

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Konstrukce univerzálního mechanismu pro otevírání dveří osobního  
automobilu

Autor: **Martin VEJVODA**

Vedoucí práce: **Ing. Martin VLČEK**

Akademický rok 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin VEJVODA**  
Osobní číslo: **S11B0067P**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**  
Název tématu: **Konstrukce univerzálního mechanismu pro otevírání dveří osobního automobilu**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

#### Základní požadavky:

Proveďte rešerši současných klasických i nestandardních řešení otevírání dveří osobních automobilů. Vytvořte vlastní konstrukční návrh univerzálního mechanismu pro otevírání dveří.

#### Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

#### Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše současných řešení.
2. Vypracování konstrukčního návrhu včetně systematické specifikace požadavků a variant koncepčních návrhů, výběr optimálního řešení.
3. Zjištění klíčových vlastností konstrukčního návrhu s potřebnými technickými výpočty a hodnocením.
4. Vypracování potřebné výkresové dokumentace.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**VLK, F. Automobilová technická příručka. Brno: nakl. VLK, 2003**

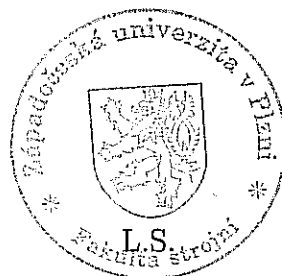
**HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojího inženýra 1. Praha: Computer press, 1999**

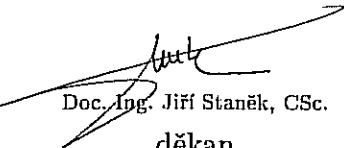
**HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojího inženýra 2. Praha: Computer press, 2000**

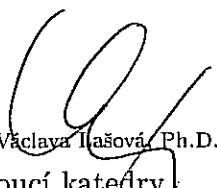
*Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.*

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Vlček**  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Martin Vlček**  
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2011**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**



  
Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.  
děkan

  
Doc. Ing. Václava Hašová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2011

Touto cestou chci poděkovat vedoucímu bakalářské práce, Ing. Martinu Vlčkovi, za poskytnuté rady a čas strávený při odborném vedení této bakalářské práce.

### **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení VeJVoda	Jméno Martin		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	23-35-8 „Dopravní a manipulační technika“			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Vlček	Jméno Martin		
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Konstrukce univerzálního mechanismu pro otevírání dveří osobního automobilu			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	55	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	47	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	8
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	<p>Bakalářská práce obsahuje rešerši používaných mechanismů a konstrukční návrh univerzálního mechanismu aplikovaného na konkrétní osobní automobil provedený ve třech variantách. Dále pak vyhodnocení jednotlivých variant a na vybraném typu pevnostní kontrolu vybraných dílů.</p>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>  <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	<p>Automobil, dveře, mechanismus, tlačná plynová vzpěra</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Vejvoda	Name Martin	
<b>FIELD OF STUDY</b>	23-35-8 "Transport and handling machinery"		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Vlček	Name Martin	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Design of universal opening door mechanism for personal car		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2012
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	55	<b>TEXT PART</b>	47	<b>GRAPHICAL PART</b>	8
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This bachelor thesis contains overview of used mechanisms and design of universal mechanism applied on personal car in three variants. Then there is evaluation of these variants and strength control of selected parts.
<b>KEY WORDS</b>	Car, doors, mechanism, pusher gas strut

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Používané způsoby otevírání dveří osobních automobilů .....</b>	<b>2</b>
2.1	Klasické zavěšení dveří .....	2
2.2	Gull-wing doors (křídlové dveře) .....	2
2.3	Lambo doors (Lambo dveře, nůžkové dveře) .....	3
2.4	Sliding doors (posuvné dveře) .....	4
2.5	Suicide doors .....	4
2.6	Canopy doors .....	5
2.7	Butterfly doors .....	6
2.8	Univerzální mechanismus .....	6
2.9	BMW Z1 .....	7
2.10	Pocket door .....	8
2.11	Další způsoby otevírání dveří .....	8
2.11.1	Renault Dezir .....	8
2.11.2	Alfa Romeo Pandion .....	9
2.11.3	Yo-koncept .....	9
2.11.4	Dodge Deora .....	10
<b>3</b>	<b>Konstrukční návrhy .....</b>	<b>11</b>
3.1	Automobil a vzpěry .....	11
3.2	První konstrukční řešení – Vertikální mechanismus (Lambo dveře) .....	12
3.2.1	Popis mechanismu .....	12
3.2.2	Tlačná plynová vzpěra .....	13
3.2.3	Mechanismus v jednotlivých polohách .....	15
3.2.4	Zajištění hraničních poloh mechanismu .....	16
3.3	Druhé konstrukční řešení – Nízké nůžkové dveře .....	18
3.3.1	Popis mechanismu .....	18
3.3.2	Tlačná plynová vzpěra .....	19
3.3.3	Mechanismus v jednotlivých polohách .....	21
3.3.4	Zajištění hraničních poloh mechanismu .....	21
3.4	Třetí konstrukční řešení – Vertikálně posuvný mechanismus .....	24
3.4.1	Popis mechanismu .....	24
3.4.2	Tlačná plynová vzpěra .....	25

3.4.3	Mechanismus v jednotlivých polohách .....	27
3.4.4	Zajištění hraničních poloh mechanismu .....	28
<b>4</b>	<b>Vyhodnocení všech variant a výběr nejlepšího řešení .....</b>	<b>30</b>
4.1	Kritéria hodnocení seřazená podle důležitosti: .....	30
4.2	Hodnocení variant .....	30
<b>5</b>	<b>Vertikální mechanismus – kontrolní výpočty .....</b>	<b>31</b>
5.1	Kontrola šroubů na upevnění dveří .....	31
5.2	Kontrola šroubů na upevnění mechanismu .....	33
5.3	Výpočet čepu pro vertikální otáčení dveří .....	35
5.4	Výpočet kulového čepu vzpěry: .....	36
5.5	Výpočet čepu pro horizontální otáčení dveří .....	37
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>39</b>

### **Seznam příloh:**

**Příloha č.1** - CAD modely navržených mechanismů namontovaných na vozidle  
v jednotlivých polohách

**Příloha č.2** - Vybrané listy s použitými vzpěrami z katalogu Eckold



## 1 Úvod

Automobilů jako osobních dopravních prostředků neustále přibývá. S tím je spojena spousta problémů, ve městech je to kromě znečištěného ovzduší zejména nedostatek parkovacích prostor. Na parkovištích se pak často stává, že mezi dvěma zaparkovanými vozidly není dostatek prostoru na otevření dveří a tím je značně ztížen nástup i výstup z vozu. Jedním z možných řešení tohoto problému je změna klasického zavěšení dveří za jiný mechanismus, který bude zdvihát dveře například nad vozidlo. Takový mechanismus je potom nejen užitečný, ale také velmi efektivní.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem univerzálního mechanismu aplikovatelného na osobní automobily s konvenčními závěsy dveří. Toto téma bylo zvoleno z důvodu, aby čtenář, který bude tuto práci číst, získal širší přehled o používaných tipech zavěšení dveří a zároveň mu byla nabídnuta alternativa ke konvenčnímu zavěšení dveří, které je na většině osobních automobilů.

Obsah práce se dá rozdělit na dvě hlavní části. V první z nich bude uveden přehled mechanismů, které byly použity buďto na sériově vyráběných vozech, nebo na konceptech různých firem. Ve druhé části budou provedeny tři různé návrhy univerzálního mechanismu, které je možno namontovat na vozidlo místo klasických závěsů dveří. U každého z nich bude proveden výpočet potřebné síly plynové vzpěry a popsán princip mechanismu. Nakonec bude vybrána nejvhodnější varianta a na té provedeny pevnostní výpočty.

## 2 Používané způsoby otevírání dveří osobních automobilů

### 2.1 Klasické zavěšení dveří

*„Dveře se zavěšují do skeletu karoserie pomocí závěsů. Závěsy dveří jsou velmi tuhé, pevné a jejich konstrukční řešení umožňuje poměrně snadnou demontáž dveří z karoserie bez porušení slícování. Pohyblivé křídlo závěsu je přišroubováno na dveře, pevná část je přišroubována ke sloupku karoserie. Pevná část závěsu je montážně posouvateľná, aby bylo možné dveře slícovat s povrchem karoserie. Závěsy lze po uvolnění pojistných prvků vysunout z čepů a opět nasadit.“ [1, Vlč, 2003, str. 658]*

Při konvenčním zavěšení dveří jsou na A sloupku dva závěsy, ve kterých jsou pomocí jednoho čepu v každém závěsu uchyceny dveře. Dveře se pak otáčejí kolem svislé osy definované těmito dvěma čepy.



Obrázek 2.1.1 Vlevo detail závěsů na voze VW Golf III, vpravo klasicky zavěšené dveře [4]

### 2.2 Gull-wing doors (křídlové dveře)

Asi nejznámějším způsobem nekonvenčního otevírání dveří jsou tzv. křídlové dveře. Jde o způsob vyklápění dveří směrem vzhůru. Ve většině konstrukcí se zároveň s dveřmi otevírá ještě část střechy. Toto řešení bylo poprvé použito u závodního vozu Mercedes-Benz 300SL v roce 1952 a o dva roky později na jeho silničním provedení. Dveře byly zvedány pomocí dvojice plynových vzpěr. Jiné konstrukční řešení je například u konceptu Renault Nepta. Přestože se jedná o čtyřmístný automobil, designéři zde použili křídlových dveří, které otevírají celý bok a tak umožňují přístup cestujícím k předním i zadním sedačkám. S každým křídlem se přitom otevírá i část kapoty jak vpředu tak i vzadu za cestujícími. Zvedání dveří je zajištěno elektromotory. Zavěšení dveří je přesně v ose auta. Nejčastěji se tento typ otevírání dveří používá u sportovních automobilů a konceptů všemožných výrobců.[4]



Obrázek 2.2.1 Mercedes-Benz 300SL a koncept Renault Nepta [4]

### 2.3 Lambo doors (Lambo dveře, nůžkové dveře)

Nůžkové otevírání dveří bylo prvně představeno na konceptu Alfa Romeo Carabo v roce 1968. Jak již ale z názvu vyplívá, první sériově vyráběný automobil s těmito dveřmi bylo Lamborghini Countach uvedené na trh v roce 1974. Jediným důvodem použití nebyl pouze design, ale také šířka auta a špatná viditelnost dozadu. Při zaparkování např. mezi dvě auta by nebylo možné otvírat klasické dveře do stran kvůli nedostatku místa. Při couvání pak nebylo vidět za vozidlo kvůli širokým prahům a tak řidič otevřel dveře a vyklonil se přes práh ven, aby viděl za vozidlo a mohl zaparkovat. Značka Lamborghini tento princip použila i u dalších vozů Diablo a Murciélago a dnes jsou nůžkové dveře neodmyslitelnou součástí těchto automobilů. Samozřejmě i jiné značky používají tento princip otevírání dveří a to především na různých konceptech a supersportovních vozech. Princip je založen na přímém otevření dveří vzhůru okolo jednoho čepu a jedné vzpěry, která je pod čepem. [4] [5]



Obrázek 2.3.1 Alfa Romeo Carabo a Lamborghini Countach [4]

## 2.4 Sliding doors (posuvné dveře)

Toto řešení je velice praktické při otevírání dveří na přeplněných parkovištích, jelikož je potřeba minimum prostoru. Dveře jsou povytaženy ze zavřené polohy a pak pouze odsunuty do strany pomocí vedení na boku karoserie. Nejčastější použití je u malých osobních automobilů jako Peugeot 1007 nebo u větších užitkových vozů typu Fiat Ducato, Ford Transit atd., které potřebují velký přístupový prostor z boku. Jednou z podmínek možnosti použití tohoto typu dveří je co nejrovnější bok automobilu, proto se používá spíše u užitkových vozů, kde design není až tak důležitý.



Obrázek 2.4.1 Fiat Ducato a Peugeot 1007 [4]

## 2.5 Suicide doors

Tento způsob zavěšení dveří se od klasického liší pouze tím, že jsou dveře zavěšeny na opačné straně. Otvírají se tedy po směru jízdy, což ovšem má několik nevýhod. Zejména pokud by se dveře otevřeli při jízdě, tak je tlak proudícího vzduchu bude držet v otevřené poloze, což je velice nebezpečné. Proto je potřeba použít pevnějších zámků a západek. Tento způsob otevírání se používal zejména v první polovině 20. století. U některých značek jako např. Rolls-Royce se ovšem stal téměř tradicí a tak se objevuje dodnes a to zejména u zadních dveří. Moderní řešení ovšem klade mnohem větší důraz na bezpečnost, konstrukce tedy nedovoluje otevřít dveře za jízdy. Jedním z použitých řešení je, že přední dveře překrývají zadní a ty lze otevřít jen při otevřených předních dveřích (řešení u Mazdy RX8). Jiný způsob je, že dveře mají elektronický zámek a lze je otevřít, jen je-li vozidlo v klidu. Při otevírání předních a zadních dveří opačným směrem není zapotřebí středový sloupek, čímž vzniká mnohem větší prostor pro nástup a výstup pasažérů. [5]



Obrázek 2.5.1 Rolls-Royce Phantom a Mazda RX8 [4]

## 2.6 Canopy doors

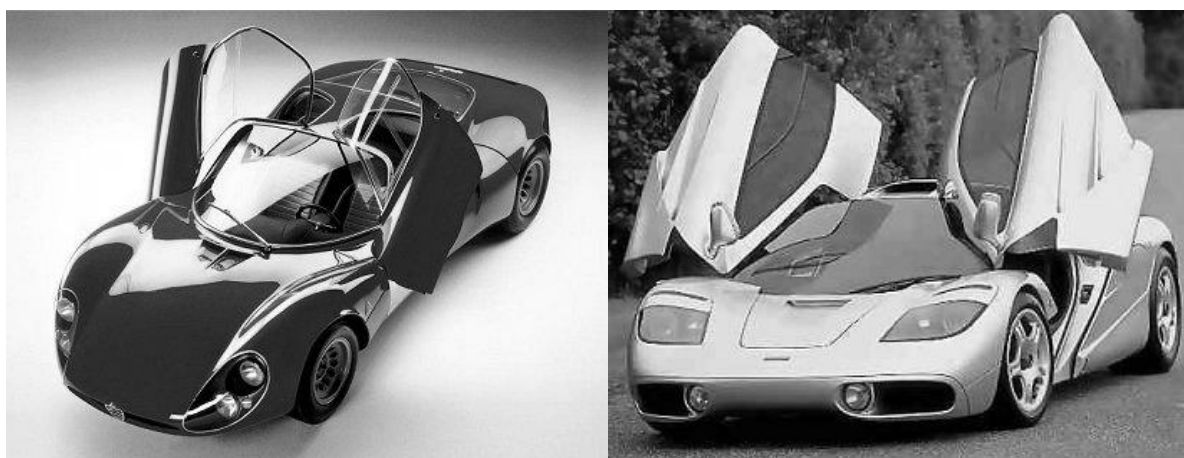
Nejedná se o dveře v pravém slova smyslu. Jde o princip podobný odklápění kokpitu letadla. Odklápí se střecha s bokem automobilu jako jeden celek. Výhodou je, že vozidlo nepotřebuje velký prostor po stranách a je zde možnost prodloužit čelní sklo až do zadní části. Zavěšení může být vpředu, na boku nebo vzadu. Prvně byl tento princip použit na vozidle Messerschmitt KR175 v roce 1953. Od té doby se občas objeví na nějakém konceptu jako např. Maserati Birdcage. Nevýhodou je obtížné vystupování kvůli vysokým prahům, při vystupování za deště nelze uchránit interiér před mokrem atd. [5]



Obrázek 2.6.1 Messerschmitt KR175 [4] a koncept Maserati Birdcage [4]

## 2.7 Butterfly doors

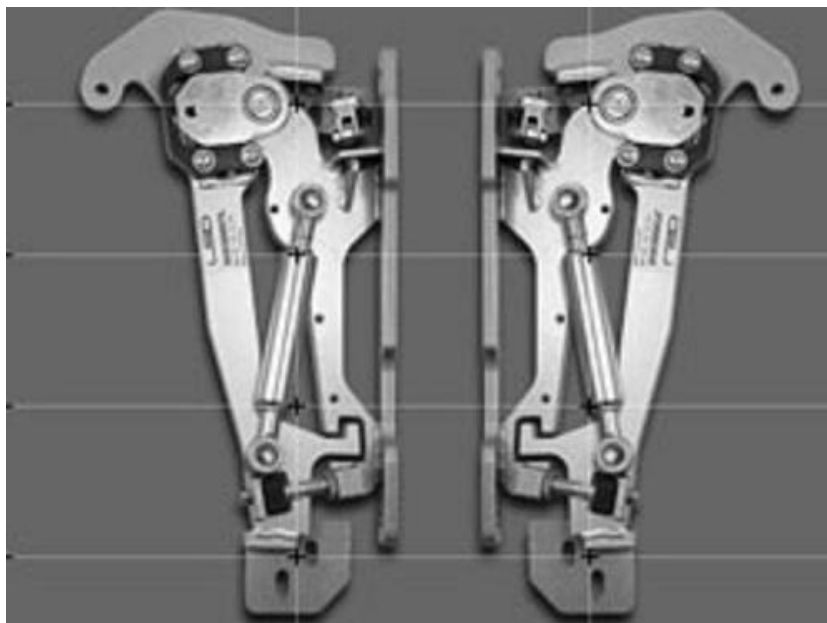
Jedná se o princip podobný nůžkovým dveřím, ale zde se dveře ještě vytáčejí, což umožňuje snadnější nastoupení a vystoupení z vozidla na úkor úspory místa. Toho se využívá také u závodních vozidel, kde je žádoucí, aby se mohl řidič dostat v případě potřeby z vozidla co nejrychleji. Dveře jsou uchyceny na dvou závěsech, jeden je ve spodní části A sloupku a druhý v horní části A sloupku nebo v oblasti střechy. Spojnice těchto dvou závěsů je osou otáčení dveří. Principem je tedy vytáčení dveří směrem vzhůru kolem této osy. Zvedání dveří napomáhá plynová vzpěra. Prvně byl tento princip použit na vozidle Alfa Romeo 33 Stradale v roce 1967. V dnešní době je jeho využití především u supersportovních vozů jako je například McLaren F1. [5]



Obrázek 2.7.1 Alfa Romeo 33 Stradale [6] a McLaren F1 [4]

## 2.8 Univerzální mechanismus

Jedná se o mechanismus, který je možné namontovat na sériový vůz. Není potřeba nijak zasahovat do karoserie, mechanismus lze připevnit do původních úchyťů. Principem je, že se dveře pootevřou do určité polohy, aby mohli být následně zvednuty vzhůru plynovou vzpěrou, podobně jako je tomu např. u vozů Lamborghini. Často je tento mechanismus používán na upravených autech, a pokud je člověk zručný, může si ho namontovat doma sám. Rozměry mechanismu jsou podle požadavků na dané vozidlo. [7]



Obrázek 2.8.1 Univerzální mechanismus otevírání dveří [7]

## 2.9 BMW Z1

Z1čka byla poprvé představena v roce 1986 a to jako výzkumný vůz hledající nová technická řešení. Do výroby se dostalo o dva roky později a bylo ve své době jedním z nejpokrokovějších automobilů. Jedním z nových prvků bylo právě otevírání dveří. Dveře byly společně s okny elektronicky stahovány do prahů karoserie, tedy okna byla vtahována do dveří a dveře do prahů. Mohly zůstat zatažené i během jízdy což umožňovalo ještě větší požitek z jízdy. Aby mohly být dveře zasunuty do prahů, bylo třeba udělat prahy vysoké. To mělo pozitivní vliv na bezpečnost vozidla, ale naopak nepříznivý vliv na nastupování a vystupování, které bylo značně ztíženo. [4]



Obrázek 2.9.2 BMW Z1 [4]

## 2.10 Pocket door

Jedná se o posuvné dveře, které se zasouvají do předního blatníku automobilu. To značně zmenšuje prostor potřebný kolem vozu při nástupu a výstupu pasažérů, ale naopak je potřeba velký prostor pod předním blatníkem. V roce 1954 byl tento mechanismus použit na vozidle Kaiser Darrin. [5]



Obrázek 2.10.1 Kaiser Darrin [5]

## 2.11 Další způsoby otevírání dveří

### 2.11.1 Renault DeZir

Jedná se o koncept firmy Renault, který byl představen v roce 2010 na autosalonu v Paříži. Tento vůz je mimo jiné zvláštní především tím, že se dveře řidiče a spolujezdce otevírají opačným směrem. Zatímco na straně u řidiče jsou dveře uchyceny ve střední části A sloupku a zdvihány plynovou vzpěrou jako u dveří popsaných v kapitole 1.6 Butterfly doors, u spolujezdce jsou dveře zavěšeny vzadu na B sloupku a opět zdvihány plynovou vzpěrou. [4]



Obrázek 2.11.1 Koncept Renault DeZir [4]



### 2.11.2 Alfa Romeo Pandion

Je to koncept vytvořený studiem Bertone jako dárek automobilce Alfa Romeo ke stému výročí založení firmy. Unikátem tohoto vozu je otevírání dveří, při kterém se pomocí mechanismu u zadního kola vozu zdvihá vzhůru celý bok automobilu. Je to velice efektní, ale praktické samozřejmě nikoli, jelikož je nad automobilem potřeba spousta místa. [4]



Obrázek 2.11.2 Alfa Romeo Pandion [5]

### 2.11.3 Yo-koncept

Tento koncept představila nepříliš známá ruská značka Yo-auto na Frankfurtském autosalonu v roce 2011. Dveře jsou díky svým důkladně propracovaným oblým tvarům zasouvány pod povrch karoserie směrem dozadu a zároveň nahoru. Díky jejich tvaru se při tomto posuvu přetočí tak, aby v horní otevřené poloze přiléhali ke střeše vozu a tím minimalizovali potřebný prostor pro jejich otevření. Je to velice efektní způsob a do jisté míry i praktický, jelikož vám na parkovištích nehrozí, že budete dveřmi narážet do sousedních vozů. Horší už je to s ohledem na bezpečnost, jelikož při bočním nárazu by se dveře zřejmě už neotevřeli. A dalším problémem může být bláto nebo prach nanesený za jízdy na dveřích.



Obrázek 2.11.3 Yo-koncept s dveřmi procházejícími karoserií [4]

#### 2.11.4 Dodge Deora

Tento koncept vychází z vozu Dodge A100, který se v Detroitu roku 1964 rozhodli pod záštitou Chrysleru přestavět bratři Alexandrovi. Do vozu se vstupuje přední částí. Konkrétně se pomocí elektromotoru vyklápí čelní sklo vzhůru a kovový panel mezi světlý je zavěšen vertikálně uprostřed a otáčí se kolem středu. [10]



Obrázek 2.11.4 Koncept Dodge Deora [9]

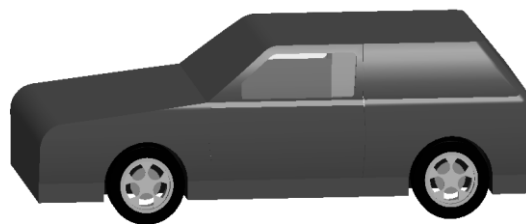
### 3 Konstrukční návrhy

#### 3.1 Automobil a vzpěry

Mechanismy jsou konstruovány pro automobil Volkswagen Golf III. Zvolil jsem třídveřovou variantu, pouze kvůli efektu, jelikož na pětidveřové verzi by byly zadní dveře otevírány klasickým způsobem a vertikální otevírání předních dveří by tolik nevyniklo.

Rozměry mechanismů jsem se snažil použít podle rozměrů vozidla, zejména pak otvory pro uchycení závěsů, jejich vzdálenost a průměr. Stejně tak i sklon plochy, ve které jsou otvory vyvrtány.

Model automobilu je značně zjednodušený a to do takové míry, aby vyhovoval potřebám aplikace mechanismu na vozidlo. Veškeré nepotřebné části jsou proto vynechány nebo nahrazeny základními tvary.

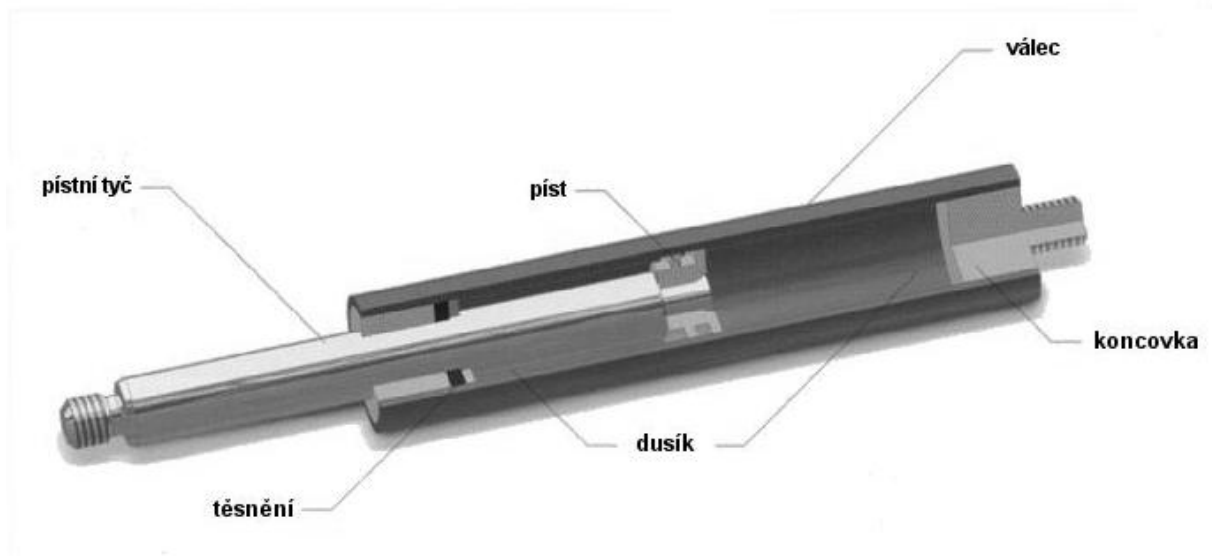


Obrázek 3.1.1 VW Golf III a zjednodušený model vozu

#### Tlačná plynová vzpěra

*„Je to plynokapalinový, uzavřený a na údržbu nenáročný posuvný prvek. Tlačná síla vyplývá z vnitřního tlaku ve válci, který je naplněn dusíkem. Tento tlak působí na průřez pístní tyče. Plynové vzpěry obsahují vrstvu oleje, který maže pístní tyč a slouží jako koncové tlumení.*

*Při stlačování pístní tyče do válce dochází ke stlačování plynu a tím i k nárůstu síly. Tato změna je závislá na průřezu pístní tyče a objemu válce.“ [8]*



Obrázek 3.1.2 Tlačná plynová vzpěra [8]

Aby byli ovládací síly při otevírání a zavírání dveří co nejmenší, je na mechanismu použita již zmíněná plynová vzpěra. Síla vzpěry by měla být dostatečně velká, aby dveře dokázala zvednout a udržet v horní poloze. Naopak ale nesmí být tak velká, aby nebylo jejich zavření fyzicky náročné. Potřebná síla se může u každého konkrétního vozidla lišit, jelikož závisí na váze dveří. Tu mohou měnit reproduktory, předměty uložené v přihrádce nebo cokoli jiného, co bylo do dveří přidáno či z nich odebráno.

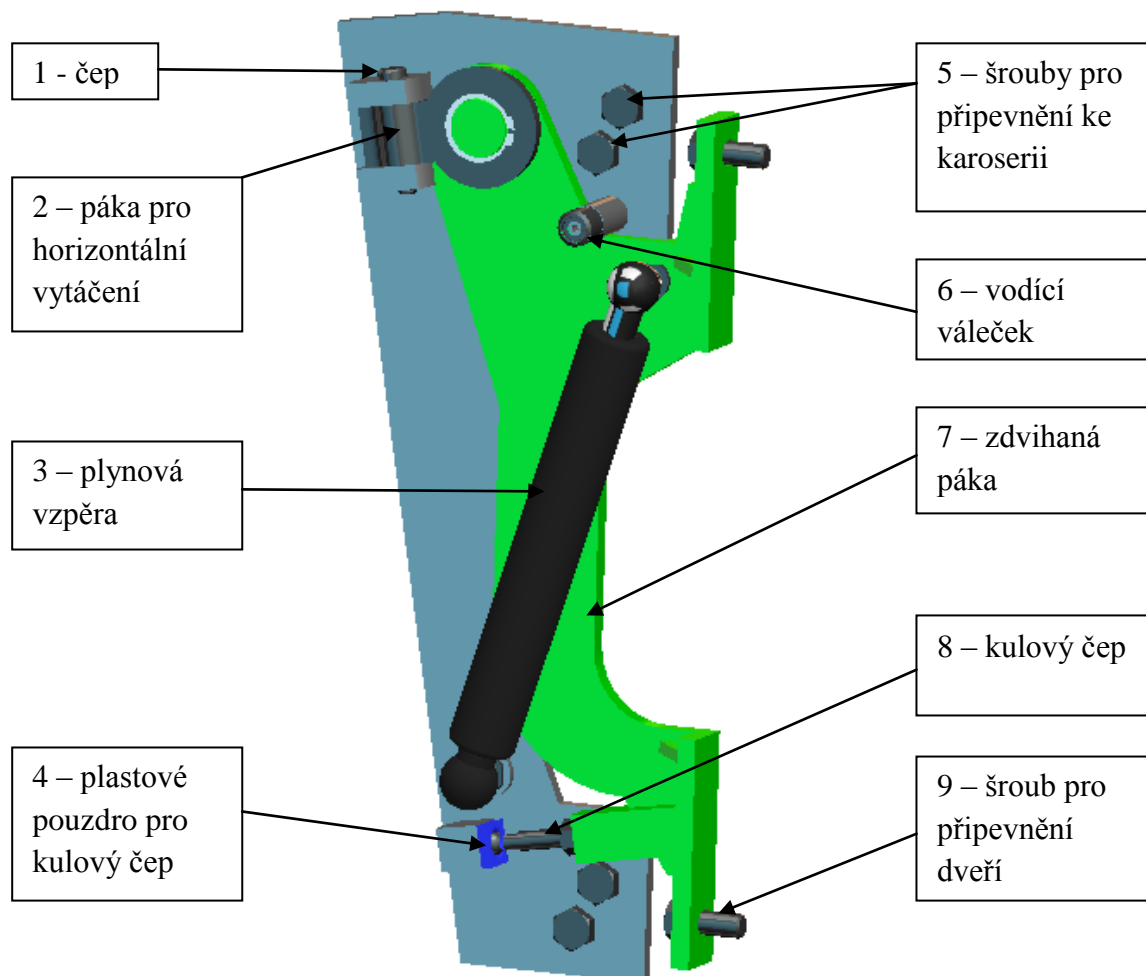
Jelikož tato práce není řešena pro konkrétní vůz, ale pouze pro daný typ, uvažuji váhu dveří 30 kg. Dále je nutné určit polohu těžiště dveří, aby bylo možno vypočítat moment tíhy dveří působící proti momentu síly plynové vzpěry. Ani přesnou polohu těžiště nelze určit, jelikož neznáme rozložení hmotnosti dveří. Pro následující výpočet budu tedy uvažovat polohu těžiště vzdálenou 680 mm od nejpřednějšího bodu dveří a 480 mm od nejnižšího bodu dveří.

## 3.2 První konstrukční řešení – Vertikální mechanismus (Lambo dveře)

### 3.2.1 Popis mechanismu

Požadovanou funkcí je zdvihání dveří ve vertikální rovině. Jelikož se jedná o mechanismus montovaný na sériový vůz, není možné otevírat dveře vertikálně rovnou z jejich uzavřené polohy. Je proto třeba dveře pootevřít o takový úhel, aby při jejich následném zdvihání nedošlo ke kolizi s karoserií vozidla. Proto je potřeba, aby mechanismus v první fázi fungoval jako klasicky zavěšené dveře. Tím pádem není nutné měnit či jakkoliv upravovat zámky dveří. Po pootevření o potřebný úhel následuje fáze zdvihání a to opět pouze do takové výšky, aby nedocházelo ke kolizi ať už dveří nebo mechanismu s jakoukoliv částí karoserie. V konečné fázi musí být tedy zdvih zastaven. To lze více variantami, nejjednodušším řešením je zarážka. Já jsem při konstrukci použil místo zarážky maximální vytažení plynové vzpěry

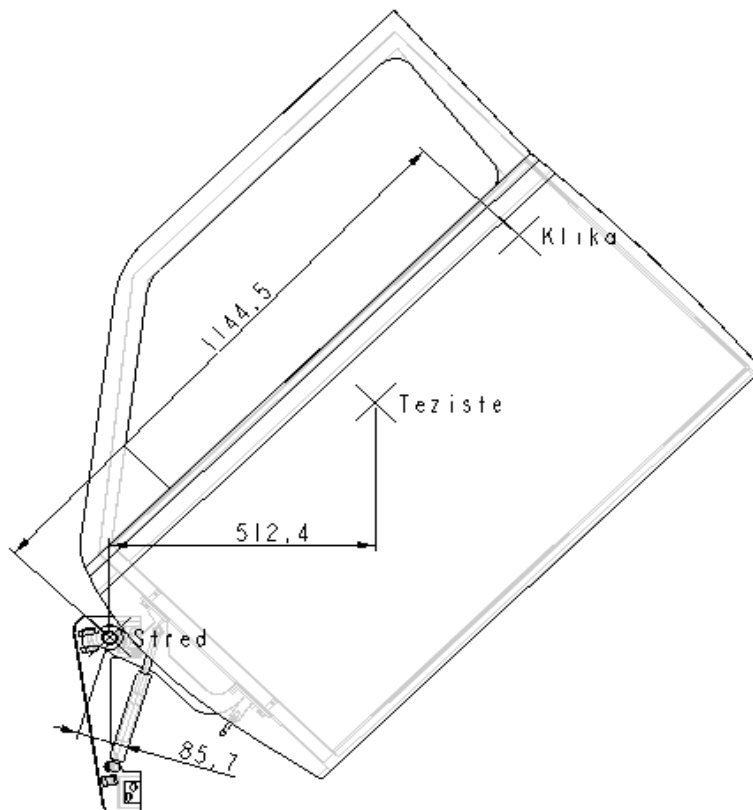
(3), která svou délkou vymezuje možný úhel vytočení dveří. Horizontální pohyb dveří při zdvihání je zajištěn v obou směrech. Z jedné strany přesahem páky pro horizontální vytáčení (2), která se vytáčí kolem čepu (1) do polohy pootevřených dveří, a z druhé strany výběžkem, který má na svém konci vodící váleček (6), jenž vede zdvih dveří v dané poloze.



Obrázek 3.2.1.1 Vertikální mechanismus s popisem

### 3.2.2 Tlačná plynová vzpěra

Při maximálním vytočení dveří (tj.  $46^\circ$ ) je vodorovná vzdálenost mezi nositelkou tíhové síly a osou otáčení 512,4 mm (označeno a) a vzdálenost mezi nositelkou síly vzpěry a osou otáčení 85,7 mm (označeno b). Po vypočtení a porovnání momentu vzpěry a dveří vyjde potřebná síla pro udržení dveří v otevřené poloze. Ve výpočtu je uvažován koeficient čepového tření  $f = 0,1$ , který musí vzpěra při otevírání dveří překonat. Jelikož je potřeba, aby byl krouticí moment od vzpěry po celou dobu zdvihání větší než moment od tíhové síly dveří, je nutné výslednou sílu ještě lehce navýšit.



Obrázek 3.2.2.1 Rozměry pro výpočet vzpěry, mechanismus v otevřené poloze

$F$  = hledaná síla vzpěry [N]

$G$  = tíhová síla dveří [N]

$M_v$  = moment od síly vzpěry [Nm]

$M_G$  = moment od tíhové síly dveří [Nm]

$a$  = vodorovná vzdálenost mezi nositelkou tíhové síly a osou otáčení [m]

$b$  = vzdálenost mezi nositelkou síly vzpěry a osou otáčení [m]

$$M_v = F * b = F * 85,7$$

$$M_G = G * a * f = 30 * 9,81 * 512,4 * 1,1 = 165879 \text{ Nmm}$$

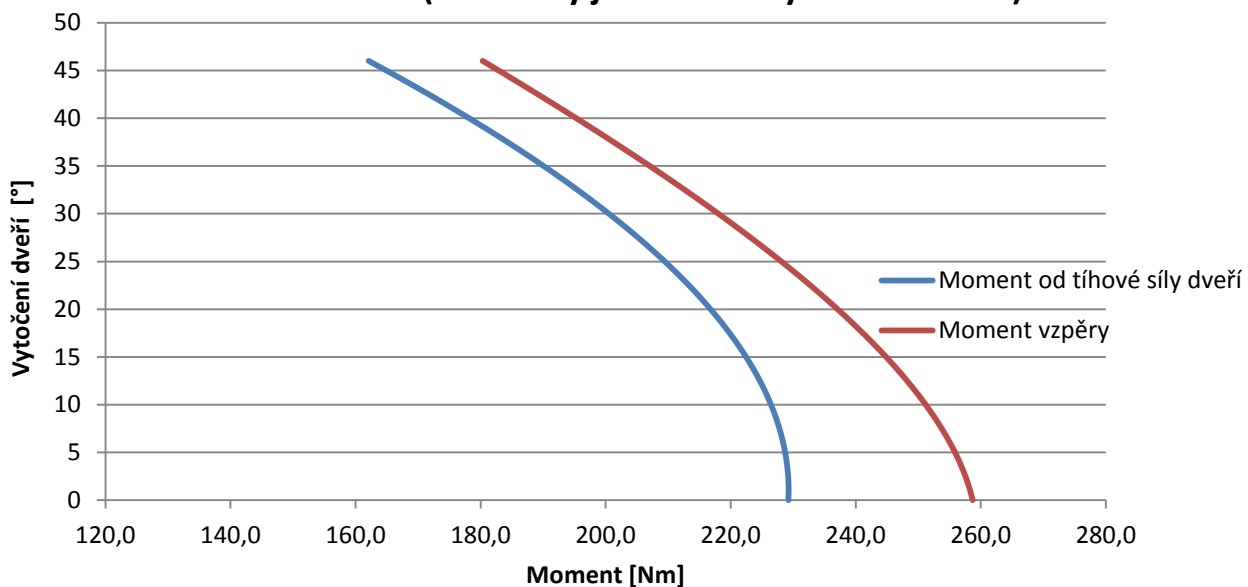
$$M_v = M_G$$

$$F * 85,7 = 165879$$

$$F = 1935,6 \text{ N}$$

Volím plynovou vzpěru z katalogu Eckold (příloha č. 2) typ G 14/28 o síle 2050 N s nárůstem síly při plném stlačení o 40%. Tedy, při stlačování, se zvyšuje lineárně její síla. Jak ukazuje následující graf, je tato skutečnost ideální pro průběh momentů od tíhové síly dveří a vzpěry v závislosti na úhlu vytočení dveří. Moment od vzpěry je po celou dobu zdvihání dveří větší než moment od tíhové síly dveří, což je nutné, aby mechanismus dveře zdvihl a udržel v horní poloze.

### Průběh momentů od tíhové síly dveří a vzpěry v závislosti na úhlu vytočení dveří (momenty jsou vztaženy k ose otáčení)



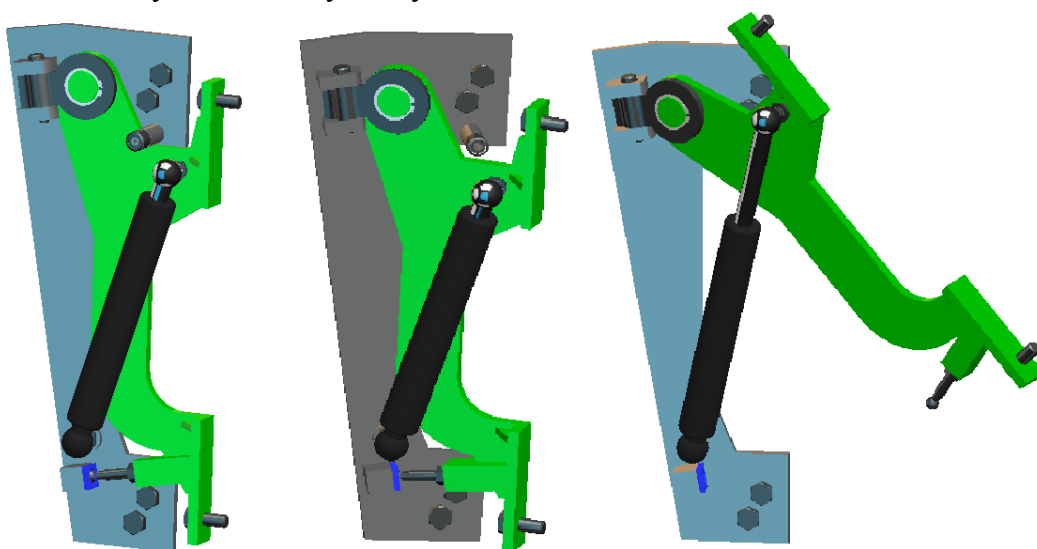
Obrázek 3.2.2.2 Graf průběhu momentů při otevírání dveří

Rozdíl těchto momentů musí být pouze tak velký, aby uživatel při zavírání dveří nemusel vynakládat nadměrnou sílu. Při vypočtení rozdílu momentů a vydělení vzdáleností kliky od středu otáčení (1144,5 mm) mechanismu vyjde potřebná síla pro zavření dveří 16 N v horní poloze a 26 N v dolní poloze.

### 3.2.3 Mechanismus v jednotlivých polohách

Na následujícím obrázku je mechanismus ve třech polohách:

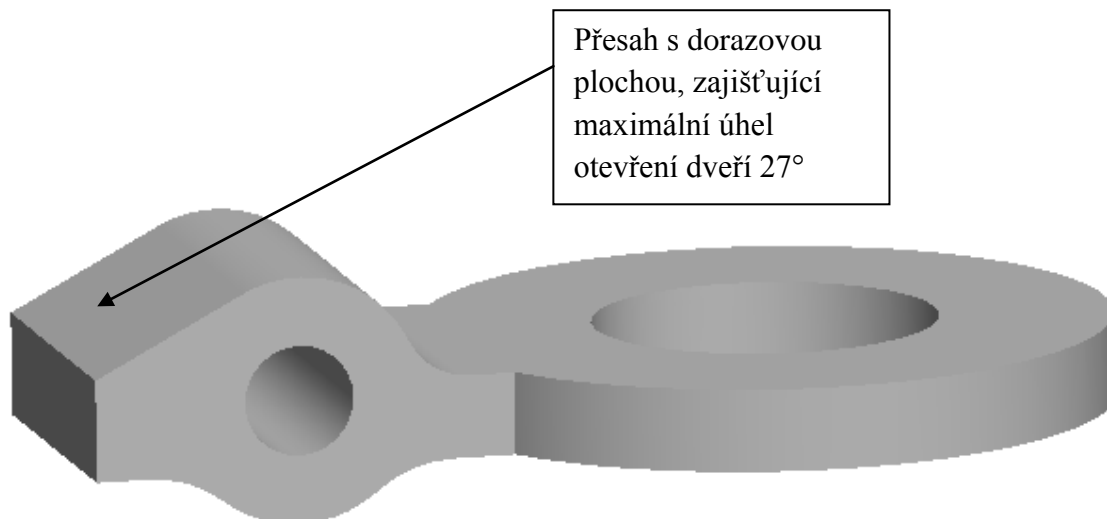
- Při zavřených dveřích
- Při pootevřených dveřích o úhel  $27^\circ$
- Při zdvihnutých dveřích vytočených o úhel  $46^\circ$



Obrázek 3.2.3.1 Mechanismus v jednotlivých polohách: zleva a), b) a c)

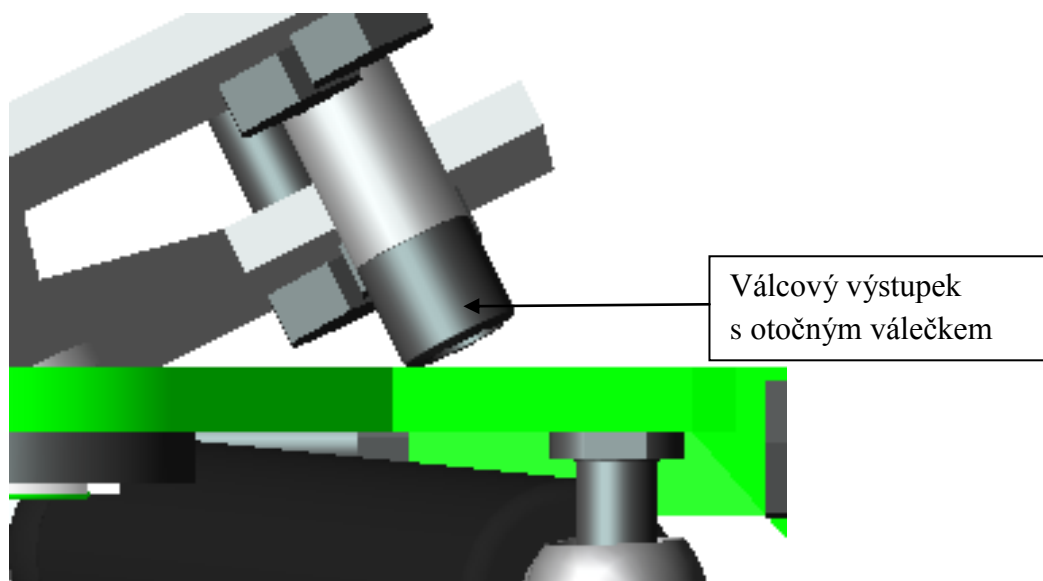
### 3.2.4 Zajištění hraničních poloh mechanismu

V první fázi otevírání je úhel  $27^\circ$  při pootvřených dveřích zajištěn pákou pro horizontální vytáčení, která má na jednom svém konci přesah. Přesah má funkci dorazu a je sklopen právě o  $27^\circ$  (viz obr. 3.2.4.1).



Obrázek 3.2.4.1 Páka pro horizontální vytáčení s přesahem zajišťujícím doraz

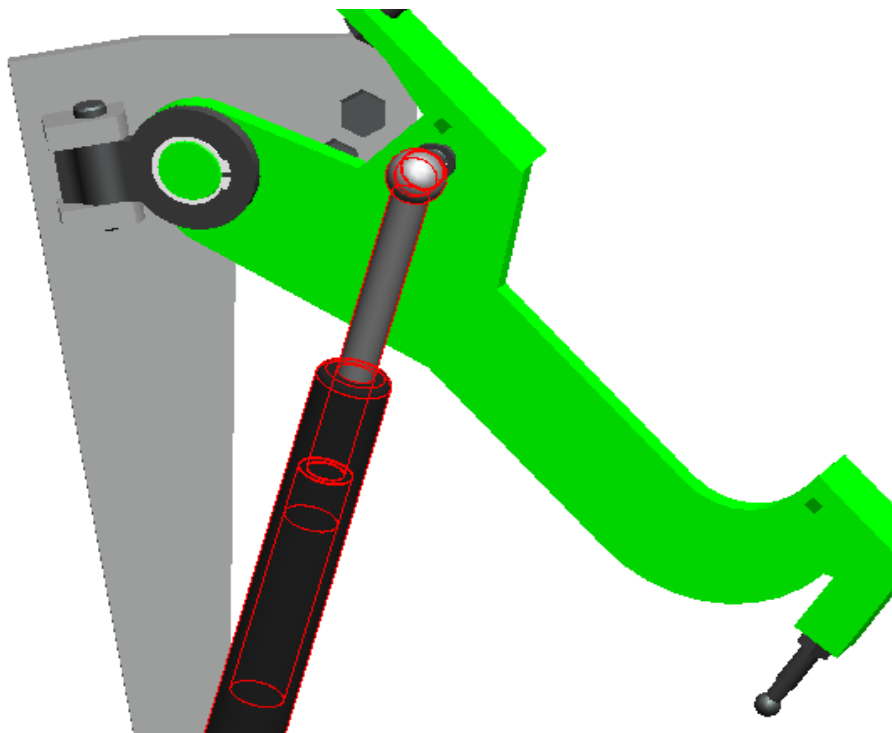
Poté následuje fáze zdvihání, při které se zdvihaná páka mechanismu opírá o výběžek s otočným válečkem (viz obr. 3.2.4.2) a ten brání zpětnému přivírání dveří.



Obrázek 3.2.4.2 Pohled na mechanismus shora



Na konci fáze zdvihání je pak zarážka nahrazena plynovou vzpěrou. Ta je na mechanismu upevněna tak, aby při požadovaném úhlu vytočení  $46^\circ$  měla právě svoji maximální délku, tedy dále už jí nelze vytáhnout a fáze zdvihání zde končí.

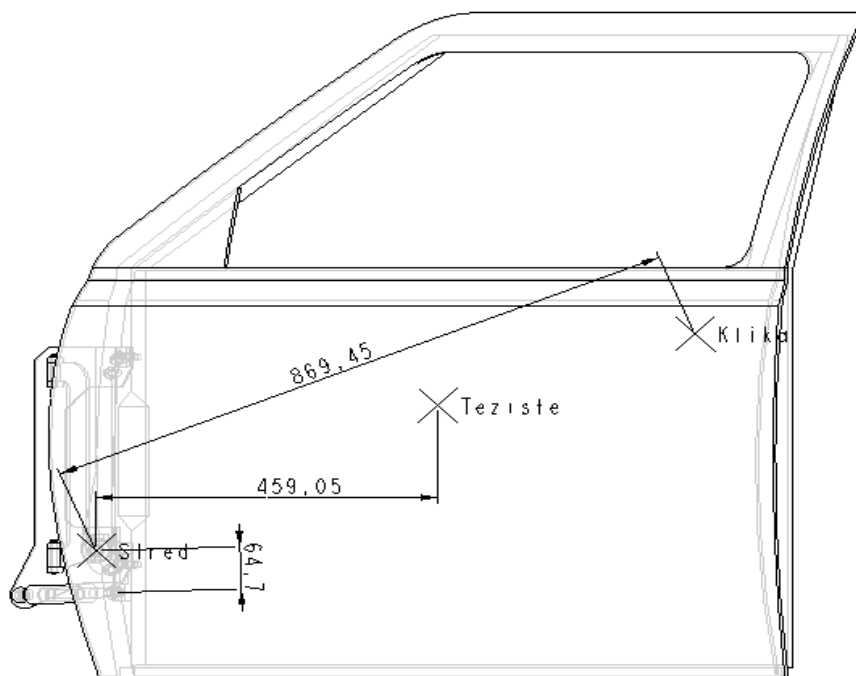


Obrázek 3.2.4.3 Detail se zobrazením vnitřku vzpěry při maximálním otevření dveří



V první fázi otevírání dveří se otáčí střední díl (3) kolem čepů (2) až do polohy otevření o  $18^\circ$ . V průběhu této operace je dveřnímu dílu (6) znemožněno se otáčet kolem ložiska (8), jelikož je zapřený o výběžek sloužící k vymezení pohybu (7). Po požadovaném otevření už nebrání výběžek (7) dveřnímu dílu v pohybu a ten se působením síly od plynové vzpěry začne otáčet. V této fázi se opět dveřní díl opře o výběžek (7), ale tentokrát svojí zadní plochou a tak je zamezeno zavření dveří při jejich vertikálním pohybu. To by totiž mělo za následek náraz do karoserie vozu a tím nejspíše poškození některých jeho částí. Vytáčení dveří pokračuje až do téměř maximálního vytažení vzpěry, kdy na sebe dosednou zarážky na zadní ploše dveřního dílu (viz. obrázek 3.3.4.4 dále). V této chvíli jsou dveře otevřeny o úhel  $57^\circ$ . Při zavírání je postup totožný, akorát opačný.

### 3.3.2 Tlačná plynová vzpěra.



Obrázek 3.3.2.1 Rozměry potřebné pro výpočet vzpěry, mechanismus v poloze pootevřeně o  $18^\circ$

Při zavřených dveřích je vodorovná vzdálenost mezi nositelkou tíhové síly a osou otáčení  $459,05$  mm (označení a) a vzdálenost mezi nositelkou síly vzpěry a osou otáčení  $64,7$  mm (označení b). Po vypočtení a porovnání momentu vzpěry a dveří vyjde potřebná síla pro udržení dveří v otevřené poloze. Ve výpočtu je uvažován koeficient čepového tření  $f = 0,1$ , který musí vzpěra při otevírání dveří překonat. Jelikož je potřeba, aby byl krouticí moment od vzpěry po celou dobu zdvihání větší než moment od dveří, je nutné výslednou sílu ještě lehce navýšit.

$F$  = hledaná síla vzpěry [N]

$a$  = vodorovná vzdálenost mezi nositelkou tíhové síly a osou otáčení [m]

$G$  = tíhová síla dveří [N]

$b$  = vzdálenost mezi nositelkou síly vzpěry a osou otáčení [m]

$M_V$  = moment od síly vzpěry [Nm]

$M_G$  = moment od tíhové síly dveří [Nm]

$$M_V = F * b = F * 64,7$$

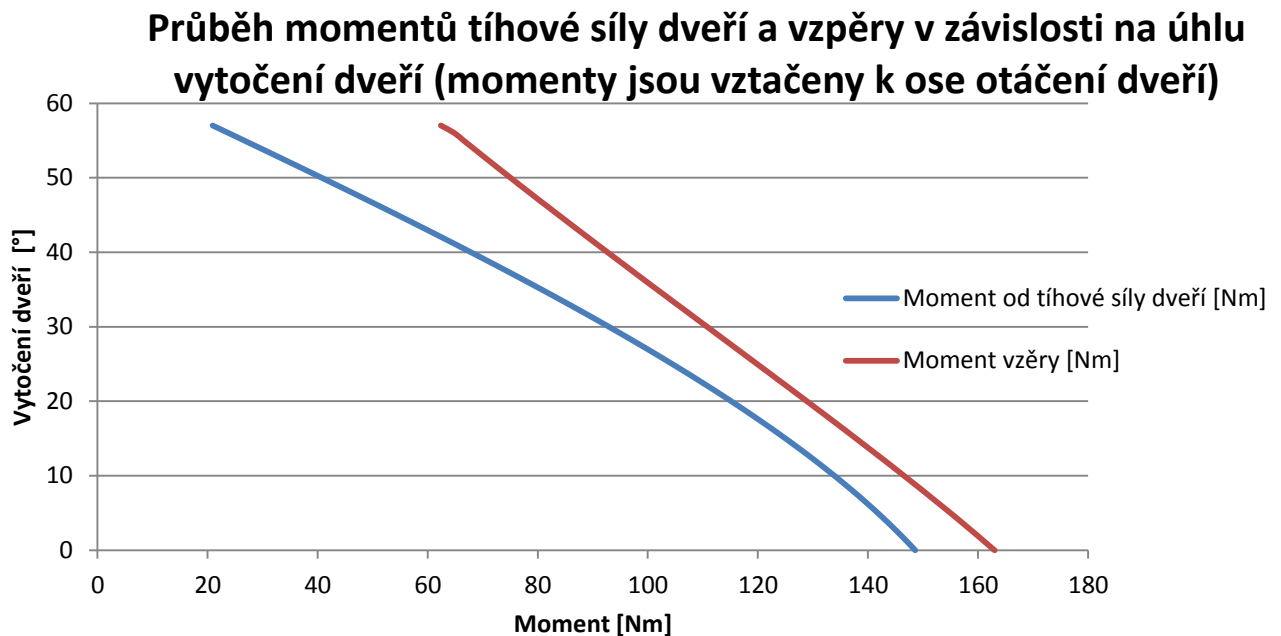
$$M_G = G * a * f = 30 * 9,81 * 459,05 * 1,1 = 148592 \text{ Nmm}$$

$$M_V = M_G$$

$$F * 64,7 = 148592$$

$$F = 2297 \text{ N}$$

Tato síla platí pro vzpěru v zasunutém stavu, jelikož byla vypočtena pro dveře v zavřené poloze. Jak již bylo dříve zmíněno, síla vzpěry při jejím stlačování roste. Volím proto plynovou vzpěru z katalogu Eckold (příloha č.2) typ G 14/28 o síle 1800 N s nárůstem síly při plném stlačení o 40%. Čímž je dosaženo toho, že při zavřených dveřích tlačí vzpěra silou  $1800 * 1,4 = 2520 \text{ N}$ . Na následujícím grafu je dobře patrné, že krouticí moment od vzpěry je po celou dobu větší než krouticí moment od tíhové síly dveří. Proto dojde k otevření dveří a jejich udržení v horní poloze.



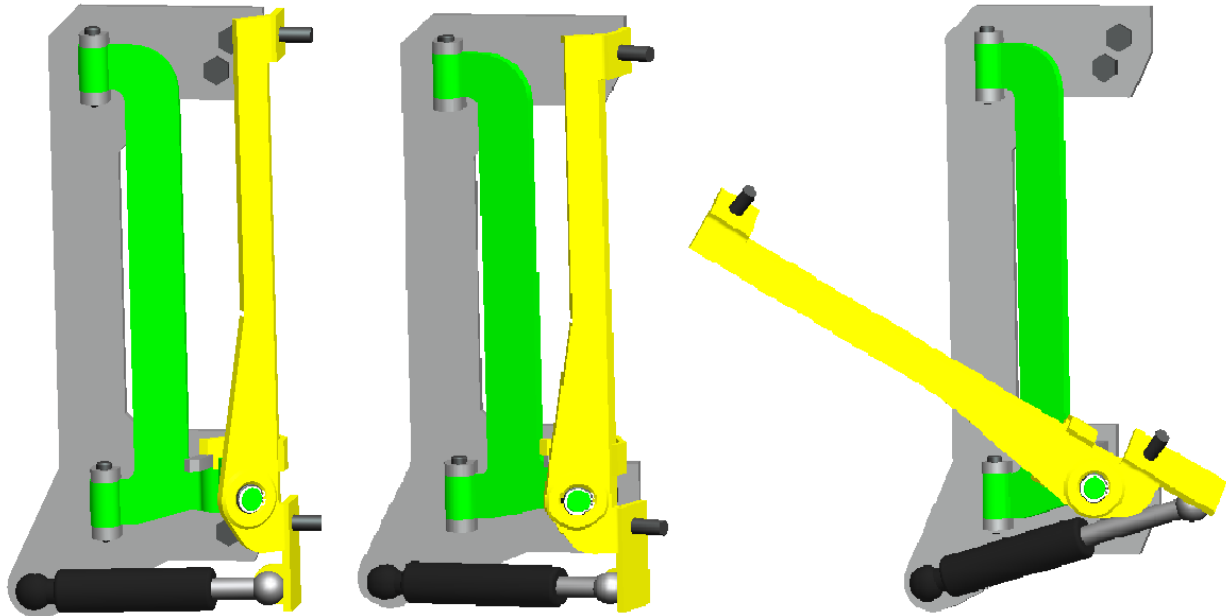
Obrázek 3.3.2.2 Graf průběhu momentů při otevírání dveří

Rozdíl těchto momentů musí být pouze tak velký, aby uživatel při zavírání dveří nemusel vynakládat nadměrnou sílu. Při vypočtení rozdílu momentů a vydělení vzdáleností kliky od středu otáčení (869,45 mm) mechanismu vyjde potřebná síla pro zavření dveří 48 N v horní poloze a 17 N v dolní poloze.

### 3.3.3 Mechanismus v jednotlivých polohách

Na následujícím obrázku je mechanismus ve všech třech důležitých polohách:

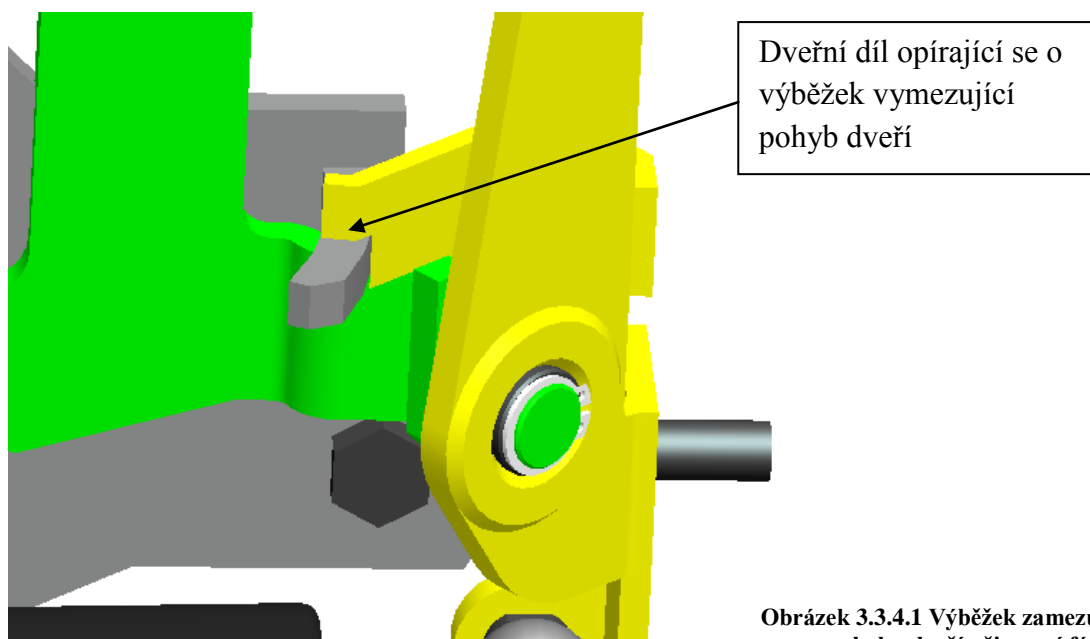
- a) Při zavřených dveřích
- b) Při pootožených dveřích o úhel  $18^\circ$
- c) Při otevřených dveřích vytočených o úhel  $57^\circ$



Obrázek 3.3.3.1 Mechanismus nízké nůžkové dveře v jednotlivých polohách: zleva a), b), c)

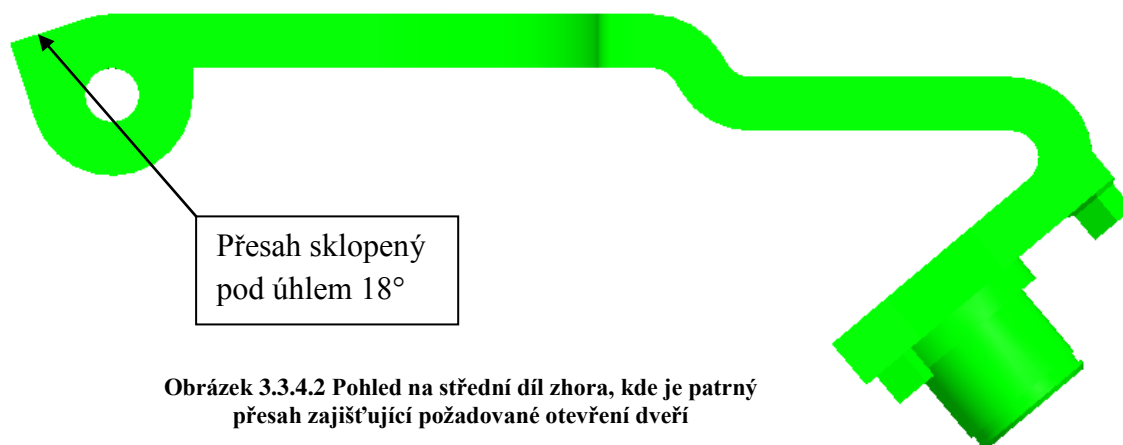
### 3.3.4 Zajištění hraničních poloh mechanismu

Při první fázi otevírání se dveřní díl opírá o výběžek vymezující pohyb dveří a tím je znemožněno jejich pohybu ve svislé rovině. Tento stav trvá až do chvíle, než se dveře otevřou o  $18^\circ$ . Poté bude následovat druhé fáze.



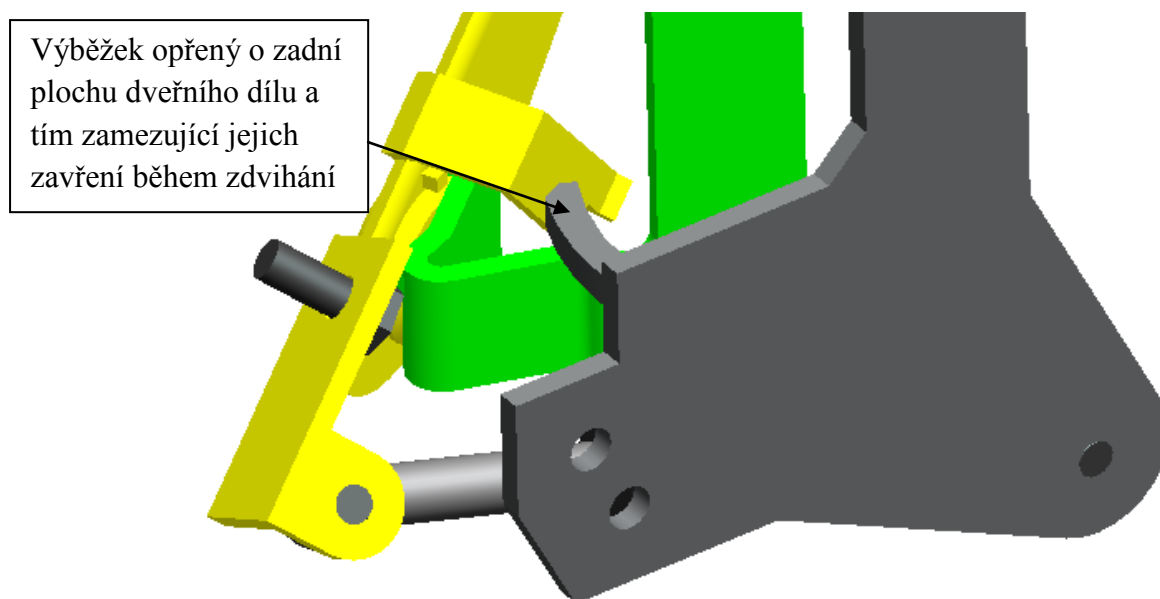
Obrázek 3.3.4.1 Výběžek zamezující vertikálnímu pohybu dveří při první fázi otevírání

Otevření dveří o  $18^\circ$  je zajištěno přesahem středního dílu. Přesah má funkci dorazu, tedy zastaví pohyb dveří přesně v požadované chvíli.



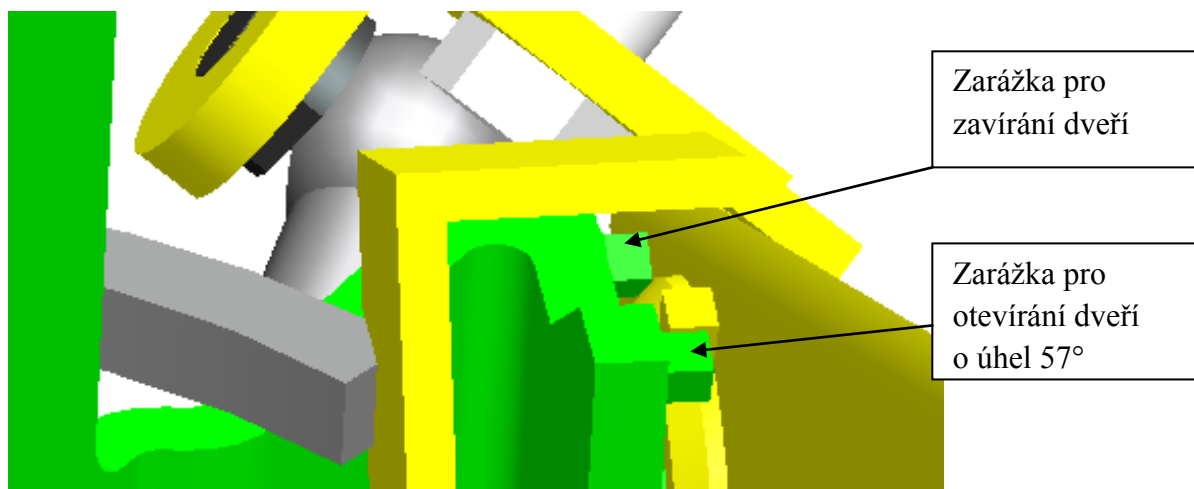
Obrázek 3.3.4.2 Pohled na střední díl zhora, kde je patrný přesah zajišťující požadované otevření dveří

Ve druhé fázi, tedy zdvihání dveří, je nutno zajistit, aby byl konán pouze pohyb ve vertikálním směru. Jinému pohybu je nutno zamezit a to je opět vykonáno pomocí výběžku vymezujícímu pohyb dveří. V tomto případě se o něj opírá dveřní díl svoji zadní plochou a tím je zamezeno jejich zavírání.



Obrázek 3.3.4.3 Pohled na mechanismus zezadu, řešení zabraňující zavření dveří při jejich zdvihání

Konec druhé fáze nastává při otočení dveří o  $57^\circ$  a v této poloze je umístěná zarážka. Obdobně je řešena i fáze zavírání. Pozice zavřených dveří je zajištěna druhou zarážkou.

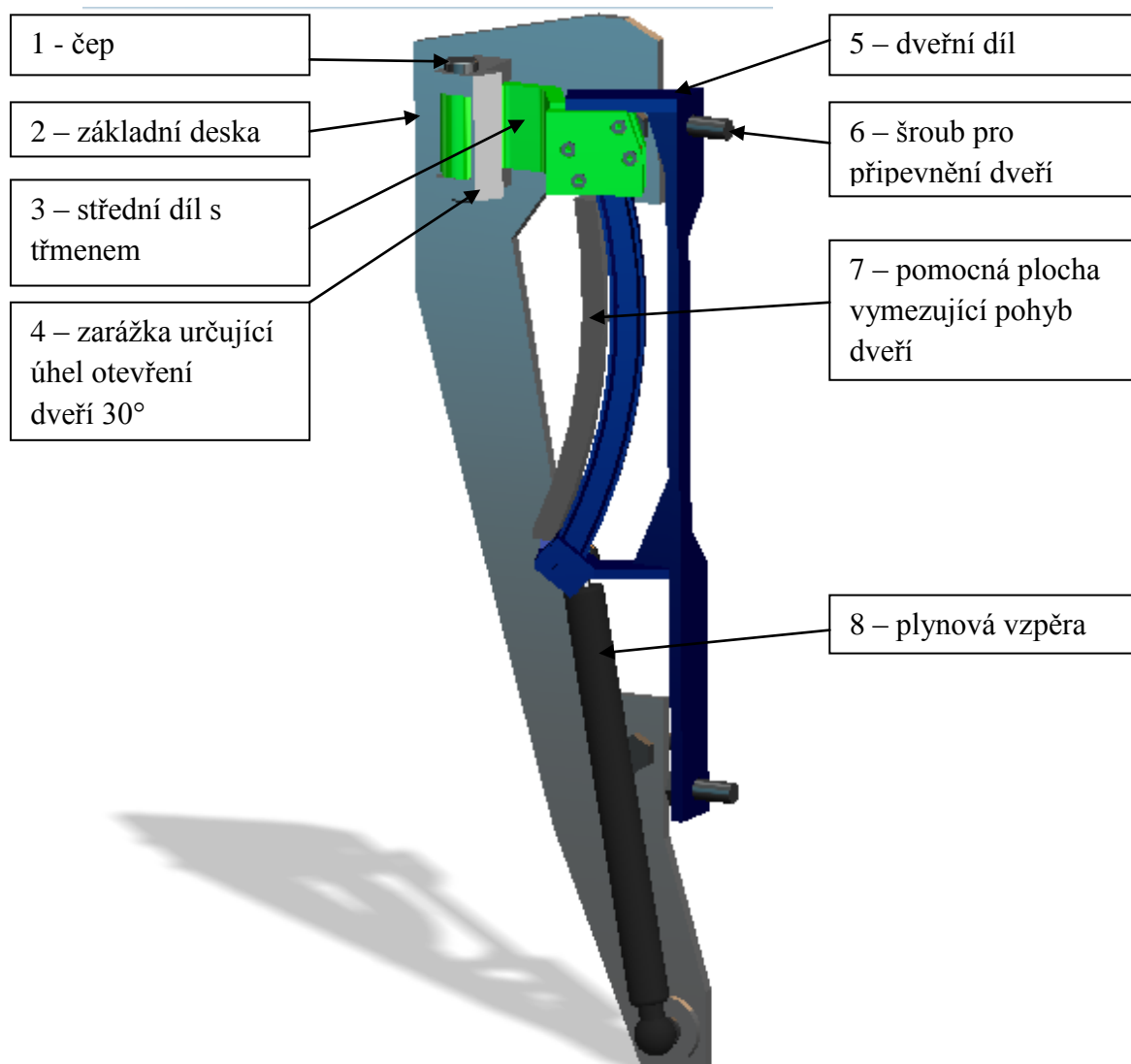


Obrázek 3.3.4.4 Detailní pohled na zarážky vymežující otočení dveří o úhel  $57^\circ$

### 3.4 Třetí konstrukční řešení – Vertikálně posuvný mechanismus

#### 3.4.1 Popis mechanismu

Tento mechanismus funguje podobně, jako posuvné dveře, jak je známe z dodávek a malých osobních automobilů. Jedná se však o posuv ve svislém směru, nikoliv vodorovném. Druhou odlišností je, že lišta není přímá, ale zahnutá, a tak se dveře nejen vysunují, ale částečně i vyklápějí vzhůru. Jako u předchozích dvou mechanismů i zde je třeba, aby primární pohyb dveří byl stejný jako u klasického zavěšení a to kvůli zámku dveří. Po jejich dostatečném otevření, které se u konkrétních modelů automobilů může drobně lišit, zejména kvůli rozdílnému tvaru karoserie, následuje fáze zdvihání. Dveře jsou pomocí plynové vzpěry tlačeny vzhůru. Ke dveřím je pomocí dvou šroubů přidělena lišta, která má profil podobný písmenu X. Tato lišta je vedena v třmenu s obdobným profilem a kolečky po stranách, které se odvalují po její vnější straně. Délka zdvihu je omezena horním a dolním okrajem lišty, která se opře svými koncovými plochami o třmen. Mechanismus je stejně jako první a druhá varianta přidělán ke karoserii vozidla do původních otvorů, ve kterých byl klasický závěs dveří. Stejně je tomu i u otvorů ve dveřích, není tak nutný žádný zásah do karoserie.

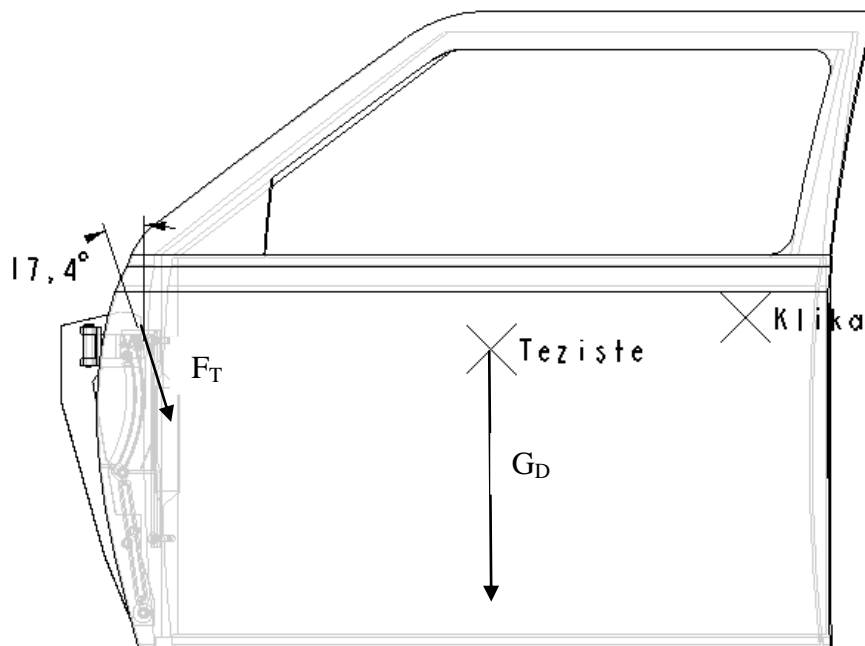


Obrázek 3.4.1.1 Vertikálně posuvný mechanismus s popisem



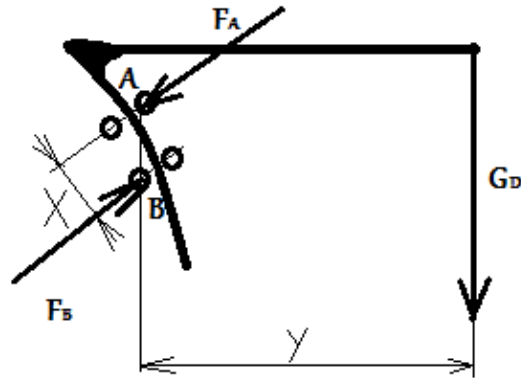
V první fázi otevírání dveří se otáčí střední díl (3) kolem čepu (1) a to do polohy otevření o úhel  $30^\circ$ . V průběhu této operace je dveřní díl (5) zesponu opřený o pomocnou plochu vymezující pohyb dveří (7) a tím je zabráněno jejich zdvihání (detailněji popsáno v kapitole 3.4.4.). Požadovaný úhel otevření  $30^\circ$  je zaručen zarážkou (4). Druhá fáze je zdvihání. Ta probíhá až do doby, než se dveřní díl opře svoji spodní částí o střední díl s třmenem a znemožní tak další pohyb. Na konci zdvihu jsou dveře posunuty vzhůru o 120 mm a vyklopeny o úhel  $40^\circ$ . Celou dobu zdvihání až do opětovného stažení dveří zpět řidičem se dveřní díl opírá o pomocnou plochu vymezující pohyb a tím zabraňuje zavření dveří, které by způsobilo náraz do karoserie.

### 3.4.2 Tlačná plynová vzpěra



Obrázek 3.4.2.1 Úhly potřebné pro výpočet síly vzpěry

Síla tlačné plynové vzpěry bude oproti předchozím řešením relativně malá. Posuv dveří není čistě svislý, ale pod úhlem  $17,4^\circ$  vůči svislici, jak je zobrazeno na předchozím obrázku. V tomto směru bude působit třecí síla  $F_T$ , jejíž výpočet je provedený níže. Následující výpočet je proveden pro polohu zavřené dveře. Při jejich následném zdvihání se bude zmenšovat vodorovná vzdálenost těžiště od mechanismu a tím dojde ke zmenšování třecí síly. Tím se bude také snižovat síla, kterou musí vzpěra při zvedání dveří překonat.



Obrázek 3.4.2.2 Schéma zatížení pro výpočet třecí síly  $F_t$

$X = 18 \text{ mm}$ ;  $Y = 583,5 \text{ mm}$ ;  $G_D = m_D \cdot g = 30 \cdot 9,81 = 294,3 \text{ N}$

$m_D$  - hmotnost dveří [kg];  $g$  - tíhové zrychlení [N/kg];  $G_D$  - tíhová síla dveří

**Z rovnováhy momentů k bodu A a k bodu B se vypočtou reakce  $F_A$  a  $F_B$ :**

$$G_D \cdot Y = F_B \cdot X$$

$$F_B = G_D \cdot \frac{Y}{X} = 294,3 \cdot \frac{583,5}{18} = 9540,2 \text{ N}$$

$$G_D \cdot Y = F_A \cdot X$$

$$F_A = G_D \cdot \frac{Y}{X} = 294,3 \cdot \frac{583,5}{18} = 9540,2 \text{ N}$$

**Výpočet třecí síly  $F_T$  je ze vzorce:**

$$F_T = \xi \cdot \frac{F_n}{R}$$

$F_T$  – třecí síla [N];  $\xi$  - rameno valivého odporu [m];  $F_n$  – kolmá tlaková síla [N];  $R$  – poloměr valeného tělesa [m]

$R = 10 \text{ mm}$ ;  $\xi = 0,00003 \text{ m}$ ;  $F_n = F_A = F_B$

$$F_{TA} = F_{TB} = 0,03 \cdot \frac{9540,2}{10} = 28,6 \text{ N}$$

$$F_T = F_{TA} + F_{TB} = 57,2 \text{ N}$$

### Potřebná síla vzpěry $F_{VZ}$ :

Výsledná síla vzpěry je přibližně dána součtem svislých složek tíhové a třecí síly:

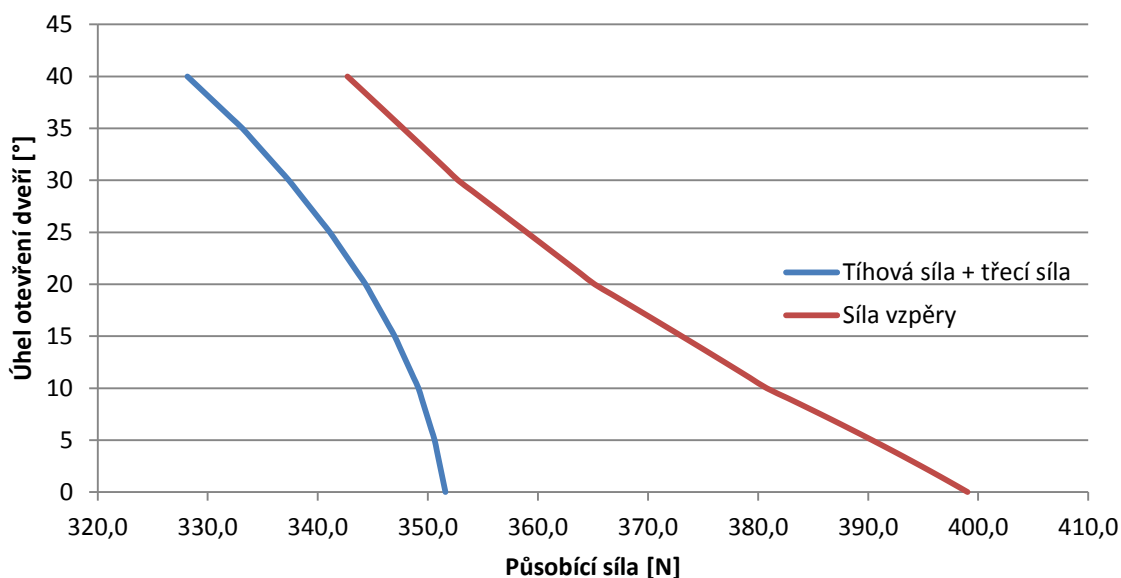
$$F_{VZ} = F_T / \cos(17,4^\circ) + G_D = 57,2 / \cos(17,4^\circ) + 294,3 = 354,2 \text{ N}$$

Vypočtená hodnota platí pro vzpěru ve stlačené poloze. Jak bylo dříve zmíněno, síla vzpěry při jejím stlačování roste. V tomto případě je ale nárůst síly spíše nežádoucí, proto zde volím plynovou vzpěru z katalogu Eckold (příloha č.2) typ G 6/19 s mírným nárůstem síly při plném stlačení a to o 17%. A jelikož je potřeba, aby byla síla vzpěry po celou dobu otevírání dveří větší než působící tíhová síla dveří, je nutné sílu ještě lehce navýšit. Zvolil jsem tedy plynovou vzpěru o síle 350 N. Takže maximální síla vzpěry při stlačení je:

$$F_{Vmax} = 350 * 1,17 = 410 \text{ [N]}$$

Jelikož vzpěra neleží přesně ve svislé poloze, ale je od této ideální pozice lehce odkloněna, je její výsledná působící síla o něco snížena, jak je vidět na následujícím grafu.

### Velikost síly vzpěry a tíhové síly dveří zvětšené o třecí sílu v závislosti na úhlu otevření dveří



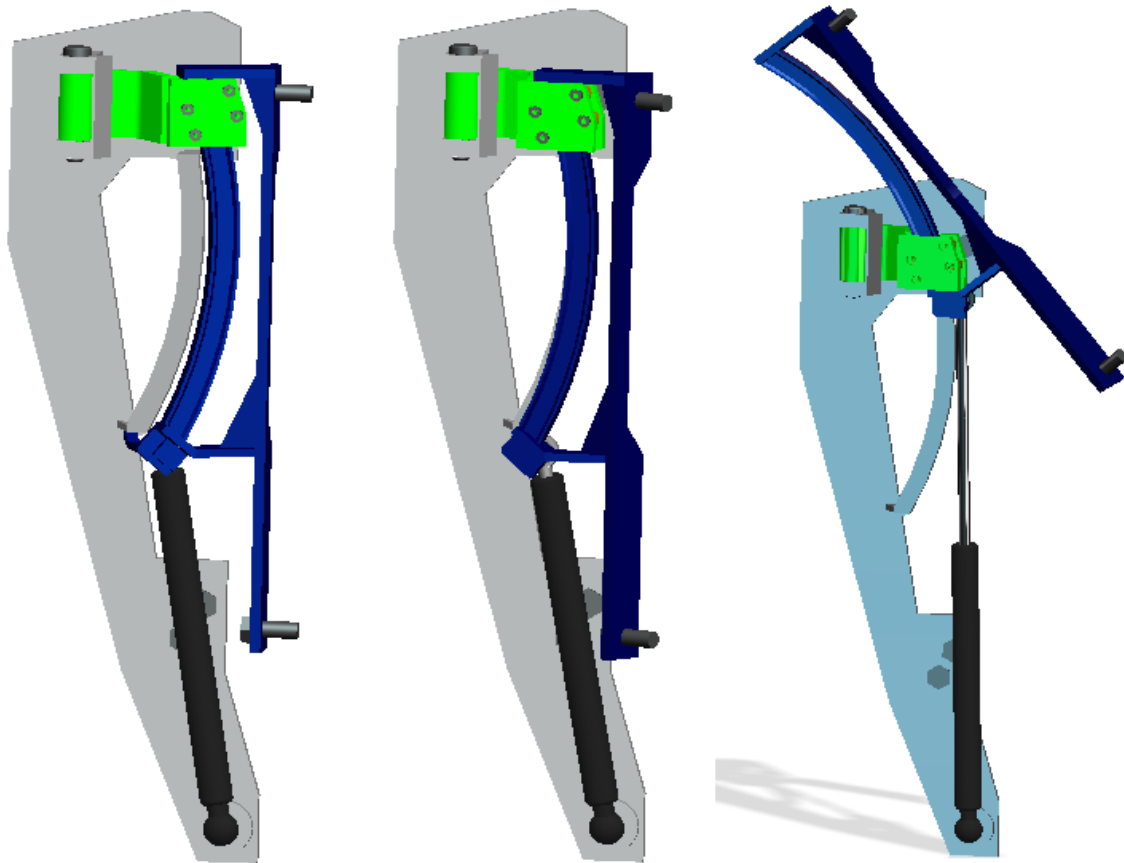
Obrázek 3.4.2.3 Graf průběhu sil

Z předchozího grafu je možné přibližně určit ovládací síly dveří. Při zavírání dveří bude nutné sílu zvyšovat a to z původních 15 N na 47 N.

### 3.4.3 Mechanismus v jednotlivých polohách

Na následujícím obrázku je mechanismus ve všech třech důležitých polohách:

- Zavřené dveře
- Pootvřené dveře o úhel 30°
- Otevřené dveře zdvižené o 120 mm a vyklopené o úhel 40°

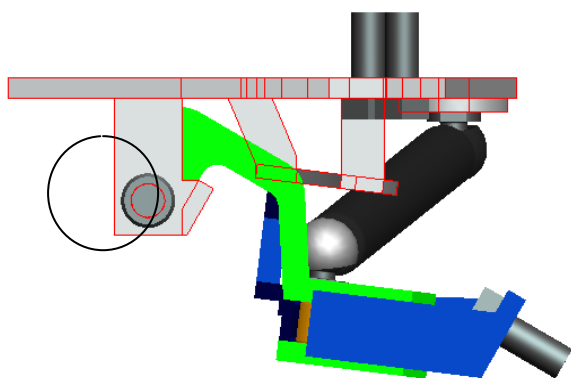


Obrázek 3.4.3.1 Vertikálně posuvný mechanismus v jednotlivých polohách, postupně zleva a), b), c)

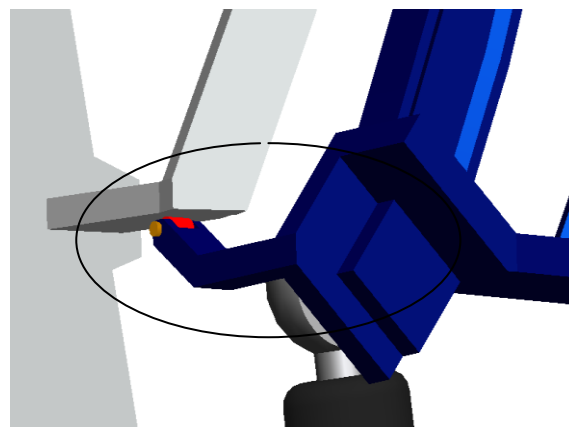
#### 3.4.4 Zajištění hraničních poloh mechanismu

Otevírání dveří začíná jejich otáčením kolem svislé osy, kterou tvoří v tomto případě čep, stejně jak je tomu u klasicky zavěšených dveří. Tomu se děje až do doby, než se dveře otevrou o úhel  $30^\circ$ . V tuto chvíli se opřou o zarážku, která zamezuje dalšímu pohybu v tomto směru, jak je zobrazeno na obrázku 3.4.4.1.

Po celou dobu první fáze otevírání je dveřní díl opřený výběžkem ve své spodní části o plochu vymezující pohyb dveří a tím je zabráněno jejich vysunutí vzhůru (obr. 3.4.4.2).

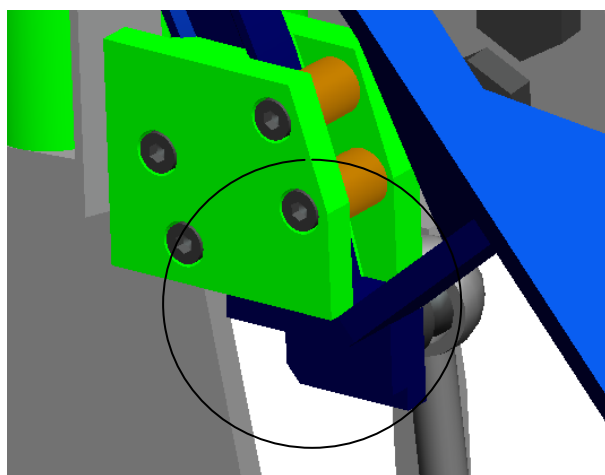


Obrázek 3.4.4.1 Pohled na mechanismus shora zobrazující  
zarážku zajišťující úhel 30°

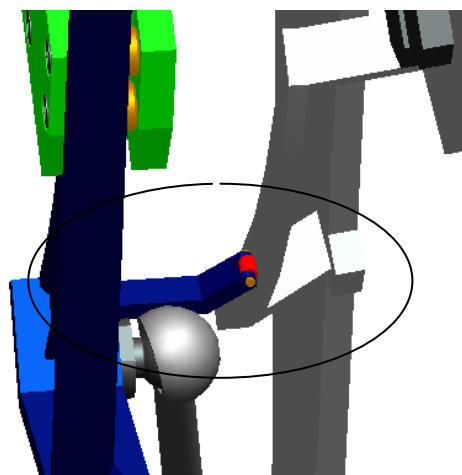


Obrázek 3.4.4.2 Detail zamezení vertikálního  
pohybu dveří

Při druhé fázi zdvihání jsou dveře posunuty vzhůru o 120 mm a zároveň vyklopeny o úhel 40°. Tento pohyb končí, když se dveřní lišta opře svoji spodní plochou o spodek středního dílu. Zároveň po celou dobu tohoto zdvihání se dveřní díl svým výběžkem ve spodní části opřen o pomocnou plochu vymezující pohyb dveří a znemožňuje tak jejich otáčení kolem svislé osy, jak se tomu děje v první fázi. Kdyby tomu tak nebylo, mohlo by se stát, že dveře narazí do karoserie vozu.



Obrázek 3.4.4.3 Detail maximálního zdvihu dveří, kdy  
je dveřní lišta opřená o spodek středního dílu a  
zamezuje dalšímu zdvihu



Obrázek 3.4.4.4 Detail zobrazující opření dveřní  
lišty o plochu vymezující pohyb dveří v průběhu  
jejich zdvihu

## 4 Vyhodnocení všech variant a výběr nejlepšího řešení

### 4.1 Kritéria hodnocení seřazená podle důležitosti:

1. Nástupní prostor
2. Efektivnost
3. Ovládací síly
4. Prostor vedle vozidla
5. Prostor nad vozidlem
6. Jednoduchost řešení
7. Rozměry mechanismu
8. Zajištění pohybu dveří

### 4.2 Hodnocení variant

Všechny tři varianty jsou hodnoceny dle 8 vypsanych kritérií. Kritéria jsou seřazena podle jejich váhy. Nejdůležitější má váhu 8, nejméně důležité 1. Každé kritérium je hodnoceno body na stupnici od 1 do 5, kde 5 je nejlepší a 1 nejhorší. Body jsou vynásobeny s váhou každého kritéria a pak sečteny. Ideální stav má celkový součet 180. Varianta, která se nejvíce přiblížila tomuto stavu, je zvolena jako nejlepší.

Varianta A = Vertikální mechanismus (Lambo dveře)

Varianta B = Nízké nůžkové dveře

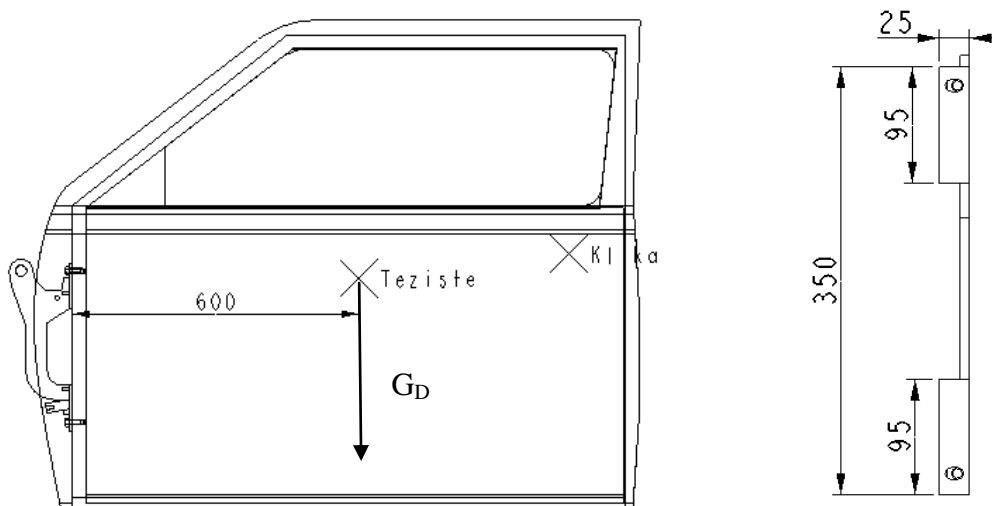
Varianta C = Vertikálně posuvný mechanismus

Kritetium	Varianta A	Varianta B	Varianta C	Ideál	Váha
Nástupní prostor	3	4	3	5	8
Efektivnost	5	3	5	5	7
Ovládací síly	5	3	4	5	6
Prostor vedle vozidla	5	5	4	5	5
Prostor nad vozidlem	2	4	2	5	4
Jednoduchost řešení	4	3	3	5	3
Rozměry mechanismu	4	3	3	5	2
Zajištění pohybu dveří	4	4	4	5	1
Součet	146	131	130	180	
Celková norma hodnocení	0,81	0,73	0,72	1	
Výsledné pořadí	1	2	3		

Obrázek 4.2.1 Multikriteriální matice

## 5 Vertikální mechanismus – kontrolní výpočty

### 5.1 Kontrola šroubů na upevnění dveří



Obrázek 5.1.1 Rozměry dosedací plochy a vzdálenost těžiště

Hodnoty veličin:  $i = 2$  [-];  $m_D = 30$  [kg];  $g = 9,81$  [N/kg];  $x = 600$  [mm];  $a = 25$  [mm];  $b = 95$  [mm];  $h = 350$  [mm];

$i$  – počet šroubů;  $m_D$  – váha dveří;  $g$  – gravitační zrychlení;  $x$  – vzdálenost těžiště;  $a$  – šířka dosedacích ploch;  $b$  – výška dosedacích ploch;  $h$  – celková výška dosedacích ploch

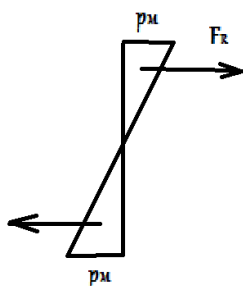
Tíhová síla  $G$ :

$$G = m_D * g = 30 * 9,81 = 294,3 \text{ [N]}$$

Moment vyvinutý tíhovou silou  $M$ :

$$M = G * x = 294,3 * 600 = 176580 \text{ [Nmm]}$$

Výpočet požadovaného tlaku  $p_M$  vyvinutého šrouby:



$$F_R * \frac{2}{3} * h = M$$

$$\frac{1}{2} * p_M * a * b * \frac{2}{3} * h = M$$

$$p_M = \frac{3 * M}{a * b * h} = \frac{3 * 176580}{58 * 95 * 350} = 0,637 \text{ [MPa]}$$

Potom ze vzorce pro tlak  $p_M$  vypočteme potřebnou sílu  $F_p$  vyvinutou jedním šroubem:

$$p_M = \frac{i * F_p}{2 * a * b}$$

$$F_p = \frac{p_M * a * b * 2}{i} = \frac{0,637 * 25 * 95 * 2}{2} = 1512,9 \text{ [N]}$$

Se zavedením koeficientu bezpečnosti proti odlehnutí  $k_f = 2$  potom:

$$F_1 = k_f * F_p = 2 * 1512,9 = 3025,8 \text{ [N]},$$

kde  $F_1$  je výsledná zatěžující síla v ose šroubu.

Pro šroub s označením mechanických vlastností 8.8 platí:

$$\sigma_{Pt} = 800 \text{ [MPa]}; \sigma_{kt} = 640 \text{ [Mpa]};$$

$\sigma_{Pt}$  - mez pevnosti v tahu;  $\sigma_{kt}$  - mez kluzu v tahu;

Jelikož se jedná o konstrukci použitou na osobním automobilu, je zvolen vyšší koeficient bezpečnosti  $s_k = 3$ , potom dovolené napětí v tahu  $\sigma_{Dt}$ :

$$\sigma_{Dt} = \frac{\sigma_{kt}}{s_k} = \frac{640}{3} = 213 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{Dš} = 0,5 * \sigma_{Dt} = 0,5 * 213 = 106,5 \text{ [MPa]}$$

$\sigma_{Dt}$  - dovolené napětí v tahu;  $\sigma_{Dš}$  - dovolené napětí šroubu v tahu;

Nyní je možno spočíst minimální dovolený průměr šroubu:

$$\sigma_t = \frac{F_1}{S} \leq \sigma_{Dš}$$

$$S \geq \frac{F_1}{\sigma_{Dš}} = \frac{3025,8}{106,5} = 28,4 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$d_s = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 28,4}{\pi}} = 6,01 \text{ [mm]}$$

$\sigma_t$  - napětí v tahu;  $S$  - průřez šroubu;  $d_s$  - vypočtený průměr šroubu

Kvůli vyšší bezpečnosti jsou použity **šrouby M10x25 ISO 4017 – 8.8.**

#### Utahovací moment:

Ze strojnických tabulek pro závit M10:  $d_a = d_{\min} = 11,2 \text{ [mm]}$ ;  $d_w = d_{\max} = 14,63 \text{ [mm]}$ ,  
dále:  $f_H = 0,2 \text{ [-]}$ ;  $F_1 = 3025,8 \text{ [N]}$ ;

$$d_s = \frac{d_a + d_w}{2} = \frac{11,2 + 14,63}{2} = 12,915 \text{ [mm]}$$

$$M_H = F_1 * \frac{d_s}{2} * f_H = 3025,8 * \frac{12,915}{2} * 0,2 = 3907,76 \text{ [Nmm]}$$

$d_s$  - roztečný průměr třecí plochy mezi šroubem a podložkou;  $M_H$  - třecí moment mezi hlavou šroubu a podložkou;  $f_H$  - součinitel smykového tření mezi hlavou šroubu a podložkou;  $F_1$  - výsledná zatěžující síla v ose šroubu (viz předchozí výpočty)



Z tabulek pro šroub se závitem M10x1:  $p_H = 1$  [mm];  $d_2 = 9,350$  [mm];  $f_z = 0,3$  [-];  $\beta = 60^\circ$ ;  
 $F_1 = 3025,8$  [N]

$$M_Z = \frac{d_2}{2} * F_1 * \left( \frac{p_H}{\pi * d_2} + \frac{f_z}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)} \right) = \frac{9,350}{2} * 3025,8 * \left( \frac{1}{\pi * 9,350} + \frac{0,3}{\cos 30^\circ} \right) =$$

$$= 5381,67 \text{ [Nmm]}$$

$M_Z$  – třecí moment v závitu;  $p_H$  – stoupání závitu;  $d_2$  – střední průměr závitu;  $f_z$  – součinitel smykového tření v závitu;  $\beta$  – vrcholový úhel závitu;  $F_1$  – výsledná zatěžující síla v ose šroubu (viz předchozí výpočty)

Výsledný utahovací moment  $M_U$ :

$$M_U = M_H + M_Z = 3907,76 + 5381,67 = 9289,43 \text{ [Nmm]}$$

Utahovací moment bude tedy 10 Nm.

## 5.2 Kontrola šroubů na upevnění mechanismu

Z programu Pro/Engineer, ve kterém byl mechanismus modelován, lze odečíst celkový objem všech částí mechanismu:  $V = 5,701 \times 10^{-4}$  [m<sup>3</sup>]. Potom pro výpočet přibližné hmotnosti mechanismu jsem použil hustotu oceli  $\rho_o = 7850$  [kg/m<sup>3</sup>]:

$$m_M = V * \rho = 5,701 * 10^{-4} * 7850 = 4,475 \text{ [kg]}$$

Hmotnost dveří:  $m_D = 30$  [kg]

Kolmá zatěžující síla působící na šrouby  $F_K$ :

$$F_K = (m_M + m_D) * g = (30 + 4,5) * 9,81 = 338,5 \text{ [N]}$$

Tahová síla působící v ose šroubu  $F_{\xi}$ :

$f = 0,12$  [-];  $i = 4$  [ks];  $k_f = 2$  [-];

$$F_{\xi} = \frac{F_K * k_f}{i * f} = \frac{338,5 * 2}{4 * 0,12} = 1410,2 \text{ [N]}$$

$f$  – součinitel smykového tření;  $i$  – počet šroubů;  $k_f$  – koeficient bezpečnosti

Pro šroub s označením mechanických vlastností 8.8 platí:

$\sigma_{Pt} = 800$  [MPa];  $\sigma_{kt} = 640$  [MPa];

$\sigma_{Pt}$  – mez pevnosti v tahu;  $\sigma_{kt}$  – mez kluzu v tahu;

Jelikož se jedná o konstrukci použitou na osobním automobilu, je zvolen vyšší koeficient bezpečnosti  $s_k = 3$ , potom dovolené napětí v tahu  $\sigma_{Dt}$ :

$$\sigma_{Dt} = \frac{\sigma_{kt}}{s_k} = \frac{640}{3} = 213 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{D\dot{s}} = 0,5 * \sigma_{Dt} = 0,5 * 213 = 106,5 [MPa]$$

$\sigma_{Dt}$  – dovolené napětí v tahu;  $\sigma_{D\dot{s}}$  – dovolené napětí šroubu v tahu;

Nyní je možno spočíst minimální dovolený průměr šroubu:

$$\sigma_T = \frac{F_1}{S} \leq \sigma_{D\dot{s}}$$

$$S \geq \frac{F_1}{\sigma_{D\dot{s}}} = \frac{1410,2}{106,5} = 13,2 [mm^2]$$

$$d_s = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 13,2}{\pi}} = 4,1 [mm]$$

$\sigma_t$  – napětí v tahu; S – průřez šroubu;  $d_s$  – vypočtený průměr šroubu

Kvůli vyšší bezpečnosti jsou použity šrouby **M10x25 ISO 4017 – 8.8.**

### Utahovací moment:

Ze strojnických tabulek pro závit M10:  $d_a = d_{\min} = 11,2 [mm]$ ;  $d_w = d_{\max} = 14,63 [mm]$ ,  
dále:  $f_H = 0,2 [-]$ ;  $F_1 = 1410,2 [N]$ ;

$$d_s = \frac{d_a + d_w}{2} = \frac{11,2 + 14,63}{2} = 12,915 [mm]$$

$$M_H = F_1 * \frac{d_s}{2} * f_H = 1410,2 * \frac{12,915}{2} * 0,2 = 1821,3 [Nmm]$$

$d_s$  – roztečný průměr třecí plochy mezi šroubem a podložkou;  $M_H$  – třecí moment mezi hlavou šroubu a podložkou;  $f_H$  – součinitel smykového tření mezi hlavou šroubu a podložkou;  $F_1$  – výsledná zatěžující síla v ose šroubu (viz předchozí výpočty)

Z tabulek pro šroub se závitem M10x1:  $p_H = 1 [mm]$ ;  $d_2 = 9,350 [mm]$ ;  $f_z = 0,3 [-]$ ;  $\beta = 60^\circ$ ;  
 $F_1 = 1410,2 [N]$

$$M_Z = \frac{d_2}{2} * F_1 * \left( \frac{p_H}{\pi * d_2} + \frac{f_z}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)} \right) = \frac{9,350}{2} * 1410,2 * \left( \frac{1}{\pi * 9,350} + \frac{0,3}{\cos 30^\circ} \right) =$$

$$= 2508,2 [Nmm]$$

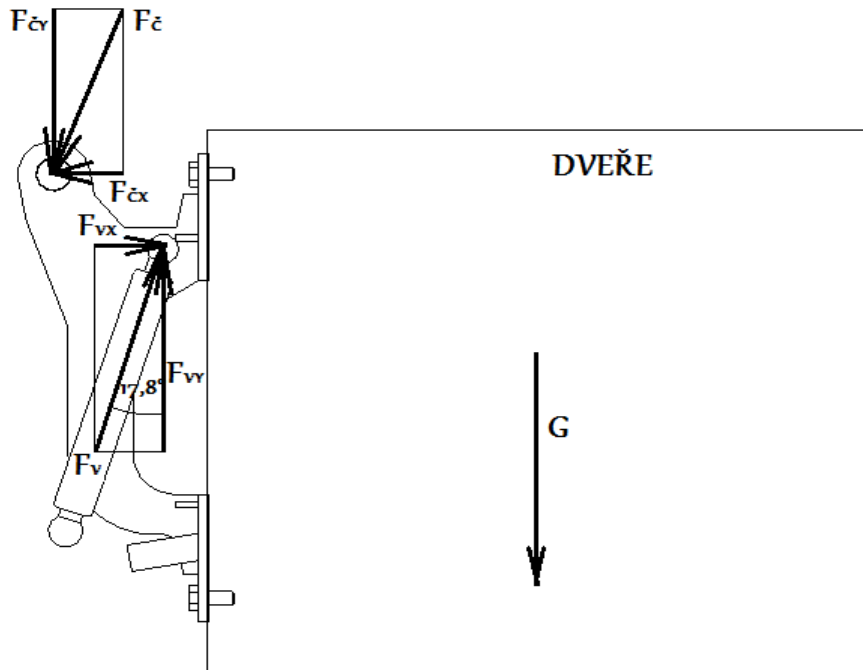
$M_z$  – třecí moment v závitu;  $p_H$  – stoupání závitu;  $d_2$  – střední průměr závitu;  $f_z$  – součinitel smykového tření v závitu;  $\beta$  – vrcholový úhel závitu;  $F_1$  – výsledná zatěžující síla v ose šroubu (viz předchozí výpočty)

Výsledný utahovací moment  $M_U$ :

$$M_U = M_H + M_Z = 1821,3 + 2508,2 = 4329,5 [Nmm]$$

Utahovací moment bude tedy 5 Nm.

### 5.3 Výpočet čepu pro vertikální otáčení dveří



Obrázek 5.3.1 Síly potřebné pro zjištění napětí působícího na čep

Maximální síla vzpěry je při zavřených dveřích, kdy je nárůst síly o 40%:

$$F_{Vmax} = 2050 * 1,4 = 2870 \text{ [N]}$$

$$F_{VX} = F_{Vmax} * \sin(17,8^\circ) = 2870 * \sin(17,8^\circ) = 877,35 \text{ [N]}$$

$$F_{VY} = F_{Vmax} * \cos(17,8^\circ) = 2870 * \cos(17,8^\circ) = 2732,6 \text{ [N]}$$

Tíhová síla od dveří:

$$G = m_D * g = 30 * 9,81 = 294,3 \text{ [N]}$$

$m_D$  – váha dveří;  $g$  – gravitační zrychlení

Výpočet síly působící na čep  $F_{\check{C}}$ :

$$\text{ve směru x: } F_{\check{C}X} - F_{VX} = 0 \Rightarrow F_{\check{C}X} = F_{VX} = 877,35 \text{ [N]}$$

$$\text{ve směru y: } F_{\check{C}Y} - F_{VY} + G = 0 \Rightarrow F_{\check{C}Y} = F_{VY} - G = 2732,6 - 294,3 = 2438 \text{ [N]}$$

$$\text{výsledná síla: } F_{\check{C}} = \sqrt{F_{\check{C}X}^2 + F_{\check{C}Y}^2} = \sqrt{877,35^2 + 2438^2} = 2591,1 \text{ [N]}$$

$F_{\check{C}}$  – výsledná síla působící na čep

Zdvihaná páka (kontrolovaný čep je její součástí) je vyrobena z oceli ČSN 11 343 –  $\sigma_{PT} = 320$  až  $410$  [MPa];  $\sigma_{KT} = 180$  [MPa]. Jelikož se jedná o konstrukci použitou na osobním automobilu, je zvolen vyšší koeficient bezpečnosti  $s_k = 3$ , potom dovolené napětí v tahu  $\sigma_{Dt}$ :

$$\sigma_{Dt} = \frac{\sigma_{kt}}{s_k} = \frac{180}{3} = 60 \text{ [MPa]}$$

$\sigma_{Dt}$  – dovolené napětí v tahu;  $\sigma_{kt}$  – mez kluzu v tahu;

U ocelí je  $\sigma_{Dt} = \sigma_{Dd}$  a tedy pro dovolený tlak  $p_D$  platí:

$$p_D = 0,7 * \sigma_{Dd} = 0,7 * 60 = 42 [MPa]$$

Dovolené smykové napětí  $\tau_{Ds}$ :

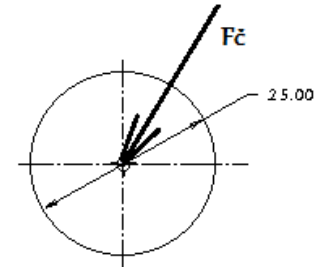
$$\tau_{Ds} = 0,6 * \sigma_{Dt} = 0,6 * 60 = 36 [MPa]$$

**Smykové napětí:**

$$S = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * 25^2}{4} = 490,9 [mm^2]$$

$$\tau_s = \frac{F_{\check{c}}}{S} = \frac{2591,1}{4909} = 5,28 [MPa] < \tau_{Ds}$$

S – plocha průřezu čepu; d – průměr čepu;  $\tau_s$  – smykové napětí

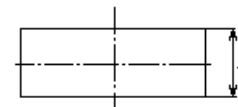


**Otlačení:**

$$S_p = 5 * 25 = 125 [mm^2]$$

$$p = \frac{F_{\check{c}}}{S_p} = \frac{2591,1}{125} = 20,73 [MPa] < p_D$$

$S_p$  – průmět stykové plochy do roviny kolmé ke směru zatěžující síly; p – tlak ve stykových plochách



## 5.4 Výpočet kulového čepu vzpěry:

Maximální síla vzpěry je při zavřených dveřích, kdy je nárůst síly o 40%:

$$F_{Vmax} = 2050 * 1,4 = 2870 [N]$$

Kulový čep je vyroben z oceli ČSN 11 700 –  $\sigma_{pT} = 685$  až  $345 [MPa]$ ;  $\sigma_{KT} = 345 [MPa]$ . Jelikož se jedná o konstrukci použitou na osobním automobilu, je zvolen vyšší koeficient bezpečnosti  $s_k = 3$ , potom dovolené napětí v tahu  $\sigma_{Dt}$ :

$$\sigma_{Dt} = \frac{\sigma_{kt}}{s_k} = \frac{450}{3} = 115 [MPa]$$

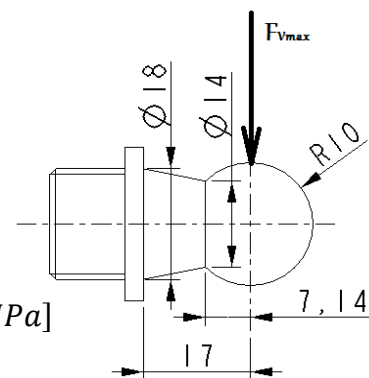
$\sigma_{Dt}$  – dovolené napětí v tahu;  $\sigma_{kt}$  – mez kluzu v tahu;

U ocelí je  $\sigma_{Dt} = \sigma_{Dd}$  a tedy pro dovolený tlak  $p_D$  platí:

$$p_D = 0,7 * \sigma_{Dd} = 0,7 * 115 = 80,5 [MPa]$$

Dovolené ohybové napětí  $\sigma_{Do}$ :

$$\sigma_{Do} \cong \sigma_{Dt} = 115 [MPa]$$



Obrázek 5.4.1 Rozměry kulového čepu

**Ohybové napětí:**

Jelikož se dřík kulového čepu rozšiřuje, je třeba zkontrolovat ohybové namáhání v nejužším i nejširším průměru.

Označení:  $d_{\min} = 14$  [mm];  $d_{\max} = 18$  [mm];  $x_1 = 7,14$  [mm];  $x_2 = 17$  [mm];  $D_k = 20$  [mm]  
kde:  $d_{\min}$  – nejužší průměr dřívku;  $d_{\max}$  – nejširší průměr dřívku.

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

$\sigma_o$  – napětí v ohybu [MPa]

$M_o$  – ohybový moment [Nmm]

$W_o$  – modul průřezu v ohybu [mm<sup>3</sup>]

Pro nejmenší průměr:

$$M_o = F_{Vmax} * x_1 = 2870 * 7,14 = 20491 \text{ [Nmm]}$$

$$W_o = \frac{\pi * d_{min}^3}{32} = \frac{\pi * 14^3}{32} = 269,4 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{20491}{269,4} = 76,1 \text{ [MPa]} < \sigma_{D0}$$

Pro největší průměr:

$$M_o = F_{Vmax} * x_2 = 2870 * 17 = 48790 \text{ [Nmm]}$$

$$W_o = \frac{\pi * d_{max}^3}{32} = \frac{\pi * 18^3}{32} = 572,6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{48790}{572,6} = 85,2 \text{ [MPa]} < \sigma_{D0}$$

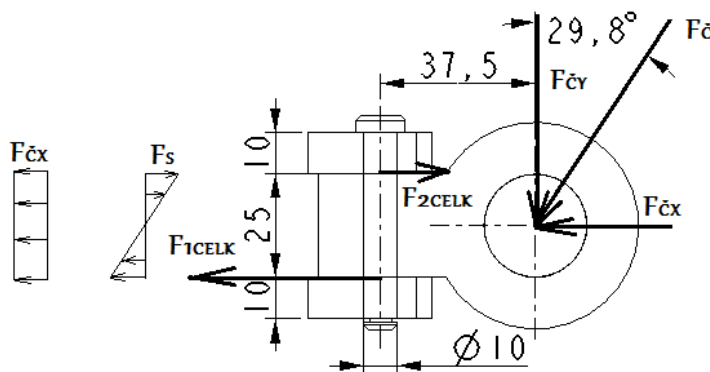
**Otlačení:**

$$S_p = \frac{\pi * D_K^2}{4} = \frac{\pi * 20^2}{4} = 314,2 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$p = \frac{F_{Vmax}}{S_p} = \frac{2870}{314,2} = 9,14 \text{ [MPa]} < p_D$$

$S_p$  – průmět stykové plochy do roviny kolmé ke směru zatěžující síly;  $p$  – tlak ve stykových plochách

## 5.5 Výpočet čepu pro horizontální otáčení dveří



Obrázek 5.5.1 Schéma sil a rozměrů potřebných pro výpočet napětí působícího na čep

Síla  $F_{\check{c}}$  = 2591,1 [N] (spočteno v kapitole 4.3). Potom:

$$F_{\check{c}X} = F_{\check{c}} * \sin(29,8^\circ) = 2591,1 * \sin(29,8^\circ) = 1287,7 [N]$$
$$F_{\check{c}Y} = F_{\check{c}} * \cos(29,8^\circ) = 2591,1 * \cos(29,8^\circ) = 2248,5 [N]$$

Válcový čep je vyroben z oceli ČSN 11 700 –  $\sigma_{PT} = 685$  až  $345$  [MPa];  $\sigma_{KT} = 345$  [MPa]. Jelikož se jedná o konstrukci použitou na osobním automobilu, je zvolen vyšší koeficient bezpečnosti  $s_k = 3$ , potom dovolené napětí v tahu  $\sigma_{Dt}$ :

$$\sigma_{Dt} = \frac{\sigma_{kt}}{s_k} = \frac{450}{3} = 115 [MPa]$$

$\sigma_{Dt}$  – dovolené napětí v tahu;  $\sigma_{kt}$  – mez kluzu v tahu;

Dovolené smykové napětí  $\tau_{Ds}$ :

$$\tau_{Ds} = 0,6 * \sigma_{Dt} = 0,6 * 115 = 69 [MPa]$$

U ocelí je  $\sigma_{Dt} = \sigma_{Dd}$  a tedy pro dovolený tlak  $p_D$  platí:

$$p_D = 0,7 * \sigma_{Dd} = 0,7 * 115 = 80,5 [MPa]$$

**Smykové napětí:**

$$M_K = F_{\check{c}Y} * x = 2248,5 * 37,5 = 84318,8 [Nmm]$$

$$F_S = \frac{M_K}{y} = \frac{84318,8}{25} = 3372,8 [N]$$

$$F_{1celk} = F_{\check{c}X} + F_S = 1287,7 + 3372,8 = 4660,5 [N]$$

$$S = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * 10^2}{4} = 78,5 [mm^2]$$

$$\tau_s = \frac{F_{1celk}}{S} = \frac{4660,5}{78,5} = 59,4 [MPa] < \tau_{Ds}$$

$M_K$  – ohybový moment;  $x$  – vzdálenost nositelky síly  $F_{\check{c}Y}$  od osy čepu;  $F_S$  – síla vyvinutá ohybovým momentem;  $S$  – plocha průřezu čepu;  $d$  – průměr čepu;  $\tau_s$  – smykové napětí

**Otlačení:**

$$S_p = l * d = 10 * 10 = 100 [mm^2]$$

$$p = \frac{F_{1celk}}{S_p} = \frac{4660,5}{100} = 46,605 [MPa] < p_D$$

$S_p$  – průmět stykové plochy do roviny kolmé ke směru zatěžující síly;  $l$  – výška uložení čepu;  $d$  – průměr čepu;  $p$  – tlak ve stykových plochách

## 6 Závěr

Z úvodní rešerše je patrné, že problematikou zavěšení dveří se zabývala a stále zabývá spousta konstruktérů. Některé typy jejich konstrukcí neslavily mnoho úspěchu, jiné se naopak uchytily a jsou používány dodnes. Nejvýraznějším příkladem jsou automobily od firmy Lamborghini, které si dnes nelze představit bez vertikálně zdviháných dveří. Těmito vozy jsem se inspiroval při vymýšlení svých návrhů také já. Nelze ale zanevřít ani na jiné popsané způsoby, které mohou být inspirací pro kohokoliv, kdo by se tímto tématem chtěl zabývat.

V konstrukční části práce jsem musel nejprve zvolit vozidlo, pro které jsou návrhy tvořeny. Konkrétní typ vozidla je nutné znát z důvodu, že rozteče děr pro šrouby na upevnění dveří a mechanismu se u různých typů automobilů liší. Liší se také váha dveří a prostor, do kterého je možné mechanismus umístit. Z předchozího je zřejmé, že mechanismus je nutno upravit pro každé konkrétní vozidlo. Princip otevírání a funkce mechanismu ovšem zůstávají stejné.

Po návrhu tří variant byla každá ohodnocena podle 8 různých kritérií, které se týkaly vlastní konstrukce mechanismu, jeho užití v provozu a také efektnosti. Po ohodnocení byla vybrána nejlepší varianta. Na té byly následně provedeny pevnostní výpočty, týkající se šroubů potřebných na montáž mechanismu a také čepů, které jsou nejvíce namáhány při provozu.

Kdyby měl být mechanismus uveden do provozu, bylo by třeba zkontrolovat i další jeho části a to zejména za takových podmínek, jaké nastávají při dopravní nehodě. Následně by museli být provedeny rozsáhlé testy na zkušebnách a v provozu. To však v rozsahu této práce není možné provést.

Použitá literatura:

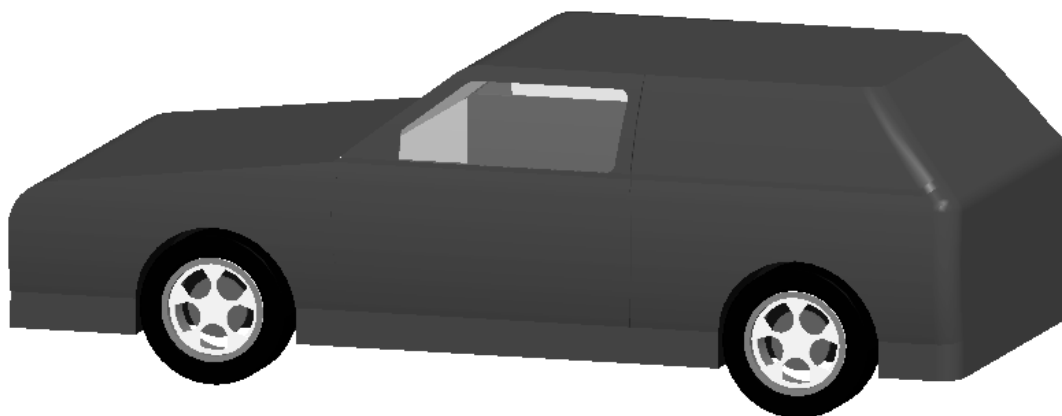
- [1] VLK, F.: *Automobilová technická příručka*. Brno: nakl. VLK, 2003
- [2] HOSNEDL,S., KRÁTKÝ,J.: *Příručka strojního inženýra 1*, Praha: Computer Press, 1999
- [3] HOSNEDL,S., KRÁTKÝ,J.: *Příručka strojního inženýra 2*, Praha: Computer Press, 2000
- [4] <http://www.auto.cz/>
- [5] <http://www.wikipedia.org/>
- [6] <http://www.auto-design.cz/default.aspx?Id=95&ido=48&sh=216230040> [cit.2012-15-4]
- [7] <http://www.tuning-car.cz/vertikalni-dvere/> [cit.2012-15-4]
- [8] <http://www.eckold.cz/produkty/tlacne-9> [cit.2012-13-5]
- [9] <http://gizzardstone.com/dodge-deora-future-car-from-the-past/> [cit.2012-17-4]
- [10] <http://www.partaj.cz/clanky/dodge-deora-koncept-1964-40.html> [cit.2012-17-4]



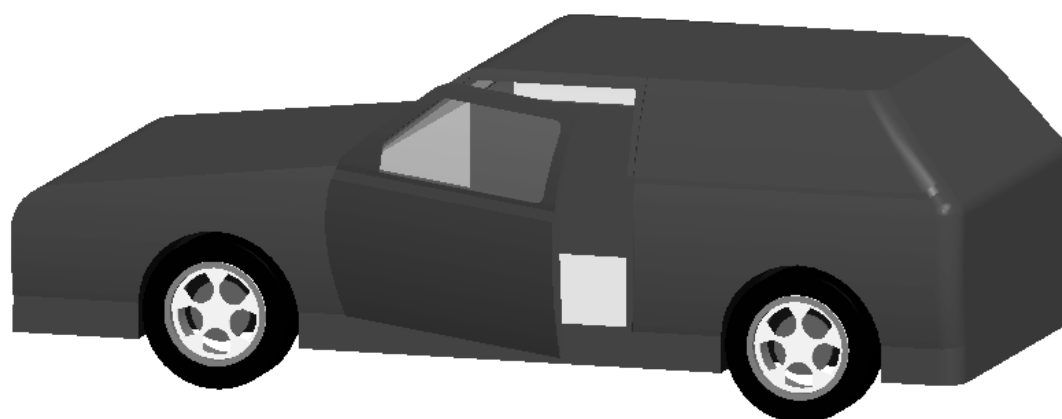
## **PŘÍLOHA č. 1**

### **CAD modely navržených mechanismů namontovaných na vozidle v jednotlivých polohách**

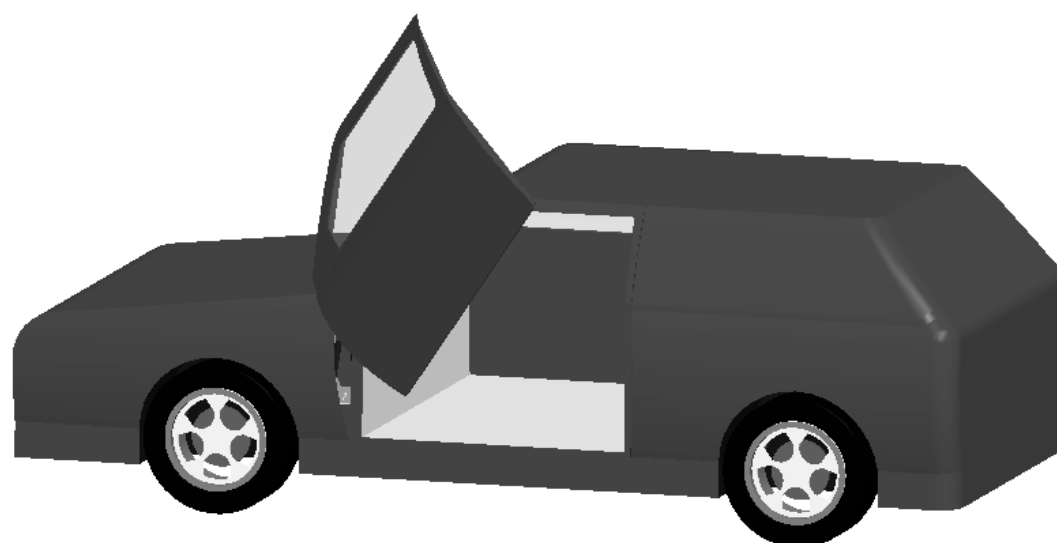
## Vertikální mechanismus (Lambo dveře)



Obrázek P1. 1 Vertikální mechanismus - zavřené dveře

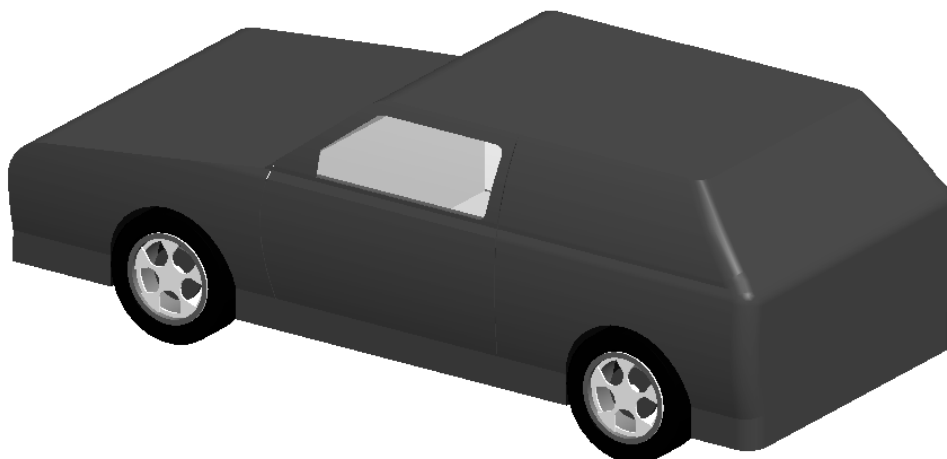


Obrázek P1. 2 Vertikální mechanismus - pootevřené dveře



Obrázek P1. 3 Vertikální mechanismus - otevřené dveře

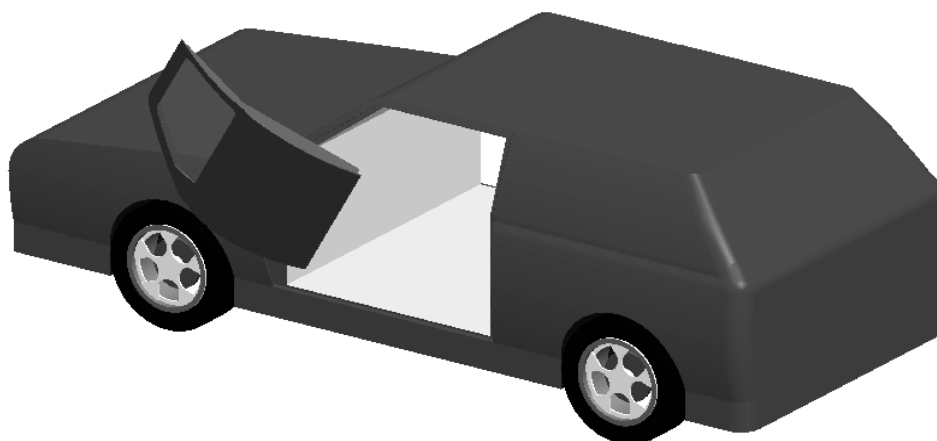
## Mechanismus nízké nůžkové dveře



Obrázek P1. 4 Mechanismus nízké nůžkové dveře - zavřený

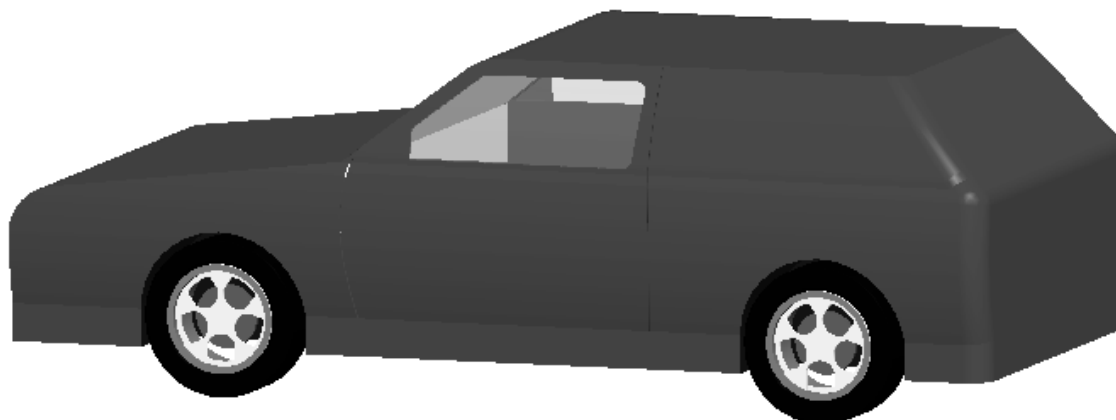


Obrázek P1. 5 Mechanismus nízké nůžkové dveře - pootevřený



Obrázek P1. 6 Mechanismus nízké nůžkové dveře - otevřený

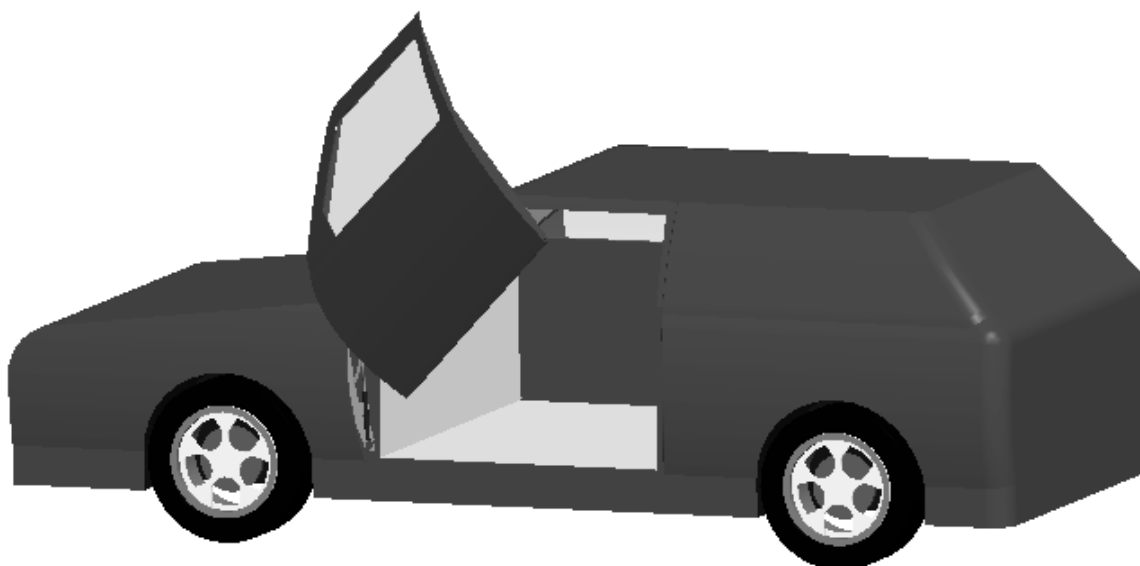
## Vertikálně posuvný mechanismus



Obrázek P1. 7 Vertikálně posuvný mechanismus - zavřené dveře



Obrázek P1. 8 Vertikálně posuvný mechanismus - pootvřené dveře



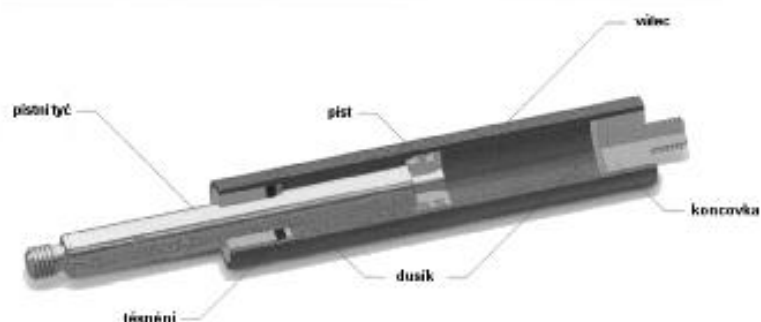
Obrázek P1. 9 Vertikálně posuvný mechanismus - otevřené dveře

## **PŘÍLOHA č. 2**

**Vybrané listy s použitými vzpěrami z katalogu Eckold**



# KATALOG VZPĚR TLAČNÝCH



## Plynové vzpěry tlačné

jsou plynokapalinové, uzavřené a na údržbu nenáročné posuvné prvky.

Jmenovitá síla  $F_1$  vyplývá z vnitřního tlaku ve válci, který je naplněn dusíkem.

Tento tlak působí na průřez pístní tyče. Plynové vzpěry obsahují vrstvu oleje, který maže pístní tyč a slouží jako koncové tlumení.

Při stlačování pístní tyče do válce dochází ke stlačování plynu a tím i k nárůstu síly.

Tato změna je závislá na průřezu pístní tyče a objemu válce.

Obrázek P2. 1 Katalog vzpěr tlačných Eckold

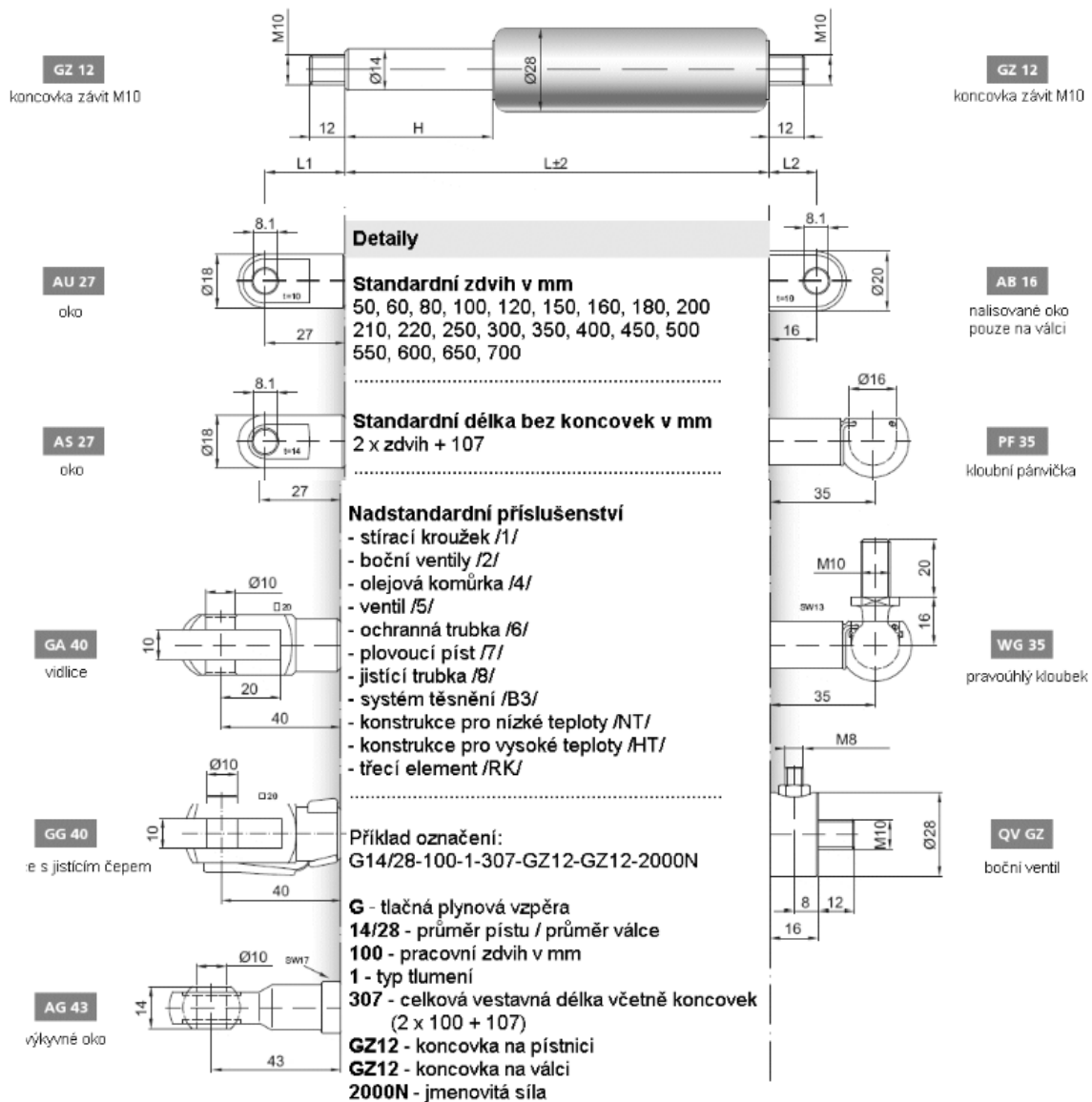




## Plynové vzpěry tlačné - typ G 14/28

jmenovitá síla od 150 do 2500 N  
nárůst síly při stlačování 40 %

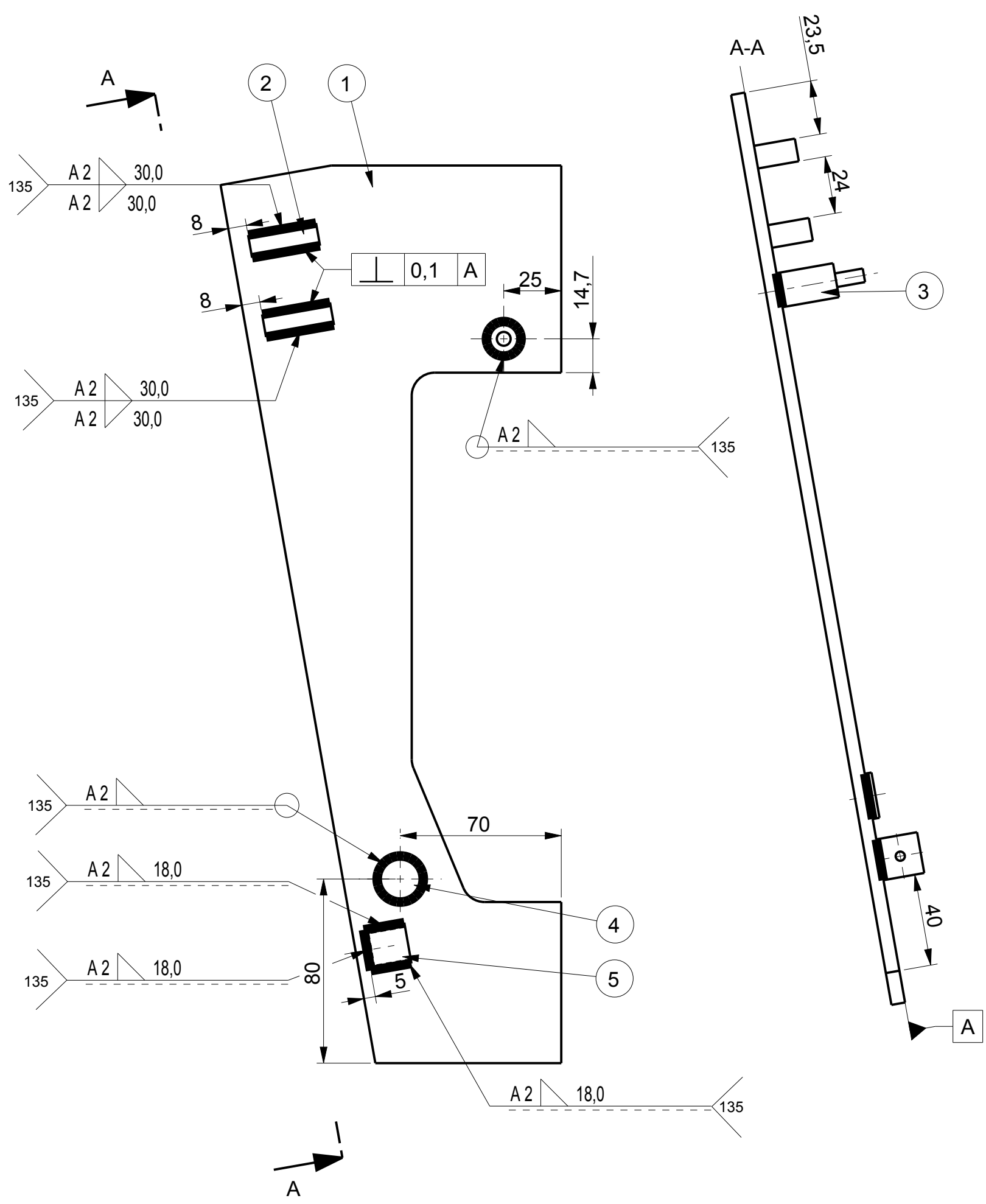
pístní tyč je tvrdě chromovaná  
standardní barva válce je černá  
koncovky jsou pozinkované



Obrázek P2. 3 Katalog vzpěr tlačných Eckold







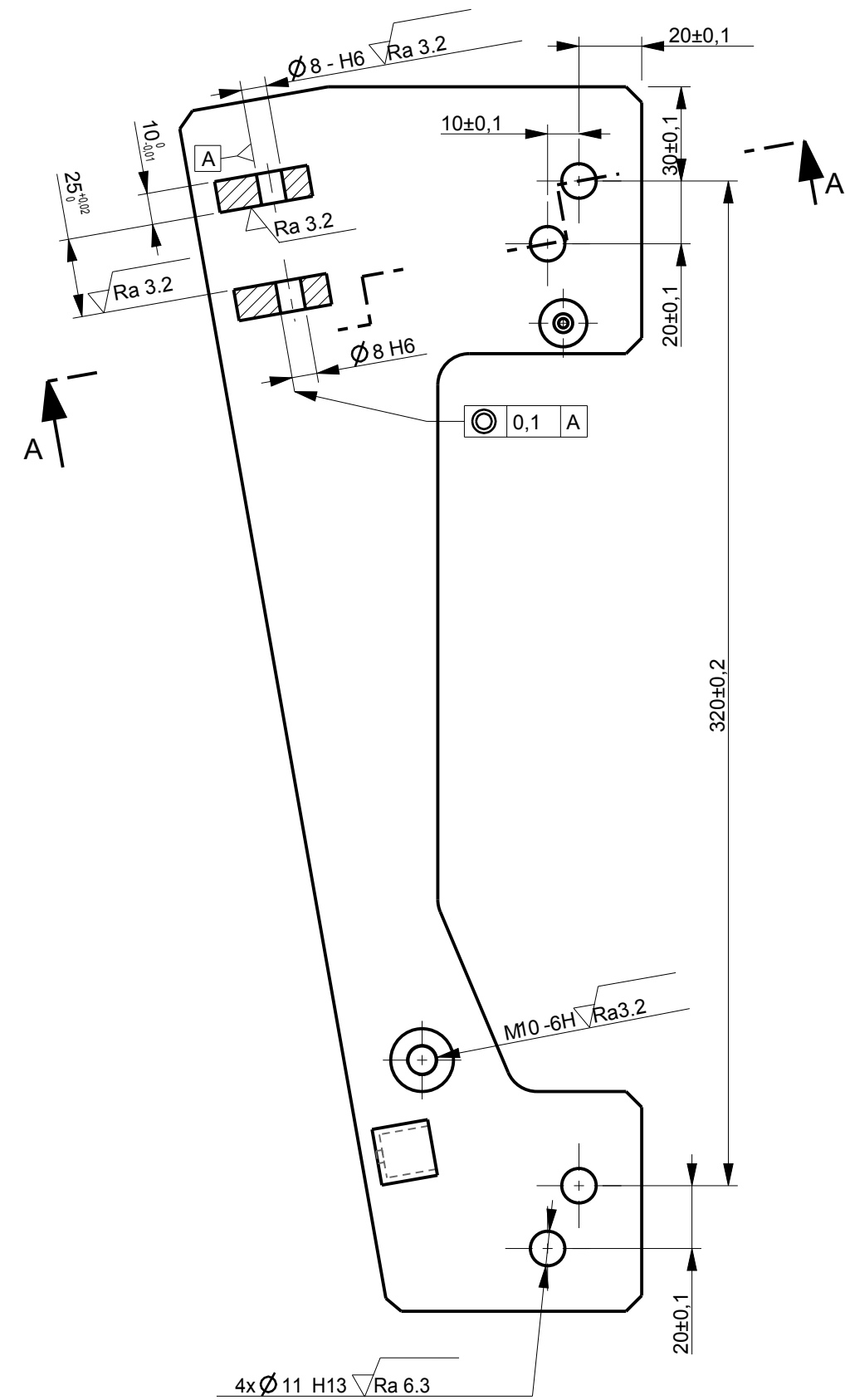
PO SVAROVANÍ ZÍHÁNO NA SNÍŽENÍ PNUTÍ

Pocet kusu	Název - rozmer	Polotovar	Mat. konečný	Mat. výchozí	T.odp.	C .hmot.	Trídění	C íslo výkresu	Pos.
1	DOMECEK	4HR 18-18	11373					MV 2-5	5
1	PODLOZKA	KR 20-3	11373					MV 2-4	4
1	OPER. VALECEK	KR 15-40	11373					MV 2-3	3
2	DRZAK	PLO 30X11-18	11373					MV 2-2	2
1	ZAKLADNA	PLO 20X5-390	11373					MV 2-1	1

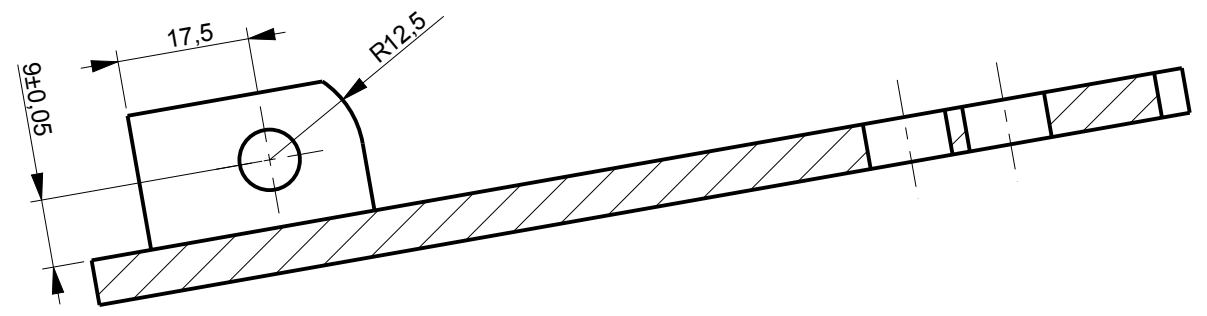
Zmena		Datum	Index	Podpis	PROMÍTÁNÍ 	Materiál 11373 Polotovar C ístá hmotnost kg
Merítko	Poznámka	Navrhl	MARTIN VEJVODA	Kreslil		MARTIN VEJVODA
C .seznamu		Technolog		Prezkoušel		Název <b>SVARENEC ZAKLADNA</b>
C .sestavy		Normalizace		Nový výkres	27-Jun-12	Typ <b>MV - 2</b>
Starý výkres		Schválil				C ís. výkresu <b>MV - 2</b>
Nový výkres		Datum	27-Jun-12			List 2/8

1 2 3 4 5 6

$\sqrt{\text{Ra 6.3}}$  ;  $\sqrt{\text{Ra 3.2}}$



A-A 1:1



		d)		PROMÍTÁNÍ	Materiál	11 343
		c)			Polotovar	MV - 2
		b)			C istá hmotnost	kg
		a)			ZCU v Plzni, fakulta strojni katedra konstruovani stroju	
	Zmena	Datum	Index	Podpis	Název	
Meritko	Poznámka	Navrhl	Martin Vejvoda		ZAKLADNI DESKA	
1:2		Kreslil	Martin Vejvoda		Typ	
C . seznamu		Prezkoušel			C is. výkresu	
C . sestavy		Technolog			MV - 3	
Starý výkres		Normalizace			List 3/8	
Nový výkres		Schválil				
		Datum	23-Jun-12			

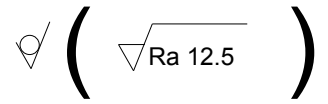
1 2 3 4 5 6

1

2

3

4



A

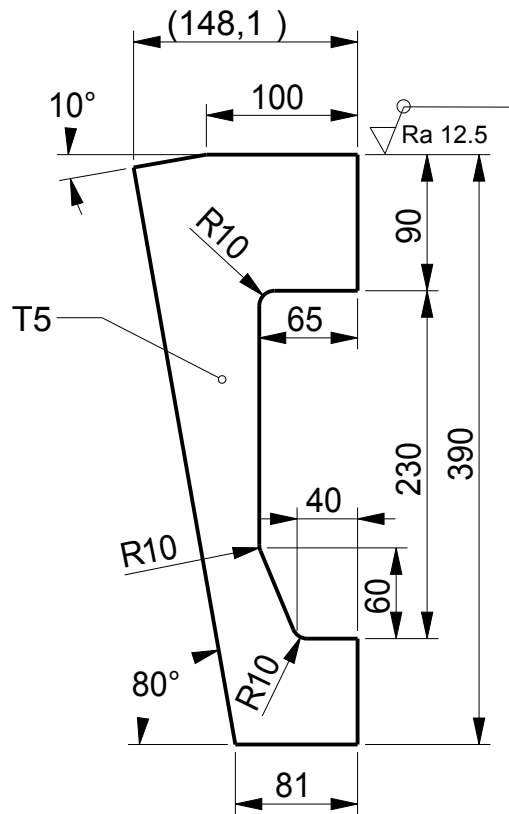
A

B

B

C

C



NEKÓTOVANÉ HRANY SRAZIT 2x45°

			d)		PROMÍTÁNÍ 	Materiál	CSN 11 343
			c)			Polotovár	PLO 150x5-390 EN 10025
			b)			C istá hmotnost	kg
			a)			ZCU v Plzni, fakulta strojní katedra konstruování stroju	
	Zmena	Datum	Index	Podpis	Název <b>ZAKLADOVKA</b>		
Merítko	Poznámka	Navrhl	MARTIN VEJVODA	Kreslil			
1:5		Prezkoušel		Technolog		Typ <b>MV 2-1</b>	
C. seznamu		Normalizace		Schválil		C is. výkresu <b>MV 2-1</b>	
Starý výkres		Datum	27-Jun-12			List 4/8	
Nový výkres							

1

4

1

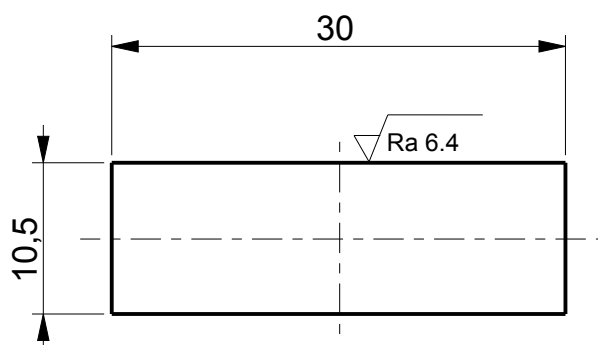
2

3

4

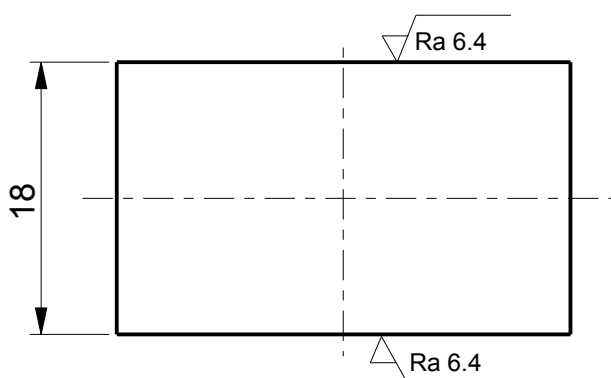
A

A



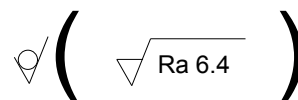
B

B



C

C



			d)		PROMÍTÁNÍ 	Materiál	11 373
			c)			Polotovár	PLO 30x12 - 18 EN 10025
			b)			C istá hmotnost	kg
			a)			ZCU v Plzni, fakulta strojní katedra konstruování stroju	
	Zmena	Datum	Index	Podpis	<b>DRZAK</b>		
Merítko	Poznámka	Navrhl	MARTIN VEJVODA				
<b>1:1</b>		Kreslil	MARTIN VEJVODA		Typ		
C . seznamu		Prezkoušel			C is. výkresu	<b>MV 2-2</b>	
C . sestavy		Technolog			List 5/8		
Starý výkres		Normalizace					
Nový výkres		Schválil					
		Datum	27-Jun-12				

1

4



1

2

3

4

A

A

B

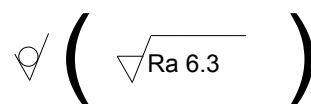
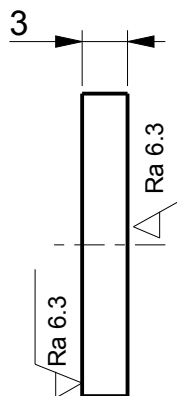
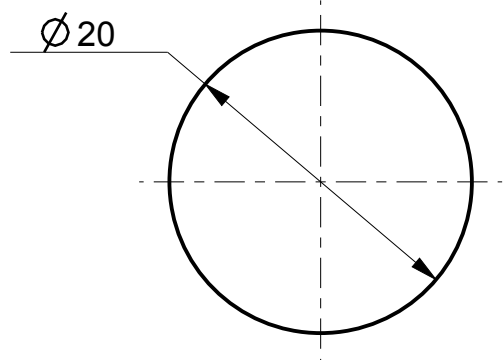
B

C

C

D

D



			d)		PROMÍTÁNÍ 	Materiál	11 343
			c)			Polotovar	KR 20x4 EN 10278
			b)			C istá hmotnost	kg
			a)			ZCU v Plzni, fakulta strojní katedra konstruování stroju	
	Zmena	Datum	Index	Podpis	Název <b>PODLOZKA</b>  Typ <b>MV 2-4</b>		
Merítko	Poznámka	Navrhl	MARTIN VEJVODA				
<b>2:1</b>		Kreslil	MARTIN VEJVODA				
C . seznamu		Prezkoušel					
C . sestavy		Technolog					
Starý výkres		Normalizace					
Nový výkres		Schválil			C is. výkresu <b>MV 2-4</b>		
		Datum	27-Jun-12				

List 7/8

1

4

1

2

3

4

A

A

B

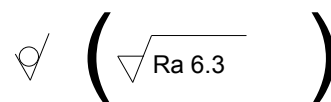
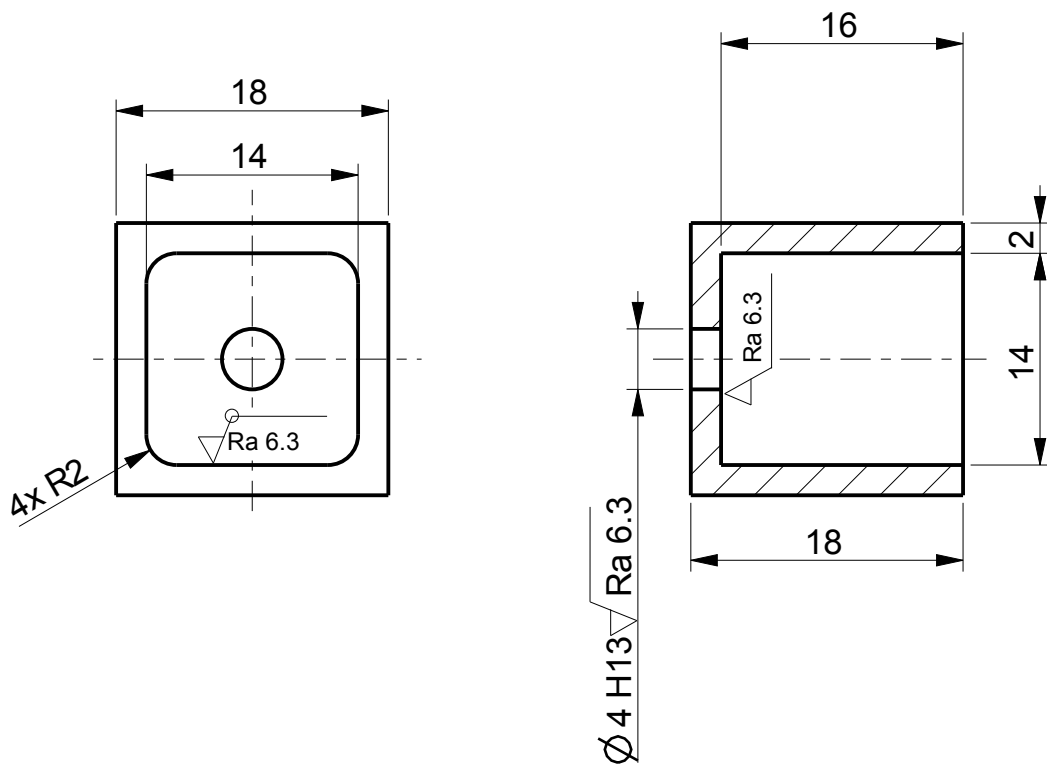
B

C

C

D

D



			d)		PROMÍTÁNÍ 	Materiál	11 343
			c)			Polotovár	4HR 18-18 EN 10277
			b)			C istá hmotnost	kg
			a)			ZCU v Plzni, fakulta strojní katedra konstruování stroju	
	Změna	Datum	Index	Podpis	Název	<b>DOMECEK</b>	
Merítko	Poznámka	Navrhl	MARTIN VEJVODA				
<b>2:1</b>		Kreslil	MARTIN VEJVODA		C is. výkresu	List 8/8	
C. seznamu		Prezkoušel					
C. sestavy		Technolog					
Starý výkres		Normalizace					
Nový výkres		Schválil					
		Datum	27-Jun-12				

1

4