

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA,  
CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY



## ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Stirlingův motor jako záložní zdroj

Sezimovo Ústí, 2015

Autor: Martin Blažek



VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA, CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY

SEZIMOVO ÚSTÍ, BUDĚJOVICKÁ 421



## ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Martin Blažek**  
Obor studia: 26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy  
Název práce: **Stirlingův motor jako záložní zdroj**  
Anglický název práce: **Stirling engine as a backup power generator**

### Zásady pro vypracování:

1. Proved'te teoretickou analýzu Stirlingova motoru, seznámte se s jeho částmi, principem a funkcí.
2. Navrhněte uspořádání reálného modelu a vytvořte technickou dokumentaci k jeho výrobě.
3. Zkonstruujte model dle dokumentace.
4. Vytvořte 3D model na základě reálného modelu, který bude sloužit jako ukázka na webových stránkách školy.
5. Zhodnoťte použití Stirlingova motoru jako záložního zdroje.
6. Absolventskou práci vypracujte problémově ve struktuře odpovídající vědecké práci.

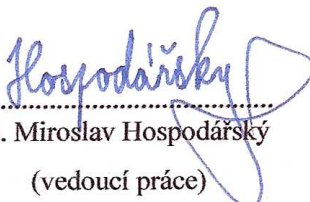
### Doporučená literatura:

- [1] LARSEN, J. R. *Quick and Easy Stirling Engine*. CreateSpace: Aktualizované vydání -  
- technická literatura. 2011. ISBN 978-1466277779.
- [2] SENFT, J. *An Introduction to Stirling Engines*. Moriya Pr – technická literatura.  
1993. ISBN 978-0965245500.

Vedoucí práce: Bc. Miroslav Hospodářský, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí  
Odborný konzultant práce: Ing. Josef Machač, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí  
Oponent práce: Ing. Jaroslav Svoboda, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí


Datum zadání absolventské práce: **1. 9. 2014**

Datum odevzdání absolventské práce: **7. 9. 2015**

  
Bc. Miroslav Hospodářský  
(vedoucí práce)



V Sezimově Ústí dne 1. 9. 2014

  
Ing. František Kamlach  
(ředitel školy)



## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou absolventskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb. , o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Sezimově Ústí dne 7. 5. 2015



\_\_\_\_\_  
podpis

## Poděkování

Za dokončení práce v řádném termínu vděčím především svému otci Karlovi. Bez jeho pomoci a cenných rad, bych motor nedokončil. Nemalé díky patří i mému strýci Miroslavovi, který mi vždy ochotně a rychle pomohl s výrobou konkrétní části motoru. Chci také poděkovat mému spolužákovi Patrikovi za jeho nezištnou pomoc a tipy k sestavení modelu. Dále bych rád poděkoval Ing. Macháčovi, Bc. et Bc. Hospodářskému, Ing. Svobodovi, Ing. Šedivému a všem ostatním spolužákům, učitelům a rodině, zkrátka těm kdo se podíleli na výrobě tohoto opravdu úchvatného modelu Stirlingova motoru. Děkuji.

## Anotace

Tato absolventská práce se zabývá výrobou modelu Stirlingova motoru a jeho možným použitím jako zdroj elektrické energie. V práci lze nalézt princip a funkci Stirlingova motoru. Dále je shrnuta výroba a vzájemné vztahy jednotlivých částí. S tím související technická dokumentace se nachází v příloze. Výsledky provedeného měření a samotný závěr se nachází na konci práce.

**Klíčová slova:** Stirlingův motor, vnější spalování, účinnost, využití, výkresová dokumentace, 3D model, záložní zdroj, tachodynamo

## Annotation

This graduation work deals with the model production of a Stirling engine and its possible use as a emergency power generator. You can find the principle and the function of a Stirling engine in this work. Furthermore, there are described and explained each parts and their relations to each other. Following the technical documentation is at the bottom of this document, as a last appendix. The results of the performed measurements and the conclusion itself are at the very end of this work.

**Key words:** Stirling engine, external combustion, efficiency, utilization, technical drawings, 3D model, backup power, tachogenerator





# Obsah

Seznam použitých symbolů	ix
Seznam obrázků	xi
<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2 Stirlingův motor a jeho princip</b>	<b>3</b>
2.1 Funkční části motoru . . . . .	4
2.2 Princip funkce . . . . .	5
2.3 Cyklus Stirlingova motoru . . . . .	7
<b>3 Výroba Stirlingova motoru</b>	<b>9</b>
3.1 Technická dokumentace . . . . .	10
3.1.1 Úprava původní dokumentace . . . . .	10
3.1.2 Zvolené materiály na výrobu . . . . .	11
3.1.3 Úložný prostor pro motor . . . . .	11
3.2 Jednotlivé části motoru . . . . .	12
3.2.1 Ohřívač . . . . .	12
3.2.1.1 Píst Ohřívače . . . . .	13
3.2.2 Chladič . . . . .	14
3.2.2.1 Píst Chladiče . . . . .	14
3.2.3 Táhla a kyvadlo . . . . .	15
3.2.4 Uložení setrvačnicku a ohřívače . . . . .	16
3.2.5 Setrvačník . . . . .	16
3.2.6 Nosné pilíře a základna . . . . .	17
3.2.7 Zásobník paliva . . . . .	17

<b>4</b>	<b>3D model a jeho animace</b>	<b>19</b>
4.1	Animace v programu Solid Edge . . . . .	20
4.2	Finální render . . . . .	21
<b>5</b>	<b>Provedená měření</b>	<b>23</b>
5.1	Měření stroboskopem . . . . .	23
5.2	Připojení tachodynamu . . . . .	24
5.2.1	Mechanické zapojení . . . . .	24
5.2.2	Elektrické zapojení . . . . .	25
5.3	Naměřené hodnoty . . . . .	25
5.4	Návrhy na regulaci a další měření . . . . .	26
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>27</b>
6.1	Rady a tipy na výrobu . . . . .	28
	<b>Literatura</b>	<b>29</b>
A	Obsah přiloženého CD/DVD	I
B	Použitý software	III
C	Časový plán absolventské práce	V
D	Rozpočet projektu	VII
E	Technická dokumentace	IX

# Seznam použitých symbolů

Symbol	Význam	Jednotka
$d$	průměr	mm
$d_1$	vnitřní průměr	mm
$d_2$	tloušťka	mm
$l$	délka	mm
$t$	teplota	°C
$t_{max}$	maximální teplota	°C
$t_{min}$	minimální teplota	°C
$U$	napětí	V
$n$	frekvence otáčení	ot/min
$C$	informační kapacita	GB



# Seznam obrázků

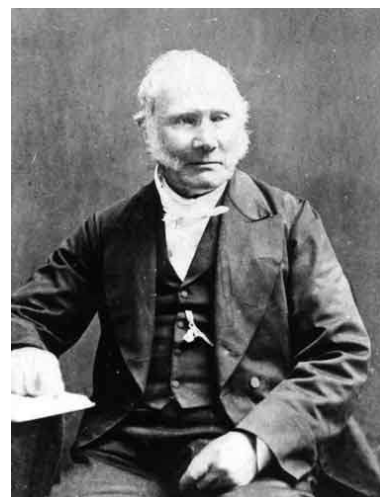
2.1	Schéma kompletního 3D modelu . . . . .	4
2.2	Princip činnosti motoru - 1. fáze . . . . .	5
2.3	Princip činnosti motoru - 2. fáze . . . . .	5
2.4	Princip činnosti motoru - 3. fáze . . . . .	6
2.5	Princip činnosti motoru - 4. fáze . . . . .	6
2.6	P/V a T/s digramy ideálního Stirlingova motoru . . . . .	7
3.1	Finální podoba obou modelů . . . . .	9
3.2	Řez sestavou motoru . . . . .	10
3.3	Úložný prostor . . . . .	11
3.4	Ohřívač . . . . .	12
3.5	Broušení zkumavky . . . . .	13
3.6	Píst ohřívače . . . . .	13
3.7	Chladicí válec . . . . .	14
3.8	Píst chladiče . . . . .	14
3.9	Kyvadlo . . . . .	15
3.10	Táhla motoru . . . . .	15
3.11	Uložení setrvačnicku a ohřívače . . . . .	16
3.12	Setrvačnick . . . . .	16
3.13	Nosné pilíře a základna . . . . .	17
3.14	Zásobník . . . . .	17
4.1	Render 3D modelu . . . . .	19
4.2	Trajektorie kamery . . . . .	20
4.3	Uložení videa . . . . .	20
4.4	Přidání popisků . . . . .	21
4.5	Finální render . . . . .	21

5.1	Měření stroboskopem . . . . .	23
5.2	Fotografie mechanického zapojení . . . . .	24
5.3	Schéma mechanického zapojení . . . . .	25
5.4	Schéma elektrického zapojení . . . . .	25

# Kapitola 1

## Úvod

Již od objevení samotného motoru začalo být lidem jasné, že se motorový pohon stane jedním z nejdůležitějších vynálezů, které nám v budoucnu usnadní práci i přepravu. Robert Stirling<sup>1</sup> navrhl v roce 1816 spalovací motor (jako konkurenci parního stroje), který byl nejenom efektivní a konstrukčně jednoduchý, ale z pohledu dnešní doby i velmi ekologický. Byl však poměrně dlouhou dobu zapomenutý, především z důvodu nástupu zážehových a vznětových motorů. Jejich nespornou výhodou byl právě vyšší výkon, ale i jeho regulace, což vedlo k jejich umístění do přepravních prostředků.



**Cílem** této práce je návrh a především výroba plně funkčního modelu Stirlingova motoru. Součástí cíle práce je také tvorba videa s názorným vysvětlením principu Stirlingova motoru. Provedená měření lze nalézt v páté kapitole.

Jakkoliv ambiciózní se tento projekt zdá, důkazem jsou internetová videa, články a diskuze, ve kterých tvůrci podobných modelů zprovoznili např. rádiový přijímač. V současné době je Stirlingův motor široce využíván ve výrobě elektrické energie pomocí solárních panelů. Svou roli zastává i v kogeneračních jednotkách, ale i v konvenčních ponorkách, především díky svému tichému provozu a vysoké účinnosti.

Návrh motoru v této práci vychází z technické dokumentace od autora (JEROEN-JONKMAN, 2010). Základní otázky: jak byl motor sestaven, jak spolu pracují jeho jednotlivé části a co vše bylo při výrobě motoru řešeno, se nachází v následujících kapitolách.

---

<sup>1</sup>Obrázek převzat z [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Robert\\_Stirling.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Robert_Stirling.jpg)

**První krok:**

Nejdříve se seznamuji s principem Stirlingova motoru a zjišťuji, jak pracuje a jak se chová. Sháním potřebné materiály k navržení funkčního modelu.

**Druhý krok:**

Vytvářím technickou dokumentaci s ohledem na to, jaké materiály, nástroje, stroje a pomůcky k výrobě motoru použiji. Hledám informace a tipy týkající se samotné výroby motoru.

**Třetí krok:**

Nakupuji, vyrábím, kompletuji model motoru a připojuji tachodynamo. Vyhýbám se chybám, co při výrobě učinili jiní a poučuji se z chyb svých. Vše pečlivě zaznamenávám, abych mohl podat co nejpodrobnější zprávu, čemu se vyvarovat a na co si dát pozor.

**Čtvrtý krok:**

Provádím měření na reálném modelu. Tvořím video s 3D animací a popisem funkce celého zařízení. Dokončuji písemnou část práce a připravuji obhajobu.

Struktura této práce, která je napsaná v  $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}^2$  (SCHENK, C., 2009) je následující: V kapitole 2 se čtenář seznamuje s funkčními částmi motoru a jeho principem. Ve 3 kapitole je popsán návrh reálného modelu a nutného k jeho výrobě. V kapitole 4 se pojednává o tvorbě 3D modelu a jeho animaci. Kapitola 5 se zabývá měřením na výstupu tachodynamu. V závěru, v kapitole 6, naleznete zhodnocení mojí práce.

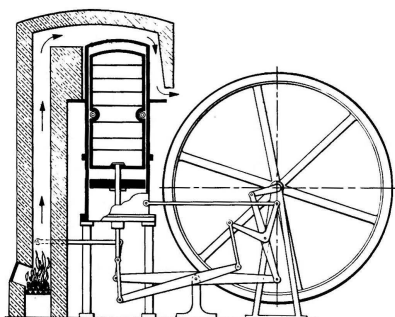
---

<sup>2</sup> $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$  je rozšíření systému  $\text{\LaTeX}$ , což je kolekce maker pro  $\text{\TeX}$ .  $\text{\TeX}$  je ochranná známka American Mathematical Society. LaTeX čti [latech].



## Kapitola 2

# Stirlingův motor a jeho princip



Není jednoduché Stirlingův motor<sup>1</sup> pochopit. Zde vám uvedu, jak spolu pracují jeho důležité části. Každý Stirlingův motor má válec z jedné strany zahřátý a z druhé strany studený. Pracující plyn uvnitř motoru (velmi často vzduch, ale i helium nebo vodík) je přesouván z teplé strany na studenou. Když je plyn na teplé straně, roztahuje se a působí na píst, zatímco na studené straně způsobuje ochlazení plynu podtlak a následné tlačení

na píst do jeho původní polohy (STIRLINGENGINE.COM, 2015).

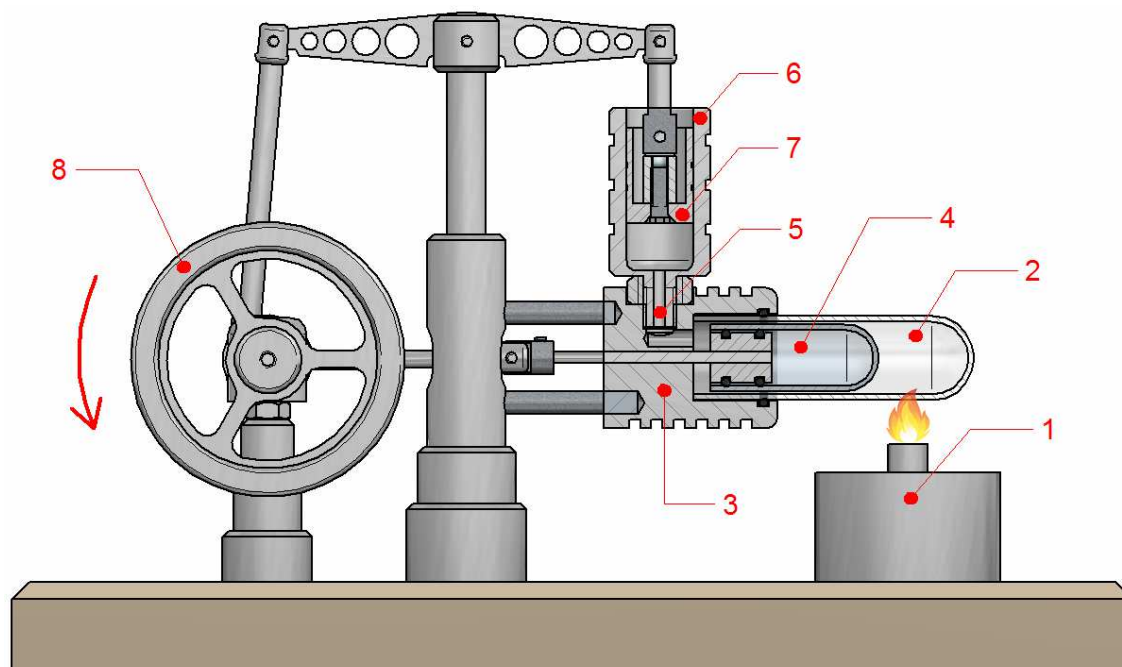
Stirlingův motor, stejně jako parní stroj je řazen mezi motory s vnějším spalováním, protože je všechno teplo přenášeno do pracovní látky či z pracovní látky přes pevné stěny tepelných výměníků. Tím je spalovací proces a škodliviny, které při tom mohou vzniknout, izolován od pracovních částí stroje. Taková funkce je odlišná od spalovacího motoru, v němž teplo vzniká spalováním paliva uvnitř stroje (*Wikipedie* [online], 2014a).

Dvě hlavní konfigurace jsou rozlišeny způsobem, kterým přesunují pracovní plyn mezi teplou a studenou stranou stroje. Alfa Stirling má dva pracovní písty v oddělených válcích umístěných daleko od sebe. Má poměrně vysoký výkon a byl by vhodný pro můj záměr. Problém je všem s těsněním a mazáním teplého pístu při vysoké teplotě a zároveň není dostatečně esteticky poutavý. Beta má jeden pracovní píst ve stejném válci jako přehaněč. Gama modifikace je v principu stejná jako Beta s tím rozdílem, že pracovní válec je umístěn ve svém vlastním válci. Je mechanicky nejjednodušší, skrývá v sobě historii Stirlingových motorů, a proto byl vybrán do této absolventské práce (HORÁK, J., 2011).

---

<sup>1</sup>Obrázek převzat z [http://www.teploysila.es/MOTORES%20STIRLING\\_archivos/image007.jpg](http://www.teploysila.es/MOTORES%20STIRLING_archivos/image007.jpg)

## 2.1 Funkční části motoru



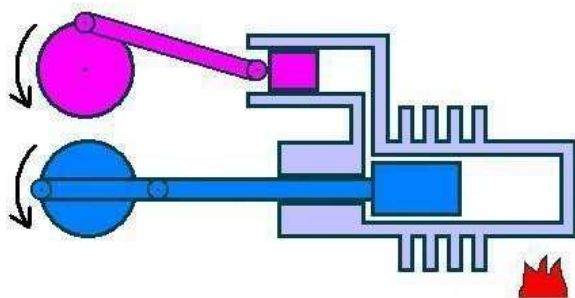
Obrázek 2.1: Schéma kompletního 3D modelu

1. Zdroj tepla
2. Průhledná část ohřívače
3. Ohřívač (Výměník teplé strany)
4. Píst ohřívače – Přehaněč
5. Regenerátor
6. Chladič (Výměník studené strany)
7. Pracovní píst
8. Setrvačnick

Díky řezu je přehledný vnitřek obou válců. Návrh tohoto motoru je proveden a vyroben s velkou přesností. Jako zdroj tepla zde slouží lihový kahan, naplněný ethanolem nebo lihem. Průhledná část ohřívače i přehaněč jsou zkumavky, které jsou vyrobeny ze SIMAX skla a jsou pevně utěsněny pryžovými O-kroužky, které brání úniku vzduchu ze systému. Mezi válci se nachází regenerátor, který slouží jako tepelný výměník. Nad ním je umístěn chladič spolu s pracovním pístem. Setrvačnick je nezbytný pro nastartování samotného motoru a zároveň plní funkci vizuální kontroly.

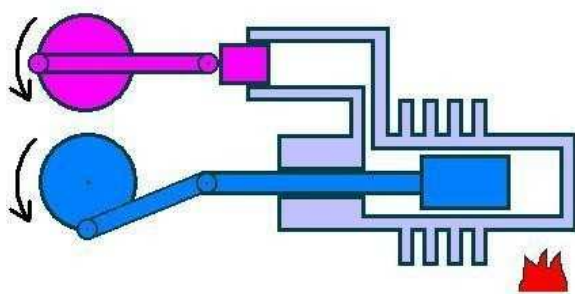
## 2.2 Princip funkce

V následujících schématech je ještě jednou, pro přehled, uveden princip činnosti, rozdělený do jednotlivých fází.



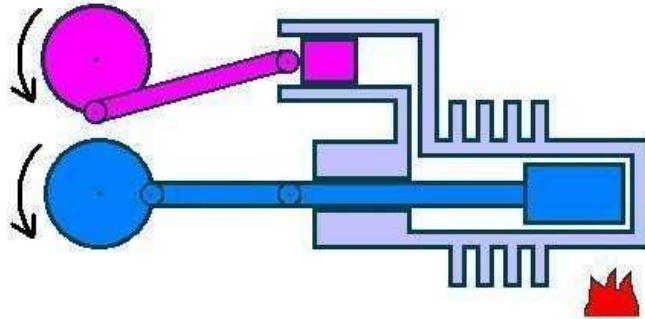
Obrázek 2.2: Princip činnosti motoru - 1. fáze

Píst ohříváče - přehaněč (modrý) je přesunut do své maximální možné polohy vlevo, čímž otevírá prostor pro přístup vzduchu do zahřívací zóny, která se nachází nad zdrojem tepla. Jelikož je Stirlingův motor uzavřený systém, nenadálý vzestup tlaku působí na píst v chladícím válci (červený) a vysunuje ho ven (směrem doleva). Setrvačnický nabírá momentum.



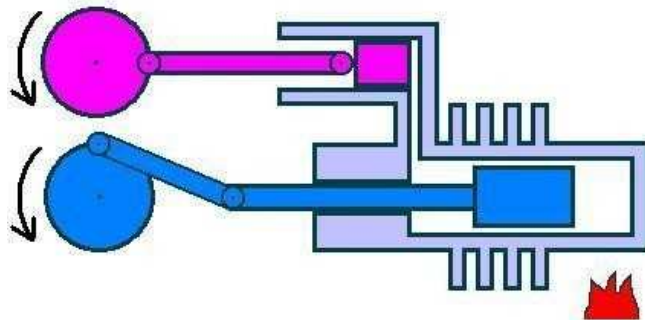
Obrázek 2.3: Princip činnosti motoru - 2. fáze

Píst chladícího válce je maximálně vysunut. Tlak vzduchu je na svém maximu. Píst ohříváče se začne posouvat směrem doprava a přesouvá ohřátý vzduch, který je na svém maximu  $T_{max}$ , do druhého válce k ochlazení.



Obrázek 2.4: Princip činnosti motoru - 3. fáze

Přehaněč je nyní ve své maximální poloze napravo. Všechn vzduch je tedy přesunut do chladícího válce. Díky chladicímu účinku žebér na válci ohříváče se ochlazuje vzduch, jež proudí přes regenerátor až do druhého válce a tlak klesá. Teplota zůstává stejná. Pracovní píst (poháněný momentem od setrvačnicku) se nyní přesouvá volně napravo.



Obrázek 2.5: Princip činnosti motoru - 4. fáze

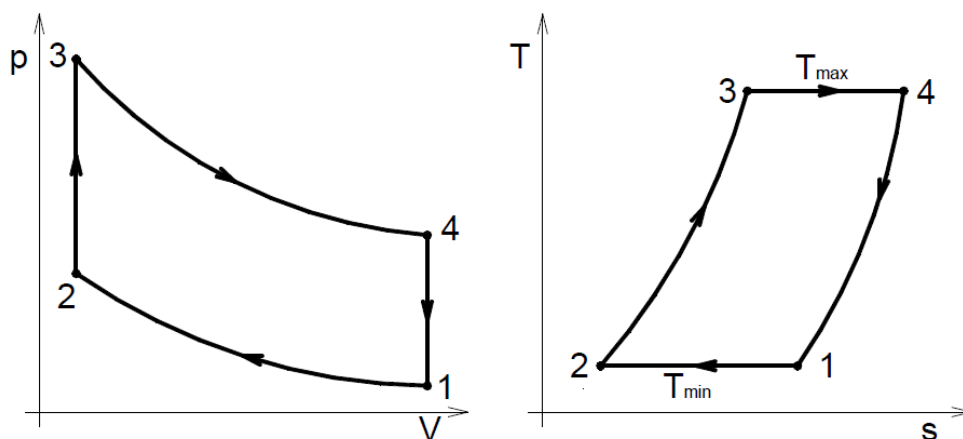
Pracovní píst se nachází ve své maximální poloze napravo a současně je tlak vzduchu nejmenší. Přehaněč se nyní posouvá opět doleva, čímž otevírá prostor vzduchu k zahřátí. Teplota je nyní na svém minimu  $T_{min}$ . Cyklus se nyní může opakovat (DAVE, 2008)<sup>2</sup>.

<sup>2</sup>Obrázky 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 převzaty z <http://daves-stirling-motor.jimdo.com/>

## 2.3 Cyklus Stirlingova motoru

Pro maximální účinnost, se jako u všech tepelných strojů, snažíme dosáhnout co nejvyšší teploty  $T_{max}$  (teplota omezena možnostmi tepelného zdroje a materiálovými vlastnostmi) a co nejnižší teploty  $T_{min}$  (omezeno možnostmi chlazení).

Ideální cyklus je definován za předpokladů, že všechny děje mají nekonečně rychlý přestup tepla mezi stěnou válce a pracovním médiem. Dále se předpokládá, že neexistuje tzv. mrtvý prostor (škodlivý prostor, který zahrnuje prostory regenerátoru a dalších tepelných výměníků). Navíc je zanedbáván vliv veškerého aerodynamického a mechanického tření. Regenerace je považována za ideální, což vyžaduje nekonečně velkou intenzitu přestupu tepla mezi pracovním médiem a tělesem regenerátoru.



Obrázek 2.6: P/V a T/s digramy ideálního Stirlingova motoru

Ideální Stirlingův cyklus je velmi odlišný od skutečného cyklu, který zahrnuje například vliv škodlivých prostorů a různé odchylky. Pohyb všech členů, neizotermická komprese a expanze, omezený přenos tepla při chlazení a ohřevu, škodlivý prostor a aerodynamické ztráty představují hlavní důvody nezdaru při chodu většiny Stirlingových motorů a nenaplnění představ jejich konstruktérů. Další příčiny jsou nedostatky při regeneraci, mechanické ztráty, nerovnoměrné rozdělení teplot a úniky média netěsnostmi (OMASTA, M., 2006)<sup>3</sup>.

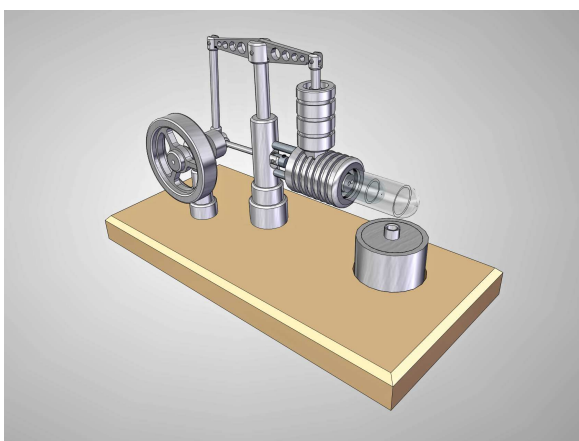
<sup>3</sup>Obrázky 2.6 a 2.7 převzaty z (OMASTA, M., 2006)



# Kapitola 3

## Výroba Stirlingova motoru

Primární bylo zvolit konfiguraci motoru a zpracování technické dokumentace. Dalším důležitým krokem byl výběr a nákup materiálu k výrobě modelu. Otázkou zůstávalo, zda model sestojit ve školních podmínkách, popřípadě oslovit někoho, komu by mohla být výroba zadána a nebo skloubit obě varianty. Zhotovení Stirlingova motoru se samozřejmě setkalo i s určitými problémy jak už při výrobě určitých dílů, nebo chybách v objednávkách. Mnohokrát muselo být nakupování určitě součásti opakováno, což se neblaze projevilo na celkové částce. Nutno však dodat, že chyba nebyla vždy na straně kupujícího. Důkladné vysvětlení jednotlivých částí motoru naleznete v této kapitole. U každého dílu jsou podrobné informace o jeho funkci v sestavě, ale i poznatky a úskalí výroby jednotlivých částí, společně s tipy, usnadňujícími samotnou výrobu motoru.



(a) 3D model

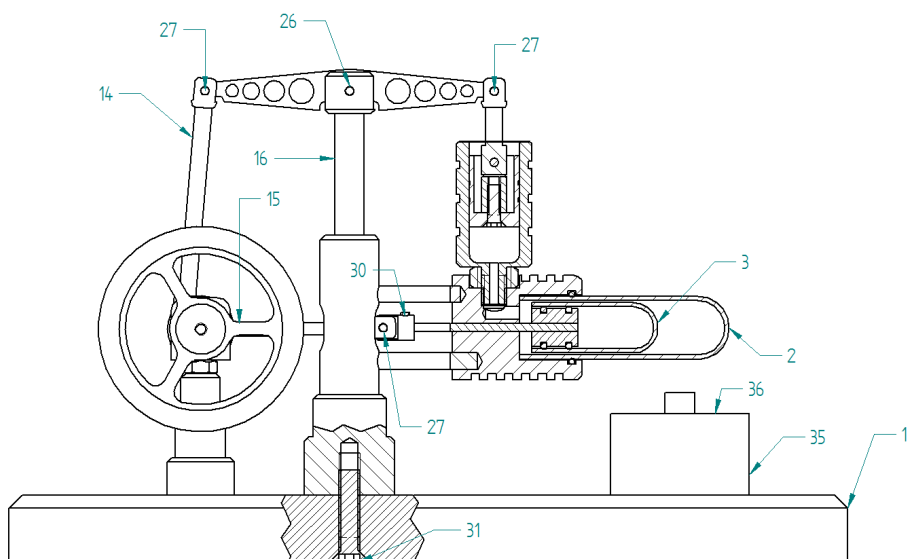


(b) Reálný model

Obrázek 3.1: Finální podoba obou modelů

### 3.1 Technická dokumentace

Jak bylo již v úvodu, v kapitole 1 zmíněno, celý model vychází z návrhu, který zpracoval (JEROEN-JONKMAN, 2010). Ten vytvořil model typického Stirlingova motoru z minulého století typu Gama a své plány velkoryse sdílel s komunitou ostatních motorových nadšenců a modelářů. Po autorových zkušenostech a konzultacích byly plány upraveny a zjednodušeny. Nicméně v průběhu výroby byly zjištěny nedostatky návrhu modelu, zejména nastal problém ve výrobě malých částí motoru, kdy nikdo z okolí nebyl schopen tak malé součásti vyrobit. Větší firmy nabídku odmítaly. Nakonec byly jednotlivé díly zadány k výrobě několika zručným kutilům. Ti úspěšně zvládli tuto práci díky těm správným nástrojům. Opravdu není legrace, vrtat 2 x 2 mm díry v ose na 40 let staré stojanové vrtače o výšce 2 m a šířce 2,5 m. Ale člověk si musí vystačit s tím, co má.



Obrázek 3.2: Řez sestavou motoru

#### 3.1.1 Úprava původní dokumentace

Vybraná technická dokumentace nebyla příliš vhodná pro okamžité použití k výrobě samotného motoru. Byla velmi nepřehledná a dokonce nekompletní. Velikost a délka některých součástí byla upravena dle potřeby v programu Solid Edge ST6, ve kterém byl celý motor modelován. Nebýt však této dokumentace, problémy s návrhem celého zařízení by se velmi protáhly, proto byly tyto plány i přes své nedostatky skvělým odrazovým můstkem. Nutno dodat, že dokumentace byla upravována neustále a to i během již samotné výroby motoru. Návrh v počítači je užitečná věc, ale mnohem důležitější je najít někoho se zkušenostmi a praxí v oboru.



- V technické dokumentaci chyběly hnací tyče setrvačnicku, bylo tedy nutné si je vypočítat, když byla dokončena sestava 3D modelu.
- Spojení chladiče s ohříváčem nevypadalo přesvědčivě, proto bylo rozhodnuto spojit tyto dva důležité díly závitem o velikosti M6, umístěním O-kroužku a jeho aretačí příslušnou maticí.
- Přehaněč byl pro zjednodušení vyřešen zkumavkou. Ta je přichycena k malému kruhovému kusu hliníku dvěma O-kroužky.
- Klika u setrvačnicku byla zjednodušena v pouhý kus kruhové tyče se dvěma závity.

### 3.1.2 Zvolené materiály na výrobu

Po domluvě s konzultantem této AP, Ing. Macháčem, byl zamýšlen jako primární materiál mosaz. Nastala však potíž se sehnáním všech mosazných dílů. Objednávka dorazila velmi pozdě, proto byl model vyroben z dostupných materiálů, z oceli, duralu a hliníku. Lepším řešením se jevílo vyrobit raději celý model z duralu, který je sice velmi měkký, ale lehce dostupný, snadno obrobitelný a celou sestavu odlehčí. To má vliv na frekvenci motoru, čímž jsou myšleny otáčky motoru. Na přehaněč i průhlednou část ohříváče lze použít zkumavku z borosilikátového skla, kterou lze upravit na požadovanou délku diamantovým kotoučem. Vhodnější je však **SIMAX zkumavka** použitá v tomto modelu, která odolává větším teplotám a jejich náhlým změnám. Těsnost v systému zajišťují pryžové O-kroužky. Na základnu bylo použito smrkové dřevo, které je chráněno vrstvou laku v třešňové barvě.

### 3.1.3 Úložný prostor pro motor



Hotový model musí být někde uložen. Podařilo se zakoupit tuto krabičku na aukčním portále o rozměrech šířka – 250 mm, výška – 175 mm, hloubka – 110 mm. Uvnitř je vložen polystyren a do něj vyříznuta drážka, která při vložení modelu zabraňuje jeho uvolnění a případné rozbití, při nevhodné manipulaci.

Obrázek 3.3: Úložný prostor

## 3.2 Jednotlivé části motoru

Výroba tohoto modelu nebyla jednoduchou záležitostí jak by se mohlo na první pohled zdát. Všechny součásti lze ale vyrobit na obyčejném soustruhu a stojanové vrtačce. Spojení jednotlivých částí je řešeno především kolíky o  $d = 2$  mm a jejich zajištění lepidlem Loctite<sup>1</sup>. Nejlepší řešení při aplikaci tohoto lepidla je vložit kolík mezi spojované součásti, z části povysunout, aplikovat pouze kapku lepidla, nebo jemně otřít špejlí a kolík zasunout zpět. Tak je zaručeno, že lepidlo nezaléplí pohyblivé části a zbytek je vytlačen ven. Ostatní díly jsou spojeny šroubky, či již zmiňovanými O-kroužky. Jejich seznam, velikosti a délky lze nalézt v příloze v Technické dokumentaci.

### 3.2.1 Ohříváč

Je vyroben z duralu. Velmi důležitý je návrh regenerátoru viz. obr 2.1. Tak se nazývá prostor mezi chladičem a ohříváčem. V tomto modelu je řešen vyvrtáním dvou děr, na sobě kolmých, a to do takové hloubky, aby se setkaly a propojily. Těsnost v ohříváči zajišťují dva O-kroužky. O-kroužek u chladiče je přitlačen maticí M6 k ploché stěně ohříváče. O-kroužek mezi ohříváčem a zkumavkou je v tomto modelu pouze jeden. Toto řešení ovšem není ideální, zkumavka se při běhu motoru hýbe a může zavadit o píst. Lepší řešení je proto udělat drážky na O-kroužek dvě, tak jako v původní technické dokumentaci.



(a) Přední pohled

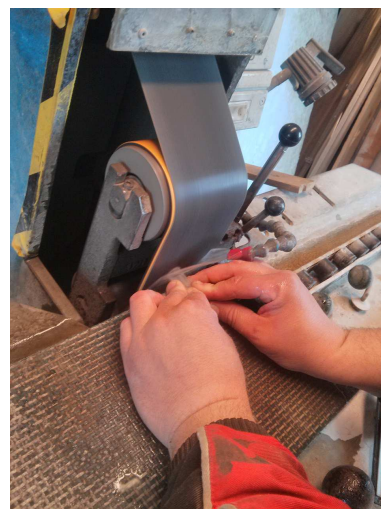


(b) Zadní pohled

Obrázek 3.4: Ohříváč

<sup>1</sup>Lepidlo Loctite - <http://www.loctite.as/>

Jeden z **nejvíce riskantních úkonů** je nasunutí zkumavky na O-kroužek umístěný ve vnitřní drážce ohřívače. Tento úkon vyžaduje opatrnost, přesnost a velkou zásobu náhradních zkumavek (popřípadě O-kroužků). Na model se spotřebovaly 3 zkumavky (všechny praskly). Při dalším nákupu bylo nakoupeno pro jistotu 5 zkumavek ( $d = 15 \text{ mm}$ ,  $l = 50 \text{ mm}$ ). Nicméně sehnat zkumavku do druhého dne, nebo alespoň do týdne, je vcelku náročné (pokud nebydlíte např. v Praze). Proto je nejlepší si na koupi zkumavek a jejich následné řezání, vyhradit alespoň 14 dní. Uříznutí na požadovanou velikost lze uskutečnit v každém sklenářství. Zkumavku je nejlepší uříznout diamantovým kotoučem o trochu více než je potřeba a zbytek se jednoduše ubrousí. Důležité je nezapomenout přibrousit i hrany zkumavky pro lepší nasazení na O-kroužek.



Obrázek 3.5:  
Broušení zkumavky

### 3.2.1.1 Píst Ohřívače



Obrázek 3.6: Píst ohřívače

Píst ohřívače se skládá z několika dílů. Pro lepší estetický dojem je jako píst použita zkumavka ( $d = 12 \text{ mm}$ ,  $l = 30 \text{ mm}$ ), nic ale nebrání v použití např. pístu z grafitu. Materiál s větší hustotou na  $\text{cm}^2$  by mohl komplikovat běh motoru. Zkumavka je zevnitř uchycena dvěma O-kroužky ( $d_1 = 8 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 2 \text{ mm}$ ) na hliníkový špunt. Jako ochrana proti prasknutí zkumavky je ve špuntu vyvrtána průchozí díra, která vyrovnává tlak. Pístní tyč je vyrobena z kruhové ocelové tyče ( $d = 2 \text{ mm}$ ,  $l = 43 \text{ mm}$ ). Délku lze upravovat tak, aby mrtvý prostor v ohřívači za pístem byl co nejmenší. Čím větší bude mrtvý prostor, tím menší prostor bude pro ohřátí vzduchu nad kahanem a je větší pravděpodobnost, že model nebude fungovat. **Na pístní tyč je vhodné dát si opravdu záležet.** Musí být naprosto rovná a povrch velmi zjemněný, aby se při pohybu v ohřívači tyč nezadrhávala. Po zasunutí je vhodné aplikovat malé množství oleje WD-40. Ve špuntu pístu je tyč nalisována. Na opačném konci je uchycena červíkem M3 v zakončení pístu, které lze vidět na fotografii v podkapitole 3.2.3.

### 3.2.2 Chladič

Na chladiči bylo především řešeno spojení s ohříváčem. Jako nejlepší způsob se objevilo použití závitů, společně s O-kroužkem, zajištěným maticí. Velký vliv na funkci celého motoru má vnitřní strana chladiče. Musí být co nejpřesněji vyvrtána (nejlépe výstružníkem), aby nemohl uniknout vzduch ze systému. Co nejpřesněji musí být samozřejmě obrobena i vnější strana pístu chladiče. Na těchto dvou dílech se vyplatí dát si opravdu záležet. Přesnosti a drsnosti jsou uvedeny v technické dokumentaci. Neméně důležitým prvkem je také vnější žebrování, které plní funkci chlazení.



Obrázek 3.7: Chladič válec

#### 3.2.2.1 Píst Chladiče

U samotného pístu byl kladen vysoký důraz na přesnost. Mezi chladičem a jeho pístem musí být co nejmenší možná mezera. Pro kontrolu, zda jsou vyrobeny obě části správně, se zasune píst do chladiče a upe se prstem spodní otvor. Píst by měl velmi pomalu, samovolně klesnout na dno chladiče. Pokud klesne moc rychle, musí se díra do chladiče vyvrtat znovu. Pokud se píst jakkoliv zasekne, musí se díra upravit. Tření je zabiják Stirlingova motoru. K pístní tyči je píst přichycen unašečem, který představuje kruhový kus duralu o  $d = 9$  mm s dvěma průchozími dírami; jedna pro uchycení táhla a druhá pro uchycení samotného pístu. Na plochu pístu chladiče, tedy i na vnitřek samotného chladiče, **nesmí být nikdy aplikováno mazivo!** Zabraňovalo by to činnosti motoru.



(a) Rozloženo



(b) Složeno

Obrázek 3.8: Píst chladiče

### 3.2.3 Táhla a kyvadlo

Kyvadlo je vyrobeno na laseru z 3 mm silného pozinkovaného plechu. Výroba byla zadána firmě (EFAFLEX.CZ, 2015), která součást velmi ochotně vypálila. Jako lepší řešení se však jeví vypálení kyvadla z 2 mm plechu, především kvůli odlehčení. Nemá cenu kyvadlo frézovat, napsání programu by bylo časově náročné, řešením může být návrh kyvadla zjednodušit.



Obrázek 3.9: Kyvadlo

Táhla byla vyrobeny z duralu. Pro zjednodušení a především odlehčení, nemá význam vymýšlet nějaké složité návrhy. Nejjednodušší je vyvrtat jen dvě osově souměrné díry do kruhové tyče určitého průměru, kterou zkrátíme na požadovanou délku. Na obrázku vlevo lze vidět postup při výrobě jednoho z táhel. Protože se soustruží velmi malý průměr, je vhodné si tyč přidržit koníkem. Na obrázku vpravo lze vidět táhla vyrobené z duralu a z oceli. Na motoru byla použita právě duralová táhla a to pro odlehčení celého systému. Motor se však rozběhne i za použití táhel ocelových.



(a) Soustružení táhla

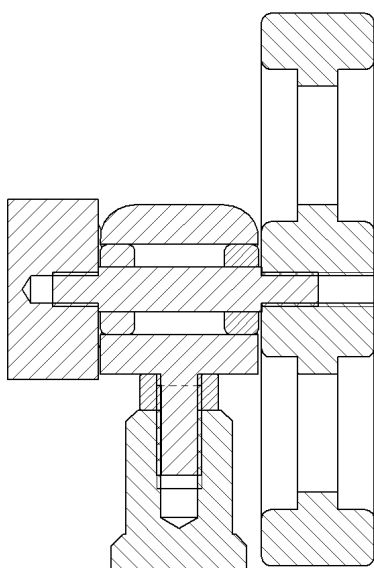


(b) Ocelová a duralová táhla

Obrázek 3.10: Táhla motoru

### 3.2.4 Uložení setrvačníku a ohříváče

Uložení setrvačníku je řešeno na hřídeli, která je uložena ve dvou miniaturních ložiskách s označením MR84 EZO, jež jsou upevněny v držáku setrvačníku. Tento díl musel být vyroben, neboť ložisková uložení (ložiska v domečku) o tak malých průměrech ( $d = 8$  mm) nejsou v obchodech dostupná. Díru mezi ložisky vymezuje kousek gumy. Uložení ohříváče je řešeno dvěma opěrnými tyčemi o  $d = 4$  mm, které byly vloženy do hlavního pilíře do předem vyvrtaných děr o  $d = 4$  mm. Hloubka děr v ohříváči nemohla být z technických důvodů větší, proto bylo pro pevnější spoj do obou děr přidáno lepidlo Loctite.



(a) Uložení setrvačníku



(b) Uložení ohříváče

Obrázek 3.11: Uložení setrvačníku a ohříváče

### 3.2.5 Setrvačnick

Je vhodné si nechat na tomto dílu **velmi záležet**. Musí být přesně vyvážen. Celou práci může znehodnotit při otáčení setrvačnicku dělání tzv. osmy. Tento setrvačnick byl vyroben na CNC frézce. Postup výroby na soustruhu je skvěle popsán na <http://daves-stirling-motor.jimdo.com/>. Volba velikosti setrvačnicku není nikterak zásadní pro funkci motoru. Podstatná je v případě, že chceme dosáhnout určitého stupně rovnoměrnosti chodu pro určitý výkon a otáčky motoru (MACHÁČEK, J., 2009).



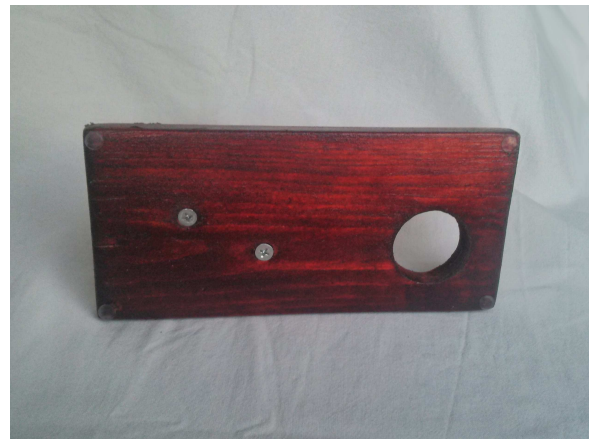
Obrázek 3.12: Setrvačnick

### 3.2.6 Nosné pilíře a základna

Základna je vyrobena ze smrkového dřeva. Dřevo bylo důkladně opracováno, hrany sraženy hoblíkem, povrch zjeměn smirkovým papírem a pro lepší vizuální dojem byly všechny strany nalakovány. Zespodu základny jsou vyvrtány 2 díry o  $d = 5$  mm. Nachází se zde také čtveřice gumových tzv. čoček<sup>2</sup>, které pomáhají motor při chodu držet na místě. Díra na zásobník paliva je vyvrtána na stojanové vrtačce frézou na vrtání dřeva. Nosné pilíře jsou vyrobeny z duralu. Drážka na kyvadlo, na hlavním pilíři, byla vyfrézována na stojanové vrtačce. Stejně tak i díry nacházející se kolmo na tuto drážku. Pilíř pod setrvačnickem nebyl vůbec složitý na výrobu. Díry se závitem byly samozřejmě předvrtány příslušným vrtákem podle tabulek a poté byl závitníkem vyvrtán závit. Oba pilíře byly obráběny na CNC soustruhu.



(a) Nosné pilíře



(b) Základna

Obrázek 3.13: Nosné pilíře a základna

### 3.2.7 Zásobník paliva



Obrázek 3.14: Zásobník

Jako zásobník paliva slouží nádoba vyrobená z hliníku, která je napodobeninou lihového kahanu. Palivem může být 96% ethanol, nebo technický líh a to z prostého důvodu. Původně zamýšlená svíčka sklo velmi znečišťuje a navíc nevydá takové množství tepla. Teplota svíčky se pohybuje kolem 1000°C, zatímco teplota hoření lihu nebo ethanolu je zhruba 1600°C. Shora je palivo v nádobce uzavřeno víčkem, vyrobeným taktéž z hliníku, ale s vnějším závitem.

<sup>2</sup>čočka - gumová podložka, používaná pro tlumení nárazu u dvířek skřínky





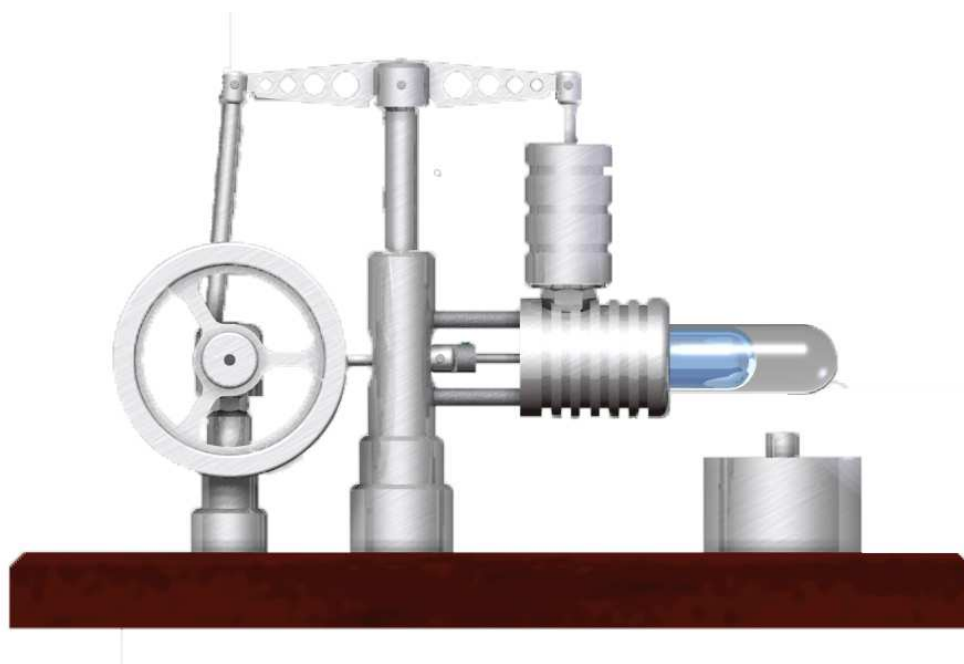
## Kapitola 4

# 3D model a jeho animace

Na animaci posloužil 3D model vytvořený v programu Solid Edge. Ten byl vytvářen společně s technickou dokumentací, která se nachází v příloze.

Hlavním úkolem bylo spojit všechny pohyblivé části a rozpohybovat je. Klíčové bylo nalézt a aplikovat správné příkazy, přidat a zarovnat osy součástí a také zvolit směr otáčení, či posouvání jednotlivých částí.

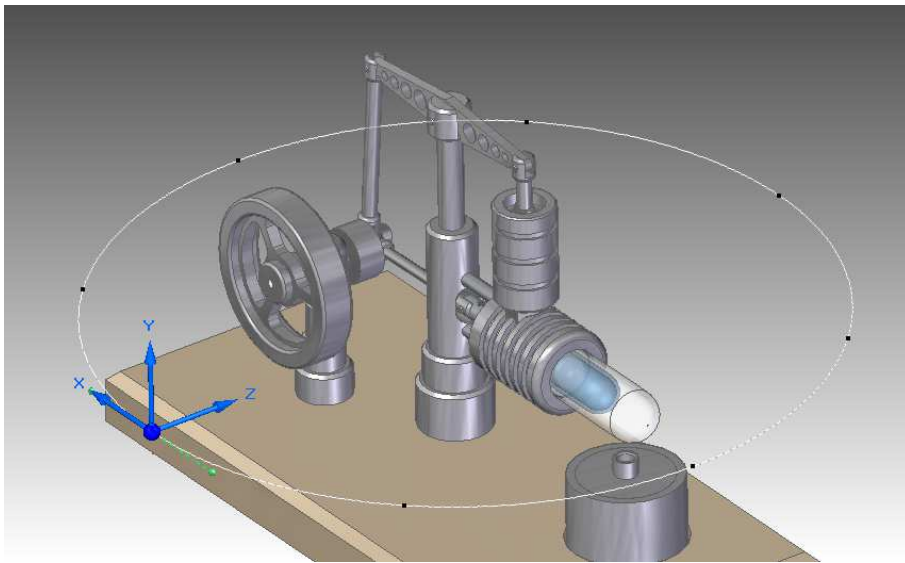
Tvorba 3D modelu byla časově velmi náročná. Zde se uplatnili autorovy zkušenosti ze střední školy. Nejtěžším bylo ladění detailů, jednalo se především o správné velikosti součástí a předcházení jejich vzájemné kolize. Výstup celého snažení lze prohlédnout na níže uvedeném renderu.



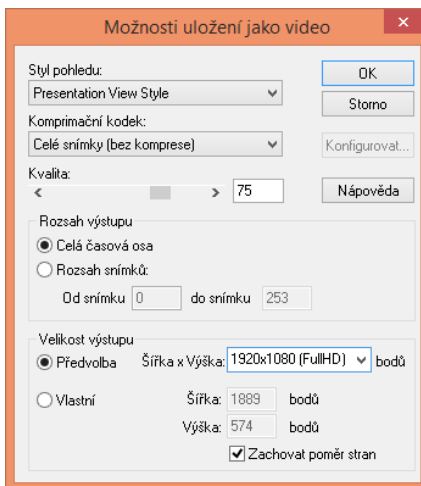
Obrázek 4.1: Render 3D modelu

## 4.1 Animace v programu Solid Edge

Samotná animace není nic složitého. V podstatě jde o zvolení dráhy kamery, jak lze vidět na obr. 4.2 a umístění pozice této kamery do vybraných snímků. Důležitým krokem je také vytvoření rotačního pohybu. Zde byl rotační pohyb přidán na kliku, na kterou navazují všechny pohyblivé součásti. Když se dal model do pohybu, začali spolu kolidovat jednotlivé objekty. Většinou je to možné napravit vložením správné vazby. Někdy však šlo díky provedené animaci vidět špatný návrh dané součásti a ihned chybu napravit. Toho bylo často využíváno.



Obrázek 4.2: Trajektorie kamery

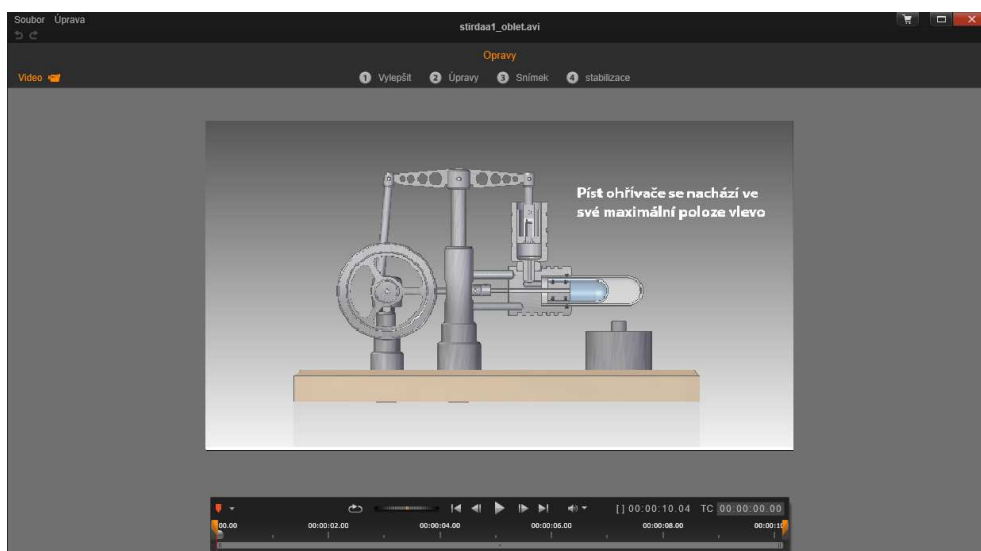


Obrázek 4.3: Uložení videa

Výstup videa může být zvolen v několika formátech, rozlišení a různé kvalitě. Pro účel této absolventské práce se nejvíce osvědčilo vybrat nastavení, které lze vidět na obrázku. Problém nastává z velikostí renderovaného videa, kdy 10 s dlouhé video ve Full HD svojí velikostí přesahuje 1,5GB. Animace v Solid Edge vůbec není tak složitá jak by se mohlo na první pohled zdát. Program nenabízí pokročilé úpravy jako jeho kolega Cinema 4D, ale pro jednoduchou animaci jako je tato, je Solid Edge dostačující.

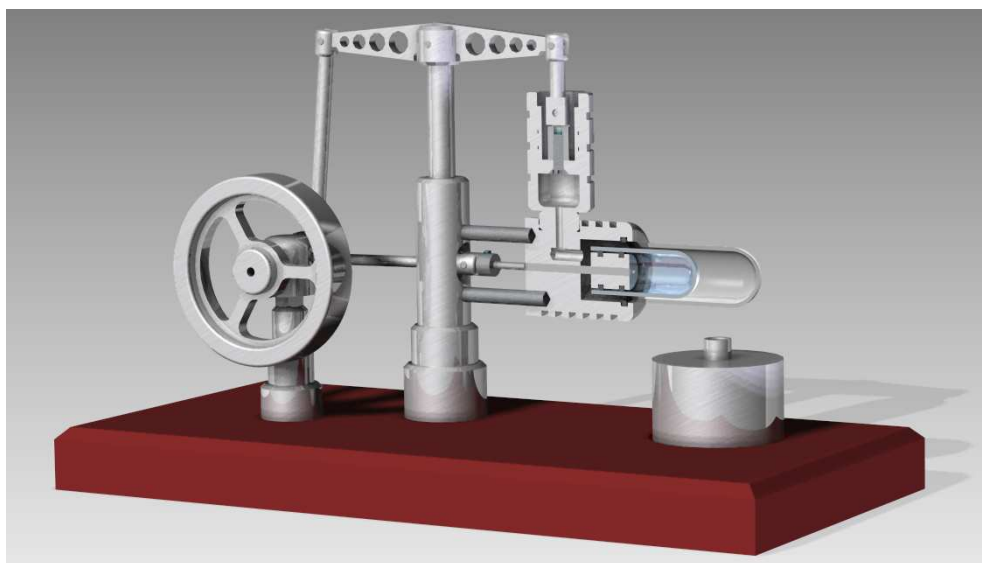
## 4.2 Finální render

Poslední úpravy proběhly v programu Pinnacle Studio. Zde byly do animace přidány popisky s vysvětlením principu Stirlingova motoru. Dále bylo vše upraveno do finální podoby a byla přidána hudba.



Obrázek 4.4: Přidání popisků

Je velmi obtížné ukázat video na papíře, nebo v pdf, proto je možné si animaci s vysvětlením principu Stirlingova motoru prohlédnout v autorově seznamu videí na této webové adrese: <https://www.youtube.com/user/2LLyK/>



Obrázek 4.5: Finální render



# Kapitola 5

## Provedená měření

Měření na Stirlingově motoru byla uskutečněna dvě. S pomocí stroboskopu byly měřeny maximální otáčky. Po připojení tachodynamu bylo provedeno kontrolní měření zatíženého motoru. Tachodynamo bylo použito jako mechanická zátěž a dostupný převodník pro získání unifikovaného výstupu pro další vyhodnocení a zpracování.

### 5.1 Měření stroboskopem

Použitý elektronický stroboskop byl zapůjčen od školy. Je to zařízení, které emituje krátké světelné záblesky a pokud se rychlost otáčení setrvačnicku synchronizuje s frekvencí záblesků, setrvačnick se zdánlivě zastaví. V ten moment se odečtou z displeje stroboskopu vypsané otáčky (*Wikipedie* [online], 2014b).

Vyrobený model dosahoval rychlosti přibližně 1600 ot/min.

Nutno zde zmínit, že kolem této hranice motor osciloval  $\pm 50$  ot/min. Pozn.: Na obrázku si lze všimnout světlého pruhu, který je vedlejším efektem při focení zapnutého stroboskopu.



Obrázek 5.1: Měření stroboskopem

## 5.2 Připojení tachodynamu

Připojení tachodynamu lze realizovat mnoha způsoby. Velmi vhodným řešením je připojení přes pružinu, které nám eliminuje rozdíly mezi osami obou předmětů. Pro pozdější měření na modelu, doporučuji aplikovat raději toto řešení. Tachodynamo bylo zvoleno především kvůli dostupnosti. Důležité bylo také zjistit, jak se motor bude chovat v zátěži. Při konstantním zatížení tachodynamu 100 ot/min je indukované napětí 0,4V, tzn. zjištěná konstanta tachodynamu  $k^u = 4 \text{ mV/ot}$ .

### 5.2.1 Mechanické zapojení

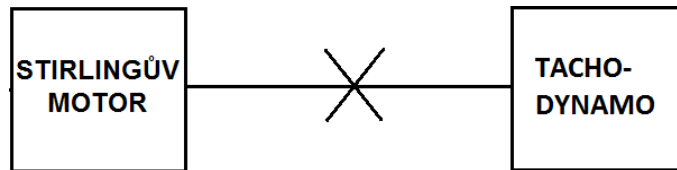
Zde bylo použito následující řešení:

- Byl zbroušen hrot hřebíku o  $d = 4\text{mm}$  do tvaru kužele. Tento hrot měl představovat koník (stejný jako se nalézá u např. soustruhu)
- Koník byl přes gumovou bužírku připojen k tachodynamu.
- Tachodynamo bylo nezbytné vystředit k ose setrvačníku; byl pro něj tedy vyroben podstavec, ke kterému bylo s pomocí objímky uchyceno.
- Při maximální otáčkách byl koník přitlačen k setrvačníku a bylo provedeno měření napětí multimetrem.



Obrázek 5.2: Fotografie mechanického zapojení

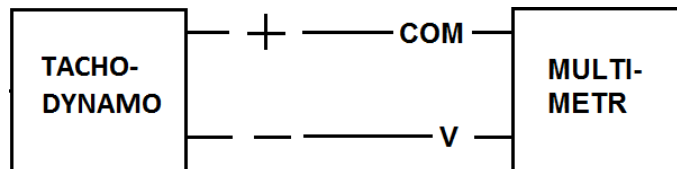
Zapojení bylo realizováno podle schématu mechanického zapojení.



Obrázek 5.3: Schéma mechanického zapojení

### 5.2.2 Elektrické zapojení

Zde je pro přehled uvedeno schéma zapojení tachodynamu s multimetrem.



Obrázek 5.4: Schéma elektrického zapojení

## 5.3 Naměřené hodnoty

Po připojení tachodynamu se okamžitě snižují otáčky motoru. Pokud není rotační osa tachodynamu vystředěna vůči ose setrvačnicku, může se motor i sám zastavit, jak se několikrát při měření stalo. Naměřené hodnoty se pohybují v rozmezí od 3,8 - 6,2V, což odpovídá rozmezí otáček od 950 ot/min do 1550 ot/min. Kolísání otáček je z důvodu momentové charakteristiky Stirlingova motoru, která je všeobecně známá, větší roli v kolísání otáček však hraje způsob připojení tachodynamu.

Vlivem malých rozměrů modelu a z toho vyplývají nízký mechanický výkon, nebylo možné provést změřením zatěžovací charakteristiky připojeného tachodynamu. Soustava Stirlingův motor – tachodynamo se chová jako velmi měkký napěťový zdroj a jeho vnitřní elektrický odpor je příliš vysoký k využití pro energetické účely. Řešením této situace by bylo zvětšení modelu, nebo využití setrvačnicku s předovkou (aby se snížily otáčky a zvýšil točivý moment).

Praktickým měřením byl prokázán nízký mechanický výkon modelu Stirlingova motoru a tím i jeho nevhodné použití jako záložního zdroje elektrické energie. Toto je pravděpodobně způsobeno nízkou účinností přeměny energií spojenou s malými rozměry modelu motoru. Účinnost motoru též snižuje dvojí převod energie; převod tepelné energie na energii mechanickou a z mechanické energie na energii elektrickou.

## 5.4 Návrhy na regulaci a další měření

Jako záložní zdroj je vyrobený model pravděpodobně nepoužitelný, ale zajímavá by byla aplikace obvodu elektronického snímání otáček setrvačníku pro zjišťování stability chodu Stirlingova motoru a měření rozběhové a doběhové charakteristiky.

Jelikož lze model Stirlingova motoru fyzikálně popsat jako statickou soustavu 2. řádu (což v elektrotechnice odpovídá kmitavému RLC obvodu), bylo by zajímavé zjistit přechodovou charakteristiku této soustavy a její parametry (tzn. konstantu soustavy, dobu náběhu, dobu průtahu a dobu přechodu, případně periodu vlastních kmitů soustavy).



# Kapitola 6

## Závěr

Cílem absolventské práce bylo navrhnout a vytvořit funkční model Stirlingova motoru. Po mnohahodinovém úsilí se nakonec podařilo motor zprovoznit. Této skutečnosti předcházelo velké množství pokusů, omylů a pevné vůle.

3D model byl vytvořen v programu Solid Edge, stejně jako technická dokumentace. Jednotlivé díly byly s pomocí ostatních vyrobeny, popřípadě byly zadány k výrobě. Tím se ale práce prodražila. Při samotném sestavování motoru z jednotlivých dílů bylo třeba dbát na přesnost a eliminovat možné tření mezi součástmi. Proto byl aplikován na pohyblivé části olej.

Animace Stirlingova motoru podává vysvětlení jeho principu a prezentuje tuto práci. Je vytvořena názorně, přehledně a splňuje svůj účel.

Z provedených měření je patrné, že použití Stirlingova motoru, jako záložního zdroje, není zcela vhodné. Je zde ale možnost motor využívat jako laboratorní model. Studenti mohou regulovat intenzitu hoření plamene a sledovat tak teplotu v závislosti na otáčkách motoru.

V průběhu práce byly zjištěny a opraveny určité nedokonalosti, které mohou usnadnit opětovnou výrobu modelu. Ten nakonec není majetkem školy, ale díky technické dokumentaci, jež je součástí této práce, není problém model znovu vyrobit pro školní potřeby.

Tuto práci lze hodnotit jako velmi zdařilou. Je to projekt, který je časově velmi náročný. Při jeho výrobě jsou však odměnou získané zkušenosti, znalosti a především radost z vykonané práce. Ti, kteří měli možnost vidět motor v chodu, hodnotili odvedenou práci s pochvalným uznáním.

Model lze prohlédnout na webové adrese: <https://www.youtube.com/user/2LLyK/>

## 6.1 Rady a tipy na výrobu

Jak je zmíněno v textu kapitoly číslo 3, největším nepřítelem Stirlingova motoru je tření vznikající u pohyblivých částí. Cílem je toto tření minimalizovat. Popis všech důležitých částí naleznete na obr. 2.1.

Jedná se především se o pístní tyč 3.2.1.1, její povrch musí být naprosto hladký, doporučuji zjemnit smirkovým papírem P2000. Délka této tyčky je relevantní, v technické dokumentaci nemusí být nutně správná délka, na reálném modelu byla tyčka několikrát měněna a zkracována. Po vsunutí tyčky do ohřívače, je vhodné aplikovat malé množství oleje WD-40.

Na pístní tyč navazuje díra v ohřívači 3.2.1, která by měla být vyvrtána výstružníkem. Výstružníkem musí být vyvrtána i díra v chladiči 3.2.2 pro chladící píst 3.2.2.1. Na tyto části nikdy neaplikujte WD-40, ani jakýkoliv mazací přípravek. Ten je vhodné aplikovat na spojení táhel, kyvadla 3.2.3 a v podstatě všude, kde se nacházejí spojovací kolíky. Právě spojovací kolíky 3.2 a stejně tak ložiska a uložení ohřívače 3.2.4 jsou upevněny lepidlem Loctite 603. To vymezí mezery až do 0,1 mm a je tedy vhodné pro použití v podstatě kdekoliv na tomto modelu.

Z praxi bylo zjištěno, že v podstatě nezáleží na pozici chladícího pístu, tzn. nezáleží na velikosti táhel a především na pozici díry na klice od středu osy otáčení, která mění krok celého motoru. Lze použít i řešení z původní technické dokumentace (JEROEN-JONKMAN, 2010). Záleží však na pozici přehanče, kdy by měl být co nejmenší možný prostor za pístem a co největší možný prostor pro ohřev vzduchu před pístem.

Jelikož tento model neběží na teplo svíčky, ale rozběhne se až nad lihovým kahanem (který má teplotu hoření vyšší o 600 °C), zřejmě tento model v návrhu zaostává za modelem Jeroena Jonkmana. Jeho motor na teplo svíčky běží. Řešením se zdá být lepší utěsnění systému, tedy použití dvou O-kroužků za sebou namísto jednoho, mezi zkumavkou a ohřívačem. Pomohlo by také lepší žebrování - více žeber a to nejenom na ohřívači, ale především na chladiči. Vliv na funkci má i návrh regenerátoru. Pouze odhadem by bylo vhodné celé ústrojí zvětšit (přidat materiál), ale zachovat velikost děr. Snad i zmenšit vzdálenost mezi chladičem a ohřívačem, ale to vyžaduje studium mnoha materiálů na téma regenerátor.

Mým přáním je, aby byla tato práce inspirací pro další nadšence a skromným můstkem od kterého se lze odrazit, při výrobě vlastního Stirlingova motoru.

Jakékoliv otázky směřujte na emailovou adresu: martinblazas@gmail.com

# Literatura

- DAVE (2008), Dave's Stirling Motor - The making of and How it works [online]. [cit. 2015-05-05], <http://daves-stirling-motor.jimdo.com/>.
- EFAFLEX.CZ (2015), Rychlá a bezpečná vrata[online]. Olší 55, 391 61 Opařany [cit. 2015-05-05], <http://www.efaflex.com/cz/rychla-a-bezpecna-vrata.html>.
- HORÁK, J. (2011), Výpočtový model tepelného oběhu Stirlingova motoru, (Diplomová práce), VUT Brno, Fakulta strojního inženýrství, Brno.
- JEROEN-JONKMAN (2010), Free Plans: Jeroen Jonkman's "Stirling 60" [online]. [cit. 2015-04-01], <http://www.machinistblog.com/>.
- MACHÁČEK, J. (2009), Stirlingův termodynamický cyklus, (Dizertační práce), VUT Brno, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Brno.
- OMASTA, M. (2006), Mechanismus Stirlingova motoru, (Bakalářská práce), VUT Brno, Fakulta strojního inženýrství, Brno.
- SCHENK, C. (2009), MiKTeX [online]. [cit. 2015-05-04], <http://www.miktex.org/>.
- STIRLINGENGINE.COM (2015), American Stirling Company FAQ [online]. [cit. 2015-04-03], <http://www.stirlingengine.com/faq/>.
- Wikipedie* [online] (2014a). [cit. 2015-05-04], [http://cs.wikipedia.org/wiki/Stirlingův\\_motor](http://cs.wikipedia.org/wiki/Stirlingův_motor).
- Wikipedie* [online] (2014b). [cit. 2015-05-04], <http://cs.wikipedia.org/wiki/Stroboskop>.



# Příloha A

## Obsah přiloženého CD/DVD

K této práci je přiloženo CD/DVD s následující adresářovou strukturou.

- Absolventská práce v  $\text{\LaTeX}$ 2 $\epsilon$
- Fotodokumentace:
  - Finální model
- Výkresová dokumentace a 3D model
  - Model
  - Sestava
  - Výkresová dokumentace
- 3D animace
- Blazek\_ AP\_ 2015.pdf – absolventská práce ve formátu PDF



# Příloha B

## Použitý software

**Adobe Photoshop CS5** [⟨http://www.adobe.com/⟩](http://www.adobe.com/)

**L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X2e** [⟨http://www.miktex.org/⟩](http://www.miktex.org/)

**Pinnacle Studio 16 Trial** [⟨http://www.pinnaclesys.com/⟩](http://www.pinnaclesys.com/)

**Solid Edge ST6** [⟨http://www.plm.automation.siemens.com/⟩](http://www.plm.automation.siemens.com/)

**TeXmaker 4.3** [⟨http://www.xmlmath.net/⟩](http://www.xmlmath.net/)

**WinEdt 6.0** [⟨http://www.winedt.com/⟩](http://www.winedt.com/)

Software z výše uvedeného seznamu je buď volně dostupný, nebo je toho času jeho vlastníkem Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy, Sezimovo Ústí, Budějovická 421, kde autor téhož času studoval a vytvořil tuto absolventskou práci.





# Příloha C

## Časový plán absolventské práce

Činnost	Časová náročnost	Termín ukončení	Splněno
seznámení se s principem Stirlingova motoru	2 týdny	16.11.2014	30.11.2014
AP: kapitola Úvod	2 týdny	30.11.2014	02.04.2015
AP: Kapitola 2	2 týdny	17.12.2014	07.04.2015
AP: Kapitola 3	2 týdny	31.12.2014	30.04.2015
AP: Kapitola 4	2 týdny	15.03.2015	03.05.2015
AP: Kapitola 5	1 týden	08.03.2015	30.04.2015
AP: Kapitola 5	1 týden	08.03.2015	30.04.2015
výkresová dokumentace	1 měsíc	21.12.2014	30.03.2015
výroba modelu	2 měsíce	15.03.2015	29.04.2015
kompletní model	1 měsíc	29.03.2015	30.04.2015
kompletní 3D model	1 měsíc	01.03.2015	29.04.2015
AP: kompletní text		30.03.2015	05.05.2015



# Příloha D

## Rozpočet projektu

Následující tabulka uvádí finanční rozpočet modelu zahrnující nákupy jednotlivých součástí a zakázky realizované mimo školu. Ceny jsou uvedeny včetně DPH a obvykle včetně poštovného a balného.

Tabulka D.1: Finanční rozpočet projektu

Komponenta	Kusů	Cena za kus	Cena celkem
Výroba ohřívače a pilířů	-	500,-	500,-
Výroba setrvačnicku, kliky	-	250,-	252,-
Výroba některých táhel a hřídele	-	600,-	600,-
Výroba - zbylé duralové a ocelové součásti	-	500,-	500,-
Výroba a lakování dřevěné základny	-	750,-	750,-
Výroba kyvadla	2	-	1,-
Úložný prostor na motor	1	150,-	150,-
Projetý benzín	-	-	1000,-
Ložiska	2	145,-	290,-
Lepidlo Loctite 603	1	387,-	387,-
Zkumavky	8	225,-	225,-
Nařezání zkumavek	3	50,-	150,-
Drobný materiál (těsnění, šroubky)	-	-	100,-
Provozní kapalina	-	-	100,-
Celkem	-	-	5005,-

Následující tabulka uvádí hodinový rozpočet práce na výrobě modelu. Tabulka obsahuje zkratky, které znamenají: AP – absolventská práce, E – úsek elektro.

Tabulka D.2: Hodinový rozpočet projektu

<b>Práce</b>	<b>Člověko- hodin</b>	<b>Pracovník</b>
3D model + úpravy	80	autor AP
Výkresové dokumentace	80	autor AP
Výkresové dokumentace	5	konzultant AP
Obrábění, vrtání	10	učitelé E
Obrábění	25	strýc autora AP
Montáž	20	autor AP, otec autora AP
Provedená měření	10	autor AP, vedoucí AP
Zprovoznění motoru	80	autor AP, otec autora AP
Text AP	100	autor AP
Celkem	410	-

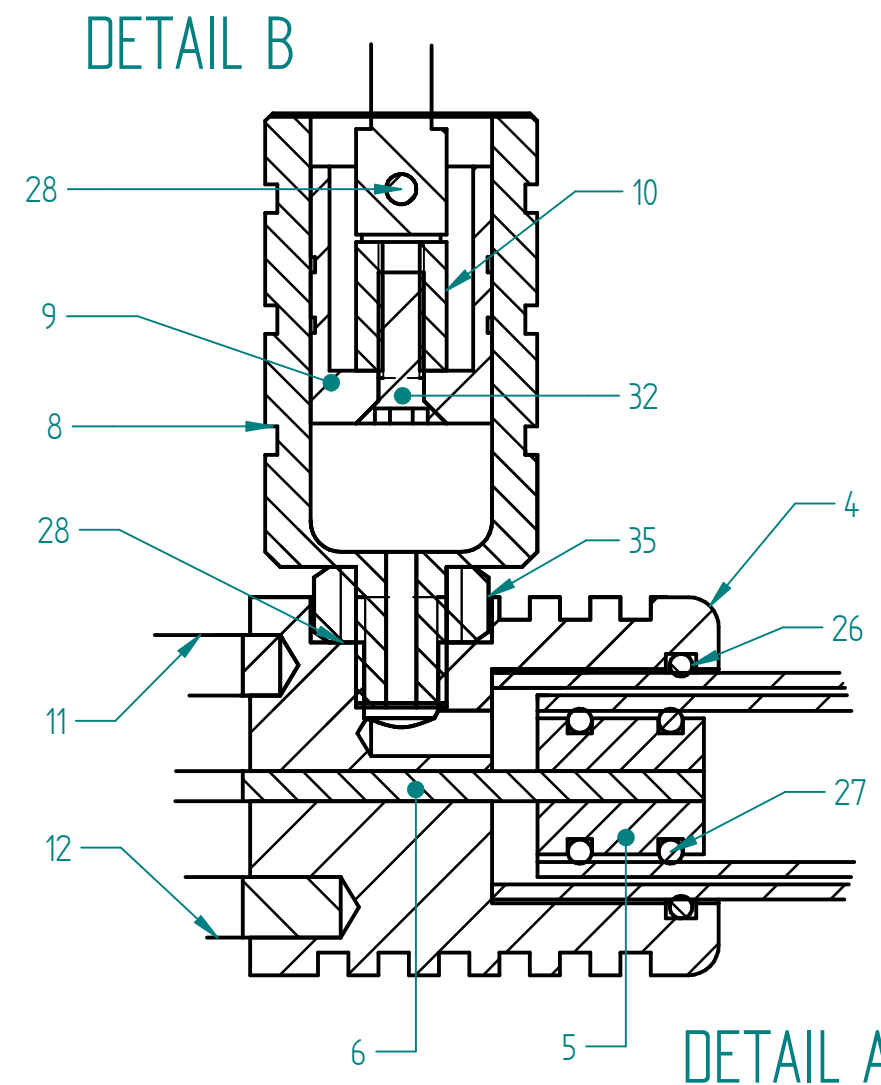
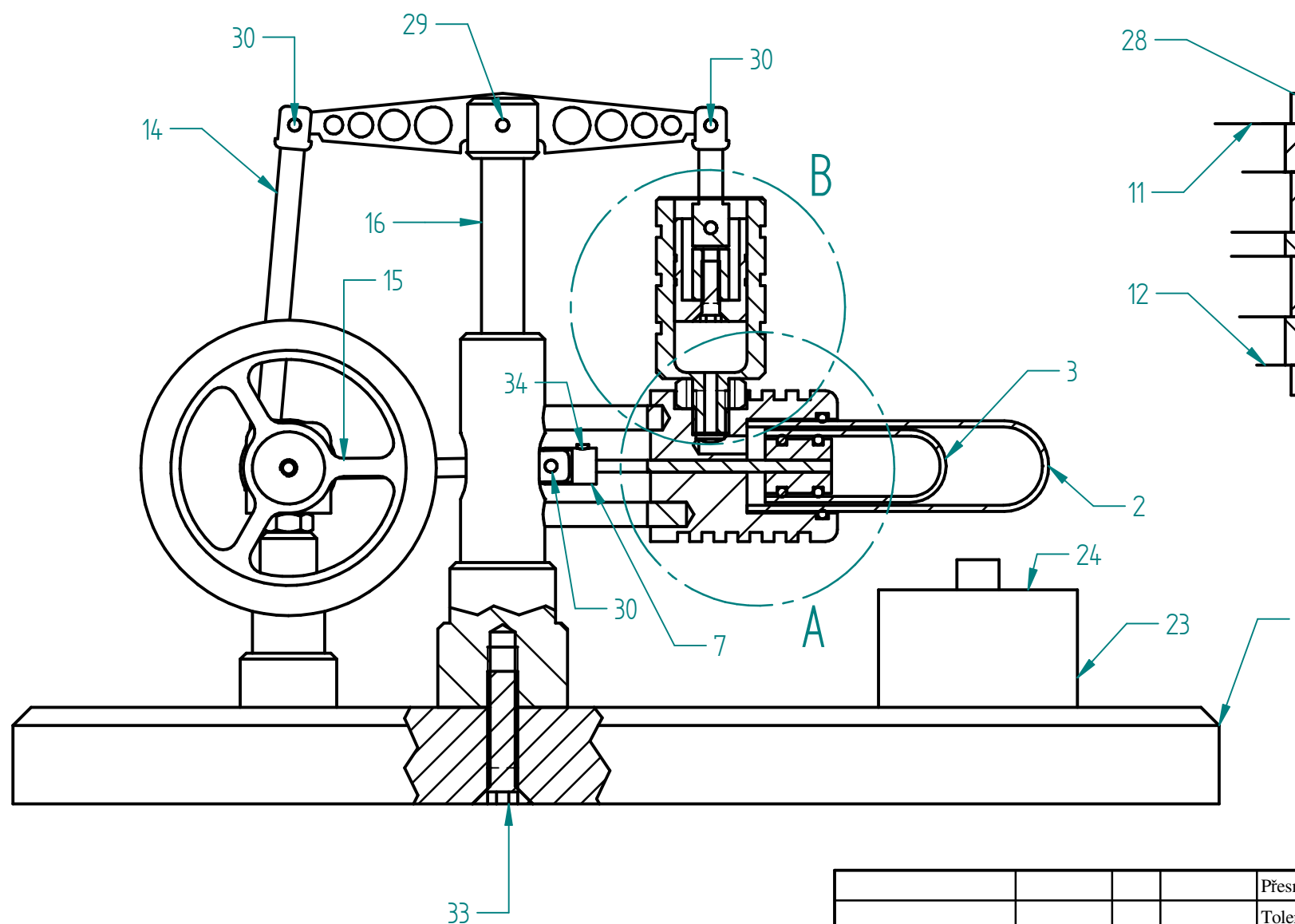
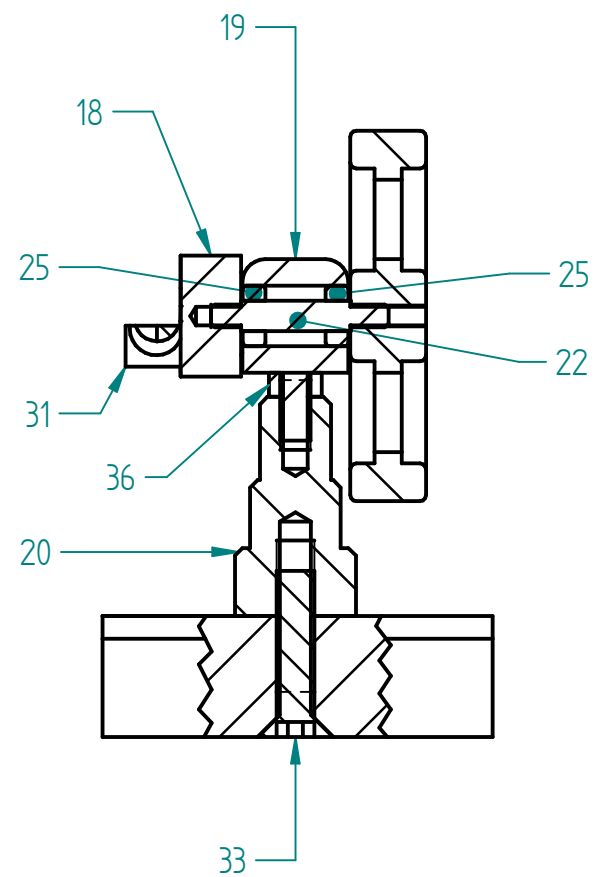
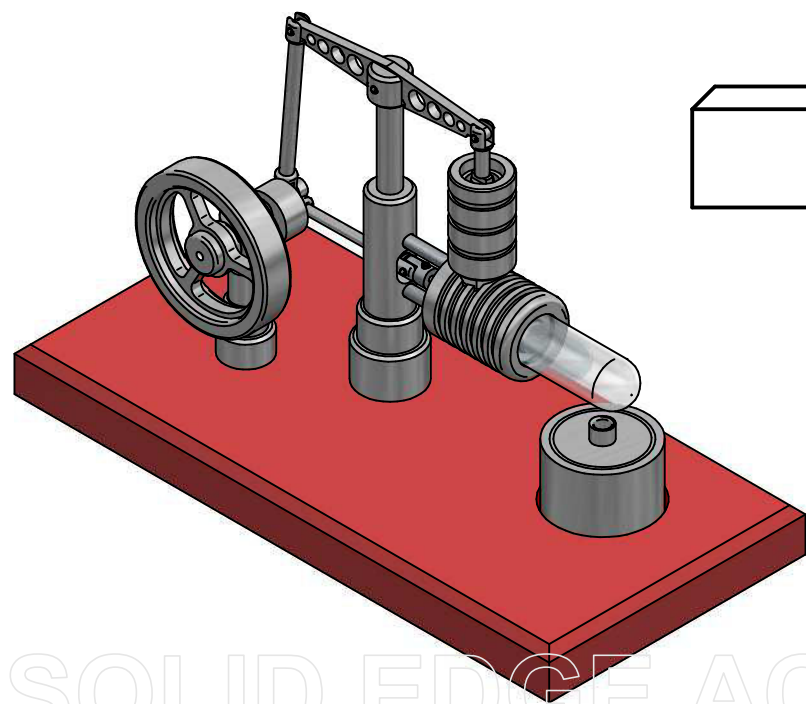
Jen pro ilustraci předpokládejme taxu 120,- Kč za hodinu, poté je celková cena práce 49 200,- Kč. Model Stirlingova motoru tedy celkově vyjde na 54 205,- Kč. Pro srovnání podobný model, který lze zakoupit kdekoliv na internetu, vyjde v rozmezí od 1000,- Kč do 5000,- Kč.

# Příloha E

## Technická dokumentace

V dokumentaci se nachází na prvním místě sestava celého modelu, na kterou navazuje kusovník. Dále následují výkresy jednotlivých součástí.



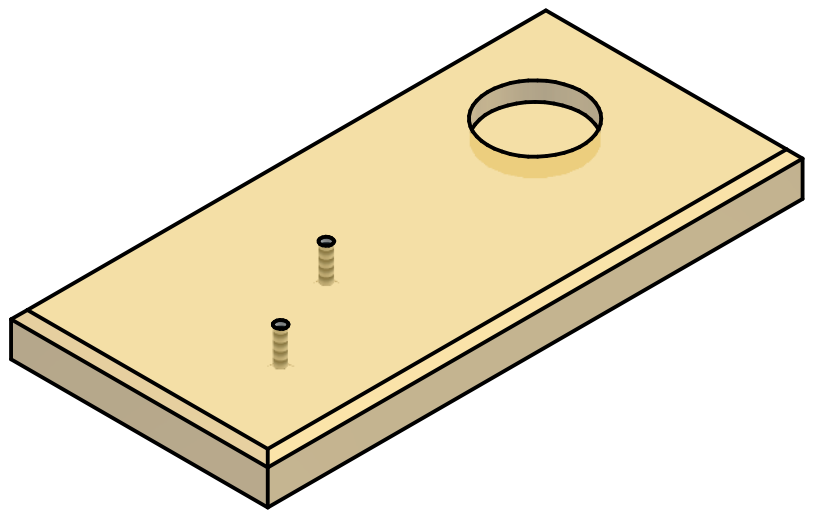
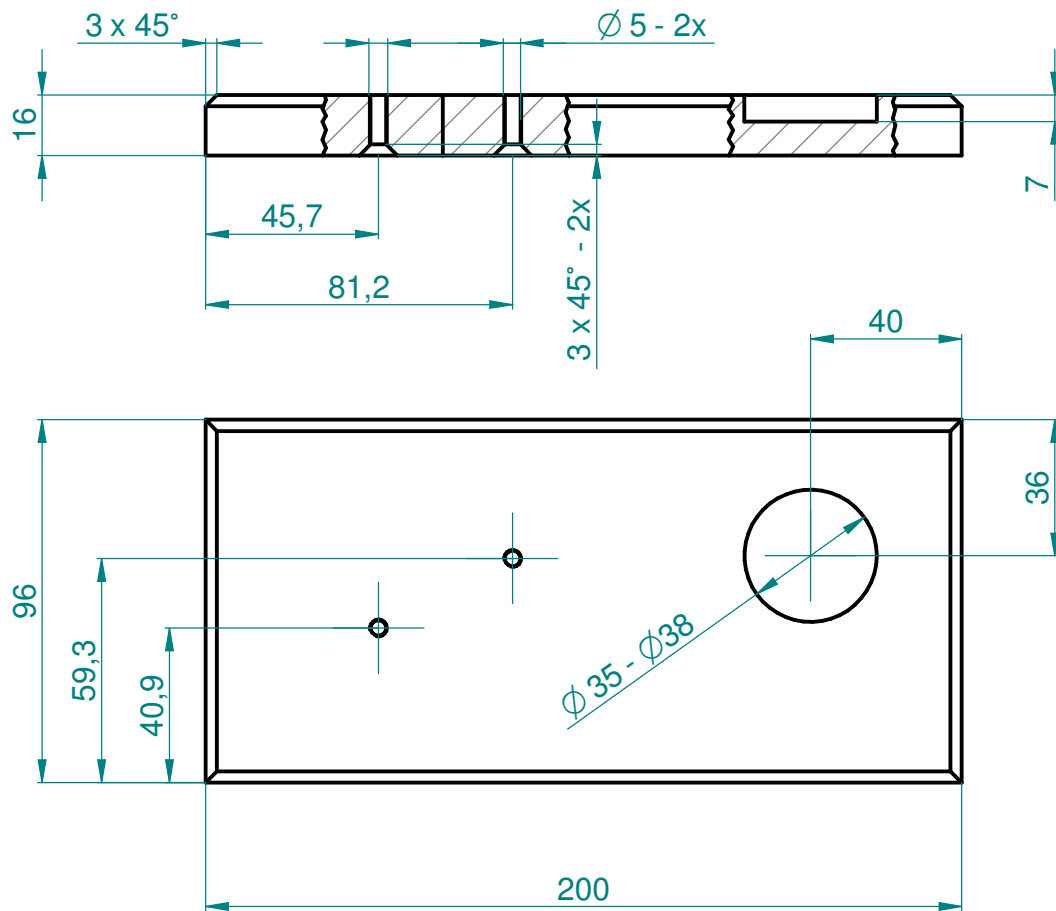


3.2

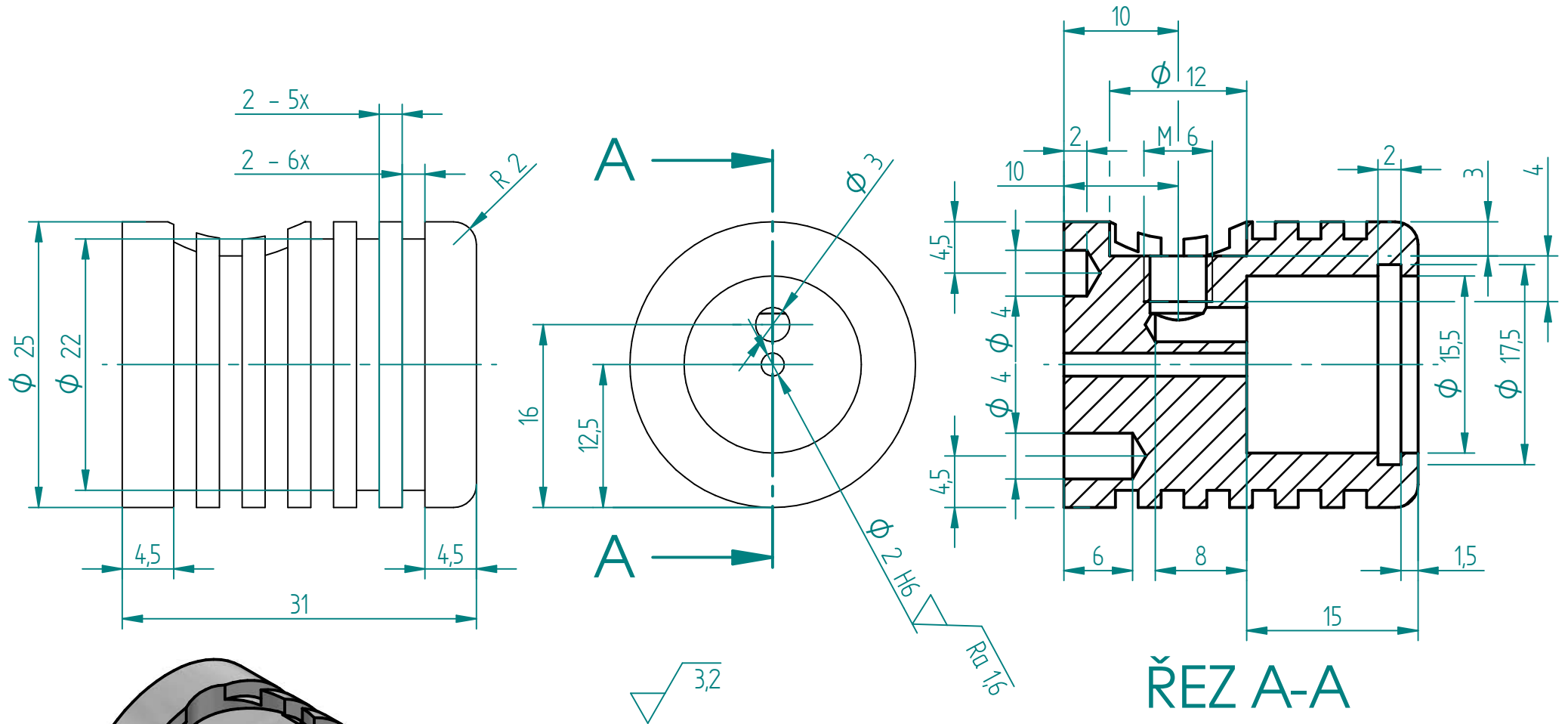
				Přesnost	ISO 2768-mK	Materiál	T.O.
				Tolerování	ISO 8015	Polotovár	
				Promítání		Čistá hmotnos	
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421			
Změna	Datum	Index	Podpis	Název			
Navrhl	<b>Blažek</b>	Poznámka	Měřítko	<b>STIRLINGŮV MOTOR</b>			
Přezkoušel			<b>1:1</b>	Číslo výkresu			
Technolog				<b>VOŠ3-12/S1A3</b>			
Normalizace	Starý výkres						
Schválil	Číslo seznamu						
Datum	<b>04.05.2015</b>	Číslo sestavy	<b>VOŠ3-12/S1A4</b>				

Poz.	Název	Polotovár	Materiál	Norma	Množ.
<b>VYROBENÉ SOUČÁSTI</b>					
3	ZÁKLADNA	TL. -16 100X200	SMRKOVÉ DŘEVO		
4	OHŘÍVAČ (HLAVNÍ VÁLEC)	KR30-60	DURAL	ČSN 42 4201	1
5	ŠPUNT PŘEHANĚČE	KR15-40	DURAL	ČSN 42 4201	1
6	TYČ PŘEHANĚČE	KR2-40	C 45	ČSN 45 6510	1
7	KONEC PÍSTNÍ TYČE	KR10-30	C 45	ČSN 42 6510	1
8	CHLADIČ (SEKUNDÁRNÍ VÁLEC)	KR20-60	DURAL	ČSN 42 4201	1
9	PÍST CHLADIČE	KR15-50	DURAL	ČSN 42 4201	1
10	UNAŠEČ	KR10-50	DURAL	ČSN 42 4201	1
11	HORNÍ PODPĚRA OHŘÍVAČE	KR10-90	C 45	ČSN 42 6510	1
12	SPODNÍ PODPĚRA OHŘÍVAČE	KR10-90	C 45	ČSN 42 6510	1
13	HNACÍ TYČ CHLADIČE	KR10-50	DURAL	ČSN 42 4201	1
14	HNACÍ TYČ HORNÍ	KR10-90	DURAL	ČSN 42 4201	1
15	HNACÍ TYČ SPODNÍ	KR10-90	DURAL	ČSN 42 4201	1
16	HLAVNÍ PILÍŘ	KR30-130	DURAL	ČSN 42 4201	1
17	KYVADLO	Plech TL. - 3mm	C 45	ČSN 42 6333	1
18	KLIKA	KR15-40	DURAL	ČSN 42 4201	1
19	DRŽÁK NA SETRVAČNÍK	KR15-50	DURAL	ČSN 42 4201	1
20	PILÍŘ POD SETRVAČNÍK	KR30-60	DURAL	ČSN 42 4201	1
21	SETRVAČNÍK	KR50-40	DURAL	ČSN 42 4201	1
22	HŘÍDEL	KR10-50	C 45	ČSN 45 6510	1
23	ZÁSOBNÍK PALIVA	KR30-60	DURAL	ČSN 42 4201	1
24	VÍČKO ZÁSOBNÍKU	KR30-50	DURAL	ČSN 42 4201	1
<b>ZAKOUPENÉ SOUČÁSTI</b>					
1	ZKUMAVKA OHŘÍVAČE	$d=15 \times 100$	SIMAX SKLO		1
2	ZKUMAVKA PŘEHANĚČE (PÍST)	$d=12 \times 100$	SIMAX SKLO		1
25	LOŽISKO MR84 2Z EZO JAPAN				2
26	O-KROUŽEK 15 X 1,5 NBR70		PRYŽ	DIN 3770	1
27	O-KROUŽEK 10,1 X 1,6 NBR70		PRYŽ	DIN 3770	3
28	O-KROUŽEK 6 X 2 NBR90		PRYŽ	DIN 3770	1
29	KOLÍK 2 X 12		SVÁŘECÍ DRÁT	DIN 6235	1
30	KOLÍK 2 X 6		SVÁŘECÍ DRÁT	DIN 6235	4
31	ŠROUB M3 IMBUS		C 45	M3 X 15	1
32	ŠROUB M3 záпустný křížový		C 45	M3 X 8	1
33	ŠROUB M5 záпустný křížový		C 45	M5 X 25	2
34	ČERVÍK M2,5 IMBUS		C 45	M2,5 X 3	1
35	MATICE M6		C 45	DIN 934	1
36	MATICE M4		C 45	DIN 934	1

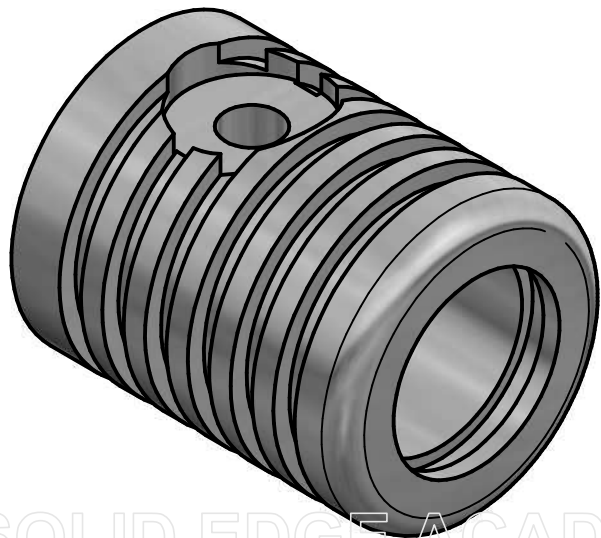




				Přesnost	ISO 2768-mK	Materiál	Dřevo (SMRK)	T.O.					
				Tolerování	ISO 8015	Polotovár							
				Promítání		Čistá hmotnos							
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421									
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>ZÁKLADNA</b>									
Navrhl	Poznámka		Měřítko						<b>VOŠ3-12/01A4</b>				
Přezkoušel			<b>1:2</b>										
Technolog													
Normalizace	Starý výkres			Číslo výkresu									
Schválil	Číslo seznamu			<b>VOŠ3-12/01A4</b>									
Datum	27.03.2015								Číslo sestavy VOŠ3-12/01A4				

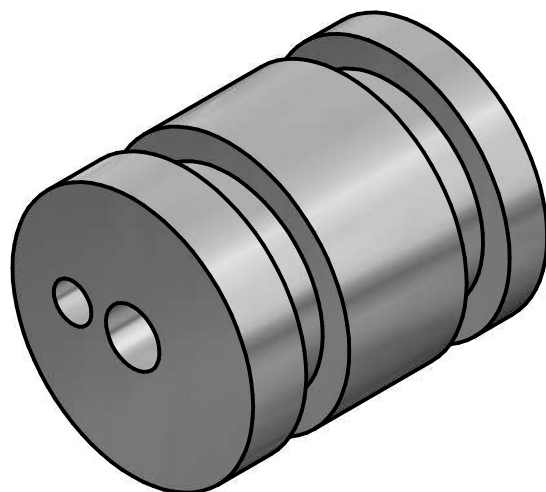
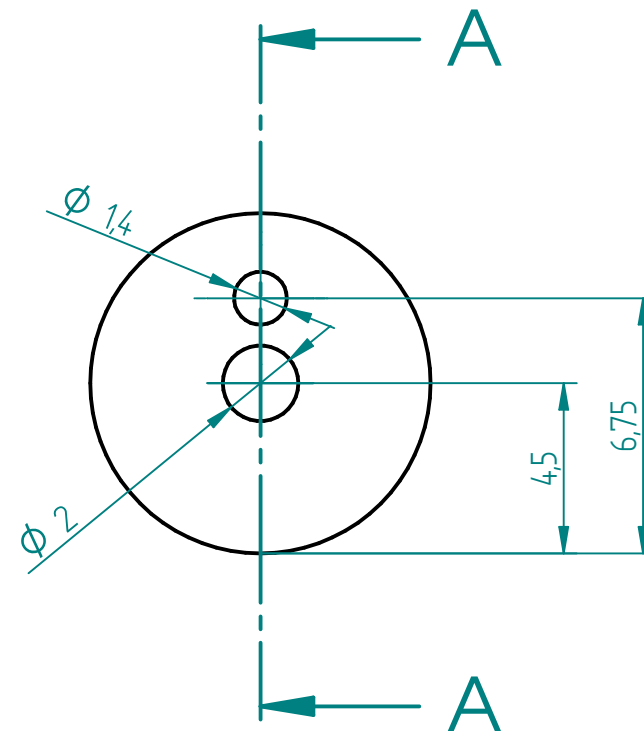
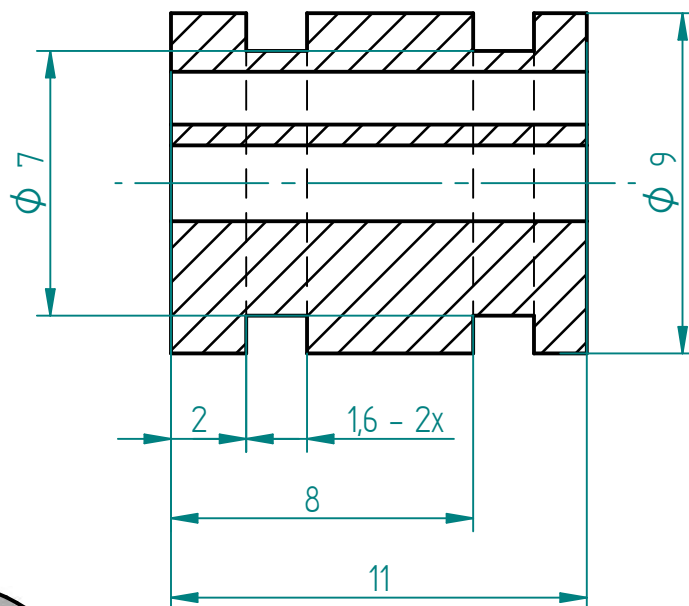


ŘEZ A-A

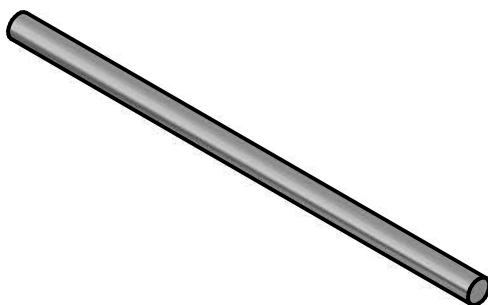
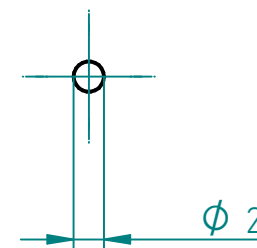
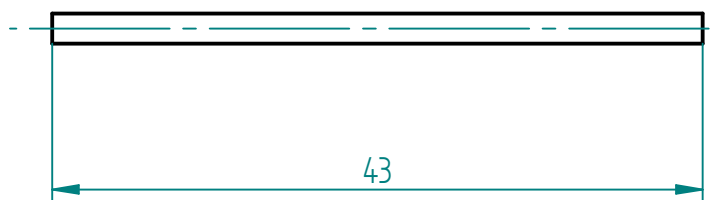


				Přesnost	ISO 2768-mK	Materiál	Dural	T.O.	
				Tolerování	ISO 8015	Polotovar	KR30h9-60 ČSN 42 4201		
				Promítání		Čistá hmotnos			
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421					
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>Název</b>  <b>OHŘÍVAČ</b>  <b>Číslo výkresu</b>  <b>VOŠ3-12/04A4</b>					
Navrhl	Blažek		Poznámka						Měřítko
Přezkoušel									<b>2:1</b>
Technolog									
Normalizace	Starý výkres								
Schválil	Číslo seznamu								
Datum	29.03.2015	Číslo sestavy		VOŠ3-12/S1A3					

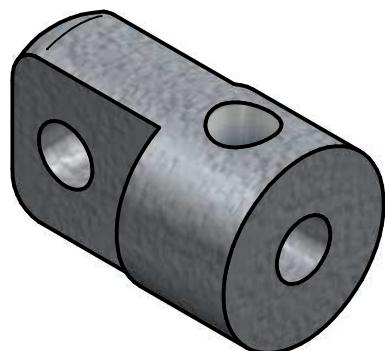
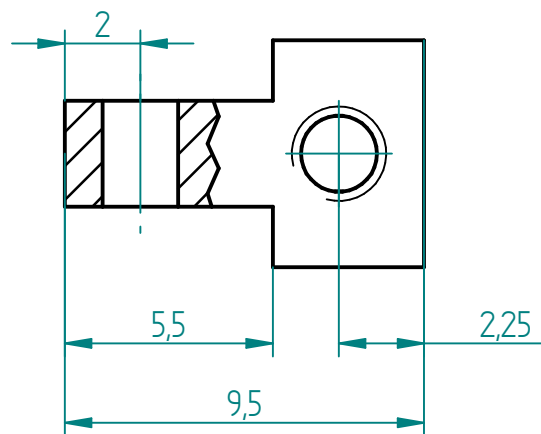
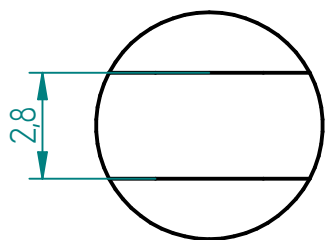
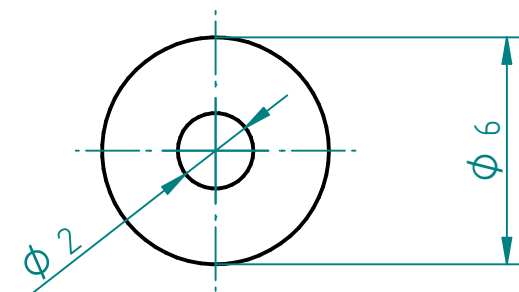
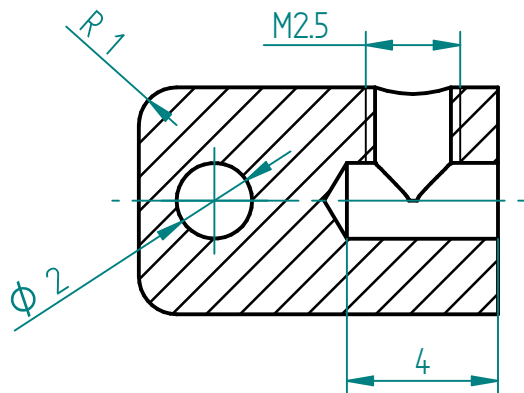
# ŘEZ A-A



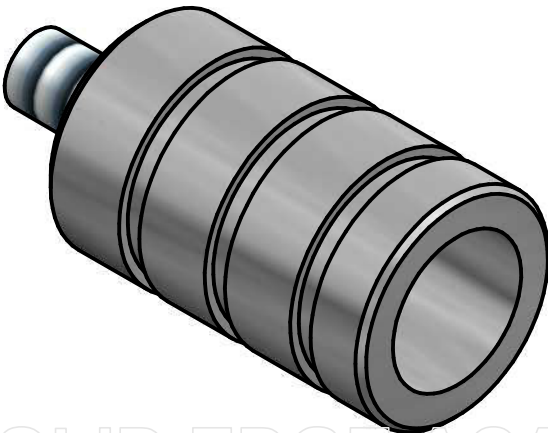
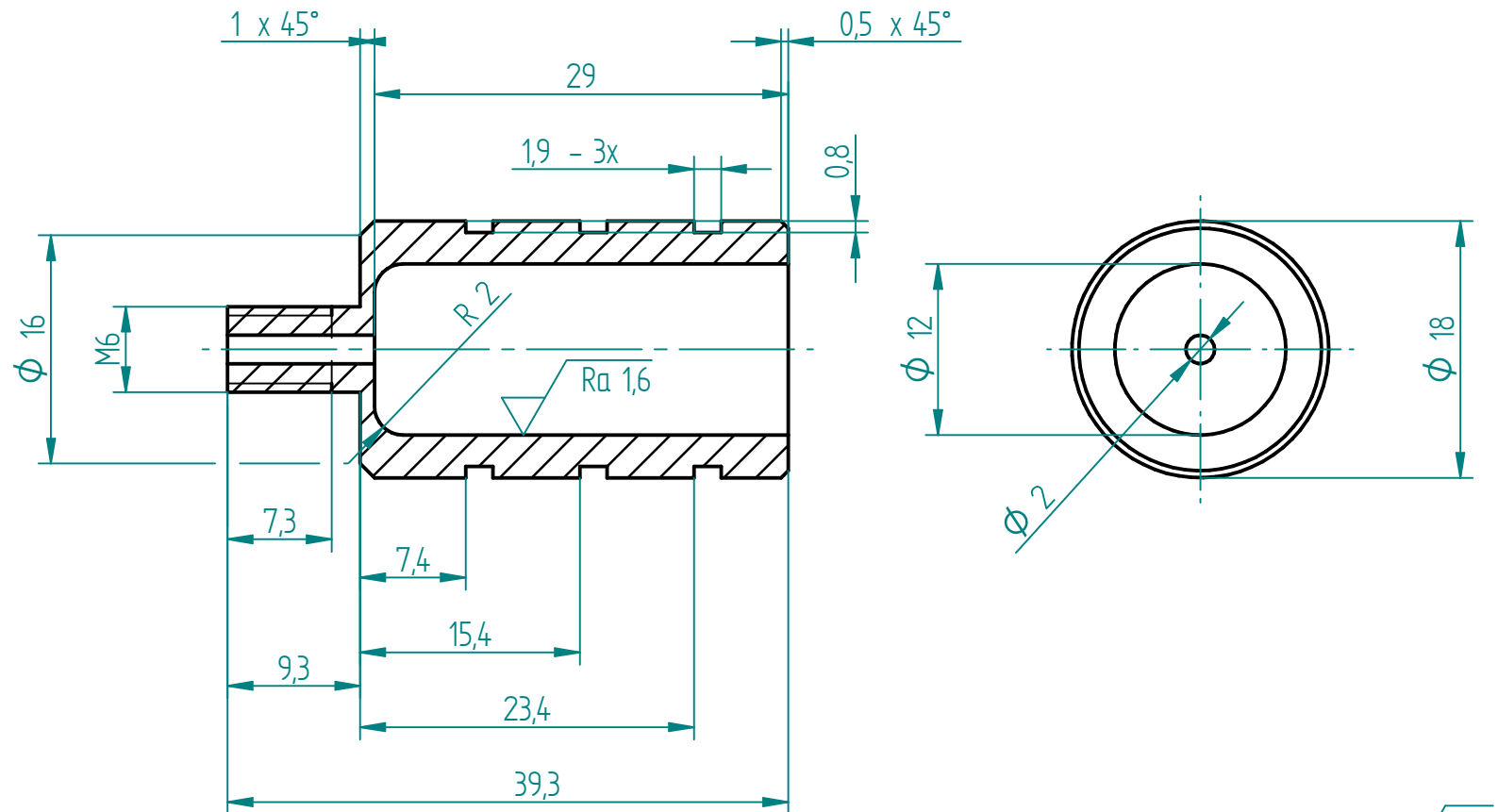
				Přesnost	<b>ISO 2768-mK</b>	Materiál	<b>Dural</b>	T.O.
				Tolerování	<b>ISO 8015</b>	Polotovar	<b>KR15-40 ČSN 42 4201</b>	
				Promítání		Čistá hmotnost		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>ŠPUNT PŘEHANĚČE</b>  <b>VOŠ3-12/05A4</b>				
Navrhl	<b>Blažek</b>	Poznámka	Měřítko					
Přezkoušel			<b>5:1</b>					
Technolog								
Normalizace		Starý výkres						
Schválil		Číslo seznamu		Číslo výkresu				
Datum	<b>27.03.2014</b>	Číslo sestavy	<b>VOŠ3-12/S1A3</b>					



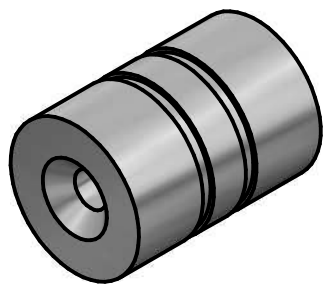
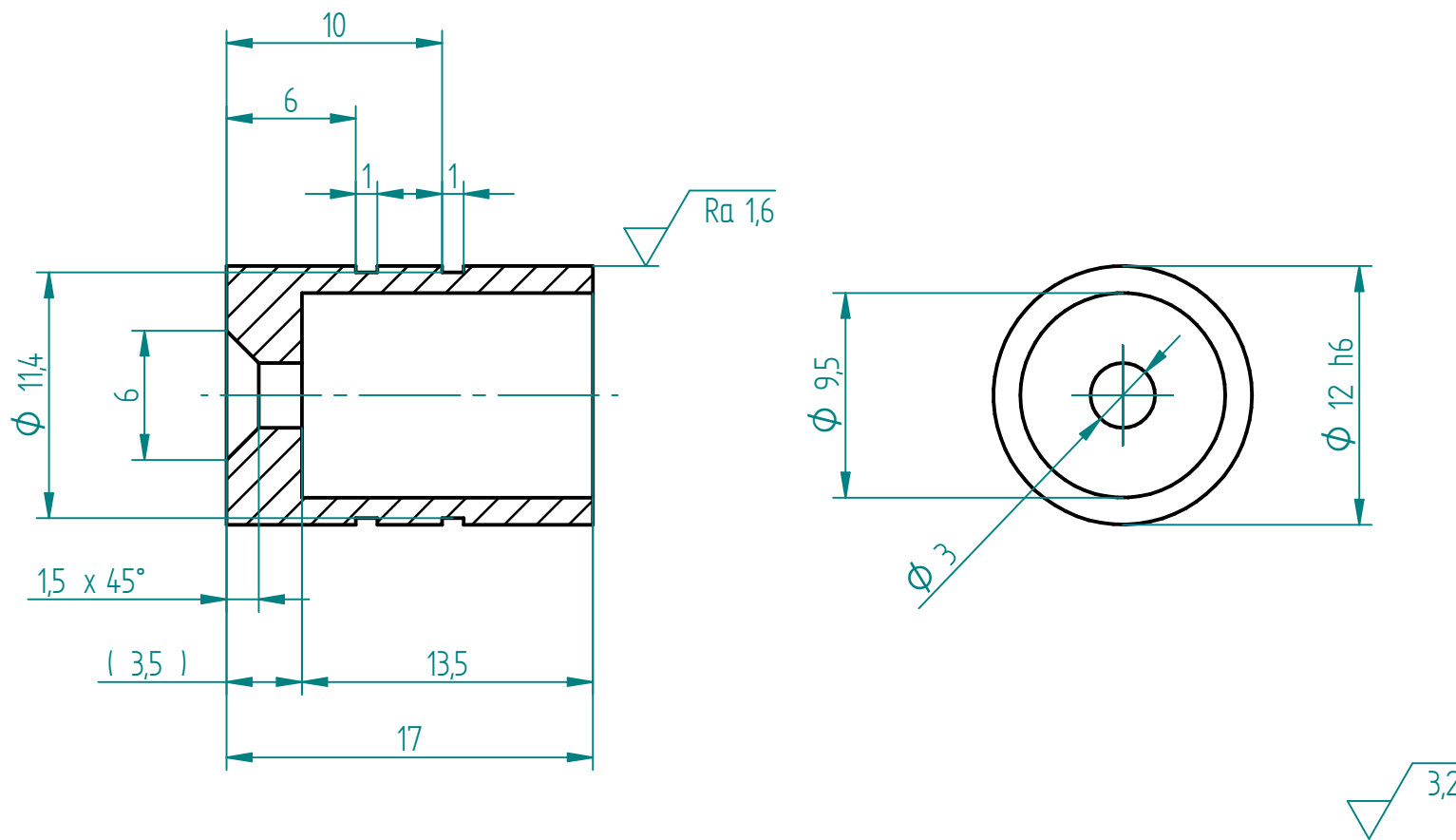
				Přesnost	<b>ISO 2768-mK</b>	Materiál	<b>C 45</b>	T.O.
				Tolerování	<b>ISO 8015</b>	Polotovar	<b>KR2h11-90 ČSN42 6510</b>	
				Promítání		Čistá hmotnos		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>TYČ PŘEHANĚČE</b>				
Navrhl	<b>Blažek</b>	Poznámka	Měřítko					
Přezkoušel			<b>2:1</b>					
Technolog								
Normalizace	Starý výkres			<b>VOŠ3-12/06A4</b>				
Schválil	Číslo seznamu							
Datum	<b>29.03.2015</b>	Číslo sestavy						



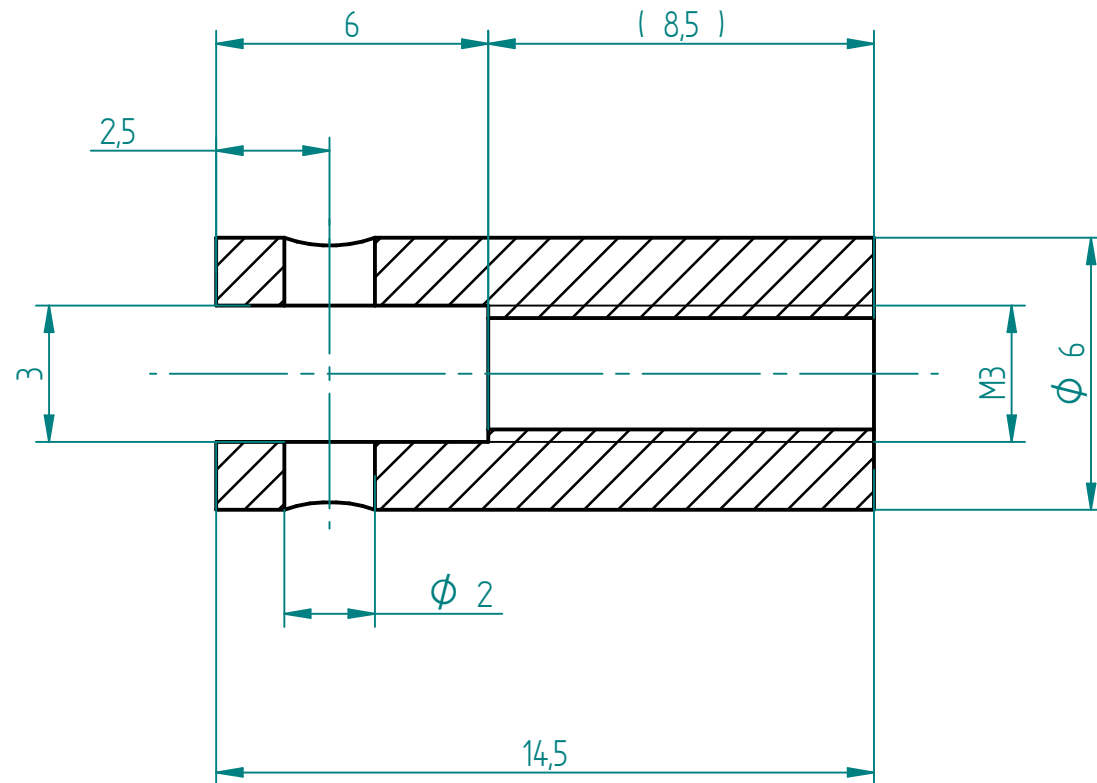
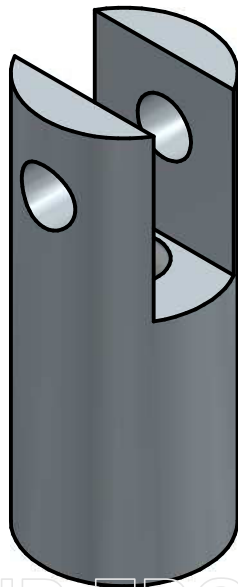
				Přesnost	ISO 2768-mK	Materiál	C 45	T.O.				
				Tolerování	ISO 8015	Polotovár	KR6h9-30 ČSN45 6510					
				Promítání	☐	Čistá hmotnost						
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421								
Změna	Datum	Index	Podpis	Název <b>KONEC PÍSTNÍ TYČE</b> Číslo výkresu <b>VOŠ3-12/07A4</b>								
Navrhl	Blažek		Poznámka						Měřítka	<b>5:1</b>		
Přezkoušel												
Technolog												
Normalizace	Starý výkres											
Schválil	Číslo seznamu											
Datum	18.04.2015								Číslo sestavy VOŠ3-12/S1A3			



				Přesnost	ISO 2768-mK	Materiál	Dural	T.O.
				Tolerování	ISO 8015	Polotovár	KR20h9-60 ČSN42 4201	
				Promítání		Čistá hmotnost		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>Název</b> <b>CHLADIČ</b> <b>VOŠ3-12/08A4</b>				
Navrhl	Poznámka		Měřítko					
Přezkoušel			<b>2:1</b>					
Technolog								
Normalizace	Starý výkres							
Schválil	Číslo seznamu			<b>Číslo výkresu</b> <b>VOŠ3-12/08A4</b>				
Datum	27.03.2014		Číslo sestavy VOŠ3-12/S1A3					

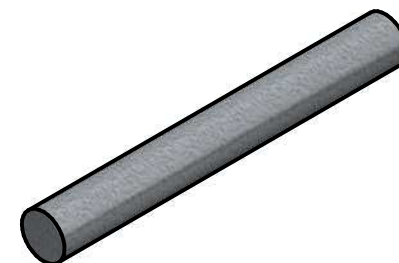
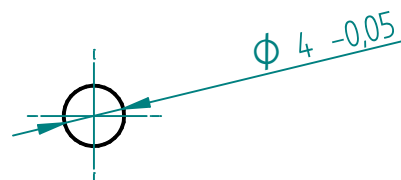
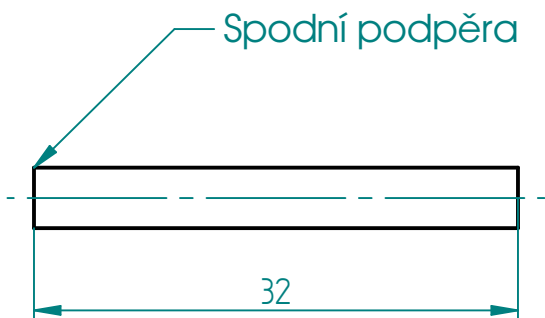
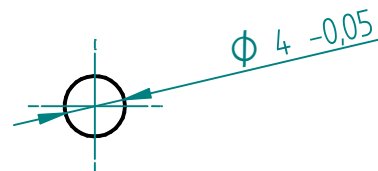
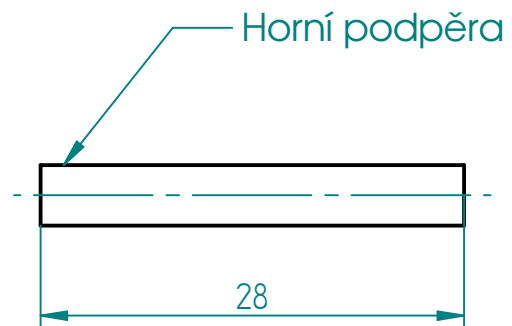


				Přesnost	<b>ISO 2768-mK</b>	Materiál	<b>Dural</b>	T.O.
				Tolerování	<b>ISO 8015</b>	Polotovár	<b>KR15h9-50 ČSN42 4201</b>	
				Promítání		Čistá hmotnost		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>PÍST CHLADIČE</b>				
Navrhl	<b>Blažek</b>	Poznámka	Měřítko					
Přezkoušel			<b>3:1</b>					
Technolog								
Normalizace	Starý výkres			<b>VOŠ3-12/09A4</b>				
Schválil	Číslo seznamu							
Datum	<b>29.03.2015</b>							
				Číslo sestavy	<b>VOŠ3-12/S1A3</b>			

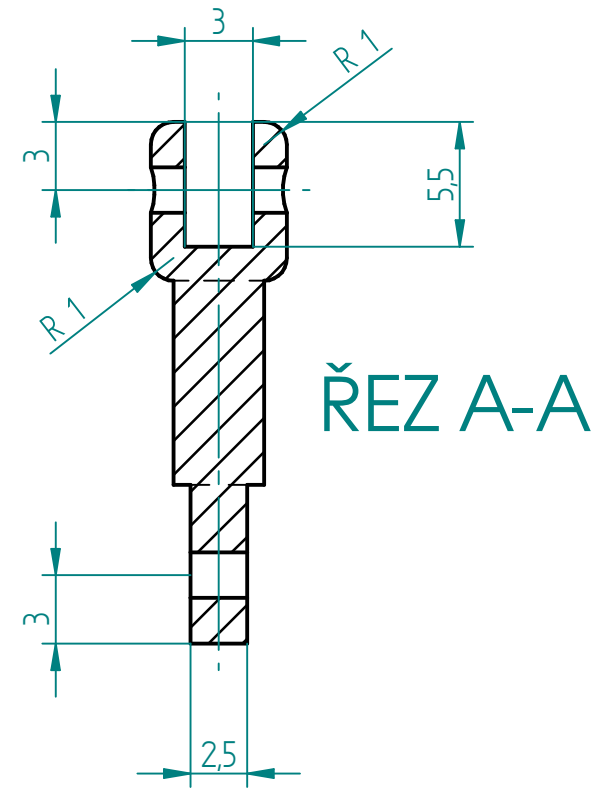
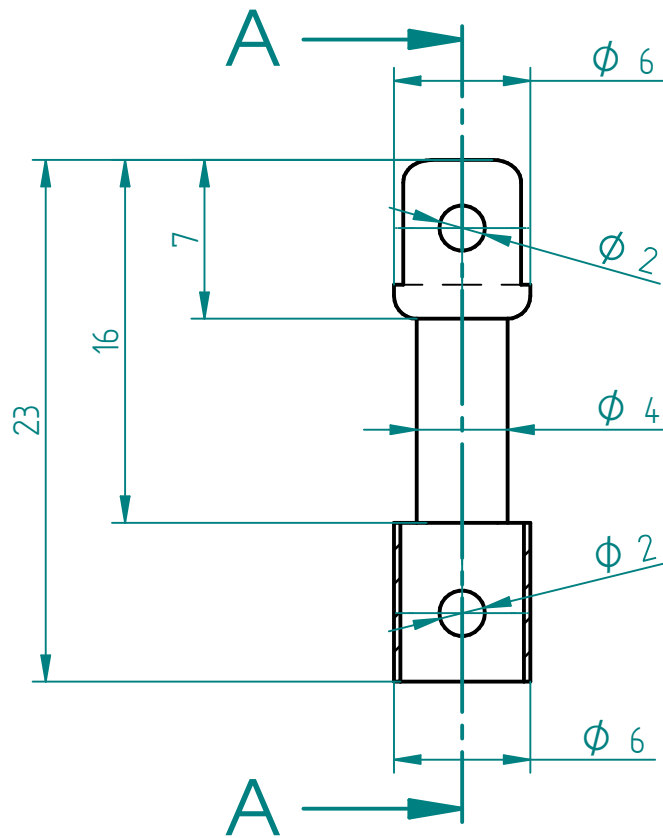
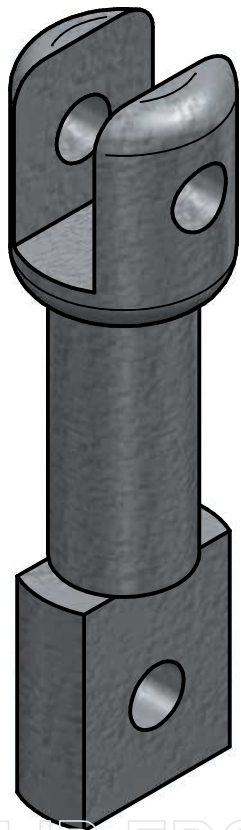


				Přesnost	<b>ISO 2768-mK</b>	Materiál	<b>Dural</b>	T.O.
				Tolerování	<b>ISO 8015</b>	Polotovar	<b>KR6h9-50 ČSN 42 4201</b>	
				Promítání		Čistá hmotnost		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>UNAŠEČ</b>  <b>VOŠ3-12/10A4</b>				
Navrhl	<b>Blažek</b>	Poznámka	Měřítko					
Přezkoušel			<b>5:1</b>					
Technolog								
Normalizace		Starý výkres						
Schválil		Číslo seznamu		<b>VOŠ3-12/10A4</b>				
Datum	<b>27.03.2014</b>	Číslo sestavy	<b>VOŠ3-12/S1A3</b>					



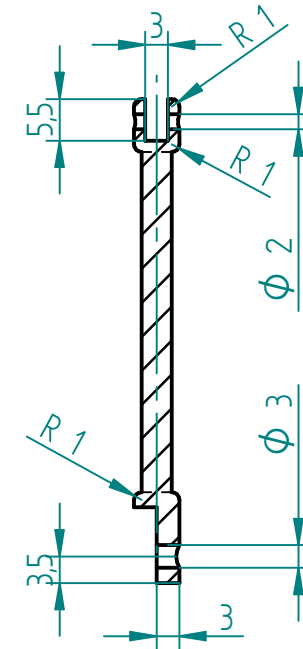
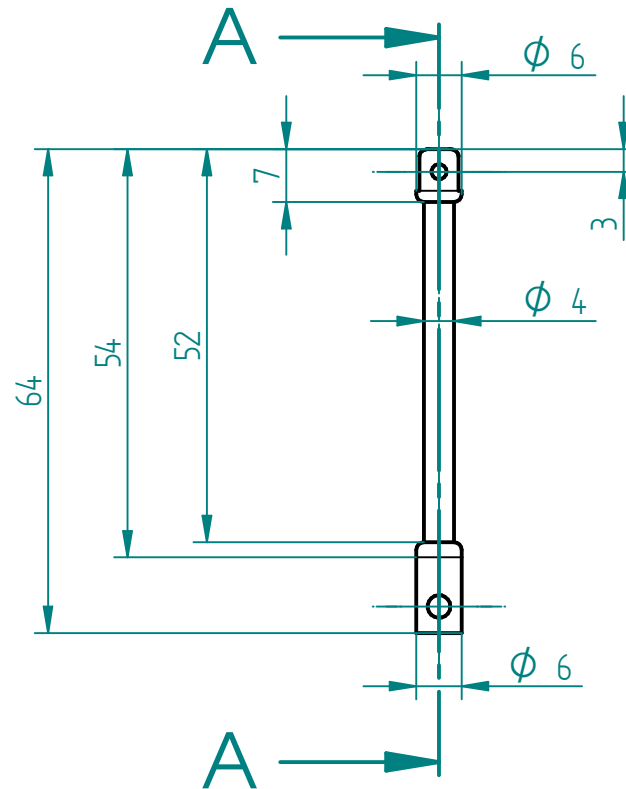


				Přesnost	<b>ISO 2768-mK</b>	Materiál	<b>C 45</b>	T.O.
				Tolerování	<b>ISO 8015</b>	Polotovar	<b>KR10h9-90 ČSN 42 6510</b>	
				Promítání		Čistá hmotnost		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>PODPĚRY OHŘÍVAČE</b> Číslo výkresu <b>VOŠ3-12/11,12A4</b>				
Navrhl	<b>Blažek</b>	Poznámka	Měřítko					
Přezkoušel			<b>2:1</b>					
Technolog								
Normalizace	Starý výkres							
Schválil	Číslo seznamu							
Datum	<b>29.03.2015</b>							
				Číslo sestavy <b>VOŠ3-12/S1A3</b>				

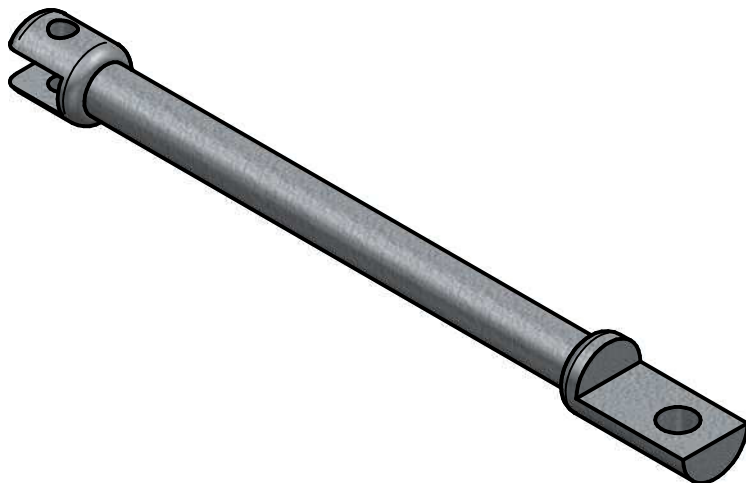


√ 3,2

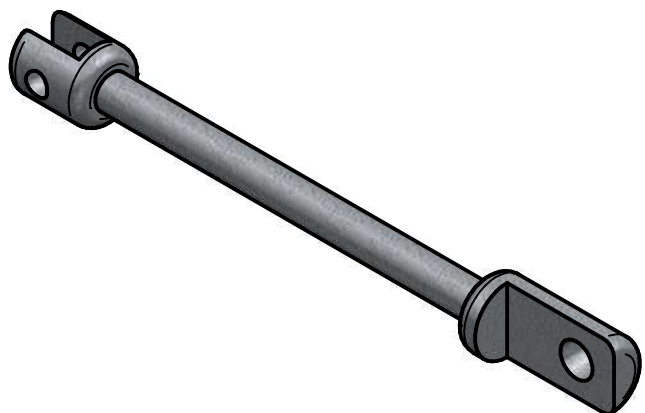
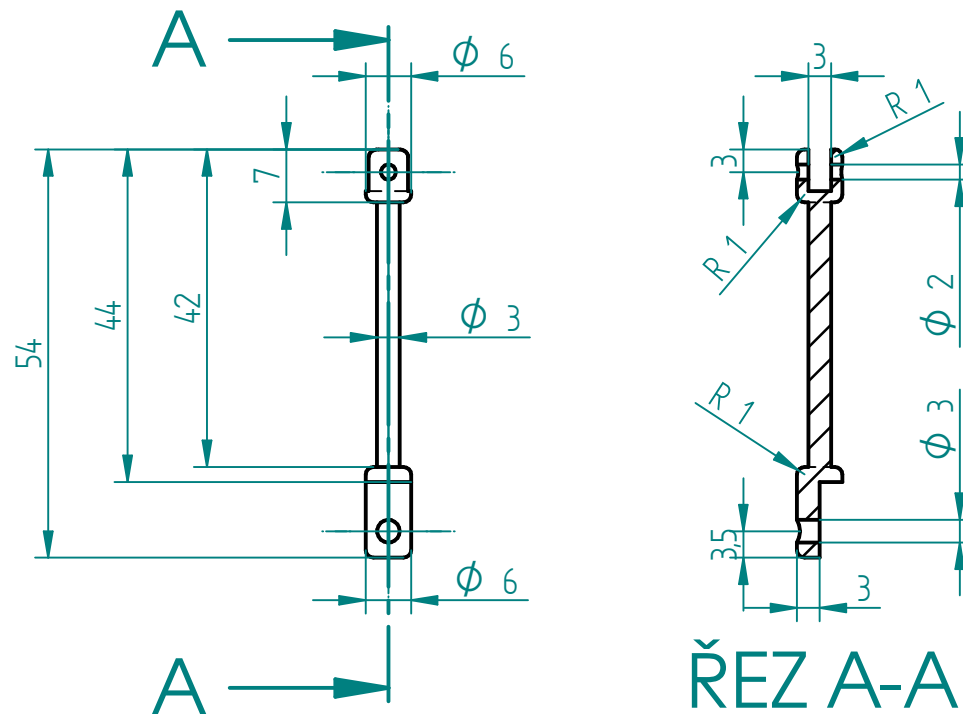
				Přesnost	ISO 2768-mK	Materiál	Dural	T.O.
				Tolerování	ISO 8015	Polotovár	KR6h9-50 ČSN42 4201	
				Promítání	☞	Čistá hmotnost		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis			Název		
Navrhl	<b>Blažek</b>	Poznámka	Měřítko	<b>HNACÍ TYČ CHLADIČE</b>				
Přezkoušel			<b>3:1</b>					
Technolog						Číslo výkresu		
Normalizace	Starý výkres			<b>VOŠ3-12/13A4</b>				
Schválil	Číslo seznamu							
Datum	<b>18.04.2015</b>	Číslo sestavy <b>VOŠ3-12/S1A3</b>						



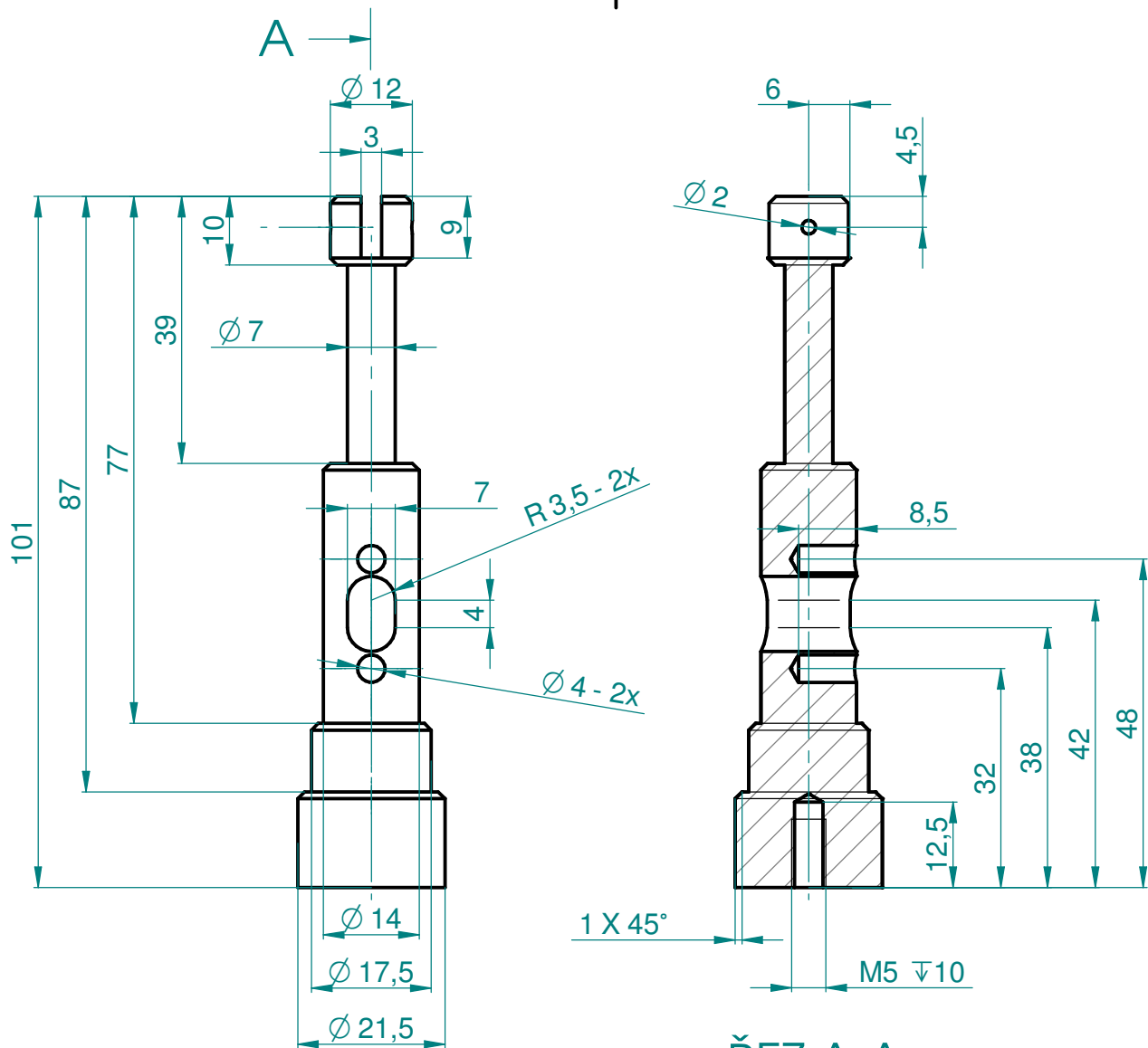
ŘEZ A-A



				Přesnost	ISO 2768-mK	Materiál	Dural	T.O.
				Tolerování	ISO 8015	Polotovary	KR6h9-90 ČSN42 4201	
				Promítání		Čistá hmotnost		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis					
Navrhl	<b>Blažek</b>	Poznámka	Měřítko	<b>HNACÍ TYČ HORNÍ</b>				
Přezkoušel			<b>1:1</b>					
Technolog								
Normalizace	Starý výkres			Číslo výkresu <b>VOŠ3-12/14A4</b>				
Schválil	Číslo seznamu							
Datum	<b>18.04.2015</b>	Číslo sestavy						
		<b>VOŠ3-12/S1A3</b>						



				Přesnost	<b>ISO 2768-mK</b>	Materiál	<b>Dural</b>	T.O.
				Tolerování	<b>ISO 8015</b>	Polotovár	<b>KR6h9-90 ČSN42 4201</b>	
				Promítání		Čistá hmotnosť		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>HNACÍ TYČ SPODNÍ</b>  <b>VOŠ3-12/15A4</b>				
Navrhl	<b>Blažek</b>	Poznámka	Měřítko					
Přezkoušel			<b>1:1</b>					
Technolog								
Normalizace	Starý výkres							
Schválil	Číslo seznamu			<b>VOŠ3-12/15A4</b>				
Datum	<b>18.04.2015</b>	Číslo sestavy	<b>VOŠ3-12/S1A3</b>					



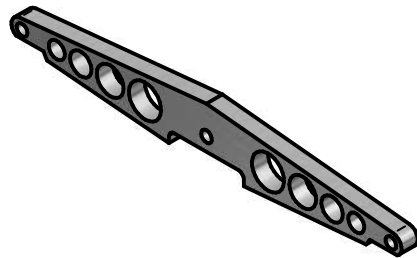
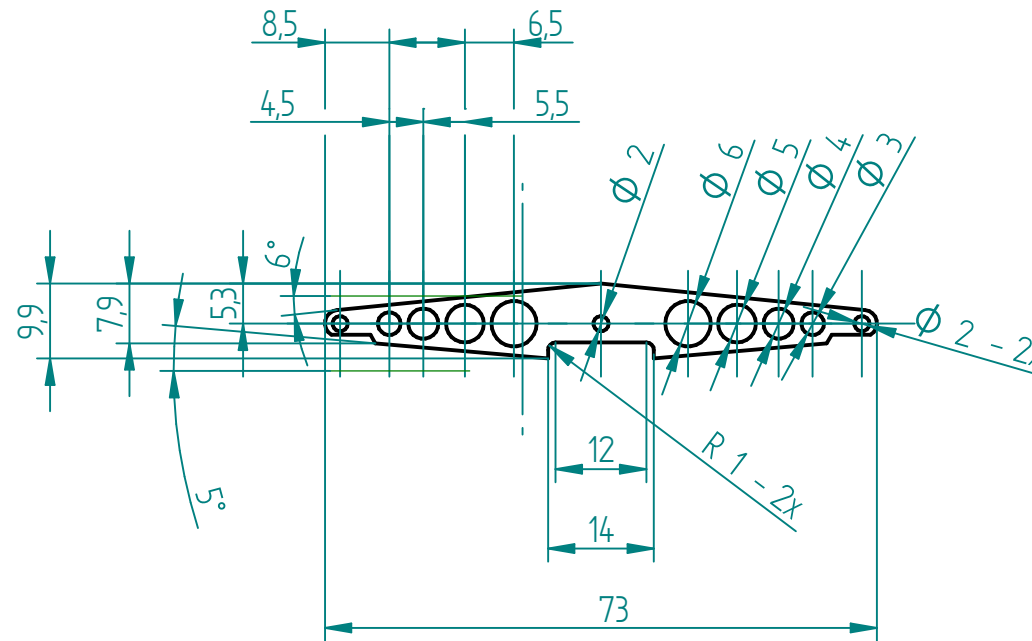
ŘEZ A-A



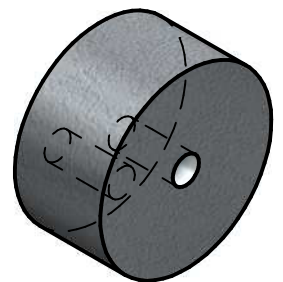
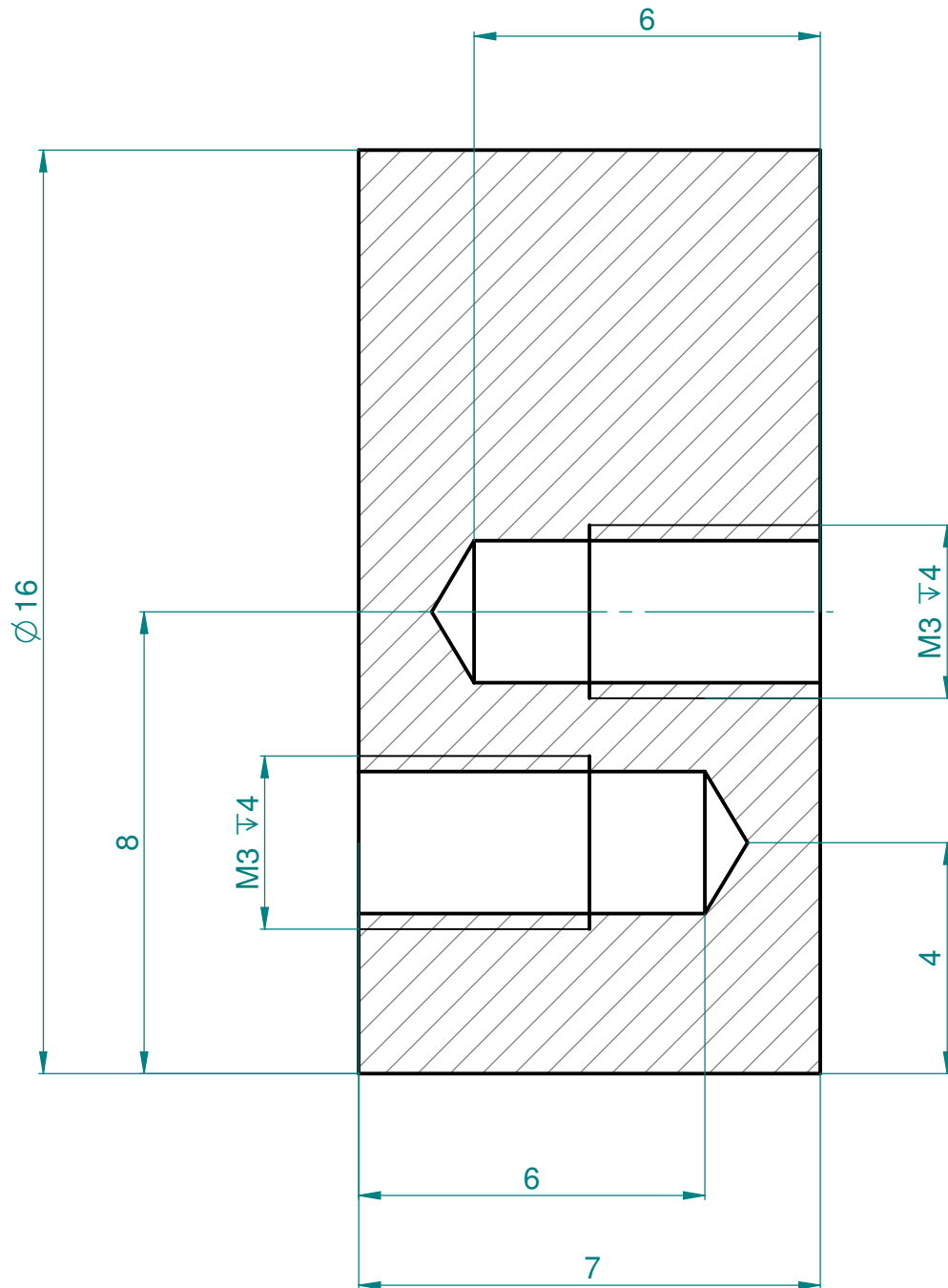
Všechny nezakótované hrany ve výkresu sraženy 1 X 45°



				Přesnost	ISO 2768-mK	Materiál	Dural	T.O.
				Tolerování	ISO 8015	Polotovar	KR30-130 ČSN42 4201	
				Promítání		Čistá hmotnost		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>Název</b> <b>HLAVNÍ PILÍŘ</b>  <b>Číslo výkresu</b> <b>VOŠ3-12/16A4</b>				
Navrhl	Poznámka		Měřítko					
Přezkoušel			<b>1:1</b>					
Technologie								
Normalizace	Starý výkres							
Schválil	Číslo seznamu							
Datum	29.03.2015		Číslo sestavy	VOŠ3-12/S1A3				

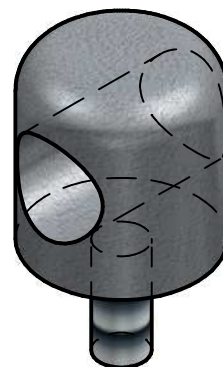
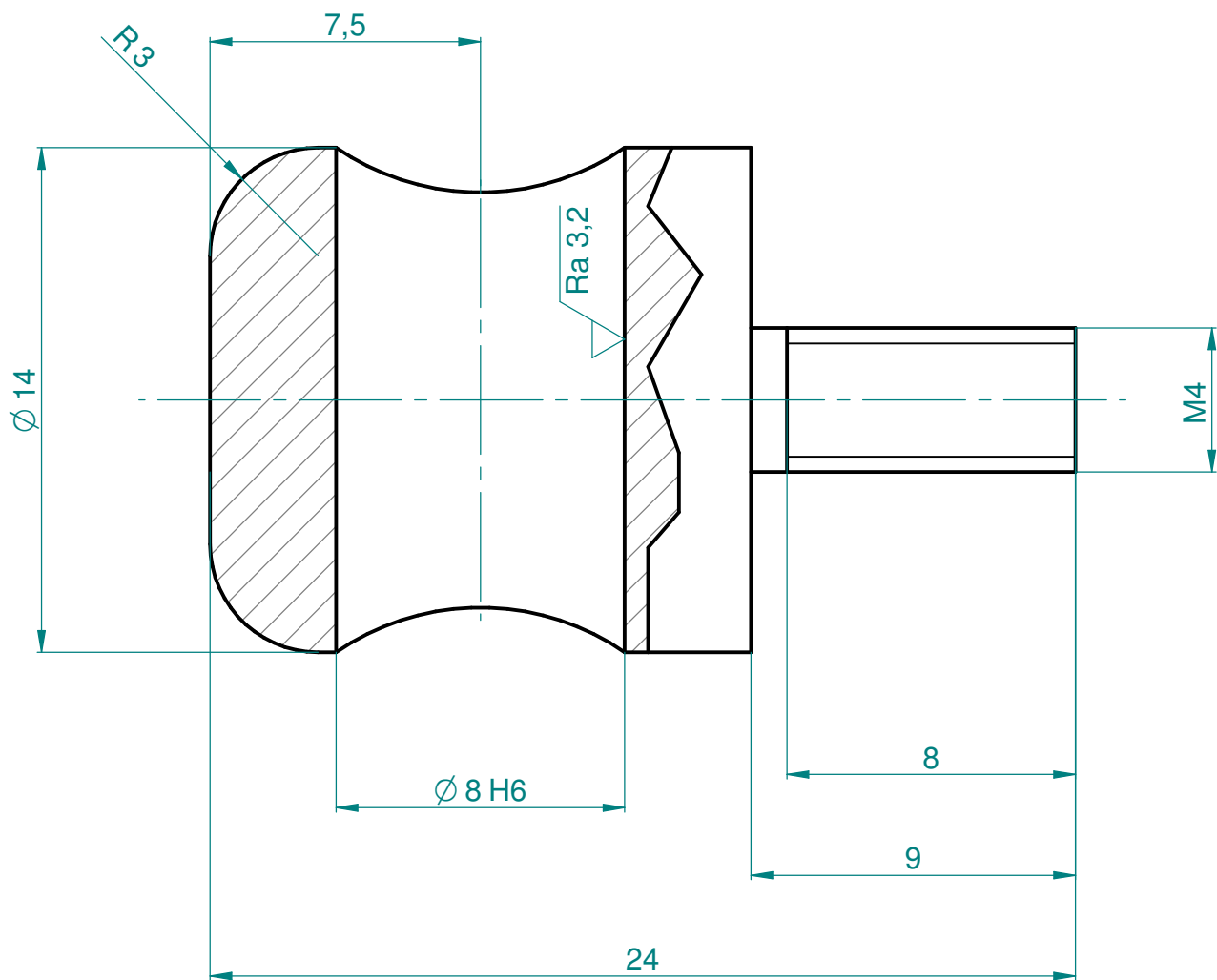


				Přesnost <b>ISO 2768-mK</b>	Materiál	T.O.
				Tolerování <b>ISO 8015</b>	Polotovar <b>Plech 3mm</b>	
				Promítání	Čistá hmotnos	
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421		
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>KYVADLO</b>		
Navrhl <b>Blažek</b>	Poznámka		Měřítko			
Přezkoušel			<b>1:1</b>			
Technolog						
Normalizace	Starý výkres					
Schválil	Číslo seznamu		Číslo výkresu	<b>VOŠ3-12/17A4</b>		
Datum <b>20.04.2015</b>	Číslo sestavy <b>VOŠ3-12/S1A3</b>					



3.2

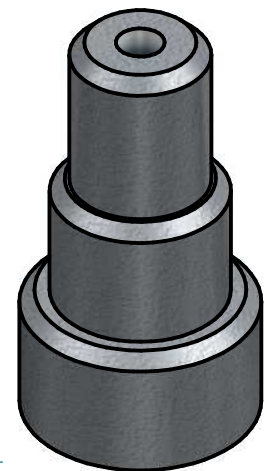
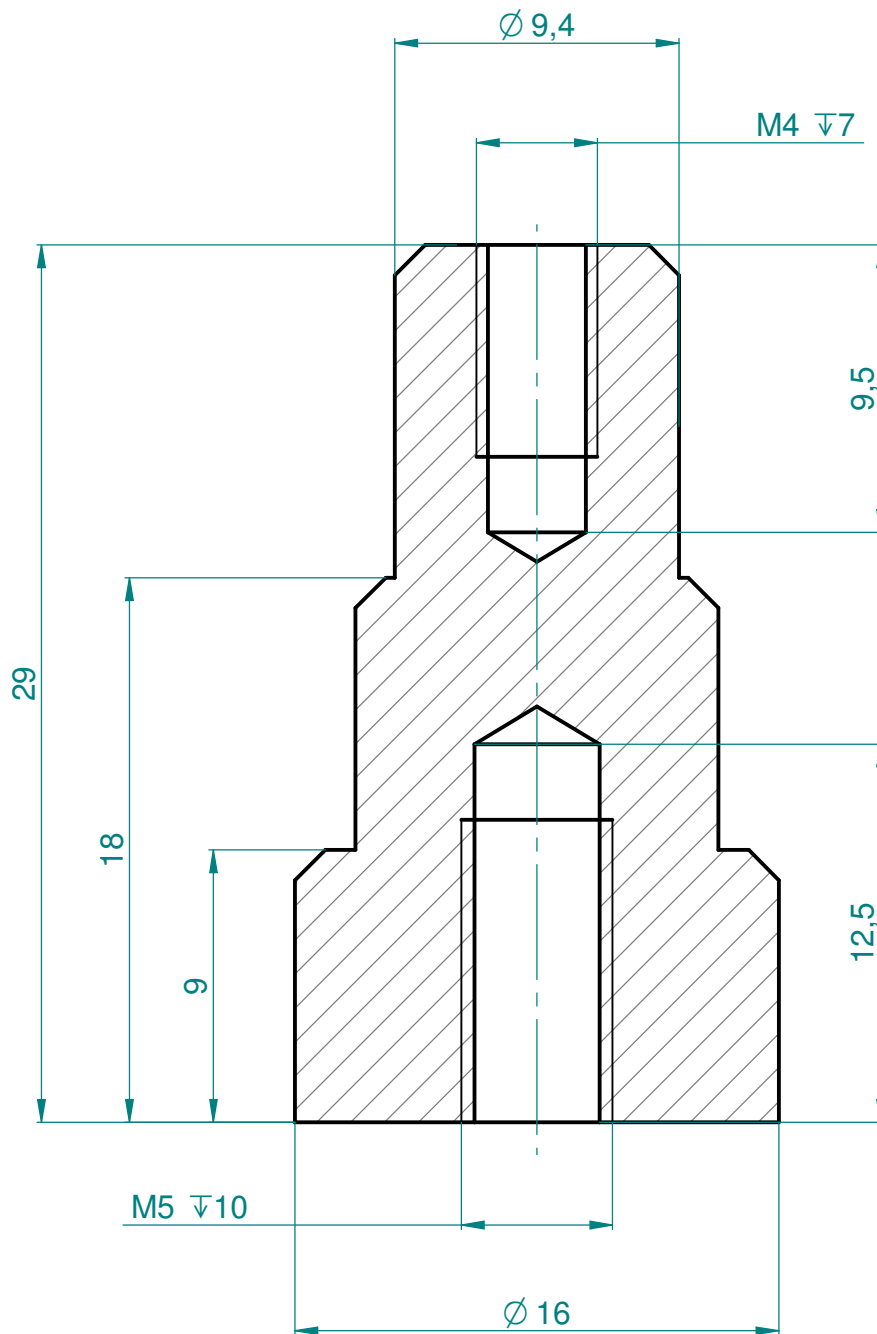
				Přesnost	<b>ISO 2768-mK</b>	Materiál	<b>Dural</b>	T.O.
				Tolerování	<b>ISO 8015</b>	Polotovar	<b>KR16-40 ČSN42 4201</b>	
				Promítání		Čistá hmotnost		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>KLIKA</b>				
Navrhl <b>Blažek</b>	Poznámka		Měřítko					
Přezkoušel			<b>10:1</b>					
Technolog								
Normalizace	Starý výkres			Číslo výkresu				
Schválil	Číslo seznamu			<b>VOŠ3-12/18A4</b>				
Datum <b>29.03.2015</b>	Číslo sestavy <b>VOŠ3-12/S1A3</b>							



3,2

				Přesnost <b>ISO 2768-mK</b>	Materiál <b>Dural</b>	T.O.
				Tolerování <b>ISO 8015</b>	Polotovar <b>KR15-50 ČSN42 4201</b>	
				Promítání	Čistá hmotnost	
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421		
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>DRŽÁK SETRVAČNÍKU</b>		
Navrhl <b>Blažek</b>	Poznámka	Měřítko	Název			
Přezkoušel		<b>5:1</b>				
Technolog						
Normalizace	Starý výkres			Číslo výkresu		
Schválil	Číslo seznamu			<b>VOŠ3-12/19A4</b>		
Datum <b>27.03.2014</b>	Číslo sestavy <b>VOŠ3-12/S1A3</b>					

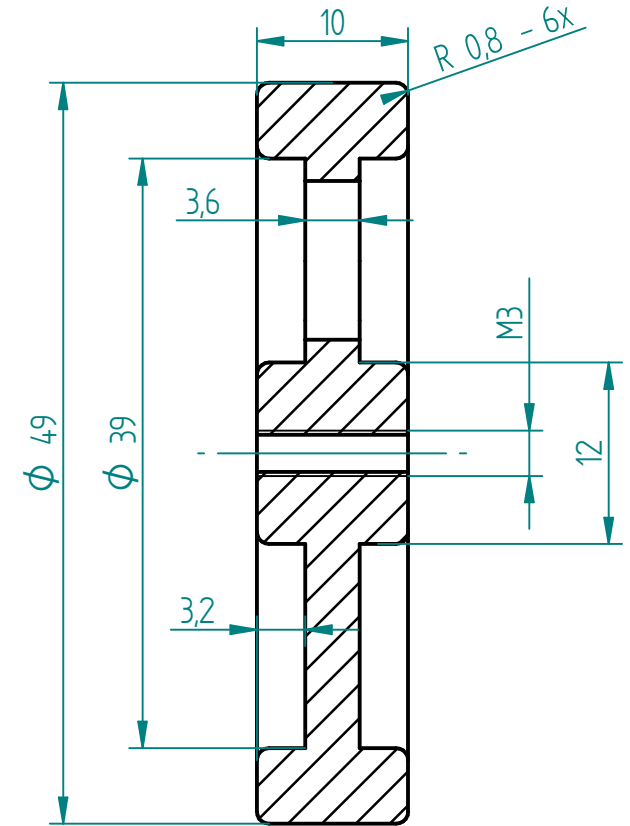
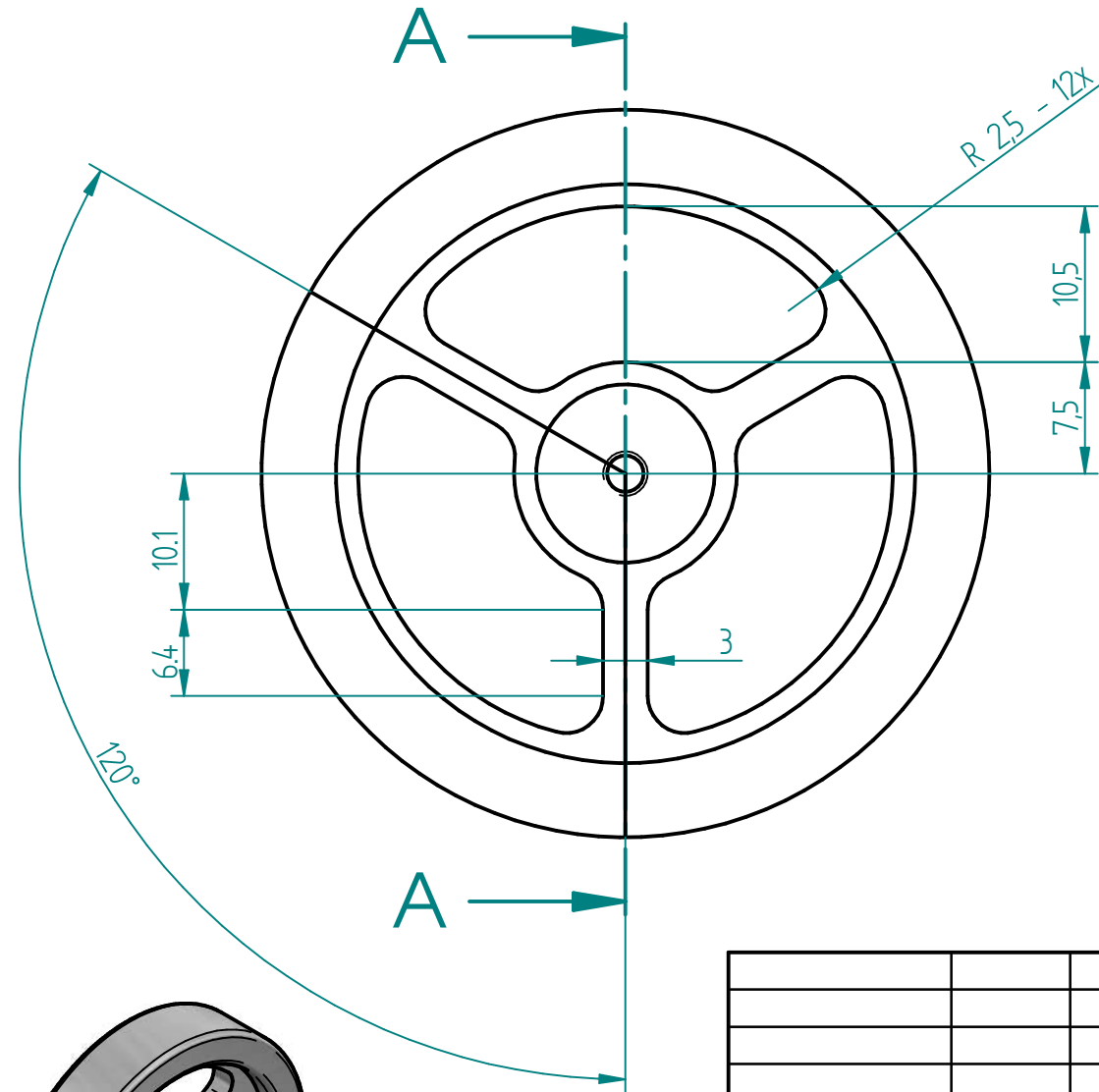




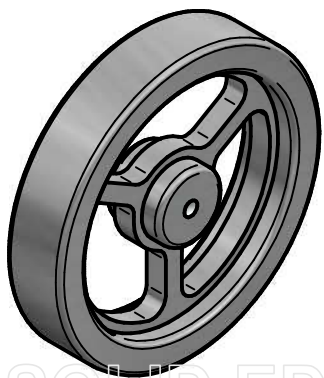
Všechny nezakótované hrany ve výkresu sraženy 1 X 45°



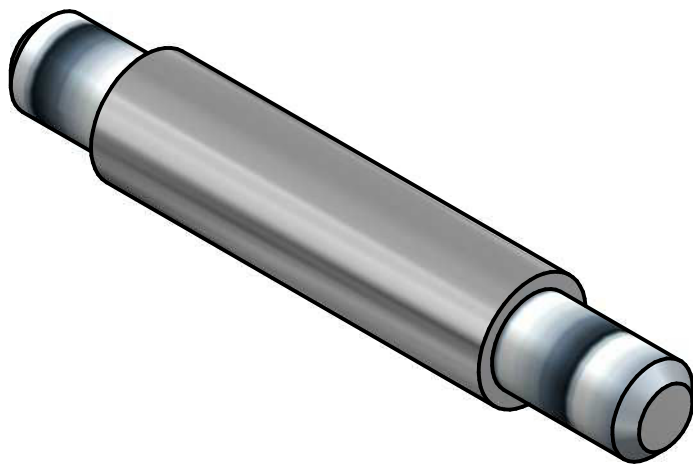
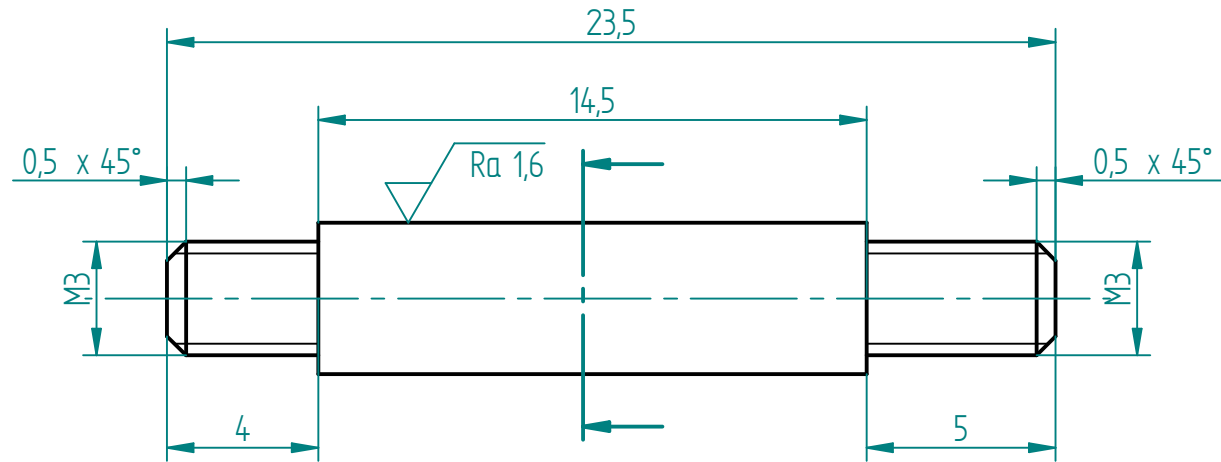
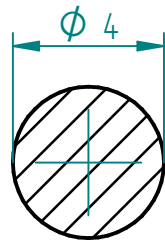
				Přesnost	<b>ISO 2768-mK</b>	Materiál	<b>Dural</b>	T.O.
				Tolerování	<b>ISO 8015</b>	Polotovar	<b>KR20h9-60 ČSN42 4201</b>	
				Promítání		Čistá hmotnost		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>PILÍŘ POD SETRVAČNÍK</b>				
Navrhl <b>Blažek</b>	Poznámka		Měřítko					
Přezkoušel			<b>4:1</b>					
Technolog								
Normalizace	Starý výkres			Číslo výkresu				
Schválil	Číslo seznamu			<b>VOŠ3-12/20A4</b>				
Datum <b>29.03.2015</b>	Číslo sestavy <b>VOŠ3-12/S1A3</b>							



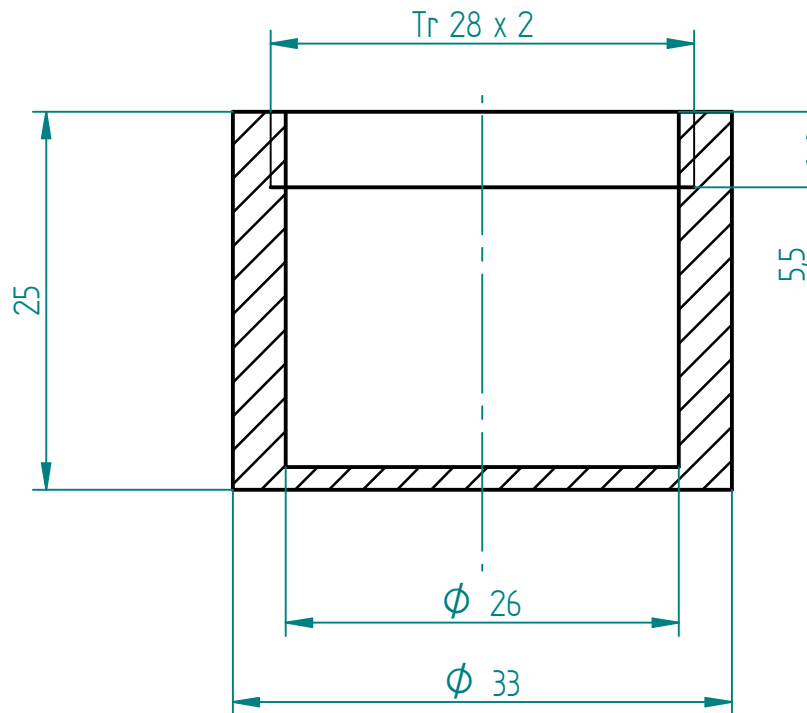
ŘEZ A-A



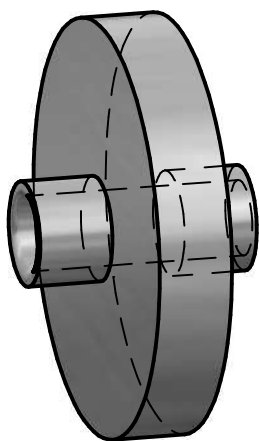
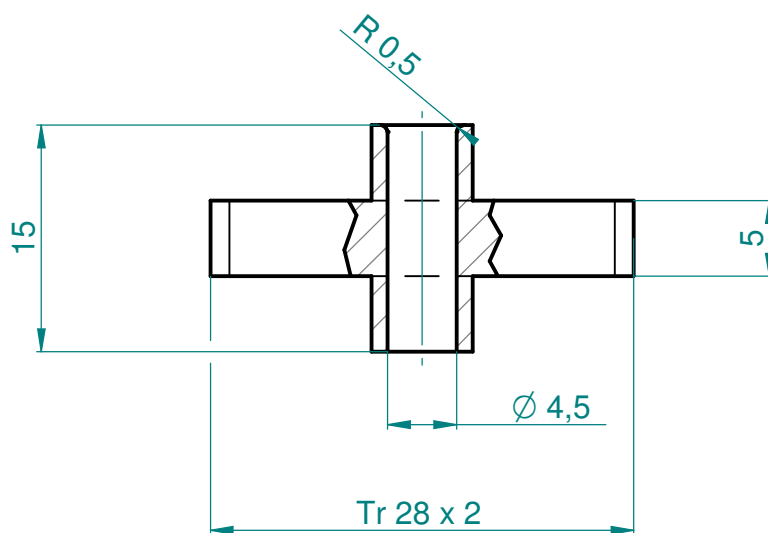
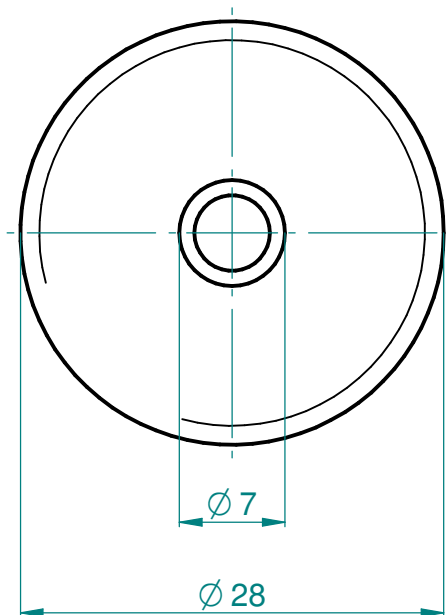
				Přesnost	ISO 2768-mK	Materiál	Dural	T.O.
				Tolerování	ISO 8015	Polotovary	KR50-40 ČSN42 4201	
				Promítání		Čistá hmotnost		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis	Název <b>SETRVAČNÍK</b> Číslo výkresu <b>VOŠ3-12/21A4</b>				
Navrhl	Poznámka		Měřítko					
Přezkoušel			<b>2:1</b>					
Technolog								
Normalizace	Starý výkres							
Schválil	Číslo seznamu							
Datum	29.03.2015	Číslo sestavy VOŠ3-12/S1A3						



				Přesnost <b>ISO 2768-mK</b>	Materiál <b>C 45</b>	T.O.
				Tolerování <b>ISO 8015</b>	Polotovar <b>KR4h9-50 ČSN 42 6510</b>	
				Promítání	Čistá hmotnost	
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421		
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>NÁZEV</b> <b>HŘÍDEL SETRVAČNÍKU</b> <b>VOŠ3-12/22A4</b>		
Navrhl <b>Blažek</b>	Poznámka		Měřítko <b>5:1</b>			
Přezkoušel						
Technolog						
Normalizace	Starý výkres					
Schválil	Číslo seznamu			<b>ČÍSLO VÝKRESU</b> <b>VOŠ3-12/22A4</b>		
Datum <b>29.03.2015</b>	Číslo sestavy <b>VOŠ3-12/S1A3</b>					



				Přesnost	<b>ISO 2768-mK</b>	Materiál	<b>Dural</b>	T.O.
				Tolerování	<b>ISO 8015</b>	Polotovar	<b>KR30h9-60 ČSN42 4201</b>	
				Promítání		Čistá hmotnost		
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421				
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>ZÁSOBNÍK PALIVA</b>				
Navrhl	<b>Blažek</b>	Poznámka	Měřítko					
Přezkoušel			<b>2:1</b>					
Technolog								
Normalizace	Starý výkres							
Schválil	Číslo seznamu			Číslo výkresu	<b>VOŠ3-12/35A4</b>			
Datum	<b>29.03.2015</b>	Číslo sestavy	<b>VOŠ3-12/S1A3</b>					



3,2

				Přesnost <b>ISO 2768-mK</b>	Materiál <b>Dural</b>	T.O.
				Tolerování <b>ISO 8015</b>	Polotovar <b>KR30h9-40 ČSN42 4201</b>	
				Promítání	Čistá hmotnost	
				VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí Budějovická 421		
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>VÍČKO ZÁSOBNÍKU</b>		
Navrhl <b>Blažek</b>	Poznámka		Měřítko <b>2:1</b>			
Přezkoušel						
Technolog						
Normalizace	Starý výkres			Číslo výkresu		
Schválil	Číslo seznamu			<b>VOŠ3-12/36A4</b>		
Datum <b>27.03.2014</b>	Číslo sestavy <b>VOŠ3-12/S1A3</b>					