



Středoškolská technika 2017

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Zrcadlový Dalekohled

Tomáš Poštulka

STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ
TŘ. 17. LISTOPADU 49, OLOMOUC

STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ, OLMOUC,
TŘ. 17. LISTOPADU 49

Zrcadlový dalekohled

MATURITNÍ PRÁCE

Jméno a příjmení, třída: Tomáš Poštulka 4. C.

Vedoucí maturitní práce: Ing. Boris Šmárik

Olomouc 2017

Prohlašuji, že jsem maturitní práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené prameny a literaturu.

Datum:

Podpis

Děkuji tímto svému vedoucímu práce Ing. Borisi Šmárikovi za čas, pozornost a odborné rady. Děkuji Ing. Petře Najdekrové za cenné rady s formálními náležitostmi mé práce. Také bych chtěl poděkovat pedagogům SPŠS Olomouc, kteří mi jakkoliv pomohli. Dále děkuji své rodině za podporu a trpělivost.

Obsah

Obsah	3
1 Úvod.....	4
2 Historie dalekohledu	5
3 Základní dělení dalekohledů	9
3.1 Základní dělení dle typu objektivu	9
3.2 Základní dělení dle použití	9
3.3 Základní dělení dle typu montáže.....	10
3.4 Pohony pro hvězdářské dalekohledy	12
3.5 Zrcadlový dalekohled	15
4 Tvorba 3D modelu	17
4.1 Úpravy dalekohledu	24
4.1.1 Původní a nová konstrukce montáže.....	24
4.1.2 Navržení objímky pro fotoaparát	25
5 Kontrolní výpočet šnekového převodu	26
5.1 Kontrolní výpočet	28
6 Technologická část.....	37
7 Ekonomická část	46
8 Závěr.....	47

1 Úvod

Pro svou maturitní práci jsem si vybral téma hvězdářský zrcadlový dalekohled. Měl jsem hned několik důvodů. Prvním důvodem byl můj zájem o astronomii. Dalším důvodem bylo, že jsem se nespokojil jen s pozorováním vzdálených hvězd, ale toužil jsem přenést zářící oblohu na plochu mého počítače (zachytit na papír). Proto jsem se rozhodl pokusit se o spojení astronomie a vybraných technických vymožeností 21. století. Na mysli mám především hlavní objekt mé práce, tj. zrcadlový dalekohled, ale také digitální fotoaparát a různé pomůcky a doplňky. Z celé řady konstrukčních možností jsem si vybral zrcadlový dalekohled, díky kterému mohu pozorovat vzdálené kouty vesmíru. V této práci se budu zabírat možnostmi, jak co nejlépe využít dalekohled pro astrofotografii.

Tato maturitní práce je členěna na teoretickou a praktickou část. Textová část bude rozdělena na jednotlivé kapitoly. V prvních dvou kapitolách se zaměřím na historii a základní dělení dalekohledů. Ve třetí kapitole se budu věnovat tvorbě 3D modelu dalekohledu a jeho součástí. Poslední dvě kapitoly jsem vyhradil technologické a ekonomické rovině. V této části práce vytvořím odpovídající výkresovou dokumentaci a zpracuji ekonomickou bilanci mého projektu.

Cílem mé práce v rámci teoretické části je na základě dostupné odborné literatury popsat historii dalekohledu a shrnout poznatky o různých konstrukčních variantách. V praktické části práce je mým cílem vytvořit 3D model dalekohledu, který již nějakou dobu osobně používám. Cíle konstrukční části práce lze shrnout do následujících bodů:

- úprava hlavního kloubu na montáži tak, aby bylo možné přesněji seřídít dalekohled pro pozorování,
- připojení motoru k hlavní ose otáčení dalekohledu,
- výroba nástavce pro fotoaparát CANON – A3000 IS.

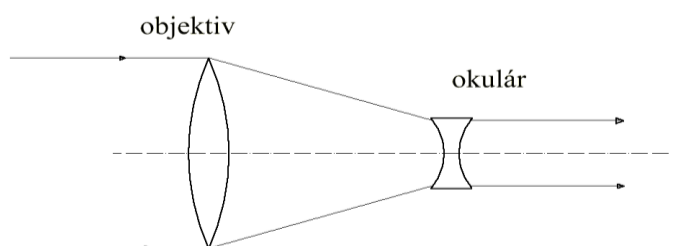
Pro zvýšení užitečných vlastností navrhnu převod pohonu a tělo kloubu přizpůsobené k přesnějšímu ustavení dalekohledu pro pozorování. Ustavení je snaha srovnat osu rotace dalekohledu s osou rotace Země. Dále navrhnu nástavec pro fotoaparát k upevnění na dalekohled tak, abych s jeho pomocí mohl vytvářet fotografie vesmírných těles. Tyto úpravy technicky zdokumentuji a následně i zrealizuji.

2 Historie dalekohledu

Zmínka o prvním dalekohledu byla zaznamenána 2. října 1608, když byla v Nizozemsku podána žádost o patentová práva na „přístroj přibližující pomocí čoček věci vzdálené“. Žádost podal Hans (Johann) Lippershey z Middelburgu (1570 - 1619), nizozemský brusič skel a výrobce brýlí. Nebyl sice úplně první, co se týče přibližovacích skel, ty už používali staří Peršané a Arabové, ale dalekohled vstoupil do dějin díky němu.

Prvním, kdo pak využil dalekohled pro astronomické účely, byl už v roce 1609 známý Galileo Galilei. Jeho dalekohled se skládá z jedné rozptylky a jedné spojky. Vykonal s ním řadu astronomických objevů. Jeho první dalekohled z roku 1609 zvětšoval pouze třikrát, ale o rok později už 23 x. S jeho pomocí objevil Galileo v letech 1609 a 1610 krátery a hory na Měsíci, čtyři největší Jupiterovy měsíce a pás Mléčné dráhy. (1)

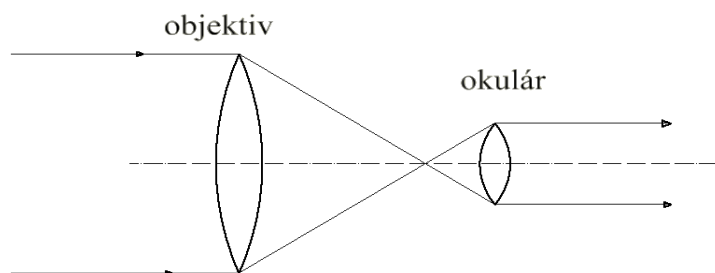
Galileův dalekohled



Obrázek 1 Galileův dalekohled

O něco později se do Prahy vydal Johannes Kepler (1571-1630) za vynikajícím pozorovatelem oblohy Tycho de Brahem a po jeho smrti působil jako astronom na dvoře císaře Rudolfa II. Zde navrhl nový typ dalekohledu, v němž je objektivem i okulárem spojná čočka. (1)

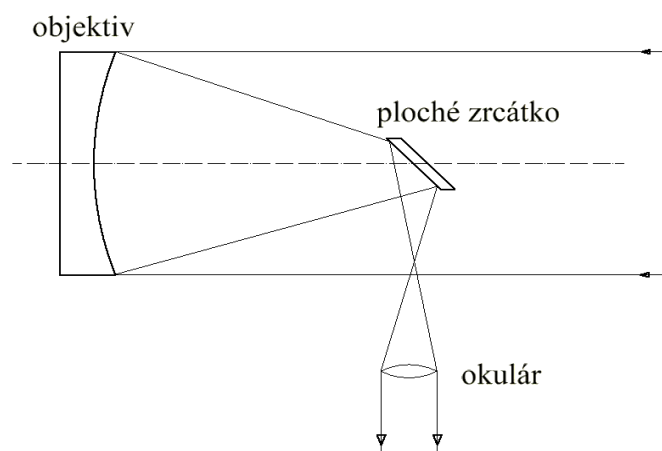
Keplerův dalekohled



Obrázek 2 Keplerův dalekohled

Další zdokonalení čekalo až na anglického fyzika, matematika a astronoma Isaaca Newtona. Ten navrhl v roce 1671 využít místo soustavy čoček soustavu zrcadel. Princip je takový, že světelné paprsky se v dalekohledu odrazí dutým zrcadlem do jeho ohniskové roviny, která je na stejné straně jako pozorovaný objekt. Proto se musely odražené paprsky zakřiveného zrcadla korigovat malým rovným zrcátkem. Toto ploché zrcátko bylo nastavené tak, aby se mohl obraz pozorovat postranním okulárem. Původní Newtonův dalekohled zvětšoval 38x. (1)

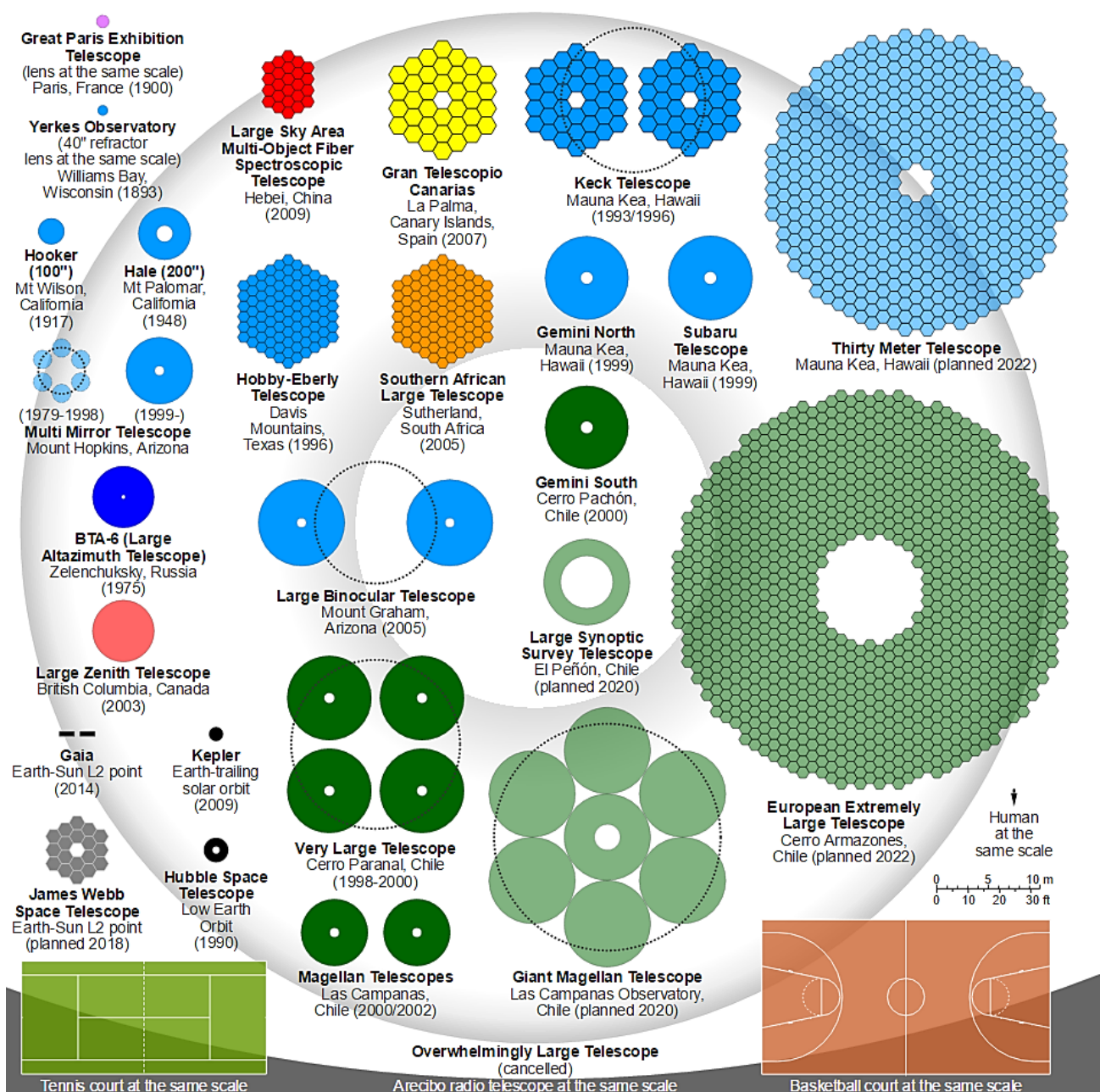
Newtonův dalekohled



Obrázek 3 Newtonův dalekohled

Z historického pohledu tedy víme, že dalekohledy se zprvu sestavovaly čočkové. Později, hlavně od 18. století, se začaly prosazovat zrcadlové, protože čočky se při velikosti nad 1 metr nedají vybrousit dostatečně přesně. Reflektor jako objektiv využívá nejčastěji parabolické zrcadlo. Dalekohledy se liší také konstrukčně, protože čočkový dalekohled má čočku umístěnou na horním konci tubusu, zatímco zrcadlový má objektiv ukrytý dole na konci tubusu. (1)

Pro zvýšení výkonu dalekohledu se v současné době začalo hojně využívat skládání obrazů z více dalekohledů či zrcadel. Zde jsou ukázky uspořádání zrcadel:



Obrázek 4 Složená zrcadla (8)

Dalším významným krokem ve vývoji dalekohledu byl Hubbleův vesmírný dalekohled (HST - Hubble Space Telescope). Ten na oběžnou dráhu Země do výše 600 kilometrů vynesl v roce 1990 při letu STS-31 americký raketoplán Discovery a slouží po několika opravách dodnes. (1)



Obrázek 5 Hubbleův vesmírný dalekohled (6)

Zajímavým pokusem je také projekt Blast (Official Special Project of the International Year of Astronomy 2009), kdy byl nad Antarktidu vynesena balón s teleskopem Blast, který se po dobu 11 dní vznášel ve výšce 37 km. Během této mise zaznamenal v infračervené oblasti spektra 10x víc galaxií než pozemské dalekohledy za poslední desetiletí. (1)



Obrázek 6 Foto projektu Blast (7)

3 Základní dělení dalekohledů

Optický dalekohled či teleskop je přístroj k optickému přiblížení obrazu vzdálených objektů pomocí dvou soustav čoček nebo zrcadel (objektivu a okuláru), jimiž se obraz pozoruje. Je mnoho způsobů, jak dalekohledy rozdělovat, a já zde popíši některé z nich. Hlavními parametry optických dalekohledů jsou světelnost a zvětšení. (2)

- Světelnost dalekohledu určuje opticky účinná plocha objektivu,
- Zvětšení určuje poměr ohniskových vzdáleností objektivu a okuláru.

3.1 Základní dělení dle typu objektivu

- Refraktory, jejichž objektiv je tvořen čočkou nebo soustavou čoček,
- Reflektory, jejichž objektiv je tvořen zrcadlem,
- Elektronické skládání obrazu z více dalekohledů,
- Maksutov.

3.2 Základní dělení dle použití

- dalekohledy astronomické,
- dalekohledy pozemní (terestrické) včetně zaměřovacích a geodetických,
- divadelní kukátka,
- optická mířidla pro zbraně,
- triedry. (2)

3.3 Základní dělení dle typu montáže

Azimetální montáž (AZ)

Nejjednodušší a nejlevnější montáž je azimetální. Tuto montáž většina lidí zná a používá k fotografování. S dalekohledem lze pohybovat horizontálně a vertikálně. To je omezení pro astronomická pozorování, ale výborně se hodí na pozemní pozorování. (3)



Obrázek 7 Azimetální montáž (9)

Paralaktická (rovníková) montáž (EQ)

Je poněkud složitější montáž, ale umožní sledovat pohyb tělesa na obloze s pomocí rotace okolo jedné osy (ne automaticky, ale pomocí lanka). Na rozdíl od azimetální montáže, rovníková montáž je větší, těžší a potřebuje více času na instalování a zaměření. Nicméně umožňuje komfortnější pozorování. Navíc může být rovníková montáž vybavená motorky a dálkovým ovládáním, což ještě usnadňuje pozorování. (3)



Obrázek 8 Paralaktická montáž (12)

Go To montáž

Aniž bychom zacházeli do detailů, je třeba podotknout, že je to velmi komfortní modul, kde stačí vybrat požadovaný objekt, stisknout tlačítko a dalekohled se sám zaměří na vybraný objekt a bude ho samostatně sledovat. Bohužel pořizovací náklady jsou mnohonásobně vyšší než u předchozích montáží. (3)



Obrázek 9 Go To montáž (11)

Montáž Dobson

Tato montáž se používá hlavně pro velké reflektory (zrcadlové dalekohledy). Je levná a velmi pohodlná. Nepotřebuje instalaci. Je založena na stejném principu jako azimutální montáž a určena pro reflektor s průměrem zrcadla od 300mm. (3)



Obrázek 10 Montáž Dobson (12)

3.4 Pohony pro hvězdářské dalekohledy

Pohon je důležitý k dlouhodobějšímu sledování bodu či hvězdy na obloze. Pokud chceme vytvářet fotografie s delší expozicí, tak se bez pohonu neobejdeme. Pohon umožňuje eliminovat posun objektů po obloze způsobovaný otáčením Země kolem své osy.

Dělení pohonů:

- hodinový pohon,
- hodinové strojky, se všesměrovým elektrickým pohybem,
- Go To pohony.

Hodinový pohon

Hodinový pohon (strojek) je v podstatě jednoduchý motorek s převodem, který kompenzuje rotaci Země a udržuje objekt v zorném poli teleskopu. (4)



Obrázek 11 Hodinový strojek (14)



Obrázek 12 Kvalitnější hodinový strojek (15)

Všesměrové hodinové strojky

Tento druh pohonu je doplnění předcházejícího hodinového stroje o jeden další motor, díky kterému můžeme ovládat i druhou osu otáčení. Tento druhý pohon nastavuje velikost deklinace, což je úhlová výška od světového rovníku.



Obrázek 13 Hodinový strojek a pomocný motor (16)



Obrázek 14 Hodinový strojek a pomocný motor (15)

Go To pohony

Systémem lze řídit motory montáže, a tím řídit rychlost a směr otáčení dalekohledu devíti různými rychlostmi a pomocí funkce „Go To“ automaticky vyhledávat objekt z databáze uložené v paměti ovladače. Jakýkoli objekt z databáze lze jednoduše vybrat, stisknout klávesu Go To na ovladači, a pokud je objekt nad obzorem, dalekohled jej vyhledá a nastaví do zorného pole okuláru, kde jej můžete pozorovat. Motory montáže se při sledování astronomických objektů pomalu otáčejí dalekohledem, a udržují tak pozorovaný cíl v zorném poli dalekohledu. (5)



Obrázek 15 Go To montáž (11)

3.5 Zrcadlový dalekohled

Už nějakou dobu se zajímám o astronomii. K pozorování využívám zrcadlový dalekohled od společnosti Sky-Watcher. Tato firma je nejspíše nejznámějším a největším výrobcem hvězdářských dalekohledů pro širokou veřejnost. Já využívám dalekohled Teleskop BK 114/500 EQ1 typu Newton. Jedná se o zrcadlový dalekohled umístěný na paralaktické montáži EQ1 a s hliníkovým stativem LT2.



Technické parametry tohoto dalekohledu

Rozlišení:	1sek
Okuláry:	12mm a 20mm (zvětšení 100x a 50x)
Hledáček:	StarPointer
Typ:	Newton (reflektor)
Průměr zrcadla:	114 mm
Ohnisková vzdálenost:	500 mm
Světelnost:	f/4,4
Limitní magnituda:	12,9 mag
Okulárový výtah:	1,25 "
Montáž:	paralaktická německá EQ-1
Stativ:	hliníkový LT2
Výška stativu:	67-119 cm
Rozměr tubusu:	15x41 cm
Hmotnost:	8kg
Hmotnost s obalem:	11,5 kg
Rozměr obalu:	76x28x23 cm

Tabulka 1 Parametry dalekohledu (6)

4 Tvorba 3D modelu

V této části mé práce se věnuji tvorbě elektronického 3D modelu mého dalekohledu. Zde můžete sami zhodnotit podobnost mezi skutečností a elektronickým modelem. Celý model je tvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2017.

Stativ

První část, kterou jsem vytvořil v již zmíněném programu, byl hliníkový stativ. Skládá se ze tří polohovacích nožek. Každou z nich lze samostatně polohovat podle potřeby. Dále je zde rozpěrný kříž, který zajišťuje správné rozložení nožek. Nejdůležitější část je upínací hlava, na kterou dosedá montáž a jednotlivé nohy.

Fotografie a 3D model hliníkového stativu



Obrázek 17 Fotka stativu

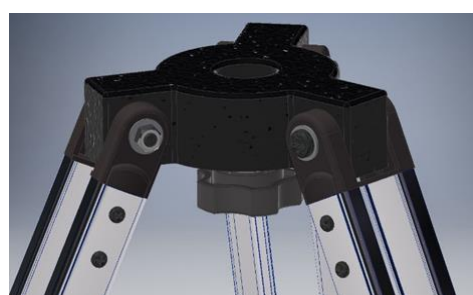


Obrázek 18 Model stativu

Fotografie a 3D model hlavní upínací části stativu



Obrázek 19 Fotka hlavy stativu

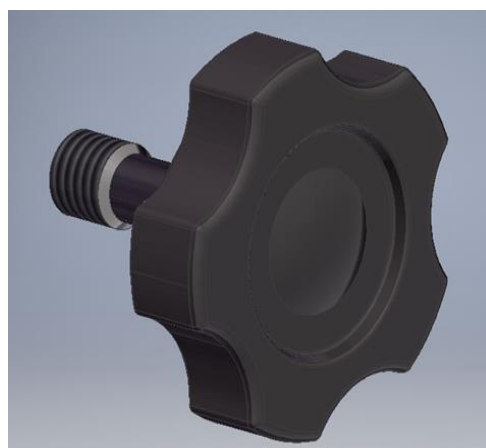


Obrázek 20 Model hlavy stativu

Fotografie a 3D model upínacího šroubu



Obrázek 21 Fotka upínacího šroubu

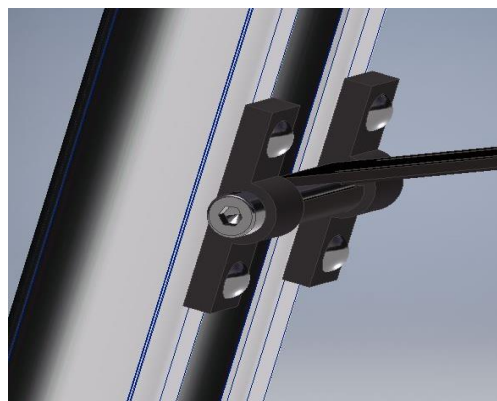


Obrázek 22 Model upínacího šroubu

Fotografie a 3D model upínání pro rozpěrný kříž



Obrázek 23 Fotka upnutí rozpěrného kříže

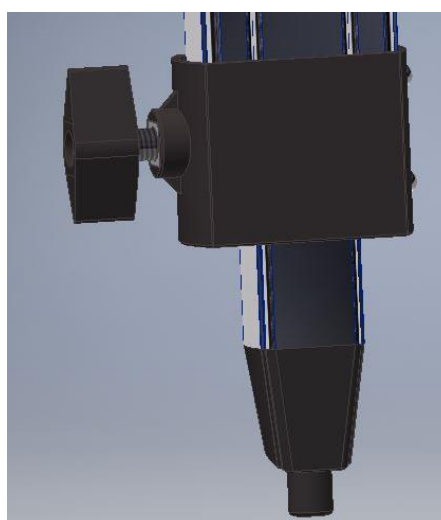


Obrázek 24 Model upnutí rozpěrného kříže

Fotografie a 3D modelu polohovací nožky



Obrázek 25 Fotka polohovací nožky



Obrázek 26 Model polohovací nožky

Montáž

Další část mé tvorby se zaměřila na montáž dalekohledu. Jedná se o kloub, díky němuž lze lehce a přesně pohybovat optickým zařízením. V našem případě jde o kloub zrcadlového dalekohledu. V montáži jsou obsaženy 2 převodové části. Zabývají se nastavením deklinace a rektascenze. K této montáži se ještě vrátíme v kapitole 4.1, jelikož jsem navrhl několik úprav konstrukce.

Deklinace (δ) je v systému rovníkových souřadnic hodnota, která udává úhlovou vzdálenost od světového rovníku.

Rektascenze je souřadnice, která udává úhel mezi rovinou deklinační kružnice hvězdy a rovinou deklinační kružnice procházející jarním bodem.

Fotografie a 3D model montáže



Obrázek 27 Fotka montáže

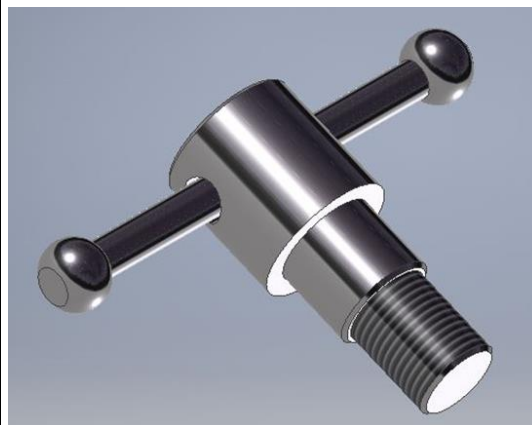


Obrázek 28 Model montáže

Šroub 1



Obrázek 29 Fotka prvního šroubu



Obrázek 30 Model prvního šroubu

Šroub 2



Obrázek 31 Fotka druhého šroubu



Obrázek 32 Model druhého šroubu

Vidlice pro upnutí a nastavení zeměpisné šířky montáže



Obrázek 33 Fotka vidlice

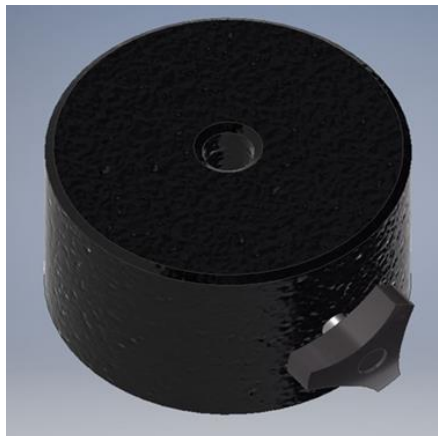


Obrázek 34 Model vidlice

Závaží pro vyvážení dalekohledu (snižuje namáhání montáže)



Obrázek 35 Fotka protizávaží



Obrázek 36 Model protizávaží

Upínací třmen (obepíná tubus se zrcadlem a upíná jej k montáži)

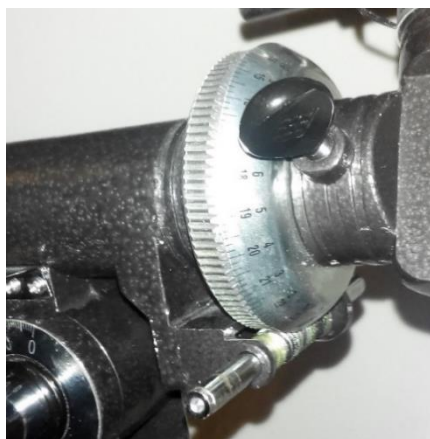


Obrázek 37 Fotka objímky

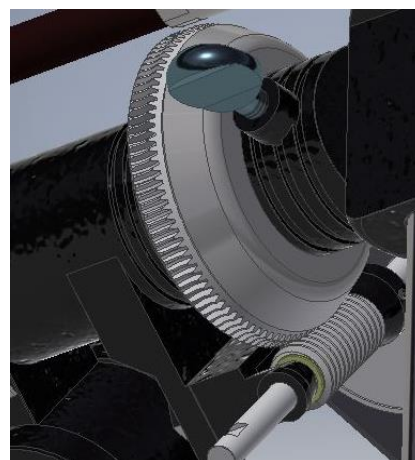


Obrázek 38 Model objímky

Šnekový převod pro jemné nastavování rektascenze



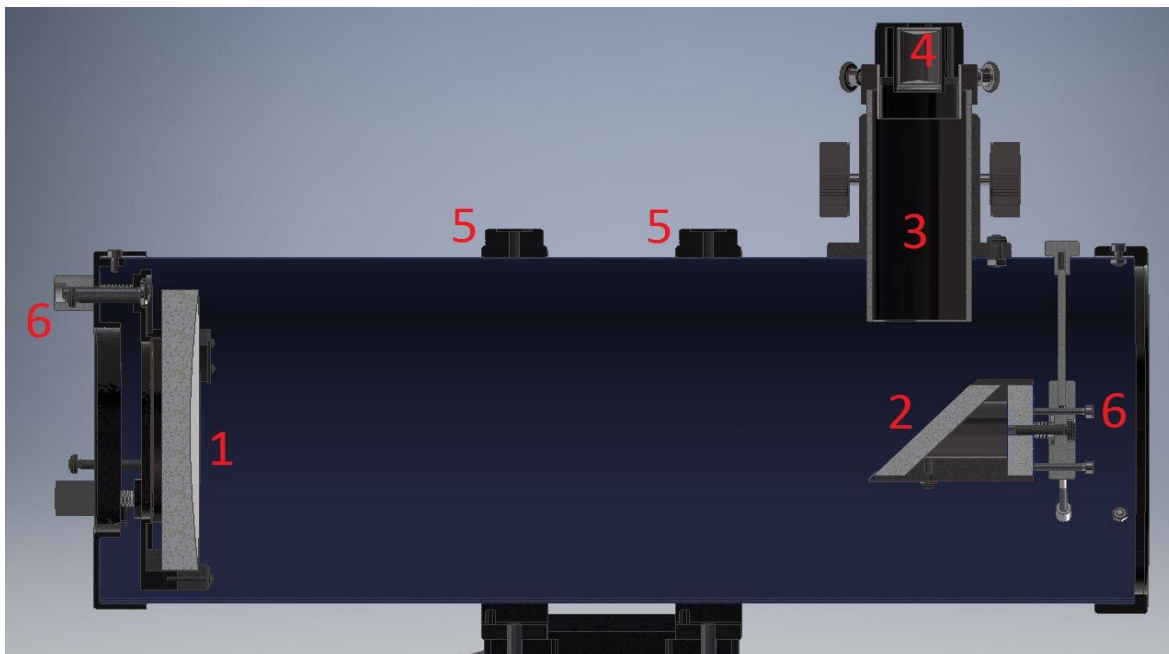
Obrázek 39 Fotka šnekové převodovky



Obrázek 40 Model šnekové převodovky

Optické zařízení

Nejdůležitější částí celého dalekohledu je optické zařízení. V mojí práci se jedná o zrcadlový dalekohled typu Newton. Celý dalekohled je složen z hlavního parabolického zrcadla, sekundárního přímého zrcadla a okuláru umístěného v okulárovém výtahu.



Obrázek 41 Řez modelem optického systému typu Newton

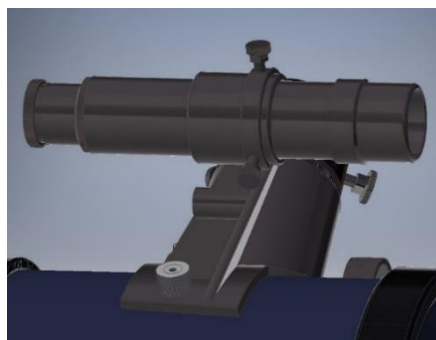
Vysvětlivky:

1. Hlavní parabolické zrcadlo o průměru 114 mm
2. Sekundární přímé zrcadlo
3. Okulárový výtah (pro zaostření)
4. Okulár složený ze dvou čoček
5. Upínací třmen
6. Centrovací šroubky

Hledáček pro přibližné nalezení pozorovaného objektu



Obrázek 42 Fotka hledáčku

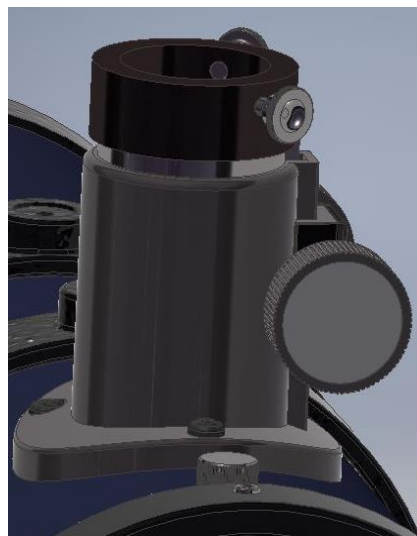


Obrázek 43 Model hledáčku

Okulárový výtah pro doostření pozorovaného objektu

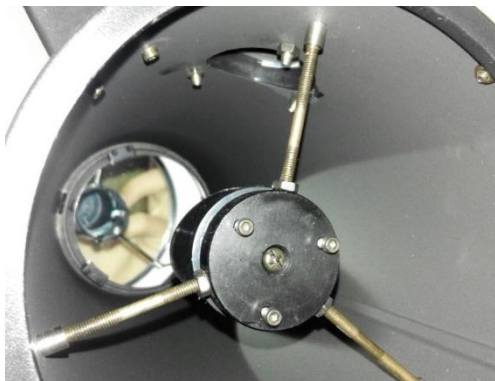


Obrázek 44 Fotka okulárového výtahu

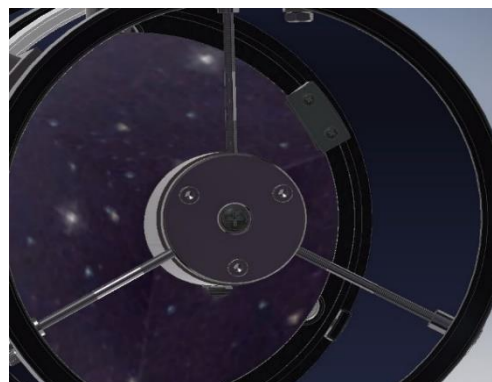


Obrázek 45 Model okulárového výtahu

Pohled skrze hlavní otvor do útrobu zrcadlového dalekohledu



Obrázek 46 Fotka vnitřní stavby dalekohledu

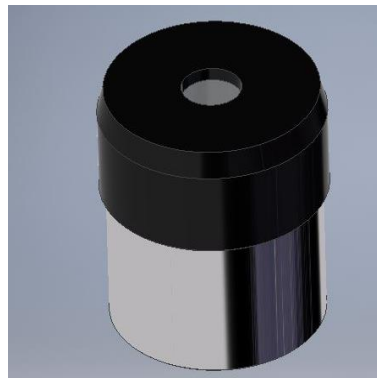


Obrázek 47 Model vnitřní stavby dalekohledu

Okulár



Obrázek 48 Fotka okuláru



Obrázek 49 Model okuláru

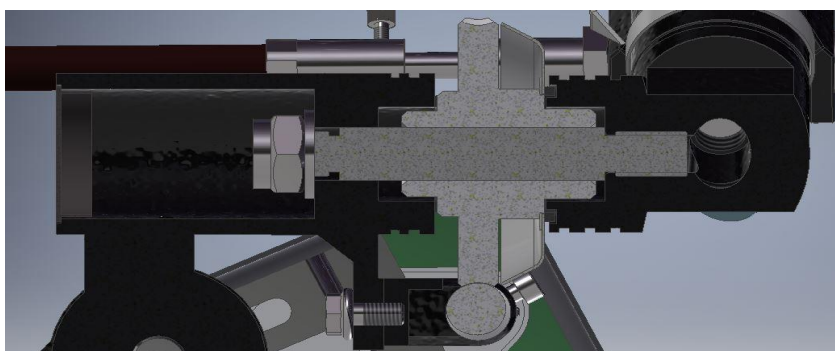
4.1 Úpravy dalekohledu

Další částí této práce se stala úprava stávajícího dalekohledu pro přesnější ustavení na počátku pozorování a jeho použití pro foto astronomii. Navrhnul jsem úpravu montáže a také objímku pro fotoaparát.

4.1.1 Původní a nová konstrukce montáže

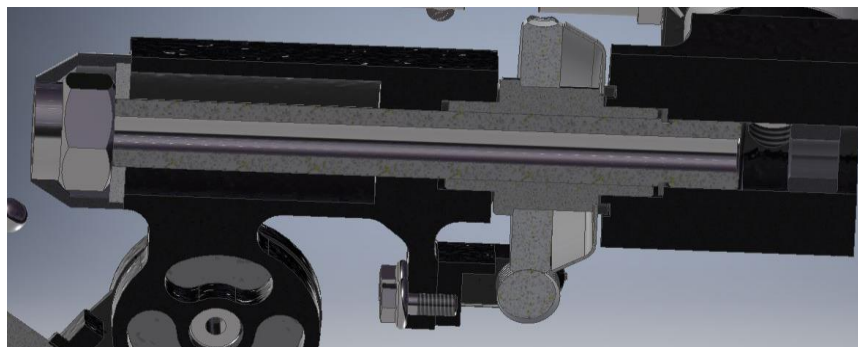
Na počátku každého pozorování s dalekohledem umístěném na paralaktické (rovníkové) montáži zmíněné v kapitole 2.3 je nutné sjednotit osu otáčení hlavní osy dalekohledu s osou rotace Země. V praxi se tohoto dá docílit tak, že osu rotace šnekového kola zaměříte na Polárku. Pokud chceme pohodlnější pozorování nebo ostřejší fotografie, tak se bez tohoto ustavení neobejdeme. Pokud takto ustavený dalekohled namíříme na určitou hvězdu či bod, stačí zapnout motorek. Ten pak udržuje bod stále uvnitř okuláru a objekt lze vyfotografovat či jen pozorovat. Pro přesnější ustavení jsem navrhl tuto úpravu. Nosnou hřídel jsem prodloužil a vytvořil v ní otvor po celé délce. Tím jsem získal zaměřovací zařízení. Usnadní a zrychlí ustavení dalekohledu.

Řez původním dalekohledem



Obrázek 50 Řez původním dalekohledem

Řez upraveným dalekohledem



Obrázek 51 Řez upraveným dalekohledem

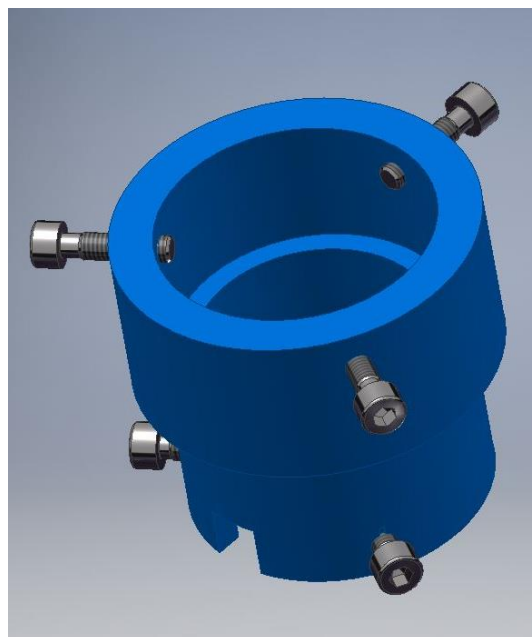
4.1.2 Navržení objímky pro fotoaparát

Další částí je samotná objímka pro fotoaparát. Celou objímku jsem navrhnul pro tisk na 3D tiskárně, kterou vlastní naše škola. Tuto novou technologii jsem chtěl vyzkoušet a zjistit, zda je výrobek dostatečně přesný a pevný. (Cílem použití této nové technologie bylo ověření kvalitativních parametrů v praxi, zejména přesnost tisku a pevnost materiálu).

Objímka pro fotoaparát



Obrázek 52 Fotka již zhotovené objímky pro fotoaparát



Obrázek 53 Model objímky

Tuto objímku jsem navrhnul pro fotoaparát CANON – A3000 IS. Snažil jsem se o co nejjednodušší konstrukci. Proto konstrukci tvoří pouze dva kroužky. Ty do sebe perfektně zapadnou. Po obvodu obou kroužků jsem vyvrtal vždy tři díry, ty slouží pro vycentrování fotoaparátu a okuláru. Každá dírka je opatřena závitem M5. Výkresy jsou přiloženy v příloze.

5 Kontrolní výpočet šnekového převodu

V této části se věnuji kontrole mnou navržených a upravených součástí, o kterých jsem pojednával v předchozích kapitolách. Provedením kontroly chci předejít vážnému poškození dalekohledu, přičemž se zaměřím na šnekový převod a dvě související hřídele. Kontrolu budu provádět pomocí výpočtů a z důvodu absence některých dat provedu speciální měření.

Zjišťování potřebných hodnot pro výpočet

Na vstupu hlavní šnekové hřídele je připojen motorek s převodovkou (hodinový strojek). Pro kontrolu součástí potřebuji výkon. Proto jsem provedl měření ve školních dílnách elektrotechniky. Změřil jsem základní parametry motoru a baterie, která jej napájí. Následně jsem spočítal výkon.

Změřené hodnoty:	hodnota	jednotka
U (napětí)	9	V (volt)
I (proud)	0,04	A (ampér)

Výkon pak spočítám ze vztahu:

$$P = U * I = 9 * 0,04 = 0,36 W$$

Další důležitou hodnotou byly otáčky na výstupu převodovky hodinového strojku. Provedl jsem 4 kontrolní měření, abych zanedbal chybu. Na výstupní hřídel a kryt motoru jsem si vytvořil rysku. Měřil jsem dobu za, níž se hřídel otočí o 360°. Motorek lze spustit ve více rychlostech pro výpočet použiji maximální rychlost otáčení šneku.

	1.	2.	3.	4.	měření
čas (min)	0:01:24	0:01:24	0:01:25	0:01:24	0:01:24

a po převedení na otáčky za minutu získám:

$$n_1 = 1 \text{ ot}/1,4 \text{ min} = 0,71 \text{ ot/min}$$

Převodový poměr jsem zjistil z poměru počtu zubů na šneku a šnekovém kole.

	šnek (z_1)	šnek. Kolo
počet zubů	1	100

$$i_{1,2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{100}{1} = 100$$

kde: $i_{1,2}$ = převodový poměr
 z_1 = počet zubů na šneku
 z_2 = počet zubů na šnekovém kole

pro všechny výpočty uvažuji gravitační zrychlení $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Základní parametry potřebné k výpočtu:

$P = 0,36 \text{ W}$
 $n_1 = 0,71 \text{ min}^{-1}$
 $i_{1,2} = 100$

výpočet otáček pro jednotlivé hřídele

otáčky šneku $n_1 = 0,012 \text{ ot} \cdot \text{s}^{-1}$
 $n_1 = 0,71 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

otáčky šnekového kola $n_2 = 0,00012 \text{ ot} \cdot \text{s}^{-1}$
 $n_2 = 0,0071 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

vypočet modulu

$$m = D/z$$

kde m = modul

D = průměr š. kola 58 mm
 z = počet zubů 100 zubů

$$m = 58 / 100 = 0,58 \text{ mm}$$

Délka šneku minimální

$$b_{1\text{min}} = 2,5 \cdot m \cdot (z+1; ^{0,5}) = 14,57 \text{ mm}$$

z = počet zubů 100 zubů
 m = modul 0,58 mm

volím délku šneku $b_1 = 25 \text{ mm}$

šířka šnekového kola minimální

$$b_{2\text{min}} = 2,5 \cdot m \cdot (0,5 \cdot (q+1; ^{0,5})) = 7,37 \text{ mm}$$

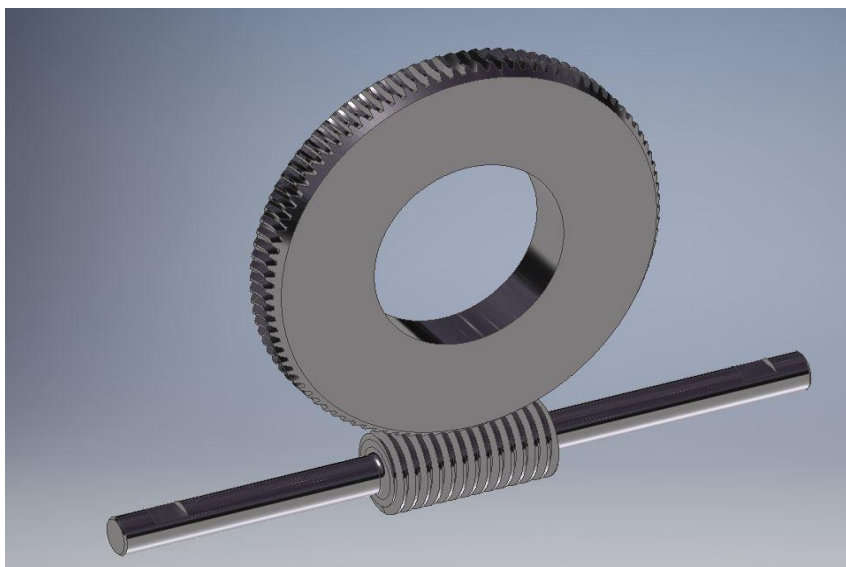
q = součinitel průměru šneku 20
 m = modul 0,58 mm

volím šířku šnekového kola $b_2 = 8 \text{ mm}$

5.1 Kontrolní výpočet

Kontrola šnekového převodu

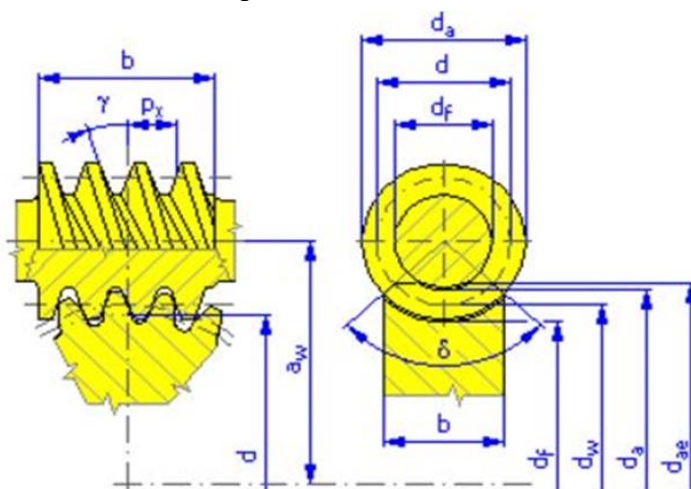
Zde je proveden kontrolní výpočet a kompletní diagnostika soukolí šnekové převodovky. V programu Autodesk Inventor Professional 2017 vložím zjištěné parametry požadovaného soukolí do aplikace Design accelerator. Program zkontroluje a vymodeluje soukolí.



Obrázek 54 šnekový převod model

Do programu zadávám tyto hodnoty:

$P = 0,36$	W	výkon
$n_1 = 0,71$	min^{-1}	otáčky šneku
$i_{1,2} = 100$	-	převodový poměr
$b_2 = 8$	mm	šířka šnekového kola
$b_1 = 25$	mm	délka šneku
$q = 20$	-	součinitel průměru šneku



Obrázek 55 šnekový převod

Program vygeneruje model šnekového převodu a vypočte hodnoty potřebné pro výrobu.

☐ Společné parametry

Převodový poměr	i	100,0000 ul
Modul	m	0,580 mm
Osový modul	m_x	0,581 mm
Úhel sklonu	γ	2,8660 deg
Úhel profilu	α	19,9770 deg
Součinitel průměru šneku	q	20,0000 ul
Vzdálenost os	a_w	35,126 mm
Osová rozteč zubů	p_x	1,8244 mm
Rozteč zubů	p_n	1,8221 mm
Základní rozteč	p_b	1,714 mm
Stoupání šroubovice	p_z	1,824 mm
Délka šneku	b_1	25,000 mm
Šířka kola	b_2	8,000 mm
Osový úhel profilu	α_x	20,0001 deg
Základní úhel sklonu	β_b	2,6934 deg
Součinitel trvání záběru	ε	2,5588 ul
Součinitel záběru profilu	ε_α	2,3393 ul
Součinitel záběru kroku	ε_β	0,2195 ul
Mezní úchylka úhlu os	F_β	0,0090 mm
Zaručená boční vůle	j_{nmin}	0,046 mm
Mezní úchylka vzdálenosti os	f_a	0,028 mm

Tabulka 2 kontrolní výpočet 1

☐ Kola

		Šnek	Šnekové kolo
Typ modelu		Komponenta	Komponenta
Počet chodů	z	1,000 ul	
Počet zubů	z		100,000 ul
Jednotkové posunutí	x	0,0000 ul	0,5000 ul
Průměr roztečné kružnice	d	11,600 mm	58,073 mm
Průměr hlavové kružnice	d_a	12,760 mm	59,813 mm
Průměr patní kružnice	d_f	10,208 mm	57,261 mm
Vnější průměr věnce	d_{ae}		60,393 mm
Průměr základní kružnice	d_b	10,900 mm	54,570 mm
Pracovní roztečný průměr	d_w	12,180 mm	58,073 mm
Úhel zkosení věnce kola	δ		38,40 deg
Výška hlavy zubu	a^*	1,0000 ul	1,0000 ul
Hlavová vůle	c^*	0,2000 ul	0,2000 ul
Zaoblení paty	r_f^*	0,3000 ul	0,3000 ul
Tloušťka zubu	s	0,911 mm	1,122 mm
Osová tloušťka zubu	s_x	0,912 mm	1,123 mm
Mezní obvodové házení ozubení	F_r	0,0115 mm	0,0250 mm
Mezní úchylka čelní rozteče	f_{pt}	0,0075 mm	0,0100 mm
Mezní úchylka základní rozteče	f_{pb}	0,0070 mm	0,0095 mm
Náhradní počet zubů	z_v		100,376 ul
Min. doporučená korekce	x_{min}		-6,606 ul

Tabulka 3 kontrolní výpočet 2

▣ Zatížení

		Šnek	Šnekové kolo
Výkon	P	0,001 kW	0,000 kW
Otáčky	n	0,35 rpm	0,00 rpm
Krouticí moment	T	27,000 N m	270,000 N m
Účinnost	η	0,100 ul	
Radiální síla	F_r	11,657 N	
Obvodová síla	F_t	15,680 N	32,887 N
Axiální síla	F_a	32,887 N	15,680 N
Normální síla	F_n	35,333 N	
Obvodová rychlost	v	0,061 mps	0,003 mps
Kluzná rychlost	v_k	0,061 mps	

▣ Výsledky

Průhyb hřídele šneku	y	0,0016 mm
Ztrátový výkon	Pz	0,000 kW
Max. odvedené teplo	Q	0,031 kW
Kontrolní výpočet		Kladný

Tabulka 4 kontrolní výpočet 3

Kontrolní výpočet vyšel kladný, díky tomu můžeme tento převod aplikovat na navrženou montáž. Následně v programu Autodesk Inventor Professional 2017 vytvořím výkresovou dokumentaci. Ta je vložena v přílohách pod číslem výkresu 27.3.2017.13(1) a 27.3.2017.13(1).

Kontrola šnekové hřídele

☐ Zatížení

		Šnek	Šnekové kolo
Radiální síla	F_r	11,657 N	
Obvodová síla	F_t	15,680 N	32,887 N
Axiální síla	F_a	32,887 N	15,680 N
Normální síla	F_n	35,333 N	

Tabulka 5 Hodnoty zatížení

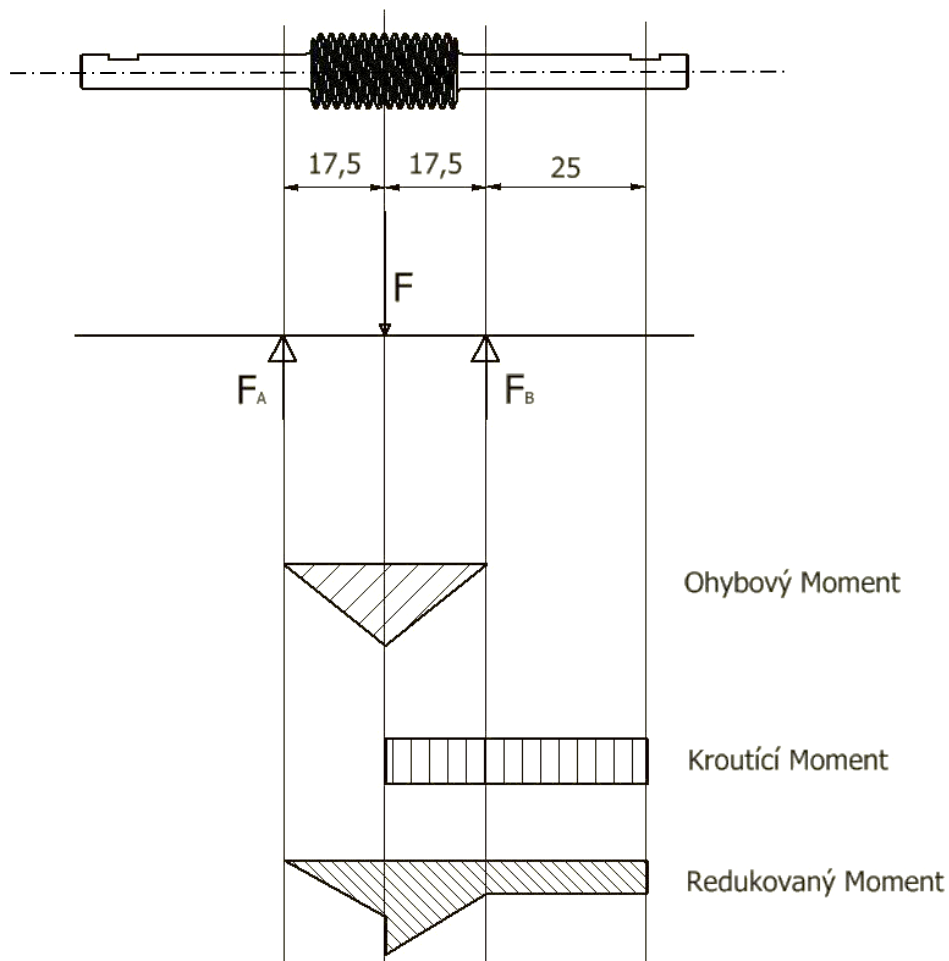
Krouticí moment šnekové hřídele.

$$M_k = \frac{P}{2 * \pi * n_1} = \frac{0,36}{2 * 3,14 * \frac{0,71}{60}} = 4,84 \text{ Nm}$$

Zvolené hodnoty šnekové hřídele

- a 17,5 mm
- b 17,5 mm
- c 25 mm
- suma 60 mm

Silové zatížení hřídele



Obrázek 56 průběh zatížení šnekové hřídele

Síla působící na hřídel je kvůli obvodové síle zkreslená. Pro následující výpočet budu uvažovat výslednici rovnoběžnou s radiální silou.

$$F_1 = \sqrt{F_{t1}^2 + F_r^2} = \sqrt{15,68^2 + 11,657^2} = 14,14 \text{ N}$$

Hřídelové reakce

$$\sum F_x: F_{aš} - F_{Bx} = 0$$

$$F_{bx} = F_{aš} = 32,887 \text{ N}$$

$$\sum F_y: F_{ay} + F_{By} - F_1 = 0$$

$$\sum M_A: F_1 * a - F_{By} * (a + b) = 0$$

$$M_A(F_{By}) = \frac{F_1 * a}{(a + b)} = 7,07 \text{ N}$$

$$\sum M_B: F_1 * b - F_{Ay} * (a + b) = 0$$

$$M_B(F_{Ay}) = \frac{F_1 * b}{(a + b)} = 7,07 \text{ N}$$

Výpočet ohybového momentu.

$$M_{o1} = F_{ay} * a = 29,62 * 0,0175 = 0,12 \text{ Nm}$$

Výpočet redukovaného momentu.

$$M_{red1} = \sqrt{M_{o1}^2 + 0,75 * M_k^2} = 4,20 \text{ Nm}$$

dovolené napětí v ohybu volím pro materiál 11 600		
$\sigma_{od} =$	170 - 250	MPa
volím $\sigma_{od} =$	220	MPa

Výpočet minimálního průměru šnekové hřídele (d_{min}).

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{M_{red1}}{0,1 * \sigma_{od}}} = 0,006 \text{ m}$$

$$d_3 = 5,76 \text{ mm}$$

Volím minimálního průměru šnekové hřídele 6 mm.

Kontrola nosné hřídele

▣ Zatížení

		Šnek	Šnekové kolo
Radiální síla	F_r	11,657 N	
Obvodová síla	F_t	15,680 N	32,887 N
Axiální síla	F_a	32,887 N	15,680 N
Normální síla	F_n	35,333 N	

Tabulka 6 Hodnoty zatížení

Síla působící na hřídel je kvůli obvodové síle zkreslená. Pro následující výpočet budu uvažovat výslednici rovnoběžnou s radiální silou.

$$F_1 = \sqrt{F_{t1}^2 + F_r^2} = \sqrt{15,68^2 + 11,657^2} = 19,14 \text{ N}$$

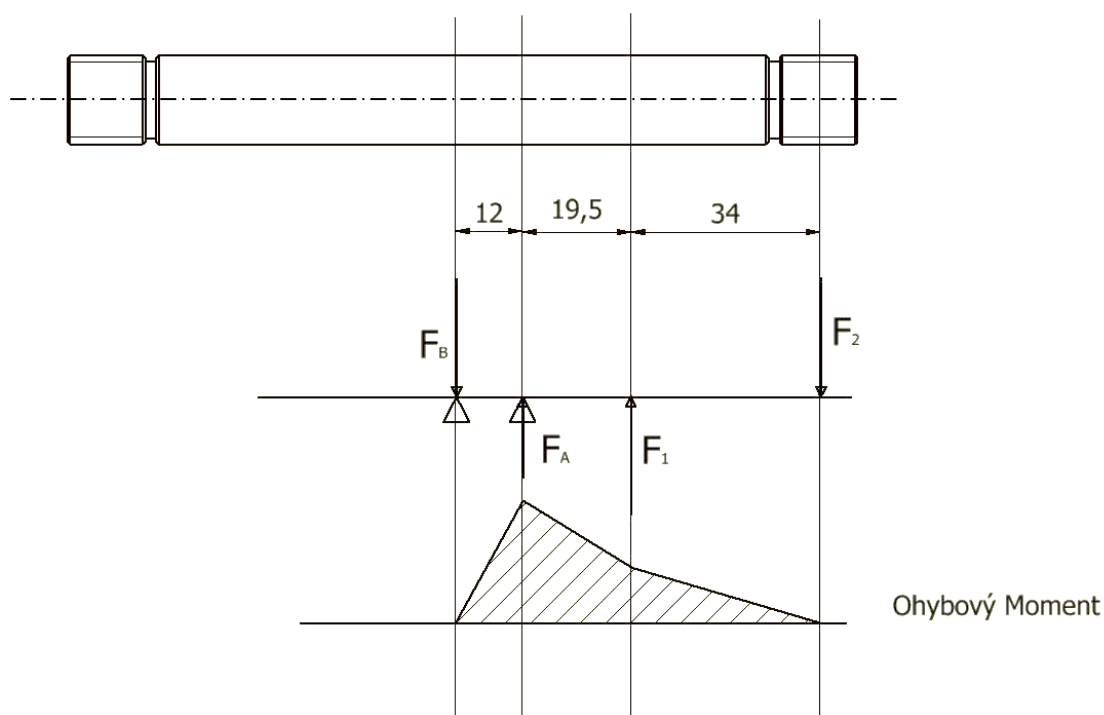
Další síla, která zde působí je síla vyvolaná vahou dalekohledu a protizávaží.

Váha tubusu s protizávažím je $m = 5 \text{ Kg}$.

$$F_2 = m \cdot g = 5 \cdot 10 = 50 \text{ N}$$

Zvolené hodnoty délek hřídele

- a 34 mm
- b 19,5 mm
- c 12 mm
- suma 65,5 mm



Obrázek 57 průběh zatížení nosné hřídele

Hřidelové reakce

$$\sum F_x: F_{a1} + F_{Bx} = 0$$
$$F_{Bx} = Fa \quad 15,68 \text{ N}$$

$$\sum F_y: F_{ay} - F_{By} + F_1 - F_2 = 0$$

$$\sum M_A: F_1 * b + F_{By} * c - F_2 * (a + b) = 0$$

$$Ma(Fby) = \frac{-F_1 * b + F_2 * (a + b)}{c} = 199,94 \text{ N}$$

$$\sum M_B: F_1 * (b + c) + F_{Ay} * c - F_2 * (a + b + c) = 0$$

$$Mb(Fay) = \frac{-F_1 * (c + b) + F_2 * (a + b + c)}{c} = 235,79 \text{ N}$$

Výpočet ohybového momentu

$$M_{o1} = F_{ay} * b = 235,79 * 19,5 = 4,60 \text{ Nm}$$

$$M_{o1} = 4600 \text{ Nmm}$$

Pro výpočet průměru této hřídel musím počítat s tím, že hřídel je dutá. Skrze celou hřídel je otvor $\varnothing d = 8 \text{ mm}$. V konstrukční části této práce jsem zvolil vnější průměr $\varnothing D = 16 \text{ mm}$. Nyní jen provedu kontrolu, zda je průměr správně zvolený.

Ze vztahu odvodím rovnici.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \sigma_{od}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{0,1 * \frac{D^4 - d^4}{D}} \leq \sigma_{od}$$

dovolené napětí v ohybu volím pro materiál 11 600		
$\sigma_{od} =$	170 - 250	MPa
volím $\sigma_{od} =$	200	MPa

Po dosazení získám rovnici.

$$\sigma_o = \frac{4600}{0,1 * \frac{16^4 - 8^4}{16}} = \frac{4600}{0,1 * 3840} = 11,98 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{od} = 200 \text{ MPa} > \sigma_o = 11,98 \text{ MPa}$$

Nosná hřídel vyhovuje.

Kontrola otočné hřídele

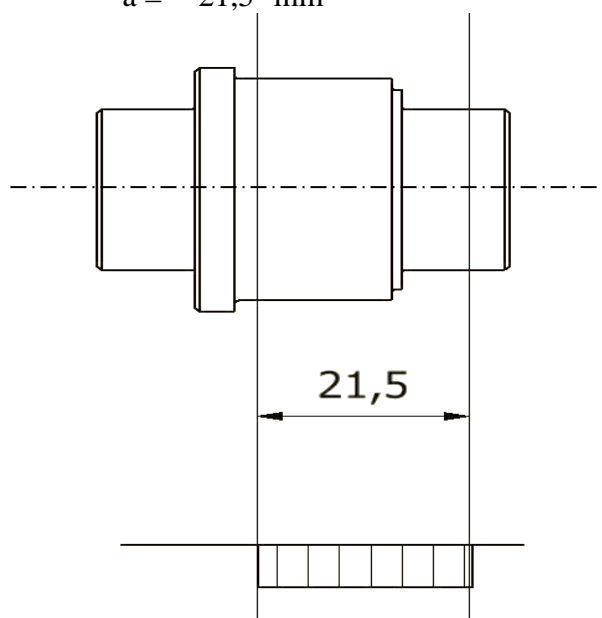
Tato hřídel se otáčí kolem nosné hřídele a je na ni nasunuta s malou vůlí. Tření je sníženo vazelinovým mazivem. V důsledku toho je hřídel namáhána pouze na krut. Zde provedu kontrolu minimálního průměru hřídele. Pro výpočet průměru této hřídel musím počítat s tím, že hřídel je dutá. Skrze celou hřídel je otvor $\text{Ø}d = 16 \text{ mm}$.

Krouticí moment

$$M_k = \frac{P}{2 * \pi * n_1} = \frac{0,36}{2 * 3,14 * \frac{0,0071}{60}} = 484,19 \text{ Nm}$$

Zvolené hodnoty délky hřídele

$$a = 21,5 \text{ mm}$$



Obrázek 58 průběh zatížení otočné hřídele

Krouticí Moment

Ze vztahu odvodím rovnici.

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \tau_{kd}$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{0,2 * \frac{D^4 - d^4}{D}} \leq \tau_{kd}$$

Po dosazení získám rovnici.

$$\tau_k = \frac{484,19}{0,2 * \frac{21^4 - 16^4}{21}} = \frac{484,19}{0,1 * 6140,2} = 0,79 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kd} = 110 \text{ MPa} > \tau_k = 0,79 \text{ MPa}$$

dovolené napětí v krutu volím pro materiál 11 600		
$\tau_{kd} =$	105 - 145	MPa
volím $\tau_{kd} =$	110	MPa

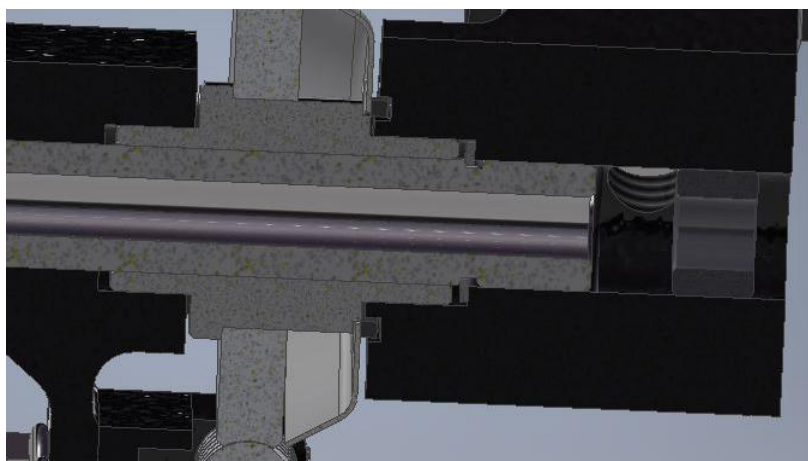
Otočná hřídel vyhovuje

6 Technologická část

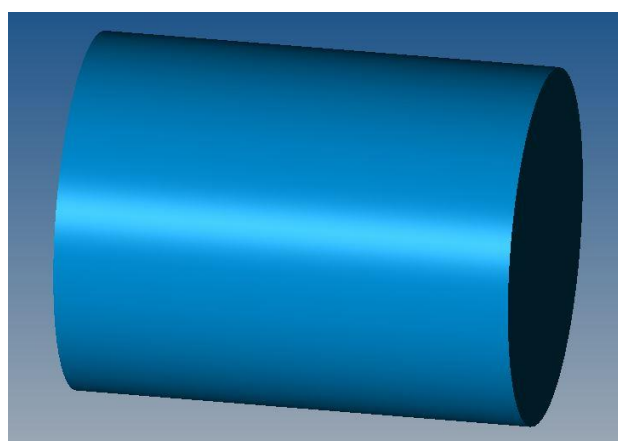
Pro technologickou část jsem si zvolil výrobu první část montáže a otočné hřídele. Ostatní součásti jsem navrhnul tak, aby byly obrobitelné na frézce či soustruhu. Všechny součásti jsou vyrobeny z oceli třídy 11 600. Vytvořil jsem výkresovou dokumentaci všech potřebných součástí. K prvotnímu vymodelování součástek jsem použil program Autodesk Inventor Professional 2017, kde jsem vypracoval i výkresy. Zvolené součásti jsem dále zpracoval v programu SURFCAM 2016 a nechal vygenerovat NC kódy pro jednotlivá nastavení.

Virtuální obrábění otočné hřídele v programu SURFCAM

První obráběnou součástí je hřídel. Je to důležitá součást celé montáže. Na hřídel je totiž nasazené šnekové kolo. Součást je navržena pro výrobu na CNC soustruhu a je vyrobená z oceli třídy 11 600. V přílohách jsou přiloženy nástrojové a operační listy vygenerované v programu SURFCAM. Součást byla na pásové pile uřezána na požadovanou délku dle polotovaru. TYČ KRUHOVÁ Ø35 x 50 ČSN 42 5510 – 11 600

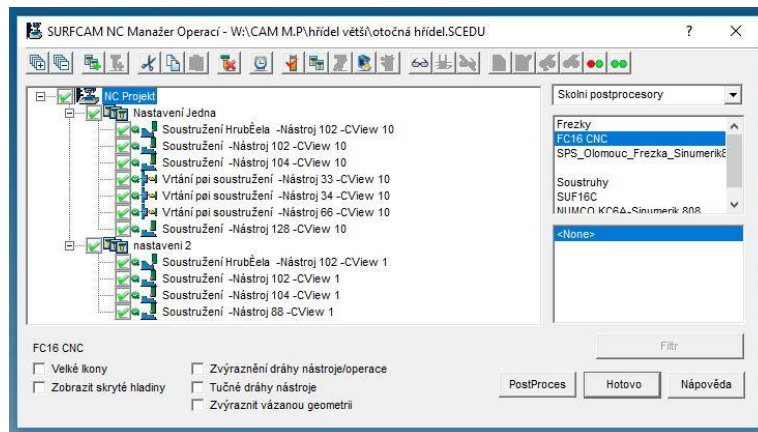


Obrázek 59 otočná hřídel umístěná v dalekohledu



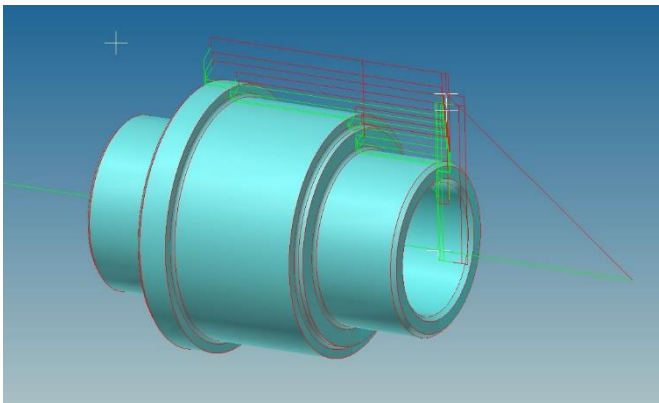
Obrázek 60 Polotovar otočné hřídele

Manažer operací



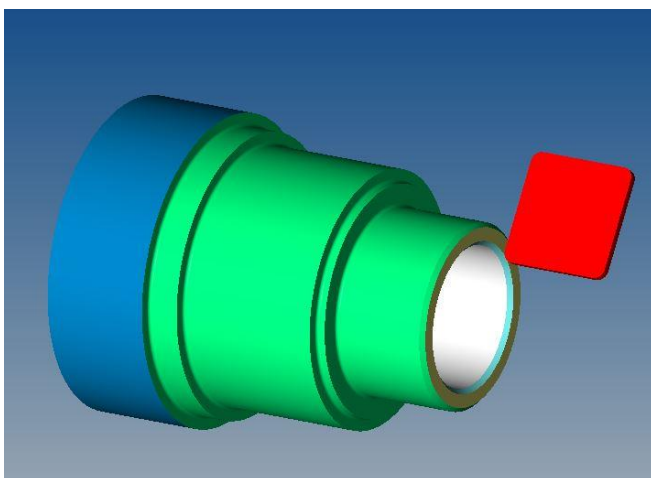
Obrázek 61 Manažer operací pro soustružení

Nastavení Jedna



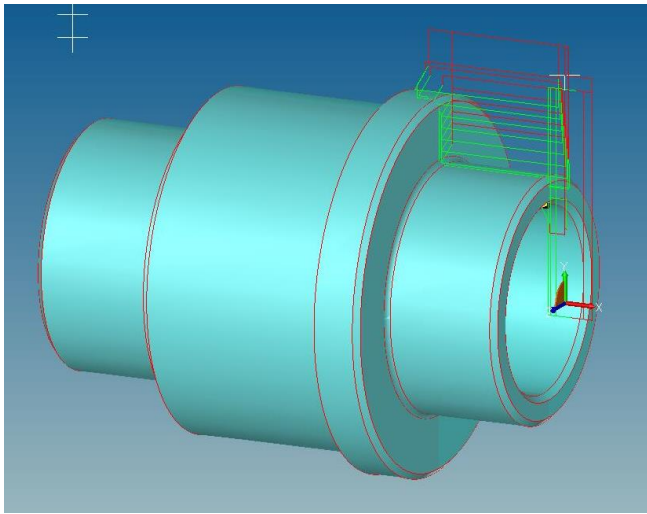
Obrázek 62 Dráhy nástroje při prvním nastavení hřídele

- Hrubování čela
- Soustružení hlavních rozměrů nahrubo
- Soustružení hlavních rozměrů načisto
- Vyvrtání a vystružení
- Sražení vnitřní hrany



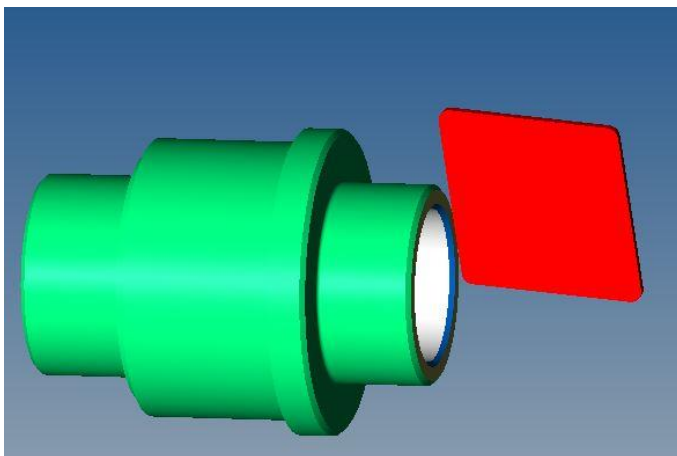
Obrázek 63 Obrobená hřídel po prvním nastavení

Nastavení dva



Obrázek 64 Dráhy nástroje při druhém nastavení hřídele

- Hrubování čela
- Soustružení hlavních rozměrů nahrubo
- Soustružení hlavních rozměrů načisto
- Sražení vnitřní hrany



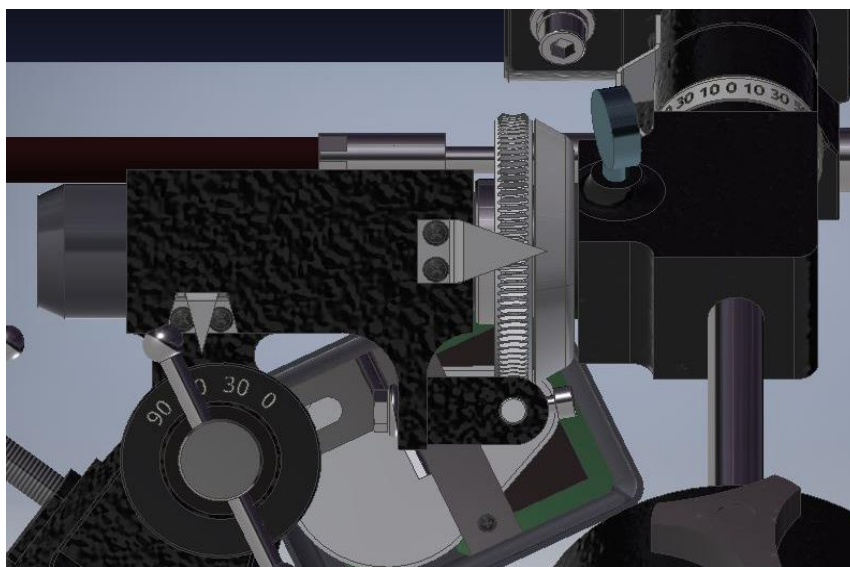
Obrázek 65 Obrobená hřídel po druhém nastavení

Výsledný strojní čas je:

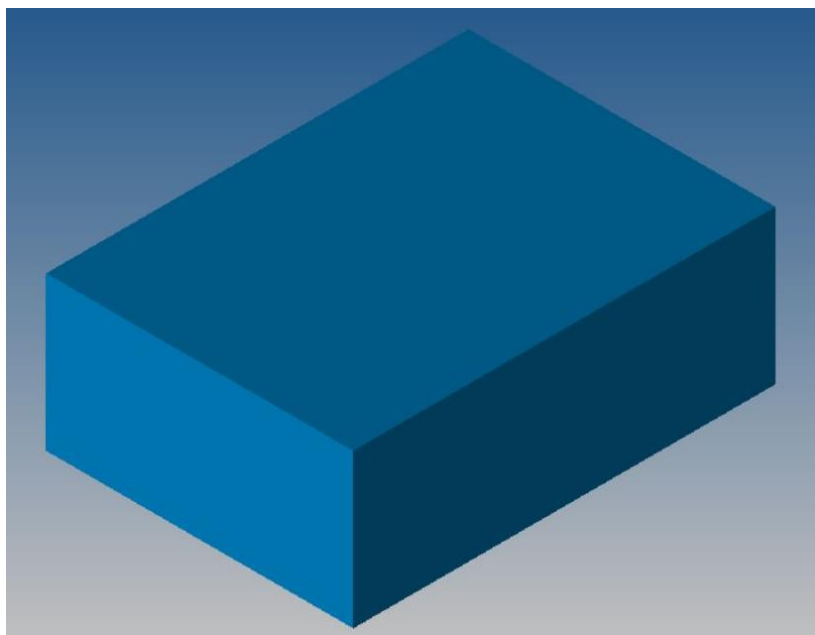
00:07:31 minut

Virtuální obrábění první části montáže v programu SURFCAM

Další obráběnou součástí byla první část montáže. Je to jedna z nejdůležitějších součástí celé montáže. Součást je navržena pro výrobu na CNC frézce a je vyrobena z oceli třídy 11 600. V přílohách jsou přiloženy nástrojové a operační listy vzniklé obrobením v programu SURFCAM. Součást byla na pásové pile uřezána na požadovanou délku dle polotovaru. PLO 80 x 40 – 110 ČSN 42 5522 - 11 600

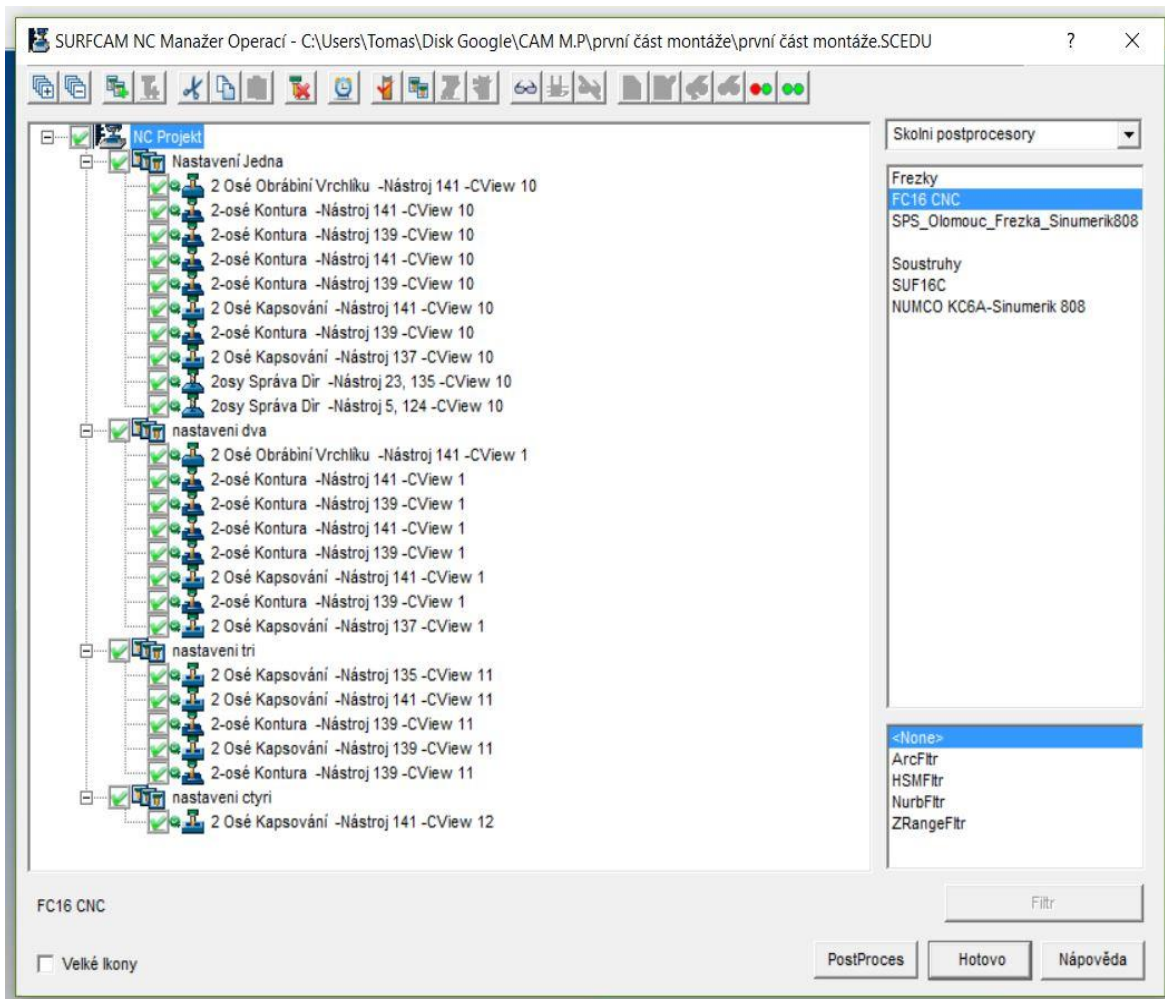


Obrázek 66 První část montáže v sestavené montáži



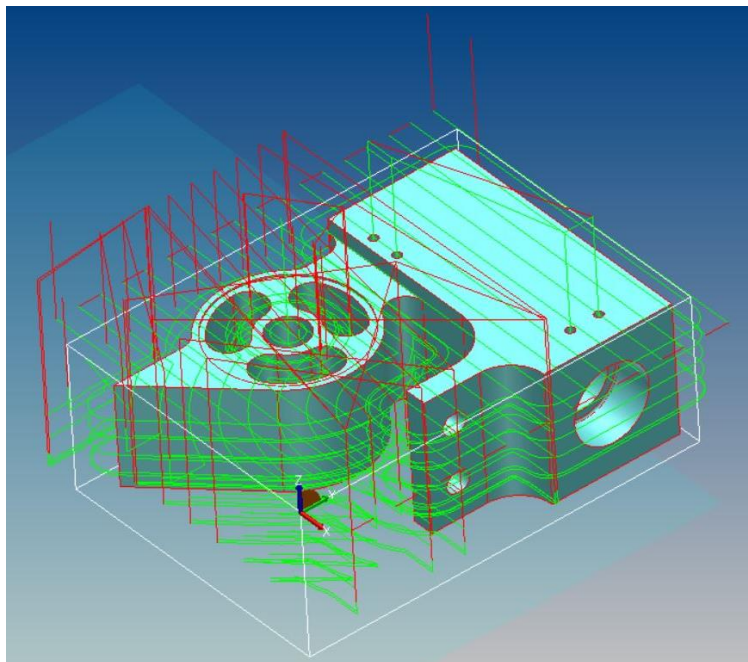
Obrázek 67 Polotovary pro první část montáže

Manažer operací



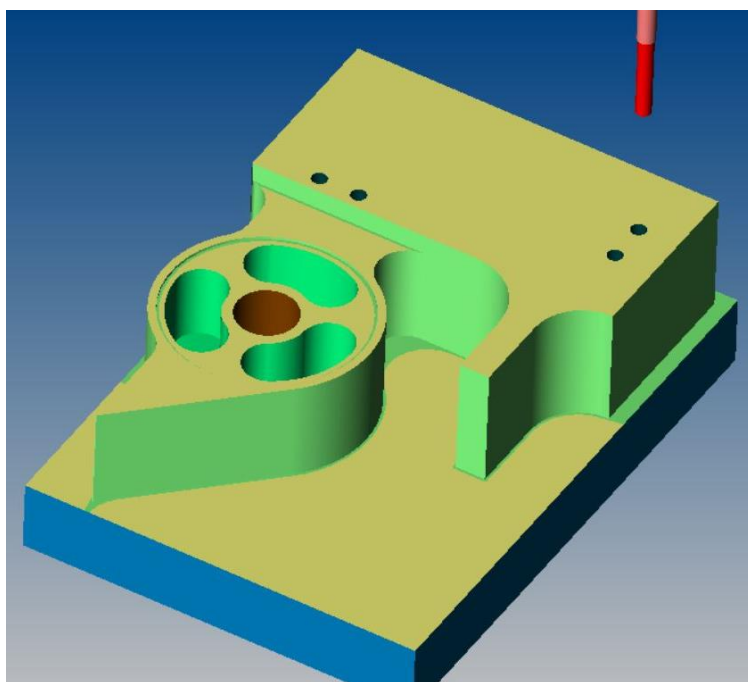
Obrázek 68 Manažer operací pro frézování

Nastavení jedna



Obrázek 69 Dráhy nástroje při prvním nastavení součásti

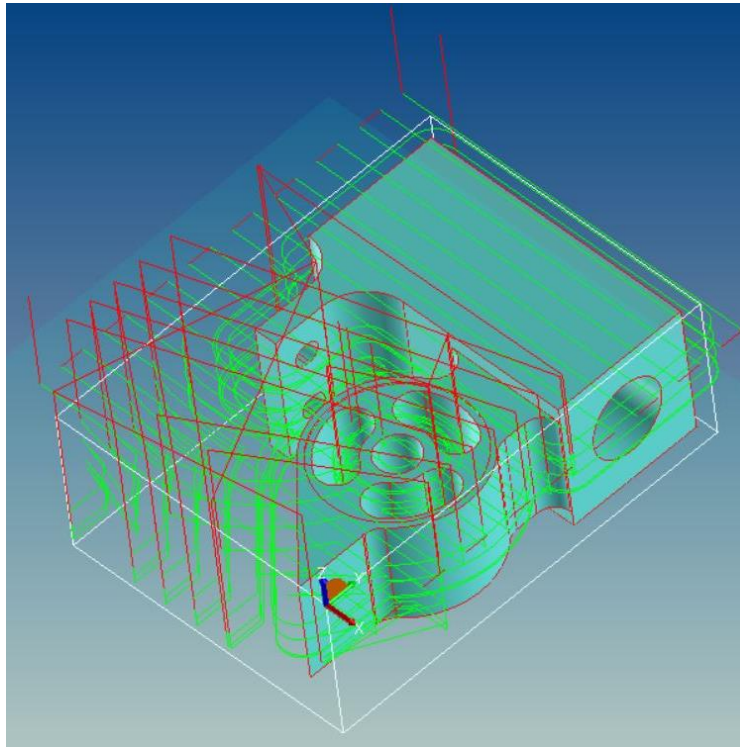
- Zarovnání vrchlíku
- Frézování hlavní kontury nahrubo (pouze do určité hloubky)
- Frézování hlavní kontury načisto
- Vyfrézování drážek (odlehčení 3x)
- Vyvrtání upínacího otvoru a následné vyřezání závitu
- Vyvrtání otvoru a následné vyřezání závitu pro upnutí ukazatelů



Obrázek 70 Součást po prvním obrobení

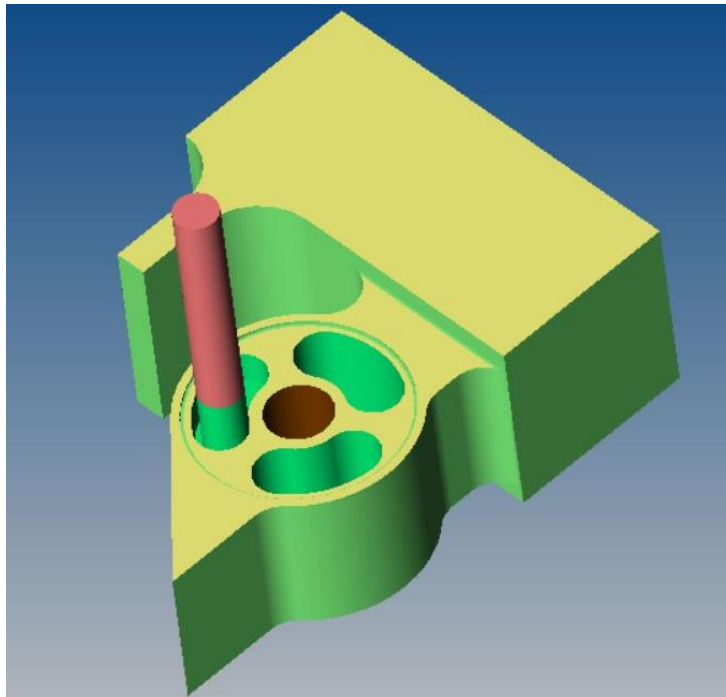
Z důvodu nedostatečné délky nástroje je nutné obrábět součást na dvě upnutí. Proto je na první verifikaci vidět pouze část obrábění.

Nastavení dva



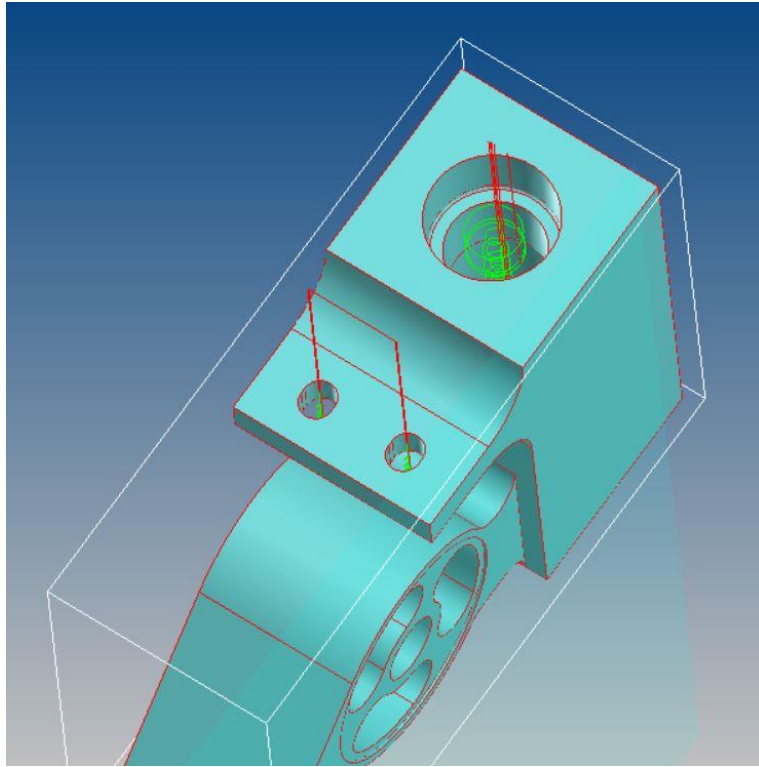
Obrázek 71 Dráhy nástroje při druhém nastavení součásti

- Zarovnání vrchlíku
- Frézování hlavní kontury nahrubo (odebrání materiálu, který zůstal z prvního nastavení)
- Frézování hlavní kontury načisto
- Vyfrézování drážek (odlehčení 3x Opět nástroj není dostatečně dlouhý. Je nutné odebrat materiál, který zůstal z prvního nastavení.)



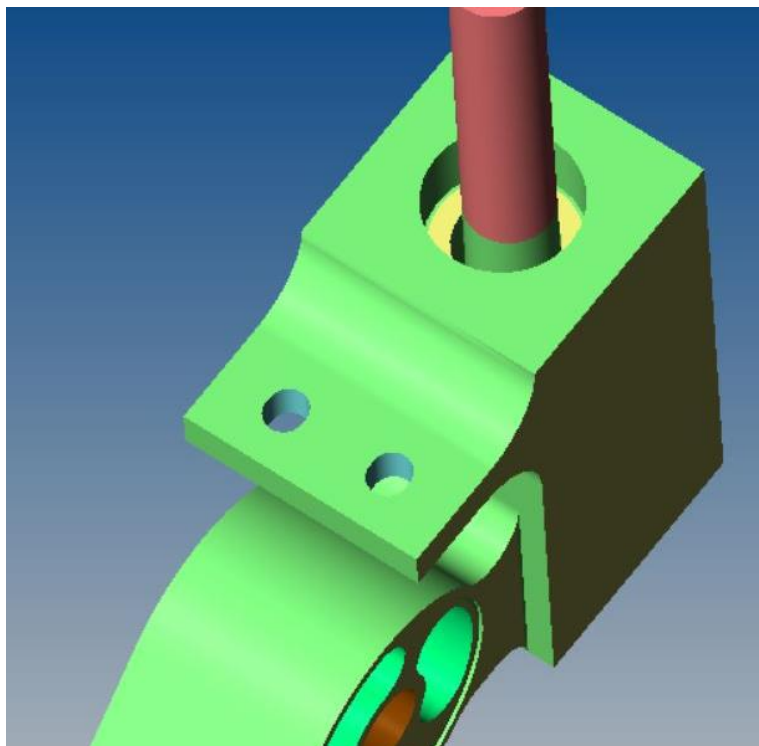
Obrázek 72 Součást po druhém obrobení

Nastavení tří



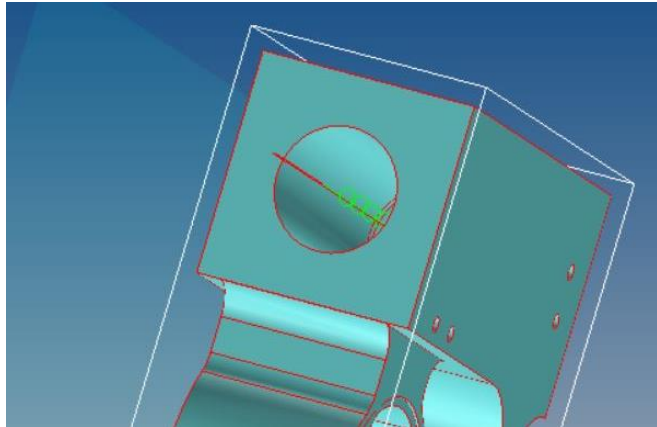
Obrázek 73 Dráhy nástroje při třetím nastavení součásti

- Vyfrézování drážek pro upnutí upínacího členu pro šnekovou hřídel
- Vyfrézování otvoru pro otočnou hřídel nahrubo
- Vyfrézování otvoru pro otočnou hřídel načisto
- Vyfrézování otvoru pro nosnou hřídel nahrubo
- Vyfrézování otvoru pro nosnou hřídel načisto

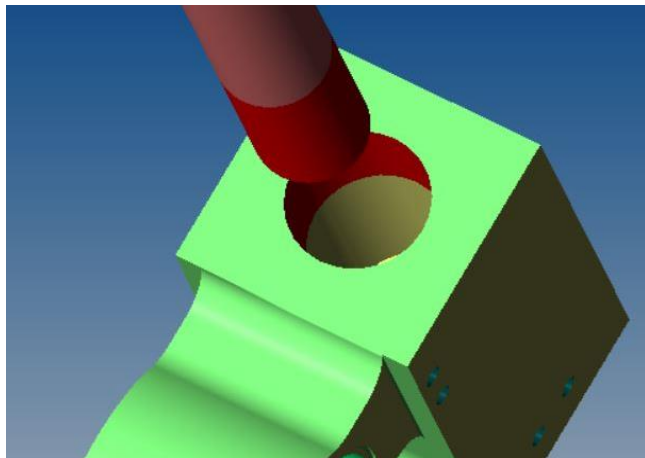


Obrázek 74 Součást po třetím obrobení

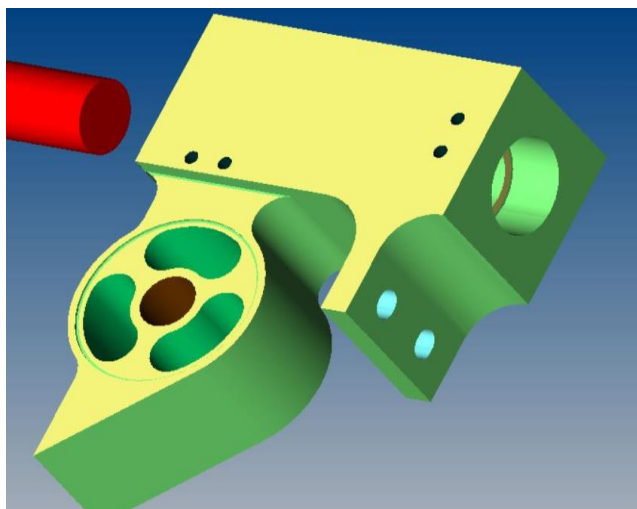
Nastavení čtyři



Obrázek 75 Dráhy nástroje při čtvrtém nastavení součásti



Obrázek 76 Součást po čtvrtém obrobení



Obrázek 77 Obrobená první část montáže

- Vyfrézování otvoru pro nosnou hřídel nahrubo

Jedná se o nefunkční plochu, proto pouze hrubují.

Zde je ukázána fotografie, jak bude součást vypadat po obrobení.

Výsledný strojní čas je:

00:49:51 minut

7 Ekonomická část

V této části práce se zabírám ekonomickou stránkou výroby jednotlivých dílců. Výrobu navrhovaných součástí mi zajistí kamarád ve své domácí dílně. Cenu výrobní režie si stanovil na 2,50 Kč za minutu strojního času. Přímou mzdu nastavil na 145,- Kč za hodinu včetně odvodů na sociální a zdravotní pojištění. Cenu za materiál jsem získal od firmy Feromat Brno, s.r.o. Cena za kilogram oceli 11 600 tyče kruhové je 26,02 Kč/kg. Cena za kilogram oceli 11 600 tyče ploché je 26,02 Kč/kg. Všechny ceny jsou kalkulovány včetně DPH. Výrobní časy jsou pouze orientační. Pro potřeby kalkulace jsem vycházel z hodnot zaznamenaných při výrobě obdobných typů součástí nebo z virtuálního obrobění v programu SURFCAM. Skutečný strojní čas a tudíž i celkové finanční náklady se proto mohou lišit. Po skončení všech prací bude provedena analýza prognózovaných a skutečně dosažených hodnot.

	Počet výrobků	Zatížení stroje (strojní čas)	Cena strojního času (režie)	Hmotnost polotovaru (kg)
Šnekový převod	1 ks	1:03:00	157,50	0,45
Otočná hřídel (1)	1 ks	0:07:31	18,80	0,37
Nosná hřídel (2)	1 ks	0:06:20	15,80	0,32
1. část montáže	1 ks	0:49:51	124,60	1,25
2. část montáže	1 ks	0:36:00	90,00	0,74
Upínací prvek	2 ks	0:18:00	45,00	0,12
Celkem	7 ks	3:00:42	451,70	3,25

Tabulka 7 strojní čas

	Šnekový převod	Hřídel 1	Hřídel 2	1. část montáže	2. část montáže	Upínací prvek	Celkem
Přímý materiál	11,71	9,62	8,32	32,53	19,25	3,12	84,55
Přímá mzda	152,25	18,20	15,30	120,50	87,00	43,50	436,70
Výrobní režie	157,50	18,80	15,80	124,60	90,00	45,00	451,70
Celkem za kus	321,46	46,62	39,42	277,63	196,25	91,62	973,00
Zisk	0	0	0	0	0	0	0
Cena s DPH	321,46	46,62	39,42	277,63	196,25	91,62	973,00

Tabulka 8 výpočet ceny montáže

Předběžná cena montáže je **973,00 Kč** včetně DPH. Takto dosažená cena je výhodnější v porovnání s koupí výrobku od výrobce, případně prodejce, který si účtuje obchodní zisk. Pozor nejedná se o úplnou montáž.

8 Závěr

Vytvořil jsem model stávajícího dalekohledu BK 114/500 EQ1 typu Newton a následně na něm provedl určité úpravy. Tyto úpravy byly navrženy pro lepší vlastnosti dalekohledu při pozorování a dále pro pořizování fotografií vesmírných objektů.

Do mé práce v rámci teoretické části jsem na základě dostupné odborné literatury popsal historii dalekohledu a shrnul poznatky o různých konstrukčních variantách. V praktické části práce jsem zkonstruoval 3D model dalekohledu, který již nějakou dobu osobně používám, a dále ho v programu Autodesk Inventor Professional 2017 upravil pro foto astronomii. Pro zvýšení užitečných vlastností jsem navrhl převod pohonu a tělo kloubu přizpůsobené k přesnějšímu ustavení dalekohledu pro pozorování. Dále jsem navrhl a vyrobil nástavec pro fotoaparát k upevnění na dalekohled. Tyto úpravy jsem technicky zdokumentoval. Tímto projektem jsem získal mnoho poznatků o tvorbě takto rozsáhlé práce, dále také znalosti v oboru 3D tisku. Přestože výroba jednotlivých dílů není ještě zcela hotová, jsou již vidět první výsledky mé práce. V současné době je zhotovena objímka, kterou jsem využil pro zkušební fotografování. V tomto pokusu obstála objímka na výbornou. Příkládám fotografii planety Jupitera (velký objekt uprostřed) a jeho měsíce Europy (menší tmavší objekt na levém okraji Jupitera) pořízenou dne 2. dubna 2017:



Obrázek 78 Venuše a Europy

Největším omezením se v této chvíli stává můj fotoaparát.



Obrázek 79 dalekohled se zhotovenou objímkou

Anotace

Příjmení a Jméno:	Poštulka Tomáš
Škola:	Střední průmyslová škola strojnická Ol.
Název práce:	Zrcadlový dalekohled
Vedoucí práce:	Ing. Boris Šmárik
Počet stran:	
Počet příloh:	
Počet použitých zdrojů:	
Klíčová slova:	Dalekohled Pohon Montáž Zrcadlo Astrofotografie Úprava

Tématem této maturitní práce byl hvězdářský dalekohled a jeho úprava pro astrofotografii. Byly vytvořeny dva 3D modely dalekohledu. První 3D model byl originální dalekohled bez jakékoli úpravy a druhý 3D model byl upraven tak, aby fotografie pořízené skrze něj byly co nejkvalitnější a nejostřejší. Následně byly vytvořeny výkresy určitých součástí. Tyto součásti byly zpracované v programu Surfcam pro obrábění. Finanční náklady byly vyhodnoceny v ekonomické části této práce.

Resumé

The theme of my work is The reflecting telescope and its modification for astrophotography. There was created two models of telescope in 3D. The first of the two models in original version without any modifications and the second of them was modified so the photos were taken by it better and sharper. Then I created drawings of certain parts. These components were processed in the program Surfcam machining. I counted the economic part of this work.

Seznam použitých zdrojů

1. INURU, Mik. *MEZNÍKY VĚDY: OD ROKU 1608 ZNÁME DALEKOHLED. POPRVÉ HO SESTAVIL LIPPERSHEY Z MIDDELBURGU* [online]. In: . 2012 [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <http://www.inuru.com/index.php/planeta/mezniky-vedy/255-vynalez-dalekohledu-400-let-historie>.
2. Hvězdárna Fr.Pešty: Dalekohledy - základní rozdělení. *Hvězdárna Fr.Pešty* [online]. Sezimovo Ústí, 2012 [cit. 2016-12-25]. Dostupné z: <http://www.hvezdarna-fp.eu/news/dalekohledy-zakladni-rozdeleni/>
3. Astronomický dalekohled pro začátečníky. *Binox* [online]. Praha 8 - Karlín, 2009 [cit. 2016-12-20]. Dostupné z: <http://www.binox.cz/clanky/astronomicky-dalekohled-pro-zacatecniky/>
4. Celestron Motor Driver, hodinový strojek. *Oehling* [online]. Klatovy [cit. 2016-11-29]. Dostupné z: <https://www.oehling.cz/celestron-motor-driver-hodinovy-strojek-93514>
5. MOTORY S GOTO PRO EXOS-2. *Elty* [online]. Praha 7-Bubeneč [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.dalekohled-mikroskop.cz/motory-s-goto-pro-exos-2>
6. Teleskop BK 114/500EQ1 SkyWatcher: Parametry. *Binox* [online]. Praha 8 - Karlín [cit. 2017-01-28]. Dostupné z: <http://www.binox.cz/teleskopy-reflektory-newton-114mm/teleskop-sky-watcher-synta-bk1145eq1/>.
7. Hubbleuv dalekohled. In: *Prima zoom* [online]. Praha [cit. 2017-01-28]. Dostupné z: http://zoom.iprima.cz/sites/default/files/image_crops/image_620x349/7/1592799_zoom-hubbleuv-vesmirny-dalekohled_image_620x349.jpg
8. Projekt Blast. In: *Astronomy 2009* [online]. 2009 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <https://www.astronomy2009.org/static/globalprojects/blast.jpg>
9. Skládání zrcadla. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/Comparison_optical_telescope_primary_mirrors.svg

10. MONTÁŽ SKY-WATCHER AZ-5 AZIMUTÁLNÍ. *Supra dalekohledy* [online]. Praha, 2011 [cit. 2017-01-28]. Dostupné z: <http://www.supra-dalekohledy.cz/montaz-skywatcher-az5-azimutalni-s-jemnymi-pohyby-3-26237.html>

11. Go To montáž. In: *Dalekohledy a mikroskopy* [online]. [cit. 2016-10-28]. Dostupné z: <http://storage.dalekohled-mikroskop.cz/commongallery/Messier-MC-1271900mm-EXOS-2-GOTO-2871-4427-1740-2367.jpg>

12. Paralaktická montáž. In: *Dalekohledy a mikroskopy* [online]. [cit. 2016-10-25]. Dostupné z: <http://www.dalekohledy-mikroskopy.cz/www/foto/produkty/montaz-EXOS-1.jpg>

13. Montáž dobson. In: *Nove dalekohledy* [online]. [cit. 2016-10-25]. Dostupné z: <http://www.novedalekohledy.cz/store/lo17/1317/2646.jpg>

14. Hodinový strojek. In: *Oehling* [online]. [cit. 2016-10-25]. Dostupné z: <https://www.oehling.cz/data/imgs/64/00166641.png>

15. Hodinový strojek (2). In: *Dalekohlad-mikroskop* [online]. [cit. 2016-10-22]. Dostupné z: <http://www.dalekohlad-mikroskop.sk/img/large/skywatcher-motor-eq2-0.jpg>

16. Více směrový pohon. In: *Telescopehouse.com* [online]. [cit. 2016-10-20]. Dostupné z: <https://www.telescopehouse.com/media/catalog/product/cache/3/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/s/k/skywatcher-enhanced-enhanced-dual-axis-motor-drive-for-eq5-20301.png>

17. Více směrový pohon (2). In: *Alicdn* [online]. [cit. 2016-10-08]. Dostupné z: <https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1OhUuPXXXXXb9XXXXq6xXFXXXw/Celestron-93522-Dual-Axis-Motor-Drive-for-CG-4-CG-5-EQ3-Telescope-font-b-Equatorial.jpg>

18. LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Galileův dalekohled	5
Obrázek 2 Keplerův dalekohled	5
Obrázek 3 Newtonův dalekohled.....	6
Obrázek 4 Složená zrcadla (8).....	7
Obrázek 5 Hubbleův vesmírný dalekohled (6)	8
Obrázek 6 Foto projektu Blast (7)	8
Obrázek 7 Azimutální montáž (9)	10
Obrázek 8 Paralaktická montáž (12).....	10
Obrázek 9 Go To montáž (11)	11
Obrázek 10 Montáž Dobson (12)	11
Obrázek 11 Hodinový strojek (14)	12
Obrázek 12 Kvalitnější hodinový strojek (15).....	12
Obrázek 13 Hodinový strojek a pomocný motor (16).....	13
Obrázek 14 Hodinový strojek a pomocný motor (15).....	13
Obrázek 15 Go To montáž (11).....	14
Obrázek 16 Zrcadlový dalekohled.....	15
Obrázek 17 Fotka stativu	17
Obrázek 18 Model stativu.....	17
Obrázek 19 Fotka hlavy stativu	17
Obrázek 20 Model hlavy stativu.....	17
Obrázek 21 Fotka upínacího šroubu	18
Obrázek 22 Model upínacího šroubu.....	18
Obrázek 23 Fotka upnutí rozpěrného kříže	18
Obrázek 24 Model upnutí rozpěrného kříže	18
Obrázek 25 Fotka polohovací nožky	18
Obrázek 26 Model polohovací nožky.....	18
Obrázek 27 Fotka montáže	19
Obrázek 28 Model montáže.....	19
Obrázek 29 Fotka prvního šroubu	20
Obrázek 30 Model prvního šroubu	20
Obrázek 31 Fotka druhého šroubu.....	20
Obrázek 32 Model druhého šroubu	20
Obrázek 33 Fotka vidlice.....	20

Obrázek 34 Model vidlice	20
Obrázek 35 Fotka protizávaží	21
Obrázek 36 Model protizávaží.....	21
Obrázek 37 Fotka objímky	21
Obrázek 38 Model objímky	21
Obrázek 39 Fotka šnekové převodovky	21
Obrázek 40 Model šnekové převodovky	21
Obrázek 41 Řez modelem optického systému typu Newton.....	22
Obrázek 42 Fotka hledáčku	22
Obrázek 43 Model hledáčku	22
Obrázek 44 Fotka okulárového výtahu.....	23
Obrázek 45 Model okulárového výtahu	23
Obrázek 46 Fotka vnitřní stavby dalekohledu	23
Obrázek 47 Model vnitřní stavby dalekohledu.....	23
Obrázek 48 Fotka okuláru	23
Obrázek 49 Model okuláru	23
Obrázek 50 Řez původním dalekohledem.....	24
Obrázek 51 Řez upraveným dalekohledem	24
Obrázek 52 Fotka již zhotovené objímky pro fotoaparát	25
Obrázek 53 Model objímky	25
Obrázek 54 šnekový převod model	28
Obrázek 55 šnekový převod	28
Obrázek 56 průběh zatížení šnekové hřídele	32
Obrázek 57 průběh zatížení nosné hřídele	34
Obrázek 58 průběh zatížení otočné hřídele.....	36
Obrázek 59 otočná hřídel umístěná v dalekohledu.....	37
Obrázek 60 Polotovar otočné hřídele.....	37
Obrázek 61 Manažer operací pro soustružení	38
Obrázek 62 Dráhy nástroje při prvním nastavení hřídele	38
Obrázek 63 Obrobená hřídel po prvním nastavení	38
Obrázek 64 Dráhy nástroje při druhém nastavení hřídele	39
Obrázek 65 Obrobená hřídel po druhém nastavení	39
Obrázek 66 První část montáže v sestavené montáži	40
Obrázek 67 Polotovar pro první část montáže.....	40
Obrázek 68 Manažer operací pro frézování.....	41

Obrázek 69 Dráhy nástroje při prvním nastavení součásti	42
Obrázek 70 Součást po prvním obrobení.....	42
Obrázek 71 Dráhy nástroje při druhém nastavení součásti.....	43
Obrázek 72 Součást po druhém obrobení	43
Obrázek 73 Dráhy nástroje při třetím nastavení součásti	44
Obrázek 74 Součást po třetím obrobení.....	44
Obrázek 75 Dráhy nástroje při čtvrtém nastavení součásti.....	45
Obrázek 76 Součást po čtvrtém obrobení	45
Obrázek 77 Obrobená první část montáže.....	45
Obrázek 78 Venuše a Evropy	47
Obrázek 79 dalekohled se zhotovenou objímkou	48

Seznam tabulek

Tabulka 1 Parametry dalekohledu (6).....	16
Tabulka 2 kontrolní výpočet 1	29
Tabulka 3 kontrolní výpočet 2	30
Tabulka 4 kontrolní výpočet 3	31
Tabulka 5 Hodnoty zatížení	32
Tabulka 6 Hodnoty zatížení	34
Tabulka 7 strojní čas	46
Tabulka 8 výpočet ceny montáže	46

Cizojazyčný slovník

Dalekohled	Telescope
Osa	axis
objektiv	lens
stativ	tripod
Pohon	drive
Montáž	montage
Zrcadlo	mirror
Astrofotografie	astrophotography
Úpravy	edit

Přílohy

Příloha 1 – výkresy montáže (14 ks)

Příloha 2 – výkresy objímky pro fotoaparát (3 ks)

Příloha 3 – Nástrojové a operační listy pro otočnou hřídel

Příloha 4 – Nástrojové a operační listy pro první část montáže