



**FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav konstruování a částí strojů**

**Automatická parkovací zábrana**

**Design of Automatic Parking Place Barrier**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2017**

**Bc. Krištof ŠAMAN**

**Studijní program:** N 2301 STROJNÍ INŽENÝRSTVÍ

**Studijní obor:** 2301T047 Dopravní, letadlová a transportní technika

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Mrázek Ph.D.

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šaman Jméno: Křištof Osobní číslo: 397266  
Fakulta/ústav: Fakulta strojní  
Zadávací katedra/ústav: Ústav konstruování a částí strojů  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Studijní obor: Dopravní, letadlová a transportní technika

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Automatická parkovací zábrana**

Název diplomové práce anglicky:

**Design of Automatic Parkingplace Barrier**

Pokyny pro vypracování:

Zadání práce: V rámci práce uveďte přehled problematiky parkovacích zábran. Zpracujte koncepční návrh několika variant řešení. Vyberte vhodnou variantu a dále rozpracujte. Provedte základní návrhové a kontrolní výpočty. Zpracujte koncepční 3D model sestavy. Zhodnoťte navržené řešení.

Stručná osnova zadání: 1. Rešerše problematiky parkovacích zábran; 2. Návrh řešení více variant a volba vhodné varianty; 3. Konstrukční řešení vč. nezbytných návrhových a kontrolních výpočtů; 4. 3D koncepční model; 5. 2D návrhový výkres

Rozsah grafické části: 1. 3D koncepční model; 2. 2D návrhový výkres sestavy;  
Specifikace textové části: 1. technická zpráva s výpočty; 2. min. rozsah 60 až 80 stran vč. obrázků + přílohy

Seznam doporučené literatury:

ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.

ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Mechanické převody. Praha: ČVUT, 2003.

KUGL, O. a kol.: Projekt - III. ročník. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005.

KOPÁČEK, J.: Pohony, VŠ skriptum, vydavatelství ČVUT, Praha 1985

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Jiří Mrázek Ph.D., ústav konstruování a částí strojů FS**


Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **27.03.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **09.06.2017**

Platnost zadání diplomové práce: \_\_\_\_\_

  
Podpis vedoucí(ho) práce

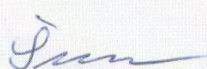
  
Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
Podpis děkana(ky)

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

10.4.2017  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v závěru práce.

V Praze dne: 28. 6. 2017

Bc. Krištof Šaman

## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Jiřímu Mrázkovi Ph.D. za cenné rady, podněty a věcné připomínky při konzultacích, které mi velmi pomohly při nalézání správných cest během tvorby této práce.

Dále bych velmi rád poděkoval všem společnostem, které mi poskytly věcné dary pro sestavení části navrženého mechanismu. Jmenovitě pak panu Ing. Tomáši Vlkovi ze společnosti Hennlich s. r. o., panu Janu Šebestovi ze společnosti Eles+Ganter CZ s. r. o. a panu Ing. Tomáši Pekárkovi ze společnosti Larm a. s.

V neposlední řadě chci poděkovat celé mé rodině a blízkým za trpělivost a podporu během mého studia na vysoké škole.



Jméno autora: Bc. Krištof ŠAMAN  
Název DP: Automatická parkovací zábrana  
Anglický název: Design of Automatic Parking Place Barrier  
Rok: 2017  
Studijní program: N 2301 STROJNÍ INŽENÝRSTVÍ  
Obor studia: 2301T047 Dopravní, letadlová a transportní technika  
Ústav: Ústav konstruování a částí strojů  
Vedoucí DP: Ing. Jiří Mrázek Ph.D.

Bibliografické údaje: počet stran 85  
počet obrázků 112  
počet tabulek 18  
počet příloh 5

Klíčová slova: parkovací zábrana, ochrana parkovacího místa, parkovací stání

Keywords: parking place barrier, parking place, parking space protection

Anotace: Tato diplomová práce se zabývá problematikou ochrany parkovacích stání a hledá řešení v podobě nového druhu parkovací zábrany.

Abstract: This master's thesis is focusing on protection of parking places and the aim of the thesis is to find a new solution of parking space barrier.

## Obsah

1.	Úvod .....	1
2.	Oblast použití parkovacích zábran .....	1
3.	Druhy parkovacích zábran .....	3
3.1	Výstražné značení .....	3
3.2	Manuálně ovládané parkovací zábrany .....	3
3.2.1	Výsuvné sloupky .....	4
3.2.2	Zvedací .....	4
3.2.3	Závory .....	5
3.3	Elektronické zábrany .....	6
3.3.1	Výsuvné sloupky .....	7
3.3.2	Elektrické vjezdové závory .....	8
3.3.3	Elektronicky zvedané zábrany .....	9
4.	Stanovení cílů práce .....	10
4.1	Závěr na základě rešeršní části .....	10
4.2	Cíl práce .....	10
5.	Návrh základního principu fungování .....	11
5.1	Druhy využitelné energie .....	11
5.2	Volba základního principu .....	11
6.	Návrh variant řešení .....	12
6.1	Uložení ližin .....	12
6.1.1	Kyvné .....	12
6.1.2	Na pantu .....	13
6.1.3	Svislé .....	13
6.2	Jednotlivé navrhované varianty .....	14
6.2.1	Hydraulické vertikální válce .....	14
6.2.2	Hydraulické válce horizontální .....	16
6.2.3	Pneumatický vak .....	18

6.2.4	Vahadla .....	19
6.2.5	Vačka .....	21
6.3	Zhodnocení jednotlivých variant .....	21
7.	Rozpracování zvolené varianty .....	23
7.1	Specifikace dalších částí mechanismu .....	23
7.1.1	Zvedací mechanismus .....	23
7.1.2	Vačka .....	25
7.1.3	Uložení a tvar ližin .....	26
7.1.4	Zámek .....	27
7.2	Stanovení rozměrů zábrany .....	29
7.3	Průzkum vozidel na evropském trhu .....	31
7.4	První funkční model .....	35
7.4.1	Konstrukce a tvar zábrany .....	35
7.4.2	Provedení vačky .....	37
7.4.3	Lineární vedení .....	38
7.4.4	Zámky .....	39
7.5	Optimalizace konstrukce .....	40
7.5.1	Lineární vedení .....	40
7.5.2	Kluzná ložiska .....	41
7.5.3	Zámky .....	42
7.5.4	Rám .....	44
7.6	Výpočtová část .....	44
7.6.1	Vačka a její silové poměry .....	44
7.6.2	Kontrola hřidelí .....	49
7.6.3	Čepy .....	49
7.6.4	Návrh pružiny .....	51
7.6.5	Návrh pružiny zámku .....	55
7.6.6	Návrh motoru, šroubů a převodovky .....	56
7.6.7	Kontrola a optimalizace ližiny – MKP .....	61



7.7	Zhodnocení návrhu .....	66
7.8	Další části a řešení pro případné uvedení na trh .....	66
7.8.1	Krytí hlavní hřídele a mechanismu zámku .....	66
7.8.2	Zabezpečení proti krádeži .....	68
7.8.3	Zakrytí prostorem mezi ližinami .....	68
7.8.4	Krytí lineárního vedení .....	70
7.8.5	Elektronika a její provoz .....	73
7.8.6	Nouzový přístup .....	74
8.	Závěr .....	76
9.	Seznam použitých zdrojů .....	77
10.	Seznam obrázků .....	78
11.	Seznam tabulek .....	82
12.	Seznam symbolů .....	84
13.	Seznam příloh .....	86



## 1. Úvod

Cílem této práce je provést rešerši dnes užívaných parkovacích zábran a rozebrat problematiku tohoto odvětví. Především se pak zaměřit na oblast jejich použití, výhody, nevýhody jednotlivých druhů a vhodná místa užití jednotlivých tipů.

Dalším cílem je navrhnout princip alternativního řešení, které může pokrýt oblast, kam se současné zábrany nehodí a vypracovat několik konstrukčních návrhů tohoto řešení.

Třetím cílem této práce je navržené varianty zhodnotit, vybrat optimální a tuto variantu dále rozpracovat do formy koncepčního 3D modelu.

V poslední části se práce zabývá navrženým řešením, jeho hodnocením a možností průmyslového využití.

## 2. Oblast použití parkovacích zábran

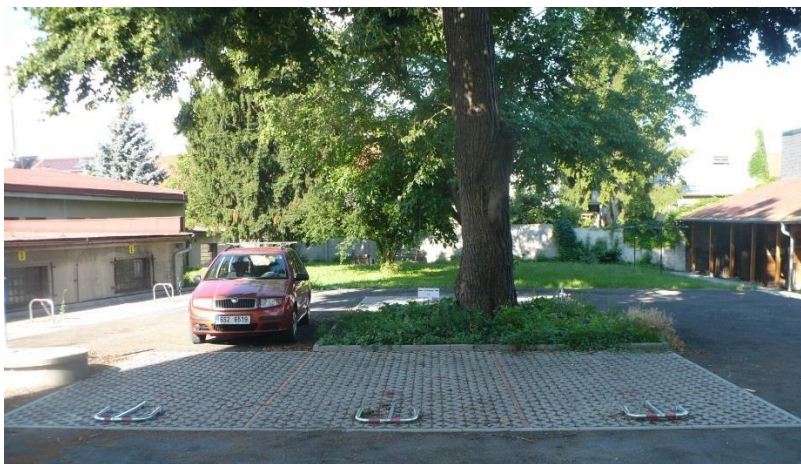
Jestliže se parkovací místo nachází na soukromém pozemku a není zatíženo věcným břemenem, které stanovuje nějakou formu veřejného užívání, má vlastník právo toto místo využívat pro soukromé účely. Pokud je toto místo volně přístupné, bude pravděpodobně užíváno širokou veřejností, což omezuje právo majitele na užívání jeho majetku. V takovém případě sahá vlastník po nějaké formě ochrany.

Dnes se s tímto problémem setkáváme při stavbě velkých developerských projektů ve městech a na jejich okrajích. Stavební zákon ukládá developerovi povinnost, aby zajistil vznik určitého počtu nových parkovacích míst při stavbě bytů a domů. Kupující se tak při koupi dostává do situace, kdy je prodejcem nucen zakoupit k bytu i parkovací místo v ceně několika set tisíc korun, aby si bydlení mohl zakoupit. Tímto se zákazník dostává do situace popsané v předchozím odstavci. Vlastní místo, za které zaplatil, ale je veřejně přístupné, a tak nemá zaručeno, že tam opravdu bude moci zaparkovat. Zde vzniká prostor pro užití parkovací zábrany.



*Obr. 1- Developerský projekt*

Druhou typickou oblastí použití je vyhrazené stání pro zaměstnance. Společnosti sídlící v objektech, kde není možné zajistit parkování například na uzavřeném dvoře, musí řešit parkování pro své zaměstnance. Obzvláště se s tímto setkáváme u poboček, kam jezdí zákazníci a je tam velký pohyb vozidel. Při nedostatku parkovacích ploch tak zákazníci omezují zaměstnance v jejich práci. S tímto se setkáváme i u veřejných institucí. Jako příklad poslouží parkovací stání pro zaměstnance magistrátů, úřadů, policie nebo nejvyššího vedení nemocnic.



*Obr. 2- Venkovní parkovací plocha*

Třetí oblastí, kde se s tímto můžeme setkat, je pronájem stání v parkovacích domech, které slouží pro krátkodobé i dlouhodobé stání. Nájemce zaplatí měsíční pronájem za konkrétní místo, ale není zaručeno, že jiný uživatel nebude ignorovat informaci o pronájmu místa, kde zaparkoval.



*Obr. 3- Garážová stání*

### 3. Druhy parkovacích zábran

Tato kapitola se zabývá jednotlivými druhy zábran a oblastmi jejich použití.

#### 3.1 Výstražné značení



*Obr. 4- Výstražné značení*

Nejčastější formou ochrany parkovacího stání je informační tabule. Toto řešení je velmi oblíbené pro svoji jednoduchost, cenu a tím i dostupnost. Hlavní problém je zde na první pohled patrný. Řešení neposkytuje žádnou fyzickou ochranu. Tabule může být nechtěně přehlédnuta nebo úmyslně ignorována, a to především ve chvílích, kdy v dosahu není jiné volné stání. Toto je zároveň situace, kdy i vlastník své volné místo nejvíce potřebuje. Řešení této situace ze strany vlastníka je časově neefektivní (kontaktování řidiče, hledání jiného místa apod.).

#### 3.2 Manuálně ovládané parkovací zábrany

Mechanické manuálně ovládané zábrany jsou nejčastěji používaným druhem ochrany parkovacích stání. Pro svou konstrukční jednoduchost a tím i cenu pohybující se od tří až do třiceti tisíc korun jsou hojně užívány na velkém množství prostranství.

Hlavní nevýhoda je zřejmá. Při parkování je řidič nucen přijet k místu, zabrzdit vozidlo, vystoupit, jít odjistit zábranu, znovu nasednout do vozidla a teprve pak zaparkovat.

Během manipulace se zábranou může vozidlo stojící na komunikaci blokovat ostatní řidiče. To může uživatele stresovat, obzvláště pokud ostatní řidiči spěchají, případně troubí. Další nevýhodou je nutnost dotýkat se zařízení, které leží na zemi a může být velmi špinavé.

Pro pohybově omezené uživatele nemusí být ovládání vůbec možné. Tento diskomfort ještě značně narůstá, když je zima, prší či sněží.

### 3.2.1 Výsuvné sloupky

Výsuvné sloupky jsou obvykle čtvercového nebo kruhového profilu. Velkou výhodou je možnost zasunout je celé do země. Nepůsobí tak v okolí rušivým dojmem a pro pěší nepředstavují nebezpečí v podobě přehlédnutí a zakopnutí. Pro tuto vlastnost jsou často používány nejen pro ochranu stání, ale i pro zamezení vjezdu automobilů do pěších zón a podobně.

Při použití sloupeků o větších rozměrech se jedná také o účinnou ochranu před jedoucím automobilem.



*Obr. 5- Zasunutý sloupek*



*Obr. 6- Vysunutý sloupek*

Mezi hlavní nevýhody výsuvných sloupeků patří vyšší pořizovací náklady. Cena samotného sloupku se pohybuje od deseti do padesáti tisíc korun. K tomu je třeba ještě připočítat náklady spojené se stavebními úpravami a zakopáním do země.

Další nevýhodou je možnost zatečení vody, která v zimě zamrzá a může zamezit jak vysunutí, tak zasunutí sloupku. Poté nezbyde než počkat na oblevu, použít velkou mechanickou sílu, či sloupek zahřívat.

### 3.2.2 Zvedací

Zvedací zábrany jsou pro ochranu místa nejrozšířenější. Nejstarší patenty v této oblasti jsou u nás registrovány od roku 1993. Jejich výhodou je snadná montáž a odolná konstrukce. Zábrana se obvykle skládá z ohýbané trubky kruhového profilu, opěrné nohy vybavené zámkem a kotvícím plechem. Jejich ceny se pohybují již od tisíce korun. Takovéto zábrany jsou

obvykle zamykány visacími zámky a výrobce nezaručuje odolnost proti najetí vozidla na zábranu.

Kvalitnější zábrany vybavené cylindrickými zámky s ochranou žárovým zinkováním nebo práškovým lakováním proti korozi stojí od tří do pěti tisíc korun.



*Obr. 7- Manuálně zvedaná zábrana*

### 3.2.3 Závory

Se závory se dnes setkáváme především u starších realizací. To je dáno několika faktory.

Dříve nebyly dostupné průmyslově vyráběné zábrany. Naopak mnoho lidí bylo vybaveno potřebným nářadím a s určitou mírou zručnosti se závora z rozmanitého dostupného materiálu dala vyrobit.

Horizontálně otočné závory potřebují velký prostor pro jejich otáčení. Pro projetí je nutné zastavit s vozidlem v dostatečné vzdálenosti, aby nedošlo ke kontaktu závory s vozidlem. V husté městské zástavbě jsou proto dnes téměř nepoužitelné.



*Obr. 8-Manuálně ovládaná horizontální závora*

Vertikálně zvedané zábrany potřebují protizávaží. Hrozí tak nebezpečí úrazu hlavy pro okolí i obsluhu. Manipulace je také nekomfortní z důvodu velké setrvačnosti závory a často se vyskytujících kmitů způsobených její pružností.



*Obr. 9- Manuálně ovládaná vertikální závora*

### 3.3 Elektronické zábrany

Elektricky ovládané zábrany v posledních patnácti letech ve velké míře nahrazují mechanicky ovládané. Tento trend se projevuje v celé oblasti techniky. Elektronika velmi zvyšuje uživatelský komfort, silné motory dovolují používat složitější a robustnější mechanismy, počítačové řízení umožňuje propojit dílčí stroje ve větší funkční celky a absence lidské obsluhy rapidně snižuje provozní náklady.

S vrátným se dnes již prakticky nesetkáme a pokud ano, má spíše funkci kontrolní nad jinak plně automatizovaným systémem.

### 3.3.1 Výsuvné sloupky

Elektrické výsuvné sloupky se konstrukčně příliš neliší do těch mechanicky ovládaných, ale jsou doplněny o elektrický pohon. Stejně jako mechanické sloupky mohou být použity jako účinná ochrana proti jedoucím automobilům. To je velkou výhodou při zamezování vjezdu do peších zón a podobně.



*Obr. 10- Výsuvné sloupky*

Jako parkovací zábrana se příliš nepoužívají, a to z několika důvodů. Hlavním aspektem je cena pohybující se od pět a třiceti tisíc do sto tisíc korun za jeden sloupek. Dalším omezujícím faktorem je nutnost přivést napájení z rozvodné sítě až k místu instalace. To může být velmi limitující zejména v případech, kdy je napájení vedeno přes pozemky cizí nebo společné. Samotné zařízení je nutné zakopat pod zem, což není všude možné. Samotný výkop představuje další administrativní a finanční zátěž.



*Obr. 11- Montáž výsuvných sloupků*

Ani elektricky ovládaným variantám výsuvných sloupků se nevyhýbá problém se zamrznutím vody, která v zimních měsících zatéká do mezery mezi sloupkem a jeho pouzdem. Řešení této situace je ještě obtížnější než u mechanických variant.

### 3.3.2 Elektrické vjezdové závory

Elektrické vjezdové závory jsou dnes hojně užívány pro vjezd na placená parkoviště, případně u vjezdů do průmyslových podniků apod. Jejich cena začíná na třiceti tisících korun.

Hlavní předností je schopnost obsloužit velký počet příkazů k otevření a zavření v krátkém čase. Proto se velmi hodí k obsluhování parkovišť. Další výhodou oproti výsuvným sloupkům je to, že se montují na povrch, a tak nepotřebují specifické stavební úpravy, které by u vícepatrových parkovacích domů byly jen obtížně proveditelné.



*Obr. 12- Elektrická vjezdová závora*



Pro zamezení stání na konkrétním místě nejsou příliš používány, a to z již výše zmíněnému problematickému přívodu elektrické energie. Dalším faktorem může být snadné poškození závary vandalem při instalaci na odlehlém nemonitorovaném místě.

### 3.3.3 Elektronicky zvedané zábrany

Elektricky zvedané zábrany nejsou na trhu příliš rozšířeny. Dostupné řešení lze rozdělit do dvou základních kategorií. První kategorie je napájena z elektrické sítě, a proto je nutné přivést vodič až na parkovací místo.



Obr. 13- Elektrický sklopná zábrana – rozložená



Obrázek 1- Elektrický sklopná zábrana – složená

Druhá kategorie je napájena bateriemi. Tyto zábrany nevyžadují externí napájení a mají relativně nízkou cenu pohybující se pod hranici deset tisíc korun. Bohužel jsou v praxi špatně využitelné.



Obrázek 2- Elektrický sklopná zábrana 2



Obr. 14- Elektrický sklopná zábrana 3

Aby zábrana mohla být napájena z baterie a zároveň vydržela dostatečný počet sklopení a zdvihnutí, musí být lehká. Omezení hmotnosti je v tomto případě přímo úměrné velikosti a odolnosti zábrany. Proto jsou tyto zábrany značně chatrné konstrukce, která nevydrží kontakt s vozidlem a nemá dostatečné rozměry pro účinné zamezení neoprávněného

parkování. Malá baterie nedokáže při požadovaných servisních intervalech napájet silný motor, který by obsloužil dostatečně dimenzovanou konstrukci a zajistit tak funkčnost a spolehlivost za všech podmínek a ročních období.

## 4. Stanovení cílů práce

Z předchozí části lze vyhodit závěry, jimž se věnuje další část práce.

### 4.1 Závěr na základě rešeršní části

Dosavadní parkovací zábrany jsou převážně ručně ovládané, a proto pro uživatele nekomfortní. Pro jejich použití je nutné s vozidlem z místa vyjet, vystoupit, zábranu zamknout a teprve potom odjet.

Současné elektricky ovládané zábrany mají několik problémů. Nejčastěji jsou mobilní bez přívodu elektrické energie a bez potřeby stavebních úprav. Tyto zábrany jsou chatrné konstrukce, která nevydrží kontakt s vozidlem a nemá dostatečné rozměry pro účinné zamezení neoprávněného parkování. Dalším aspektem je malá baterie, která nedokáže při požadovaných servisních intervalech napájet silný motor, který by obsloužil dostatečně dimenzovanou konstrukci a zajistit tak funkčnost a spolehlivost za všech podmínek a ročních období.

Výrazně dražším řešením jsou zařízení připojené na elektrické vedení a vyžadující stavební úpravy terénu. Toto řešení je náročné na administrativu, finance a není zde možnost snadné demontáže a použití na jiném místě.

### 4.2 Cíl práce

Ze závěru rešeršní části vyplývá, že na trhu neexistuje vhodné řešení pro určitou skupinu uživatelů. Cílem této práce je specifikovat si vlastnosti, které by měla taková zábrana splňovat a pokusit se nalézt vhodné konstrukční řešení.

**Na základě výše zjištěných informací si tato práce vytyčuje cíl navrhnout parkovací zábranu která:**

- 1. Nevyžaduje stavební úpravy**
- 2. Nevyžaduje vnější přívod elektrické energie**
- 3. Je snadno demontovatelná a přemístitelná**
- 4. V dostatečném rozsahu chrání před neoprávněným parkováním**
- 5. Má jednoduchou obsluhu pomocí bezkontaktního ovládání**
- 6. Nemůže být běžnou silou poškozena**
- 7. Se nedostane do kontaktu s karoserií vozidla**
- 8. Bude mít dostatečně dlouhé servisní intervaly**
- 9. Bude cenově konkurenceschopná**

## 5. Návrh základního principu fungování

Ke sklopení zábrany, která je dostatečně dimenzována, je potřeba značná síla. Pokud se rozhodneme oprostít zábranu od elektrického napájení, je třeba tuto energii získat z jiného zdroje. Takový zdroj energie nám může poskytnout samotný automobil formou vlastní hmotnosti.

Využitím polohové či pohybové energie a její vhodnou transformací můžeme získat hlavní složku energie potřebnou pro funkci zábrany. Mechanismus pak stačí doplnit o dodatečný bateriový zdroj zajišťující napájení zařízení pro odlišení oprávněných uživatelů od těch neoprávněných.

### 5.1 Druhy využitelné energie

Sílu využitelnou pro pohon zábrany můžeme získat z pohybové nebo polohové energie vozidla.

Pohybovou energii by bylo možné získat zastavením jedoucího vozidla na podložce. Z rovnice  $F=m \cdot a$  vyplývá, že výsledná síla je přímo úměrná zrychlení/zpomalení vozidla. Pro návrh vhodné protisíly, která zábranu zdvihá, je třeba znát silové poměry v mechanismu. Z toho je patrné, že je třeba dodržet určité zpomalení, ze kterého vyplývá i výsledná síla vnesená do zábrany.

V reálných podmínkách bude zpomalení závislé na mnoha proměnných faktorech. Je třeba uvážit rychlost vozidla, hmotnost, velikost tření pneumatiky a podložky, vliv řidiče a mnoho dalších.

Zábrana musí být funkční a použitelná i pro méně zkušené řidiče, u nichž nelze zaručit, že najedou přiměřenou rychlostí a budou schopni dostatečně razantně brzdit. Naopak v případě vyšší rychlosti v kombinaci s deštěm hrozí nedobrzdnění a poškození vozidla či okolí.

Polohovou energii je možné získat použitím elementů, které se budou pohybovat ve svislé ose. Z již uvedené rovnice  $F=m \cdot a$  je zřejmé, že pokud za  $a$  dosadíme tíhové zrychlení  $g$  bude síla v našem případě závislá pouze na hmotnosti vozidla. Při porovnání zrychlení  $g=9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  a zpomalení  $a$ , které pro zachování komfortu, nemůže být vyšší než přibližně  $2 \text{ m/s}^2$ , je také jasně vidět přibližně pětina celková využitelná síla.

### 5.2 Volba základního principu

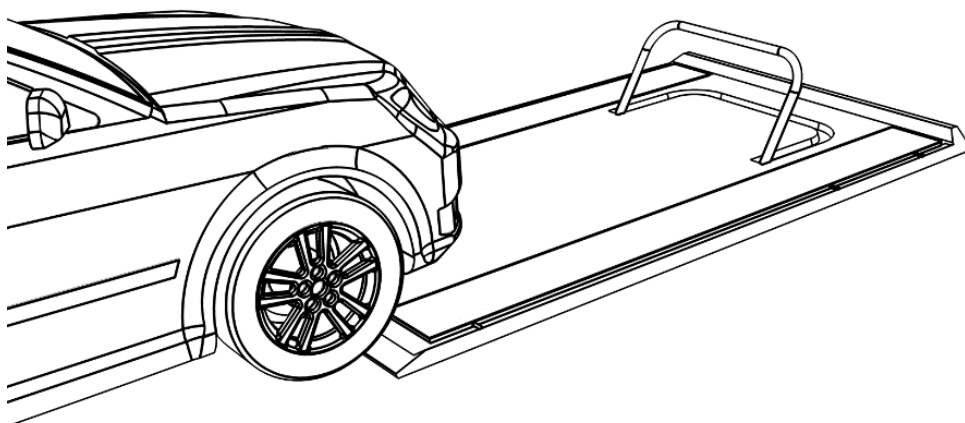
Pro návrh, zaručení funkčnosti a uživatelského komfortu se jednoznačně jeví jako vhodnější využít sílu vyvolanou gravitačním zrychlením než sílu od zpomalení vozidla, která by byla ovlivňována mnoha faktory.

## 6. Návrh variant řešení

Sílu vznikající působením automobilu je třeba vhodným způsobem přenést do mechanismu sklápějícího zábrany. Tento přenos síly může být proveden mnoha způsoby. Pro výběr nejvhodnější varianty bylo navrženo několik možných variant, z nichž byla následně vybrána ta nejvhodnější.

Navrhované varianty využívají dvou ližin, na které vozidlo najíždí. Tento základ konstrukce se jeví jako vhodný z několika důvodů:

1. Řidiče jasně opticky navádí na přesné místo parkování
2. Při použití bočních lemů je ve volantu jasně cítit sjíždění z určené plochy
3. Efektivně využívá materiál a tím i snižuje výrobní náklady
4. Při vhodné konstrukci poskytuje dostatečnou tuhost a odolnost
5. Ližinu je snadné vhodně upevnit



*Obr. 15- Skica parkovací zábrany*

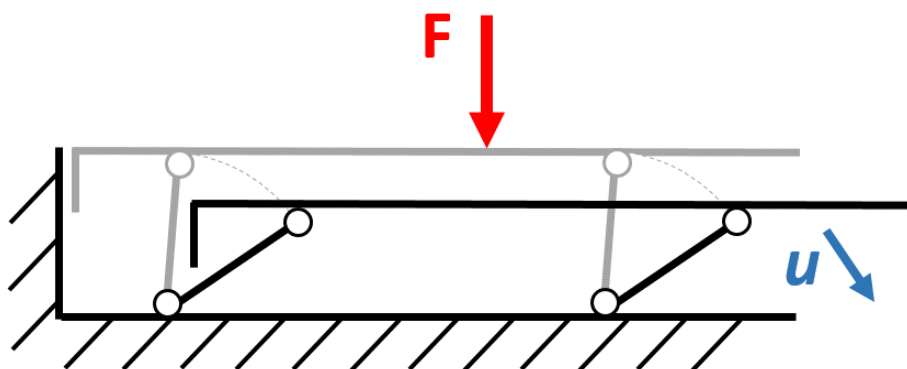
### 6.1 Uložení ližin

Pro různé varianty řešení převodu mohou být samotné ližiny uloženy různými způsoby a tím se bude lišit i směr jejich pohybu při zatěžování.

#### 6.1.1 Kyvné

Kyvné uložení zobrazené na Obr. 16 by mohlo být konstrukčně jednoduché, ale přináší nevýhodu ve složeném pohybu, který je kombinací horizontálního i vertikálního. Tento složený pohyb může být pro některé varianty nevhodný.

Další nevýhodou tohoto uložení je mezera vznikající při sklápění ližiny, která může být bezpečnostním rizikem. Do této mezery také mohou zapadat nečistoty, které v krajním případě způsobí zablokování mechanismu.

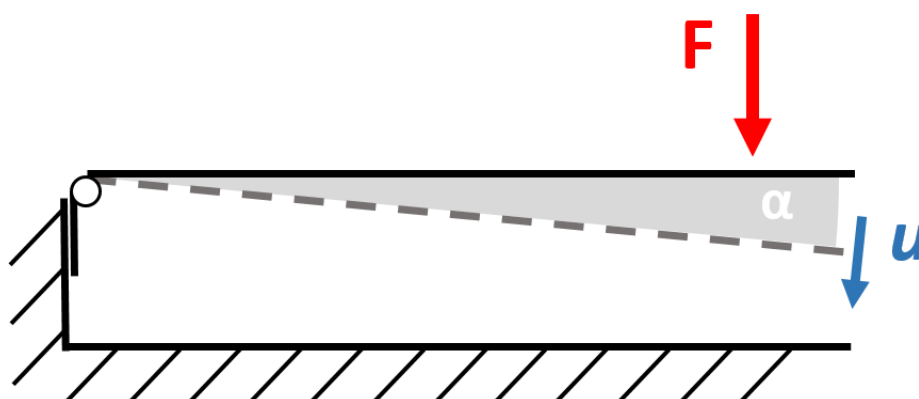


Obr. 16- Kyvné uložení ližin

### 6.1.2 Na pantu

Uložení ližiny na pant přináší jednu zásadní výhodu, která je zároveň i nevýhodou. Síla působící na stlačovaný člen se mění s polohou zatěžovatele. Lineárně roste se zvětšující se vzdáleností směrem od pantu. Důsledkem toho je, že část síly od hmotnosti automobilu působí i v pantu, a proto ji nelze plně využít pro pohon mechanismu.

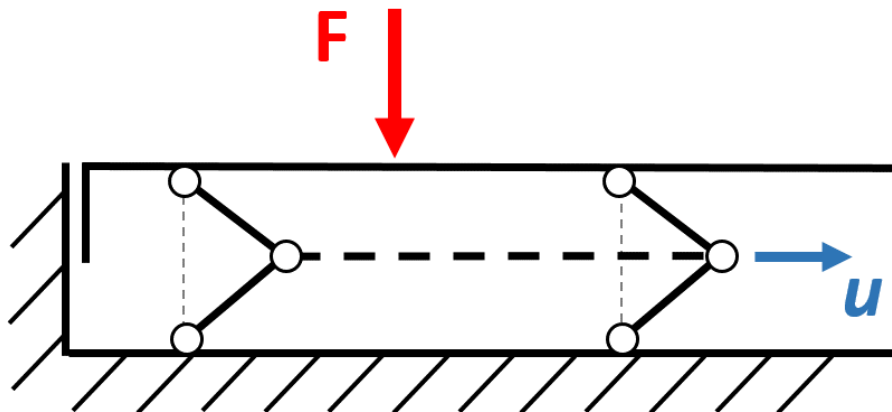
Výhodou je i to, že zde po sklopení nevzniká žádný schod, který by bylo nutné přejíždět při odjezdu vozidla.



Obr. 17- Uložení ližin na pantu

### 6.1.3 Svislé

Další způsob uložení, který je patrný z Obr. 18, má výhodu v přímém převodu svislého pohybu na horizontální. Tento pohyb je pak možné rovnou dále transformovat. Další výhodou oproti kyvné variantě je, že zde nevzniká při sklopení žádná mezera. Hlavní nevýhodou této varianty je větší složitost a tím i finanční náročnost. Oproti uložení na pantu se jeví jako nevhodná i skoková změna síly při vjezdu vozidla na ližinu.



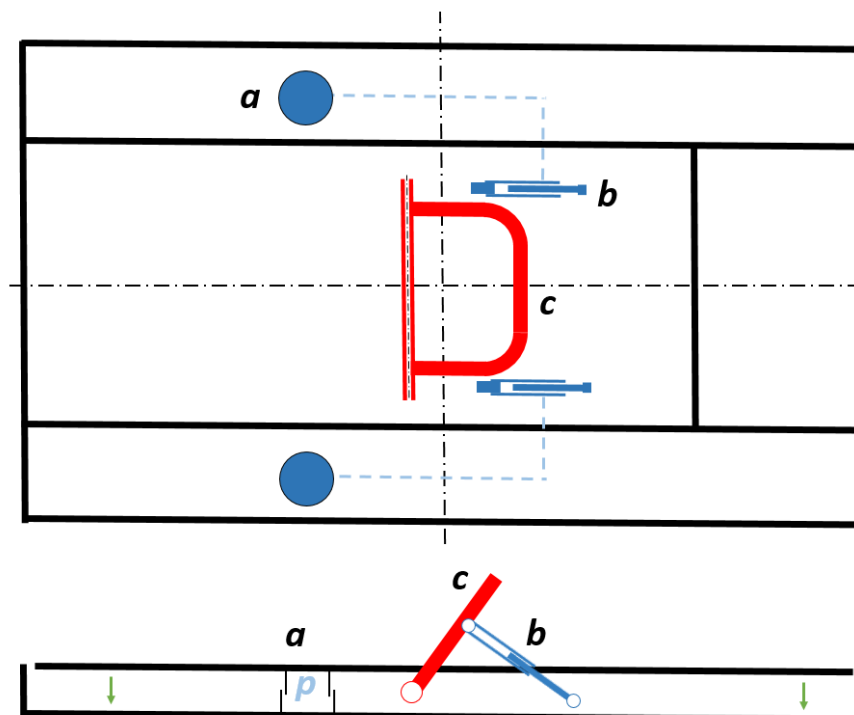
Obr. 18- Svislé uložení ližin

## 6.2 Jednotlivé navrhované varianty

Byla navržena řada možných řešení mechanismu založených na různých principech. Na základě těchto návrhů byly vybrány ty, které jsou řešitelné pomocí běžně vyráběných a snadno dostupných komponent.

### 6.2.1 Hydraulické vertikální válce

První varianta je s hydraulickým obvodem. Přímo pod ližinou je umístěn hydraulický válec s nízkým zdvihem **a**. Zatížením válce se zvyšuje tlak v hydraulickém obvodu a zábrana **c** je pak sklápěna pomocí lineárních hydraulických motorů **b**.



Obr. 19- Varianta - Vertikální hydraulické válce

Hlavním členem této varianty je válec s nízkým zdvihem. Tyto válce jsou obvykle určeny k použití v oblastech jako stavba mostů, lodí, těžba surovin a podobně. Tím je dána i jejich precizní konstrukce, navržená pro vysoká zatížení v řádu desítek až stovek tun a to při zachování vysoké spolehlivosti.



*Obr. 20- Válec s nízkým zdvihem*

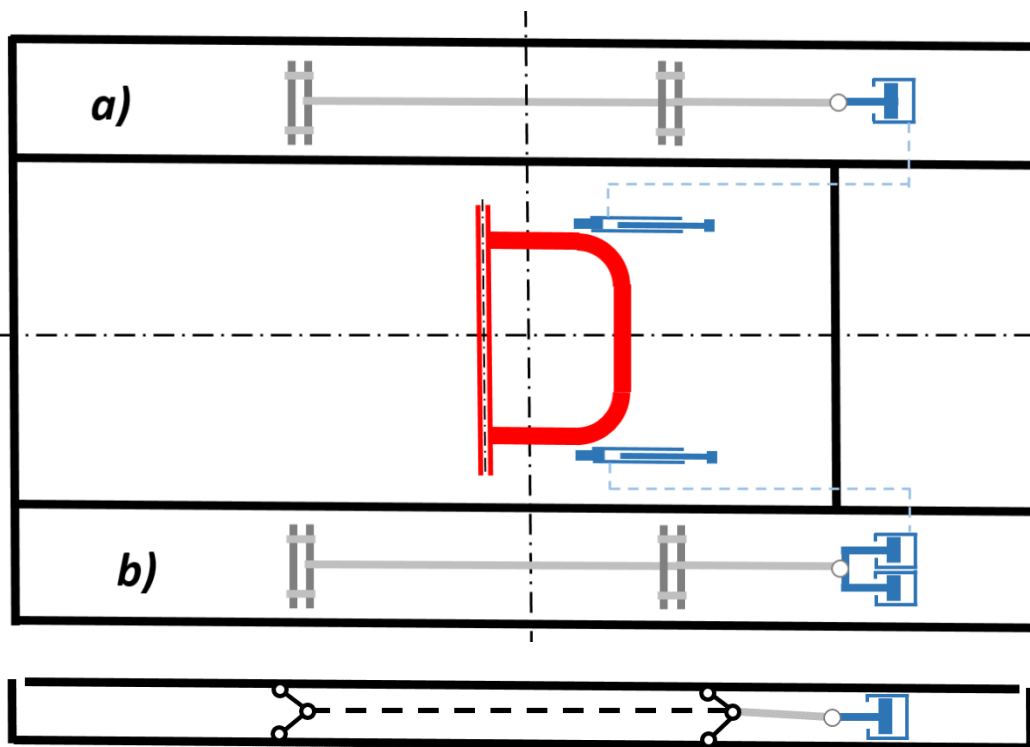
Hydraulický obvod je možné doplnit o další komponenty, kterými jednoduše získáme další požadované funkce. Při zapojení hydraulického akumulátoru zajistíme i tlak v nezátíženém obvodu, který využijeme k zdvihání zábrany po odjezdu vozidla.

Další funkcí, kterou vyžadujeme od zábrany, je možnost ji dálkově uzamykat. Tento požadavek vyřeší elektricky ovládaný hydraulický ventil propojený s dálkovým ovládním. Při jeho vypnutí je přerušen tok hydraulické kapaliny a zábrana se tak nesklopí.

Při vjezdu vozidla může dojít ke skokovému zvýšení tlaku v obvodu a zábrana se tak velmi rychle sklopí. Pokud v koncové poloze bude pouze kovový doraz a pohyb nebude nijak tlumen, dojde k velkému rázu. Tento ráz není vhodný z konstrukčního ani uživatelského hlediska. Rychlost spouštění zábrany lze snadno regulovat pomocí škrtícího ventilu, který omezí rychlost průtoku kapaliny a sníží tak koncový ráz.

### 6.2.2 Hydraulické válce horizontální

Druhá varianta řešení také počítá s použitím hydraulických válců, které jsou však uloženy v horizontální niko-li vertikální poloze. Pro toto řešení je nutné nejprve převést vznikající pohyb do horizontální osy způsobem popsáním v kapitole 6.1.3.



Obr. 21- Varianta – Horizontální hydraulické válce

Toto řešení zachovává všechny výhody použití hydrauliky popsané v předchozí variantě, ale dovoluje použít běžně používané hydraulické válce.

Pro tuto aplikaci je nutné převést malý pokles ližiny na relativně dlouhý pohyb pístu zdvihajícího zábranu. Dle prvotních odhadů je z konstrukčního hlediska maximální možný pokles přibližně 50 mm. Výše popsaným převodem pohybu z vertikálního na horizontální se délka chodu dále snižuje na přibližně 30 mm. Pohyb potřebný k zdvihání zábranu byl odhadnut na 750 mm. Vydělením obou hodnot dostáváme převod  $i=30$ . Tento převod je značný a je ho třeba vytvořit volbou vhodných velikostí pístů.

V hydraulickém obvodu je konstantní množství kapaliny. Při pohybu pístu je vytlačena kapalina o objemu  $Q$ , jejíž množství je dáno změnou zdvihu pístu  $h_1$  a plochou pístu  $S_1$ . Závislost délky pohybu pístu  $h_1$  uloženého pod ližinou na délce pohybu pístu  $h_2$  zdvihajícího zábranu můžeme tedy vyjádřit vztahem:

$$S_1 * h_1 = \Delta Q = S_2 * h_2$$



Z tohoto vztahu jasně plyne, že pokud chceme získat potřebný převod, musí být plocha pístu  $S_1$  30krát větší než plocha pístu  $S_2$ .

Při pohledu do katalogů výrobců lze najít válce ve velkém rozsahu průměrů a zdvihů.



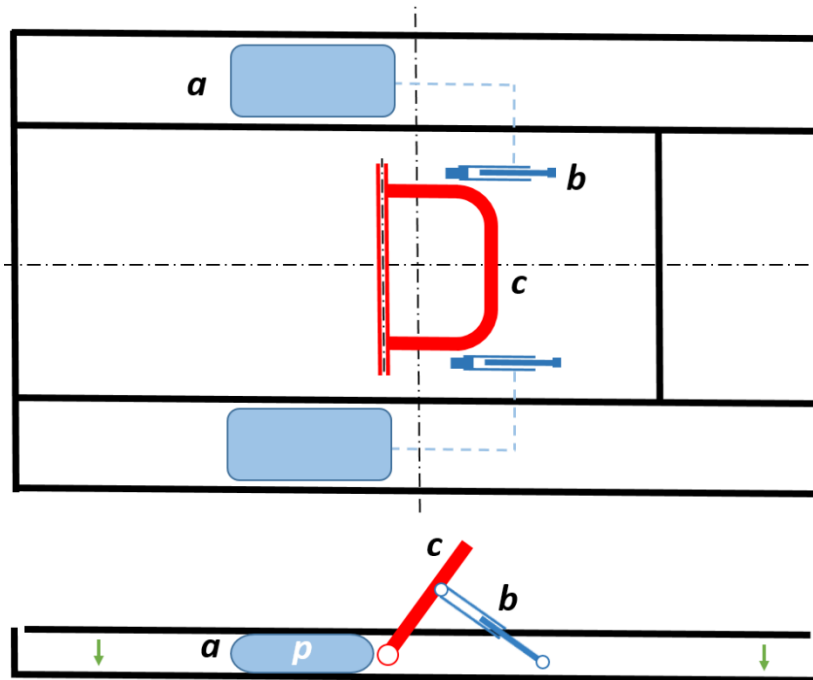
*Obr. 22- Hydraulický válec*

Při bližším pohledu do katalogu vzniká konstrukční problém s umístěním válce. Pro dosažení potřebného převodu je třeba použít píst o průměru přes 80 mm. Celková zástavbová výška tak snadno překročí 100 mm. Pro umístění pístu pod ližinu je však maximální využitelný prostor vysoký přibližně 60 mm.

Možným řešením je uspořádání dle Obr. 21-b. Při využití více pístů lze nahradit plochu  $S_1$  několika menšími písty, jejichž plochy se sčítají. Díky tomu je pak možné použít dva nebo tři písty s menší zástavbovou výškou, které se do vymezeného prostoru vejdu.

### 6.2.3 Pneumatický vak

Dalším navrhovaným řešením je umístění vaku naplněného vzduchem nebo jiným plynem pod ližinou. Při najetí na zábranu dojde ke stlačení vaku a tím k nárůstu tlaku v systému. Využití získaného tlaku je podobné jako v předchozích variantách.



Obr. 23- Varianta – Pneumatické vaky

Vak uložený pod ližinou musí být dostatečně odolný proti vlivům venkovního prostředí, protože leží přímo na podkladové ploše, pod kterou může volně zatékat voda. S přitékající vodou budou na vak splavovány různé nečistoty, případně agresivní kapaliny jako olej, nafta a benzín. Toto korozní prostředí může poškozovat vak a jeho spoje až do té míry, že může ztratit těsnost.

Z tohoto důvodu se jeví jako nevhodné použít materiál PVC, z kterého jsou vyrobeny dětské nafukovací hračky nebo nylon používaný na vodácké pytle. Ve spojích a ohybech se mohou tvořit malé úniky, které jsou ale pro uzavřený systém nepřijatelné. Jako vhodný produkt se jeví pneumatický zvedací vak vyráběný pro zvedání těžkých břemen.



*Obr. 24- Vak pro zdvihání těžkých břemen*

Vaky jsou vyráběny z odolné gumy pro použití v náročných podmínkách a v mnoha rozměrech, ze kterých je možné vybrat vhodnou velikost a objem pro zvolenou aplikaci.

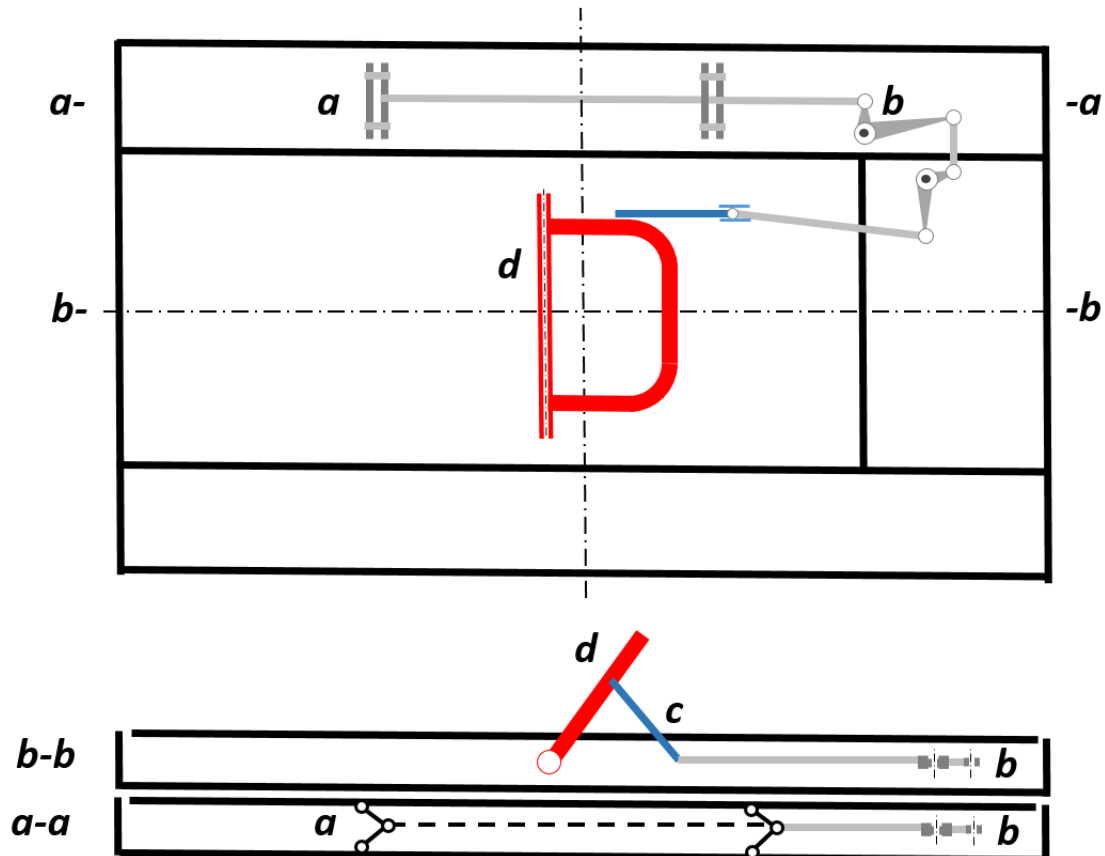
Pro pneumatické obvody se vyrábí podobné řídicí prvky jako pro hydraulické a není tedy problém obvod řídit. Malý problém přichází s použitím tlakové nádoby, která by byla pravděpodobně nutná. Vzhledem k větší stlačitelnosti plynů oproti kapalinám je případný únik z tlakové nádoby mnohem nebezpečnější. Z toho důvodu musí tlaková nádoba procházet poměrně častými revizemi, což je vzhledem k nárokům na servis nevhodné.

Oproti hydraulické kapalině je u vzduchu také problém s těsněním jednotlivých spojů, protože molekuly vzduchu mají menší velikost než molekuly oleje a projdou tedy i tam, kam olej neprojde. Únik vzduchu je obtížné odhalit, protože nezanechává výraznou stopu jako olej. Řešením by mohla být předepsaná pravidelná kontrola tlaku v systému uživateli pomocí pumpičky na kolo.

#### 6.2.4 Vahadla

Z hlediska výrobních nákladů a minimalizace použití složitějších kupovaných dílů, se jeví jako zajímavá možnost realizovat převody čistě mechanickou cestou, bez využití kapalinových nebo plynových pístů.

Jednou z možných cest je využití vahadel. Při pohybu jednoho ramena se druhé rameno hne o vzdálenost nepřímo úměrnou poměru jejich délek. Protože námi požadovaný převod  $i \approx 30$  lze z rozměrových důvodů obtížně umístit do vymezené plochy, lze celkový převod dosáhnout dvěma vahadly, jejichž převod se násobí.



*Obr. 25- Varianta s vahadly*

Protože je požadovaný převod značný, tak i ramena vahadla vychází výrazně nepoměrná. V důsledku toho je dlouhé rameno hodně namáháno. Aby bylo možné dosáhnout konstantního převodového poměru, musí být ramena dostatečně tuhá, aby docházelo k jejich minimálnímu ohybu.



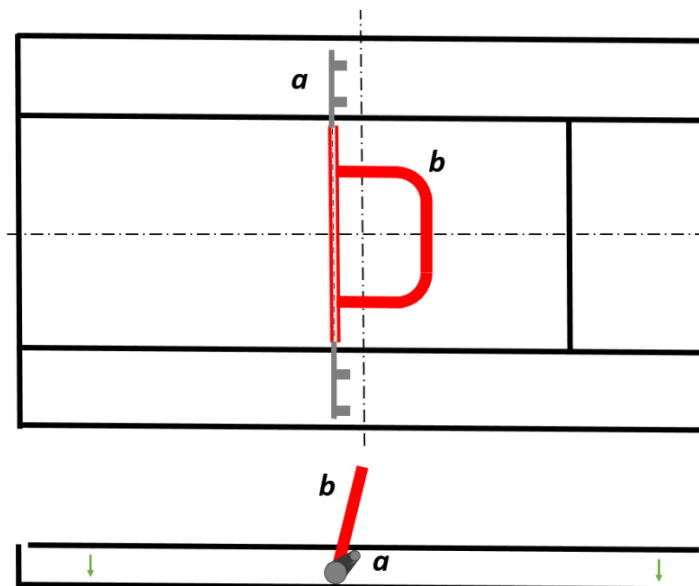
*Obr. 26- Vahadlo*

Ze stejného důvodu je nutné kvalitní uložení vahadla a spojení tyčí přenášejících sílu s rameny vahadla. Při použití dvou vahadel jde minimálně o šest spojů a dvě uložení. Jejich

vůle se sčítají a mohou tak velmi výrazně ovlivnit celkový převod. Tato situace se bude ještě zhoršovat vlivem opotřebení.

### 6.2.5 Vačka

Dalším možným řešením, které je čistě mechanické a nepřenáší energii jiným médiem, je využití vačkového převodu.



Obr. 27- Varianta s vačkou

Vačka **a** přímo spojená s hřídelí zábrany **b** umožňuje použít libovolné uložení ližin. Při působení síly na vačku vzniká moment, který je daný jejím aktuálním natočením, které určuje rameno síly a tím i výsledný moment.

Toto řešení je konstrukčně velmi jednoduché, má minimum pohyblivých spojení a nevyžaduje použití kupovaných komponent. Mezi vačkou a ližinou je třeba zvážit tření v návaznosti na materiály stykových ploch.

V tomto uspořádání je třeba zvolit vhodnou protisílu a její zavedení, která bude po odjezdu vozidla vracet zábranu do výchozí polohy. Tuto sílu můžeme do mechanismu zavést například použitím vinutých nebo plynových pružin do vzpěr zábrany.

Nevýhodou této konstrukce je také fakt, že pro její uzamykání musí být zkonstruován zámek, protože zde není možné blokovat tok média jako v předchozích variantách.

### 6.3 Zhodnocení jednotlivých variant

Bylo uvažováno mnoho různých variant řešení popsaného problému. Po vyloučení problematicky uskutečnitelných a příliš komplikovaných variant byly navrženy ty, které jsou realizovatelné a alespoň rámcově odpovídají vytyčeným požadavkům. Tyto varianty byly výše

popsány i s nastíněním aspektů, které by bylo nutné řešit při návrhu funkčního výrobku. Na základě těchto specifik byla vybrána nejvhodnější varianta.

Jednotlivé varianty řešení se částečně podobají v principech fungování a tudíž i ve výhodách a nevýhodách. První dvě varianty obsahující hydraulický obvod jsou ovládány rozvaděči, které by se daly dobře a spolehlivě řídit, ale ceny všech komponent jsou poměrně vysoké. To samé platí i pro zmiňované písty. První píst s malým zdvihem a nízkou zástavbovou výškou je pro tuto aplikaci příliš nákladný. Cenový aspekt vylučuje i variantu s horizontálními válci, které jsou sice relativně levné, ale kvůli výškovému omezení jsme nuceni použít více pístů o menším průměru, což znovu zvyšuje celkovou cenu.

Třetí varianta s pneumatickým vakem, který je často využíván například oddíly hasičů pro vyprošťování, se rovněž vyznačuje vysokou cenou vaku. Možnost využít jiné vaky je komplikovaná z důvodu možného agresivního prostředí v místě jeho uložení. I drobná netěsnost by zapříčinila nefunkčnost systému. Toto riziko je i u všech spojů systému a pístů ovládajících zábranu. Další komplikací je použití tlakové nádoby, která by musela procházet pravidelnou revizí. Po zhodnocení všech těchto faktorů se i tato varianta jeví jako nevhodná z hlediska ceny i spolehlivosti.

Poslední dvě varianty jsou tvořeny pouze mechanickými částmi, jejichž výroba je relativně jednoduchá a dá se tak očekávat i nižší cena oproti ostatním variantám. Dále zde nehrozí únik pracovního média a není třeba řešit ani umístění tlakové nádoby.

U varianty s vahadly se objevuje problém s relativně velkým převodem. Pro jeho dosažení musí být použita alespoň dvě vahadla. Při tomto řešení je problémem velký počet spojů. Každý tento spoj může mít vůli a to se projeví tím, že výsledný převod nemusí být konstantní.

Poslední varianta se ukazuje jako nejjednodušší s malým počtem pohyblivých dílů. Z tohoto důvodu je zde i nejmenší pravděpodobnost poruchy při správném návrhu mechanismu. Změnou parametrů vačky a jejím umístěním je možné docílit vhodných silových a momentových poměrů v mechanismu zábrany. Díky jednoduché konstrukci lze očekávat menší konstrukční omezení a nižší výrobní cenu zábrany. Navrhnutý mechanismus neřeší vyvození síly k zvedání zábrany ani možnost jejího uzamykání a bude jej nutné dále vhodně řešit.

Z výše popsaných důvodů byla zvolena k dalšímu rozpracování varianta, která využívá principu vačky. Je zde nutnost vyřešit systém zvedání a uzamykání zábrany, ale z konstrukčního hlediska existuje mnoho vhodných řešení.

## 7. Rozpracování zvolené varianty

Na základě předchozí části bude dále navrženo řešení parkovací zábrany pracujícího se silou vyvozenou hmotností automobilu, která je převáděna přes vačkový převod na hřídel zábrany.

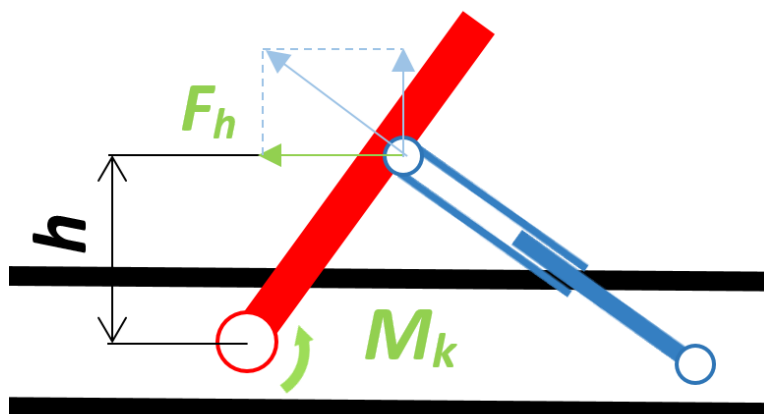
### 7.1 Specifikace dalších částí mechanismu

Pro vytvoření zábrany je třeba vyřešit další funkční principy a najít vhodná řešení pro konstrukci jednotlivých částí.

#### 7.1.1 Zvedací mechanismus

Navrhovaný mechanismus musí mít protisílu, která bude schopna složenou zábranu po odjezdu vozidla opět zdvihat. Tato síla musí být dostatečně velká, aby zábrana fungovala i v případě zhoršených podmínek, například při provozu v zimě.

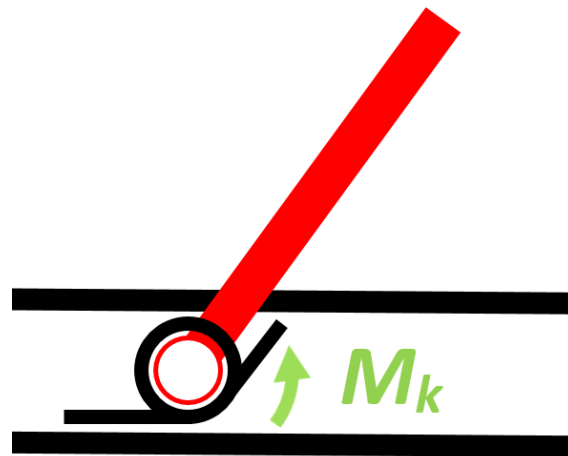
V předchozích navrhovaných variantách byla uvažována síla zavedená do vzpěry zábrany. Toto řešení je nevhodné z důvodu místa působení síly pístu.



Obr. 28- Rameno síly vzpěry

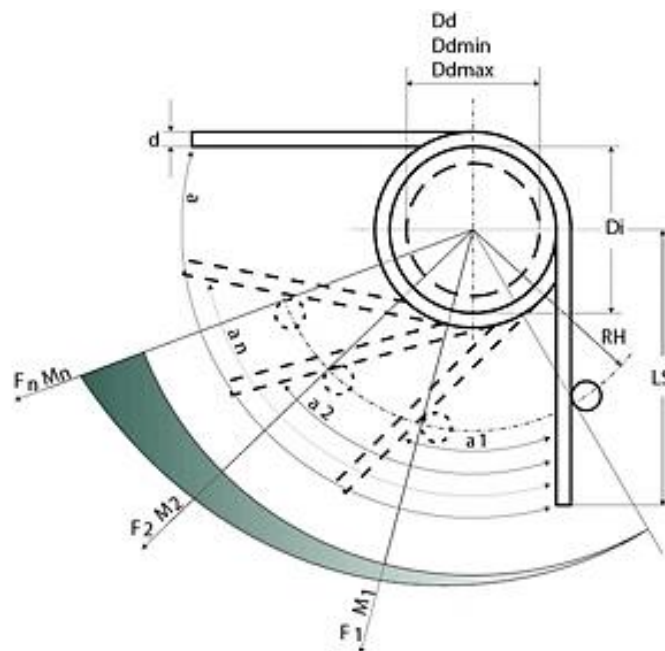
Jak je patrné z Obr. 28 moment  $M_k$  na hřídeli je při malém úhlu natočení přibližně roven  $F_h \cdot h$ . V situaci kdy je zábrana sklopená je rameno síly  $h$  velmi malé, a tak i výsledný moment. V případě, že se začne zábrana zvedat, začne růst i rameno  $h$ , což vede k velkému nárůstu momentu. Tento průběh je přesně opačný, než by bylo vhodné. V ideálním případě by byl ve zvednuté poloze moment minimální, aby bylo možné zábranu sklopit lehkým vozidlem a ve sklopené poloze moment maximální, aby se zábrana dokázala zvednout i při ztížených provozních podmínkách.

Z tohoto důvodu bylo navrženo zvedání pomocí zkrutné pružiny.



Obr. 29- Moment zkrutné pružiny

Pružina má výhodu v tom, že je schopna vyvodit přímo moment  $M_k$ . Navíc průběh momentu je takový, jaký je pro tuto aplikaci vhodný. S narůstajícím úhlem natočení moment roste.



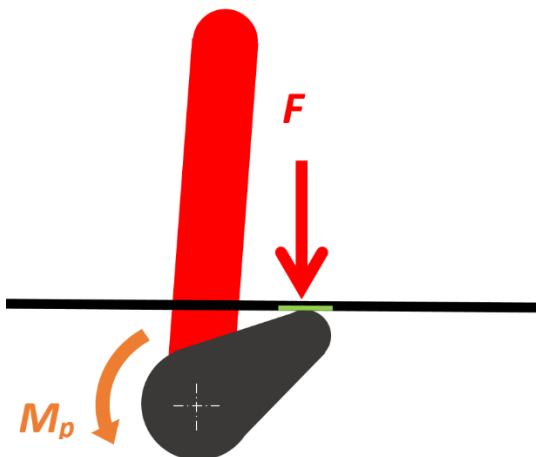
Obr. 30- Průběh momentu na zkrutné pružině

Díky tomuto průběhu bude moment na začátku dán počátečním natočením a při sklápění bude narůstat až do maxima při sklopené zábraně.



### 7.1.2 Vačka

Navržená vačka má výhodu v tom, že je jí možné přímo spojit s osou zábrany. Vyhneme se tím dalšímu vloženému převodu a na vačku je možné působit přímo spodní stranou ližiny, na kterou najíždí vozidlo. Mezi vačkou a ližinou dochází v místě vyznačeném na obrázku xxx ke tření, které působí proti směru pohybu.

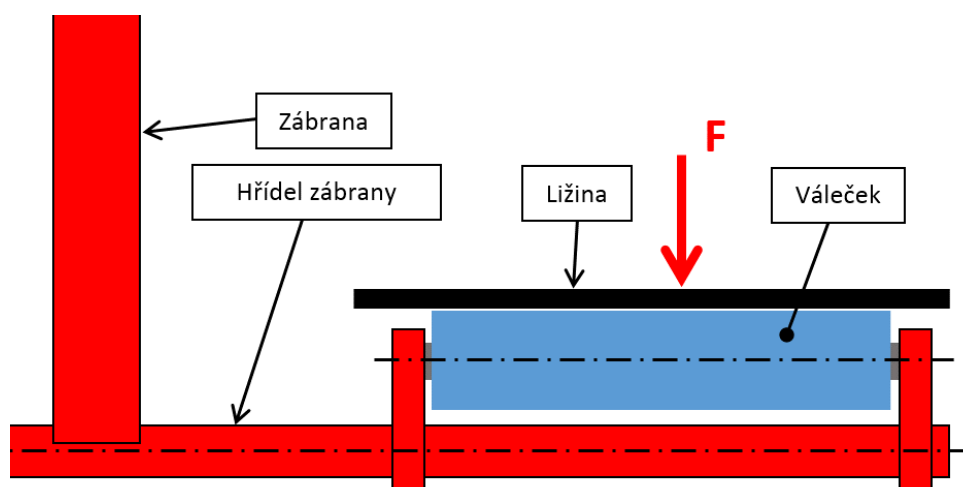


Obr. 31- Dotyk vačky a ližiny

V místě dotyku dochází k opotřebování povrchu jak vačky, tak ližiny. Pro snížení tření, které opotřebení způsobuje, je možné místo mazat vhodným mazivem. Vzhledem k prostředí s vysokou prašností a vlhkostí nemusí být toto opatření dostatečné. Další možností, jak zlepšit životnost a spolehlivost vačky, je volba vhodného materiálu.

Lze použít vačku z materiálu s dobrými kluznými vlastnostmi a ližiny vyztužit v místě dotyku materiálem s vyšší otěruvzdorností.

Lepším a jednodušším řešením bylo nahradit klasickou vačku hřídelí s excentricky uloženými ložisky případně otočným válečkem.



Obr. 32- Nahrazení vačky válečkem

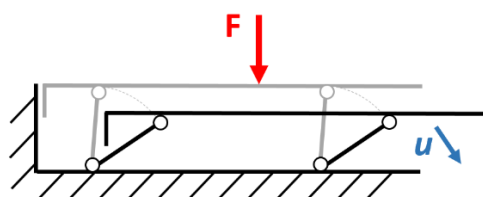
Toto řešení dokáže plně nahradit vačku a má výhodu v tom, že ložiska se po povrchu ližiny odvalují a nehrozí tak jejich poškození třením mezi povrchy. Další výhodou je snadná oprava v případě poškození, a to pouhou výměnou ložiska či válečku.

### 7.1.3 Uložení a tvar ližin

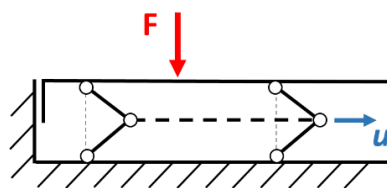
Při výběru varianty řešení byly uvedeny tři druhy uložení ližin a s tím i provázaný směr jejich pohybu. Pro vybranou variantu s vačkou je možné použít všechny tři druhy uložení a musí tak být vybrán ten nejvhodnější.

Kyvné uložení má nevýhodu ve vznikající mezeře mezi ližinou a rámem, jak je patrné v Obr. 33. Vzniklá mezera může být nebezpečná pro obsluhu, případně se v ní mohou zachycovat předměty, které zablokují její chod. Proto se toto uložení jeví jako nejméně vhodné.

Svislé uložení zobrazené na Obr. 34 potlačuje nevýhodu prvního řešení, ale skládá se z většího počtu vzájemně se pohybujících členů. Další nevýhodou je, že při vjetí vozidla ližina poklesne, čímž dojde ke vzniku schodu, který je nutné při odjezdu překonat.

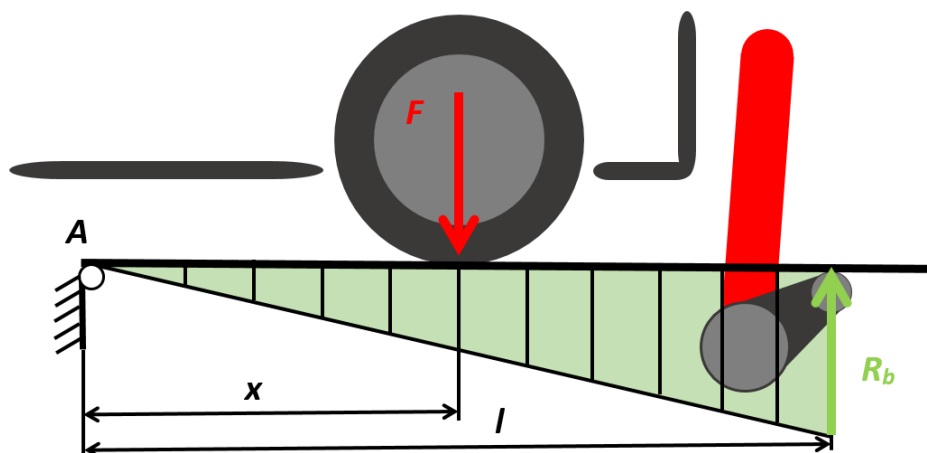


Obr. 33- Kyvné uložení



Obr. 34- Svislé uložení

Třetí možností, která se jeví jako nejvhodnější je použití pantů. Toto řešení má dvě hlavní výhody. První výhodou je, že při sklápění nedojde ke vzniku zmíněného schodu a zábranu je tak možné komfortně opustit. Druhou výhodou je průběh působících sil.



Obr. 35- Průběh zatěžování vačky

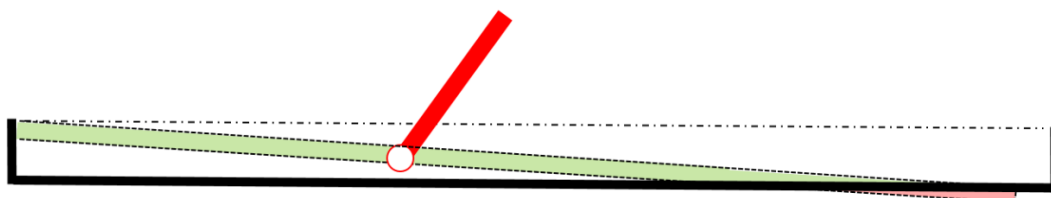
Na Obr. 35 je vidět schéma zatěžování vačky při nájezdu vozidla. Velikost síly působící na vačku lze vyjádřit momentovou rovnicí vyjádřenou k bodu **A**.

$$M_a: R_b = F * x$$

Zde je patrná lineární závislost reakce **R<sub>b</sub>** na vzdálenost působíště síly **x**. Při nájezdu vozidla je síla nulová a roste se zvětšující se vzdáleností. Díky tomuto průběhu nedojde ke skokovému nárůstu síly a sklápění zábrany bude pozvolnější.

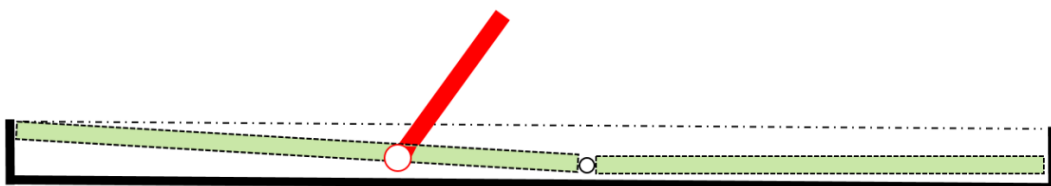
Z popsaných důvodů volím uložení na pantech, které bude levné a vhodné díky průběhu sil v mechanismu.

Dalším úskalím konstrukce ližin je jejich délka. S předpokládanou délkou přes 4 m a snahou o dosažení co nejmenší výšky zábrany, lze dosáhnout pouze malého natočení od horizontální osy, aby nedošlo ke kontaktu se zemí.



*Obr. 36- Nedělená ližina*

Navrženým řešením je rozdělit ližinu na dvě části, které budou propojeny pantem.



*Obr. 37- Dělená ližina*

Z Obr. 37 je zřejmá výhoda tohoto řešení, které neovlivní přenos síly od najíždějícího vozidla na excentricky uložené ložisko.

#### 7.1.4 Zámek

Aby zábrana plnila svoji funkci, musí být rozlišen uživatel oprávněný od neoprávněného. Toto rozlišení může být provedeno mnoha způsoby. Protože hlavním požadavkem na tuto zábranu je komfort uživatelů, vyloučíme všechny varianty, které vyžadují opuštění vozidla a manipulaci s nějakou formou klíče. Druhou možností je použít nějakou formu dálkového ovládání.

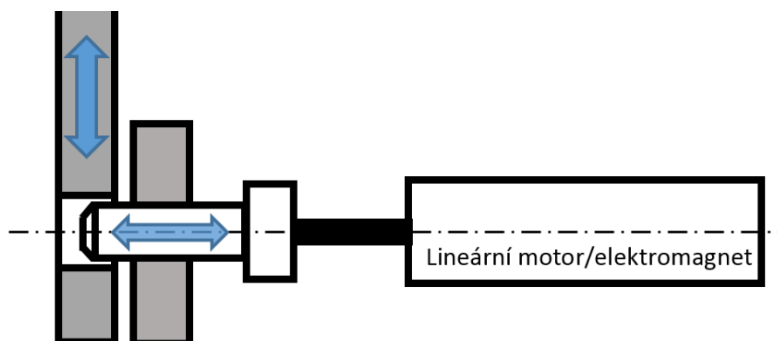
Na druhu přenosu ovládacího signálu příliš nezáleží. Různé formy mají své výhody i nevýhody. Řešení této části bude věnována pozornost až při testování případného funkčního

vzorku. Pro nynější návrh bude optimální ovládní pomocí jednonálového ovladače pracujícího na frekvenci 868,3 MHz používaného typicky k ovládní garážových vrat.



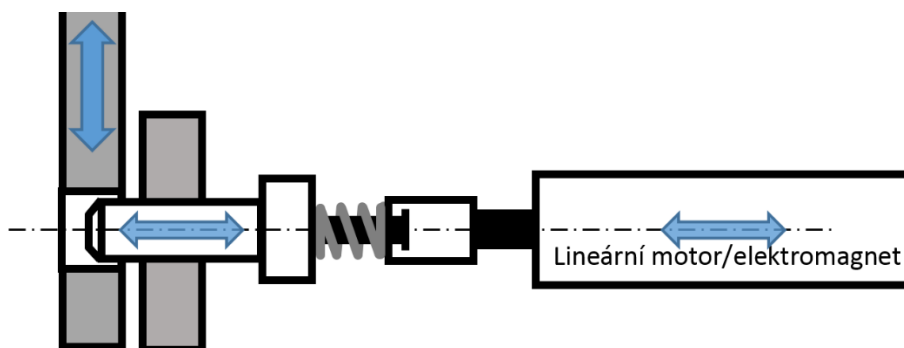
Obr. 38- Dálkové ovládní

Zábrana musí být po celou dobu uzamčena, až do chvíle, kdy přijede oprávněný uživatel. Zámek může být umístěn na různých místech, ale jako konstrukčně jednoduchý se jeví motoricky ovládný trn, který bude blokovat pohyb určité části mechanismu.



Obr. 39- Motoricky ovládný trn

Na Obr. 39 je vidět princip takto ovládného trnu. Trn může být ovládn lineárním motorem případně elektromagnetem. Toto řešení má nevýhodu v tom, že při vjezdu je trn vytažen a zábrana se sklopí. Zámek musí čekat až do odjezdu vozidla a až potom, co se zábrana zvedne, je opět zasunut do blokační polohy. Aby se tak stalo, musí uživatel buď znovu stisknout ovladač, nebo musí být zábrana vybavena senzory, které to zjistí a samy zámek zasunou. Aby tuto změnu obvod zjistil, musí být čidla po celou dobu napájena, což vybijí akumulátory.



Obr. 40- Motoricky ovládný trn s pružinou

Z těchto důvodů byl navržen princip zobrazený na Obr. 40. Jde o obdobu schématu na Obr. 39 doplněný o pružinu. Popis fungování je nejlépe zřetelný ze sledu událostí při parkování:

1. Řidič přijíždí k zábraně.
2. Stiskne tlačítko dálkového ovládání, které dá povel na vytažení zámku a odblokování zábrany. V tuto chvíli je zároveň spuštěn časovač nastavený na určitou dobu.
3. Řidič může po nastavený časový úsek zaparkovat na odemknuté zábraně.
4. Po doběhu časovače je vydán povel na zatažení zámku. Protože je zábrana v tuto chvíli sklopena, trn nemá kam zapadnout a je tedy stlačena pružina.
5. Při odjezdu vozidla se zábrana zdvihá a trn tlačný pružinou zapadá do otvoru.
6. Zábrana je připravena na další parkování.

Toto řešení přináší výhodu menší energetické náročnosti a zároveň větší spolehlivosti. Zatahování zámku je řešeno pouze mechanicky, bez nutnosti napájení a je proto spolehlivější.

Dále je nutné rozhodnout, zda bude pro pohon použit motor či elektromagnet.



Obr. 41- Elektromagnet



Obr. 42- Lineární motor

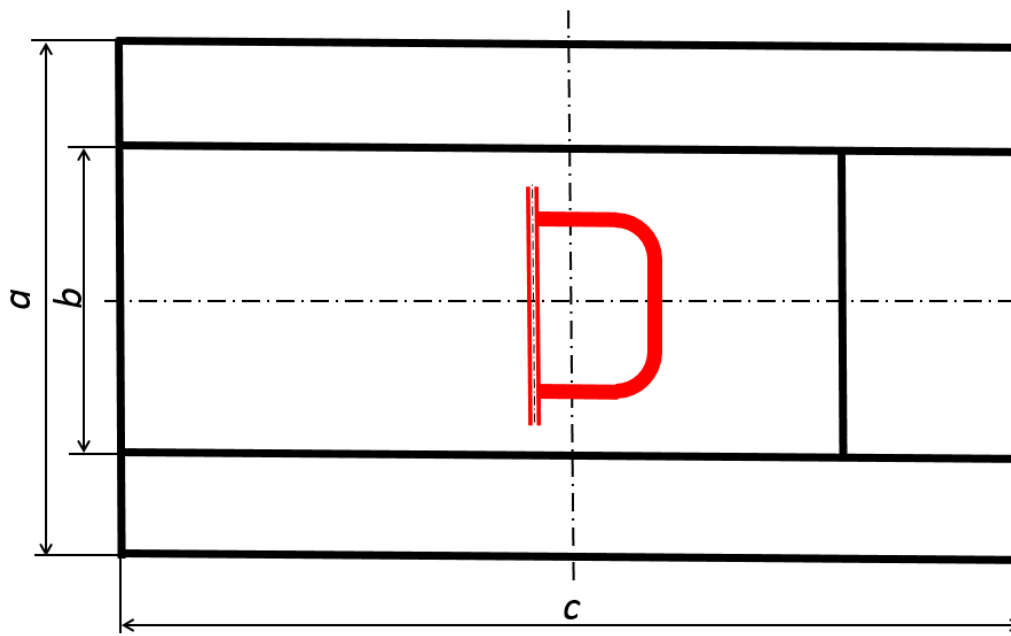
Elektromagnet má výhodu v rychlém chodu a nízké ceně. Nevýhodou je, že během celé doby sepnutí musí být napájen a spotřeba proudu je tak přímo závislá na době sepnutí. Motor pohybující se zámkem mezi polohami blokováno a odblokováno je napájen pouze při změně těchto stavů. Vzhledem k předpokládanému času mezi změnou poloh okolo jedné minuty se z energetického hlediska jeví jako vhodnější použití elektromotoru než elektromagnetu.

Konstrukčnímu řešení zámku je věnována samostatná kapitola 7.5.3.

## 7.2 Stanovení rozměrů zábrany

Pro návrh zábrany je nutné stanovit základní vstupní data, která musí být při konstrukci dodržena. Pro tento případ jde především o stanovení mezních rozměrů vozidel, které bude možné na zábraně parkovat.

Základní parametry jsou čtyři. Maximální šířka vozidla měřena přes pneumatiky **a** (značeno rozchod vnější), minimální šířka vozidla měřena přes pneumatiky **b** (značeno rozchod vnitřní), délka ližiny **c** a maximální a minimální hmotnost vozidla.



Obr. 43- Rozměrová skica

Aby bylo možné pokrýt produktem co největší část trhu, musí být zábrana použitelná pro co nejvíce vozidel. To v ideálním případě znamená pokrýt celé spektrum osobních vozidel prodávaných na evropském trhu.

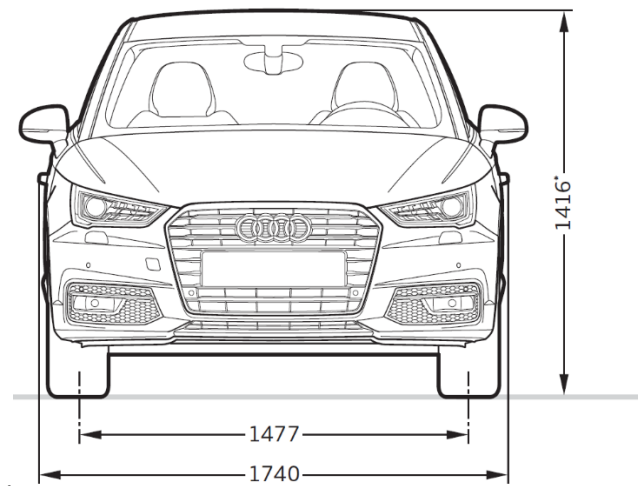
Pro optimální funkci je vhodné mít co nejužší rozsah uvažovaných zatížení. Vzhledem k tomu, že na evropském trhu se prodávají vozidla, která váží od 500 kg až do zhruba tří tun, je tento rozsah značný. Pro jeho zúžení se nabízí možnost vytvořit více řad produktu, které by byly určeny pro různě těžká vozidla. Například model light pro vozidla 500-1800 kg a model heavy 1600-3500 kg. Toto rozdělení je však nevhodné z důvodu nutnosti volby, která omezuje použitelnost pro více vozidel. I z hlediska nákladů a organizace výroby je jednodušší vyrábět pouze jeden univerzální model.

Další možností je omezit použitelnost na vozidla, která jsou v Evropě nejprodávanější. Vozidla, která se rozměry a hmotností vymykají obvyklým hodnotám tvoří velmi malou část trhu, která by z ekonomického hlediska nepřinesla téměř žádný zisk.

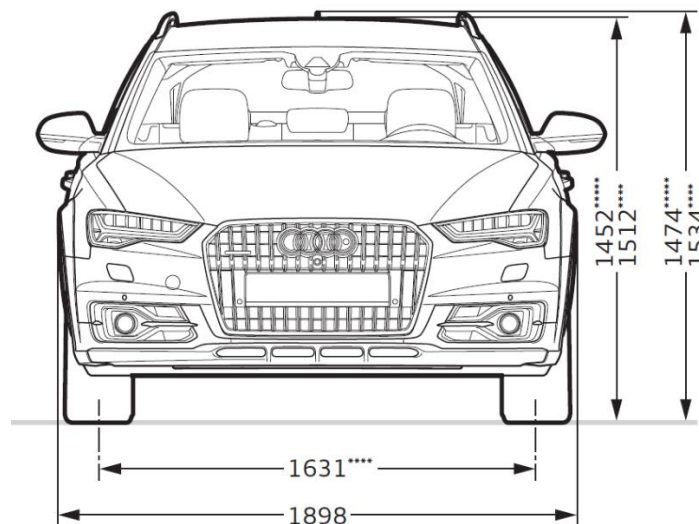
### 7.3 Průzkum vozidel na evropském trhu

Z výše popsaných důvodů bylo rozhodnuto zúžit cílovou skupinu pouze na vozidla, která jsou v Evropě prodávána běžně a to ve větších počtech.

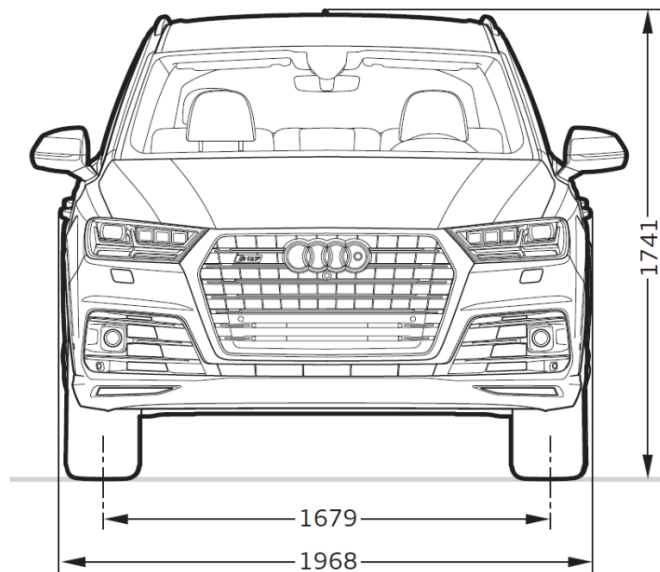
Informace o rozměrech jsou obvykle dostupné v katalogu pro konkrétní model vozidla. Pro základní přehled nejběžnějších rozměrů byl zvolen průřez modelovou řadou značky Audi, a to z důvodu přehledných, dostupných a kompletních informací v jejich katalogích.



*Obr. 44- Audi A1 přední pohled*

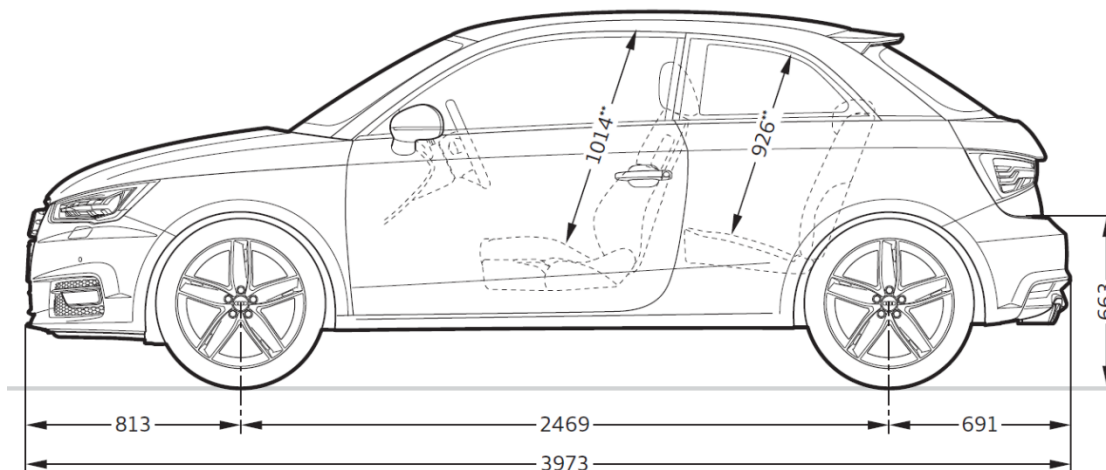


*Obr. 45- Audi A6 allroad přední pohled*



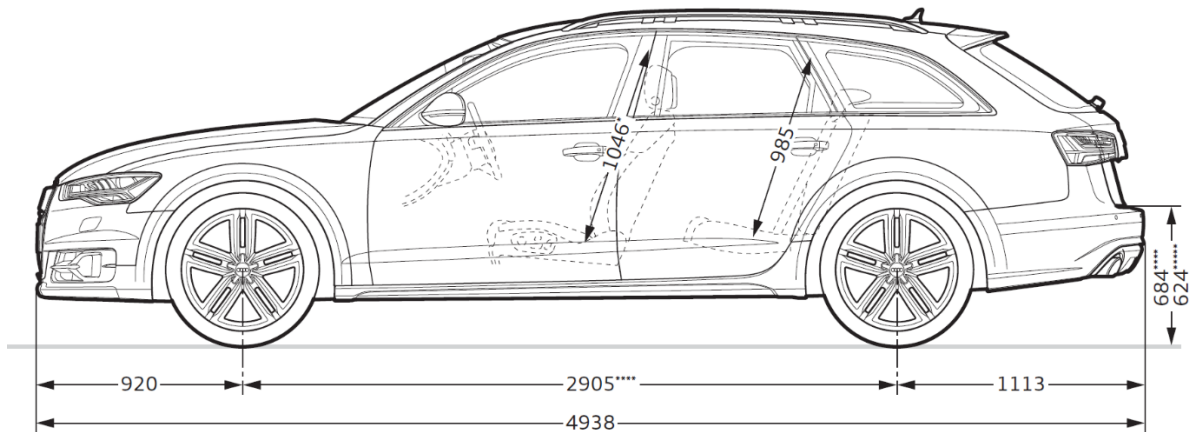
*Obr. 46- Audi Q7 přední pohled*

Jak je vidět na Obr. 44-46, hlavní udávaný rozměr je rozchod kol, který může být různý pro přední i zadní nápravu nebo nemusí. Pro určení rozchodu vnitřního a vnějšího, tak jak byl definován v textu výše, je třeba znát ještě rozměr pneumatik. Používané rozměry obutí jsou také udávány v katalogu výrobce. Pro zjištění mezních hodnot byly vybrány nejširší standardně dodávané pneumatiky.

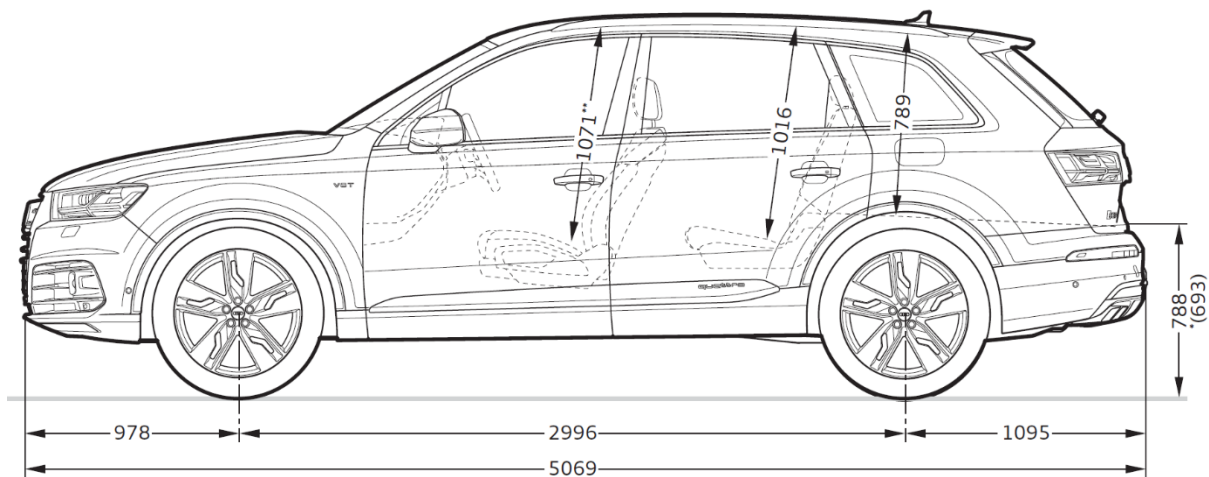


*Obr. 47- Audi A1 boční pohled*





Obr. 48- Audi A6 allroad boční pohled



Obr. 49- Audi Q7 boční pohled

Některé hodnoty v tabulce musely být dopočteny, protože je výrobcí standardně neuvádí. Například vnější rozchod byl vypočten jako zjištěný rozchod plus šířka dvou polovin pneumatiky. Obdobným způsobem byly zjištěny i další hodnoty.

Pro zjištění největších a nejmenších rozměrů byly sledovány dva opačné konce běžné nabídky vozidel. Byly vybráni zástupci jak z řad velkých a těžkých tak malých a lehkých vozidel. Skupina malých vozidel byla hodnocena tak, abychom dosáhli hodnot minimálních (prázdné vozidlo) a velká naopak. Pro porovnání byla zařazena také Škoda Octavia jako nejprodávanější auto v České republice za rok 2016.

*Tabulka 1- Průzkum vozidel*

Vozidlo	hmotnost	Rozvor	Rozchod	Rozchod vnější	Rozchod Vnitřní	Přední převis	Pneu
Audi A1	1110	2469	1477	1692	1262	813	215
Audi A6 Allroad	1965	2905	1631	1886	1376	920	255
Audi Q7	2940	2996	1679	1964	1394	978	285
<b>Velká vozidla</b>							
Volvo XC90	2319	2984	1665	1940			
<b>Toyota Hilux</b>		<b>3085</b>	<b>1550</b>	<b>1855</b>			
<b>Range Rover</b>		<b>2922</b>	<b>1690</b>	<b>1965</b>			<b>275</b>
Mercedes-Benz S	2000	3035	1637	1899		888	
Mercedes-Benz GLE	3250	3075	1675	1940		890	265
<b>Mercedes-Benz GLS</b>	<b>3250</b>	<b>3075</b>	<b>1675</b>	<b>1940</b>		<b>894</b>	<b>265</b>
Škoda Octavia	1354	2686	1549	1744	1354	886	195
<b>Malá vozidla</b>							
Fiat 500	975	2300	1407		1232		175
Fiat Panda	1010	2300	1407		1231		176
Fiat 124 Spider (MX5)	1050	2310	1496		1301		195
<b>Renault Twingo</b>	<b>970</b>	<b>2494</b>	<b>1374</b>		<b>1219</b>		<b>155</b>
<b>Škoda CitiGo</b>	1005	2420	1424			<b>600</b>	
<b>Smart ForTwo</b>	<b>960</b>	<b>1873</b>	<b>1430</b>		<b>1265</b>		<b>165</b>

V tabulce jsou tučně vyznačena všechna vozidla, která se vyznačují maximální či minimální hodnotou jednoho z parametrů v pozorovaném vzorku. Příslušná krajní hodnota u vozidla je pak vyznačena červenou barvou.

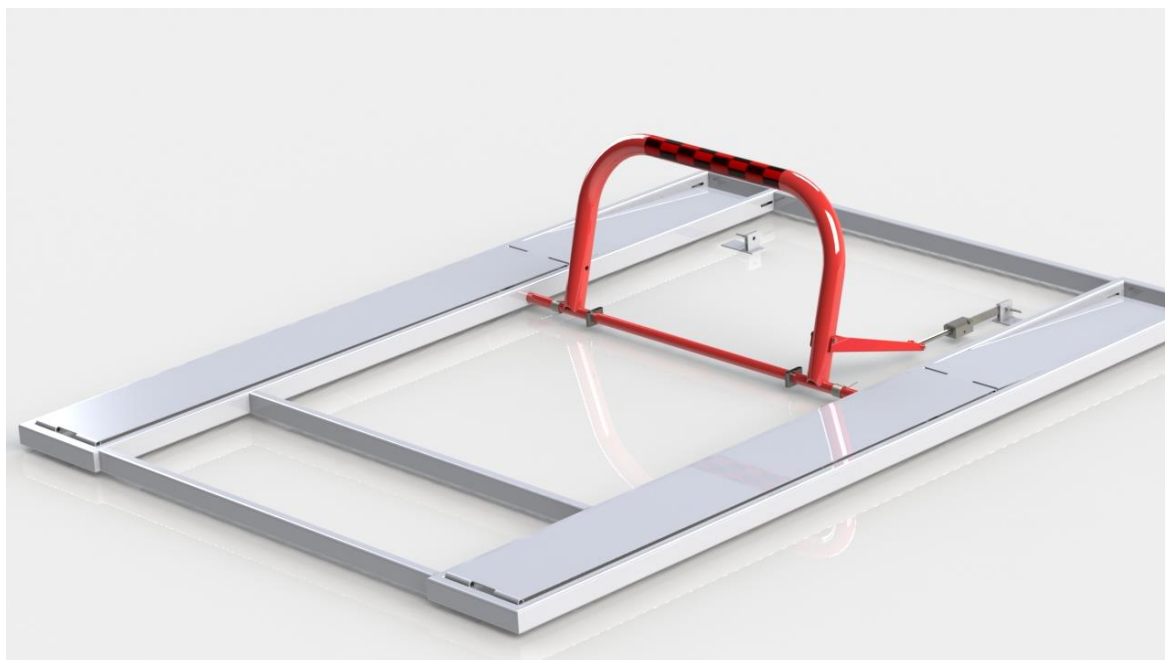
Na základě získaných dat byly zvoleny hodnoty pro další konstrukční činnost. Rozchod byl zvětšen, aby řidič mohl parkovat komfortně. Maximální hmotnost byla naopak omezena, protože jde o hodnotu limitní, na kterou se obvykle vozidla nezatěžují.

*Tabulka 2- Zvolená data pro další výpočet*

Hmotnost min.	Hmotnost max.	Rozvor	Rozchod vnější	Rozchod Vnitřní
1000 kg	3000 kg	3100 mm	2100 mm	1150 mm

## 7.4 První funkční model

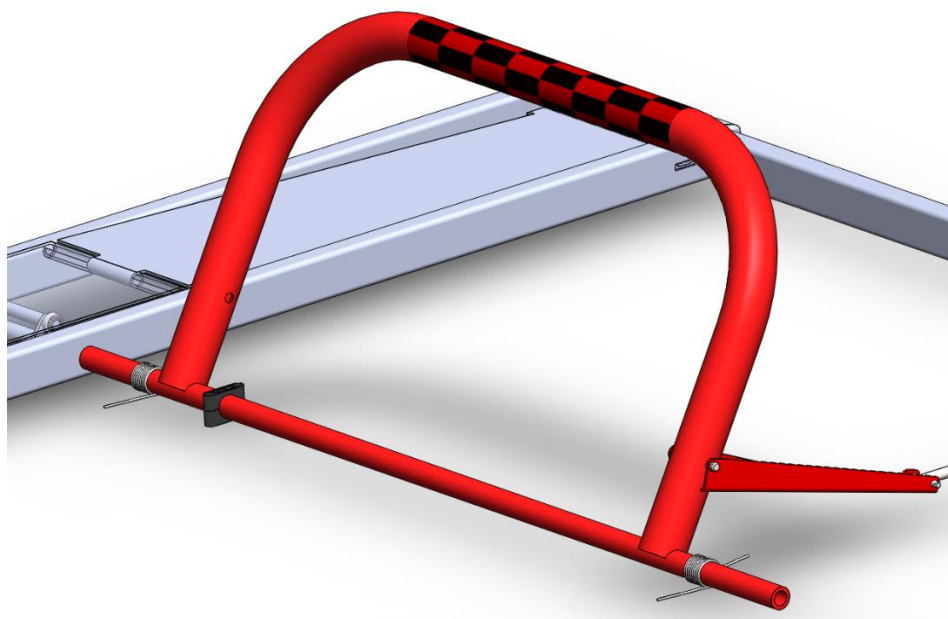
Dle zjištěných skutečností a navržených řešení byl vytvořen první funkční model.



*Obr. 50- První funkční model*

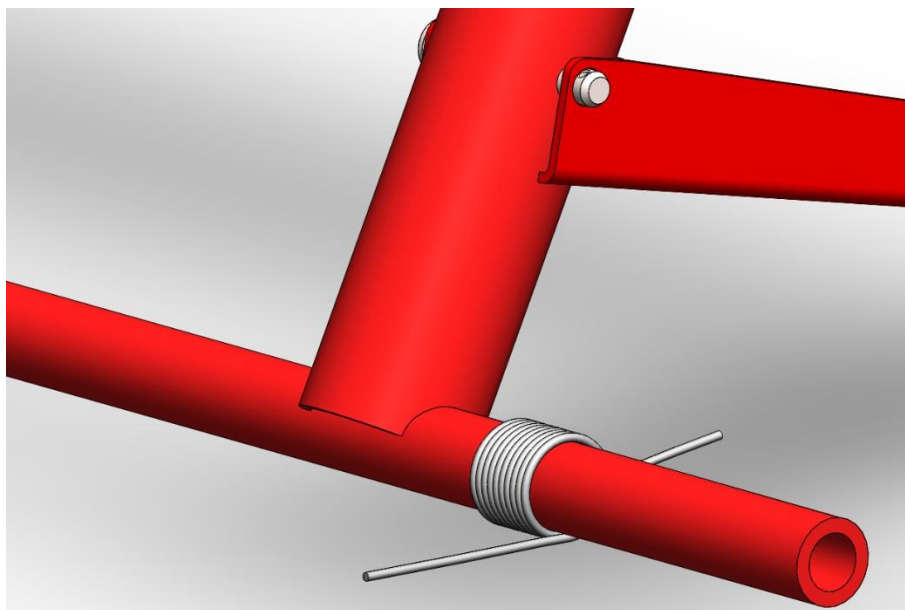
### 7.4.1 Konstrukce a tvar zábrany

Zábrana může mít mnoho podob a tvarů. Z estetických a funkčních důvodů byly zavrženy varianty jako použití dvou samostatných sloupků a podobně. Toto řešení by bylo méně tuhé a je zde větší šance na přehlédnutí překážky.



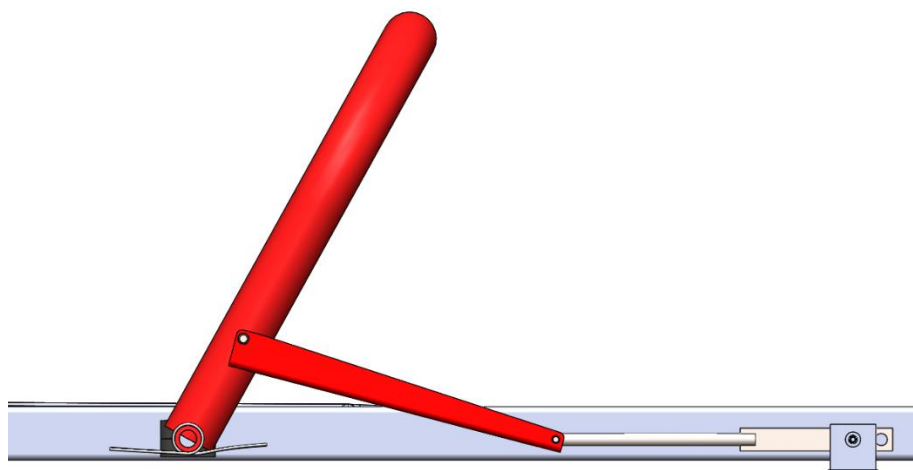
*Obr. 51- Tvar zábrany*

Byla zvolena konstrukce z trubky o velkém průměru (60-80 mm) s dvěma ohyby 90° s velkým poloměrem. Tento tvar se hojně využívá pro různé pevné zábrany a je tak na první pohled poznat účel dané konstrukce.



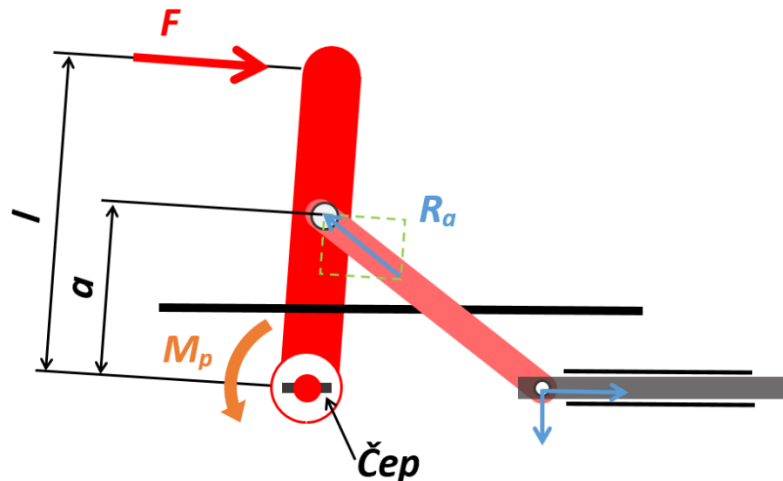
*Obr. 52- Spojení zábrany s hřídelí*

Zábrana je svařena s trubkou, která je hřídelí, na niž je přiváděn moment prostřednictvím vačky. Ohýbaná trubka velkého průměru je opracována tak, aby bylo možné dostatečně rozvést napětí v místě spojení.



*Obr. 53- Vzpěry zábrany*

Zábrana byla dále doplněna o dvě vzpěry, které jsou navrženy z ohýbaného páleného plechu. Tyto vzpěry slouží k tomu, aby byla zábrana odolnější.

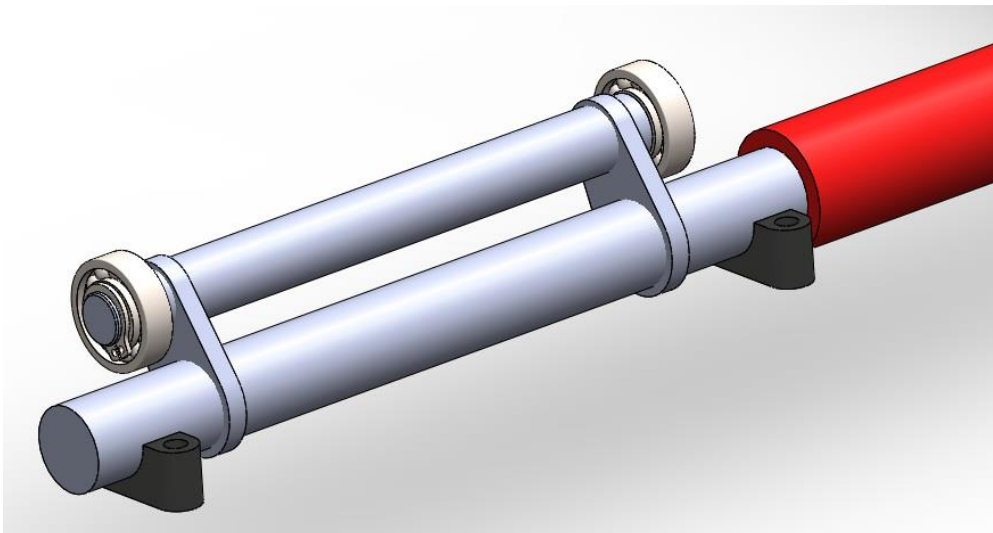


Obr. 54- Schéma sil ve vzpěře

Z Obr. 54 je zřejmé že, veškerá síla  $F$  působící na zábranu by byla přenášena na hřídel přes čep. Vzhledem k malému průměru hřídele oproti vzdálenosti působitě síly  $l$  by byla síla příliš velká. Proto je vhodné zábranu doplnit o vzpěry, které mají rameno síly velikosti  $a$ . Silové poměry jsou pak vhodnější.

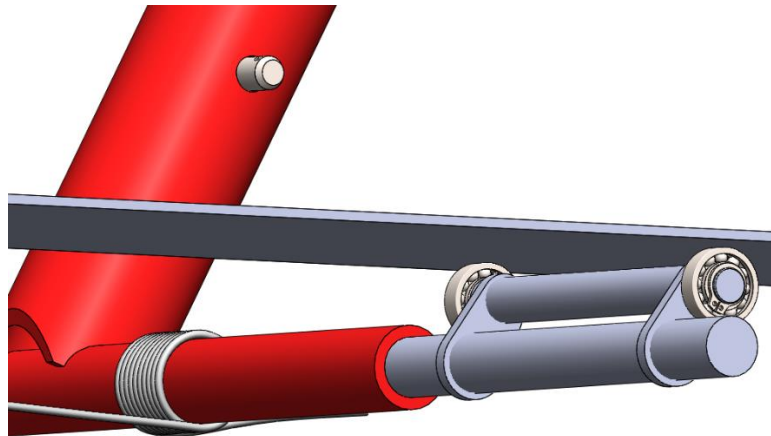
#### 7.4.2 Provedení vačky

Z důvodů popsaných v části 7.1.2 byla klasická vačka nahrazena hřídelí s ložisky.



Obr. 55- Nahrazení vačky

Válec vhodný pro použití v této aplikaci, co by měl správné rozměry, nebyl na trhu nalezen. Možným řešením je vlastní výroba. Vzhledem k nutnosti vlastní výroby tohoto dílu a nutnosti řešení jeho uložení, patrně do kluzných ložisek, byla zvolena varianta s valivými ložisky. Valivá ložiska se vyrábí ve velkém množství rozměrů a mají nízkou cenu. Případné problémy s touto částí lze snadno vyřešit její výměnou.

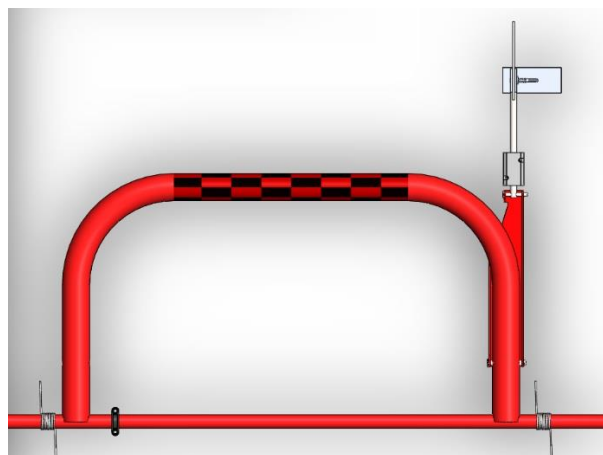


*Obr. 56- Zobrazení náhrady vačky s ližinou*

Převod se skládá ze dvou hřídelí. První hřídel je pevně spojena s osou zábrany. Pomocí dvou výpalků z plechu je spojen s hřídelí druhou, na které jsou nasunuta ložiska. Ložisko je z jedné strany axiálně jištěno osazením a z druhé pojistným kroužkem. Ložiska podpírají ližinu přibližně v každé třetině její šířky.

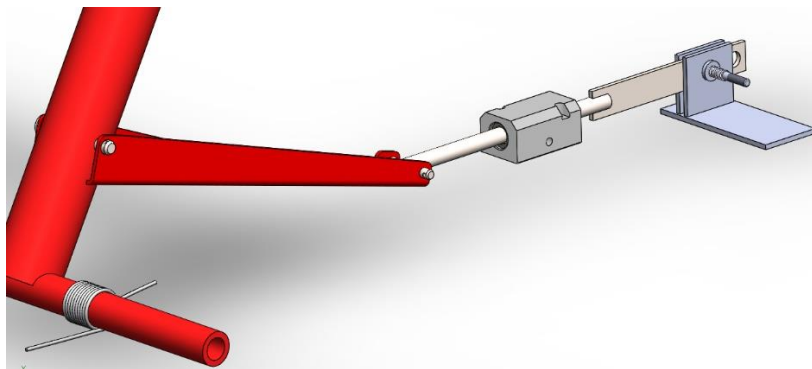
#### 7.4.3 Lineární vedení

Zábrana byla doplněna o vzpěry, jejichž jeden konec je čepem upevněn k zábraně a druhý je třeba připevnit tak, aby se mohl posouvat při sklápění zábrany. Hlavním problémem je, že vedení vzpěry je umístěno v ose sklápění zábrany. Vzhledem k tomu, že zábrana má být co nejnižší, se umístění vedení pod vzpěru jeví jako problém.



*Obr. 57- První návrh lineárního vedení – horní pohled*

V prvotním návrhu je lineární vedení tvořeno hlazenou kulatou tyčí, která je vedena v domku s ložisky z umělé hmoty Igus RTA od společnosti Hennlich s. r. o.

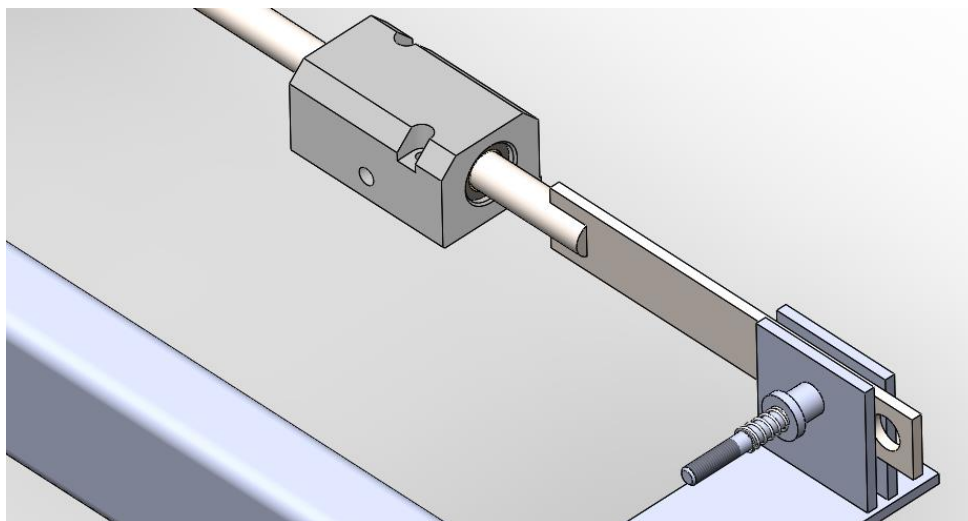


*Obr. 58- První návrh lineárního vedení – obecný pohled*

Toto řešení není zcela vhodné. Síla jdoucí od zábrany skrz vzpěru se v místě spojení s hlazenou tyčí rozkládá na dvě složky. První složka působí ve směru její osy a je zachytávána použitými zámkami. Druhá složka však působí na tyč v radiálním směru a způsobuje její ohyb, což je velmi nežádoucí. V této aplikaci je namáhání na ohyb limitující pro celkovou odolnost zábrany, snižuje tuhost a může i ničit samotné axiální ložisko.

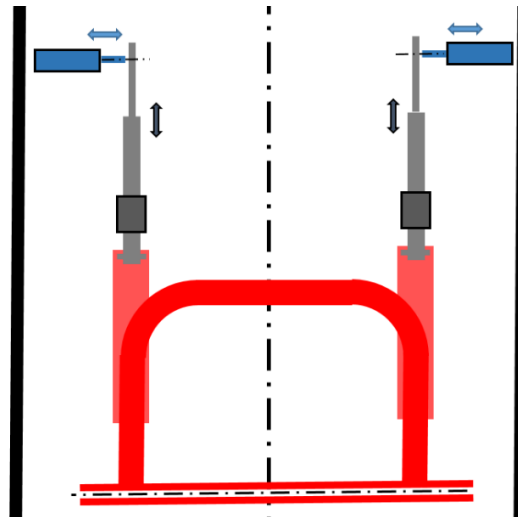
#### 7.4.4 Zámky

Velmi důležitou částí zábrany je systém jejího zamykání. Po doplnění zábrany o vzpěry a jejich lineární vedení se jeví fixace tohoto pohybu jako nejvhodnější.



*Obr. 59- Detail zámků*

Blokace je navržena pomocí trnů, podle schématu v kapitole 7.1.4, které zapadají do otvorů plochých tyčí spojených s tyčemi lineárního vedení. Trny ovládají dva lineární motory umístěné na vnější straně.



*Obr. 60- Umístění zámků*

## 7.5 Optimalizace konstrukce

Po vytvoření prvotního modelu se objevila řada míst, která bylo vhodné upravit. Změny se týkají částí, které zjednodušují konstrukci, snižují namáhání, zvyšují spolehlivost a snižují výrobní náklady. V této části práce budou zmíněny ty nejpodstatnější.

### 7.5.1 Lineární vedení

Z důvodů popsanych u prvního návrhu bylo největším problémem namáhání lineárního vedení na ohyb. Při optimalizaci konstrukce došlo k posunutí hlavní hřídele sklopné zábrany z její osy na spodní hranu. Tato úprava dovolila posunutí zábrany výš a pod ní se tak uvolnil prostor pro lineární vedení, které může být po celé délce pohybu a nebude tak namáháno na ohyb.



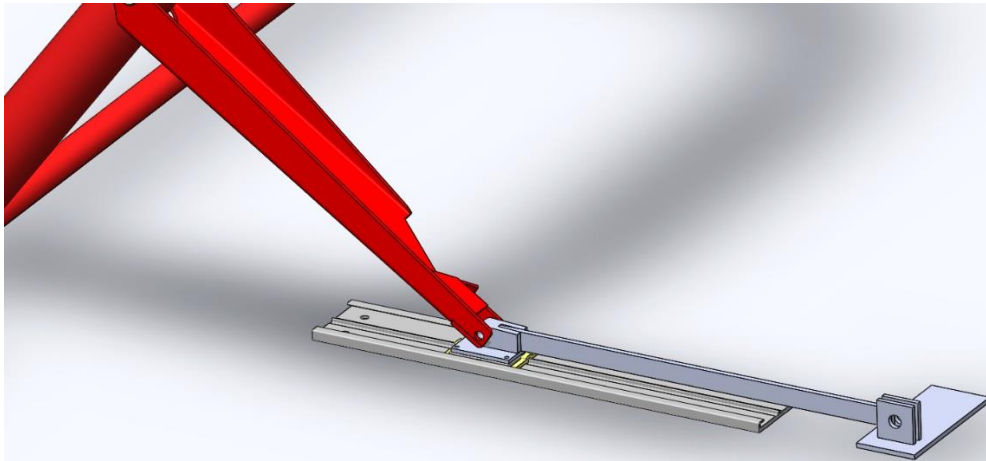
*Obr. 61- Původní poloha hřídele*



*Obr. 62- Optimalizovaná poloha hřídele*

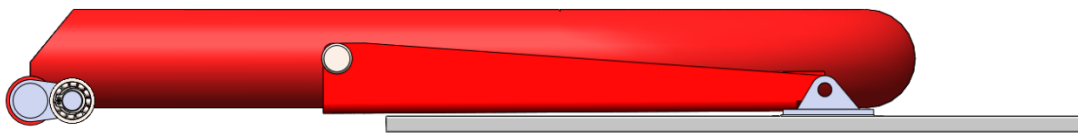
Vhodné lineární vedení bylo nalezeno znovu v katalogu společnosti Hennlich s. r. o. Jedná se o nízko profilové vedení o šířce kolejnice 80 mm. Styčné plochy vozíku jsou vyrobeny z kluzného plastu, který pracuje bez nutnosti mazání a je korozi vzdorný. Dle výrobce jsou vhodné i pro vyšší zatížení a horší provozní podmínky. Pro vozík o šířce 80 mm je dovolené provozní zatížení 1 000 N.





*Obr. 63- Změněné lineární vedení*

Na vozík je pomocí čtyř šroubů přidělán svarek, do kterého je čepem upevněna vzpěra zábrany a plochá tyč. Zámek zapadá do otvoru v tyči a blokuje tak její pohyb.

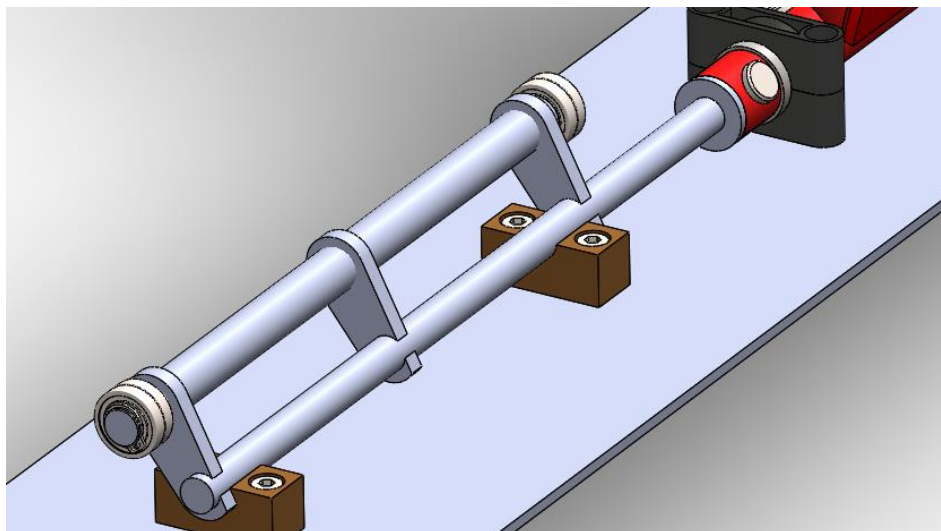


*Obr. 64- Pohled z boku na složenou zábranu*

Jak je vidět na Obr. 64, pomocí těchto změn bylo dosaženo malé zástavbové výšky a velké odolnosti.

### 7.5.2 Kluzná ložiska

Pod vačku, která přivádí moment sklápějící zábranu, bylo nutné navrhnout vhodné uložení. Hlavním omezením byly rozměry. Vačka koná vratný pohyb v rozsahu 0 až 70°.



*Obr. 65- Kluzná ložiska*

Jako uložení zde postačí dva frézované obdélníkové bronzové bloky. Aby se zabránilo dodatečnému namáhání hřídele vačky na ohyb, musí být umístěny co nejbližší ložiskům vačky. Takto navržená ložiska jsou schopna zachycovat zatížení jen v jednom směru. Ve směru opačném, než je hlavní zatěžování, jejich funkci přebírají ložiska na střední hřídeli, která jsou schopna zachytit radiální síly ve všech směrech.

### 7.5.3 Zámky

V prvotním návrhu byly použity dva lineární aktuátory umístěné na vnější strany. Aby bylo možné dosáhnout co největší šířky zábrany, bylo rozhodnuto posunout pohon zámků směrem ke středu zábrany.

Další věcí, kterou bylo třeba zvážit, byl počet motorů ovládajících dva zámky. Při použití dvou pohonů hrozí větší nebezpečí poruchy jednoho z nich. V případě, že by k tomu došlo, je třeba tuto zá vadu zajistit, správně vyhodnotit a dát o poruše informaci uživateli. Pokud by se jeden zámek neodemkl a uživatel, v domněnku že je zábrana odblokována, na ni vjel, došlo by k nárazu a ke zkřížení mechanismu. Při použití jednoho motoru ovládajícího oba zámky se nebezpečí poruchy i počet senzorů nutný k jejímu odhalení snižuje.

Z těchto důvodů bylo rozhodnuto použít stejnosměrný motor s převodovkou. Vhodným a cenově dostupným řešením je motor nabízený čínskou společností YALU.

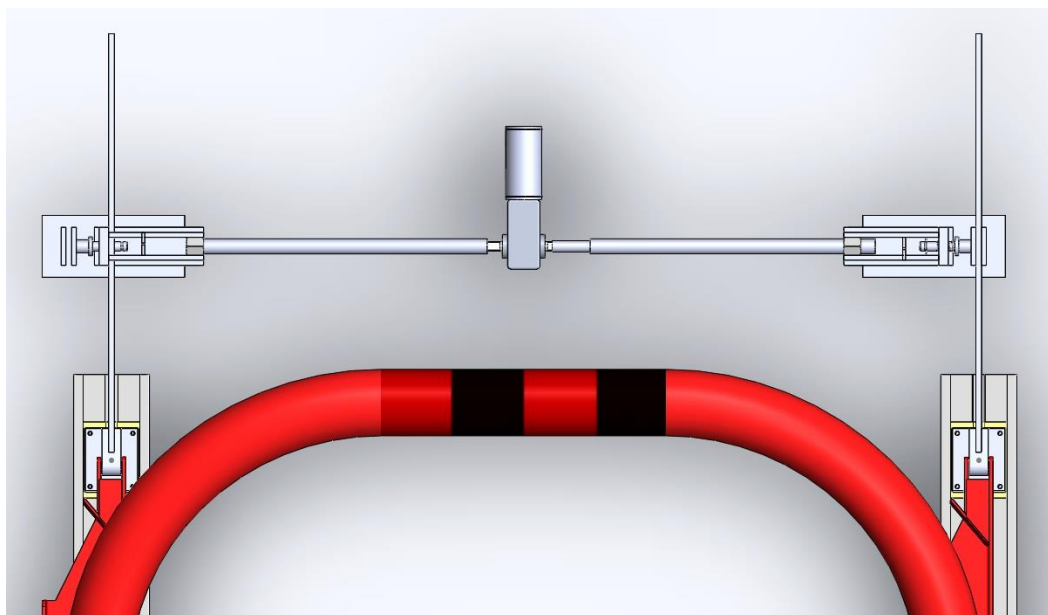


Obr. 66- Převodový motor

Jedná se o 12 V stejnosměrný motor dodávaný s převodovkou. Výstup převodovky lze volit jak jednostranný, tak i s průběžným hřídelem. Výstupní otáčky převodovky naprázdno lze volit při objednání. Otáčky jsou dány převodovým poměrem převodovky a mohou být pro tento model 12, 16, 27, 40, 80, 160, 240 a 470 ot./min. Vhodný převodový poměr byl zvolen výpočtem ve výpočtové části (viz kapitola 7.6.6).

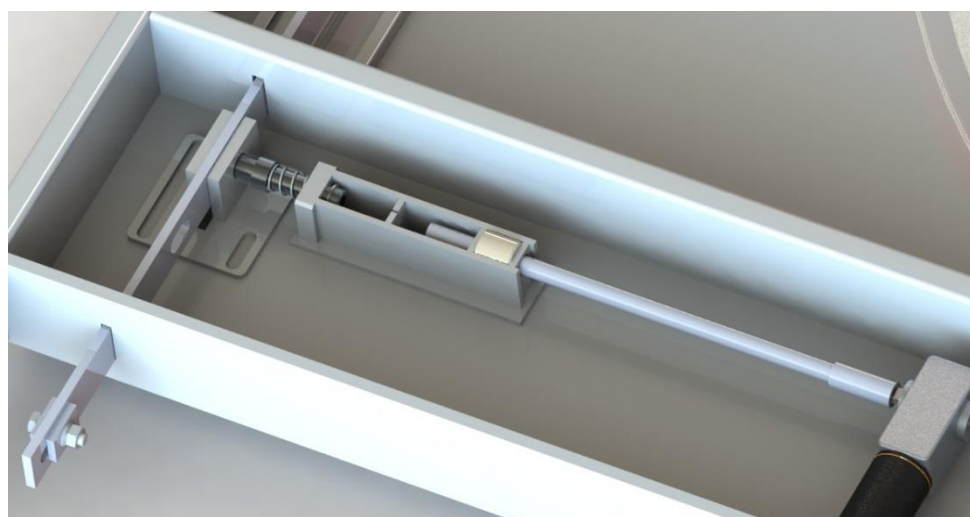
Pohyb zámků lze realizovat více způsoby. Pro svoji jednoduchost bylo navrženo řešení, kde jsou použity dvě závitové tyče připojené pomocí spojky na zmíněný motor s průběžnou hřídelí. Jedna závitová tyč je levá a druhá pravá. Na koncích jsou umístěny svařence, v nichž

jsou uloženy matice. Díky použití levého a pravého závitu dojde při otáčení motoru k přitahování matic k sobě a při opačném směru otáčení k jejich odtlačování.



*Obr. 67- Umístění komponent zámku*

Točící se tyč pomocí matice pohybuje se svařenci, které můžeme nazývat vozíky. Hlavní účel vozíku je vést odpružený trn popsány v kapitole 7.1.4, který zapadá do ploché tyče spojené s lineárním vedením vzpěry zábrany.



*Obr. 68- Vozík zámku*

Toto řešení přináší ušetření nákladů, protože navržený motor je výrazně levnější než lineární aktuátor, navíc stačí pouze jeden. Další úspory nákladů je dosaženo díky jednoduššímu řízení, které nevyžaduje velký počet senzorů.

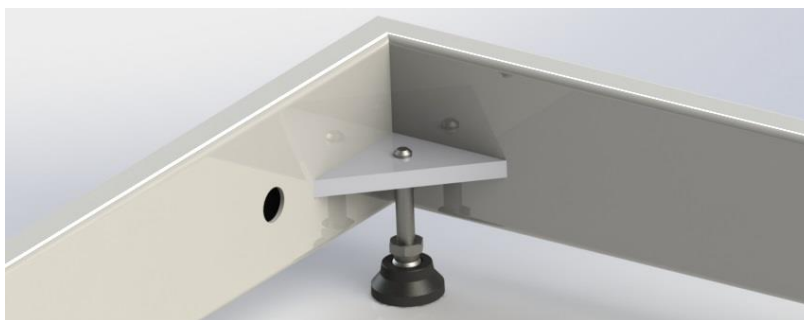
#### 7.5.4 Rám

Pro lepší prostorovou představu byl vytvořen nosný rám zábrany tak, aby bylo možné všechny komponenty umístit na vhodné místo.



*Obr. 69- Základní rám*

Hlavní rám je tvořen z obdélníkových profilů o rozměru 80x30x2. V místech funkčních částí je spodní rovina tvořena ocelovým plechem o tloušťce 5 mm. U rámu není předpoklad na větší namáhání ohybem ani zkrutem z důvodu montáže na rovnou pevnou podložku. Případné nerovnosti je možné kompenzovat nastavitelnými nohama a tím se toto namáhání minimalizuje.



*Obr. 70- Opěrná noha*

#### 7.6 Výpočtová část

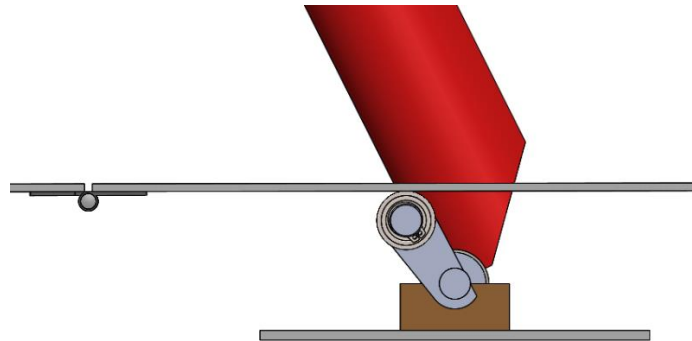
Optimalizací prvního návrhu vzniknul funkční model s danými základními rozměry. Ve výpočtové části jsou vybrané konstrukční části zkontrolovány, případně navrženy tak, aby nedošlo k jejich poškození během provozu.

##### 7.6.1 Vačka a její silové poměry

Nejdůležitější částí výpočtů je stanovení momentu na hřídeli zábrany v jednotlivých stavech a při zatížení různými vozidly. Moment, který vznikne na hřídeli, musí být co největší,

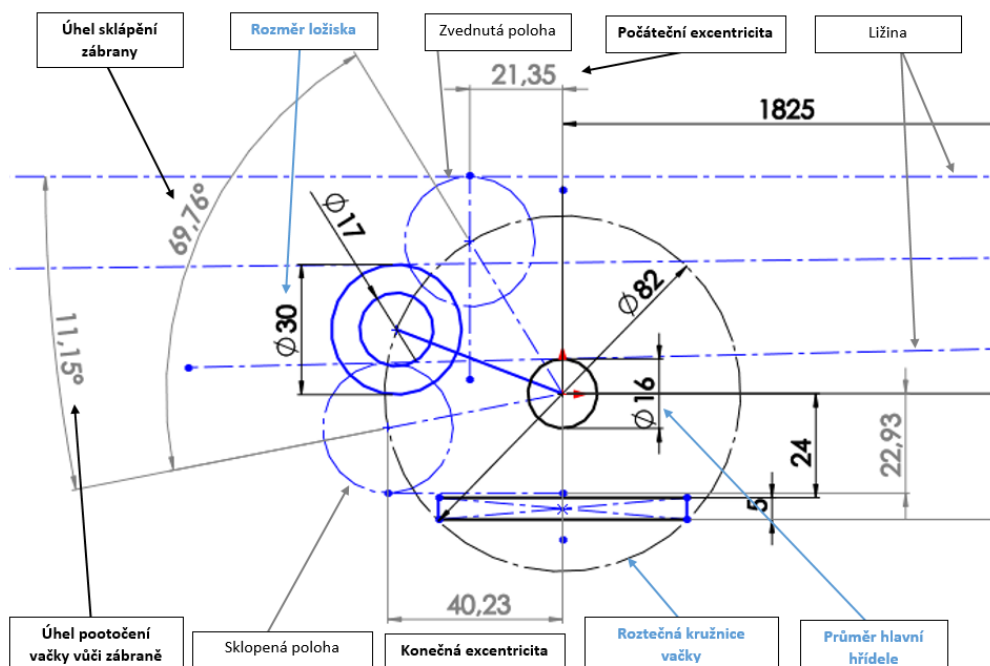
aby překonal moment pružiny, která je dostatečně silná na to, aby zábranu zvedla i při ztížených podmínkách.

Aby byl dosažen co největší moment na hřídeli překonávající zkrutnou pružinu v situaci, kdy automobil na zábranu vjíždí, je nutné dosáhnout velké počáteční excentricity.



Obr. 71- Poloha vačky a ližiny

Ke zjištění potřebných hodnot pro konstrukci a výpočet sil byl vytvořen náčrt s vzájemnými kinematickými vazbami. V náčrtu je uvažován především stav ve zvednuté poloze a stav v konečné poloze, kdy se ližina opře o hlavní hřídel a moment tak dále neroste.



Obr. 72- Návrhový náčrt vačky

Modře jsou vyznačeny hlavní vstupní hodnoty, pomocí jejichž změn byly upravovány hodnoty výstupní, které jsou vyznačeny tučně. Hlavním požadavkem bylo dosáhnout úhlu sklápění zábrany minimálně 70° při dosažení co největší počáteční excentricity a zachování dostatečného průměru hřídele, která bude vzniklý moment schopna přenést.

Na základě parametrů zjištěných v části 7.3, rozměrů optimalizovaného modelu a navržených rozměrů vačky, byla sestavena tabulka vstupních veličin. Pro následný výpočet byla jako modelové vozidlo vybrána Škoda Citigo. U výpočtu jsou uvažovány jak síly minimální nutné ke sklopení zábrany, tak maximální, pro které je zábranu nutné dimenzovat. Pro kontrolu bylo následně do výpočtu zahrnuto také vozidlo Škoda Octavia, které má vyšší hmotnost, ale zároveň delší přední převis.

*Tabulka 3- Vstupní data pro výpočet momentů*

Vstupní veličiny		Citigo	Octavia
Vzdálenost vačky od začátku ližiny	$l$	1825.0 mm	1825.0 mm
Tíha malého vozu	$F_1$	10000.0 N	13250.0 N
Tíha velkého vozu	$F_2$	30000.0 N	30000.0 N
Váha na přední nápravě		0.5 *100%	0.5 *100%
Přední převis vozu	$p+100$	700.0 mm	1000.0 mm
Počáteční excentricita vačky	$e_1$	21.4 mm	21.4 mm
Konečná excentricita vačky	$e_2$	41.0 mm	41.0 mm

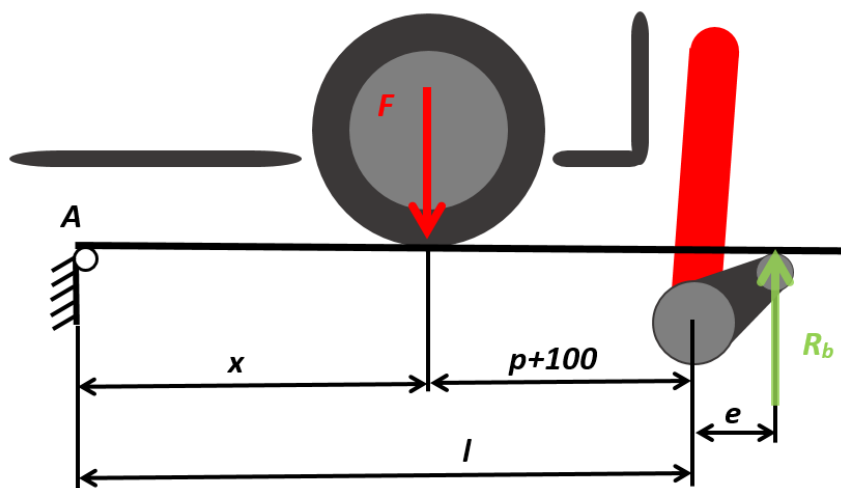
Pro výpočet jsou uvažovány dvě hmotnosti vozidel a z nich vyplývající tíha  $F_1$  a  $F_2$ . Z důvodu obtížného přístupu k informacím o rozložení hmotnosti na jednotlivá kola u vozidel bylo zavedeno zjednodušení. Předpokládá se, že drtivá většina parkovaných vozidel má motor umístěný vepředu, a tudíž i více jak polovina hmotnosti prázdného vozu leží na přední nápravě.

U sportovních vozidel je snaha o ideální rozložení hmotnosti 50:50 málo kdy však je větší hmotnost na nápravě zadní. Z těchto důvodů je uvažována síla na přední nápravě právě 50 % tíhy celkové. Pro výpočet působí síla od pneumatiky je uvažována délka „ $p+100$ “ předního převisu zvětšená o 100 mm, aby nedošlo ke kontaktu vozidla se zábranou.

*Tabulka 4- Dopotčítaná data pro výpočet momentů*

Dopotčítané veličiny			
Síla od přední nápravy	$F_{min}$	2500.0 N	3312.5 N
Síla od přední nápravy	$F_{max}$	7500.0 N	7500.0 N
Vzdálenost $x$ – působí síly $F$	$x$	1125.0 mm	825.0 mm

Pro výpočet momentu na hřidelu vačky je třeba vypočítat reakci  $R_b$  v místě kontaktu vačky s ližinou. Pro sestavení momentové rovnice k bodu **A** je třeba spočítat vzdálenost působí síly  $F$ . Délka ramene síly je určena jako  $x=l-(p+100)$ . Na základě zjednodušení byla dále stanovena síla na jedno kolo jako čtvrtina celkové tíhy.



Obr. 73- Skica rozměrů pro výpočet momentů

Ze získaných a dopočtených vstupních hodnot lze nyní spočítat silové a momentové poměry ve vačkovém převodu. Reakce  $R_b$  je vypočtena z rovnice  $R_{b \min/\max} = (F_{\min/\max} * x) / l$ . Vliv excentricity  $e$  na rameno  $l$  byl vzhledem k její velikosti zanedbán.

Tabulka 5- Výpočet momentů

Výpočty	Citigo	Octavia
Reakce $R_{b \min}$ v místě vačky	1541.1 N	1497.4 N
Reakce $R_{b \max}$ v místě vačky	4623.3 N	3390.4 N
Moment na sklopné hřídeli <b>M1</b> počátek	65.8 N.m	63.9 N.m
Moment na sklopné hřídeli <b>M2</b> konec	126.4 N.m	122.8 N.m
Maximální uvažovaný moment <b>M3</b> (zamčený)	197.4 N.m	144.8 N.m
Maximální uvažovaný moment <b>M4</b> (vzpříčený)	379.1 N.m	278.0 N.m

Pro následující výpočty byly stanoveny čtyři stavy, ve kterých je nutné vyšetřit moment na hřídeli.

#### 1) Moment na sklopné hřídeli **M1** počátek

Popisuje hodnotu momentu na hřídeli vačky ve chvíli, kdy je zábrana odemčena a lehké vozidlo se dostává do pozice, při které má dojít ke sklopení zábrany. Tato hodnota je důležitá pro návrh pružiny tvořící protiváhu mechanismu vracející zábranu do vzpřímené polohy. Počáteční moment pružiny nesmí být větší než moment **M1**.

#### 2) Moment na sklopné hřídeli **M2** konec

Popisuje hodnotu momentu na hřídeli vačky ve chvíli, kdy je zábrana odemčena a lehké vozidlo se dostává do pozice, při které je zábrana plně sklopena. Tato hodnota také slouží pro návrh zkrutné pružiny. Jedná se o maximální hodnotu momentu, kterou je vozidlo schopno překonat ve složeném stavu. Při návrhu pružiny se snažíme této hodnotě co nejvíce přiblížit. Právě tento moment určuje, jestli se bude zábrana spolehlivě rozkládat v případě zamrznutí apod.

3) Maximální uvažovaný moment **M3** (zamčený)

Popisuje hodnotu momentu ve chvíli, kdy na uzamčenou zábranu vjede vozidlo o maximální přípustné hmotnosti. Toto je největší hodnota ke které by při běžném provozu mělo docházet.

4) Maximální uvažovaný moment **M4** (vzpříčený)

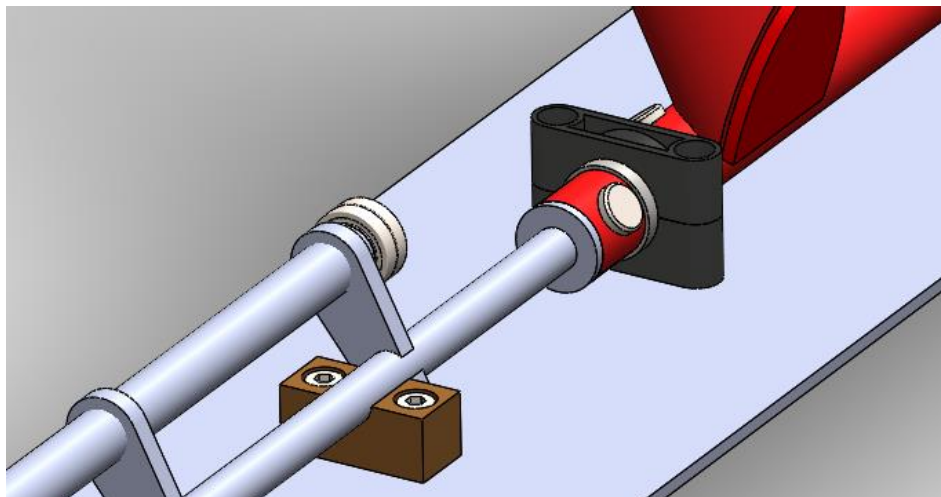
Poslední uvažovaný stav se dá nazvat jako poruchový. Došlo by k němu pouze v případě poruchy mechanismu, případně vzpříčení cizího předmětu. Ve chvíli, kdy na zábranu najede těžké vozidlo, zábrana se za normálního stavu sklopí a hřídel přenáší pouze moment rovnající se aktuální velikosti momentu vyvozovaného zkrutnou pružinou. Zbytek síly působí pouze tlakem na hřídel vačky, protože ližina na ni dosedne a rameno síly je tak nulové.

V případě že by nedošlo k plnému sklopení zábrany, nedošlo by k dosednutí ližiny na hřídel a veškerá síla by působila na rameni maximální excentricity **e2**. K tomuto by mohlo dojít například uvíznutím větve v místech, kam se zábrana sklápí. Pro další výpočet je tento stav uvažován jako okrajový a je zde uvažována malá bezpečnost.



### 7.6.2 Kontrola hřídelí

V zábraně jsou dvě hlavní hřídele. První je bezešvá hladká kruhová trubka o rozměru 31,8x4 mm. K ní je přivařena trubka tvořící tělo zábrany, připojeny zkrutné pružiny zvedající zábranu a pomocí čepů je spojena s hřídelí vačky. Hřídel vačky je plná a jsou k ní přivařeny plechy držící tyč s ložisky. Obě hřídele jsou z oceli 11 523.



Obr. 74- Detail hřídelí

Hřídele jsou kontrolovány na krut a to dvěma momenty. První je moment **M3** vznikající při vjezdu velkého vozidla na zamknutou zábranu. Druhý je moment poruchový **M4**, ke kterému by za běžného provozu nemělo dojít.

Tabulka 6- Pevnostní kontrola hřídelí

Pevnost v krutu střední trubka		Pevnost v krutu vačková trubka	
D	31.80 mm	D	16.00 mm
d	23.80 mm	d	0.00 mm
Moment <b>M3</b>	98.71 Nm	Moment <b>M3</b>	98.71 Nm
Moment <b>M4</b> poruchový	189.55 Nm	Moment <b>M4</b> poruchový	189.55 Nm
Mez kluzu $\sigma_{kt}$ pro 11 523	333.00 MPa	Mez kluzu $\sigma_{kt}$ pro 11 523	333.00 MPa
Wk	4332.98 mm <sup>3</sup>	Wk	804.25 mm <sup>3</sup>
$\tau_{max}$	22.78 MPa	$\tau_{max}$	122.73 MPa
$\tau_{poruchové}$	43.75 MPa	$\tau_{poruchové}$	235.69 MPa
<b>Bezpečnost K</b>	<b>14.62</b>	<b>Bezpečnost K</b>	<b>2.71</b>
Bezpečnost $K_p$ poruchová	7.61	Bezpečnost $K_p$ poruchová	1.41

$$W_k = \frac{\pi}{16} * \frac{D^4 - d^4}{D} \quad \{1\} \quad \tau = \frac{M_k}{W_k} \quad \{2\} \quad K = \frac{\sigma_{kt}}{\tau_{max}} \quad \{3\}$$

Obě hřídele vyhoví jak běžnému momentu **M3**, tak momentu poruchovému **M4**.

### 7.6.3 Čepy

Hřídel vačky je nutné vhodným způsobem spojit s hřídelí zábrany. Toto spojení musí být rozebíratelné z důvodu smontovatelnosti. Hřídel zábrany je vytvořena z kruhové trubky o

rozměru 31,8x4 mm. Pro použití drážkování k přenosu momentu mezi hřídeli by bylo nutné trubku upravit tak, aby v ní vznikla dostatečně silná stěna pro drážky. Nutnost úpravy konce trubky by spojení komplikovalo a i samotné drážkování je výrobně dražší. Z těchto důvodů bylo navrženo spojení pomocí čepů.

Čep byl navržen o průměru 10 mm. Průměr, na kterém dochází k namáhání čepu stříhem, je shodný s vnitřním průměrem hřídele zábrany 23,8 mm. Spoj byl kontrolován na stříh a otažení.

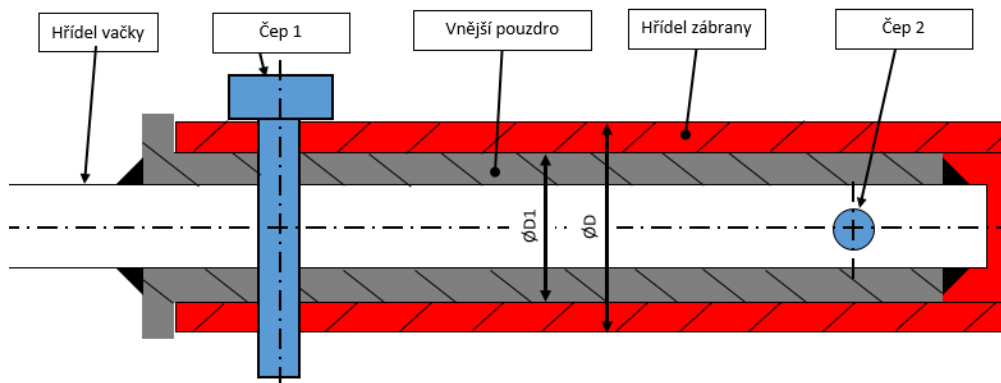
*Tabulka 7- Kontrola čepu na stříh a otažení*

Čepové spojení hřídelí			
Moment kritický	M4	189.55	Nm
Průměr vnitřní	ØD	23.80	mm
Průměr vnější	ØD <sub>1</sub>	31.80	mm
Průměr čepu	Ød	10.00	mm
Tloušťka stěny	S	4.00	mm
Napětí ve smyku dovolené	τ <sub>sd</sub>	70	MPa
Tlak dovolený	p <sub>2d</sub>	90	MPa
τ		101.4	MPa
p <sub>2</sub>		170.5	MPa

$$\tau = \frac{4 \cdot M_4}{\pi \cdot D \cdot d^2} \leq \tau_{sd} \quad \{4\}$$

$$p_2 = \frac{4 \cdot M_4}{(D_1^2 - D^2) \cdot d} \leq p_{2d} \quad \{5\}$$

Toto spojení čepem nevyhovuje, proto došlo k použití dvou čepů namísto jednoho.



*Obr. 75- Schéma spojení hřídelí*

Na Obr. 75 je zobrazen detail spojení. Hřídel vačky je svařena s vnějším ocelovým pouzdrem, jehož vnější průměr odpovídá vnitřnímu průměru hřídele zábrany. Aby nedošlo ke koncentracím napětí vlivem vrubu mezi dvěma čepy umístěnými bezprostředně za sebe, jsou čepy vůči sobě pootočené o 90° a je mezi nimi větší rozestup.

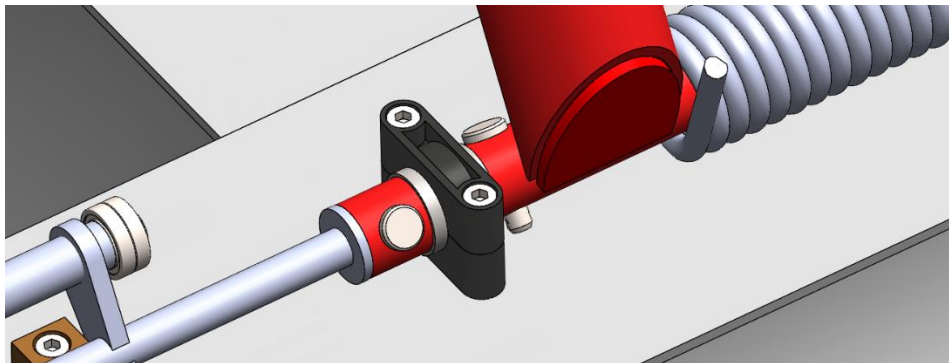
Tabulka 8- Výsledky napětí a otláčení pro dva čepy

Čepové spojení hřídelí pro dva čepy		
$\tau$	50.7	MPa
$p_2$	85.2	MPa

$$\tau = \frac{4 \cdot M_4}{2 \cdot \pi \cdot D \cdot d^2} \leq \tau_{sd} \{6\}$$

$$p_2 = \frac{4 \cdot M_4}{2 \cdot (D_1^2 - D^2) \cdot d} \leq p_{2d} \{7\}$$

Při použití dvou čepů je již napětí ve stříhu i kontaktní tlak menší než dovolený.



Obr. 76- Detail čepového spojení

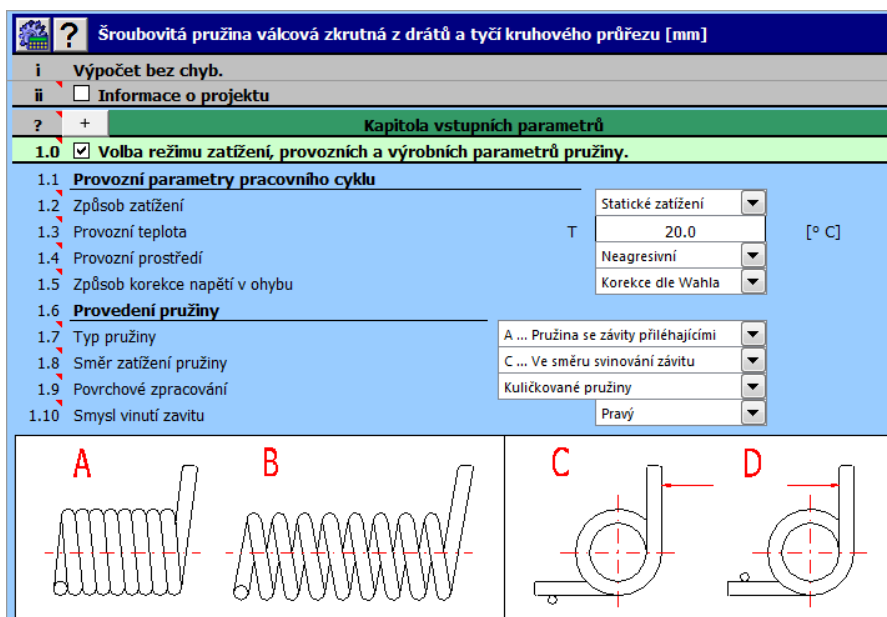
#### 7.6.4 Návrh pružiny

V kapitole 7.1.1 byl navržen mechanismus zvedání zábrany pomocí zkrutné pružiny.



Obr. 77- Prvotní návrh pružiny

Z důvodů komplikovaného analytického výpočtu zkrutných pružin byl využit program MITCalc (Mechanical, Industrial and Technical Calculations). Tento program psaný jako modul pro Microsoft Excel je určen k různým strojírenským, průmyslovým a technickým výpočtům. Jedna z jeho částí umožňuje navrhovat právě zkrutné pružiny.



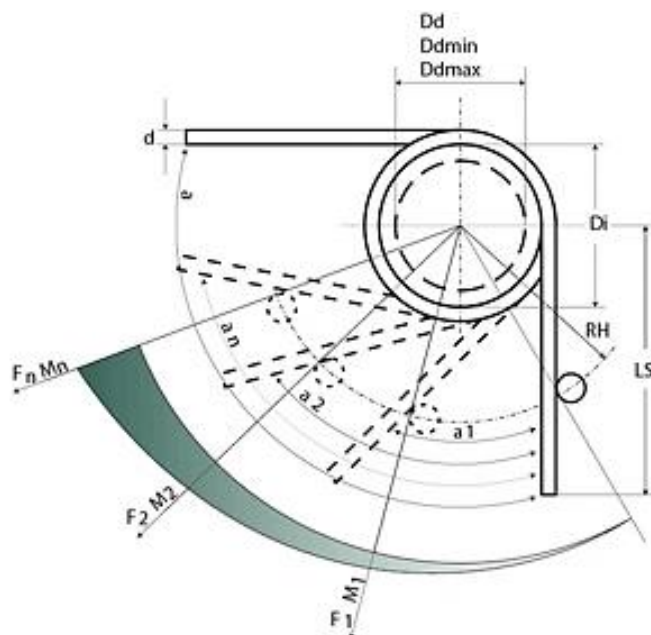
Obr. 78- Prostředí programu MITCalc

V programu je nutné zadat množství dat, aby bylo možné provést výpočet. Na základě požadovaných veličin proběhne výpočet, který navrhne řešení úlohy, které je co nejbližší hodnotám žadáním a zároveň tak, aby návrh dopovídal standardně dodávaným průměrům drátů, celočíselnému počtu závitů, dovolenému napětí v drátu apod.

ID	D	D <sub>e</sub>	D <sub>i</sub>	d	n	δ <sub>0</sub>	α <sub>1</sub>	α <sub>g</sub>	R <sub>f</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>g</sub>	σ <sub>g</sub>	s <sub>s</sub>	s <sub>f</sub>	m	quality
1.	46.3	55.8	36.8	9.50	23.00	235	75.6	145.2	50.0	32.5	62.3	741	1.00	0.00	1968	1.05
1.	46.3	55.8	36.8	9.50	23.00	235	75.6	145.2	50.0	32.5	62.3	741	1.00	0.00	1968	1.05
2.	46.7	56.2	37.2	9.50	22.00	236	70.4	140.0	50.0	31.4	62.3	741	1.00	0.00	1901	1.05
3.	46.4	55.9	36.9	9.50	23.00	235	76.5	145.4	50.0	32.8	62.3	741	1.00	0.00	1970	1.05
4.	46.8	56.3	37.3	9.50	22.50	56	73.8	143.4	50.0	32.1	62.3	741	1.00	0.00	1945	1.05
5.	46.8	56.3	37.3	9.50	22.00	236	71.3	140.1	50.0	31.7	62.3	741	1.00	0.00	1902	1.05
6.	46.4	55.9	36.9	9.50	22.50	55	74.8	142.1	50.0	32.8	62.3	741	1.00	0.00	1928	1.05
7.	46.8	56.3	37.3	9.50	22.50	56	74.7	143.6	50.0	32.5	62.3	741	1.00	0.00	1947	1.05
8.	46.8	56.3	37.3	9.50	22.00	236	72.2	140.2	50.0	32.1	62.3	741	1.00	0.00	1903	1.05
9.	46.9	56.4	37.4	9.50	23.00	236	77.4	147.0	50.0	32.8	62.3	741	1.00	0.00	1992	1.05
10.	46.7	56.2	37.2	9.50	21.50	56	68.9	136.9	50.0	31.4	62.3	741	1.00	0.00	1860	1.05
11.	47.3	56.8	37.8	9.50	22.00	236	72.1	141.7	50.0	31.7	62.3	741	1.00	0.00	1923	1.05
12.	46.8	56.3	37.3	9.50	22.00	236	73.1	140.3	50.0	32.5	62.3	741	1.00	0.00	1905	1.05
13.	46.8	56.3	37.3	9.50	21.50	56	69.7	137.0	50.0	31.7	62.3	741	1.00	0.00	1861	1.05
14.	46.9	56.4	37.4	9.50	22.50	56	75.7	143.7	50.0	32.8	62.3	741	1.00	0.00	1949	1.05
15.	46.8	56.3	37.3	9.50	21.50	56	70.5	137.0	50.0	32.1	62.3	741	1.00	0.00	1861	1.05

Obr. 79- Výběr možných řešení

Pro návrh této pružiny byly použity hodnoty získané v kapitole 7.6.1. Hlavní snahou je zde co nejbližší se přiblížit momentům  $M_1$  a  $M_2$  vypočteným v této části. Druhým požadavkem bylo, aby vnitřní průměr pružiny byl větší než 35 mm. Tato velikost je dána smontovatelností, protože pružina bude nasunuta na hřídeli zábrany, kde se předpokládá uložení do ložisek právě o tomto průměru. Poslední hodnotou je předpokládané natočení pružiny o 70°.



Obr. 80- Průběh momentu na pružině a jeho značení

Z Obr. 80 je názorně vidět průběh momentu na pružině. Při nezatíženém stavu je moment nulový. Při zkroucení o úhel  $\alpha_1$  je vyvozován moment  $M_1$  a při zkroucení o úhel  $\alpha_2$  je pak vyvozován moment  $M_2$ . Pro rozlišení momentů pružiny a zatížení z části 7.6.1 bude dále označován moment pružiny  $M_{1p}$ ,  $M_{2p}$ .

Moment  $M_{1p}$  by proto měl být co nejbližší momentu vyvozenému vozidlem při vjezdu  $M_1$ , nesmí však být vyšší, jinak by nemuselo dojít ke sklopení zábrany. Analogicky je to u momentu  $M_{2p}$ , který je určen z momentu  $M_2$ . Při překročení tohoto momentu by nedošlo u lehkého vozidla k plnému sklopení zábrany.

Pro zdvihání zábrany budou použity pružiny dvě, uchycené tak, aby přenášely moment do místa co nejbližší uložení vačky. Na základě výše zmíněných informací byl proto zvolen návrhový moment  $M_{1p}$  a  $M_{2p}$ .

Tabulka 9- Požadovaný moment pružin

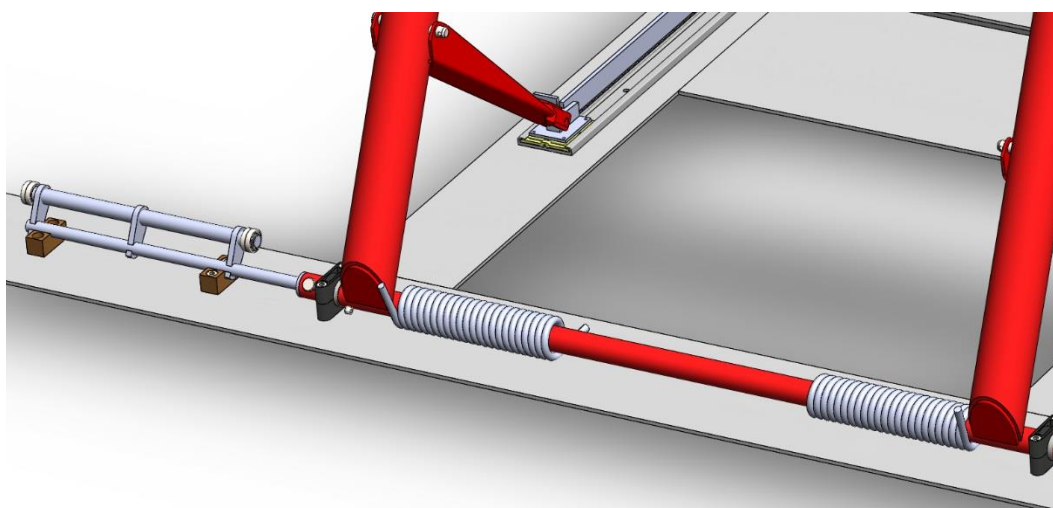
Vypočítaný moment		Moment na jednu pružinu		Zvoleno	
M1	65.8 Nm	M1/2	32.90 Nm	$M_{1p}$	32 Nm
M2	126.4 Nm	M2/2	63.18 Nm	$M_{2p}$	60 Nm

Po zadání všech geometrických, silových a materiálových požadavků do programu byl proveden výpočet a z možných navržených řešení byla vybrána nejvhodnější varianta.

*Tabulka 10- Navržená pružina*

Vlastnosti navržené pružiny		
Materiál drátu	Patentovaný drát třídy SM dle EN 10270-1	
Průměr drátu	d	9.5 mm
Průměr vnitřní	$D_i$	37.2 mm
Průměr vnější	$D_e$	56.2 mm
Průměr střední	D	46.7 mm
Počet závitů	n	22
Zkroucení při zvednutí	$\alpha_1$	70.4 °
Zkroucení při sklopení	$\alpha_2$	140 °
Moment při zvednutí	$M_{1p}$	31.4 Nm
Moment při sklopení	$M_{2p}$	62.3 Nm
Hmotnost	m	1.05 kg

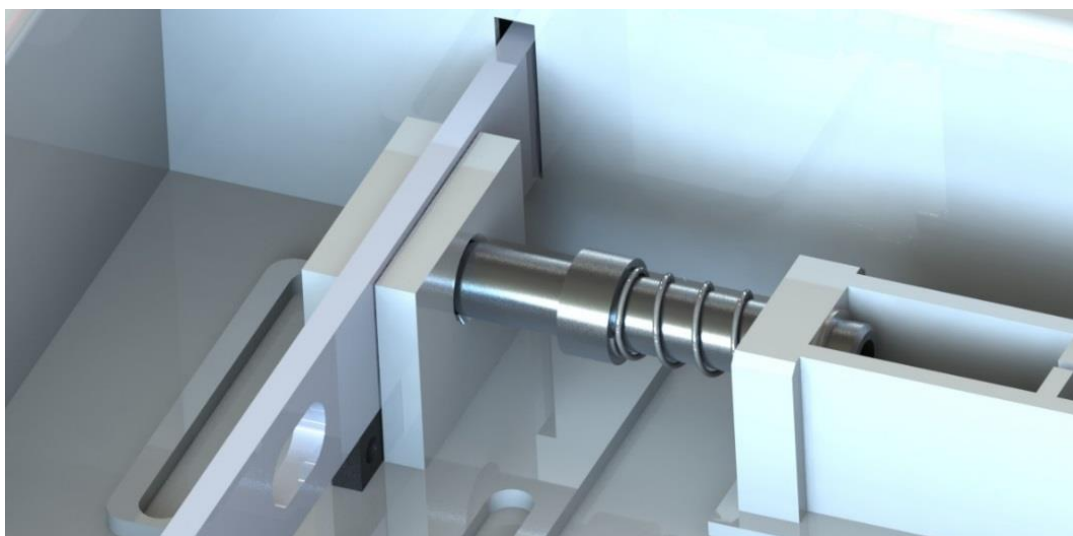
Navržená varianta má moment  $M_{2p}$  větší než zvolený, ale přesto menší než moment  $M_2$ . Z důvodu možných výrobních odchylek celého mechanismu, které mohou lehce měnit všechny vypočítané a navržené hodnoty, je tato pružina považována za vhodnou pro možný budoucí funkční model. V případě špatné funkčnosti při zkouškách je možné zvolit pružinu s menším momentem.


*Obr. 81- Výsledné umístění pružin v modelu*

Navržené pružiny jsou výrazně mohutnější než ty použité v předchozím modelu, proto byly přesunuty na vnitřní stranu zábrany. Jeden konec pružiny může být zapřeny o spodní plech, přičemž druhý, natočený o úhel  $\alpha_1$ , vychází do výhodné pozice. Pružina tak může být zapřena o upravený plech, který slouží jako zaslepení ohýbané trubky zábrany. Díky tomuto řešení není nutné navrhovat další díl sloužící pouze jako zarážka pružiny.

### 7.6.5 Návrh pružiny zámku

Zámek, tak jak je popsáný v části 7.1.4, využívá pružinu, která zajišťuje zapadnutí trnu do drážky a zábranu tak uzamyká. Pro správnou funkci je nutné navrhnut trn a pružinu tak, aby pohyb trnu byl dostatečný a spolehlivě došlo k jeho vytažení i zapadnutí. Druhým požadavkem je, aby síla vyvozená pružinou spolehlivě překonala tření v uložení a navedla trn do drážky.



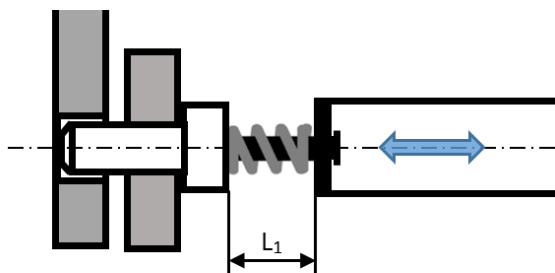
Obr. 82- Umístění pružiny a trnu

Z modelu byly odměřeny rozměry, na základě nichž byla stanovena kritéria pro výběr pružiny. Minimální vnitřní průměr 14 mm, volná délka větší než 35 mm a stlačená délka menší než 10 mm. Dalším požadavkem bylo, aby síla zámku v předpruženém stavu byla větší než 40 N. Z katalogu společnosti Hennlich s. r. o. byla vybrána tlačná pružina 48/5/1 - 1.1200.

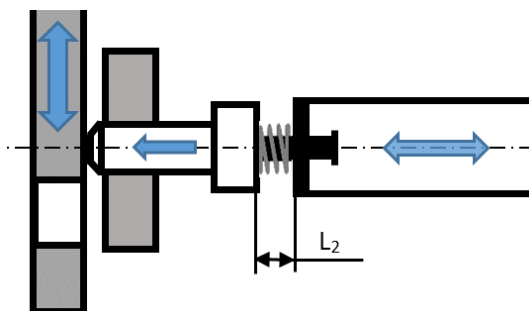
Tabulka 11- Hodnoty zvolené pružiny zámku

Zvolená pružina 48/5/1 - 1.1200		
Volná délka	$L_0$	40.5 mm
Tuhost	R	1.7 N/mm
Vnitřní průměr	$D_i$	14.75 mm
Průměr drátu	d	1.25 mm
Stlačená délka	$L_{min}$	8 mm

Pro ověření síly, kterou pružina vyvozuje, je třeba znát její délku v jednotlivých stavech.



Obr. 83- Zapadlý trn



Obr. 84- Předepnutý trn

Na obrázcích Obr. 83 a Obr. 84 jsou znázorněny dva stavy, v nichž se pružina nachází. První je stav, kdy je trn zapadlý a stlačení pružiny je dáno pouze konstrukcí trnu a jeho uložením. Délka pružiny v tomto nezatíženém stavu je označena jako  $L_1$ . Druhý stav znázorňuje chvíli, kdy řidič na zábranu zaparkoval a elektromotor pomocí pohybu vozíku trn předepnul tak, aby po odjetí vozidla došlo ke zvednutí zábrany a zapadnutí trnu do drážky. Délka pružiny v tomto stavu je označena jako  $L_2$ .

Síla pružiny je lineární funkcí tuhosti a stlačení pružiny  $F=R*(L_0-L_x)$ . Z toho plyne:

Tabulka 12- Síla pružiny

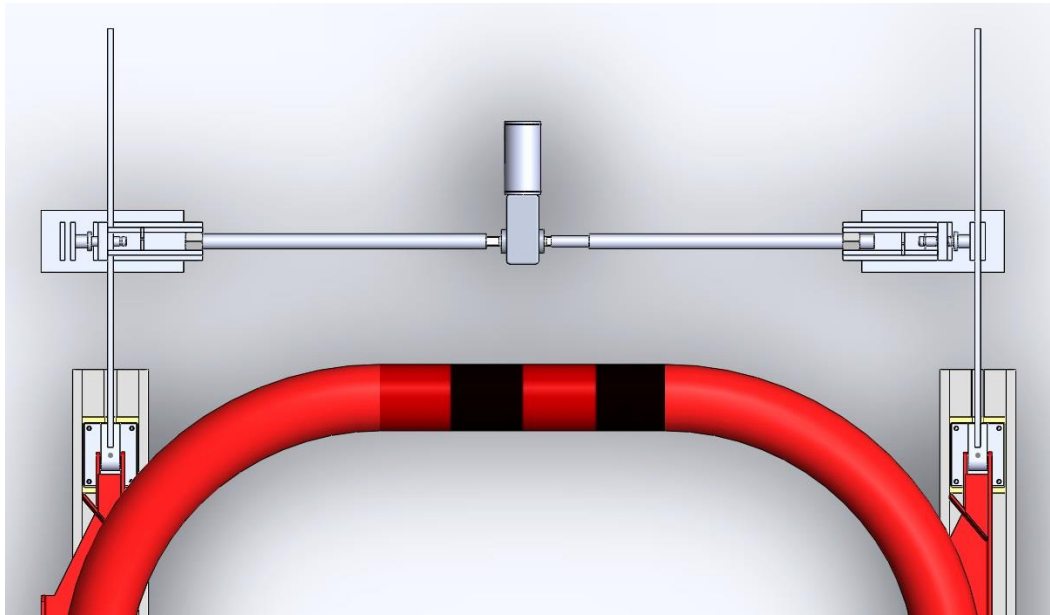
Stav	Délka	Síla pružiny
Nezatížený	$L_1$ 29 mm	$F_1$ 19.55 N
Předpružený	$L_2$ 12 mm	$F_2$ 48.45 N

Pro tuto pružinu vychází síla v předpruženém stavu 48,45 N. Požadována byla síla větší než 40 N, a proto pružina vyhovuje všem požadavkům.

#### 7.6.6 Návrh motoru, šroubů a převodovky

V kapitole 7.5.3 byl navržen princip pohonu zámků pomocí závitových tyčí. Na motor, který má průchozí hřídel, jsou pomocí spojek připojeny dvě stejné závitové tyče, jedna má však závit pravý a druhá levý.





*Obr. 85- Rozmístění komponent zámku*

Pro tuto aplikaci se jeví jako vhodné použít pohybový závit. Nejběžněji používaný je lichoběžníkový rovnoramenný závit. Tyto závitové tyče se dají běžně koupit v různých délkách, průměrech i stoupáních. Dostupnost trapézových závitových tyčí malých průměrů se v posledních letech velmi rozšířila díky velkému rozmachu 3D tisku. Většina těchto tiskáren používá k pohybu tiskové hlavy právě tyto šrouby.

Trapézové šrouby se běžně vyrábí o průměrech od 8 do 50 mm. Předpokládané zatížení šroubu je velmi malé, a proto stačí i šroub o malém průměru. Aby bylo možné jednoduše spojit šroub s hřídelí motoru, byl zvolen závit Tr 12x3, který má vnitřní průměr  $d_3=8,5$  mm. Konec závitové tyče lze pomocí soustruhu opracovat na průměr 8 mm, který je shodný s průměrem výstupní hřídelí motoru. Tyč s tímto závitem je u prodejců obvykle držena ve skladových zásobách a její cena je velmi příznivá.



*Obr. 86- Obrobení konce pohybového šroubu*

Pro volbu vhodné konfigurace převodovky motoru je třeba zjistit moment potřebný k pohybu šroubem při maximálním zatížení. Šroub bude namáhán převážně axiální silou, která se skládá z dvou hlavních složek. První složka je síla  $F_2$  vyvozená pružinou zámku. Druhá složka je pak třecí odpor  $F_t$  svařovaného vozíku sloužícího jako vedení trnu.

Hmotnost vozíku  $m_v$  byla na základě modelu odhadnuta na 1,2 kg. Vozík je navržen ocelový a bude se pohybovat po ocelové podložce s použitím maziva. Součinitel tření  $f_1$  je 0,5.

$$F_t = m_v \cdot g \cdot f_1$$

Tabulka 13- Výpočet tření vozíku

Výpočet třecí síly	
$m_v$	1.20 kg
$g$	9.82 m·s <sup>-2</sup>
$f_1$	0.50
<b><math>F_t</math></b>	<b>5.89 N</b>

Celkové zatížení šroubu  $Q$  při provozu lze tedy vypočítat jako:

$$Q = F_2 + F_t = 48,5 + 5,9 = 54,4 \text{ N}$$

Pro výpočet potřebného momentu k pohonu šroubu  $M_{kš}$  byly použity následující vztahy:

$$M_{kš} = Q \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \text{tg}(\gamma + \varphi') \quad [\text{N} \cdot \text{mm}] \quad \{8\}$$

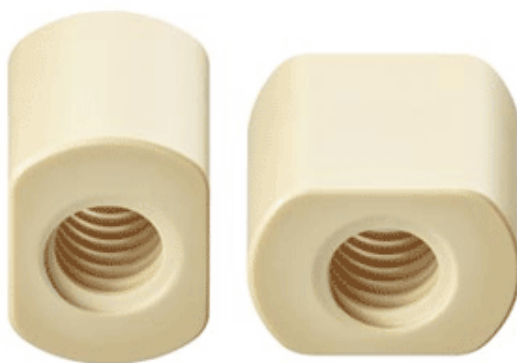
$$\text{tg } \gamma = \frac{i \cdot P}{\pi \cdot d_2} \quad \begin{array}{l} P \dots \text{rozteč} \\ d_2 \dots \text{střední průměr závitu} \end{array} \quad \{9\}$$

$$\text{tg } \beta_n = \text{tg } \beta \cdot \cos \gamma \quad \begin{array}{l} f \dots \text{součinitel tření} \\ i \dots \text{počet chodů} \end{array} \quad \{10\}$$

$$\text{tg } \varphi' = f' = \frac{f}{\cos \beta_n} \quad \beta = 15^\circ \dots \text{pro } Tr \quad \{11\}$$

{9,10,11}

Pro výpočet je třeba znát součinitel tření matice a šroubu. V návrhu byla použita matice z kluzného plastu produktové řady drylin společnosti Hennlich s.r.o. Dle informací z katalogu výrobce je součinitel tření  $f$  0,17.



Obr. 87- Matice z kluzného plastu

Tabulka 14- Vstupní hodnoty pro výpočet momentu šroubu

Vstupní hodnoty							
d [mm]	d2 [mm]	d3 [mm]	P [mm]	i	f	$\beta$ [°]	Q [N]
12	10.5	8.5	3	1	0.17	15	54.4

Tabulka 15- Výpočet momentu šroubu

Výpočet momentu $M_{kš}$	
$\gamma$	5.197 °
$\varphi'$	9.979 °
$\beta_n$	14.941 °
$M_{kš}$	77.465 N.mm

Výrobce motoru s převodovkou uvádí moment v jednotkách Kg.cm, proto je nutný přepočet.

$$M_{kš} = 77,465[\text{N.mm}] / (9,82 \cdot 10) = \mathbf{0,789 [\text{Kg.cm}]}$$

Vypočtený moment je platný pro jeden pohybový šroub. V návrhu jsou použity šrouby dva. Abychom získali výsledný minimální moment motoru  $M_m$ , moment  $M_{kš}$  násobíme dvěma.

$$M_m = 2 \cdot M_{kš} = 2 \cdot 0,789 = \mathbf{1,578 [\text{Kg.cm}]}$$

Nyní již lze z tabulky výrobce zjistit jaký je potřebný převodový poměr, aby motor dokázal spolehlivě pohybovat zámky.

*Tabulka 16- Možné konfigurace převodovky pro zvolený motor*

Voltage		No Load		Rated Load			Stall		Reducer
Workable	Rated	Speed	Current	Speed	Current	Torque	Torque	Current	Ratio
Range	Volt.V	rpm	MA	rpm	A	Kg.cm	Kg.cm	A	1:00
6-18V	12V	470	≤350	380	≤1.6	3.4	8.5	6.5	17
6-18V	12V	260	≤350	200	≤1.6	6.2	16	6.5	31
6-18V	12V	160	≤350	130	≤1.6	10	25	6.5	50
6-18V	12V	80	≤350	60	≤1.6	20	50	6.5	100
6-18V	12V	40	≤350	30	≤1.6	40	70	6.5	200
6-18V	12V	27	≤350	20	≤1.6	60	70	6.5	290
6-18V	12V	16	≤350	12	≤1.6	70	70	6.5	505
6-18V	12V	12	≤350	9	≤1.6	70	70	6.5	670

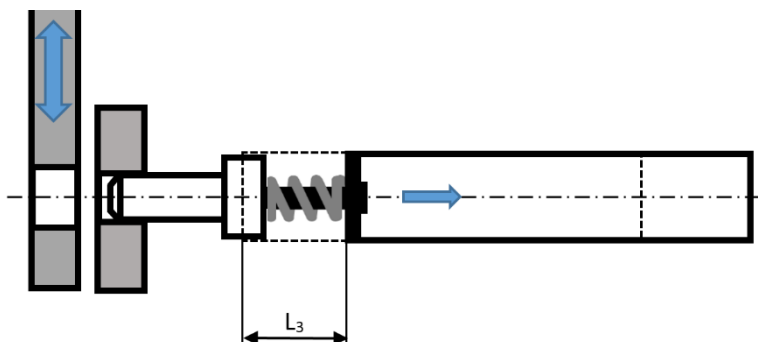
Z tabulky nahoře je vidět, že požadovaného momentu dosahují všechny nabízené konfigurace převodovek. Pro další návrh byla zvolena v tabulce druhá konfigurace s 260 ot./min naprázdno a momentem 6,2 Kg.cm při 200 ot./min. Pro pohyb zámků není požadována co největší rychlost, proto byla zvolena nižší, která však dokáže vyvinout téměř čtyřnásobný moment, než jaký byl vypočten.

Z údajů uváděných výrobcem motoru lze odhadnout dobu potřebnou pro odemknutí a zamknutí zábrany. Z uživatelského hlediska je vhodné tento čas co nejvíce zkrátit, ale musí být dostatečně dlouhý, aby řídicí elektronika dokázala včas rozpoznat koncové polohy a zastavit motor. Vhodná doba odemykání a zamykání je proto mezi 1-3 s.

*Tabulka 17- Zvolená konfigurace převodovky*

Nezatížený		Zatížený		
Otáčky [ot./min]	Proud [A]	Otáčky [ot./min]	Proud [A]	Moment [Kg.cm]
260	0.35	200	1.6	6.2

V tabulce 17 jsou uvedeny otáčky naprázdno a při zatížení momentem 6,2 Kg.cm. Vzhledem k zatěžování momentem menším budou i skutečné otáčky ležet někde v rozmezí 200-260 ot./min. Pro výpočet byly otáčky odhadnuty na 240 ot./min.


*Obr. 88- Posun vozíku zámku*

Dalším potřebným údajem je délka pohybu vozíku  $L_3$ . Z modelu bylo odměřena délka  $L_3=20$  mm

*Tabulka 18- Hodnoty pro výpočet doby uzamknutí*

Otáčky motoru	Délka chodu	Stoupání
n	$L_3$	P
240 ot./min	20 mm	3 mm

Čas  $t$  potřebný pro odemknutí a uzamknutí lze vypočítat jako:

$$t = \frac{L_3}{\frac{P}{n}} = 1,66 \text{ s} \quad \{12\}$$

Čas  $t$  vyhovuje požadovanému času 1-3 s.

Navržený motor vyhovuje jak momentovým, tak časovým požadavkům a lze jej tedy použít pro pohon mechanismu zámku. Z tabulky 16 by bylo možné zvolit ještě třetí konfiguraci od shora. Moment motoru by pak byl více než šestinásobný než požadovaný a čas zamykání přibližně 2,5 s.

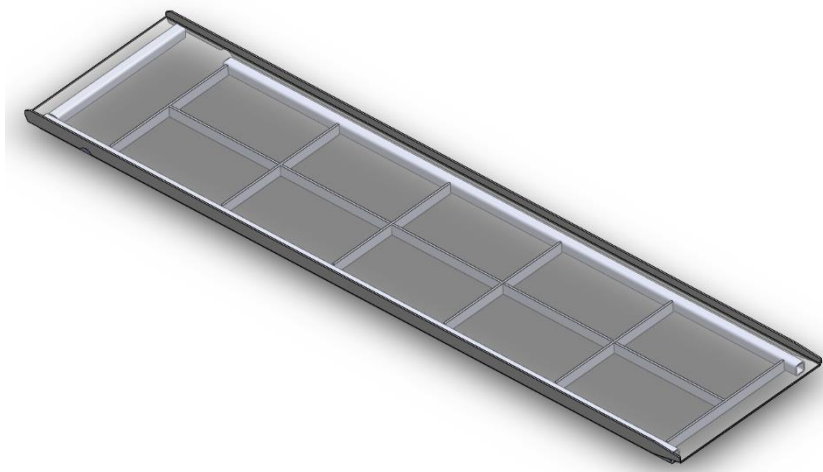
#### 7.6.7 Kontrola a optimalizace ližiny – MKP

Jedním z hlavních prvků celé konstrukce jsou dvě ližiny, na které vozidlo najíždí. Ližina je relativně dlouhá, podepřená na dvou koncích, zatěžovaná velkou silou a z konstrukčních důvodů má malou výšku. Z těchto důvodů je zde předpoklad na vysoké namáhání, a proto je tuto část nutné vhodným způsobem zkontrolovat.



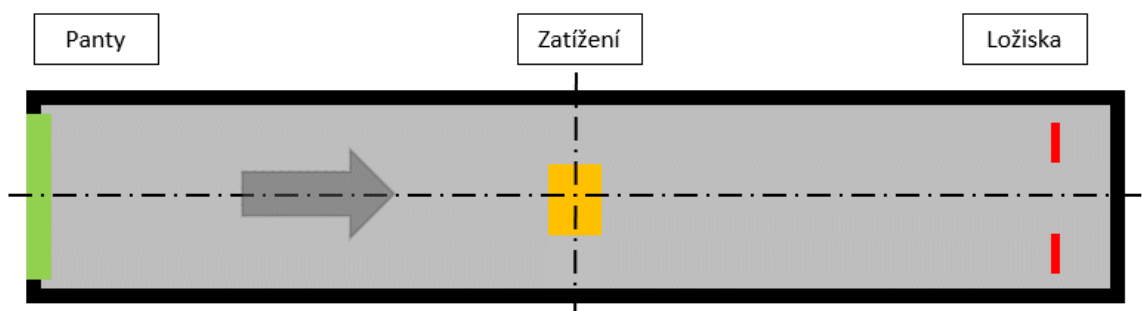
*Obr. 89- Zatížení ližiny vozidlem*

Ližina je svařena z čtvercových dutých profilů, plochých tyčí a krycího plechu. Tato geometrie je poměrně složitá pro analytické řešení, a proto bude řešena metodou konečných prvků v programu Abaqus.



*Obr. 90- Zobrazení výztuh v ližině*

Model byl z konstrukčního programu exportován ve formátu .STEP a přiřazení materiálových vlastností, okrajové podmínky a zatížení pak byly nastaveny v programu Abaqus. Při návrhu byly analyzovány různé konstrukce lišící se počtem a umístěním výztuh.

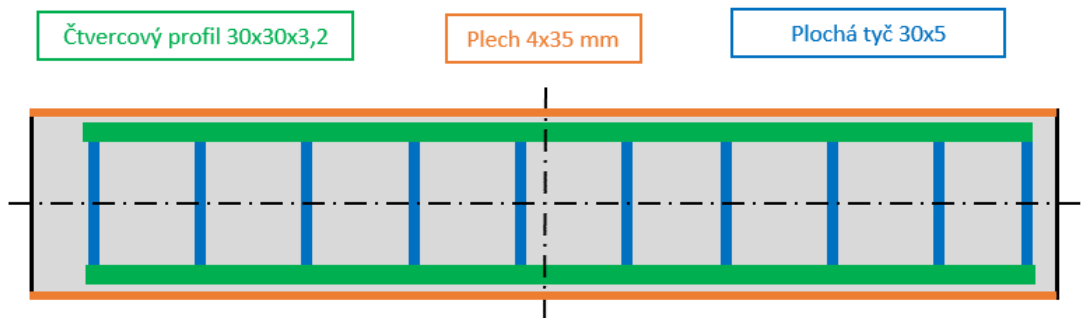


*Obr. 91- Umístění okrajových podmínek*

Pro simulaci byly zavedeny dvě hlavní okrajové podmínky, jejichž umístění je znázorněno na Obr. 91. První podmínka nahrazuje uložení začátku ližiny v pantech. Toto nahrazení bylo vytvořeno tak, že oblasti, která odpovídá místu připojení pantů, byl zakázán pohyb a rotace ve všech osách mimo rotace ve směru pohybu pantů.

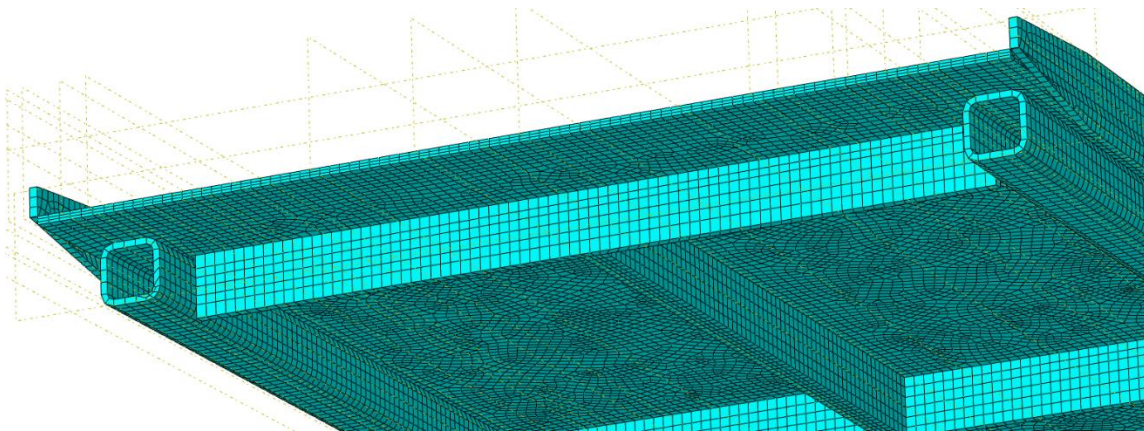
Okrajová podmínka, nahrazující podporu tvořenou ložisky, byla zavedena do čar odpovídajícím styku ložiska a plechu ližiny. Pohyb bodů náležící těmto přímkám byl omezen tak, že se mohou pohybovat pouze v podélném směru ližiny a mohou rotovat kolem stejné osy jako panty. Ostatní směry pohybu a rotace byly zakázány.

Ližina je při provozu zatěžována kolem vozidla, které jede po její ploše od jednoho konce k druhému. Maximální ohybové napětí můžeme očekávat ve chvíli, kdy bude zatížení působit uprostřed mezi místy uložení na pantech a podporou ložisek. Toto zatížení bude odpovídat jedné čtvrtině maximální přípustné hmotnosti vozidla. Důvody pro toto tvrzení vyplývají z části 7.6.1. Zatěžující síla je tedy 7500 N a je rovnoměrně roznesena na plochu přibližně odpovídající styčné ploše pneumatiky automobilu v místě středu mezi podporami.



*Obr. 92- Schéma prvního návrhu*

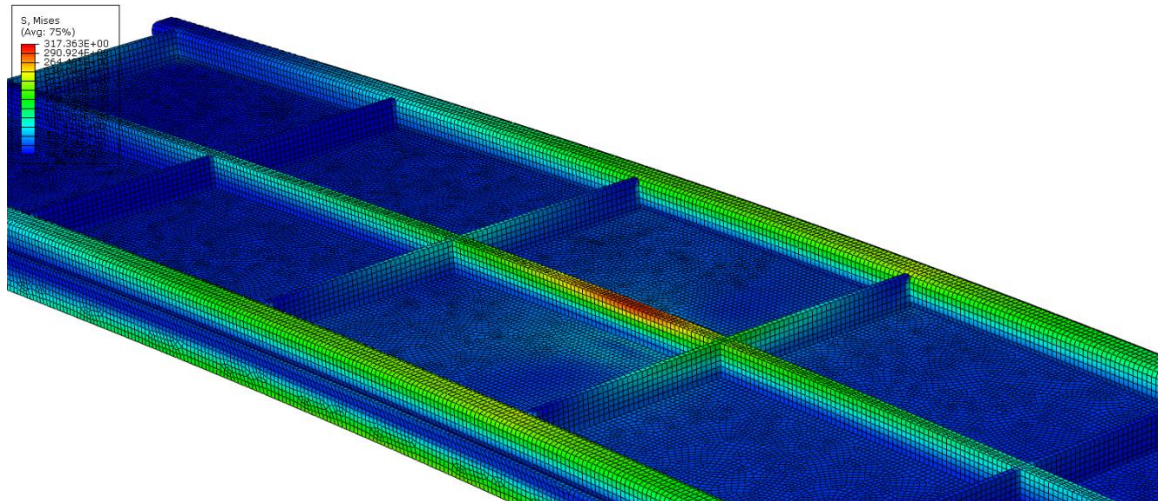
První zkoumaná navržená konstrukce je tvořena dvěma hlavními čtvercovými profily o rozměru 30x30x3,2 doplněné o žebra z plochých tyčí o rozměru 30x4. Ze stran jsou přivařeny plechy sloužící především jako vedení pneumatiky. Pojezdový plech má tloušťku 4 mm.



*Obr. 93- Detail sítě*

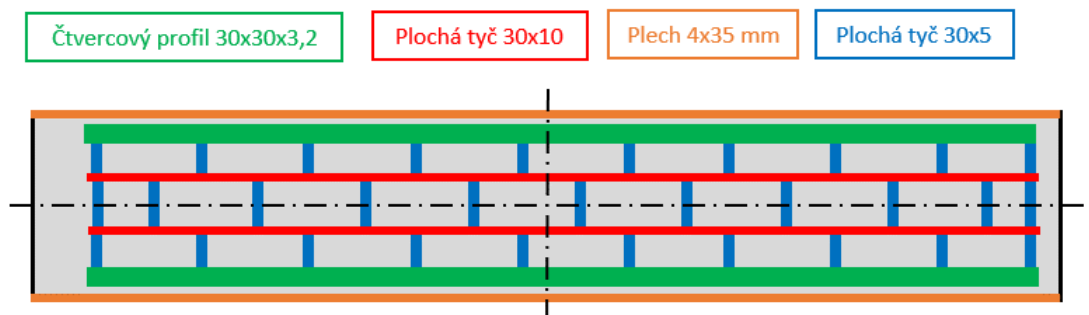
Aby bylo dosaženo co nejlepší sítě, bylo nutné provést modelem značný počet řezů a rozdělit jej tak na jednotlivé profily. Po provedení těchto úprav bylo dosaženo vhodné hexagonální sítě.

Při simulaci prvního návrhu vycházela napětí na bočních profilech okolo 700 MPa. Vzhledem k tomu, že čtvercové profily jsou vyrobeny z běžné konstrukční oceli, která má mez kluzu okolo 230 MPa, je toto napětí nepřijatelné a konstrukce by nevydržela. Snížení napětí by nejvíce pomohlo zvýšení tloušťky ližiny, což však kvůli zachování malé výšky zábrany není možné. Proto byla ližina doplněna o střední plochou tyč o rozměru 30x10.



Obr. 94- Výsledek druhé analýzy

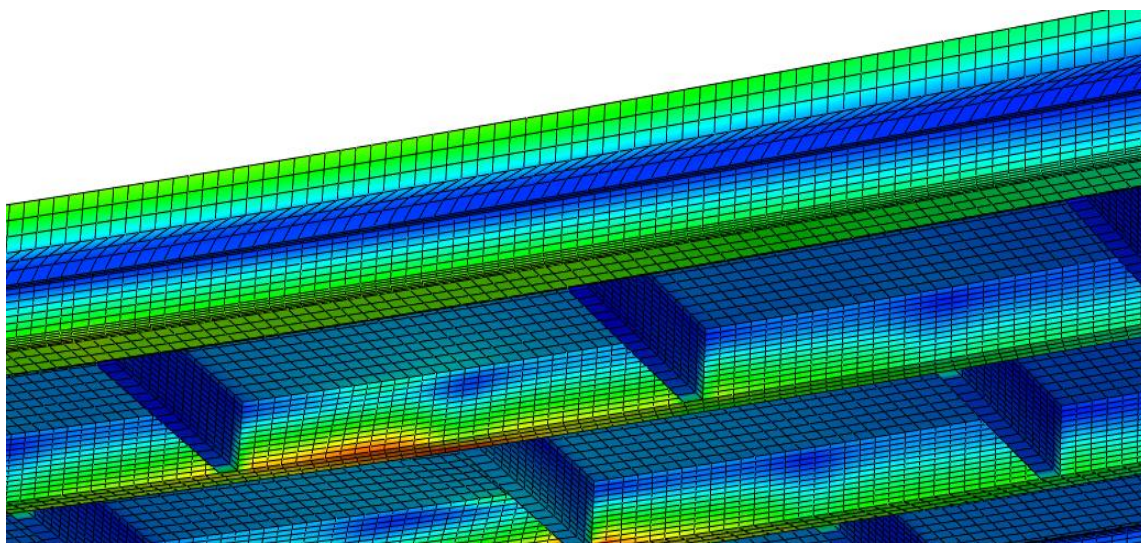
Na Obr. 94 je vidět, že tato tyč skutečně přenáší velkou část celkové zátěže a napětí pokleslo na hodnotu přibližně 320 MPa.



Obr. 95- Schéma konečného návrhu

Pro další simulaci byla ližina vyztužena druhou plochou tyčí o rozměru 30x10 a změnilo se rozmístění příčných výztuží.





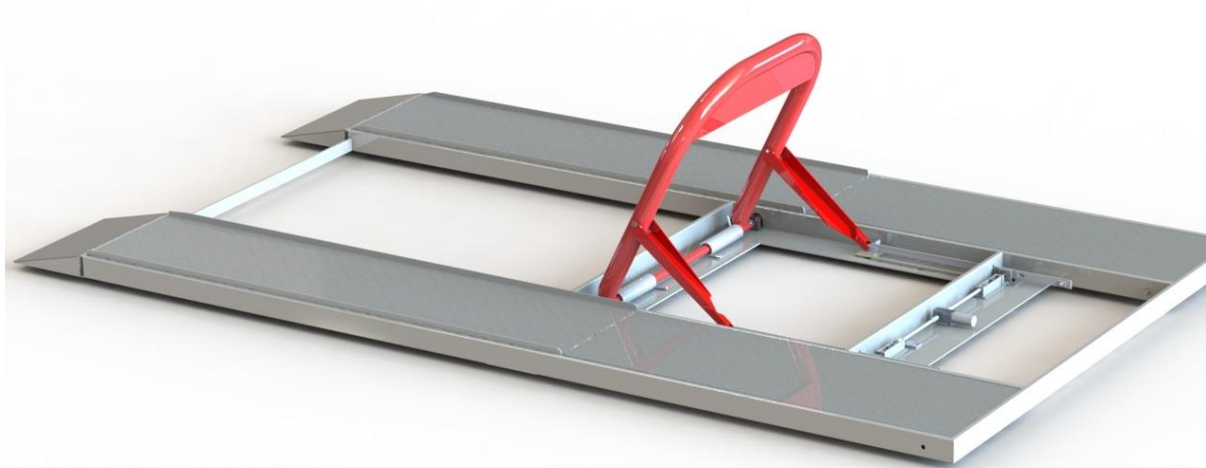
*Obr. 96- Výsledek analýzy konečného návrhu*

Tato úprava vedla ke snížení maximálního napětí na přibližně 265 MPa. Protože ploché tyče se vyrábí obvykle z materiálu S235JR s mezí kluzu 235MPa, musí být nahrazeny pásy plechu z materiálu S355MC o mezi kluzu 355MPa, které tomuto napětí vyhoví. Maximální deformace při tomto namáhání je, dle očekávání, uprostřed ližiny. Průhyb v tomto bodě je přibližně 1,2 mm, což nepředstavuje pro provoz žádný problém. Další možností, jak snížit napětí, je přivařit tenký plech i ze spodní části, čímž by mělo dojít k jeho poklesu, avšak zvyšuje se tím tloušťka a do dutiny by mohla vnikat voda, což zvyšuje nebezpečí vzniku koroze.

Výpočet metodou MKP je vhodné porovnat s analytickým řešením či reálným stavem zatěžované součásti z důvodu ověření správnosti zavedení okrajových podmínek. Verifikace výpočtu může být provedena zatížením hotové ližiny a měřením posunutí pomocí hodinek v místě maximálního průhybu.

## 7.7 Zhodnocení návrhu

Na základě stanovených požadavků se povedlo navrhnout plně funkční mechanismus nového druhu parkovací zábrany. V části 7.6 byly uvedeny některé z výpočtů, které jsou pro návrh nezbytné, avšak nepokrývají všechny provedené výpočty a konstrukční činnost. Vzhledem k zdárnému vyřešení všech částí bylo rozhodnuto v návrhu pokračovat a pro mechanismus navrhnout i další části, které jsou nezbytné pro případnou výrobu a uvedení na trh.



*Obr. 97- Celkový pohled na návrh*

## 7.8 Další části a řešení pro případné uvedení na trh

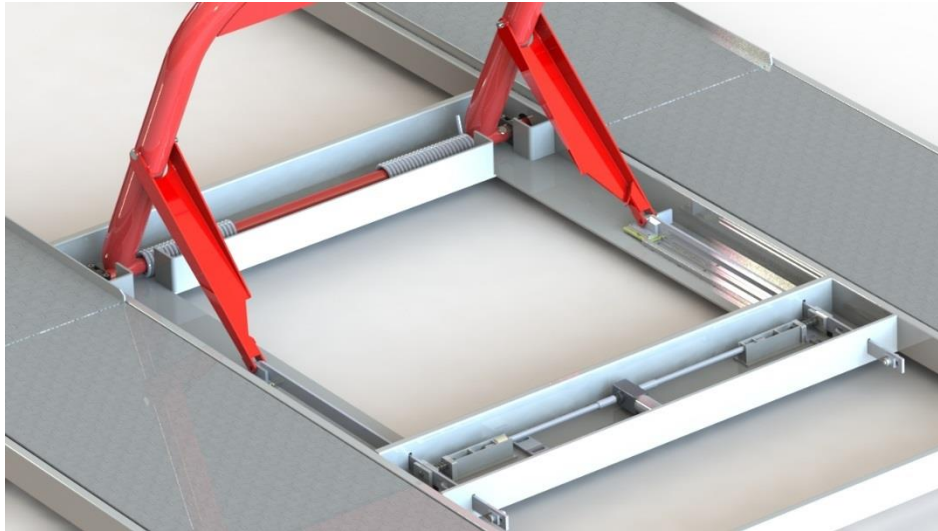
Tato část zmiňuje některé záležitosti, které je potřeba řešit pro uvedení produktu na trh. Tyto části se týkají především zabezpečení, bezpečnosti, spolehlivosti a servisu.

### 7.8.1 Krytí hlavní hřídele a mechanismu zámku

Zábrana má tři hlavní prostory, kde jsou umístěny funkční prvky. Je třeba tyto prostory vhodně uzavřít, a to hned z několika důvodů. Prvním z nich je zamezení vnikání vody, která by mohla způsobovat nadměrnou korozi, splavování nečistot do funkčních prvků, případně působit problémy v elektroinstalaci. Druhým důvodem je vnikání větších předmětů, jako jsou kameny, listí, větve apod. které mohou mechanismus zablokovat. Třetím důvodem zakrytí části zábrany je snaha o zamezení zranění, které by si zde mohly způsobit například děti hrající si na ulici. Posledním neméně důležitým důvodem je zabezpečit části mechanismu před zloději a vandaly.

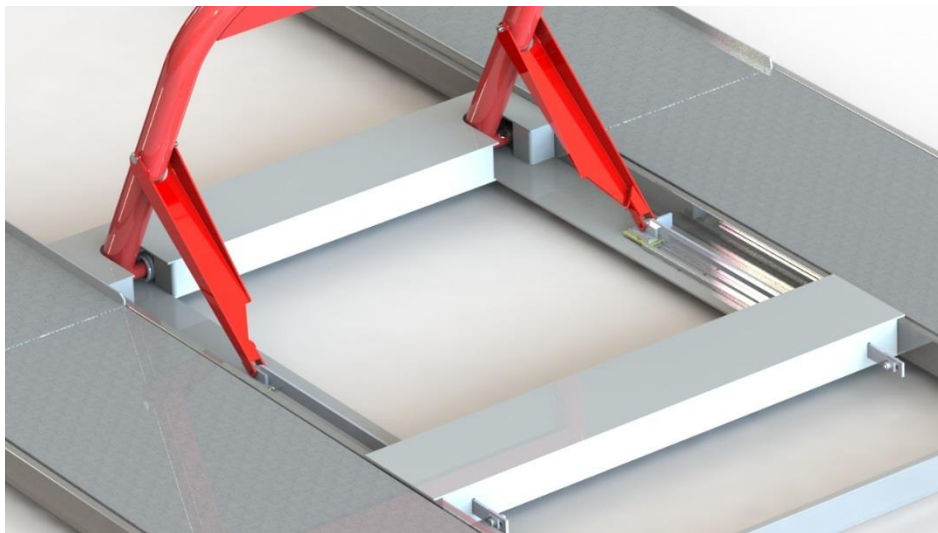
Prvním prostorem je část pod ližinou, kde je umístěna především vačka. Tento prostor je již chráněn samotnou ližinou a stačí tak jednoduchým způsobem zajistit, aby nebylo možné ližinu nadzvednout a dostat se pod ní.

V druhém prostoru se nachází hlavní hřídel zábrany spolu s pružinami, čepy a ložisky. Do této části je potřebný přístup pouze při montáži a servisu. Třetí prostor ukrývá především zámky, jejich pohon, elektroniku pro dálkové ovládání a akumulátory. Tyto prostory jsou si konstrukčně velmi podobné, avšak liší se tím, že do třetího prostoru je nutné přistupovat častěji z důvodů, které budou popsány dále.



*Obr. 98- Prostory zámku a hřídele*

K těmto částem jsou tedy z plechu vytvořeny boky a jsou svrchu kryté pochozím plechem, který je možné po jeho obvodu těsnit proti vnikání vody při dešti.



*Obr. 99- Uzavření prostorů zámku a hřídele*

Krycí plech u hlavní hřídele může být z jedné strany zasunut do připravených otvorů a z druhé strany zajištěn zámkem, který lze ovládat například ocelovým lankem. Aby se kryt snadno otevíral, je pod plech umístěna pružina, která po zatažení za lanko kryt nadzdvihne a lze ho tak snadno zdvihnout.



*Obr. 100- Zámek ovládaný lankem*

Lanko ovládající zámek druhého prostoru má druhý konec vyvedený do třetího prostoru. Tento prostor je zakryt stejným způsobem, ale zámek je zde na klíč, který u sebe nosí majitel zábrany, případně servisní technik. Tyto zámky se dělají v mnoha provedeních i stupních bezpečnosti.



*Obr. 101- Zámek na klíč*

Všechny části zábrany jsou navrženy tak, aby ji nebylo možné rozebrat bez přístupu do prostor chráněných kryty, potažmo do prostoru s mechanismem zamykání, kde je umístěno ovládání zámku druhého prostoru.

### 7.8.2 Zabezpečení proti krádeži

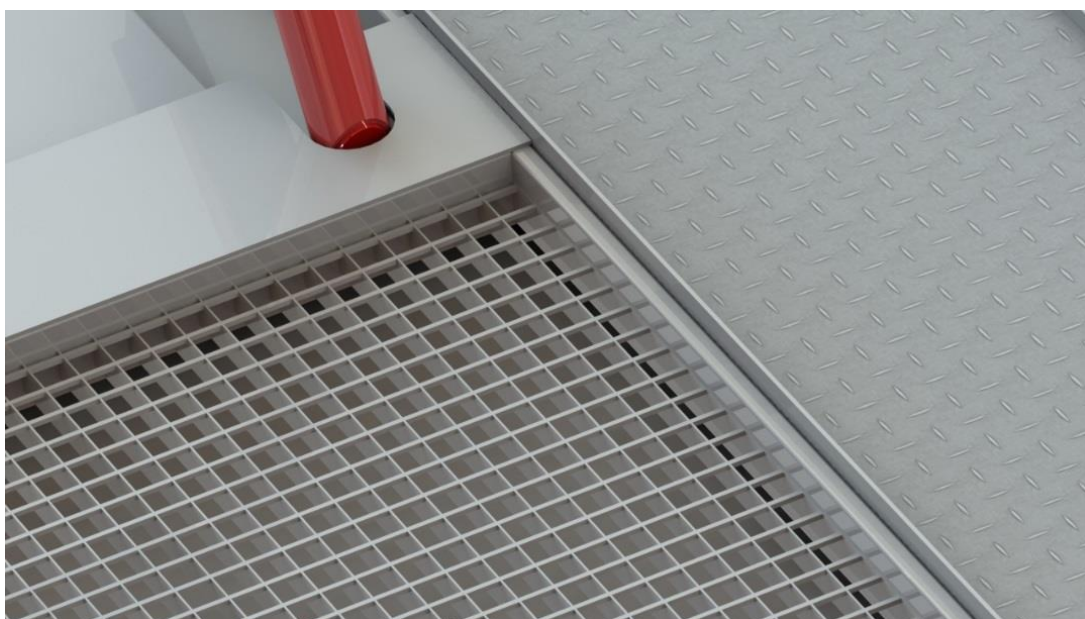
Aby nebo možné zábranu přemístit nebo ukrást, je upevněna k zemi. Pro ukotvení slouží dva otvory nacházející se v prostoru u hlavní hřídele. Po usazení zábrany na místo jsou vyvrtány dva otvory do země a zábrana je upevněna pomocí chemických kotev. Po tomto ukotvení a zakrytí není možné zábranu bez klíče odvést ani rozebrat.

### 7.8.3 Zakrytí prostorem mezi ližinami

Pro provoz je nutné zajistit, aby zábrana nebyla nebezpečná osobám, které se kolem ní budou pohybovat. Vzhledem k tomu, že se jedná o členitou konstrukci, hrozí zde velké

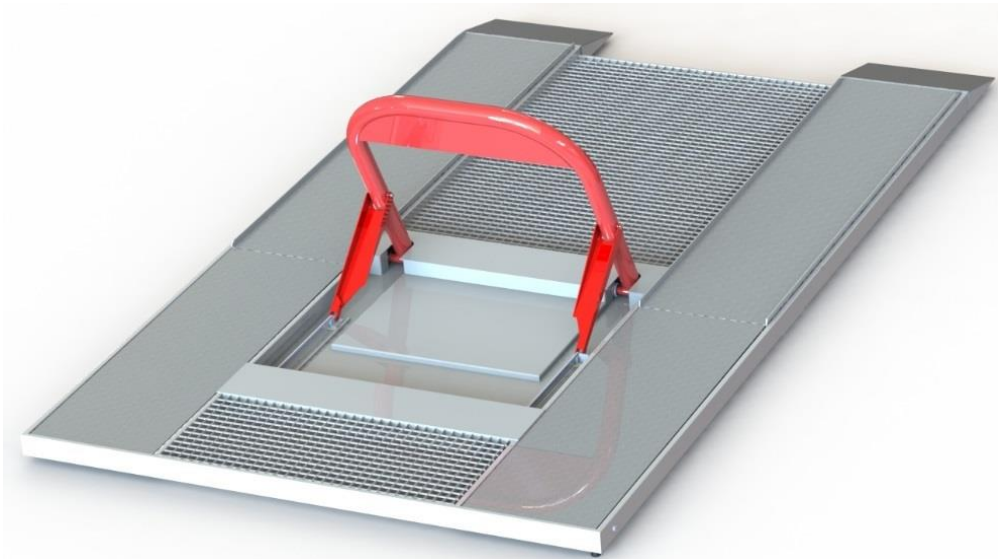
nebezpečí zakopnutí o některý z profilů. Aby tomu bylo předejito, bylo rozhodnuto zakrýt střední volnou část také, aby byla přibližně v rovině se zbytkem konstrukce. Zakrytí je možné provést několika způsoby. První návrh byl na vytvoření dalšího pomocného rámu, který by unesl váhu člověka a ten následně vhodně zakrýt. Krytí je možné plechem, případně jiným materiálem jako plastem nebo dřevem.

Toto řešení bylo shledáno jako nevhodné z několika důvodů. Z bezpečnostních důvodů je vhodné vytvořit protiskluzový povrch, což samotný výběr povrchu dost omezuje. Další nevýhodou je to, že na celistvém povrchu se drží voda a nečistoty. Poslední a asi nejdůležitější věci jsou náklady na výrobu a hmotnost konstrukce. Z těchto důvodů bylo rozhodnuto použít místo vlastní konstrukce kupované pochozí rošty.



*Obr. 102- Detail pochozího roštu*

Cena těchto roštů je velmi příznivá, dovoluje nečistotám volně prostupovat a povrch je protiskluzový. I z estetického hlediska se jedná o poměrně moderní materiál a industriálním vzhledem dobře zapadá do jednoduchého, funkčního a odolného konceptu mechanismu.



*Obr. 103- Celková pohled na krytí pochozími rošty*

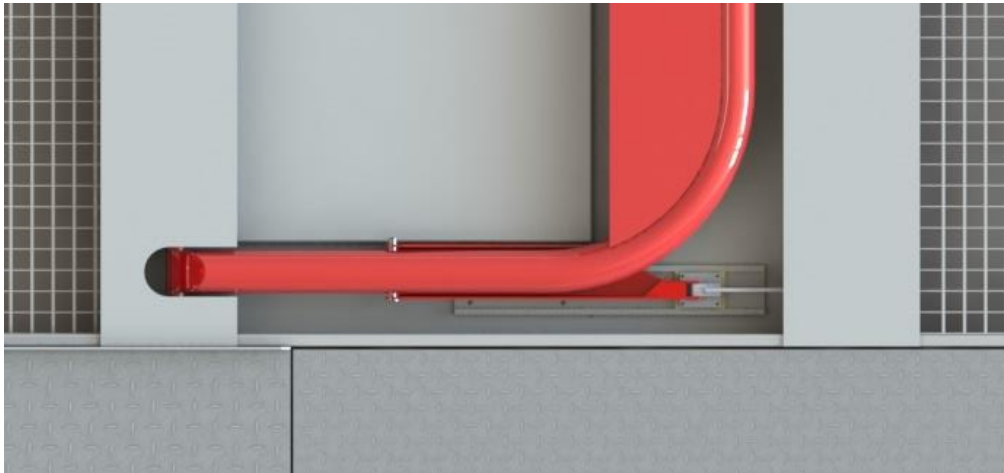
#### 7.8.4 Krytí lineárního vedení

Jednou z náchylných částí mechanismu je lineární vedení navržené v části 7.5.1. Vedení je připevněno ke spodnímu plechu, není ale nijak chráněno před nečistotami a osobami, které přes něj mohou volně přecházet.



*Obr. 104- Detail lineárního vedení*

Aby se zabránilo poškození, je nutné tuto část vhodně chránit. Vzhledem k tomu že, se zábrana skládá jen pár milimetrů nad toto vedení, není zde možné použít pevný kryt, protože by kolidoval se zábranou ve složeném stavu.



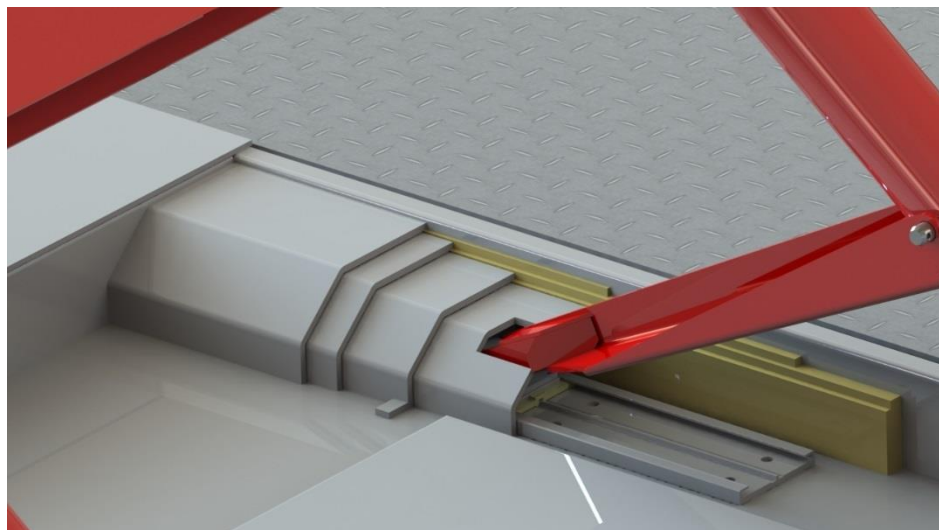
*Obr. 105- Horní pohled na sklopenou zábranu*

Pro ochranu musí být zkonstruován kryt, který se bude pohybovat spolu se sklápějící se zábranou. Toto řešení je poměrně komplikované vzhledem k nedostatku místa. Z tohoto důvodu byl navržen kryt, skládající se z jednoho pevného a tří vysunujících se elementů vytvořených z plechu o tloušťce 4 mm.



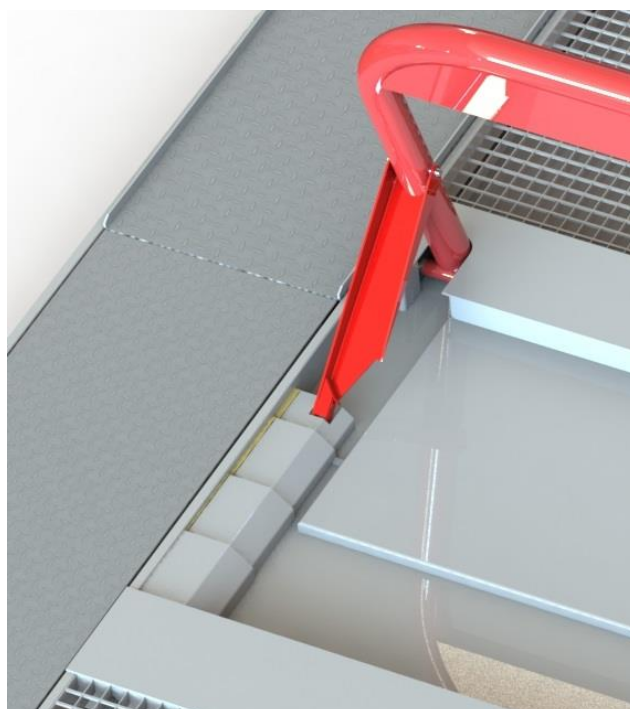
*Obr. 106- Detail složené zábrany a zasunutých krycích elementů*

Při zasouvání elementů do sebe tlačí vozík lineárního vedení element první, který přes zarážky postupně tlačí ty další, až dojde k plnému odkrytí vedení. Při vysouvání je princip podobný, jen elementy jsou propojeny ocelovým lankem, které je ve správný okamžik uvede do pohybu.



*Obr. 107- Rozkládání zábrany*

Aby nedošlo k destrukci tohoto krytu při náhodném pošlapání, případném vyjetí auta z ližiny, je po boku umístěno vedení. Toto vedení je z kluzného plastu a jsou v něm vyfrézovány drážky, o které se jednotlivé elementy opírají. Aby nebylo možné tyto elementy vyvrátit, jsou v koncové poloze malé výstupky, které zajíždí pod osazení a tím jsou jištěny.



*Obr. 108- Detail roztažených krycích elementů*

Při zvednuté konstrukci je díky těmto krytům vše skryto a nehrozí tak vnikání nečistot a poškození cizí osobou. V případě problémů s nečistotami při zkušebním provozu by bylo možné doplnit vedení o stírací gumu, která by zajistila odstraňování nánosů.



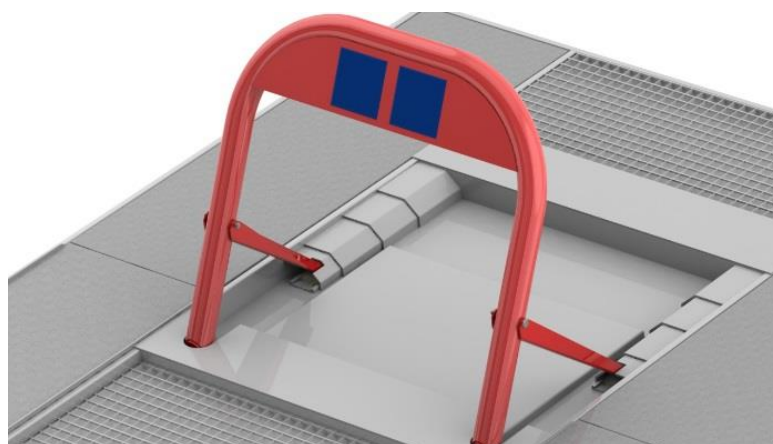
### 7.8.5 Elektronika a její provoz

Vzhledem k tomu že, zábrana není připojena na vnější zdroj elektrické energie, je nutné napájet veškerou elektroniku z baterií. Na velikosti baterií a odběru proudu přímo závisí doba provozu zábrany bez potřeby servisního zásahu kvůli jejich dobítí. Pro provoz se jeví jako nejvhodnější použít olovené baterie. Oproti jiným typům akumulátorů relativně dobře odolávají mrazu a podbití. Další výhodou je opravdu nízká cena a široká dostupnost. Akumulátory se navíc vyrábí v různých kapacitách a rozměrech, které se vejdu do malé výšky zábrany.



Obr. 109- Olovený akumulátor

Pro zábranu se počítá s využitím dvou akumulátorů. Po poklesu napětí na první baterii řídicí elektronika přepne na druhou a zároveň na tento stav začne světelným signálem upozorňovat uživatele. Pro výdrž je velmi vhodné navrhnout řízení, které při nečinnosti přejde do režimu spánku, kdy odebírá minimální proud a je probuzeno až signálem dálkového ovládání. Toto řízení je již navrženo a předpokládá se jeho brzká realizace. Na základě měření odběru motoru a řídicí elektroniky byla odhadnuta doba provozu na jedno nabití této konfigurace přibližně na dva roky.



Obr. 110- Umístění fotovoltaických panelů

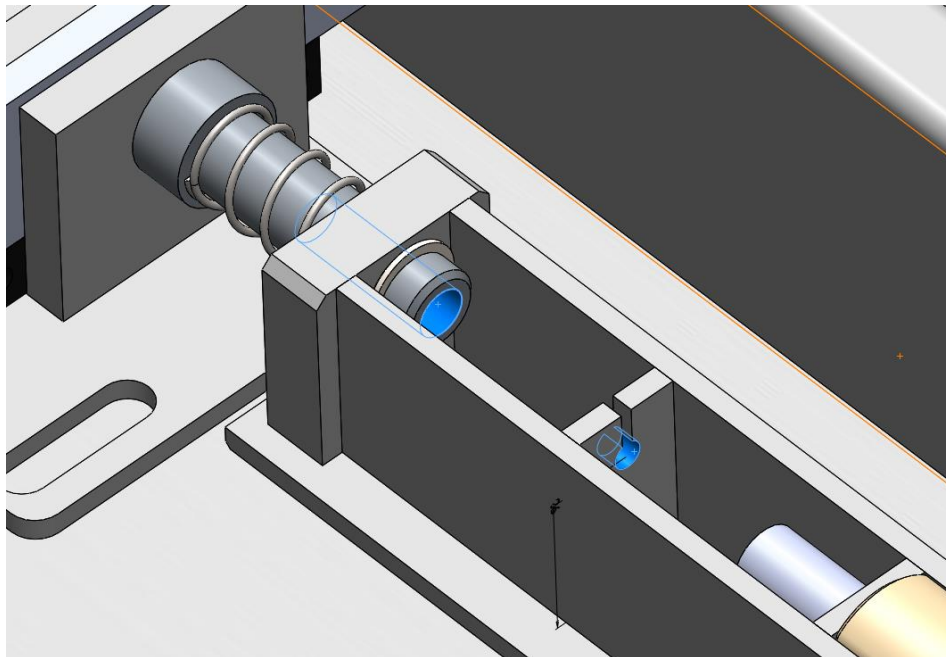
Další možností, jak zvýšit výdrž baterie, je připojení malých fotovoltaických panelů, které budou přes den malým proudem dobíjet akumulátory. Toto rozšíření by mohlo zhruba o třetinu zvýšit dobu provozu baterie a zlepšit jejich životnost, ale nepředpokládá se, že by byly schopny pokrýt celou spotřebu.

Dále se počítá s použitím diod, které budou umístěny na vrcholu zábrany a světelnými signály budou informovat řidiče, zda došlo k odemknutí zábrany, případně ohlašovat poruchu a vybití akumulátoru.

Pro dobíjení použitých baterií postačí běžná auto nabíječka a v uživatelských instrukcích může být doporučení nabíjet zábranu před začátkem každé zimní sezóny.

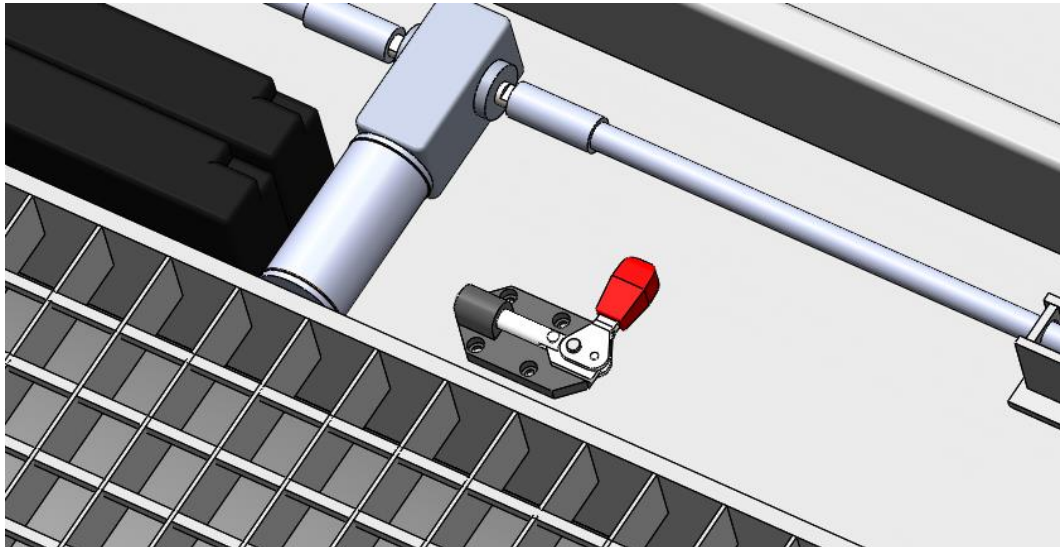
#### 7.8.6 Nouzový přístup

Pro případ vybití, poruchy elektroniky, případně mechanické zábrany, je vhodné vytvořit systém nouzového odpojení zámků.



*Obr. 111- Místo uchycení bowdenu*

Pro tento případ je v trnu zámku připraven závit. Do obou trnů se uchytí konec lanka vedoucího bowdenem k ovládací páce.



*Obr. 112- Ovládací páka*

Tato páka, vybraná z katalogu společnosti Eles+Ganter CZ s. r. o., je umístěna pod krytem, kam se uživatel dostane pomocí klíče. Při překlopení páky dojde k vytažení zámků pomocí lanka. Při odstavení zámků bude zábrana stále odemčena až do jejího znovuzprovoznění a uživatel tak může stále parkovat na svém parkovacím místě.

## 8. Závěr

V první části této práce byla uvedena problematika ochrany parkovacích stání a rozebrány jednotlivé druhy používaných zábran. U každého druhu zábran byly porovnány jejich výhody, nevýhody a z nich plynoucí charakteristické oblasti užívání. Na základě provedené rešerše byla pozorována oblast, kde je použití současných zábran velmi problematické.

V části druhé byl navržen nový princip fungování zábrany, která je pro tuto oblast vhodná a eliminuje nedostatky konkurenčních výrobků. Na tomto principu bylo navrženo pět variant možných řešení, využívajících různé prvky k přenosu energie. Po zhodnocení těchto variant byla vybrána jedna, která byla dále rozvíjena.

V konstrukční části se povedlo vhodně navrhnout jednotlivé části a vytvořit první koncepční model. Tento model byl dále optimalizován, aby bylo dosaženo požadovaných vlastností a byly odstraněny konstrukční nedostatky prvotního návrhu. Dokončený koncepční model byl dále upravován na základě provedených výpočtů. Tímto postupem byl vytvořen plně funkční model nového druhu zábrany, jehož hlavní části byly ověřeny výpočtem a podařilo se bezezbytku splnit všechny vytyčené cíle.

Díky tomuto úspěchu byla tato koncepce ještě dále rozvíjena. V poslední části práce jsou proto uvedeny i věci řešící ryze praktické věci, které se týkají přípravy na možné průmyslové využití.

Na základě dosažených výsledků byla podána přihláška užitného vzoru na Úřadu průmyslového vlastnictví. Po dokončení této diplomové práce bude pokračovat další vývoj navržené zábrany. Již nyní jsou sestrojeny dílčí části mechanismu a následně bude probíhat realizace prvního funkčního vzorku. Tento funkční vzorek by se měl nadále zdokonalovat a testovat v reálném provozu. Po získání dalších poznatků bude rozhodnuto o tvorbě prototypu a následném komerčním využití produktu.

## 9. Seznam použitých zdrojů

- [1] MICHALEC, Jiří. *Pružnost a pevnost I*. 3. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 9788001042243.
- [2] ŠVEC, Vladimír. *Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací*. Praha: ČVUT, 1997. ISBN 9788001017012.
- [3] ŠVEC, Vladimír. *Části a mechanismy strojů: mechanické převody*. Praha: ČVUT, Strojní fakulta, 1999. ISBN 9788001019344.
- [4] *U1 Pohybový šroub řešení: Úloha1* [online], 15 [cit. 2017-06-10]. Dostupné z: <http://seps.fs.cvut.cz/ČMS1>
- [5] *Galerie | CHYTRÉ BYDLENÍ BLV@Horní Měcholupy. Trigema* [online]. Copyright © Trigema a.s. 2015 [cit. 27.06.2017]. Dostupné z: <http://www.blv-byty.cz/galerie/>
- [6] *Parkovací zábrany a zábrany vjezdu KOVO Pavelka*. [online]. Copyright © 2011 [cit. 27.06.2017]. Dostupné z: <http://www.zabrannesystemy.cz/>
- [7] *Brány, sloupy závory* [online]. Copyright © BBZ s.r.o. [cit. 27.06.2017]. Dostupné z: [http://www.bbz.cz/bbz\\_HB900.htm](http://www.bbz.cz/bbz_HB900.htm)
- [8] *Teknika Group s.r.o. - katalog. Teknika Group s.r.o. - home* [online]. Copyright © [cit. 27.06.2017]. Dostupné z: <http://www.teknika.cz/katalog/>
- [9] *Garážová vrata, vjezdové systémy, mříže, pohony. Garážová vrata, vjezdové systémy, mříže, pohony* [online]. Dostupné z: <http://vrata.wz.cz/>
- [10] *Electrohouse. Electrohouse* [online]. Copyright © Copyright Electrohouse.cz 2017 [cit. 27.06.2017]. Dostupné z: <http://www.electrohouse.cz/>
- [11] *HVL Range | Hi-Force Hydraulic Tools. Object moved* [online]. Dostupné z: <http://www.hi-force.com/en-uk/product-details/1/hvl-range>
- [12] *Stránský a Petržík – Pneumatické válce spol. s r.o.* [online]. Copyright © 2017, Stránský a Petržík, Pneumatické válce spol. s r.o. [cit. 27.06.2017]. Dostupné z: <https://www.stranskyapetrzik.cz/>
- [13] *Vetter GmbH - Notfall- und Industripneumatik*. [online]. Copyright © 2017 [cit. 27.06.2017]. Dostupné z: <https://www.vetter.de/>
- [14] *eMsport Slaný, prodejna a půjčovna horských kol a doplňků* [online]. Dostupné z: <https://www.emsportslany.cz/>

- [15] Pružiny jaké potřebujete! [online]. [cit. 27.06.2017] Dostupné z:  
<http://www.sodemann-pruziny.cz/2017>
- [16] Pohony bran, pohony vrat, ovladače na vrata. [online]. Copyright © 2005 [cit. 27.06.2017]. Dostupné z: <http://eshop.montego.cz>
- [17] Magnet Intertec ITS-LS2924B-Z-12VDC, v plechovém třmení | Conrad.cz. [online]. Copyright © [cit. 27.06.2017]. Dostupné z: <http://www.conrad.cz/magnet-intertec-its-ls2924b-z-12vdc-v-plechovem-trmeni.k502352>
- [18] Linear Actuator with Potentiometer [online]. Copyright © 2017 Progressive Automation Inc. All rights reserved. [cit. 27.06.2017]. Dostupné z:  
<https://www.progressiveautomations.com/linear-actuator-with-potentiometer>
- [19] Heyman [online]. Copyright © [cit. 27.06.2017]. Dostupné z:  
[https://www.heyman.cz/media/useruploads/images/0\\_FILES/cz/technische\\_angaben/Design-prirucka\\_R4.pdf](https://www.heyman.cz/media/useruploads/images/0_FILES/cz/technische_angaben/Design-prirucka_R4.pdf)
- [20] Západky se zámkem CSL.FM - Zámky a západky | Elesa+Ganter. Elesa+Ganter | Home [online]. Dostupné z: <https://www.elesa-ganter.cz/vyrobky/zamky-a-zapadky/skupina/csl-fm>
- [21] Bringsmart Wholesale A58SW31ZYS Double Shaft Worm Geared Motor 12V DC High Torque Reducer Reversible Motor 24V Gear Motor-in DC Motor [online]. Copyright © 2010 [cit. 27.06.2017]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/Wholesales-A58SW31ZYS-Double-Shaft-5-240-rpm-Mini-Motor-12V-High-Torque-DC-Reduction-Motor-24V/32282883812.html?spm=2114.13010208.99999999.284.HjzKb4>

## 10. Seznam obrázků

Obr. 1- Developerský projekt .....	1
Obr. 2- Venkovní parkovací plocha .....	2
Obr. 3- Garážová stání.....	2
Obr. 4- Výstražné značení .....	3
Obr. 5- Zasunutý sloupek .....	4
Obr. 6- Vysunutý sloupek .....	4
Obr. 7- Manuálně zvedaná zábrana .....	5
Obr. 8-Manuálně ovládaná horizontální závora .....	6
Obr. 9- Manuálně ovládaná vertikální závora .....	6
Obr. 10- Výsuvné sloupky.....	7

Obr. 11- Montáž výsuvných sloupků .....	8
Obr. 12- Elektrická vjezdová závora .....	8
Obr. 13- Elektrický sklopná zábrana – rozložená .....	9
Obr. 14- Elektrický sklopná zábrana 3 .....	9
Obr. 15- Skica parkovací zábrany .....	12
Obr. 16- Kyvné uložení ližin .....	13
Obr. 17- Uložení ližin na pantu .....	13
Obr. 18- Svislé uložení ližin .....	14
Obr. 19- Varianta - Vertikální hydraulické válce .....	14
Obr. 20- Válec s nízkým zdvihem .....	15
Obr. 21- Varianta – Horizontální hydraulické válce .....	16
Obr. 22- Hydraulický válec .....	17
Obr. 23- Varianta – Pneumatické vaky .....	18
Obr. 24- Vak pro zdvihání těžkých břemen .....	19
Obr. 25- Varianta s vahadly .....	20
Obr. 26- Vahadlo .....	20
Obr. 27- Varianta s vačkou .....	21
Obr. 28- Rameno síly vzpěry .....	23
Obr. 29- Moment zkrutné pružiny .....	24
Obr. 30- Průběh momentu na zkrutné pružině .....	24
Obr. 31- Dotyk vačky a ližiny .....	25
Obr. 32- Nahrazení vačky válečkem .....	25
Obr. 33- Kyvné uložení .....	26
Obr. 34- Svislé uložení .....	26
Obr. 35- Průběh zatěžování vačky .....	26
Obr. 36- Nedělená ližina .....	27
Obr. 37- Dělená ližina .....	27
Obr. 38- Dálkové ovládání .....	28
Obr. 39- Motoricky ovládaný trn .....	28

Obr. 40- Motoricky ovládaný trn s pružinou .....	28
Obr. 41- Elektromagnet.....	29
Obr. 42- Lineární motor.....	29
Obr. 43- Rozměrová skica.....	30
Obr. 44- Audi A1 přední pohled .....	31
Obr. 45- Audi A6 allroad přední pohled .....	31
Obr. 46- Audi Q7 přední pohled.....	32
Obr. 47- Audi A1 boční pohled .....	32
Obr. 48- Audi A6 allroad boční pohled.....	33
Obr. 49- Audi Q7 boční pohled.....	33
Obr. 50- První funkční model .....	35
Obr. 51- Tvar zábrany.....	35
Obr. 52- Spojení zábrany s hřídelí .....	36
Obr. 53- Vzpěry zábrany.....	36
Obr. 54- Schéma sil ve vzpěře .....	37
Obr. 55- Nahrazení vačky .....	37
Obr. 56- Zobrazení náhrady vačky s ližinou .....	38
Obr. 57- První návrh lineárního vedení – horní pohled .....	38
Obr. 58- První návrh lineárního vedení – obecný pohled .....	39
Obr. 59- Detail zámků.....	39
Obr. 60- Umístění zámků.....	40
Obr. 61- Původní poloha hřídele .....	40
Obr. 62- Optimalizovaná poloha hřídele.....	40
Obr. 63- Změněné lineární vedení .....	41
Obr. 64- Pohled z boku na složenou zábranu .....	41
Obr. 65- Kluzná ložiska .....	41
Obr. 66- Převodový motor .....	42
Obr. 67- Umístění komponent zámku.....	43
Obr. 68- Vozík zámku .....	43



Obr. 69- Základní rám.....	44
Obr. 70- Opěrná noha .....	44
Obr. 71- Poloha vačky a ližiny.....	45
Obr. 72- Návrhový náčrt vačky .....	45
Obr. 73- Skica rozměrů pro výpočet momentů.....	47
Obr. 74- Detail hřídělí.....	49
Obr. 75- Schéma spojení hřídělí .....	50
Obr. 76- Detail čepového spojení.....	51
Obr. 77- Prvotní návrh pružiny.....	51
Obr. 78- Prostředí programu MITCalc.....	52
Obr. 79- Výběr možných řešení.....	52
Obr. 80- Průběh momentu na pružině a jeho značení.....	53
Obr. 81- Výsledné umístění pružin v modelu.....	54
Obr. 82- Umístění pružiny a trnu .....	55
Obr. 83- Zapadlý trn .....	56
Obr. 84- Předepnutý trn.....	56
Obr. 85- Rozmístění komponent zámku .....	57
Obr. 86- Obrobení konce pohybového šroubu .....	57
Obr. 87- Matice z kluzného plastu .....	59
Obr. 88- Posun vozíku zámku .....	60
Obr. 89- Zatížení ližiny vozidlem .....	61
Obr. 90- Zobrazení výztuh v ližině.....	62
Obr. 91- Umístění okrajových podmínek .....	62
Obr. 92- Schéma prvního návrhu .....	63
Obr. 93- Detail sítě .....	63
Obr. 94- Výsledek druhé analýzy.....	64
Obr. 95- Schéma konečného návrhu.....	64
Obr. 96- Výsledek analýzy konečného návrhu .....	65
Obr. 97- Celkový pohled na návrh.....	66

Obr. 98- Prostory zámku a hřídele .....	67
Obr. 99- Uzavření prostorů zámku a hřídele.....	67
Obr. 100- Zámek ovládaný lankem .....	68
Obr. 101- Zámek na klíč.....	68
Obr. 102- Detail pochozího roštu .....	69
Obr. 103- Celková pohled na krytí pochozími rošty .....	70
Obr. 104- Detail lineárního vedení.....	70
Obr. 105- Horní pohled na sklopenou zábranu.....	71
Obr. 106- Detail složené zábrany a zasunutých krycích elementů .....	71
Obr. 107- Rozkládání zábrany .....	72
Obr. 108- Detail roztažených krycích elementů.....	72
Obr. 109- Olověný akumulátor .....	73
Obr. 110- Umístění fotovoltaických panelů .....	73
Obr. 111- Místo uchycení bowdenu.....	74
Obr. 112- Ovládací páka .....	75

## 11. Seznam tabulek

Tabulka 1- Průzkum vozidel.....	34
Tabulka 2- Zvolená data pro další výpočet.....	34
Tabulka 3- Vstupní data pro výpočet momentů .....	46
Tabulka 4- Dopočítaná data pro výpočet momentů .....	46
Tabulka 5- Výpočet momentů.....	47
Tabulka 6- Pevnostní kontrola hřídelí .....	49
Tabulka 7- Kontrola čepu na stříh a otláčení .....	50
Tabulka 8- Výsledky napětí a otláčení pro dva čepy .....	51
Tabulka 9- Požadovaný moment pružin.....	53
Tabulka 10- Navržená pružina.....	54
Tabulka 11- Hodnoty zvolené pružiny zámku .....	55
Tabulka 12- Síla pružiny.....	56

Tabulka 13- Výpočet tření vozíku .....	58
Tabulka 14- Vstupní hodnoty pro výpočet momentu šroubu.....	59
Tabulka 15- Výpočet momentu šroubu.....	59
Tabulka 16- Možné konfigurace převodovky pro zvolený motor .....	60
Tabulka 17- Zvolená konfigurace převodovky .....	60
Tabulka 18- Hodnoty pro výpočet doby uzamknutí.....	61

## 12. Seznam symbolů

$l$	[mm]	Vzdálenost vačky od začátku ližiny
$F_1$	[N]	Tíha malého vozu
$F_2$	[N]	Tíha velkého vozu
$p$	[mm]	Přední převis vozu
$e_1$	[mm]	Počáteční excentricita vačky
$e_2$	[mm]	Konečná excentricita vačky
$F_{\min}$	[N]	Síla od přední nápravy min
$F_{\max}$	[N]	Síla od přední nápravy max
$x$	[mm]	Vzdálenost působíště síly
$R_{b \min}$	[N]	Reakce v místě B min
$R_{b \max}$	[N]	Reakce v místě B max
$M_1$	[N.m]	Moment na sklopné hřídeli (počátek)
$M_2$	[N.m]	Moment na sklopné hřídeli (konec)
$M_3$	[N.m]	Maximální uvažovaný moment (zamčený)
$M_4$	[N.m]	Maximální uvažovaný moment (vzpříčený)
$W_k$	[mm <sup>3</sup> ]	Průřezový modul v krutu
$D$	[mm]	Vnější průměr
$d$	[mm]	Vnitřní průměr
$\tau_{\max}$	[MPa]	Napětí
$\tau_{\text{poruchové}}$	[MPa]	Napětí poruchové
$\sigma_{kt}$	[MPa]	Mez kluzu
$K$		Bezpečnost
$K_p$		Bezpečnost poruchová
$S$	[mm]	Tloušťka stěny

$\tau_{sd}$	[MPa]	Napětí ve smyku dovolené
$p_{2d}$	[MPa]	Tlak dovolený
$p_2$	[MPa]	Tlak
$\tau$	[MPa]	Napětí
$\varnothing d$	[mm]	Průměr čepu
$\varnothing D_1$	[mm]	Průměr vnější
$M_{1p}$	[N.m]	Počáteční moment pružiny
$M_{2p}$	[N.m]	Konečný moment pružiny
$n$		Počet závitů
$m$	[kg]	hmotnost
$\alpha_1$	[°]	Zkroucení při zvednutí
$\alpha_2$	[°]	Zkroucení při sklopení
$L_0$	[mm]	Volná délka pružiny
$L_{min}$	[mm]	Stlačená délka pružiny
$R$	[N/mm]	Tuhost pružiny
$L_1$	[mm]	Délka ve stavu nezatíženém
$L_2$	[mm]	Délka ve stavu zatíženém
$F_1$	[N.m]	Síla ve stavu nezatíženém
$F_2$	[N.m]	Síla ve stavu zatíženém
$F_t$	[N.m]	Síla třecí
$m_v$	[kg]	Hmotnost vozíku
$g$	[m·s <sup>-2</sup> ]	Gravitační zrychlení
$Q$	[N.m]	Celkové zatížení šroubu
$f$		Součinitel tření
$P$	[mm]	Rozteč závitu
$\gamma$	[°]	Úhel stoupání
$\beta_n$	[°]	Úhel profilu boku

$\varphi'$	[°]	Třecí úhel
$i$		Počet chodů
$M_{kš}$	[Kg.cm]	Moment šroubu
$M_m$	[Kg.cm]	Moment motoru
$t$	[s]	Čas potřebný pro odemknutí
$L_3$	[mm]	Délka pohybu vozíku

### 13. Seznam příloh

- Příloha 1 - 2D návrhový výkres sestavy – boční pohled
- Příloha 2 - 2D návrhový výkres sestavy – horní pohled
- Příloha 3 - Vizualizace hotové zábrany 1
- Příloha 4 - Vizualizace hotové zábrany 2
- Příloha 5 - CD s diplomovou prací