším materiálovým vlastnostem. Jednotlivé technologie, které byly využity pro výrobu myši, byly popsány v teoretické části této bakalářské práce.

Pro výrobu ergonomické myši byla využita metoda reverzního inženýrství, která se díky technologiím 3D tisku a 3D skeneru, stává mnohem snadněji proveditelná, než tomu bylo před vznikem těchto technologií.

Myš je plně funkční a dostala název Eluse, byly navrženy 3 velice odlišné druhy designů, které jsou navrženy tak, aby zaujaly co největší počet lidí. Konkrétní vyrobený typ dostal název Eluse Classic.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SOMADEEPTI, N., Suzanne H. RODGERS a Thomas E. BERNARD. *Kodak's Ergonomic Design for People at Work. 2.* United States of America: John Wiley, 2004. ISBN 0-471-41863-3.
- [2] JACOBS, Paul F. *Stereolithography and other RP&M technologies: from rapid prototyping to rapid tooling.* Society of Manufacturing Engineers, 1995.
- [3] *Profim: Co je to ergonomie?* [online]. INNOATIVE ECONOMY, 2014 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://www.profim.cz/ergonomie/co-je-to-ergonomie>
- [4] *Stuff You Should Have* [online]. [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://stuffyoushouldhave.com/images/pain-free-ergonomic-pen/penagain.jpg>
- [5] *The Wirecutter: The Best Ergonomic Keyboard* [online]. 2016 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://thewirecutter.com/wp-content/uploads/2016/06/ergonomic-keyboard-121206-matias-ergo-pro-630.jpg>
- [6] *Kancelářské služby: Syndrom karpálního tunelu - počítačová nemoc* [online]. 15600 Praha Zbraslav: PRACUJ ZDRAVĚ [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.kancelarske-sluzby.cz/karpalni-tunely-na-rukou>
- [7] *Ergonomicke-kancelare* [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: http://www.ergonomicke-kancelare.cz/repository/context_images/ergonomicke_mysi/ergonomicka_mys_m.jpg
- [8] *TSbohemia: Trust Evo Advanced Laser Mouse* [online]. CyberSoft, 2016 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: https://www.tsbohemia.cz/trust-evo-advanced-laser-mouse_d203673.html?gclid=Cj0KEQiAk5zEBRD9lfno2dek0tsBEiQAWVKyuL38aN_kpei9AEJkg2huqAsI9IwNjsAoneVe9yCLrSQaAjir8P8HAQ
- [9] PRŮŠA J. a PRŮŠA M. *ZÁKLADY 3D TISKU*. Prusa Research s.r.o., 2014, dostupné také z WWW: <http://www.prusa3d.cz/wp-content/uploads/zaklady-3d-tisku.pdf>
- [10] JACOBS, Paul F. *Stereolithography and other RP&M technologies: from rapid prototyping to rapid tooling.* Society of Manufacturing Engineers, 1995.
- [11] *3Dprint* [online]. 3DR Holdings,LLC, 2016 [cit. 2016-10-30]. Dostupné z: <https://3dprint.com/72171/first-3d-printer-chuck-hull/>

- [12] KEREČANINOVÁ Z. a ŘASA J. Nekonvekční metody obrábění 9. díl: Rapid Prototyping. *Inovace* [online]. 2008, str. 50 [cit. 2016-10-30]. DOI: 081127. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-9-dil.html>
- [13] *RepRap* [online]. 2016 [cit. 2016-10-30]. Dostupné z: <http://reprap.org/wiki/Darwin>
- [14] VÍT, Tomáš. Stolní 3D tiskárny od deseti tisíc korun. *Konstruktér*. Bašty 413/2, 602 00 Brno: Nová média, s.r.o., 2015, 2.(2/2015), 6. ISSN 1805-8590.
- [15] *3Dees* [online]. 2015 [cit. 2016-11-11]. Dostupné z: <http://www.3dees.cz/out/pictures/wysiwigpro/panacek%202%20copy.jpg>
- [16] HOMOLA, Jan. Odvážný souboj 3D tiskáren. *Konstruktér*. Bašty 413/2, 602 00 Brno: Nová média, s.r.o., 2015, 3.(3/2015), 1. ISSN 1805-8590.
- [17] *Octave* [online]. 2014 [cit. 2016-11-11]. Dostupné z: <https://www.octave.com/images/products/M200B2.jpg>
- [18] PRŮŠA J. a PRŮŠA M. *ZÁKLADY 3D TISKU*. Prusa Research s.r.o., 2014, dostupné také z WWW: <http://www.prusa3d.cz/wp-content/uploads/zaklady-3d-tisku.pdf>
- [19] *EasyCNC* [online]. Purkyňova 1805, 250 82 Úvaly: 4ISP spol. s.r.o., 2016 [cit. 2016-11-11]. Dostupné z: <https://www.easycnc.cz/inpage/informace-o-technologiech-3d-tisku/>
- [20] HLAWICZKA, Petr. Rychlá výroba prototypů. *F1News*. Active Solutions s.r.o., 2013, , 2. ISSN 2336-260X. Dostupné také z: <http://f1news.autoroad.cz/technika/45427-rychla-vyroba-prototypu-klic-k-intenzivnim-aerodynamickym-programum-v-f1-video>
- [21] *Autorad* [online]. Active Solutions s.r.o, 2015 [cit. 2016-11-11]. Dostupné z: <http://autoroad.cz/pictures/article/2013/09/13/1379070934-hdd.png>
- [22] *Ytimg* [online]. 2012 [cit. 2016-11-14]. Dostupné z: https://i.ytimg.com/vi/8BDv_-bs-uY/hqdefault.jpg
- [24] In: *EP: Periferie - tiskárny* [online]. [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: http://talmar.masteride.cz/Modul_EP_př/img/3Dtisk/3DTisk%20SLS.jpg
- [25] *3D-tisk* [online]. Nová média, s.r.o., 2014 [cit. 2017-1-11]. Dostupné z: <http://www.3d-tisk.cz/stereolitografie/>
- [26] VACULÍK, Martin. *Rapid Prototyping*. nám. T. G. Masaryka 5555 760 01 Zlín, 2008. Diplomová práce. Univerzita Tomáš Bati. Vedoucí práce Michal Staněk.

- [27] *Deviant Art* [online]. DeviantArt, 2017 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: http://orig00.deviantart.net/e01d/f/2011/140/2/1/micronauts_endeavor_sla_model_by_muttleysdad-d3grq4v.jpg
- [28] *Objet* [online]. Tecnotrade obráběcí stroje, 2015 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <http://www.objet.cz/materialy/polyjet-materialy>
- [29] *Cimetrix* [online]. ON L1J 8P7 Canada: Cimetrix Solutions, 2016 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: http://3dprintingcanadablog.com/wp-content/uploads/2014/01/3part_Gallery.jpg
- [30] *3D Scan: Reverzní inženýrství v důlní praxi* [online]. 708 33, Ostrava - Poruba: SolidVision, 2015 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://www.3d-skenovani.cz/images/aktuality/1.png>
- [31] *MCAE: Reverzní inženýrství* [online]. 664 34 Kuřim, Brno - venkov: MCAE SYSTEMS, 2017 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.mcae.cz/reverzni-inzenyrstvi>
- [32] *La-Ma: Metoda laserového skenování* [online]. Zikova 4, 166 36, Praha 6, 2011 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://www.la-ma.cz/?p=88>
- [33] BOEHLER, W. *3D Scanning Instruments* [online]. [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://scanning.fh-mainz.de>
- [34] *Technodat: 3D optické skenování* [online]. třída Tomáše Bati 3295, 76001 Zlín: CAE - systémy [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://www.technodat.cz/3d-opticke-skenovani-jako-soucast-technologie-rapid-prototyping-ve-spolecnosti-evektor>
- [35] *MCAE* [online]. Knínická 1771, 664 34 Kuřim, Brno - venkov: MCAE SYSTEMS, 2017 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://www.mcae.cz/data/imgs/009631.jpg>
- [36] ŠNAJDÁREK, LADISLAV. *METODY 3D LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ OBROBKŮ VE VÝROBNÍM PROCESU: Mechanické skenování*. Technická 2896/2, 616 69 Brno, 2008. Bakalářská. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. MIROSLAV OPL.
- [37] BORGHESE, Nunzio Alberto, et al. Autoscan: A flexible and portable 3D scanner. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 1998, 18.3: 38-41.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

3D	Trojrozměrný, trojdimenziální;
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren;
Apod	A podobně;
DPI	(Dots per inch) - určuje kolik obrazových bodů se vejde do délky jednoho palce;
FDM	(Fused Deposition Modeling) Tisk modelů roztaveným plastem;
Např.	Na příklad
PLA	Polyactid;
SLA	(Stereolitography) Tisk za pomoci ultrafialového laseru;
SLS	(Selective Laser Sintering) Tisk pomocí selektivního spekání laseru;
Tzv.	Tak zvaně;
USB	(Universal Serial Bus) - univerzální sériová sběrnice;

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Ergonomická klávesnice [4]	12
Obr. 2 Ergonomické pero [5].....	12
Obr. 3 Zdravotní význam ergonomických myší [7]	13
Obr. 4 Ergonomická myš Trust Evo Advanced [8]	13
Obr. 5 Tiskárna „SLA-1“ [11]	14
Obr. 6 RepRap tiskárna Darwin [13].....	15
Obr. 7 Soutěžní model [15].....	16
Obr. 8 3D tiskárna Zortax M200 [17].....	16
Obr. 9 Výroba modelu technologií FDM/FFF [21]	18
Obr. 10 Nerozebíratelné pohyblivé spojení [22]	18
Obr. 11 Technologie SLS [24].....	19
Obr. 12 Technologie SLA [26]	20
Obr. 13 Výrobek vytištěný metodou SLA [27]	20
Obr. 14 Technologie PolyJet [26].....	21
Obr. 15 Výrobek vytištěný metodou PolyJet [29]	21
Obr. 16 Rozdíl mezi klasickým a reverzním inženýrstvím [30].....	22
Obr. 17 Princip 3D laserového skenování [33].....	23
Obr. 18 Ukázka optického skenování skenerem Atos [35]	24
Obr. 19 Mechanický 3D skener INFINITE 2 [36].....	25
Obr. 20 Počítačová myš C-TECH WLM-02	29
Obr. 21 Demontovaná myš C-TECH WLM-02.....	30
Obr. 22 Součástky, které budou následně použity pro výrobu myši	30
Obr. 23 Skenování základní desky	31
Obr. 24 Detail skenování základní desky	31
Obr. 25 Počítačový model základní desky.....	32
Obr. 26 Vytištěný model základní desky.....	32
Obr. 27 Vymodelovaná plastická hmota.....	33
Obr. 28 Skenování vymodelované plastické hmoty	33
Obr. 29 Ukázka zaměření referenčních bodů	34
Obr. 30 Princip skládání snímků skeneru ATOS.....	34
Obr. 31 Nezipolygonizovaný mrak bodů.....	35
Obr. 32 Zipolygonizovaný mrak bodů.....	35

Obr. 33 Plocha tvaru ergonomické myši	36
Obr. 34 Pohled na vnější stranu horní části myši	36
Obr. 35 Pohled na vnitřní stranu horní části myši	37
Obr. 36 Vnější pohled na spodní část myši	37
Obr. 37 Pohled na vnitřní stranu ergonomické myši	38
Obr. 38 Řez podsestavou	38
Obr. 39 Model DPI tlačítka.....	39
Obr. 40 Model bočních tlačítek	39
Obr. 41 Umístění tlačítek na základní desku	40
Obr. 42 Finální sestava ergonomické myši.....	40
Obr. 43 1. řez sestavou ergonomické myši	41
Obr. 44 2. řez sestavou ergonomické myši	41
Obr. 45 Design myši Eluse Classic.....	42
Obr. 46 Design myši Eluse Gaming	43
Obr. 47 Design myši Eluse Luxury	43
Obr. 48 Tiskárna Fortus 900mc	44
Obr. 49 Vytisknutá horní a spodní část myši	44
Obr. 50 Tiskárna Objet Eden 250	45
Obr. 51 Pískovací box Unicraft SSK 3	45
Obr. 52 Leptání horní části myši	46
Obr. 53 Rozdíl mezi naleptaným (vlevo) a nenaleptaným (vpravo) povrchem.....	46
Obr. 54 Pohled na levou část myši Eluse Classic	47
Obr. 55 Pohled na pravou část myši Eluse Classic.....	47

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha P I: CD obsahující bakalářskou práci, model myši a jednotlivé díly myši