



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# NÁVRH ERGONOMICKÉ POČÍTAČOVÉ MYŠI METODOU 3D FDM TISKU

DESIGN OF AN ERGONOMIC PC MOUSE USING FDM 3D PRINTING

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Koníček

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

BRNO 2024

## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Jakub Koníček**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.**  
Akademický rok: 2023/24

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### Návrh ergonomické počítačové myši metodou 3D FDM tisku

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student provede rešerši zvolené problematiky zaměřenou na funkci navrhované součásti a použité technologie. Provede převod tvarové plochy do 3D CAD aplikace a úpravu tvaru z hlediska ergonomie. Navrhne varianty tvaru a provede jejich posouzení z hlediska technologičnosti konstrukce. Výsledné návrhy realizuje a posoudí z technického a ekonomického hlediska.

#### Cíle bakalářské práce:

- rešerše zvolené problematiky
- převod tvarového tělesa do 3D
- návrh vlastního ergonomického řešení
- výroba a technicko-ekonomické vyhodnocení.

#### Seznam doporučené literatury:

BILÍK, O. a M. VRABEC. Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univ., 2002. 128 s. ISBN 80-248-0034-9.

FOŘT, P. a J. KLETEČKA. Autodesk Inventor. Brno: Computer Press, 2007. 296 s. ISBN 978-80-251-1773-6.

CHANG, T.-Ch., R. WYSK a H.-P. WANG. Computer-Aided Manufacturing. 3. vyd. New Jersey: Prentice Hall, 2005. 684 s. ISBN 0-13-142919-1.

CHUA, C. K., K. F. LEONG a C. S. LIM. Rapid Prototyping: Principles and Applications. 3. vyd. Singapore: World Scientific Publishing Co., 2010. 512 s. ISBN 978-981-277-897-0.

PÍŠKA, M. et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, 2009. 246 s. ISBN 978-80-214-4025-8.



Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

---

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty







## ABSTRAKT

Tato práce se zabývá návrhem a výrobou ergonomické počítačové myši s využitím technologie 3D tisku. Jako referenční model byla vybrána komerční myš RIVAL 3 od společnosti SteelSeries, která byla rozebrána a její komponenty analyzovány pro návrh vlastního ergonomického řešení. Cílem bylo vytvořit tři různé prototypy horní části myši, které splňují ergonomické požadavky. Pro tvorbu těchto prototypů byla použita plastická hmota modelovaná podle ruky autora. Z výsledných tří variant byla vybrána herní myš s úhlem sklonu 10 stupňů, která poskytuje dostatečnou ergonomickou podporu a umožňuje rychlé a přesné pohyby. Následně byly prototypy digitalizovány pomocí 3D skeneru Hexagon Absolute Arm 85 AS1 a upraveny v CAD softwaru Fusion 360. Pro výrobu finálních komponentů byla využita 3D tiskárna Bambu Lab X1 Carbon s materiálem ABS, přičemž byly provedeny optimalizace tiskového procesu a postprocessing včetně broušení a zjemnění povrchu acetonem. Technicko-ekonomické zhodnocení ukázalo, že pro malé série a prototypování je 3D tisk výhodnější než tradiční metoda vstřikování plastů, přičemž bod zlomu byl stanoven na 41 267 kusů. Práce přináší cenné poznatky pro vývoj ergonomických periférií a jejich výrobu pomocí aditivních technologií.

### Klíčová slova

ergonomická myš, 3D tisk, CAD modelování, skenování, postprocessing

## ABSTRACT

This thesis deals with the design and manufacture of an ergonomic computer mouse using 3D printing technology. A commercial mouse, the RIVAL 3 from SteelSeries, was chosen as a reference model, which was disassembled and its components analysed to design a custom ergonomic solution. The aim was to create three different prototypes of the upper part of the mouse that meet the ergonomic requirements. A plastic material modelled after the author's hand was used to create these prototypes. From the resulting three variants, a gaming mouse with a 10 degree tilt angle was selected that provides sufficient ergonomic support and allows fast and precise movements. The prototypes were then digitized using a Hexagon Absolute Arm 85 AS1 3D scanner and modified in Fusion 360 CAD software. A Bambu Lab X1 Carbon 3D printer with ABS material was used to produce the final components, and optimizations were made to the printing process and post-processing, including grinding and surface refinement with acetone. Techno-economic evaluation showed that for small batches and prototyping, 3D printing is more advantageous than the traditional plastic injection moulding method, with a break-even point of 41,267 units. The work provides valuable insights for the development of ergonomic peripherals and their production using additive technologies.

### Keywords

ergonomic mouse, 3D printing, CAD modelling, scanning, postprocessing

---

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KONÍČEK, Jakub. *Návrh ergonomické počítačové myši metodou 3D FDM tisku* [online]. Brno, 2024. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/153966>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Oskar Zemčík.

---

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh ergonomické počítačové myši metodou 3D FDM tisku vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

V Brně, dne 24. 5. 2024

místo, datum

Jakub, Koníček

---

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto panu Ing. Oskarovi Zemčíkovi Ph.D za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

---



## OBSAH

Zadání práce	
Abstrakt	
Bibliografická citace	
Čestné prohlášení	
Poděkování	
Obsah	
ÚVOD	9
1 ROZBOR ZADÁNÍ	10
2 TEORIE	11
2.1 Ergonomie	11
2.1.1 Vývoj ergonomie	11
2.1.2 Ergonomický design v praxi	12
2.2 Počítačová myš	13
2.2.1 Vývoj výroby počítačových myší	13
2.2.2 Ergonomické myši	14
2.3 3D skenování	18
2.4 Druhy skenerů	19
2.4.1 Laserové skenování	19
2.4.2 Optické skenování	20
2.4.3 Mechanické skenování	20
2.5 FDM TISK	21
2.5.1 Metody 3D tisku	22
2.5.2 Materiály vhodné pro FDM tisk	24
2.6 Postprocessing FDM tisku	25
3 VÝROBA	27
3.1 Výběr komerčně dostupné počítačové myši	27
3.1.1 Zhodnocení ergonomie myši RIVAL 3	28
3.1.2 Rozbor myši RIVAL 3	28
3.2 Návrh designu vlastního řešení	29
3.3 Tisk jednotlivých součástí na 3D tiskárně	35
3.4 Postprocessing 3D výtisků	36
3.5 Sestavení myši	37
3.6 Posouzení z hlediska technologičnosti konstrukce	38
3.7 Detailní rozbor z hlediska ergonomie	40
3.7.1 Cílová skupina pro konkrétní ergonomický design	41
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	42
4.1 Technické zhodnocení	42
4.2 Ekonomické zhodnocení	42
4.2.1 3D tisk	42

4.2.2 Vstřikování plastů.....	43
4.2.3 Porovnání.....	45
ZÁVĚR.....	46

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam příloh

Seznam výkresů

---

## ÚVOD

V dnešní době, kdy se technologie stávají stále nepostradatelnější součástí našich životů, je důležité věnovat pozornost nejen jejich funkčnosti, ale také ergonomii a uživatelskému komfortu. Počítačová myš, ačkoli se může zdát jako drobný a nenápadný nástroj, hraje klíčovou roli v každodenní práci s počítačem. Myš, která nepadne dobře do ruky, může způsobit nepohodlí, ba dokonce zdravotní problémy při dlouhodobém používání. Tato skutečnost mě inspirovala k tomu, abych se ve své bakalářské práci zaměřil na návrh ergonomické počítačové myši s využitím moderní technologie 3D FDM tisku, viz obr. 1.

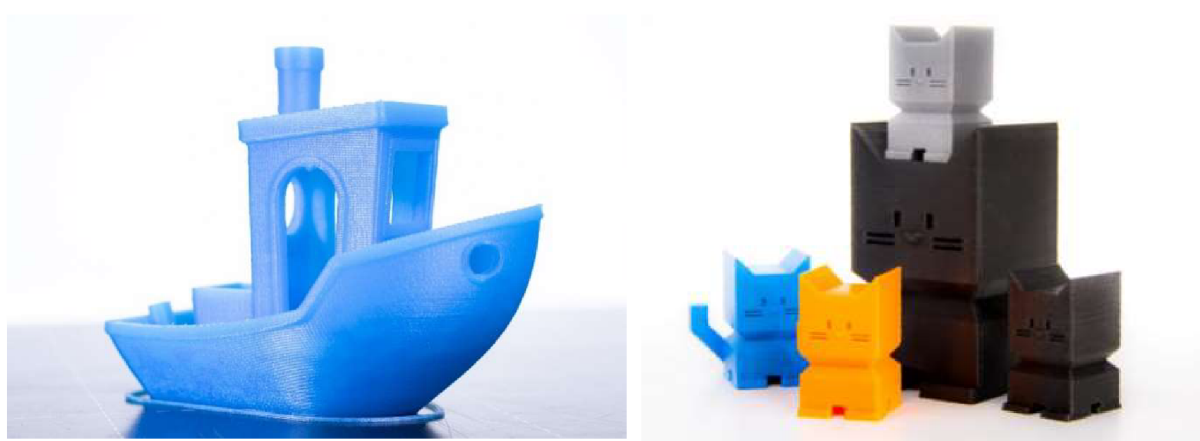
Jako student technického oboru jsem vždy tíhnul k praktickým řešením, která kombinují teoretické poznatky s reálnými aplikacemi. Návrh ergonomické počítačové myši, viz obr. 2, představuje ideální příležitost, jak propojit teoretické znalosti z oblasti ergonomie, designu a technologie 3D tisku s praktickými dovednostmi. Hlavní motivací pro výběr tohoto tématu byla snaha přispět ke zlepšení každodenního komfortu uživatelů počítačů a zároveň prozkoumat možnosti, které nabízí moderní technologie při návrhu a výrobě. Na obr. 3 můžeme vidět ukázkou dílů vytištěných metodou FDM.



Obr. 1 Bmbu Lab X1 3D tiskárna [1].



Obr. 2 Ergonomická počítačová myš [2].



Obr. 3 Ukázka dílů vytištěných metodou FDM. [3; 4]

---

## 1 ROZBOR ZADÁNÍ

Cílem této bakalářské práce je návrh ergonomické počítačové myši za využití technologie FDM tisku. Pro dosažení tohoto cíle bude nutné provést několik kroků. Prvním krokem bude provedena důkladná rešerše problematiky. Rešeršní část se bude podrobně zabývat různými aspekty FDM tisku, jako jsou materiály vhodné pro výrobu ergonomických myši, technické parametry tisku a možné metody post-processingu, které mohou zlepšit konečnou kvalitu výrobku. Dále budou analyzovány ergonomické aspekty, které ovlivňují design myši, aby byl zajištěn komfort a efektivita používání.

V následující fázi bude tvarová plocha převedena do 3D CAD aplikace. Při převodu tvarových ploch do 3D CAD aplikace budou použity moderní metody a software, které umožní přesné modelování a úpravy tvaru na základě dat získaných ze 3D skenování. Tento proces zajistí, že výsledný model bude co nejpřesněji odpovídat ergonomickým požadavkům.

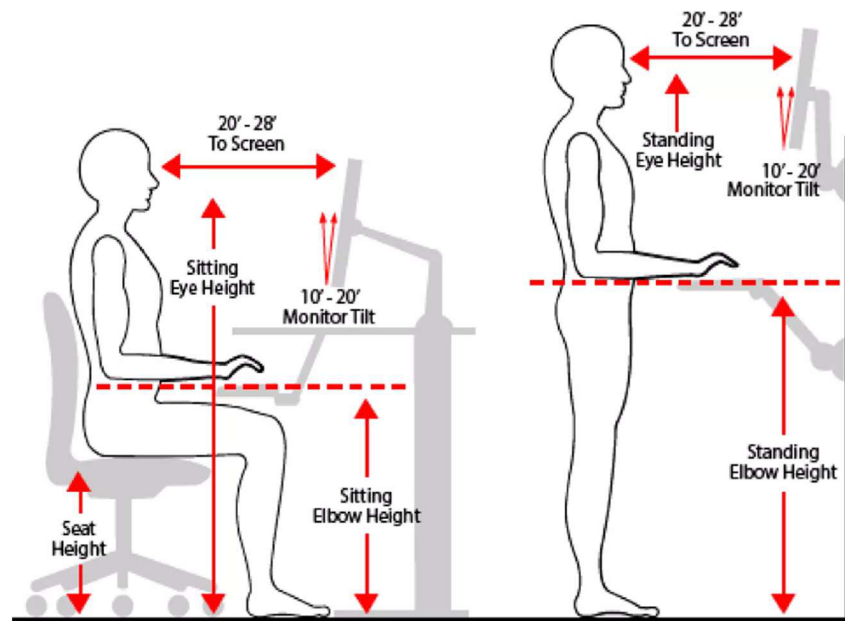
Dalším krokem bude návrh variant tvaru ergonomických myši. Vytvořené varianty budou podrobeny důkladné analýze technologičnosti konstrukce, která zahrne posouzení tvaru součástí, volbu vhodného materiálu, minimální počet co nejmenších obrobků ploch, přístupnost obrobků ploch pro obrábění, maximální využití typizovaných a normalizovaných součástí, předepsanou drsnost, jednoduchost montáže výrobku a zda jsou obráběné plochy co nejpřístupnější pro obrábění.

Na závěr budou výsledné návrhy realizovány a podrobeny technickému a ekonomickému hodnocení. Toto hodnocení zahrne analýzu nákladů na materiál, časovou náročnost výroby a srovnání FDM tisku s metodou vstřikování.

## 2 TEORIE

### 2.1 Ergonomie

Aby mohl každý jedinec efektivně využívat svou pracovní sílu, musí mít pro svou činnost optimální podmínky (viz obr. 4.). Tímto postavením člověka v pracovní i mimopracovní sféře se zabývá vědní obor zvaný ergonomie. Samotný název byl uměle vytvořen spojením řeckých slov ergon (=práce) a nomos (=zákon) a poprvé jej použil ve své práci polský vědec a profesor zemědělsko-lesního institutu ve Varšavě Wojciech Jastrzebowski roku 1857. Společností však začal rezonovat nejvíce až o něco později, asi okolo roku 1950 jako pojem označující novou mezioborovou vědní disciplínu využívající poznatky biologických, společenských a technických vědních oborů. Zkoumán je především vztah mezi člověkem a pracovním prostředím s primárním cílem optimalizovat pracovní podmínky s ohledem na zdraví pracovníků. [5; 6; 7]



Obr. 4 optimální pracovní podmínky z hlediska ergonomie. [8]

#### 2.1.1 Vývoj ergonomie

Pokud bychom se chtěli vrátit daleko do minulosti, můžeme konstatovat, že ergonomie se vyvíjela vlastně paralelně s vývojem pracovní činnosti člověka. Nejedná se samozřejmě o pojetí, jak jej známe dnes, nicméně každou úpravu náradí, nástrojů, zbraní a jejich uzpůsobování potřebám majitele můžeme považovat za primitivní ergonomické operace. Společně s rozvojem přírodních věd na přelomu 16. a 17. století se objevily i první systematické pokusy o určení některých omezení člověka. Během průmyslové revoluce to byly nově vzniklé továrny a stroje, které měly za následek centralizovanou masovou výrobu. Soutěživost na trhu mezi výrobci znamenala poté potřebu optimalizovat pracovní postupy, aby byla zajištěna co nejvyšší produktivita za co nejnižší náklady. Pracovníci byli často nuceni provádět monotónní úkoly po dlouhé hodiny v často nepříznivých podmínkách, což vedlo k řadě zdravotních problémů a úrazů, což vyvolalo napříč společností diskusi o potřebě zlepšit pracovní prostředí a optimalizovat práci tak, aby byla bezpečnější a efektivnější. Významnější pokusy o využívání ergonomických principů se vyskytují koncem 19. a počátkem 20. století. Tento přístup se stal základem tzv. vědeckého řízení a organizace práce, za jejíhož otce je považován strojný inženýr Frederick Winslow Taylor, jehož práce se stala základem pro jeho následovníky, mezi které patřil i například Lillian Gilbreth, jenž přinesl nové poznatky o tom, jak lze optimalizovat

pracovní postupy s ohledem na lidskou fyzickou schopnost. Vznik ergonomie byl tedy v podstatě vynucen praxí a neustálým zdokonalováním technologií. Stále složitější a komplikovanější stroje totiž začínaly mít celou řadu havárií, kdy příčinou nebyla technická porucha, ale selhání člověka, který je obsluhoval. Během druhé světové války se ukázalo, že neefektivní design může mít fatální následky. Začaly tedy vznikat první systematické pokusy o optimalizaci designu a funkce zařízení s ohledem na lidské faktory. Po válce se ergonomie rychle začala promítat i mimo vojenské aplikace a vymezuje se jako samostatný obor. Roku 1949 ve Velké Británii vznikla Společnost pro ergonomický výzkum, jejímž posláním bylo shrnout a dále rozvíjet poznatky, které by umožnily účinnější technický rozvoj a zlepšování pracovních podmínek ve shodě s výkonnostními možnostmi lidí. S nástupem digitálních technologií a automatizace se ergonomie stala ještě důležitějším faktorem v designu pracovních a konzumních prostředí. Ergonomové pracují na vylepšení uživatelského prostředí, aby bylo intuitivní, efektivní a přizpůsobitelné různým uživatelským potřebám. Celkově lze říct, že ergonomie stále zůstává dynamickým oborem, který se neustále vyvíjí v souladu s technologickým pokrokem a potřebami lidí. [5; 6; 7]

### 2.1.2 Ergonomický design v praxi

Optimální ergonomický design vytváří optimální pracovní prostředí a odstraňuje nekompatibilitu mezi prací a člověkem. Pro optimalizaci této interakce je čerpáno z mnoha oborů, jako jsou např. Antropometrie, Biomechanika, Strojírenství, Průmyslové inženýrství, Průmyslový design, Informační design, Kineziologie, Fyziologie a Psychologie aj. Cílem ergonomického designu je zajistit jedinci maximální pohodlí a prevenci opakovaných poranění spojených s dlouhodobým používáním produktu. K tomuto mohou dopomoci také speciálně upravené předměty, které díky svým funkčním vlastnostem lépe vyhovují kapacitám jak fyzického, tak mentálního výkonu uživatele (viz obr. 5. )

Prvním krokem při implementaci takového designu je analýza potřeb konkrétní skupiny uživatelů. Designéři nejdříve zkoumají způsoby, jakými lidé používají daný produkt, a identifikují oblasti, které mohou způsobovat nepohodlí nebo zranění. V dnešní době je jednou z nejstudovanějších oblastí práce s počítačem. První zprávy zabývající se vlivem výpočetní techniky na zdraví se objevily už v 60. a 70. letech. Ať se již bavíme o svalově-kosterních obtížích, zrakovému postižení, bolestech páteře aj. na vině je především nevhodné umístění obrazovky, klávesnice, špatná pracovní židle, nedostatečný prostor pro dolní končetiny či dlouhodobá práce v nevhodné poloze s počítačovou myší.



Obr. 5 Ergonomické předměty. [9; 10]



## 2.2 Počítačová myš

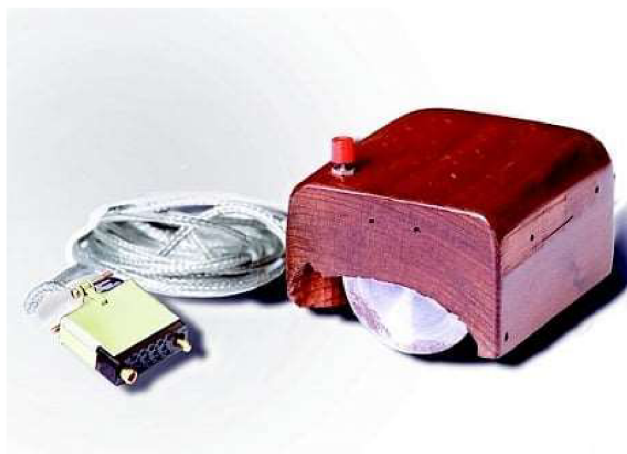
Počítačová myš je vstupní periferní zařízení, které se dnes stalo nezbytným nástrojem pro interakci s počítačem. Jejím hlavním účelem je umožnit uživateli ovládnutí kurzoru na obrazovce počítače, což usnadňuje navigaci a manipulaci s různými prvky grafického uživatelského rozhraní. Samotný vývoj počítačové myši prošel několika významnými milníky, které zásadně zlepšily její funkčnost a uživatelskou pohodu. Od původních mechanických modelů s dvěma kotouči až po moderní optické a laserové myši. V současné době jsou stále častěji využívány myši ergonomické, které jsou navrženy tak, aby minimalizovaly riziko zdravotních problémů a zároveň poskytovaly uživatelům vyšší komfort a efektivitu při práci. [11]

### 2.2.1 Vývoj výroby počítačových myší

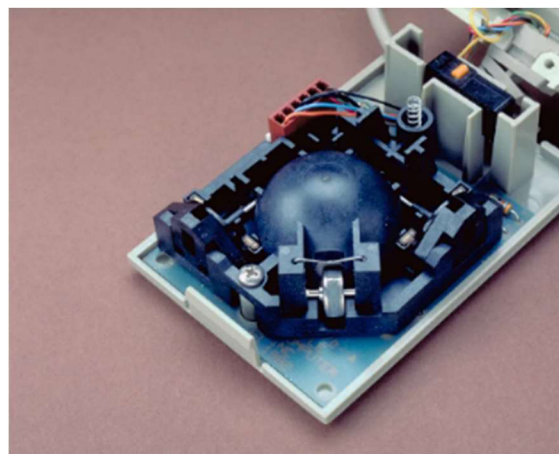
Vývoj této technologie začal v 60. letech a během dekad prošel mnoha inovacemi, které výrazně zlepšily její funkčnost a uživatelský komfort. Zatím co klávesnice a monitory mají své počátky už v raných fázích vývoje komunikačních technologií, počítačové myši jsou v tomhle ohledu poněkud novější inovací.

Asi největší posun v této oblasti výpočetní techniky proběhl během 60. let, kdy přišel britský inženýr se svým prvním konceptem myši. Doug Engelbart v té době pracoval ve Stanford Research Institute na svém systému NLS, který zahrnoval i nové vstupní zařízení, jenž uživateli zjednodušovalo interakci s počítačem. Roku 1964 představil Engelbart svůj první prototyp, jenž nazval „X-Y Position Indicator for a Display System“. Veřejnosti byla tato verze představena o čtyři roky později na konferenci Fall Joint Computer v San Francisku, kde se Engelbart rozhodl prezentovat výsledky své práce s názvem "The Mother of All Demos." Původní myš měla podobu malé dřevěné krabičky se dvěma kovovými kotoučky, které umožňovaly pohyb po obrazovce, a jedním červeným tlačítkem (viz. obr. 6). Nicméně s první komerčně úspěšnou myší, nazvanou „Xerox Alto Mouse“, která byla součástí revolučního počítače Xerox Alto se prosadila až laboratoř Xerox PARC roku 1973. Dva kolmo postavené kotoučky původního konceptu myši nahradil modernější třítlačítkový design s kuličkou, který poskytl uživateli efektivnější a plynulejší ovládnutí.

Roku 1978 započal nový projekt společností Apple, která svůj nový počítač Apple Lisa vybavila jednotlačítkovou myší, jejíž prioritou byla především cenová dostupnost. Výsledný mechanismus využíval v jamce usazenou pogumovanou kuličku (viz obr. 7), která přenášela pohyb ve dvou osách na dvě zdířkované kolečka, na něž byla pružně tlačena. Pro zaznamenání pohybu byly využity světelné diody, které osvětlovaly zdířky na protilehlých fototranzistorech, ty poté přenášely informace o pohybu do řídicí jednotky myši, a následně do počítače. [11; 12]



Obr. 6 Engelbartův prototyp myši [13].



Obr. 7 Apple Lisa mouse [14].

Toto mechanické snímání pohybu se však po čase ukázalo ne příliš spolehlivým, a proto bylo brzy nahrazeno řešením optického senzoru. Ten využíval červenou LED diodu k osvětlení povrchu, od kterého se světlo odráželo zpět přes optickou čočku. Řídící jednotka myši pak vyhodnotila z desítek až stovek obrázků informace, jež poté převedla na pohyb po osách X a Y. Tento pohyb poté mohl uživatel sledovat jako pohyb kurzoru na monitoru příslušným směrem. Na první verzi optické myši se podílel roku 1980 student MIT Steve Kirsch, jehož model využíval jako zdroj infračervené světlo a speciální podložku s natištěnou infra-pohlcující mřížkou. [12]

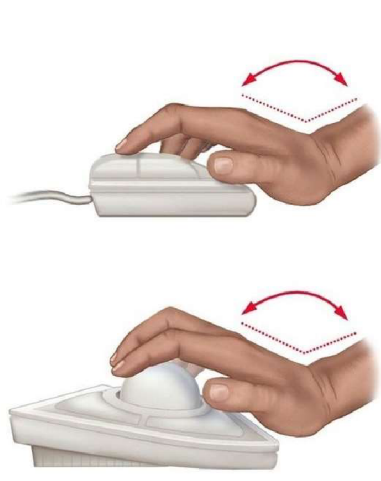
Charakteristický „ocásek“, díky němuž si zařízení, původně nazývané jako brouk, pojmenování po drobném hlodavci vysloužilo odstranila roku 1991 společnost Logitech, když přinesla na trh myš využívající pro komunikaci s počítačem rádiovou frekvenci. Dnes poměrně velkou oblibu sklízí myši bezdrátové, komunikující přes Bluetooth nebo Wifi, které umožňují uživateli větší pohyblivost a flexibilitu při práci. Ke zjednodušení litování dokumentů a táhnutí posuvníkem se od roku 1995 dostalo do povědomí také malé kolečko díky myši od firmy Genius. Od roku 1998 byly poté LED diody postupně nahrazovány přesnějším laserem. Nejvíce úspěchu zaznamenaly firmy Logitech a Agilent Technologies se svou laserovou myší, kterou představily roku 2004. Na rozdíl od optických myši dokážou laserové pracovat na širší škále povrchů, včetně těch lesklých či skleněných a také poskytují vyšší citlivost a přesnost, což je čini oblíbenými především mezi hráči a profesionály vyžadující maximální přesnost.

V dnešní době si můžeme vybírat počítačovou myš na základě rozmanitého spektra kritérií, podle nichž je možné najít, tu nejvíce odpovídající našim potřebám a preferencím. Ať už se rozhodujeme například podle typu senzoru, připojení, hmotnosti, počtu tlačítek či DPI anebo ergonomického aspektu. [11; 12]

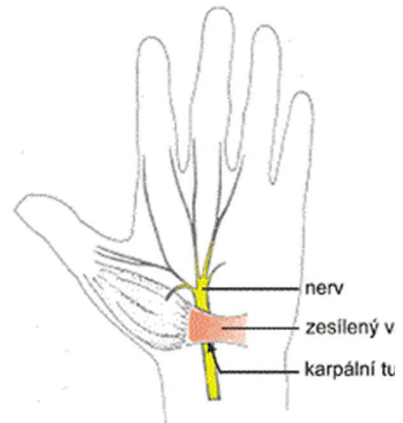
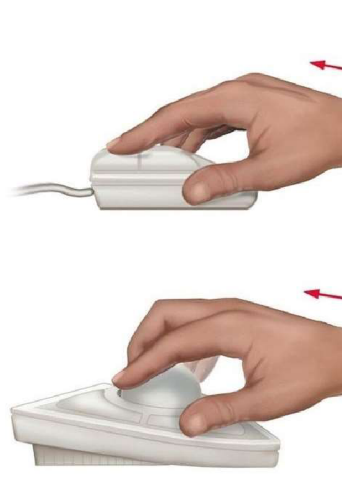
### 2.2.2 Ergonomické myši

Průměrný dospělý člověk stráví na počítači 6 až 8 hodin denně, přičemž za rok náročnější uživatelé dokážou myš posunout až o 27 km. Abychom zvládli držet tradiční plochou myš po několik hodin automaticky polohujeme naše zápěstí a předloktí do nepřirozené rotace a úhlu, jak můžeme vidět např. na obr. 8. Mezi nejčastější potíže způsobené dlouhodobou prací s nevhodnou počítačovou myší patří syndrom karpálního tunelu, kdy dochází ke zvětšení objemu struktur, které karpálním tunelem procházejí a následně zmenšení prostoru a útlaku cév, jak můžeme pozorovat ( viz. obr. 9), čímž vzniká velmi bolestivý stav. Dále jsou to pak nejružnější záněty šlachy či různé bolesti prstů, nebo předloktí. [6; 15]





Obr. 8 Polohy zápěstí [16].



Obr. 9 Syndrom karpálního tunelu [17].

Správná ergonomicky designovaná myš by měl plnit funkci jakési opěrky, která ruku zafixuje v přirozené poloze pod příslušným úhlem, kdy se nachází předloktí ve stejné rovině jako zápěstí a zamezí tak nadměrné zevní rotaci a utlačování nervů na spodní straně zápěstí.

Parametrů podle, kterých může uživatel vybírat vhodnou myš je hned celá řada. Mezi ty hlavní patří především velikost myši, připojení (drátová x bezdrátová verze), snímání (některé optické myši mohou bez podložky špatně reagovat na hladkých lesklých a skleněných površích) a v neposlední řadě je to optické rozlišení udávané v DPI. [6; 18]

Podle uchopení rozdělujeme typy ergonomických myší na horizontální a vertikální. Z hlediska dlouhodobé práce jsou vhodnější myši vertikální, které svým tvarem nutí držet ruku ve svislé poloze, čímž minimalizuje tlak na zápěstí. Vnější strana je tedy obrácena směrem dolů, zatímco vnitřní směřuje ke středu těla (viz. obr. 10). Tato poloha imitující podání ruky, odpovídá mnohem lépe anatomii lidského těla a méně zatěžuje svaly, čímž snižuje pocit únavy. Na trhu tyto myši představují dnes již poměrně velký výběr, ale ne pro všechny je tato poloha vyhovujícím ergonomickým řešením. [18]



Obr. 10 Svislá poloha zápěstí [19].

Aby bylo dosaženo optimálních výsledků, musí se myš perfektně velikostně přizpůsobit velikosti ruky jednotlivého uživatele. V tomto případě je tedy vždy rozhodujícím parametrem velikost dlaně (viz tab. č. 1), ta se měří od malého záhybu pod dlaní až po vrchol prostředníčku a poté můžete vybrat dle naměřeného rozpětí, které uvádí tabulka vhodnou velikost. Tlačítka myši by měla být snadno mačkatelná a povrch myši zaoblený, hladký, aby uživatele nic netlačilo do prstů a znesnadňovalo tak jejich polohu.[20]

Tab. 1 Parametr velikosti dlaně [20].

Délka [cm]	Velikost
Méně než 17,5	S
17,5–19	M
19–21	L
21 cm a více	XL

Při ideální velikosti a tvaru myši by prsty měly bez problému dosáhnout na tlačítka a rolovací kolečko myši, stejně tak i na boční, pokud se na myši nachází. Malíček by neměl být protažený a o myš by měla být ruka opřená zadní stranou dlaně, nebo ještě lépe celou dlaní.

Podle průzkumu testů ergonomických myši dominuje trhu myš od firmy Logitech MX Vertical, viz obr. 11. Jedná se o bezdrátovou vertikální myš, s optickým senzorem se čtyřmi tlačítky a cenově se pohybuje v rozmezí 2000 Kč. Z těch cenově dostupnějších variant jsou to například myši od české firmy Connect it, které se pohybují v cenovém rozmezí okolo částky 500 Kč. A pro nejlepší poměr ceny a výkonu uživatele oslovily nejvíce myši od české firmy Connect it. Pokud zohledňujeme poměr ceny a výkonu mají co nabídnout myši společnosti Trust, které uspokojí jak náročnější zákazníky, tak i běžné uživatele. [6; 18]

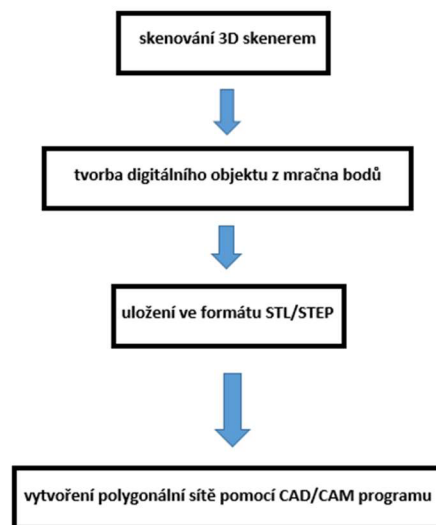


Obr. 11 Myš Logitech MX Vertical [21].

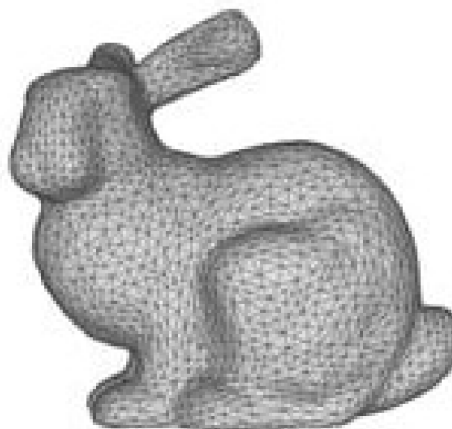
Ergonomicky uzpůsobený design počítačové myši přináší uživateli hned několik výhod. Jak bylo již několikrát zmíněno, předchází vzniku syndromu karpálního tunelu a v případě, jeho existence zmírňuje bolest a nekomfort, uvolňuje napětí ve svalstvu a uživatel tak dokáže s počítačem pracovat podstatně déle, aniž by byl limitován únavou a nepohodlím. [6; 18]

### 2.3 3D skenování

3D skenování často předchází 3D tisku, přičemž se vlastně jedná o opačný proces. Tisk vytváří fyzické objekty z digitálních modelů, zatímco skenování převádí fyzické objekty do digitální podoby. Pro vytvoření digitálního modelu se snímají prostorové souřadnice bodů z povrchu objektu, pomocí níž jej počítačový program zobrazí jako shluk bodů, který lze převést na geometrický polygonální model (viz. obr 13). Lze v reálném čase, pomocí snímacích systémů připojených k různým měřicím strojům. 3D skener je tedy zařízení schopné zachytit tvar, texturu a případně barvu daného fyzického předmětu. [22]



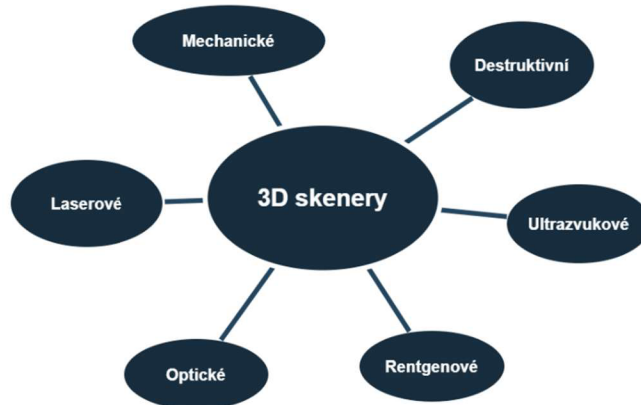
Obr. 12 Proces 3D skenování. [22]



Obr. 2 Polygonální síť [23].

## 2.4 Druhy skenerů

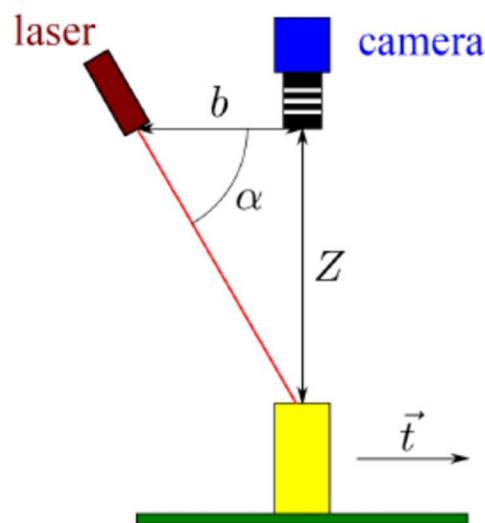
V dnešní době je již na trhu nespočet zařízení umožňujících převod trojrozměrných objektů do digitální podoby. Při výběru je proto důležité zohlednit různá kritéria, jako jsou rozměry objektu, požadovaná přesnost, materiál a textura, okolní podmínky a požadovaný výstup dat. Existují dva základní typy snímacích systémů: dotykové a bezdotykové. Dotykové systémy, jako jsou 3D digitizéry a stacionární souřadnicové měřicí systémy, vyžadují fyzický kontakt s povrchem součásti. Naopak bezdotykové systémy pracují bez kontaktu a často využívají optický a laserový princip. Tyto systémy nabízejí vysokou produktivitu a rychlost snímání, což umožňuje vytvoření detailních 3D modelů s vysokou hustotou informací. [22]



Obrázek 14 3D skenery podle principu digitalizace [22].

### 2.4.1 Laserové skenování

Tyto skenery převádí fyzický tvar objektu na digitální za pomoci tzv. triangulace. Pomocí laserové triangulace je možné vypočítat vzdálenost předmětu na základě vyslaného laserového paprsku, jenž dopadne pod určitým úhlem na povrch předmětu a po odrazu ho zaznamená čidlo skeneru. (viz. obr. 1). Vzhledem k tomu, že vzdálenost a úhel mezi vysílačem a čidlem je známý můžeme pomocí trigonometrie zjistit prostorové souřadnice modelu. Toto zaměřené mračno bodů je následně převedeno do počítače, kde vzniká naskenovaný objekt. Tato technologie je vhodná zejména pro skenery ruční s dosahem na vzdálenosti do jednoho metru. [22]



Obr. 15 Laserová triangulace. [22]

### 2.4.2 Optické skenování

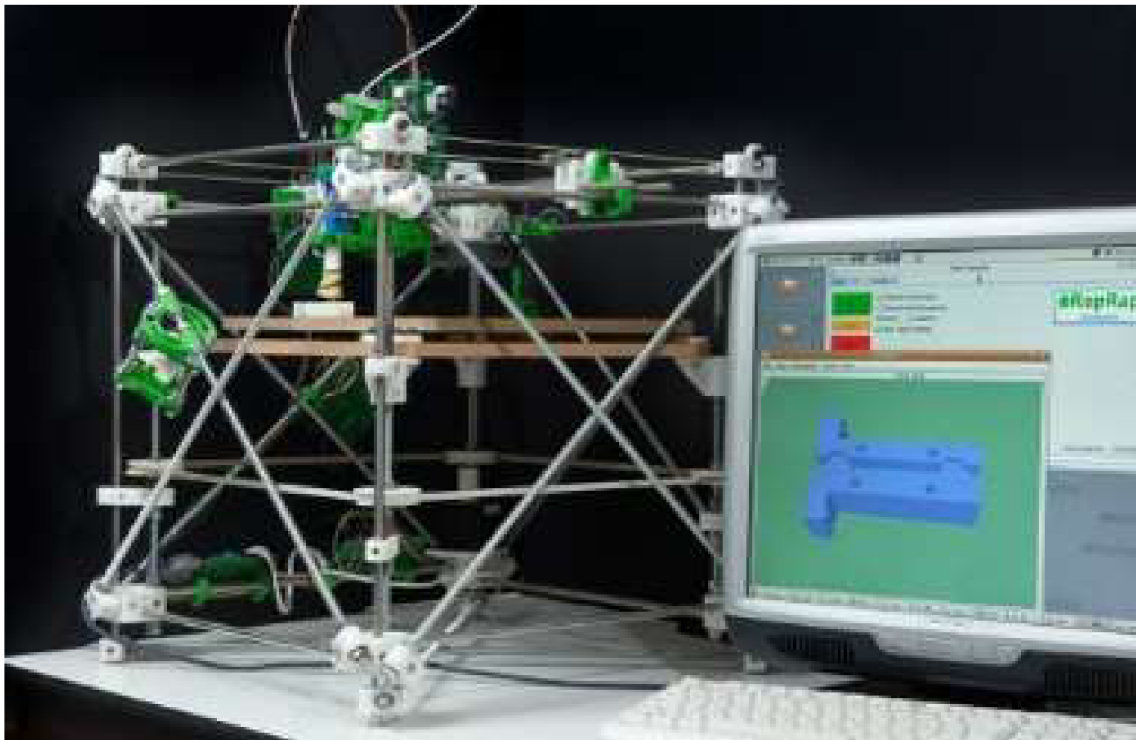
Tato metoda využívá optického zařízení k bezkontaktnímu nasnímání součástí. Objekt se na podložce či otočném stolku (viz. obr. 7) skenuje pod různými úhly a otáčí se buď to ručně nebo pomocí polohovacího zařízení. V podstatě můžeme hovořit o nafocení objektu prostřednictvím fotoaparátu s CCD snímačem, kdy se výsledné snímky přenášejí do počítače, kde jsou následně zpracovány a využity k vytvoření digitálního modelu pomocí metody aproximace. Je třeba snímanému objektu vytvořit, pokud možno kontrastní jednobarevné pozadí a pro přesnější snímání je dobré předmět zaopatřit pomocnými značkami. Problém nastává při skenování objektů průhledného a lesklého materiálu, kdy se paprsky světla mohou odrazit pod nevhodným úhlem pro zachycující zařízení. [22]

### 2.4.3 Mechanické skenování

Princip této metody využívá fyzického dotyku objektu se senzorem, který nejčastěji představuje sonda s kuličkou na mechanickém rameni, jehož každé natočení zaznamenávají senzory umístěné v jeho kloubech. Následně se tyto informace vyhodnotí a tím lze získat polohu skenovaného bodu. [22]

## 2.5 FDM TISK

Technologie 3D tisku je proces výroby, která umožňuje tvorbu trojrozměrných objektů na základě digitální předlohy. Proces vytváření probíhá postupným natavováním tenkého proužku plastového materiálu, což umožňuje vytvářet složitější a detailnější konstrukce. Pojem 3D tisk byl světu představen prostřednictvím technologie, jež si nechal roku 1984 patentovat Charles W. Hull pod názvem stereolitografie. O dva roky později založil Hull společnost 3D Systems, která se stal jedním z lídrů v oblasti aditivní výroby a ve stejném roce pod záštitou této firmy byla patentována také první 3D tiskárna, SLA-1, která využívala metodu SLA. Potenciál této technologie se projevil téměř okamžitě a začala se rozšiřovat postupně do všech odvětví. Nevýhodou, která značně komplikovala šíření tiskáren také do hobby sektoru, byla vysoká pořizovací cena. Roku 2005 přišel doktor Adrian Bowyer s projektem RepRap, jehož ideou bylo navrhnout 3D tiskárnu, která dokáže vytisknout většinu svých vlastních komponentů a snížila tak náklady na 3D tisk. První tiskárna pojmenována Darwin (viz. obr. 16) pod záštitou tohoto open source konceptu vznikla roku 2008 a umožnila i širší veřejnosti přístup k této technologii. [25; 26]



Obr. 16 Tiskárna Darwin [.

Zpočátku byly 3D tiskárny především oblíbeným nástrojem pro tvorbu rychlých prototypů (Rapid prototyping), což umožňuje firmám rychle a efektivně testovat nové návrhy a tím urychlovat vývoj produktů. S postupným nástupem snížení nákladů na zařízení se nabídnuly i další oblasti využití. Vhodné jsou například pro malosériové či personalizované výroby.

Zdravotnictví představuje pro 3D tisk široké uplatnění, od výroby protéz a ortopedických implantátů až po složitější bio tisk tkání a orgánů. Umožňuje tak opět zaměřeni se na potřeby jednotlivce pro zlepšení výsledků léčby a samotného komfortu. [25; 26]

Další vhodné využití představuje výroba nedostupných náhradních dílů např. při opravě starozitností a veteránů, kde nejsou již náhradní díly na trhu dostupné nebo je potřebný pouze jeden kus. Své místo nachází také v módě a designu, s jehož pomocí dokáží designéři vytvářet



unikátní a složité tvary, jež by ručně nebyly dosažitelné. Také architekti a stavební inženýři využívají této technologie, prostřednictvím 3D modelů budov a konstrukcí, k lepší prostorové vizualizaci architektonických návrhů. [25; 26]

### 2.5.1 Metody 3D tisku

V současné době neexistuje žádná univerzální metoda, která by byla vhodná pro všechny použití. Je tedy nutno zvážit jaká specifika od tiskárny vyžadujeme. Tato kapitola předkládá pouze ty nejnámější s rozsáhlejším zaměřením na FDM tisk, vzhledem k tomu, že byl užit pro praktickou část této práce. [25; 26]

- SLA – Jednou z prvních komerčně dostupných metod 3D tisku. Technologie založená na principu postupného vytvrzování vrstev tekuté fotopolymerní pryskyřice pomocí UV laseru podle vytvořeného modelu. Po dokončení tisku je hotový objekt vyjmut z nádrže a očištěn od přebytečné pryskyřice. Tato metoda je v porovnání s FDM tiskárnami sice detailnější, ale celkový proces výroby je značně delší a tisková plocha menší. Zatímco u FDM tisku jsou na výrobku znatelné vrstvy materiálu, v tomto případě je produkt detailnější s hladkým povrchem (viz. obr. 17.). Mezi její nevýhody patří však například práce s toxickými chemikáliemi. [25; 26]



Obr. 17 Porovnání FDM a SLA 3 D výtisků [27].

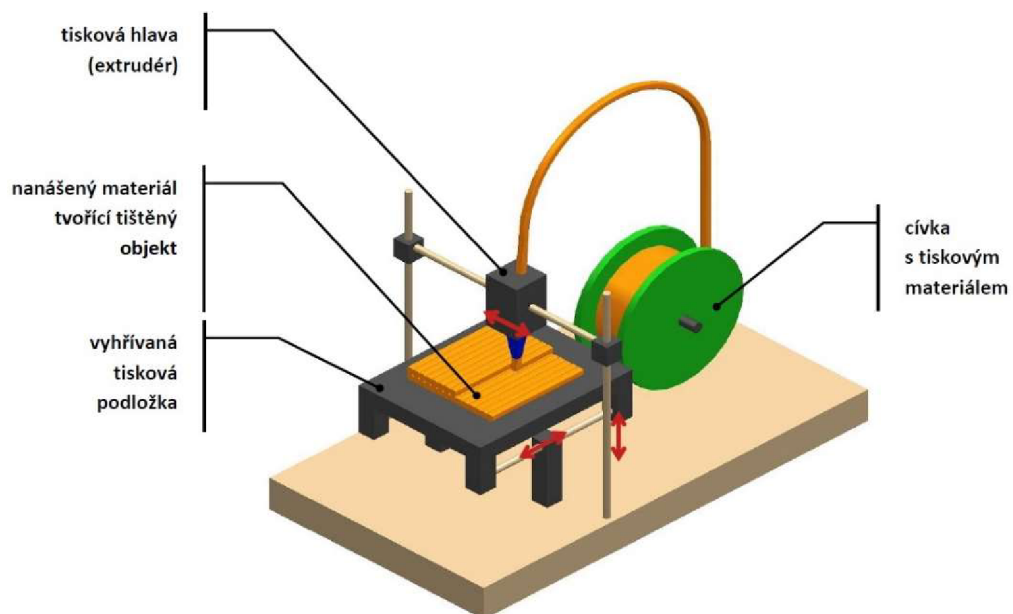
- SLS – V průběhu procesu tisku každé vrstvy je na ni nanesen jemný prášek, ten je následně sinterován laserem na specifických místech, která tvoří součást konečného výtisku. Na konci je celý model zasypán (viz. obr.18), při tvorbě dutých modelů je tedy nutné vytvořit otvory pro odsypání nevytvrzeného materiálu, který je možno znovu použít při dalším tisku. Oproti FDM tisku tento umožňuje vytvářet složité tvary bez podpurných struktur s vysokou pevností a lepší povrchovou úpravou, což se ale také samozřejmě odráží ve vyšší pořizovací ceně. Tiskárny tohoto typu nejsou zatím rozšířeny mezi širokou veřejnost a využívají se zejména v automobilovém a leteckém průmyslu. [25; 26]





Obr. 18 Ukázka zasypání modelu při metodě SLS 3D tisku [28].

- Nejběžnější typ spotřebitelského 3D tisku, který se také označuje jako „aditivní výroba“. Někdy se také můžeme setkat se zkratkou FFF, jedná se vlastně o totožné termíny, s tím rozdílem, že FDM je registrovanou známkou firmy Stratasys. Tyto tiskárny tvoří model tím, že na plochý povrch ukládají skrze rozeřátou trysku jednotlivé vrstvy tenkého vlákna roztaveného plastu, jenž jsou namotané na cívce umístěné nad tiskovým stolem. Při chladnutí a tvrdnutí těchto vrstev poté vzniká výsledný objekt (viz. obr. 19).



Obr. 19 Schéma FDM tiskárny [29].

## 2.5.2 Materiály vhodné pro FDM tisk

FDM tiskárny jsou primárně určeny pro tisk termoplastů, které se dodávají ve formě struny navinuté na cívce, viz obr. 20, známé jako filament. V dnešní době je k dispozici mnoho různých druhů materiálů s různými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi, z nichž každý má své specifické využití v praxi. Materiály se liší nejen svými vlastnostmi, ale také složitostí tisku a požadavky na tiskárnu. Například některé materiály vyžadují vyhřívanou podložku pro dobré přichycení první vrstvy tisku, jiné zase uzavřenou komoru kvůli vysoké teplotní roztažnosti, která by mohla vést k deformaci výtisku.



Obr. 20 Materiál pro FDM tisk navinutý na cívce. [30]

Níže jsou uvedeny nejběžnější materiály, jejich výhody, nevýhody a vhodné použití:

- PC (Polykarbonát) je materiál známý svou vysokou pevností a odolností. Vyznačuje se také vysokou tepelnou odolností a transparentností, což z něj činí ideální volbu pro mechanicky namáhané díly, optické komponenty a elektronické kryty. Nicméně tisk s polykarbonátem vyžaduje vyšší teploty a materiál je náchylný k absorpci vlhkosti, což může komplikovat tiskový proces. Vyžaduje také zahřívanou podložku a optimální teplotu v tiskové komoře. [30; 31]
- PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol) je populární materiál pro FDM tisk díky své vysoké chemické odolnosti a dobré mechanické pevnosti. PETG je také dobře tisknutelný a může být použit pro potravinářské obaly, průhledné kryty a mechanické součásti. Na rozdíl od PLA je PETG méně křehký a má vyšší tepelnou odolnost, ale může být obtížnější na tisk a je náchylný k absorpci vlhkosti, což vyžaduje optimální podmínky při skladování a tisku. [30; 31]
- PLA (Polylactic Acid) je jedním z nejpoužívanějších materiálů pro FDM tisk, zejména díky své snadné tisknutelnosti a biologické rozložitelnosti. PLA má nízké smrštění a deformace během tisku, což zajišťuje dobrou rozměrovou přesnost a povrchovou kvalitu. Je vhodný pro prototypy, dekorativní předměty a hračky. Nicméně má nízkou tepelnou odolnost a může být křehký po delší době, což omezuje jeho použití v náročnějších aplikacích. [30; 31]
- ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) je materiál známý svou vysokou mechanickou pevností a odolností. Je odolný vůči nárazům a tlakovým rázům, což z něj činí ideální

materiál pro funkční prototypy, mechanické součástky a hračky. ABS má také dobrou tepelnou odolnost a umožňuje snadné postprocessingové techniky, jako je broušení a zjemnění acetonem. Nicméně při tisku vydává silný zápach, je náchylný k deformacím a vyžaduje zahřívanou tiskovou podložku a uzavřený prostor. [30; 31]

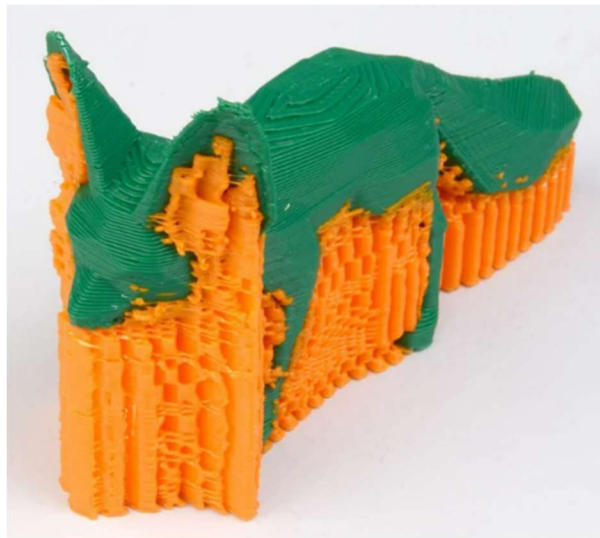
Pro naši bakalářskou práci byl zvolen materiál ABS z několika důvodů. ABS poskytuje vysokou mechanickou pevnost a odolnost, což je klíčové pro dlouhodobé používání myši. Jeho tepelná odolnost zajišťuje, že myš nebude deformována ani při delším používání. ABS také umožňuje snadné postprocessingové techniky, jako je broušení a zjemnění povrchu acetonem, což přispívá k estetickému vzhledu a hladkému povrchu dílů. Navíc je ABS materiál odolný vůči nárazům a tlakovým rázům, což je důležité pro zachování funkčnosti a spolehlivosti myši.

## 2.6 Postprocessing FDM tisku

Postprocessing FDM tisku je důležitým krokem pro dosažení kvality a funkčnosti tištěných dílů. Proces zahrnuje techniky a postupy, které jsou použity k odstranění nedokonalostí, zvýšení mechanických vlastností a zlepšení estetiky tištěných objektů. [32]

Níže budou představeny techniky postprocessingu pro FDM tisk:

1. Odstranění podpěr: Podpěry, viz obr. 21 jsou nezbytné pro tisk převislých částí během tisku a musí být po dokončení tisku odstraněny. Tento krok je často prováděn ručně pomocí základních nástrojů, jako jsou kleště nebo nůž. V některých případech může být použit rozpustný podpěrný materiál, který je odstraněn pomocí chemického rozpouštědla nebo vodou. Příkladem takového materiálu může být PVA (polyvinylalkohol), který je rozpustný ve vodě. [32; 33]



Obr. 21 Ukázka podpěr. [34]

2. Broušení: Broušení slouží k vyhlazení povrchu tištěných dílů viz obr. 22. Různé hrubosti brusných papírů se používají k postupnému odstraňování viditelných vrstev po samotném tisku a dosažení hladkého povrchu. Po broušení může být povrch dále leštěn pomocí leštících past a kotoučů, aby se dosáhlo vysokého lesku. [12]



Obr. 22 Ukázka obroušeného výtisku. [34]

3. Chemické vyhlazování: Chemické vyhlazování využívá rozpouštědel, které reagují s povrchem tištěného dílu a vyhlazují ho. Nejčastěji používaným rozpouštědlem je aceton, který se nanáší na povrch výtisku buď ve formě páry nebo štětcem. Tento proces je zvláště účinný pro materiály jako ABS, které reagují s acetonem a vytvářejí hladký a lesklý povrch, viz obr. 23. [32]



Obr. 23 Ukázka zjemnění acetonem. [32]

Postprocessing FDM tisku je nezbytnou součástí výrobního procesu, která umožňuje dosažení vysoké kvality a funkčnosti tištěných dílů. Techniky, jako je odstraňování podpěr, broušení a chemické vyhlazování hrají klíčovou roli při dokončování a zlepšování tištěných výrobků. Správná aplikace těchto technik může výrazně ovlivnit konečný výsledek a kvalitu finálního produktu. Výše jmenované postprocessingové metody jsou použity v dané bakalářské práci.



### 3 VÝROBA

V této kapitole bude představen průběh a následné vyhodnocení výroby ergonomické počítačové myši. Proces začne výběrem komerčně dostupné počítačové myši, která bude sloužit jako základ pro vytvoření ergonomického prototypu. Daná myš bude zhodnocena z ergonomického hlediska.

Následuje popis návrhu ergonomického prototypu, který zahrnuje modelování různých variant horní části myši, skenování a digitalizaci fyzického modelu, a jeho následné úpravy v CAD softwaru. Poté bude popsán tisk jednotlivých součástí pomocí 3D tiskárny a následný postprocessing těchto výtisků. Kapitola bude uzavřena popisem finální montáže a posouzením z hlediska technologičnosti konstrukce a ergonomického hlediska.

Tato kapitola si klade za cíl poskytnout ucelený přehled o celém procesu, od výběru referenčního modelu až po výrobu a zhodnocení.

#### 3.1 Výběr komerčně dostupné počítačové myši

Pro účely této práce byla vybrána komerčně dostupná myš RIVAL 3 od společnosti SteelSeries na obr. 24 jako referenční model pro prototypování z několika důvodů. Cena této herní myši se pohybuje v rozmezí 1000 Kč. Připojení je drátové přes rozhraní USB, což zaručuje nízkou latenci a stabilní připojení. [34]

Myš je určena pro praváky a nabízí širokou kompatibilitu se systémy iOS, Windows 7, Windows 10 a Windows 11. Využívá optickou technologii senzoru s citlivostí až 8 500 DPI a rychlou dobou odezvy 1 ms. K dispozici je šest tlačítek, včetně klasického kolečka, přičemž jedno z tlačítek umožňuje snadnou změnu DPI. [34]

Kabel o délce 1,8 m poskytuje dostatečnou volnost pohybu. S rozměry 6,7 cm na šířku, 3,79 cm na výšku a 12,06 cm do hloubky a hmotností pouhých 77 g se jedná o lehkou a kompaktní herní myš. Parametry této myši představují vhodný základ pro návrh vlastního ergonomického řešení. [34]



Obr. 24 Počítačová myš SteelSeries RIVAL3 [35].

### 3.1.1 Zhodnocení ergonomie myši RIVAL 3

Myš Rival 3 má symetrický a nízký profil, který je navržen tak, aby vyhovoval zejména pravákům. Toto určení pro pravou ruku je zajištěno přítomností postranních tlačítek, která se ovládají palcem. Pro uživatele s většíma rukama, jako je například velikost L (viz tab. č. 1), poskytuje myš minimální oporu dlaně, což může být nevýhodné z hlediska pohodlí a zdraví při dlouhodobém používání.

Myš Rival 3 neobsahuje žádné specifické opěrky pro prsty, což může ovlivnit komfort a ergonomii při dlouhodobém používání. Rovněž nemá žádný úhel sklonu, což znamená, že ruka uživatele zůstává v nepříznivé poloze z hlediska zdraví a ergonomie.

Materiál použitý pro výrobu myši Rival 3 je ABS, známý svou vysokou mechanickou pevností a odolností. Myš má celkem 6 tlačítek. Boční tlačítka jsou umístěna příliš vzadu, což způsobuje, že je k nim špatná přístupnost pro uživatele s většíma rukama. To může být ergonomickou nevýhodou.[34]

Hmotnost myši Rival 3 je 77 gramů, což je relativně nízká váha a představuje výhodu pro herní účely. Lehkost myši umožňuje rychlejší a přesnější pohyby, což je žádoucí vlastnost pro hráče.[34]

### 3.1.2 Rozbor myši RIVAL 3

Byla rozebrána myš RIVAL 3 na jednotlivé komponenty, což je vidět na přiložených fotografiích. Prvním krokem bylo odstranění spodního krytu pomocí šroubováku, čímž bylo odhaleno vnitřní uspořádání. Následně byly demontovány základní desky s tlačítky, optickým senzorem a připojenými kabely. Tím byla myš rozložena na jednotlivé komponenty, což umožnilo jejich detailní zkoumání viz obr. 25.



Obr. 25 Demontovaná myš SteelSeries RIVAL3.

Fotografie a výsledný rozbor poskytují podrobný pohled na vnitřní uspořádání myši a nabízejí užitečné informace pro návrh vlastního ergonomického řešení. Do vlastního návrhu ergonomické myši byly začleněny komponenty zobrazené na obr. 26, konkrétně základní deska, čočka, kolečko, kabel a boční tlačítka.



Obr. 26 Součástky, které budou následně použity pro výrobu vlastního produktu.

### 3.2 Návrh designu vlastního řešení

Klíčovým krokem ve výrobě ergonomického prototypu myši bylo vytvoření tří různých variant horní části, které splňují ergonomické požadavky a jsou designovány pro různé druhy použití. Pro tento účel byla použita plastická hmota, která byla modelována přímo podle ruky autora.

Nejprve bylo připraveno dostatečné množství plastické hmoty, z níž byly vytvořeny varianty horní části myši. Tyto designy byly upravovány s cílem podpořit přirozený úchop, zajistit pohodlí a zlepšit kontrolu pohybu kurzoru. Ergonomické designy byly tvořeny na spodní části původní myši, aby bylo zajištěno, že se základní deska vejde i do nových návrhů.

1. Herní myš je určena pro pravou ruku a vyznačuje se asymetrickým designem s vyšším profilem. Tento profil poskytuje oporu pro celou dlaň, což zajišťuje pohodlí při dlouhodobém používání. Myš neobsahuje žádnou specifickou podporu prstů. U herních myši je dlouhodobým standardem, že jsou vertikální, to znamená bez úhlu sklonu. Daný design herní myš má mírný úhel sklonu přibližně  $10^\circ$ . Tato varianta je optimalizována pro rychlé a přesné pohyby, které jsou typické pro herní prostředí, kde je rychlá reakce a přesnost klíčová. Návrh tvaru herní myši můžeme vidět na obr. 27.



Obr. 27 Tvar herní myši z plastické hmoty.

2. Kancelářská myš se středním úhlem sklonu, viz obr. 28, je také určena pro pravou ruku a má asymetrický design s vyšším profilem, který poskytuje oporu pro celou dlaň. Úhel sklonu u této myši je přibližně  $45^\circ$ , což zajišťuje přirozenější polohu ruky v porovnání



s předešlou variantou a snižuje riziko syndromu karpálního tunelu. Stejně jako herní myš, i tato varianta neobsahuje žádnou specifickou podporu prstů. Daná varianta je však navržena pro kancelářské účely, kde je důležité pohodlí a ergonomická opora při dlouhodobé práci s počítačem. Tento úhel sklonu poskytuje lepší ergonomii pro celodenní používání v porovnání s herní myší.



Obr. 28 Tvar kancelářské myši se středním úhlem sklonu z plastické hmoty.

3. Kancelářská myš s velkým úhlem sklonu viz obr. 29 je rovněž určená pro pravou ruku, má asymetrický design a vyšší profil, který podporuje celou dlaň. Daný návrh má největší úhel sklonu přibližně 80°, což zajišťuje téměř vertikální polohu ruky a minimální napětí v zápěstí. Na rozdíl od předchozích dvou variant obsahuje tato myš specifickou podporu pro palec, což přispívá k celkovému komfortu a stabilitě úchopu. Daná varianta je optimalizovaná pro maximální ergonomii a pohodlí během dlouhých pracovních hodin, což ji činí ideální pro intenzivní kancelářské použití.



Obr. 29 Tvar kancelářské myši s velkým úhlem sklonu z plastické hmoty.



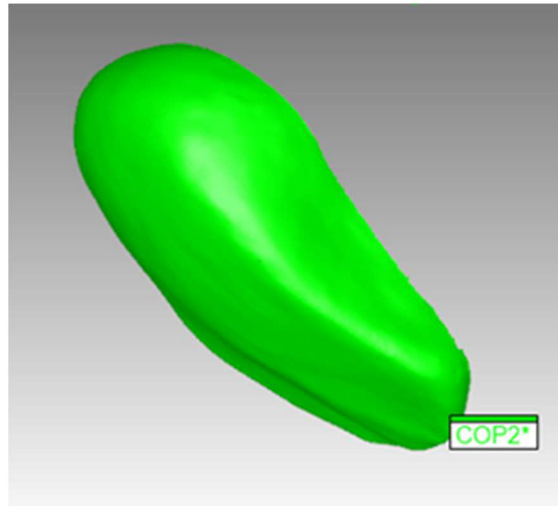
Po důkladném zvážení všech tří variant ergonomických řešení byla pro další zpracování a výrobu zvolena varianta č. 1. Toto rozhodnutí bylo učiněno na základě osobních preferencí. Mírný úhel sklonu přibližně 10 stupňů poskytuje dostatečnou ergonomickou podporu bez omezení dynamických pohybů, čímž zajišťuje pohodlné a efektivní používání.

Po vytvoření fyzického modelu horní části myši byla zahájena fáze skenování za účelem digitalizace tvaru a vytvoření přesného 3D modelu. Pro tento úkol byl použit skener Hexagon Absolute Arm 85 AS1, spolu se softwarem PC-DMIS CAD++ 2022. Postup skenování probíhal následovně:

- Příprava skeneru: Skener Hexagon Absolute Arm 85 AS1 byl nejprve zkalibrován podle návodu výrobce, aby byla zajištěna maximální přesnost při zachycování povrchů modelu. Během kalibrace byla prověřena přesnost měřicích ramen a hlavy skeneru.
- Umístění modelu: Fyzický model byl upevněn do stabilní polohy na skenovací podložku, aby během procesu skenování nedocházelo k jeho posunům či vibracím.
- Skenování vrchní části: V první fázi bylo provedeno skenování vrchní části modelu viz Obr. 30, která byla volně přístupná. Skener přesně zachytil všechny detaily povrchu. Výsledkem skenování byl mrak bodů viz obr. 31, který přesně reprezentoval vrchní část myši.



Obr. 30 Skenování vrchního dílu.

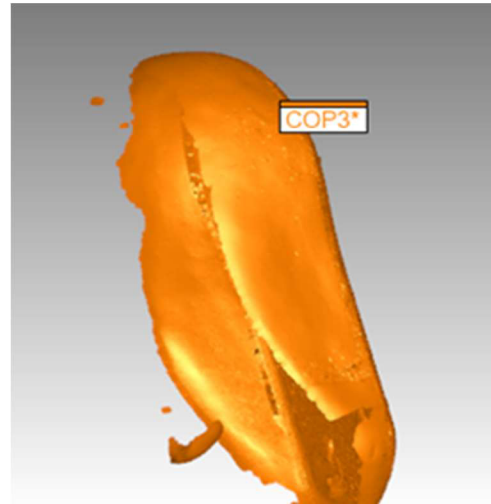


Obr. 31 Mrak bodů vytvořen skenováním vrchní plochy myši.

- Převrácení a skenování spodní části: Model byl poté otočen, aby bylo možné naskenovat také spodní část, která byla původně v kontaktu s podkladem viz Obr. 32. Tím bylo zajištěno, že všechny části modelu budou přesně zachyceny ve 3D. Výsledkem skenování byl mrak bodů viz Obr. 33, který přesně reprezentoval spodní část myši.

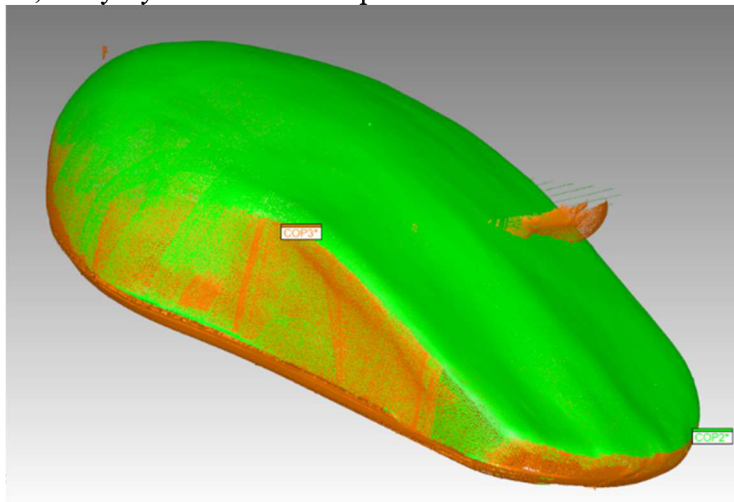


Obr. 32 Skenování spodní části počítačové myši.



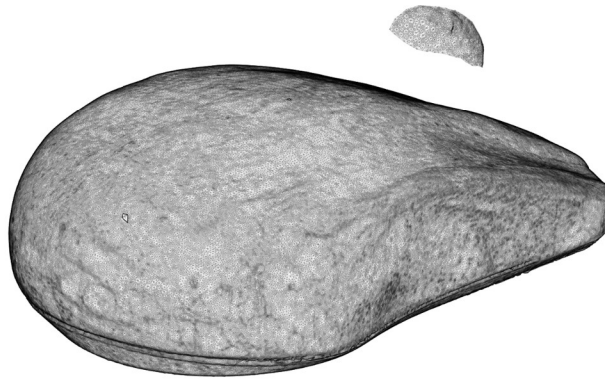
Obr. 33 Mrak bodů vytvořen skenováním spodní plochy myši.

- Kombinace skenů: Pomocí softwaru PC-DMIS CAD++ 2022 byly jednotlivé skeny vrchní a spodní části spojeny do jednoho celistvého digitálního modelu. Tím vznikl kompletní 3D obraz povrchu myši v podobě mraku bodů zachycen na Obr. 34., který bylo možné dále upravovat.



Obr. 34 Kombinace skenů vrchní a spodní části.

**Export dat:** Po zkompletování celého digitálního modelu byl výsledný sken exportován ve formátu STL viz Obr. 35., který je kompatibilní s dalšími CAD aplikacemi. Tím byl vytvořen základ pro další úpravy, opravy a další procesy, které zajistí finální podobu myši.



Obr. 35 Export skenu ve formátu STL.

Po dokončení skenování a získání digitálního modelu ve formátu STL byly provedeny úpravy v aplikaci Fusion 360 od společnosti Autodesk. Prvním krokem bylo odstranění nežádoucích chyb v digitálním modelu, včetně vymazání bodů, které nejsou spjaty s modelem, a zalepení děr. Tím bylo zajištěno, že síť modelu je čistá a bez výrazných vad.

Dále byla síť zredukována, aby se snížil počet polygonů a tím i výpočetní náročnost práce v CAD aplikaci. Tato optimalizace zajistila plynulou práci s modelem a zvýšila efektivitu úprav, aniž by byly ztraceny důležité detaily či změněn ergonomický tvar.

Následně byla síť převedena na model, což umožnilo detailnější úpravy povrchů a manipulaci s modelovanými částmi podle potřeby. Po převodu na pevný model byly v návrhu vytvořeny otvory pro tlačítka, kabel, úchyty pro základní desku a úchyty ke spodní části myši, které jsou vyobrazeny na obr. 36. Díky těmto úpravám byl model připraven pro další fáze vývoje.



Obr. 36 Upravený model myši v CAD softwaru.

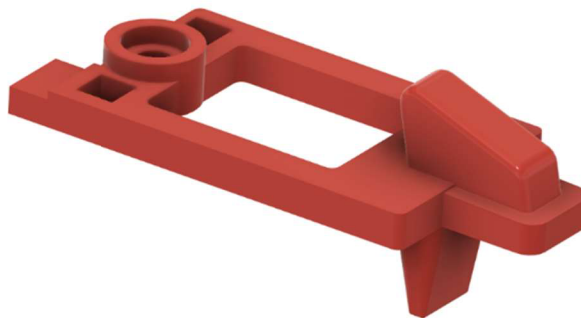
Po dokončení horní části myši následovala tvorba designu spodního dílu a tlačítka pro změnu DPI. Tyto komponenty byly klíčové pro správnou funkčnost celé myši, a proto musely být vytvořeny s přesností a důrazem na přesného slícování všech částí.

V aplikaci Fusion 360 byl vymodelován spodní díl myši viz Obr 37., který je navržen tak, aby dokonale seděl k horní části a zajišťoval pevné spojení mezi oběma částmi. Toho bylo dosaženo díky speciálně navrženým úchytům a zajišťovacímu mechanismu pro spolehlivé propojení. Model obsahuje veškeré úchyty pro interní komponenty, jako jsou základní deska, senzor a kabel.



Obr. 37 Model spodního dílu myši vymodelovaný v CAD softwaru.

DPI tlačítko bylo modelováno taktéž v aplikaci Fusion 360 podle předlohy z originálního dílu, ale bylo upraveno tak, aby přesně lícovalo s dosedacími plochami na vrchní části myši. Design tlačítka byl vytvořen tak, aby nejen správně lícoval s povrchem horní části myši, ale také dosáhl na spínač na základní desce, čímž byla zajištěna jeho funkčnost podle našich požadavků. Vymodelované DPI tlačítko je znázorněné na obr. 38.



Obr. 38 Model DPI tlačítka vymodelovaný v CAD softwaru.

Posledním krokem při návrhu designu bylo složení sestavy. Při zkompletování finální sestavy byly jednotlivé díly spojeny v aplikaci Fusion 360 za využití geometrických vazeb. Sestavu myši můžeme vidět na obr. 39.

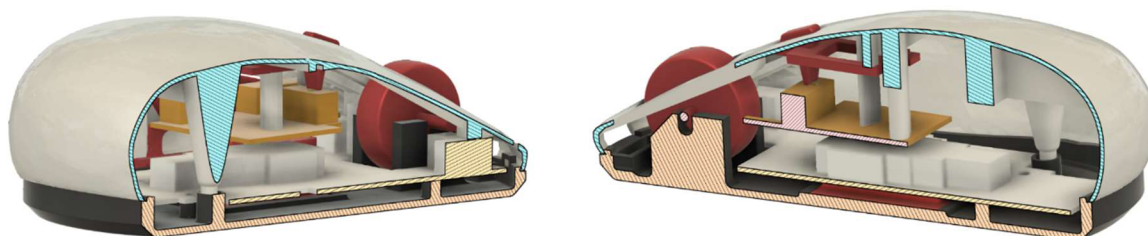


Obr. 39 Finální sestava počítačové myši.



Základní rozměry myši jsou délka 119 mm, šířka 67 mm a výška 40 mm. Tím vznikla finální sestava připravená k výrobě a montáži.

Na **obr. 40** jsou zobrazeny řezy sestavou, kde lze vidět uchycení vrchní a spodní části myši, uchycení obou základních desek a uchycení tlačítka pro změnu DPI.



Obr. 40 Řez sestavou počítačové myši.

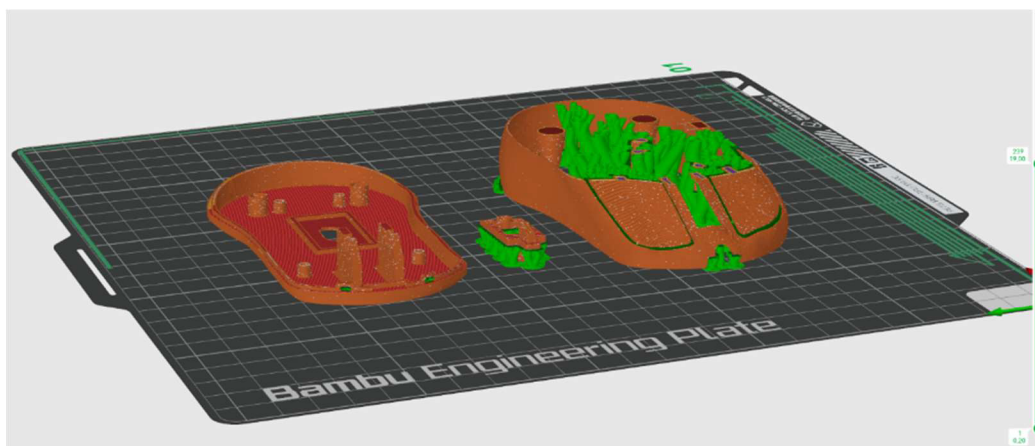
### 3.3 Tisk jednotlivých součástí na 3D tiskárně

Pro výrobu navržených součástí počítačové myši byla použita 3D tiskárna Bambu Lab X1 Carbon. Tato tiskárna byla zvolena pro svou přesnost a spolehlivost, což jsou klíčové atributy při výrobě kvalitních a funkčních komponent. Jako materiál pro tisk byl vybrán ABS od společnosti HERZ, který je známý svou pevností a odolností, což je ideální pro tento typ aplikace.

Nastavení tiskárny bylo pečlivě optimalizováno pro dosažení nejlepších výsledků. Teplota trysky byla nastavena na 250 °C a teplota podložky na 90 °C. Byla použita tryska o průměru 0,4 mm. Výška první vrstvy byla nastavena na 0,2 mm, zatímco výška ostatních vrstev byla 0,08 mm. Tato konfigurace zajišťovala vysokou kvalitu detailů a přesnost rozměrů.

Výplň byla nastavena na 100 % pro zajištění maximální pevnosti vytištěných dílů. Tato vysoká hustota výplně je nezbytná z důvodu odolnosti součástí během používání. Pro tisk převisů byly použity stromové podpěry, které jsou v našem případě pohodlnější na odstranění než klasické podpěry, jejichž vzdálenost od modelu byla nastavena na 0,1 mm.

Toto pečlivé nastavení a výběr materiálu zajistily, že finální komponenty myši byly vytištěny s vynikající kvalitou a připraveny pro další postprocesing a montáž. Na **obr. 41** je snímek z aplikace Bambu Studio, kde jsou znázorněny tištěné komponenty s výše uvedeným nastavením tisku.

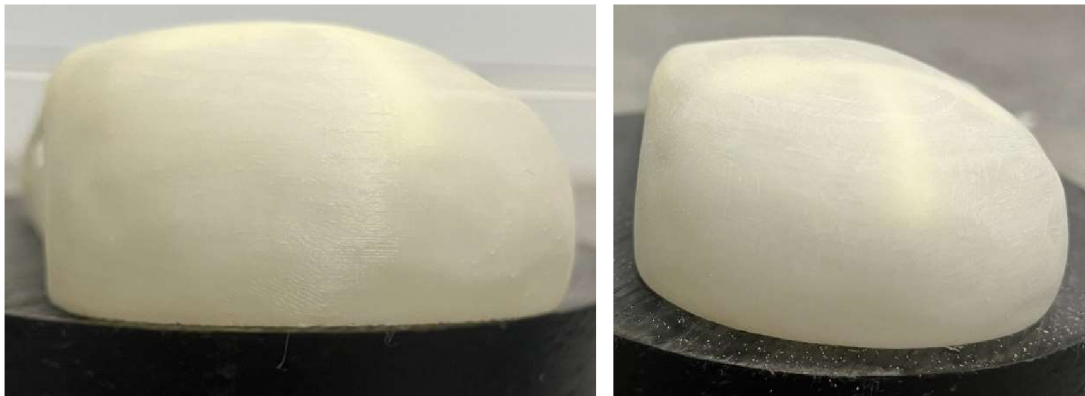


Obr. 41 Ukázka tisknutých komponent v softwaru Bambu Studio.

### 3.4 Postprocessing 3D výtisků

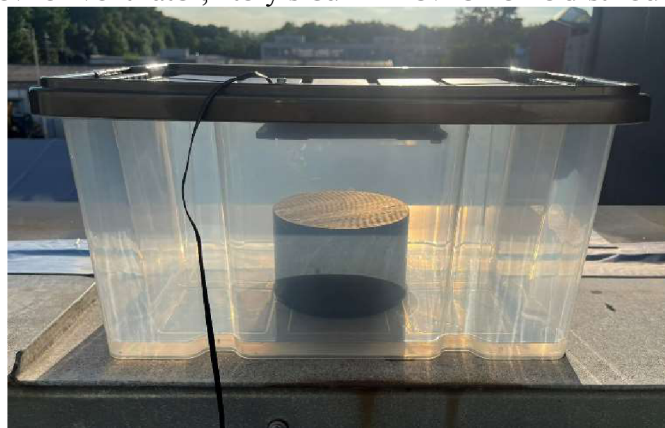
Po dokončení tisku na 3D tiskárně Bambu Lab X1 Carbon byl zahájen proces postprocessingu, který zahrnoval tyto kroky:

- Odstranění podpěr: Nejprve byly výtisky zbaveny podpěr, které byly nezbytné pro tisk převisů. Pro odstranění podpěr byly použity základní nástroje, jako jsou kleště a nůž.
- Broušení: Následně byly výtisky obroušeny brusným papírem. Tento krok byl nezbytný pro odstranění hrubých nedokonalostí a zajištění hladkého povrchu. Pečlivé broušení zajistilo, že výtisky byly připraveny pro další fázi postprocessingu. Na obr. 42. je znázorněn povrch před i po broušení.



Obr. 42 Povrch výtisku před a po broušení

- Zjemnění acetonem: Následně bylo provedeno zjemnění povrchu výtisků pomocí acetonu. Postup byl následující:
  - Byla připravena plastová nádoba, kterou můžeme vidět na obr. 43. a do jejího víka byl připevněn ventilátor, který sloužil k rovnoměrné distribuci par acetonu.



Obr. 43 Plastová nádoba upravená pro proces zjemnění acetonem.

- Aceton byl zahřát na bod varu z důvodu rychlejšího odpařování acetonu, což urychlilo celý proces.
- Výtisky byly vloženy do připravené nádoby a po dobu jedné minuty byly vystaveny parám acetonu.
- Po expozici byly výtisky vytaženy z nádoby a nechány odvětrat, aby povrch opět ztvrdl.

Tímto postupem bylo dosaženo výrazného zlepšení kvality povrchu výtisků v podobě lesklého povrchu. Ukázkou finálního povrchu můžeme vidět na obr. 44.



Obr. 44 Povrch výtisků po zjemnění acetonem.

### 3.5 Sestavení myši

Po dokončení výroby součástek následovala finální montáž myši. Sestavení zahrnovalo spojení vytištěných dílů s původními komponenty z myši RIVAL 3, jako jsou základní desky, čočka, kolečko, postranní tlačítka a kabel.

Čočka se základní deskou byla umístěna do spodního dílu myši, následovala instalace tlačítek a dalších elektronických součástek. Poté byly horní a spodní díl myši spojeny dohromady, s důrazem na přesné zarovnání všech úchytných a spojovacích bodů.

Po sestavení byla provedena kontrola funkčnosti, aby bylo zajištěno, že tlačítka správně reagují, senzory fungují a konstrukce je stabilní.

Na obr. 45 je zobrazen finální produkt po dokončení montáže.



Obr. 45 Sestavení myši.

### 3.6 Posouzení z hlediska technologičnosti konstrukce

V této kapitole bude provedeno posouzení technologičnosti tří vyráběných součástí počítačové myši, konkrétně horní díl, spodního dílu a DPI tlačítka.

- Horní díl myši
  - Tvar součásti: Vrchní díl je tenká skořepina o tloušťce 1 mm, proto byl díl vyztužen v několika místech, viz obr. 46, aby byl mechanicky odolný a mohl dlouho plnit svoji funkci.



Obr. 46 výztuhy v horním dílu myši.

- Volba vhodného materiálu: Pro výrobu vrchního dílu je zvolen materiál ABS, který je známý svou mechanickou a teplotní odolností a dobrou obrobiteľnosťou. Vlastnosti materiálu ABS by měly zaručit dlouhou životnost součásti.
- Počet a velikost obrobených ploch: Na vrchním dílu myši se obrábí (brouší) hned několik ploch, jako je vnější povrch, mezery mezi tlačítky, díra pro DPI tlačítko a díra pro boční tlačítko.
- Přístupnost obrobených ploch: všechny broušené plochy jsou dobře přístupné, což usnadňuje proces obrábění.
- Přesnost a drsnost: Požadavky na přesnost jsou  $\pm 0,2$  mm z důvodu zaručení smontovatelnosti se spodním dílem. Povrch součásti má být hladký a lesklý, což přispívá k estetice myši.
- Spodní díl myši
  - Tvar součásti: Spodní díl myši slouží k uchycení čočky, základní desky s kolečkem a ke spojení s horním dílem. Pevnost spodního dílu byla navýšena pomocí rádiusů, viz obr. 47. Tím se stal spodní díl mechanicky odolným pro konkrétní využití.





Obr. 47 Rádiusy na spodním dílu myši.

- Volba vhodného materiálu: Stejně jako u vrchního dílu je použit jeden materiál ABS ze stejných důvodů.
- Počet a velikost obrobených ploch: Brouší se vnější tvar spodního dílu myši, viz obr. 48. Důvodem broušení je příprava na naleptání acetonem. Důvodem je lepší estetika dílu. Všechny broušené plochy jsou volně přístupné ze všech stran, což usnadňuje proces obrábění.



Obr. 48 Ukázka broušených ploch na spodním dílu myši.

- Přesnost a drsnost: Požadavky na přesnost a drsnost jsou stejné jako u vrchního dílu myši.
- DPI tlačítko
  - Tvar součásti: DPI tlačítko slouží k mačkání spínače na základní desce skrz díru v horním dílu myši. Tvar byl modelován dle předlohy originálního dílu, který byl pro tisk příliš tenký, proto byla tloušťka zvětšena, aby byl díl dostatečně pevný. Tato součást nemá specifický polotovar a pohledová část tlačítka se obrousí.
  - Volba vhodného materiálu: Stejně jako u předchozích součástí je použit jeden materiál, který je dobře obrobitelný. Náklady na materiál pro jeden díl se pohybují v řádu jednotek korun. Materiál je snadno dostupný.
  - Počet a velikost obrobených ploch: Broušení je provedeno na pěti plochách, přičemž jde pouze o pohledovou část tlačítka, viz obr. X. Přístupnost obráběných ploch je velmi dobrá, což usnadňuje proces obrábění.
  - Přesnost a drsnost: Požadavky na přesnost a drsnost jsou stejné jako u předchozích dílů.

### 3.7 Detailní rozbor z hlediska ergonomie

Myš má asymetrický design s vyšším profilem, který je navržen tak, aby vyhovoval specificky pravákům.

Myš poskytuje oporu pro celou dlaň, což zajišťuje pohodlí při dlouhodobém používání. Tento design byl vytvořen konkrétně pro rozměry mé ruky, což znamená, že myš je optimalizována pro uživatele s podobnými rozměry dlaně a prstů. Po pravé straně myši je tvar uzpůsoben pro malíček a prsteníček **viz obr. 49**, aby se tyto dva prsty mohly pohodlně opřít, což přispívá k celkovému komfortu a stabilitě úchopu.



Obr. 49 Tvar uzpůsobený pro malíček a prsteníček.

Myš má mírný úhel sklonu přibližně  $10^\circ$ , což napomáhá ergonomičnosti a prevenci před zdravotními problémy spojenými s dlouhodobým používáním počítačové myši. **Daný úhel můžeme vidět na obr. 50.** Tento úhel sklonu zajišťuje, že ruka je v přirozenější a méně namáhané poloze.



Obr. 50 Úhel sklonu myši.

Povrch myši je hladký po broušení a zjemnění acetonem. Tento hladký povrch zajišťuje, že myš v ruce neklouže a pěkně v ní drží, což přispívá k pevnému a pohodlnému úchopu během používání.

Myš má celkem šest tlačítek, včetně dvou postranních tlačítek umístěných na levé straně pro snadný přístup palcem. Tato tlačítka jsou navržena tak, aby byla snadno dostupná a umožňovala rychlé a efektivní ovládání.

Hmotnost myši je 59 gramů, což je relativně nízká hmotnost. Tato nízká hmotnost má pozitivní vliv na rychlost pohybování myši po stole, což je výhodné zejména pro herní účely. Lehkost myši umožňuje rychlejší a přesnější pohyby, což je žádoucí vlastnost pro hráče.

Pro další vývoj by bylo užitečné experimentovat s různými materiály a povrchovými úpravami pro zlepšení úchopu a pohodlí. Rovněž by bylo vhodné zvětšit úhel sklonu, aby byla myš ergonomičtější a podporovala přirozenější polohu ruky.

### **3.7.1 Cílová skupina pro konkrétní ergonomický design**

Tato myš byla navržena na základě specifických rozměrů ruky, aby zajistila optimální ergonomii. Zde jsou konkrétní rozměry:

- Délka dlaně: 195 mm
- Šířka dlaně: 85 mm
- Délka prstů:
  - Malíček: 62 mm
  - Prsteníček: 81 mm
  - Prostředníček: 86 mm
  - Ukazováček: 77 mm
  - Palec: 120 mm
- Obvod dlaně: 180 mm
- Výška dlaně: 40 mm

Myš je ideální pro uživatele s podobnými rozměry ruky, kteří hledají ergonomické řešení poskytující oporu pro celou dlaň a zajišťující pohodlí při dlouhodobém používání. Díky své nízké hmotnosti a rychlé odezvě tlačítek je myš vhodná pro herní účely.

## 4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Technicko-ekonomické zhodnocení je klíčovou částí této práce, která poskytuje komplexní pohled na kvalitu a náklady spojené s výrobou ergonomické počítačové myši pomocí technologie 3 D FDM tisku ve srovnání s tradiční metodou vstřikování plastů. Cílem je analyzovat výhody, nevýhody a ekonomické aspekty obou metod, aby bylo možné rozhodnout, která z nich je vhodnější pro výrobu myši ve specifických podmínkách.

### 4.1 Technické zhodnocení

Kvalita vyrobených dílů byla velmi vysoká. Díly byly vytištěny s přesností, která byla dostačující pro daný výrobek a bez výrazných defektů. Žádné problémy, jako je deformace, se nevyskytly díky zvolené tiskárně Bambu Lab X1 Carbon, která udržuje konstantní teplotu v tiskové komoře. Po broušení a úpravě acetonem mají díly lesklý povrch bez hrubých nedokonalostí.

Myš se drží pohodlně a poskytuje oporu dlaně a přirozený úchop. Při návrhu byly zohledněny ergonomické požadavky, jako je mírný úhel sklonu 10 °. Tlačítka fungují správně a spolehlivě díky přesnému slícování dílů. Optický senzor myši funguje spolehlivě. Životnost tlačítek není známá z důvodu krátkého časového úseku pro testování myši.

Materiál ABS použitý pro výrobu myši je odolný vůči nárazům a tlakovým rázům, dobře odolává nepříznivým venkovním podmínkám a je vhodný pro potravinářský průmysl díky své nenasákavosti a zdravotní nezávadnosti. [10]

Výroba dílů pomocí 3D tisku byla poměrně snadná. Při tisku vrchního dílu bylo potřeba správně nastavit podpory, aby výtisk neměl vady.

Ve srovnání s jinými výrobními metodami, jako je vstřikování plastů, má FDM tisk své výhody i nevýhody. FDM tisk poskytuje povrch, který může být drsný s viditelnými vrstvami a vyžaduje postprocessingové techniky pro dosažení hladkého povrchu. Přesnost a detaily jsou nižší než u vstřikování plastů. Na druhou stranu, vstřikování plastů nabízí vysoce kvalitní povrch s vysokou rozměrovou a tvarovou přesností a schopností produkovat složité díly s jemnými detaily. Vstřikování plastů je také mnohem rychlejší a ideální pro velké série, zatímco FDM tisk je vhodnější pro malé série a prototypování.

### 4.2 Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení se zaměřuje na analýzu nákladů spojených s výrobou jednotlivých součástí myši pomocí technologie FDM tisku a vstřikování plastů. V této kapitole jsou uvedeny náklady na materiál, energii a práci spojenou s oběma výrobními metodami, včetně výpočtů a srovnání bodu zlomu.

#### 4.2.1 3D tisk

Náklady na materiál:

$$N_m = \frac{C_m}{1000} \cdot S_m = \frac{662}{1000} \cdot 51,21 = 33,9 \text{ Kč}, \quad (4.1)$$

kde:  $C_m$  – Cena za kg materiálu [Kč]:

$$C_m = 662 \text{ Kč [6]}, \quad (4.2)$$

$S_m$  – Spotřeba materiálu na jednu myš [g]:

$$S_m = 51,21 \text{ g, viz příloha 2}, \quad (4.3)$$

Byly vypočteny náklady na materiál pro jednu myš technologií FDM tisku.

Náklady na energii:

$$N_e = S_e \cdot C_e = 7,03 \cdot 3,97 = 27,909 \text{ Kč}, \quad (4.4)$$

kde:  $S_e$  – Spotřeba energie [kWh]:

$$S_e = \frac{P_t \cdot t_t}{1\,000} = \frac{1\,000 \cdot 7,03}{1\,000} = 7,03 \text{ kWh}, \quad (4.5)$$

kde:  $P_t$  – Výkon tiskárny [W];

$$P_t = 1\,000 \text{ W}, \text{ viz příloha 1}, \quad (4.6)$$

$t_t$  – Doba tisku [h]:

$$t_t = 7,03 \text{ h}, \text{ viz příloha 2}, \quad (4.7)$$

$C_e$  – Cena za kWh [Kč/kWh];

$$C_e = 3,97 \text{ Kč/kWh [7]}. \quad (4.8)$$

Náklady na energii byly vypočteny  $N_e = 27,909 \text{ Kč}$ .

Náklady na postprocessing:

$$N_p = H_s \cdot t_p = 112,5 \cdot 0,74 = 83,25 \text{ Kč} \quad (4.9)$$

kde:  $H_s$  – Hodinová sazba [Kč/h];

$$H_s = 112,5 \text{ Kč/h [8]}. \quad (4.10)$$

$t_p$  – Celkový čas postprocessingu [h];

$$t_p = (t_{pod} + t_b + t_z), \quad (4.11)$$

$$= 0,5 + 0,2 + 0,04 = 0,74 \text{ h},$$

kde:  $t_{pod}$  – Čas odstranění podpor [h];

$$t_{pod} = 0,5 \text{ h}, \quad (4.12)$$

$t_b$  – Čas broušení [h]:

$$t_b = 0,2 \text{ h}, \quad (4.13)$$

$t_z$  – Čas zjemnění acetonem [h]:

$$t_z = 0,04 \text{ h}. \quad (4.14)$$

Byly vypočteny náklady Postprocessing pro jednu myš  $N_p = 83,25 \text{ Kč}$ .

Celkové náklady na výrobu jedné myši pomocí 3D tisku:

$$C_{nt} = N_m + N_e + N_p = 33,9 + 27,909 + 83,25 = 145,059 \text{ Kč}. \quad (4.15)$$

Celkové náklady na výrobu jedné myši byly vypočteny  $C_{nt} = 145,059 \text{ Kč}$ .

#### 4.2.2 Vstřikování plastů

Veškeré náklady pro výrobu danou metodou byly rozděleny na:

- Fixní náklady:

Fixní náklady v EUR:

$$F_{cEUR} = F_{vrch} + F_{spod} + F_{DPI}, \quad (4.16)$$

$$= 75000 + 50000 + 50000 = 175\,000 \text{ EUR},$$

kde:  $F_{vrch}$  – Cena čtyř kavitní formy pro vrchní díl:

$$F_{vrch} = 75\,000 \text{ EUR}, \quad (4.17)$$

$F_{spod}$  – Cena čtyř kavitní formy pro spodní díl:

$$F_{spod} = 50\,000 \text{ EUR}, \quad (4.18)$$

$F_{DPI}$  – Cena šestnácti kavitní formy pro DPI tlačítko:

$$F_{DPI} = 50\,000 \text{ EUR}. \quad (4.19)$$

Náklady na výrobu metodou vstřikování plastů byly naceněny komerční firmou  $F_{cEUR} = 175\,000 \text{ EUR}$ .

Fixní náklady v CZK:

$$F_{cCZK} = F_{cEUR} \cdot \text{EUR}/\text{CZK} = 175\,000 \cdot 24,710 = 4\,324\,250 \text{ Kč}, \quad (4.20)$$

kde:  $\text{EUR}/\text{CZK}$  – kurz ke dnu 17.5.2024 [9],

$$\text{EUR}/\text{CZK} = 24,710 \text{ Kč}. \quad (4.21)$$

Fixní náklady v eurech byly převedeny na české koruny  $F_{cCZK} = 4\,324\,250 \text{ Kč}$ .

- Variabilní:

Variabilní náklady v EUR:

$$V_{cEUR} = V_{vrch} + V_{spod} + V_{DPI} = 0,18 + 0,14 + 0,03 = 0,35 \text{ EUR}, \quad (4.22)$$

kde:  $V_{vrch}$  – Cena pro vrchní díl:

$$V_{vrch} = 0,18 \text{ EUR}, \quad (4.23)$$

$V_{spod}$  – Cena čtyř kavitní formy pro spodní díl:

$$V_{spod} = 0,14 \text{ EUR}, \quad (4.24)$$

$V_{DPI}$  – Cena šestnácti kavitní formy pro DPI tlačítko:

$$V_{DPI} = 0,03 \text{ EUR}. \quad (4.25)$$

Byly vypočteny variabilní náklady na jednu myš metodou vstřikování plastů  $V_{cEUR} = 0,35 \text{ EUR}$ . Ceny pro všechny díly byly získány naceněním komerční firmou.

Variabilní náklady v CZK:

$$V_{cCZK} = V_{cEUR} \cdot \text{EUR}/\text{CZK} = 0,35 \cdot 24,710 = 8,6485 \text{ Kč}, \quad (4.26)$$

Variabilní náklady v eurech byly převedeny na české koruny  $V_{cCZK} = 8,6485 \text{ Kč}$ .

### 4.2.3 Porovnání

Tato kapitola se zaměřuje výpočet bodu zlomu, který určuje počet kusů, při kterém se náklady na vstřikování plastů začnou vyplácet ve srovnání s 3D tiskem:

$$B_z = \frac{F_{CCZK}}{C_{nt} - V_{CCZK}} = \frac{4\,324\,250}{145,059 - 8,6485} \approx 31\,701 \text{ ks}, \quad (4.27)$$

Ekonomické zhodnocení ukazuje, že pro malé série a prototypování je 3D tisk výhodnější metodou díky nižším počátečním investicím. Pro velké série, kde počet vyrobených kusů přesahuje 31 701 se stává ekonomicky výhodnějším vstřikování plastů díky nižším nákladům na výrobu jednotlivých kusů a vyšší kvalitě povrchové úpravy.



## ZÁVĚR

V rámci této bakalářské práce byly navrženy tři ergonomické tvary počítačové myši, které se lišily tvarem a použitím. Vybraná varianta, konkrétně varianta č. 1 "Herní myš", byla následně naskenována pomocí skeneru Hexagon Absolute Arm AS1, což umožnilo přesné digitalizování a další úpravy modelu.

Pro výrobu jednotlivých dílů herní myši byly použity moderní technologie 3D tisku. Navržené díly byly vytištěny na 3D tiskárně Bambu Lab X1 Carbon. Jako materiál pro tisk byl použit ABS od společnosti HERZ. Důvodem zvolení tohoto materiálu jsou jeho vynikající mechanické vlastnosti, jako je vysoká pevnost, odolnost proti nárazu a dobrá tepelná stabilita, což z něj činí ideální volbu pro výrobu ergonomických myši. Po tisku byl proveden postprocessing, který zahrnoval odstranění podpor, broušení a zjemnění povrchu pomocí par acetonu. Tyto kroky byly nezbytné pro dosažení kvalitního finálního produktu, který je ergonomicky a funkčně vyhovující.

Ergonomické zhodnocení navržené myši ukázalo, že její design poskytuje významné výhody z hlediska pohodlí a zdraví uživatele. Asymetrický design s vyšším profilem poskytuje oporu pro celou dlaň, což zajišťuje pohodlí při dlouhodobém používání. Mírný úhel sklonu přibližně 10 stupňů napomáhá ergonomičnosti a prevenci před zdravotními problémy spojenými s dlouhodobým používáním počítačové myši, jako je syndrom karpálního tunelu. Tento úhel zajišťuje, že ruka je v přirozenější a méně namáhané poloze, což snižuje únavu a napětí v zápěstí.

Herní myš je navržena tak, aby poskytovala oporu pro prsteníček a malíček, což přispívá k celkovému komfortu a stabilitě úchopu. Hladký povrch po broušení a zjemnění acetonem zajišťuje, že myš v ruce neklouže a pěkně v ní drží, což přispívá k pevnému a pohodlnému úchopu během používání. Nízká hmotnost myši, která činí 59 gramů, umožňuje rychlejší a přesnější pohyby, což je výhodné zejména pro herní účely.

Pro návrh ergonomické myši bylo vycházeno z komerčně dostupné myši Rival 3. Z této myši byly do našeho řešení převzaty následující díly: základní desky s tlačítky, optický senzor, čočka, kolečko, kabel a boční tlačítka. Tyto komponenty byly integrovány do nového ergonomického designu, aby se zajistila jejich funkčnost a spolehlivost.

Individuální úprava tvaru myši podle osobních preferencí je velkou výhodou této technologie. Pro každého člověka lze navrhnout myš na míru, což je obzvláště užitečné pro osoby s nestandardní velikostí nebo tvarem ruky, nebo pro lidi po úrazech, kteří potřebují speciální ergonomické řešení. Výhody zahrnují výrazné zvýšení komfortu, snížení rizika zdravotních problémů spojených s používáním myši a lepší přizpůsobení individuálním potřebám uživatele.

Nicméně, takováto personalizace má i své nevýhody. Proces návrhu je časově náročný a vyžaduje vyšší finanční investice. Je potřeba kvalifikovaný člověk, který rozumí 3D skenování, CAD programům a 3D tisku, což může dále zvýšit náklady. Přesto pro ty, kteří mají specifické požadavky a hledají maximální ergonomický komfort, může být investice do individuálně navržené myši velmi výhodná.

Ekonomické zhodnocení výroby ukázalo, že náklady na výrobu jedné myši pomocí 3D tisku činí 145,059 Kč. Tento způsob výroby je výhodný pro malé série a prototypování díky nízkým počátečním investicím. Na druhé straně, metoda vstřikování plastů, která zahrnuje vysoké fixní náklady na výrobu forem  $F_{CCZK} = 4\,324\,250$  Kč, se stává ekonomicky výhodnější při větších sériích, konkrétně při výrobě více než 31 701 kusů, kdy náklady na výrobu jednotlivých kusů klesají a kvalita povrchové úpravy je vyšší.

Závěrem lze konstatovat, že použití 3D tisku pro výrobu ergonomických myši je vhodné pro malé série a umožňuje flexibilní a rychlé prototypování. Pro sériovou výrobu velkých objemů by však byla vhodnější technologie vstřikování plastů, která nabízí lepší ekonomické podmínky



při výrobě velkého množství kusů. Tato práce přinesla cenné poznatky pro další vývoj a výrobu ergonomických počítačových myší.

---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Bezdrátová vertikální myš Canyon CNS-CMSW16B [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: [https://www.alza.cz/canyon-cns-cmsw16b-d5831457.htm?kampan=adwacc\\_prislušenství-pro-it-tv\\_pla\\_all\\_obecná-css\\_mysi\\_c\\_1003717\\_\\_CNwm10a2\\_661623830045\\_~148780168463~&gclid=CjwKCAjw9cCyBhBzEiwAJTUWNTapdj2UWdXy-aEwne3RDyS0Z00OFyz5-R8XMdzYV\\_f0aLxGC62qfRoCx14QAvD\\_BwE](https://www.alza.cz/canyon-cns-cmsw16b-d5831457.htm?kampan=adwacc_prislušenství-pro-it-tv_pla_all_obecná-css_mysi_c_1003717__CNwm10a2_661623830045_~148780168463~&gclid=CjwKCAjw9cCyBhBzEiwAJTUWNTapdj2UWdXy-aEwne3RDyS0Z00OFyz5-R8XMdzYV_f0aLxGC62qfRoCx14QAvD_BwE)
  2. *Linie trupu Benchy*. Online. Dostupné z: [https://help.prusa3d.com/cs/article/linie-trupu-benchy\\_124745](https://help.prusa3d.com/cs/article/linie-trupu-benchy_124745). [cit. 2024-05-15].
  3. *Myš SteelSeries Rival 3 (S62513) černá*. Online. Dostupné z: [https://www.datart.cz/mys-steelseries-rival-3-s62513-cerna.html?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwouexBhAuEiwAtW\\_Zx7y29fGaTN4y6RQ9PKN1UEZgc3wjcmXUBEmwCt1K77iMOl9dCdHgJxoCPz0QAvD\\_BwE](https://www.datart.cz/mys-steelseries-rival-3-s62513-cerna.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwouexBhAuEiwAtW_Zx7y29fGaTN4y6RQ9PKN1UEZgc3wjcmXUBEmwCt1K77iMOl9dCdHgJxoCPz0QAvD_BwE). [cit. 2024-05-15].
  4. *RIVAL 3*. Online. Dostupné z: <https://steelseries.com/gaming-mice/rival-3>. [cit. 2024-05-15].
  5. *Minimální mzda 2024 - zvýšení na 18.900 Kč*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/mzda/minimalni-mzda/>. [cit. 2024-05-18].
  6. *FILAMENT - HERZ - ABS BLACK 1KG*. Online. Dostupné z: <https://us.craftbot.com/products/filament-herz-abs-black-1kg?variant=32779549737040>. [cit. 2024-05-18].
  7. *Aktuální (průměrná) cena 1 kWh elektřiny*. Online. Dostupné z: <https://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>. [cit. 2024-05-18].
  8. *Minimální mzda 2024 - zvýšení na 18.900 Kč*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/mzda/minimalni-mzda/>. [cit. 2024-05-18].
  9. *EUR, euro - převod měn na CZK, českou korunu*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/kurzy-men/prevodnik-men/EUR-CZK/>. [cit. 2024-05-18].
  10. *Průvodce materiály*. Online. Dostupné z: [https://help.prusa3d.com/cs/article/abs\\_2058](https://help.prusa3d.com/cs/article/abs_2058). [cit. 2024-05-20].
  11. *Materiálový slovník*. Online. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/>. [cit. 2024-05-20].
  12. *3D printing post-processing can make your work look better and improve strength. Learn post-processing methods for PLA, PETG, ABS, and more!*. Online. 2023. Dostupné z: <https://all3dp.com/2/fdm-3d-printing-post-processing-an-overview-for-beginners/>. [cit. 2024-05-20].
  13. *Průvodce materiály pro 3D tisk*. Online. 2023. Dostupné z: [https://www.mcae.cz/wp-content/uploads/2021/08/Material\\_Guide\\_CZ\\_A4\\_7-2021\\_V20.pdf](https://www.mcae.cz/wp-content/uploads/2021/08/Material_Guide_CZ_A4_7-2021_V20.pdf). [cit. 2024-05-20].
  14. *10 methods for 3d printing post-processing*. Online. 2023. Dostupné z: <http://cz.insta3dp.com/info/10-methods-for-3d-printing-post-processing-pl-79276821.html>. [cit. 2024-05-20].
  15. *Myš Canyon vertikální (CNS-CMSW16B) černá*. Online. Dostupné z: <https://www.datart.cz/canyon-bezdratova-opticka-vertikalni-mys-6-tlacitek-usb-2-0-rozliseni-800-1200-1600-dpi-cerna-cns-cmsw16b.html>. [cit. 2024-05-24].
-

- 
16. The Chair for You. Online. Dostupné z: [https://www.hermanmiller.com/en\\_eur/products/seating/office-chairs/cosm-chairs/](https://www.hermanmiller.com/en_eur/products/seating/office-chairs/cosm-chairs/). [cit. 2024-05-24].
  17. Logitech Ergo K860: nová ergonomická klávesnice přináší pohodlnější psaní všemi deseti. Online. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/logitech-ergo-k860-nova-ergonomicka-klavesnice-prinasi-pohodlnejsi-psani-vsemi-deseti/sc-3-a-202033/default.aspx>. [cit. 2024-05-24].
  18. MEENAKHI MEDICAL COLLEGE HOSPITAL & RI ENATHUR, KANCHIPURAM. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/slideshow/ergonomicspptx-252592461/252592461>. [cit. 2024-05-24].
  19. STRÍTESKÝ, Ondřej; PRŮŠA, Josef a BACH, Martin. *Základy 3D tisku*. Praha: Prusa Research a.s, 2019.
  20. WALLACH, Liza a KLOSKI, Nick. *Začínáme s 3D tiskem*. Brno: Computer Press, 2017.
  - 21.
- 
1. *Bambu Lab X1 series*. Online. Dostupné z: [spo](#). [cit. 2024-05-14].
  2. Bezdrátová vertikální myš Canyon CNS-CMSW16B [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: [https://www.alza.cz/canyon-cns-cmsw16b-d5831457.htm?kampan=adwacc-prislušenství-pro-it-tv\\_pla\\_all\\_obecná-css\\_mysi\\_c\\_1003717\\_\\_CNwm10a2\\_661623830045\\_~148780168463~&gclid=CjwKCAjw9cCyBhBzEiwAJTUWNTapdj2UWdXy-aEwne3RDyS0Z00OFyz5-R8XMdzYV\\_fOaLxGC62qfRoCx14QAvD\\_BwE](https://www.alza.cz/canyon-cns-cmsw16b-d5831457.htm?kampan=adwacc-prislušenství-pro-it-tv_pla_all_obecná-css_mysi_c_1003717__CNwm10a2_661623830045_~148780168463~&gclid=CjwKCAjw9cCyBhBzEiwAJTUWNTapdj2UWdXy-aEwne3RDyS0Z00OFyz5-R8XMdzYV_fOaLxGC62qfRoCx14QAvD_BwE)
  3. *Linie trupu Benchy*. Online. Dostupné z: [https://help.prusa3d.com/cs/article/linie-trupu-benchy\\_124745](https://help.prusa3d.com/cs/article/linie-trupu-benchy_124745). [cit. 2024-05-14].
  4. 10 methods for 3d printing post-processing. Online. 2023. Dostupné z: <http://cz.insta3dp.com/info/10-methods-for-3d-printing-post-processing-pl-79276821.html>. [cit. 2024-05-14].
  5. GLIVICKÝ, Vladimír, 1975. *Úvod do ergonomie*. Praha: Práce.
  6. GILBERTOVÁ, Sylva a MATOUŠEK, Oldřich. *Ergonomie. Optimalizace lidské činnosti*. Praha: Grada Publishing, 2002. ISBN 80-247-0226-6.
  7. MAREK, Jakub a Petr SKŘEHOT, 2009. *Základy aplikované ergonomie*. Praha: VÚBP. ISBN 978-80-86973-58-6.
  8. MEENAKHI MEDICAL COLLEGE HOSPITAL & RI ENATHUR, KANCHIPURAM. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/slideshow/ergonomicspptx-252592461/252592461>. [cit. 2024-05-14].
  9. The Chair for You. Online. Dostupné z: [https://www.hermanmiller.com/en\\_eur/products/seating/office-chairs/cosm-chairs/](https://www.hermanmiller.com/en_eur/products/seating/office-chairs/cosm-chairs/). [cit. 2024-05-14].
  10. Logitech Ergo K860: nová ergonomická klávesnice přináší pohodlnější psaní všemi deseti. Online. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/logitech-ergo-k860-nova->
-

- 
- ergonomicka-klavesnice-prinasi-pohodlnejsi-psani-vsemi-deseti/sc-3-a-202033/default.aspx. [cit. 2024-05-14].
11. UHLÍŘ, Filip, 2006. Design počítačové myši. Brno. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
  12. Vývoj počítačových myši a jejich technologie [online], 2006. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/vyvoj-pocitacovych-mysi-a-jejich-technologie/14609>
  13. Zemřel tvůrce první počítačové myši. Bill English ji v roce 1963 vyrobil ze dřeva [online], 2020. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://tech.hn.cz/c1-66798750-zemrel-tvurce-prvni-pocitacove-mysi-bill-english-ji-v-roce-1963-vyrobil-ze-dreva>
  14. A person who designed an Apple mouse talks about his own career and teaching to the next generation [online], 2014. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: [https://gigazine.net/gsc\\_news/en/20140819-jim-yurchenco/](https://gigazine.net/gsc_news/en/20140819-jim-yurchenco/)
  15. Je ergonomická myš pro mě vhodnější? [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.logitech.com/cs-cz/ergo/ergonomic-mouse-benefits.html>
  16. The Mouse – Did You Know The Average Computer User Clicks Thousands Of Times A Day? [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.ergoequip.com.au/the-mouse-did-you-know-the-average-computer-user-clicks-thousands-of-times-a-day/>
  17. Syndrom karpálního tunelu [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://nchusti.kzcr.eu/pacienti/onemocneni-a-lecba/page/syndrom-karpalniho-tunelu>
  18. Výhody ergonomických myši [online], 2023. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/vyhody-ergonomickych-mysi#:~:text=Ergonomick%C3%A1%20my%C5%A1%3A&text=Jin%C3%A9%20de signy%20mohou%20zahrnovat%20trackbally,ve%20svalech%2C%20%C5%A1lch%C3%A1ch%20a%20kloubech.>
  19. Vertical ergonomic mouse [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.trust.com/en/product/24635-bayo-ergo-wired-mouse>
  20. Jedna velikost nemusí padnout všem [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.logitech.com/cs-cz/ergo/mouse-hand-size.html>
  21. LOGITECH MX VERTICAL [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: [https://www.alza.cz/logitech-mx-vertical-d5448525.htm?kampan=adwacc\\_prislušenství-pro-it-tv\\_pla\\_all\\_obecná\\_css\\_mysi\\_c\\_1003717\\_MG125h01\\_661623830045~148780168463~&gclid=CjwKCAjw9cCyBhBzEiwAJTUWNb4VJxKEC\\_tqB9-6bDiTo\\_m7LZj9DXilRVQx6mY6M32\\_rVLoP0nHhxoCLfIQAvD\\_BwE](https://www.alza.cz/logitech-mx-vertical-d5448525.htm?kampan=adwacc_prislušenství-pro-it-tv_pla_all_obecná_css_mysi_c_1003717_MG125h01_661623830045~148780168463~&gclid=CjwKCAjw9cCyBhBzEiwAJTUWNb4VJxKEC_tqB9-6bDiTo_m7LZj9DXilRVQx6mY6M32_rVLoP0nHhxoCLfIQAvD_BwE)
  22. ZACH, Petr, 2016. Reverzní inženýrství 3D skenování. Bakalářská práce. Vysoká škola technická a ekonomická, Katedra strojírenství.
  23. Remeshing and Mesh Constraints [online], 2018. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.gradientspace.com/tutorials/2018/7/5/remeshing-and-constraints>
  24. Darwin [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://reprap.org/wiki/Darwin>
  25. STRÍTESKÝ, Ondřej; PRŮŠA, Josef a BACH, Martin. *Základy 3D tisku*. Praha: Prusa Research a.s, 2019.
  26. WALLACH, Liza a KLOSKI, Nick. *Začínáme s 3D tiskem*. Brno: Computer Press, 2017.
-

27. 3D PRINTING [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.linseikiasiapacific.com/prototyping-service/3d-printing-0>
  28. Metal Additive Manufacturing: 5 Questions to Ask a Potential Metal Powder Supplier [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://amfg.ai/2020/04/02/metal-additive-manufacturing-5-questions-to-ask-a-potential-metal-powder-supplier/>
  29. VAJSKEBR, Tomáš, 2022. TISK 3D OBJEKTŮ S OHLEDEM NA RŮZNÉ DRUHY MATERIÁLU. Plzeň. Bakalářská práce. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI.
  30. Materiálový slovník. Online. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/>. [cit. 2024-05-20].
  31. *Průvodce materiály*. Online. Dostupné z: [https://help.prusa3d.com/cs/article/abs\\_2058](https://help.prusa3d.com/cs/article/abs_2058). [cit. 2024-05-20].
  32. 3D printing post-processing can make your work look better and improve strength. Learn post-processing methods for PLA, PETG, ABS, and more!. Online. 2023. Dostupné z: <https://all3dp.com/2/fdm-3d-printing-post-processing-an-overview-for-beginners/>. [cit. 2024-05-20].
  33. Průvodce materiály pro 3D tisk. Online. 2023. Dostupné z: [https://www.mcae.cz/wp-content/uploads/2021/08/Material\\_Guide\\_CZ\\_A4\\_7-2021\\_V20.pdf](https://www.mcae.cz/wp-content/uploads/2021/08/Material_Guide_CZ_A4_7-2021_V20.pdf). [cit. 2024-05-20].
  34. 10 methods for 3d printing post-processing. Online. 2023. Dostupné z: <http://cz.insta3dp.com/info/10-methods-for-3d-printing-post-processing-pl-79276821.html>. [cit. 2024-05-20].
  35. *RIVAL 3*. Online. Dostupné z: <https://steelseries.com/gaming-mice/rival-3>. [cit. 2024-05-15].
  36. *Myš SteelSeries Rival 3 (S62513) černá*. Online. Dostupné z: [https://www.datart.cz/mys-steelseries-rival-3-s62513-cerna.html?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwouexBhAuEiwAtW\\_Zx7y29fGaTN4y6RQ9PKN1UEZgc3wjcmXUBEmwCt1K77iMOl9dCdhgJxoCPz0QAvD\\_BwE](https://www.datart.cz/mys-steelseries-rival-3-s62513-cerna.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwouexBhAuEiwAtW_Zx7y29fGaTN4y6RQ9PKN1UEZgc3wjcmXUBEmwCt1K77iMOl9dCdhgJxoCPz0QAvD_BwE). [cit. 2024-05-15].
  - 37.
-

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

## Symbols

Označení	Legenda	Jednotka
$N_m$	náklady na materiál	[Kč]
$C_m$	Cena za kg materiálu	[Kč]
$S_m$	Spotřeba materiálu na jednu myš	[g]
$N_e$	Náklady na energii	[Kč]
$S_e$	Spotřeba energie	[kWh]
$P_t$	Výkon tiskárny	[W]
$t_t$	Doba tisku	[h]
$C_e$	Cena za kWh	[Kč/kWh]
$N_p$	Náklady na postprocessing	[Kč]
$H_s$	Hodinová sazba	[Kč/h]
$t_p$	Celkový čas postprocessingu	[h]
$t_{pod}$	Čas odstranění podpor	[h]
$t_b$	Čas broušení	[h]
$t_z$	Čas zjemnění acetonem	[h]
$C_{nt}$	Celkové náklady na výrobu jedné myši pomocí 3D tisku	[Kč]
$F_{cEUR}$	Cena čtyř kavitní formy pro vrchní díl	[EUR]
$F_{vrch}$	mezní deformace	[EUR]
$F_{spod}$	Cena čtyř kavitní formy pro spodní díl	[EUR]
$F_{spod}$	Cena čtyř kavitní formy pro spodní díl	[EUR]
$F_{DPI}$	Cena šestnácti kavitní formy pro DPI tlačítko	[EUR]
$F_{cCZK}$	Fixní náklady v CZK	[Kč]
$V_{cEUR}$	Variabilní náklady v EUR	[EUR]
$V_{vrch}$	Cena pro vrchní díl	[EUR]
$V_{cCZK}$	Variabilní náklady v CZK	[Kč]
$V_{cCZK}$	Variabilní náklady v CZK	[Kč]
$B_z$	Bod zlomu	[ks]



## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1      Technické parametry 3D tiskárny BambuLab X1 Carbon  
Příloha 2      Doba tisku



## Technické parametry 3D tiskárny BambuLab X1 Carbon [1]

Technology		X1-Carbon	X1
		Fused Deposition Modeling	
Body	Build Volume (W×D×H)	256 × 256 × 256 mm <sup>3</sup>	
	Chassis	Steel	
	Shell	Aluminum & Glass	Plastic & Glass
Tool Head	Hotend	All-Metal	
	Extruder Gears	Hardened Steel	Steel
	Nozzle	Hardened Steel	Stainless Steel
	Max Hot End Temperature	300 °C	
	Nozzle Diameter (Included)	0.4 mm	
	Nozzle Diameter (Optional)	0.2 mm, 0.6 mm, 0.8 mm	
	Filament Cutter	Yes	
	Filament Diameter	1.75 mm	
Heatbed	Compatible Build Plate	Bambu Cool Plate, Bambu High Temperature Plate, Bambu Textured PEI Plate, Bambu Smooth PEI Plate, Bambu Dual-Texture PEI Plate	
	Max Build Plate Temperature	110°C @220V, 120°C @110V	
Speed	Max Speed of Tool Head	500 mm/s	
	Max Acceleration of Tool Head	20 m/s <sup>2</sup>	
	Max Hot End Flow	32 mm <sup>3</sup> /s @ABS(Model: 150*150mm single wall; Material: Bambu ABS; Temperature: 280°C)	
Cooling	Part Cooling Fan	Closed Loop Control	
	Hot End Fan	Closed Loop Control	
	Control Board Fan	Closed Loop Control	
	Chamber Temperature Regulator Fan	Closed Loop Control	
	Auxiliary Part Cooling Fan	Closed Loop Control	Optional
	Air Filter	Activated Carbon Filter	Optional
Supported Filament	PLA, PETG, TPU, ABS, ASA, PVA, PET	Yes	
	PA, PC	Ideal	Capable
	Carbon / Glass Fiber Reinforced Polymer	Ideal	Not Recommended
Sensors	Bambu Micro Lidar	Yes	
	Chamber Monitoring Camera	1920 × 1080 Included	Optional
	Door Sensor	Yes	
	Filament Run Out Sensor	Yes	
	Filament Odometry	Optional with AMS	
	Power Loss Recover	Yes	
Physical Dimensions	Dimensions	389 × 389 × 457 mm <sup>3</sup>	
	Net Weight	14.13kg	13.18kg
Electrical Requirements	Voltage	100-240 VAC, 50/60 Hz	
	Max Power	1000W@220V, 350W@110V	
Electronics	Display	5-inch 1280 × 720 Touch Screen	
	Connectivity	Wi-Fi, Bambu-Bus	
	Storage	4GB EMMC and Micro SD Card Reader	
	Control Interface	Touch Screen, APP, PC Application	
	Motion Controller	Dual-Core Cortex M4	
	Application Processor	Quad ARM A7 1.2 GHz	
	Neural-Network Processing Unit	2 Tops	
Software	Slicer	Bambu Studio Support third party slicers which export standard G-code such as Superslicer, Prusaslicer and Cura, but certain advanced features may not be supported.	
	Slicer Supported OS	MacOS, Windows	

Barevné schéma		Typ Linky	
Typ Linky	Čas	Procento	Displej
Vnitřní stěna	26m4s	6,2%	✓
Vnější stěna	1h13m	17,3%	✓
Převíslá stěna	1m2s	0,2%	✓
Vnitřní výplň	35m36s	8,4%	✓
Vnitřní plná výplň	26m42s	6,3%	✓
Horní plocha	3m21s	0,8%	✓
Spodní plocha	2m40s	0,6%	✓
Most	41s	0,2%	✓
Výplň mezery	13m15s	3,1%	✓
Podpěry	2h0m	28,6%	✓
Kontaktní vrstva podpěr	20m20s	4,8%	✓
Vlastní	7m1s	1,7%	✓
Rychloposun	1h32m	21,8%	
Retrakce			
Deretrakce			
Čištění			
Švy			✓
<b>Celkový odhad</b>			
Filament:	20,47 m	51,21 g	
Náklady:	1,02		
Čas přípravy:	6m45s		
Doba tisku modelu:	6h55m		
Celkový čas:	7h2m		