

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N 2301 Strojírenství  
Studijní zaměření: 2302T019 Stavba výrobních strojů a zařízení

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Vypracování konceptu elektricky ovládaného  
předního kapotového zámku

Autor: **Miroslav SVOBODA**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Zdeněk HUDEC, CSc.**

Akademický rok 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Miroslav SVOBODA**

Osobní číslo: **S15N0076P**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**

Název tématu: **Vypracování konceptu elektricky ovládaného předního kapotového zámku**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Cílem je vypracovat nový generační koncept elektricky ovládaného předního kapotového zámku s integrovanou vyhazovací funkcí, bezpečnostním hákem, indikací o otevření přední kapoty a s možností nouzového otevření kapoty při selhání přímého napájení. Součástí návrhu by měl být koncept s kinematickou, funkční, silovou, pevnostní, toleranční a elektrickou analýzou. Návrh by měl zohledňovat funkční parametry, které jsou v zadání a nízké náklady na sériovou výrobu.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Uvedení do problematiky kapotových zámků, rešerše stávajícího řešení
2. Varianty řešení, optimalizace a výběr konstrukčního řešení
3. Detailní návrh vybraného řešení
4. Funkční, toleranční, pevnostní a elektrická analýza
5. Závěr zhodnocení navrženého konceptu, porovnání se zadanými parametry

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah kvalifikační práce: **50-70 stran A4**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J.** *Příručka strojního inženýra 1.* Brno: Computer press, 1991

**STANĚK, J., NĚMEJC, J.** *Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací.* Plzeň: ZČU, 2011

**PODKLADOVÝ MATERIÁL, VÝKRESY, KATALOGY, APOD.  
POSKYTNUTÉ ZADAVATELEM ÚKOLU**

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

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Zdeněk Hudec, CSc.**

Katedra konstruování strojů

Konzultant diplomové práce: **Ing. Vladimír Štekl**

WITTE Nejdek, spol. s r.o.

Datum zadání diplomové práce: **19. září 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **2. června 2017**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.  
děkan



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

V Plzni dne 19. září 2016

## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

### **Autorská práva**

Podle zákona o právu autorském č. 35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoli nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora, firmy WITTE Automotive Nejdek, spol. s.r.o. a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.



## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Svoboda	<b>Jméno</b> Miroslav	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	N2301 „ Stavba výrobních strojů a zařízení		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. hudec, CSc.	<b>Jméno</b> Zdeněk	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<del><b>BAKALÁŘSKÁ</b></del>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Vypracování konceptu elektricky ovládaného předního kapotového zámku		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2017
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	103	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	63	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	40
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Diplomová práce obsahuje konstrukční návrh předního kapotového zámku s elektrickým odemýkáním, na kterém byly provedeny návrhy jednotlivých dílů, funkční, toleranční a pevnostní analýza.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	zámek, kapota, návrh, CAD, FEM, elektrické odemýkání, nouzové otevření

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Svoboda	<b>Name</b> Miroslav
<b>FIELD OF STUDY</b>	N2301 „ Design of Manufacturing Machines and Equipment	
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Doc. Ing. Hudec, CSc.	<b>Name</b> Zdeněk
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS	
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b> Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Front hood latch with electric opening	

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2017
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

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

<b>TOTALLY</b>	103	<b>TEXT PART</b>	63	<b>GRAPHICAL PART</b>	40
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	Diploma thesis includes a design proposal of a front hood latch with electric opening. In elaborated diploma thesis are handled proposals of new parts, functional, tolerance and strength analysis of the whole assembly.
<b>KEY WORDS</b>	latch, hood, proposal, CAD, FEM, electric opening, emergency release

## **Poděkování**

Rád bych věnoval poděkování všem, kteří mne podporovali při tvorbě této diplomové práce. Touto cestou bych rád poděkoval mému vedoucímu diplomové práce panu Doc. Ing. Zdeňku Hudcovi, CSc., za jeho cenné rady, připomínky a metodické vedení. Děkuji také panu Ing. Vladimíru Šteklvi za jeho vřelou pomoc při konzultacích a při řešení konstrukčních problémů, které se při tvorbě této práce naskytly. Současně bych rád poděkoval firmě Witte Automotive za poskytnutí velice zajímavého zadání. Dále bych rád poděkoval paní Mgr. Lucii Dudíkové za jazykovou korekturu. A v neposlední řadě bych velice rád poděkoval celé své rodině za podporu.

# 1. Obsah

Seznam.....	8
Seznam zkratk .....	8
Seznam obrázků .....	8
Seznam tabulek .....	10
Seznam příloh.....	10
1. Úvod.....	1
1.1 Základní informace o předních kapotových zámcích .....	1
1.2 Historie firmy WITTE automotive Nejdek a její vývoj .....	1
2. Představení stávajícího konstrukčního řešení .....	2
2.1 Základní varianty .....	3
2.2 Popis předního kapotového zámku bez elektrického ovládání.....	5
3. Koncepty s elektrickým odemykáním .....	8
3.1 Koncept - pastorek x hřeben .....	9
3.1.1 Popis a funkce jednotlivých dílů .....	9
3.1.2 Série kroků při odemykání zámku.....	12
3.1.3 Série kroků při zamykání zámku .....	14
3.2 Koncept – pohybový šroub x matice.....	16
3.2.1 Popis a funkce jednotlivých dílů .....	16
3.2.2 Série kroků při odemykání zámku.....	18
3.2.3 Série kroků při zamykání zámku .....	20
3.3 Vyhodnocení nových variant .....	20
3.3.1 Z hlediska počtu dílů .....	20
3.3.2 Z hlediska utěsnění elektrického pohonu .....	21
3.3.3 Z hlediska velikosti zástavbového prostoru .....	21
3.3.4 Z hlediska dědičnosti dílů.....	21
3.4 Vyhodnocení nejlepší varianty.....	22
4. Přední kapotový zámek s elektrickým odemykáním.....	23
4.1 Technický systém.....	23
4.2 Technické parametry .....	23
4.3 Konstrukční návrh zámku .....	24
4.3.1 Návrh pružin .....	25
4.3.2 Tažná pružina pop-up páky.....	25
4.3.3 Návrh zkrutné pružiny západky .....	28

4.3.4	Výpočet otevírací síly zámku v bezpečnostní pozici.....	31
4.3.5	Výpočet 30G bezpečnostního háku .....	32
4.3.6	Výpočet zavírací síly.....	33
4.3.7	Výpočet elektrického mechanismu.....	35
4.4	Funkční analýza zámku .....	37
5.	Toleranční výpočty .....	39
5.1	Toleranční analýza – kontrola uložení s vůlí .....	40
5.1.1	Oblast čepu rohatky.....	40
5.1.2	Oblast čepu západky.....	40
5.1.3	Oblast čepu bezpečnostního háku.....	41
5.2	Toleranční analýza – kontrola v axiálním směru čepů .....	42
5.2.1	Oblast čepu rohatky.....	42
5.2.2	Oblast čepu západky.....	43
5.2.3	Oblast čepu bezpečnostního háku.....	44
6.	Pevnostní výpočty .....	45
6.1	FEM analýza záchytného háku.....	45
6.2	FEM analýza plastového hřebenu.....	47
6.3	FEM analýza plastového ramene západky .....	50
6.4	FEM analýza zámku při překmitu.....	51
6.5	FEM analýza zámku při zatížení ve směru osy Z $\pm 45^\circ$ .....	53
7.	Technicko-ekonomické zhodnocení .....	59
7.1	Další směry vývoje .....	60
8.	Závěr.....	61
9.	Citovaná literatura.....	63

## Seznam

### Seznam zkratk

PBT – Polybutylentereftalát  
tzn. – to znamená  
např. – například  
atd. – a tak dále  
g – gram  
mm – milimetr  
N – newton  
kN – kilonewton  
MPa – megapascal  
°C – stupně Celsia  
spol. – společnost  
s.r.o. – společnost s ručením omezeným  
obr. – obrázek  
FEM – Finite element method (metoda konečných prvků)  
CAD – computer - aided design

### Seznam obrázků

Obr. 1 Edwald Witte (1)  
Obr. 2 Schéma jednoduchého vedení bovdenů  
Obr. 3 Schéma děleného vedení bovdenů  
Obr. 4 Schéma děleného sériového vedení  
Obr. 5 Schéma děleného paralelního vedení  
Obr. 6 Souřadný systém automobilu  
Obr. 7 Souřadný systém zámku  
Obr. 8 Sestava zámku – popis dílů  
Obr. 9 Rozpad sestavy zámku  
Obr. 10 Stávající systém odemykání  
Obr. 11 Nový systém odemykání  
Obr. 12 Pohled na západku a rameno  
Obr. 13 Hřeben  
Obr. 14 Pastorek s ozubeným převodem  
Obr. 15 Zámek s elektrickým odemykáním  
Obr. 16 Celková sestava zámku se zakrytím  
Obr. 17 Zámek s elektrickým odemykáním – pohled zezadu  
Obr. 18 Pohled na západku a závit  
Obr. 19 Šroub  
Obr. 20 Pohled na profil vačky a osazení  
Obr. 21 Řez v místě vačky a čepu  
Obr. 22 Celková sestava zámku se zakrytím  
Obr. 23 Sestava bez předního krytu  
Obr. 24 Sestava zámku – pohled zezadu  
Obr. 25 Závit v kontaktu s maticí  
Obr. 26 Čep za horní úvratí vačky

- Obr. 27 Black Box
- Obr. 28 Podsestavy nového zámku
- Obr. 29 Statické rovnováha v bezpečnostní pozici
- Obr. 30 High-Goodmanův diagram pro tažnou pružinu
- Obr. 31 Statická rovnováha v zamčeném stavu
- Obr. 32 High-Goodmanův diagram pro zkrutnou pružinu
- Obr. 33 High-Goodmanův diagram pro zkrutnou pružinu háku
- Obr. 34 Statická rovnováha zámku těsně před jeho uzamčením
- Obr. 35 Převod elektrického mechanismu
- Obr. 36 Bovden pro nouzové odemčení zámku
- Obr. 37 Řez v oblasti čepu rohatky
- Obr. 38 Řez v oblasti čepu západky
- Obr. 39 Řez v oblasti háku
- Obr. 40 Vstupní rozměry
- Obr. 41 Toleranční řetězec Z1
- Obr. 42 Toleranční řetězec Z2
- Obr. 43 Výstup pro Z1
- Obr. 44 Výstup pro Z2
- Obr. 45 Vstupní rozměry
- Obr. 46 Toleranční řetězec
- Obr. 47 Oblast čepu západky
- Obr. 48 Výstup pro Z1
- Obr. 49 Vstupní rozměry
- Obr. 50 Toleranční řetězec
- Obr. 51 Oblast čepu háku
- Obr. 52 Výstup pro Z1
- Obr. 53 Výpočet háku - napětí Von Mises [MPa]
- Obr. 54 Výpočet háku – posunutí [mm]
- Obr. 55 Výpočet háku – detail maximálního napětí v radiusu [MPa]
- Obr. 56 Výpočet háku – řez v místě maximálního napětí
- Obr. 57  $\epsilon$  při teplotě  $-20^{\circ}\text{C}$
- Obr. 58  $\epsilon$  při teplotě  $+23^{\circ}\text{C}$
- Obr. 59  $\epsilon$  při teplotě  $+23^{\circ}\text{C}$
- Obr. 60 Maximální napětí v hřebenu - Von Mises [MPa]
- Obr. 61  $\epsilon$  při teplotě  $-20^{\circ}\text{C}$
- Obr. 62  $\sigma$  při teplotě  $-20^{\circ}\text{C}$
- Obr. 63  $\epsilon$  při teplotě  $+23^{\circ}\text{C}$
- Obr. 64  $\sigma$  při teplotě  $+23^{\circ}\text{C}$
- Obr. 65  $\epsilon$  při teplotě  $+80^{\circ}\text{C}$
- Obr. 66  $\sigma$  při teplotě  $+80^{\circ}\text{C}$
- Obr. 67 Překmit – Maximální napětí – Von Mises [MPa]
- Obr. 68 Překmit – Maximální napětí - detail
- Obr. 69 Překmit – Maximální tažné napětí – detail [MPa]
- Obr. 70 Překmit – Maximální deformace
- Obr. 71 FEM zámku směr Z – napětí Von Mises [MPa]
- Obr. 72 Detail na radius u rohatky napětí VonMises [MPa]
- Obr. 73 Detail na radius u rohatky napětí v tahu [MPa]
- Obr. 74 FEM rohatka západka – max. napětí Von Mises [MPa]

- Obr. 75 FEM rohatka západka – posunutí [mm]
- Obr. 76 FEM plechu – max napětí Von Mises [MPa]
- Obr. 77 FEM plechu – detail – napětí Von Mises
- Obr. 78 FEM rohatka-západka – max. napětí Von Mises [MPa]
- Obr. 79 FEM rohatka západka – posunutí při zatížení 10kN [mm]
- Obr. 80 Diagram postupného zatěžování zámku v časovém intervalu
- Obr. 81 FEM analýza – čep rohatky
- Obr. 82 FEM analýza – čep západky
- Obr. 83 Render zámku – pohled zezadu

## Seznam tabulek

- Tabulka 1 Přehled základních termínů používaných v praxi
- Tabulka 2 Zástavbové rozměry
- Tabulka 3 Vyhodnocení nejlepší varianty
- Tabulka 4 Parametry nově navržené zkrutné pružiny západky
- Tabulka 5 Parametry nově navržené zkrutné pružiny bezpečnostního háku
- Tabulka 6 Vstupní veličiny
- Tabulka 7 Výsledky analýzy v oblasti čepu rohatky
- Tabulka 8 Výsledky analýzy v oblasti čepu západky
- Tabulka 9 Výsledky analýzy v oblasti háku
- Tabulka 10 Výsledky poměrného prodloužení v pracovních teplotách
- Tabulka 11 Nové díly v sestavě pro elektrické odemykání
- Tabulka 12 Porovnání všech zmíněných zámků v DP

## Seznam příloh

- PŘÍLOHA č. 1 Kusovník kapotového zámku s el. odemykáním-PASTOREKxHŘEBEN
- PŘÍLOHA č. 2 Kusovník kapotového zámku s el. odemykáním - ŠROUB x MATICE
- PŘÍLOHA č. 3 Toleranční analýza v oblasti rohatky
- PŘÍLOHA č. 4 Toleranční analýza v oblasti západky
- PŘÍLOHA č. 5 Toleranční analýza v oblasti bezpečnostního háku
- PŘÍLOHA č. 6 High-Goodmanův diagram pro pružiny v mezních teplotách -20°C a +70°C
- PŘÍLOHA č. 7 Pevnostní výpočty - výsledky z FEM analýzy
- PŘÍLOHA č. 8 Výkresová dokumentace



# 1. Úvod

## 1.1 Základní informace o předních kapotových zámcích

Přední kapotový zámek je bezpečnostní prvek vozidla, který zajišťuje kapotu v zavřené pozici proti jejímu otevření a to v rozsahu předem stanovených a předepsaných zatěžovacích stavů. Zatěžovací stavy jsou přesně definovány požadavky zákazníka. Ten si požadovaný produkt (přední kapotový zámek nebo celý zamykací systém) objedná, nebo se výhradně podílí na jeho vývoji. Zámek jako takový je bezúdržbové zařízení, které musí být schopno plnit svou bezchybnou funkci po celou dobu životnosti vozidla předepsanou zákazníkem. Se zámkem jakož to s celkem přijde běžný uživatel do styku ve většině případů pouze při otevírání kapoty. Uživatel nejdříve ručně zatáhne za vnitřní kliku, kterou uvolní kapotu do tzv. safety pozice, kdy je zamykací čep zablokován záchytným hákem. Vnitřní klika je ve většině případů umístěna pod volantem na levé straně. Hák je umístěn vpředu pod kapotou a je ho nutné vychýlit k úplnému otevření kapoty.

Cílem této diplomové práce je navrhnout nový koncept zamykacího systému, kdy za pomoci implementace mechatronických prvků do systému by se odstranilo otevírání kapoty výhradně ručním způsobem. Účelem je navrhnout klasický přední kapotový zámek s přívětivějším uživatelským rozhraním.

## 1.2 Historie firmy WITTE automotive Nejdek a její vývoj

Vše začalo v roce 1899. Společnost založil pan Ewald Witte ve Velbertu, v ulici Hoefnerstrasse. WITTE se nejdříve specializovalo na výrobu zámků pro kufry.



Obr. 1 Edwald Witte (1)

Ještě před 2. světovou válkou začala výroba kování pro automobily. Pozdější VW „Brouk“ byl prvním vozem, který jezdil po světě s produkty od WITTE.

Po založení vlastní slévárny počátkem 50. let se paleta produktů značně rozšířila.

Tím se výroba pro automobilový průmysl dostala ještě více do popředí zájmu. Od této doby se stále intenzivněji rozvíjí spolupráce WITTE s velkými evropskými zákazníky.

V 70. letech se vývoj rozšířil na všechny komponenty zamykacích systémů v automobilu. Stejně tak byly vyvíjeny a dodávány komponenty pro všechny pohyblivé části karoserie.

Založení WITTE Nejdek v České republice v roce 1992 zajistilo konkurenceschopnost firmy na mezinárodním trhu. Díky akvizicím a většinovým podílům ve firmách Riewer Kunststoff GmbH (RIKU) v Bitburgu (1995), KROSTA Stanztechnik GmbH ve Velbertu (1996) a PRINZ WITTE GmbH ve Strombergu (1999) vyrostlo WITTE v podnikatelskou skupinu s rozsáhlým spektrem kompetencí a technologií.

Globální aktivity WITTE Automotive se datují od roku 1993, kdy byla uzavřena dohoda s tchaj-wanskou firmou. Tento základ pak rozšířila VAST Alliance, strategická aliance s americkými partnery STRATTEC SECURITY CORPORATION a ADAC Automotive.

Po zahájení výroby v Bulharsku v roce 2010 otevřela WITTE vlastní závod v Ruse v roce 2014.

Od 1. 2. 2016 se skupina WITTE rozrostla o nového člena - WITTE Automotive Sweden AB z Goteborgu, druhého největšího města ve Švédsku.

Dnes Witte vyvíjí a vyrábí ve spolupráci se všemi slavnými automobilkami zamykací systémy pro přední a zadní kapoty, zamykací systémy dveří a bezpečnostní systémy sedadel. (1)

## **2. Představení stávajícího konstrukčního řešení**

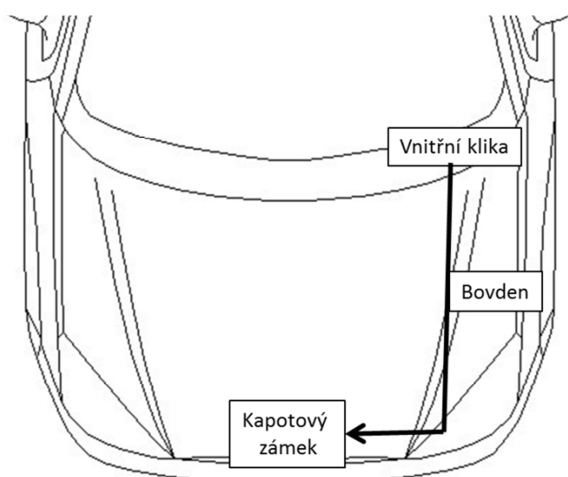
Proces konstrukce kapotových zámku je složitým a časově náročným dějem, při kterém se uplatňují mnohaleté zkušenosti získané dlouholetou prací firmy v oboru. Zamykací systémy jsou nezbytnou součástí každého silničního vozidla. Velice se dbá na funkčnost a bezpečnost, kterou zámky zajišťují během normálního provozu, tak i při dopravních nehodách. Následující seznámení s různými druhy zamykání přední kapoty a analýza stávajícího řešení má seznámit obecnou veřejnost s danou problematikou.

## 2.1 Základní varianty

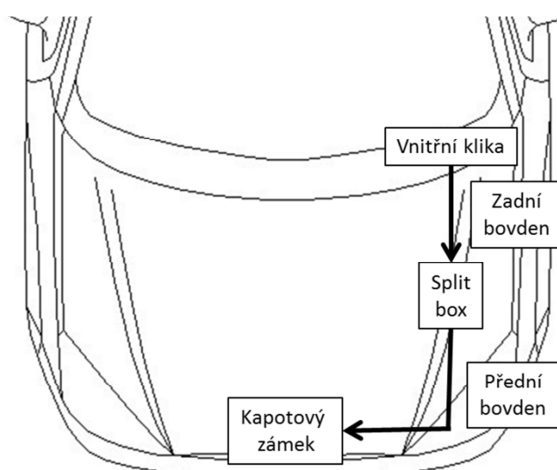
Kapotové zámky jsou jednou ze součástí kapotového zamykacího systému v autě a existují v mnoha provedení. V autě se vyskytuje jeden nebo dva kapotové zámky. Zákazník ve svých požadavcích vždy určí pro něj nejvhodnější variantu. První člen zamykacího systému se nazývá vnitřní klika. V zástavbě vnitřní kliky je upevněn jeden konec bovdeny. Uvnitř bovdeny vede lanko, které je přímo spojeno s klikou na jedné straně a na druhé se zámkem. Zatažením za kliku dojde k natažení lanka, které odemkne kapotový zámek. Obecně lze systém zamykání kapoty dělit takto:

### A. Varianta jednoho centrálního zámku

Tato varianta se vyskytuje ve většině osobních aut. Vyskytují se zde dvě varianty vedení bovdeny od vnitřní kliky k zámku. Zamykací systém na Obr. 2 se vyznačuje jednoduchou konstrukcí. Dlouhé bovdenové lanko je vedeno od vnitřní kliky přímo k zámku. Jeho funkce je popsána výše v úvodu kapitoly 2.1. Na Obr. 3 je vedení rozděleno na zadní a přední bovden. Mezi konce je vložen rozdělovač (split box), který zde plní funkci mechanické spojky. Níže jsou naznačeny a porovnány obě dvě varianty vedení bovdenů k zámkům.



Obr. 2 Schéma jednoduchého vedení bovdenů



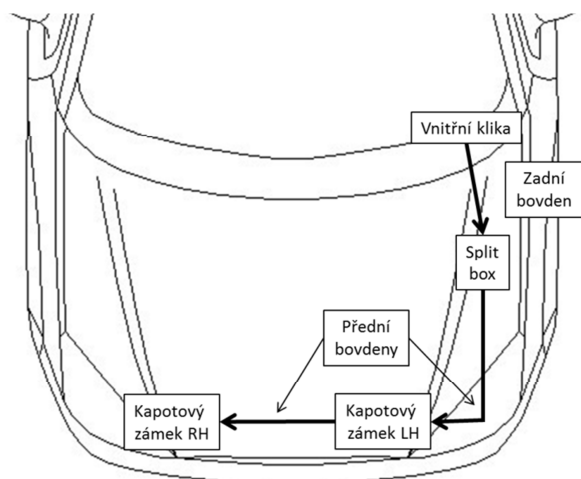
Obr. 3 Schéma děleného vedení bovdenů

	<b>JEDNODUCHÉ VEDENÍ</b>	<b>DĚLENÉ SÉRIOVÉ VEDENÍ</b>
<b>+</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menší počet dílů v systému</li> <li>• Jednodušší konstrukce</li> <li>• Nižší hmotnost</li> <li>• Nižší náklady</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menší ovládací síly</li> <li>• Dva kratší bovdeny =&gt; nižší tření ve vedení</li> <li>• Jednodušší opravy.</li> </ul>
<b>-</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delší vedení bovdeny =&gt; větší tření ve vedení =&gt; větší ovládací síly.</li> <li>• Zámek musí vydržet větší zatížení.</li> <li>• Uchycení kapoty pouze ve třech bodech =&gt; menší stabilita.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Větší počet dílů v systému</li> <li>• Dražší varianta</li> <li>• Uchycení kapoty pouze ve třech bodech =&gt; menší stabilita.</li> <li>• Zámek musí vydržet větší zatížení.</li> </ul>

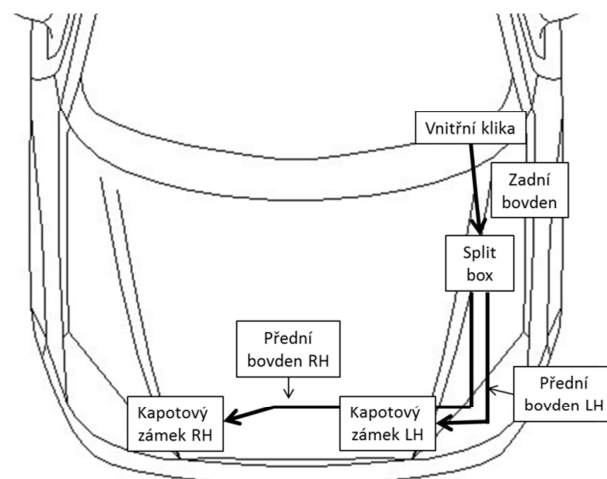
## B. Varianta dvou zámků – na levé a pravé straně kapoty

Tato varianta se vyskytuje například v autech Volvo.

Níže jsou naznačeny a porovnány dvě varianty vedení bovdenů k zámkům.



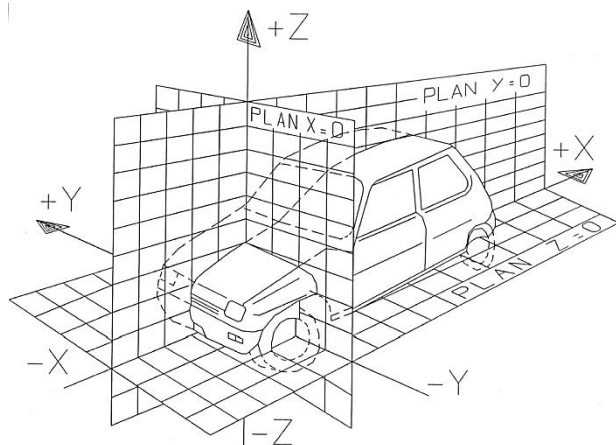
Obr. 4 Schéma děleného sériového vedení



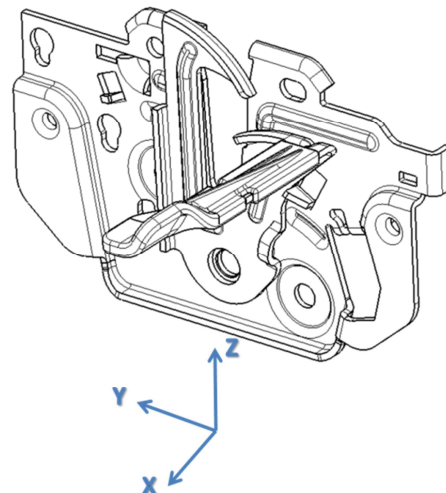
Obr. 5 Schéma děleného paralelního vedení

	<b>DĚLENÉ SÉRIOVÉ VEDENÍ</b>	<b>DĚLENÉ PARALELNÍ VEDENÍ</b>
+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kratší vedení předních bovdenů</li> <li>Menší počet dílů</li> <li>Čtyř bodově uchycená kapota =&gt; větší stabilita</li> <li>Větší bezpečnost než v případě jednoho zámků</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oba zámků se otevřou současně</li> <li>Čtyř bodově uchycená kapota =&gt; větší stabilita</li> <li>Větší bezpečnost než v případě jednoho zámků</li> </ul>
-	<ul style="list-style-type: none"> <li>První zámků řazený v sérii se může otevřít dříve než druhý</li> <li>Tření v bovdenovém vedení =&gt; větší ovládací síly.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Delší vedení předních bovdenů</li> <li>Tření v bovdenovém vedení =&gt; větší ovládací síly.</li> <li>Více dílů</li> </ul>

Ve vozidle je normou definován souřadný systém, který slouží k orientaci jednotlivých pohybů a popisu funkcí kapotového zámků. Souřadný systém platí obecně pro všechny zámků. Na Obr. 6 je zobrazen orientovaný souřadný systém ve vozidle, kde směr X udává směr jízdy vozidla, směr Y osu nápravy a směr Z zavírání kapoty. A na Obr. 7 je zobrazen souřadnicový systém zámků.



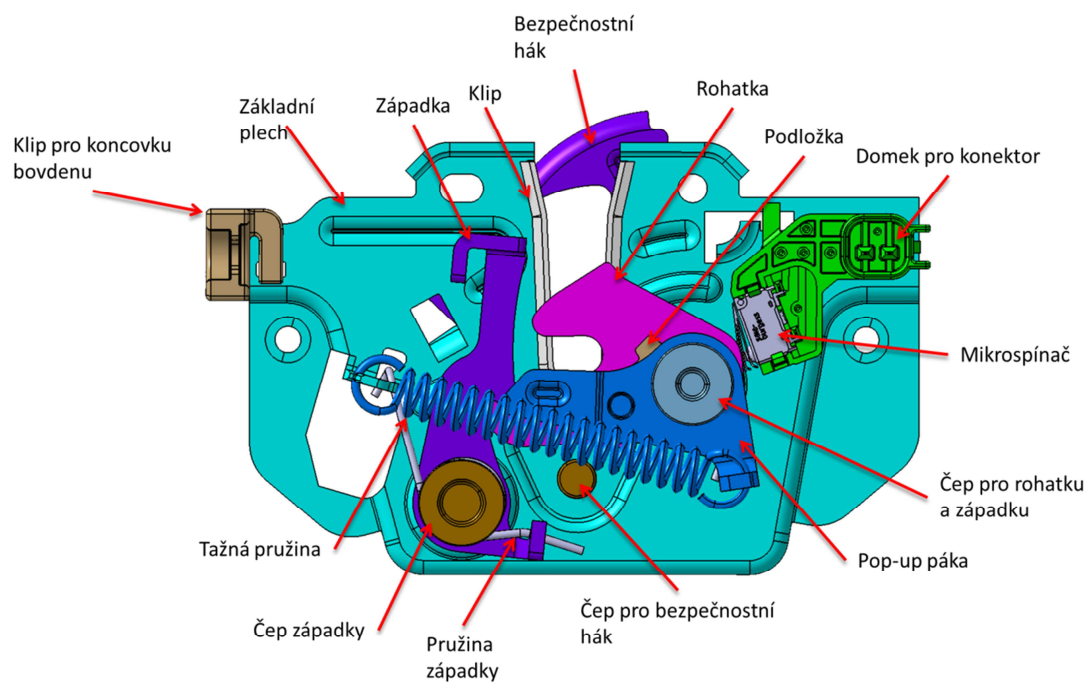
Obr. 6 Souřadný systém automobilu



Obr. 7 Souřadný systém zámku

## 2.2 Popis předního kapotového zámku bez elektrického ovládání

Přední kapotový zámek se skládá z několika dílů. Každý díl v zámku má svojí nezastupitelnou funkci. Ovšem snahou poslední doby je redukovat a optimalizovat počet dílů v sestavě. Touto snahou se myslí sdružením více funkcí do jednoho dílu, tak aby konstrukce zámku byla levnější, jednodušší a efektivnější se stále zachovanou pevností. Většina součástí v zámku je tvořena plechovými díly. Dále se zde v menšině vyskytují plastové výlisky a mechatronické součástky jako mikrospínač. Následně v této kapitole bude popsána funkce každého jednotlivého dílu v sestavě.



Obr. 8 Sestava zámku – popis dílů

ČJ	AJ
Základní plech	Base plate
Rohatka	Claw
Západka	Pawl
Zdvížná páka	Pop-up lever
Bezpečnostní hák	Safety hook
Bezpečnostní čep kapoty	Striker
Pružina rohatky	Claw spring
Pružina západky	Pawl spring
Pružina zdvižné páky	Pop-up spring
Plastový kryt	Housing
Zavřená pozice	Closed position
Bezpečnostní pozice	Safety position
Otevřená pozice	Opened position

Tabulka 1 Přehled základních termínů používaných v praxi

Základní plech je plechový výlisek o tloušťce až několik milimetrů. Tvoří jej množství prolisů a žeber sloužící k zvýšení finální pevnosti k zachycování velikých sil od rohatky a západky. Je zde kladen velký důraz na přesnost výroby a to nejen dodržení přesných rozměrů, ale také dodržení přísných geometrických tolerancí např. rovinnosti 0,1mm. Základní plech je připevněn do výztuhy vozidla pomocí šroubů. Umístění šroubů je přesně definováno. Tyto pozice se nazývají připojovací body. Na plech se zpravidla umísťují i ostatní komponenty.

Západka a rohatka jsou vyráběny z plechů a patří k nejpodstatnějším dílům. Tvoří základ každého zámku. Společně tyto díly zajišťují striker v zamčené poloze. Jsou kladeny vysoké požadavky na přesnou výrobu. Geometrie a pevnost těchto dílů musí být striktně dodržena. Oba díly společně s nýty, na kterých jsou rotačně uloženy, musí přenášet radiální síly od strikeru. Velikost sil je řádově několik tisíc newtonů a jsou následně zachytávány základním plechem.

Pop-up páka je plechový díl a může být uložen na stejném čepu jako rohatka. Její funkcí je nadzvedávat striker při otevírání zámku. Další její funkcí je vymezovat vůle strikeru v zamčené pozici.

V tomto typu zámku se nacházejí dvě pružiny zkrutné a jedna tažná. Zkrutná pružina západky a záchytného háku zajišťuje jejich chod. Tažná pružina zajišťuje chod pop-up páky. Pružiny mají přímý vliv na velikosti otevíracích sil

Bezpečnostní hák je plechový díl uložen rotačně na samotném čepu připevněném v základním plechu. Jeho funkcí je zablokovat striker kapoty v bezpečnostní pozici, tzn. při prvním zatažení za vnitřní kliku v kabině vozidla. Rohatka pop-up páka je v otevřené pozici.

Mikrospínač je mechatronická součástka, která dává informaci o poloze zamčeno - odemčeno. V tomto typu zámku je umístěn u rohatky a spíná v závislosti na jejím natočení.

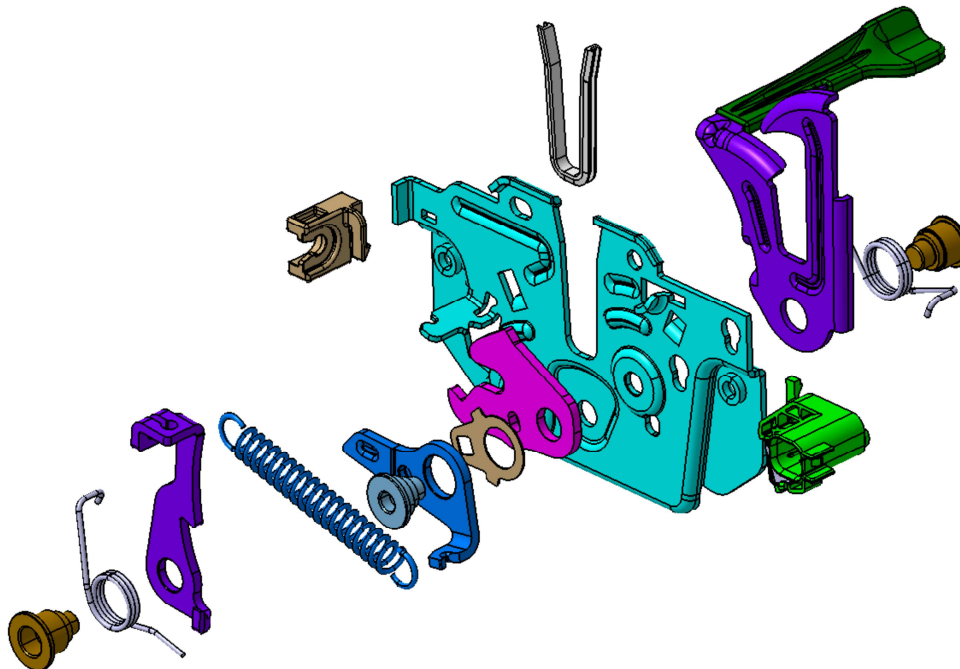
Podložka umístěna mezi rohatkou a pop-up pákou je vyráběna z materiálu POM o malé tloušťce. Zajišťuje pohyb mezi součástmi po zanytování.

K utěsnění a zakrytí elektrického vedení od mikrospínače slouží domek. Též se v něm uchycuje samotný mikrospínač. Nachází se zde vstup pro připojení elektroinstalace vozidla.

Klip je plastová součást, který tlumí náraz strikeru do základního plechu. Náraz nastává pouze při působení velké zavírací síly, kdy dojde k překmitu rohatky.

Pro uchycení konce bovdenového vedení slouží klip pro bovden. Je to plastová součást, která se přichytí k základnímu plechu.

Pro lepší představu o tom, jak je celá sestava zámku složena je na Obr. 9 ukázán rozpad celé sestavy. Při samotném navrhování je nutné také brát v úvahu samotná montáž zámku. Její sestavení by mělo být rychlé a jednoduché. V praxi by to znamenalo snížení nákladů na výrobu montážní linky a zvýšení sestavených zámků za minutu.



Obr. 9 Rozpad sestavy zámku

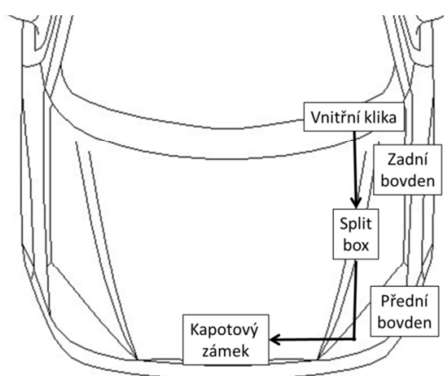
### 3. Koncepty s elektrickým odemkáním

Elektrické ovládání zámku, respektive odemkání kapoty pomocí elektrického mechanismu zajišťuje uživateli pohodlnější otevírání kapoty do bezpečnostní pozice. Uživatel již nemusel ručně zatáhnout za vnitřní kliku, obvykle umístěnou v oblasti pod volantem. Elektrický mechanismus je spojen s elektrickým obvodem v autě a bude uveden do pohybu pouze po stisknutí tlačítka pro odemčení kapoty. Pro úplně otevření kapoty je nutné v prostoru pod kapotou ručně vychýlit bezpečnostní hák, který blokuje striker.

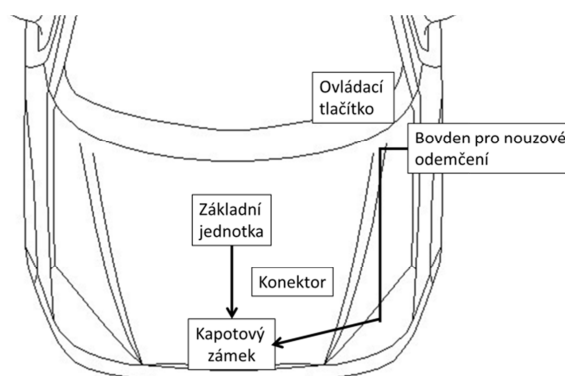
Koncept kapotového zámku, který se v této DP uvažuje, je typ jednoho centrálního zámku s implementovaným bezpečnostním hákem. Výhody a nevýhody tohoto typu jsou popsány v kapitole 2.1. Bovdeny ve stávajícím systému jsou vedeny k zámku volným prostorem okolo motoru. V této oblasti se nachází velký počet jiných dílů, kterým se musí bovdenové vedení vyhnout. Důsledkem toho se zde vyskytují několikačetné ohyby samotného vedení. Při odemkání kapoty z kabiny vozidla mají tyto ohyby za následek zvýšení otevírací síly. Další nevýhodou je rozměrové nastavení celkové délky bovdenů s uvažovanými ohyby.

Použitím integrovaného elektrického mechanismu se již bovdenové vedení nebude přímo podílet na odemkání kapoty. Jeho novou funkcí bude nouzové odemčení kapoty v případě selhání elektrického mechanismu. Jelikož funkci odemkání kapoty převzal elektrický mechanismus, konstrukce bovdenů pro nouzové odemčení kapoty bude jednodušší. Jeden konec bovdenů bude umístěn v zámku a druhý bude ukryt v kabině vozidla pod plastovou krytkou.

V odemkacím systému kapoty bude vnitřní klika nahrazena odemkacím tlačítkem v kabině vozidla. Přední a zadní bovden společně se split boxem bude nahrazen pouze jedním bovdenem s jednodušší konstrukcí. Sestava zámku bude obsahovat více dílů z důvodu přidání elektrického mechanismu. Nový systém pro odemčení přední kapoty je porovnán se stávajícím řešením na obrázcích Obr. 10 a Obr. 11.



Obr. 10 Stávající systém odemkání



Obr. 11 Nový systém odemkání

V další části diplomové práce budou představeny dva koncepty předního kapotového zámku s elektrickým ovládáním. Některé díly vyskytující se v těchto sestavách jsou stejné jako v sestavě zámku bez elektrického ovládání z kapitoly 2.2. Nové díly budou níže popsány a jejich funkce vysvětlena



### 3.1 Koncept - pastorek x hřeben

#### 3.1.1 Popis a funkce jednotlivých dílů

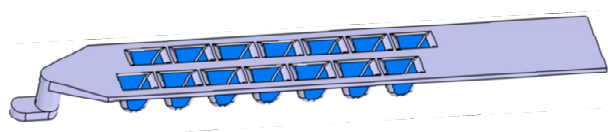
Díly převzaté: Rohatka, pop-up páka, elektro-motor (FC280SC)

Prvním novým dílem ze sestavy zámku je plastové rameno západky, které je na ni nasazeno. Rameno slouží k prodloužení vzdálenosti nositelky síly potřebné pro vychýlení západky do otevřené pozice, tudíž ke snížení otevírací síly. Důvodem je také snížení počet dílů ozubeného převodu na minimum, které vyvedou potřebnou otevírací sílu na roztečné kružnici pastorku. Rameno musí vykazovat dostatečnou tuhost i ve vyšších teplotách. Proto je tělo ramene žebrováno. Díl musí mít dostatečnou stykovou plochu se západkou. Na konci ramene je vytvořeno uložení pro hřeben.

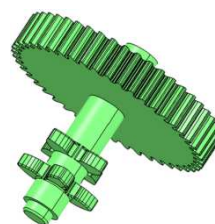


Obr. 12 Pohled na západku a rameno

Další díl ze sestavy je hřeben a pastorek. Hřeben je důležitým dílem spojujícím elektrickou a mechanickou část zámku. Také zastupuje funkci bezpečnostního otevření v případě, že by došlo k nefunkčnosti elektrického motoru. Zuby pastorku zabíhají do drážek v hřebenu. Při chodu pastorku dojde k lineárnímu pohybu hřebenu. Konec hřebenu uložený v rameni západky ji svým pohybem vychýlí proti směru hodinových ručiček do otevřené pozice. Oba díly jsou plastové, z nichž slabší je hřeben.



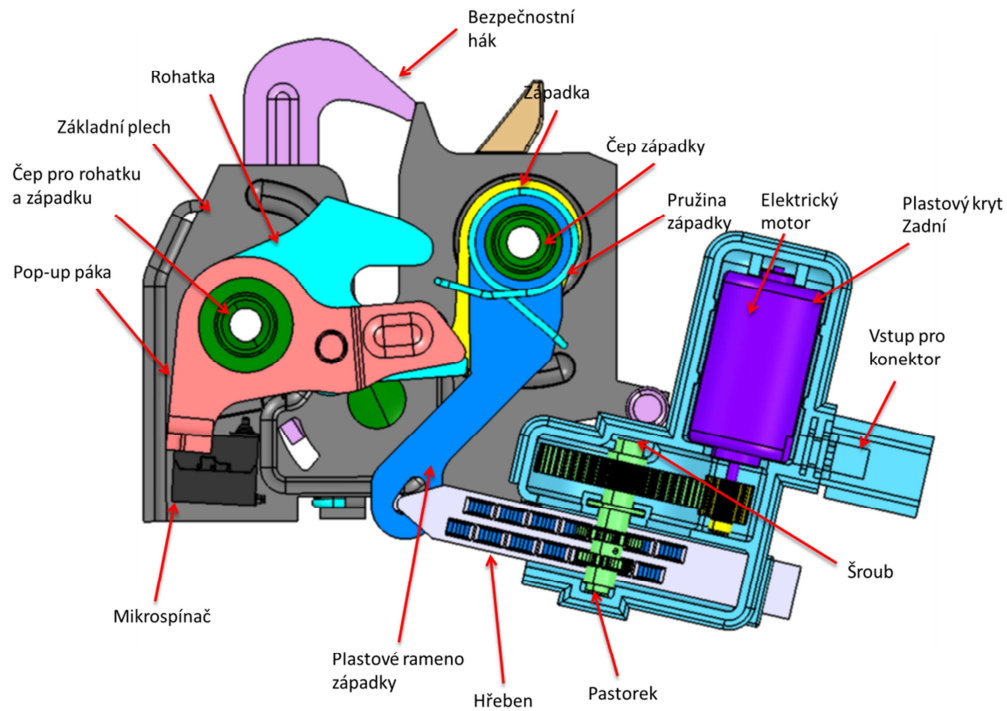
Obr. 13 Hřeben



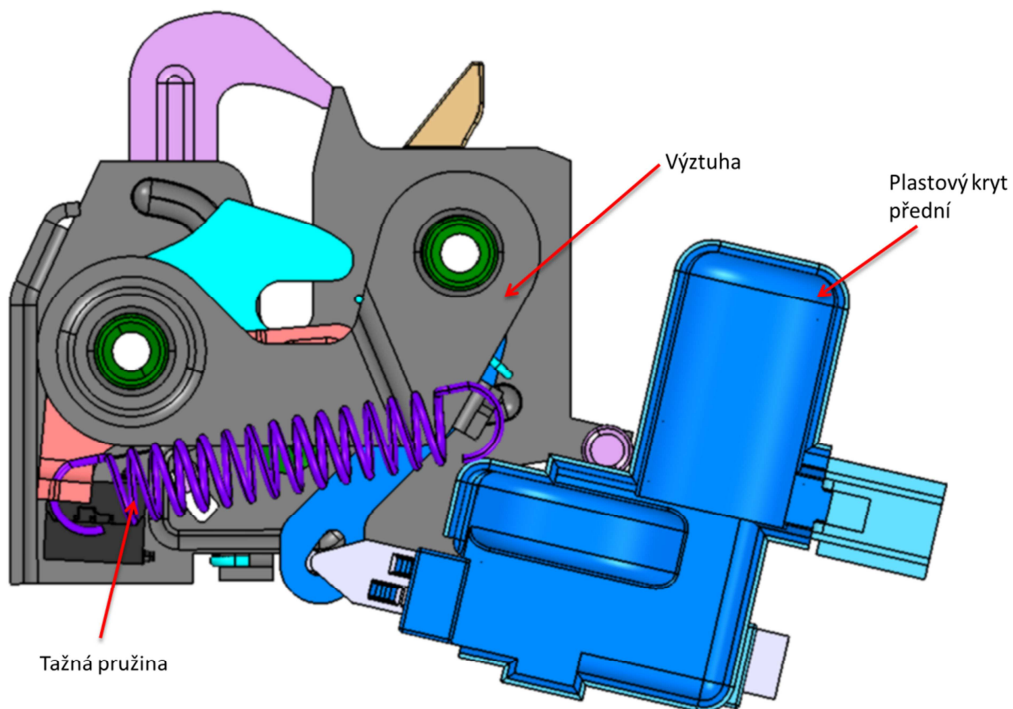
Obr. 14 Pastorek s ozubeným převodem

Plastový kryt elektrického mechanismu (Obr. 15 a Obr. 16) slouží k utěsnění proti vodě a vlhkosti. Je zde použito několik labyrintových těsnění pro zvýšení voděodolnosti. Na boku se nachází vstup pro konektor, který dodává elektrický proud do motoru. Zadní a přední kryt jsou k sobě spojeni pomocí klipů. Společně s elektrickým motorem, pastorkem a hřebem vytvářejí malou podsestavu předního kapotového zámku. Tato podsestava se upevní na základní plech pomocí lože na zadní straně a šroubu. Viz Obr. 17.

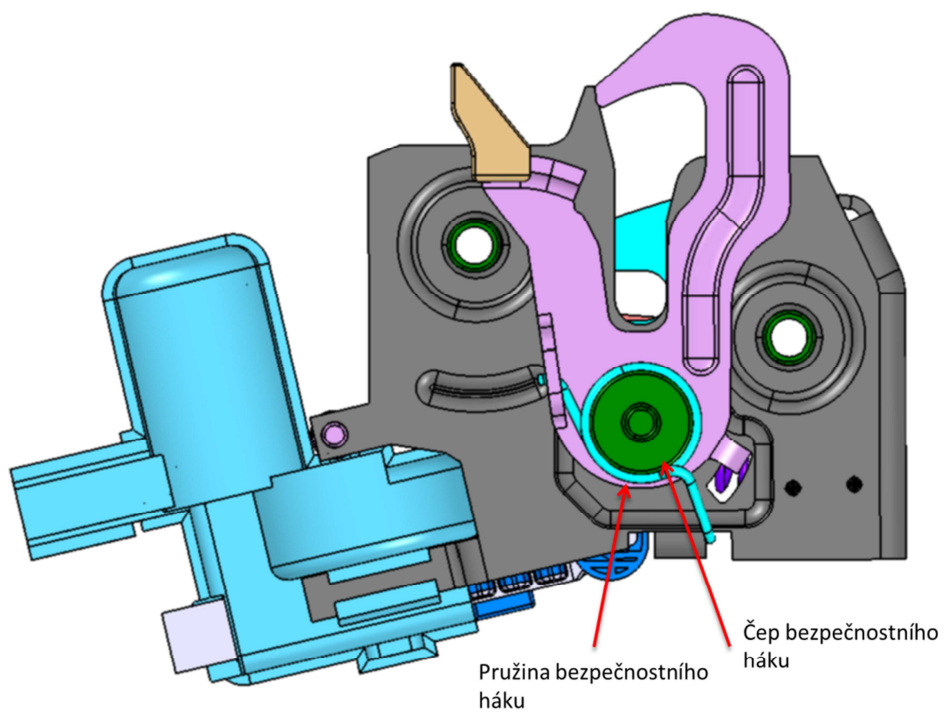
Výztuha je kovová součást a je poslední z výčtu dílů nového konceptu. Funkcí této součásti je zvýšit celkovou tuhost zámku a zamezit vychýlení os čepů rohatky a západky při zatížení. Její konstrukce také slouží pro uložení konců tažné pružiny a pružiny západky. Viz Obr. 16.



Obr. 15 Zámek s elektrickým odemýkáním



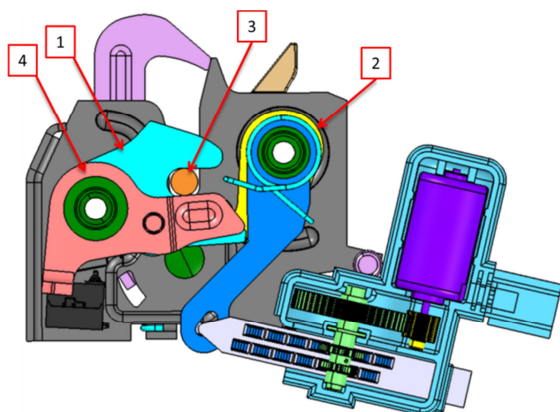
Obr. 16 Celková sestava zámku se zakrytím



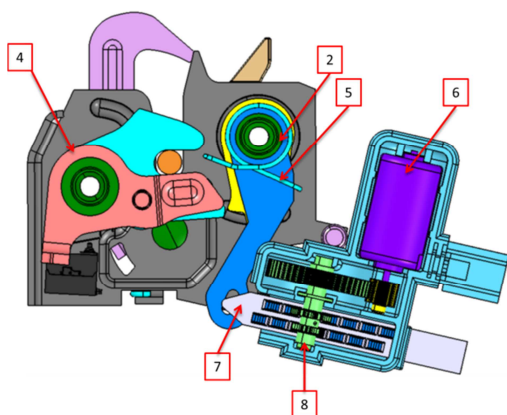
**Obr. 17 Zámek s elektrickým odemkáním – pohled zezadu**

### 3.1.2 Série kroků při odemykání zámku

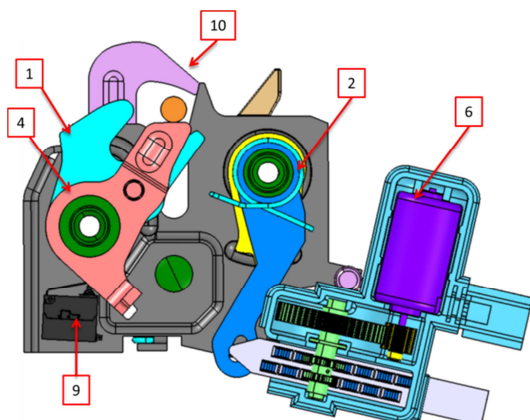
Pro přehlednější popis jednotlivých sekvencí byla schována výztuha a tažná uchycena jedním koncem na pop up páce a druhým na výztuze. A také přední plastový kryt. Musíme brát tedy v potaz, že na rameni pop up páky neustále působí tažná síla od tažné pružiny a snaží se jí otáčet okolo své osy proti směru hodinových ručiček.



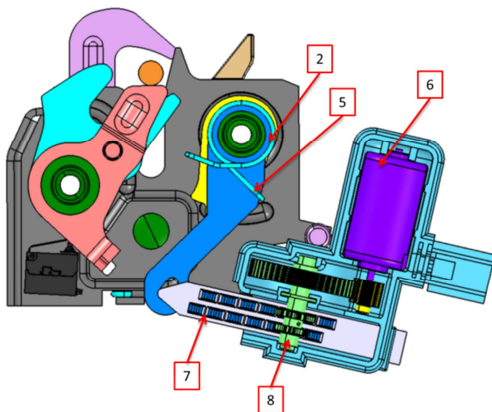
- Výchozí pozicí je zamčený zámek. Rohatka (1), západka (2), pop up páka (4) jsou ve své zamčené pozici. Striker (3) je sevřený mezi rohatkou a pop up pákou. Tato pozice rohanky a západky drží kapotu zavřenou. Odemykání nastane, když uživatel zmáčkne tlačítko v kabině vozu odemykající kapotu.



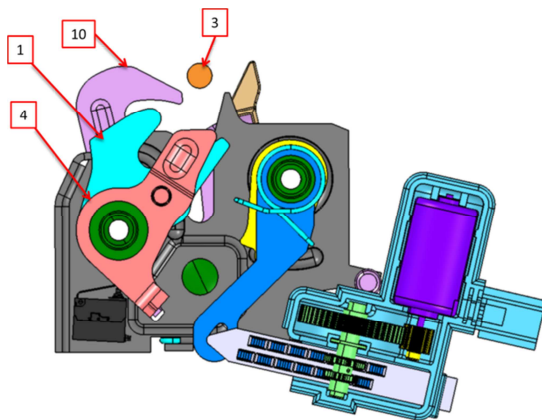
- Po stisknutí tlačítka odemykající kapotu se začne přivádět proud do elektrického motoru (6). Ten roztočí ozubený převod s pastorkem na výstupu (8). Pastorek začne posouvat hřeben (7) a s ním se začne otáček západka (2) okolo své osy až za pozici odemčeno. Zde vzniká odpor proti otočení západky vyvozené zkrutnou pružinou (5). Pohyb západky se zastaví ve chvíli, když se její rameno dotkne plastového krytu. V této chvíli již není rohanka blokována západkou. Pop up páka (4) je předeprnuta tažnou pružinou a je připravená na zdvih strikeru (3)



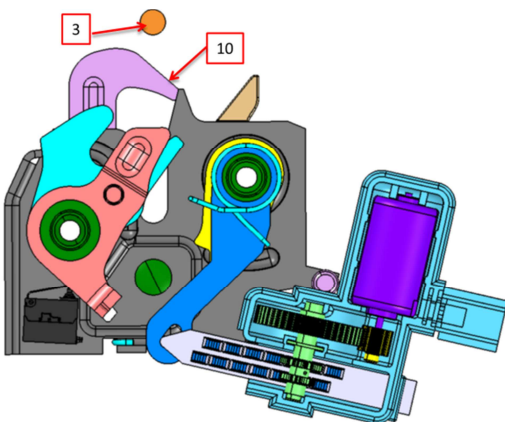
- Pop up páka (4) se začne otáček okolo své osy a s ní začne rotovat i rohanka (1). Pop up páka zdvihne striker i s celou kapotou do bezpečnostní pozice. Rohatka (1) je v pozici odemčeno a spíná svojí konturou kontakty mikrospínače (9). Sepnutý mikrospínač indikuje otevření kapoty. V této pozici je ještě stále striker (3) blokována bezpečnostním hákem (10). V okamžiku kdy se rameno západky zastavilo o plastový kryt, vzrostl dodávaný proud do motoru. Zvýšením proudu je důsledkem kolice mezi ramenem a krytem.



- Po překročení maximální meze proudu dodávaného do el. motoru (6) dá příkaz základní jednotka k vypnutí motoru. Motor se zastaví. Moment předepnuté zkrutné pružiny (5) začne otáčet západkou i s ramenem (2). Pružina přetáhne západku i s ramenem, hřebenem i s nečinným ozubeným převodem opět do své zamčené pozice. Tuto pozici zajistí stop-end vytvořený na základním plechu. Díly zámku se v této chvíli již samy od sebe nehýbají. Pro otevření kapoty je nutné vychýlit bezpečnostní hák (10).



- Uživatel manuálně vychýlí bezpečnostní hák (10) okolo své osy do otevřené pozice a striker (3) kapoty již není ničím blokován. Kapota je připravená ke svému plnému otevření. Rohatka (1) a pop up páka setrvávají ve své otevřené pozici.

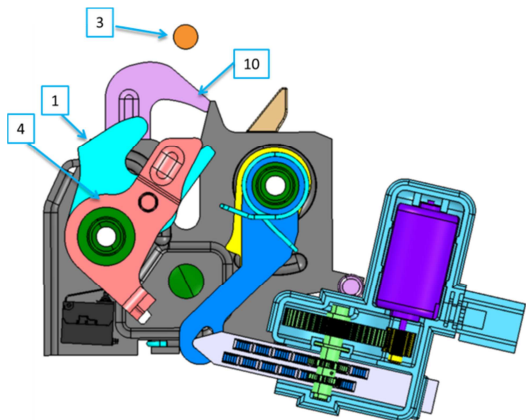


- Bezpečnostní hák je předepnut zkrutnou pružinou, tudíž se může opět navrátit do své výchozí polohy. Zámek je v této pozici připraven k zamčení

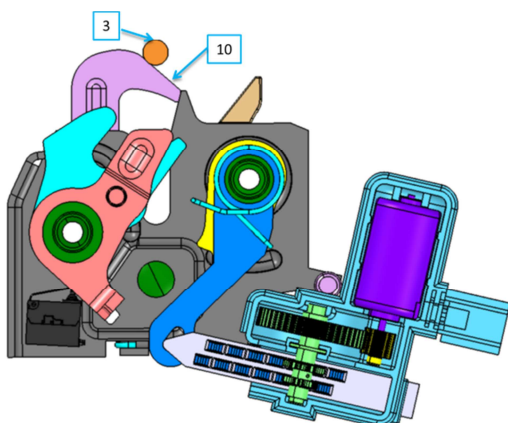


### 3.1.3 Série kroků při zamykání zámku

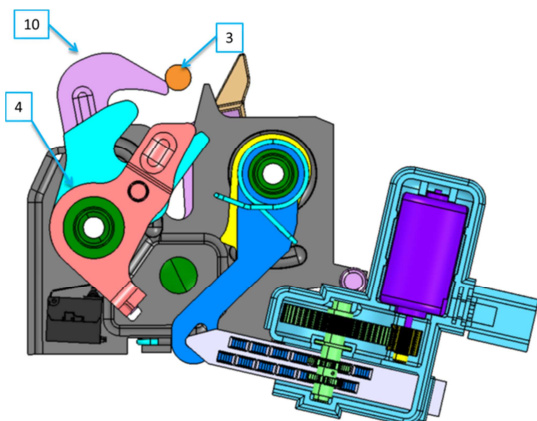
Při zamykání zámku dochází k podobným pohybům jako při odemykání. Neplatí už to, že pohyby při zamykání jsou stejné jako při procesu odemykání, ale pouze v opačném pořadí. Proto bude proces zamykání popsán detailněji opět krok po kroku. Opět jsou zde vynechány některé díly a platí stejná pravidla pro tažnou pružinu při odemykání jako v kapitole 3.1.2.



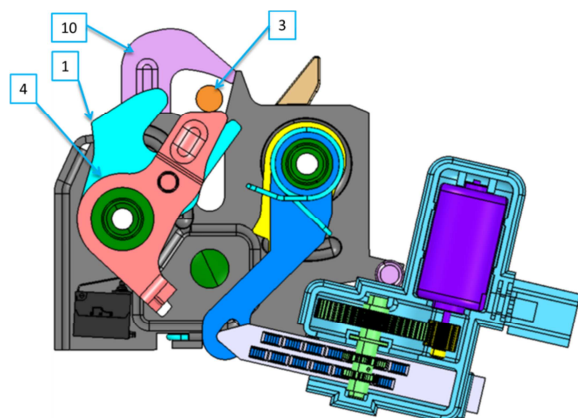
- Rohatka (1) a pop up páka (4) v pozici odemčeno. Bezpečnostní hák v pozici zamčeno (10) a striker (3) je mimo zámek tzn. kapota je otevřená. Tento stav je výchozí.



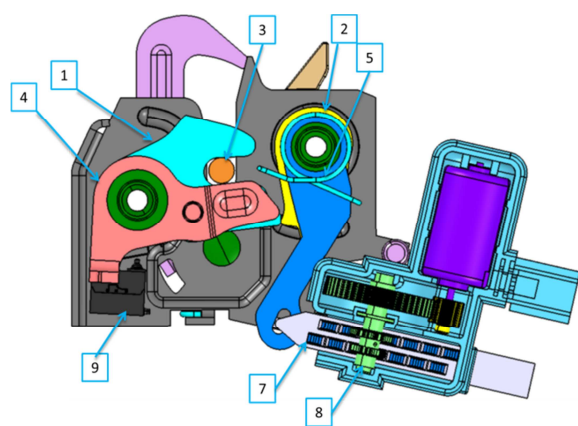
- Při zavírání kapoty dochází ke kontaktu mezi strikerem (3) a bezpečnostním hákem (10). Tíha kapoty vychyluje bezpečnostní hák okolo jeho osy rotace.



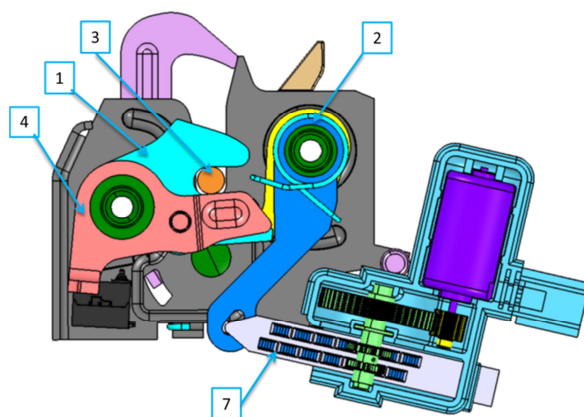
- Striker (3) v určitém bodě již přestane vychylovat hák (10). Kapota dál pokračuje do bezpečnostní pozice, kde bude zajištěna bezpečnostním hákem.



- V této situaci je již striker (3) zajištěn hákem (10) a začíná stlačovat pop up páku (4). Ta rotuje okolo svého uložení v čepu a s sebou unáší i rohatku (1). Pop up páka svojí rotací předepíná tažnou pružinu a ta stále více tlačí opačným směrem na striker, tzn. páka chce neustále zdvíhat kapotu. Síla vyvíjena na striker při zavírání kapoty musí být větší než je síla vyvozená tažnou pružinou.



- V určitém okamžiku se začne kontura rohatky (1) dotýkat západky (2). Ta je rohatkou vychylována ze své pozice zamčeno. Společně se západkou se začne posouvat i hřeben (7). V této pozici zámku již rohatka nespíná kontakt mikrosvínače (9). Síla pro zamčení kapoty zde naroste, kvůli předepnuté zkrutné pružině (5).



- Při dalším posuvu strikeru (3) se dostane kontura rohatky (1) za konturu západky (2). Pružina západky (5) neustále tlačí západku na rohatku. Přestane-li na kapotu působit síla, pop up páka společně s rohatkou mají opět tendenci se vrátit do stavu odemčeno. Avšak jsou zablokovány konturou západky. Ve chvíli kdy zapadne západka do rohatky je zámek v pozici zamčeno a je tak připraven ve výchozí pozici pro odemčení.

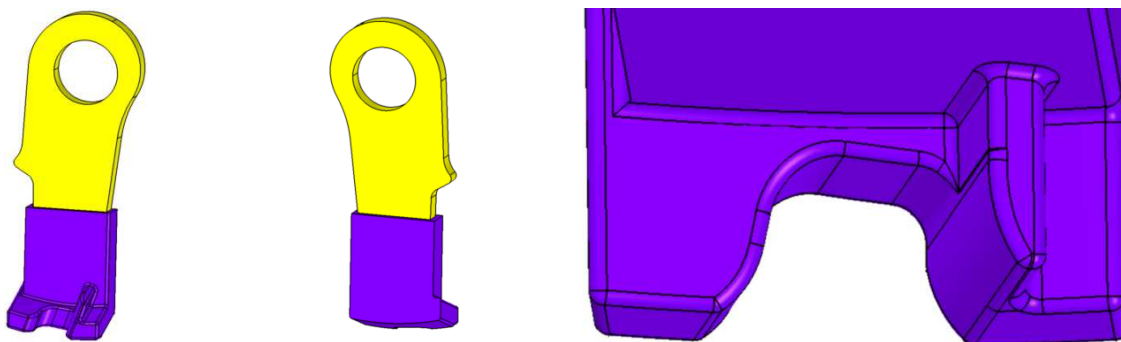
## 3.2 Koncept – pohybový šroub x matice

### 3.2.1 Popis a funkce jednotlivých dílů

Díly převzaté: Rohatka, elektromotor (FC280SC)

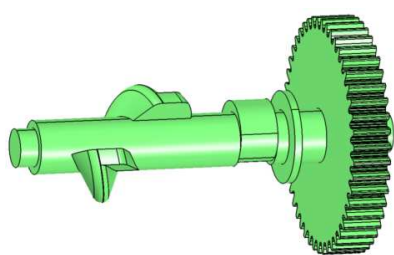
Jak již název napovídá, je v této variantě použit pro odemykání zámku pohybový šroub, který je pevně upnutý a matice. Konstrukce je zjednodušena pouze na jeden závit šroubu a jeden závit matice.

Prvním z výčtu nových dílů je plastový obštrík okolo západky, kde na jeho konci je vytvořen závit matice (Obr. 18). Plastový obštrík je pevně spojen se západkou. I zde je rameno západky prodlouženo kvůli snížení otevírací síly a nároků na elektrický mechanismus.

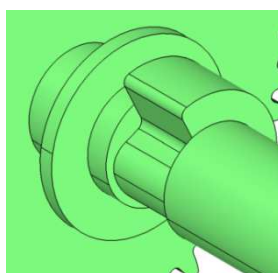


Obr. 18 Pohled na západku a závit

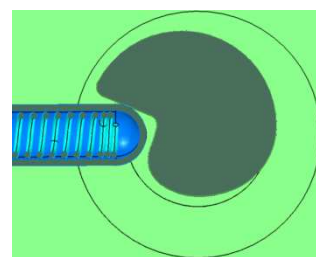
Další nový díl je šroub. Tento plastový díl rotuje okolo své osy a převádí sílu vyvozenou pastorkem elektrického motoru na otevírací sílu na západce. Skládá se z ozubeného kola a jedním závitem šroubu. V závitě šroubovice je vytvořena drážka, ve které se bude pohybovat západka ze své pozice odemčeno do zamčeno. Šroub je uložen v plastovém krytu společně s motorem. Je zde také vytvořeno osazení, které bude společně s plastovým krytem vytvářet labyrintové těsnění. Dalším prvkem na šroubu je profil vačky, který nadzvedává čep na pružince. Čep zaujímá funkce pojištění šroubu proti zpětnému otočení. Viz Obr. 20 a Obr. 21.



Obr. 19 Šroub



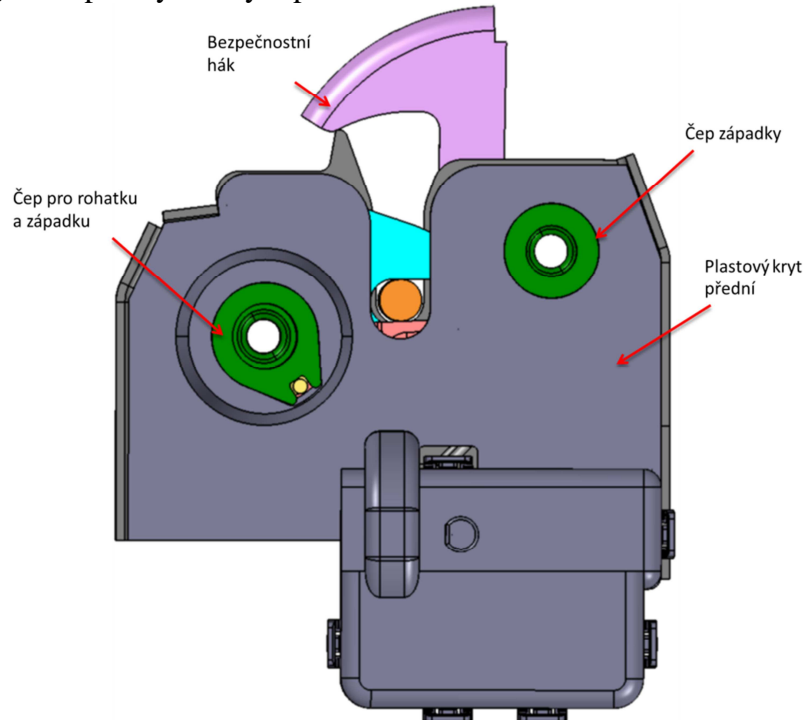
Obr. 20 Pohled na profil vačky a osazení



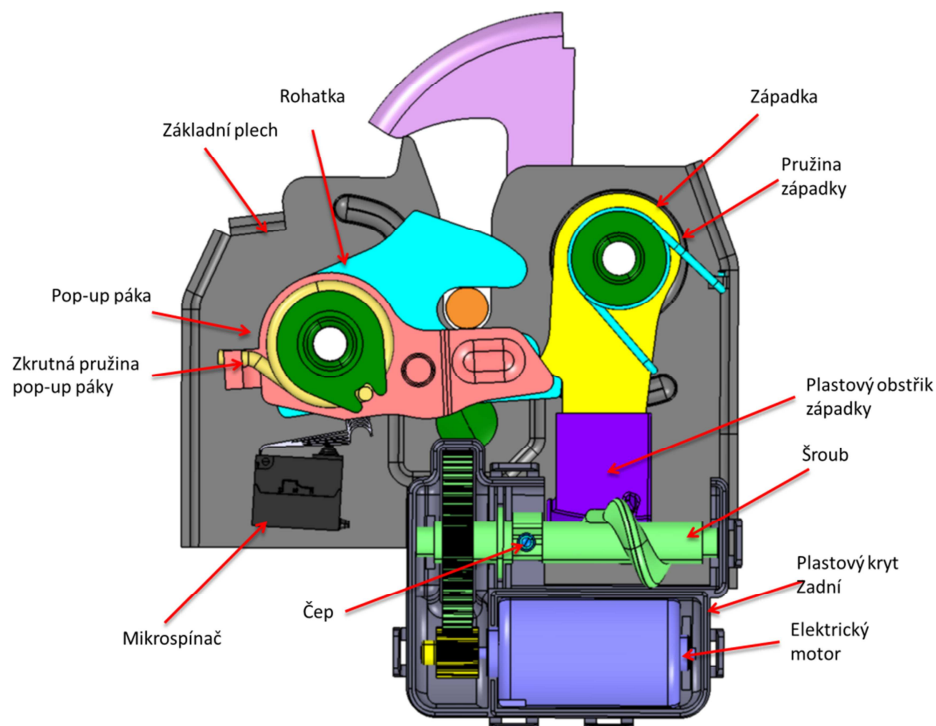
Obr. 21 Řez v místě vačky a čepu



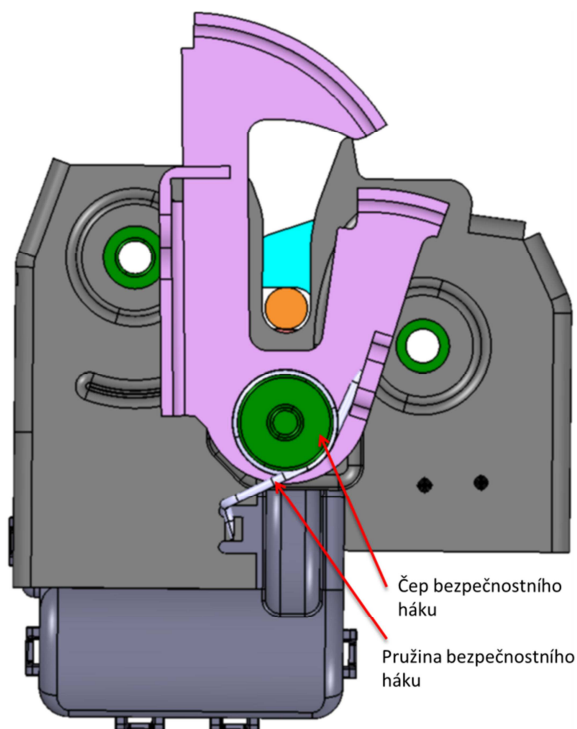
Plastový kryt slouží jako u předešlé varianty k utěsnění elektrického mechanismu před vlhkostí a vodou. Skládá se ze z přední a zadní části, které se k sobě připevní pomocí klipů. Přední kryt zakrývá nejenom elektrický mechanismus, ale také zbytek celého zámku. Jsou v něm vytvořeny otvory pro čepy a komínek pro zakrytí zkrutné pružiny pop up páky. Po obvodu krytů je také vytvořeno labyrintové těsnění pomocí obvodové profilové drážky v zadním krytu a k ní negativní plochy na krytu předním.



Obr. 22 Celková sestava zámku se zakrytím



Obr. 23 Sestava bez předního krytu

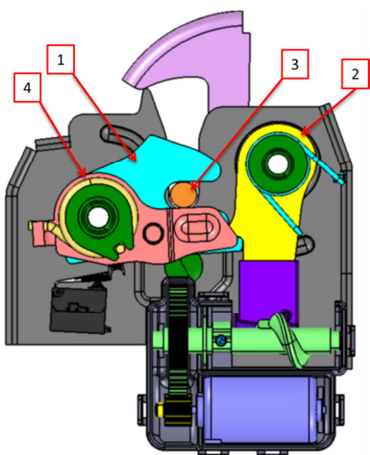


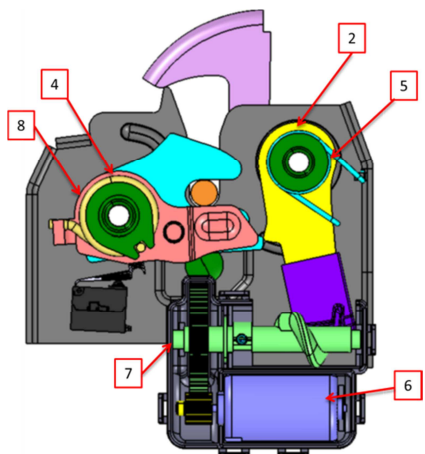
Obr. 24 Sestava zámku – pohled zezadu

### 3.2.2 Série kroků při odemykání zámku

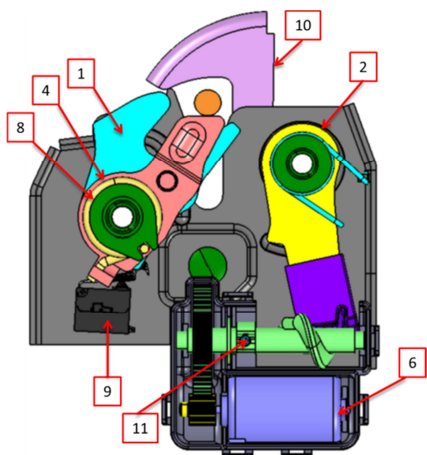
Varianta šroub x matice obsahuje ve svém základu téměř stejné kovové díly. Sekvence odemykání a zamykání jsou si velmi podobné, a proto zde budou popsány pouze rozdíly vůči předešlé variantě v kapitole 3.1. Odlišnost při odemykání je pouze ve způsobu vychýlení západky z její zamčené pozice zvolením jiného elektrického mechanismu. Jednotlivé sekvence budou opět vysvětleny krok po kroku. Pro přehlednější popis sekvence byl schován přední kryt.

- Výchozí pozicí je zamčený zámek. Rohatka (1), západka (2), pop up páka (4) jsou ve své zamčené pozici. Striker (3) je sevřený mezi rohatkou a pop up pákou. Tato pozice rohatky a západky drží kapotu zavřenou. Odemykání nastane, když uživatel zmáčkne tlačítko v kabině vozu odemykající kapotu.

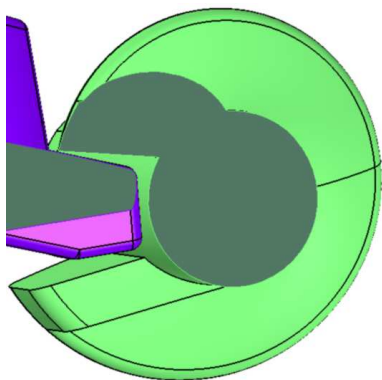




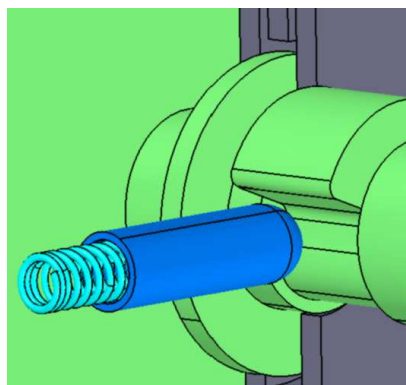
- Po stisknutí tlačítka odemykající kapotu se začne přivádět proud do elektrického motoru (6). Ten roztočí ozubený převod se závitem šroubu na výstupu (7). Závit posouvá matici po kružnici se středem v ose rotace západky a natáčí tak západku (2) okolo její osy až za pozici odemčeno. Předepnutá zkrutná pružina západky (5) se neustále snaží vrátit západku do zamčené pozice. V této chvíli již není rohátka blokována západkou. Pop up páka (4) je předepnuta silnou zkrutnou pružinou a je připravená na zdvih strikeru (3).



- Předepnutá zkrutná pružina (8) pop up páky (4) s ní začne otáček okolo její osy a s ní začne rotovat i rohátka (1). Pop up páka zdvihne striker i s celou kapotou do bezpečnostní pozice. Rohátka je v pozici odemčeno a spíná svojí konturou kontakty mikrospínače (9). Sepnutý mikrospínač indikuje první pootevření kapoty. V této pozici je ještě stále striker (3) blokován bezpečnostním hákem (10). Rotace západky se zastaví ve chvíli, když se šroub otočí o jednu otáčku. Závit šroubu již není v záběru s maticí a západka se tak může vrátit příčnou drážkou v šroubu do své výchozí polohy zamčeno. V okamžiku kdy se šroub otočil o jednu otáčku, opřel se na boční straně závitu o plochu matice (Obr. 25) Ve stejnou chvíli se čep (11) dostal za úvrat' vačky (Obr. 26). V tu chvíli se šroub přestal otáčet a vzrostl přiváděný proud do motoru.



Obr. 25 Závit v kontaktu s maticí



Obr. 26 Čep za horní úvratí vačky

### 3.2.3 Série kroků při zamykání zámku

V této sekvenci je již elektrický mechanismus nečinný, tudíž jednotlivé kroky jsou totožné s variantou pastorek x hřeben v kapitole 3.1.

### 3.3 Vyhodnocení nových variant

V předchozích kapitolách byly představeny dva různé zámky s odlišným způsobem odemykání. Porovnáním zjistíme, že funkce elektrického odemykání způsobila zvětšení počtu dílů v sestavě, proti variantě bez elektrického odemykání. Nové díly, které se přímo nepodílejí na odemykání zámku, slouží k utěsnění elektrického motoru (plastový kryt přední a zadní), nebo k indikaci odemčené kapoty (mikrospínač).

Ve vyhodnocení nejlepší varianty se uvažovaly základní požadavky, které musí oba zámky splňovat. Hodnocení základních požadavků bude pouze hodnoceno **OK** nebo **NOK**.

- Pevnost v plně zavřené pozici pro +/-45° v Z směru min. 5000N
- Pevnost v bezpečnostní pozici v Z směru min. 3000N
- Pevnost pro překmit v Z směru (bez trvalých plastických deformací) min. 1000N

Dále obě varianty budou vzájemně porovnány a vyhodnoceny dle zvolených kritérií. Každé níže zvolené kritérium má při hodnocení rozdílnou důležitost. Pro určení důležitosti kritéria, tudíž stanovení jeho váhy vůči ostatním, byla vytvořena stupnice 1 až 9, kde 9 značí nejdůležitější kritérium. U samotného hodnocení kritérií byl použit rozsah hodnocení 1 až 5, kde 1 znamená nejlepší.

- Počet dílů
- Utěsnění elektrického pohonu
- Velikosti zástavbového prostoru
- Dědičnost dílů

Základní požadavek jako pevnost rohatky, západky a háku ve směru osy Z byl v obou variantách splněn. Výsledek FEM analýzy varianty pastorek x hřeben lze najít v kapitole 6

#### 3.3.1 Z hlediska počtu dílů

Platí zde pravidlo, že čím je počet dílů větší, tím je montáž produktu delší. Delší montážní časy se přímo úměrně promítnou do výrobní ceny zámku. Má-li operátor linky pracovat rychle a efektivně, musí mít zámek zajištěnou co možná nejjednodušší smontovatelnost. Zároveň je nutné zajistit, aby jednotlivé díly v sestavě do sebe nešli vložit jinak. Při konstrukci se musí tudíž uvažovat i se zásadou poka-joke. Porovnáním počtu dílů je zřejmé, že výsledná cena varianty pastorek x hřeben bude vyšší. Ve variantě šroub x matice se vyskytuje méně dílů

### 3.3.2 Z hlediska utěsnění elektrického pohonu

Kromě ceny výrobku je velice důležitá stálá funkčnost elektrického odemykání. Elektrické součástky musí být dostatečně ochráněny před vlhkostí a vodou po celou dobu životnosti produktu.

Stupeň krytí udává odolnost elektrických zařízení proti vniknutí cizího tělesa a vniknutí kapalin, zejména vody. Vyjadřuje se v tzv. IP kódu, který je tvořen znaky „IP“ následovanými dvěma číslicemi: první číslice udává ochranu před nebezpečným dotykem a před vniknutím cizích předmětů, druhá číslice označuje stupeň krytí před vniknutím vody. [citace z wiki]

V této DP je zadaný stupeň krytí IP67. První číslice 6 definuje ochranu před nebezpečným dotykem s jakoukoliv pomůckou a odolnost proti vniknutí prachu úplně. Druhá číslice 7 definuje ochranu zařízení proti ponoření do vody do hloubky jedem metr po dobu 30 minut.

Ve variantě šroub x matice byla vytvořena dvě labyrintová těsnění pro zvýšení účinnosti ochrany. První těsnění se vyskytuje na šroubu společně s drážkami v zadním a předním krytu. Druhé bylo vytvořeno v obvodových čelních dosedacích plochách předního a zadního krytu.

V druhé variantě pastorek x hřeben se vyskytují také dvě labyrintová těsnění. První je vytvořeno pomocí osazení na pastorku. Princip je stejný jako u předchozí varianty. Druhé se vytvořilo na obvodových stěnách vhodnou volbou tvarových dosedacích ploch předního a zadního krytu.

Porovnáním variant se zdají být obě dostatečně utěsněny. Avšak ve variantě pastorek x hřeben se labyrintové těsnění na obvodě jeví jako účinnější, kvůli jeho delší dráze. Vniknutí vody skrz by zde trvalo delší dobu. Nicméně k ověření skutečného stavu je třeba vytvořit reálné vzorky a otestovat vodotěsnost.

### 3.3.3 Z hlediska velikosti zástavbového prostoru

Z hlediska konstrukce předního kapotového zámku je kladen důraz na co možná nejmenší zástavbové prostory. Ovšem zámek musí být stále funkční a jeho konstrukce musí vykazovat dostatečnou pevnost. Zástavbový prostor je jedním z kritérií, která rozhodují při výběru zámku zákazníkem. Z porovnání rozměrů šířky, výšky a délky vyšla lépe varianta šroub x matice. Rozměry jsou uvedeny v tabulce níže.

	Šířka [mm]	Výška [mm]	Délka [mm]
Šroub x matice	138,7	103,8	72,8
Pastorek x hřeben	94,4	121	54,9

Tabulka 2 Zástavbové rozměry

### 3.3.4 Z hlediska dědičnosti dílů

V obou sestavách zámku se nachází díly (rohatka, pop up páka), jejichž design byl převzat ze zámku bez elektrického odemykání. Do jisté míry se v nových variantách objevuje dědičnost těchto dílů. Ať už se jedná o převzetí dílů z jiné sestavy bez úpravy jejich samotné konstrukce, nebo s menší úpravou.

V nových variantách, konkrétně ve variantě pastorek x hřeben, je uvažována dědičnost právě elektrického mechanismu pro odemykání zámku v budoucnosti. Tento mechanismus by

mohl sloužit jako vhodný prvek, který by transformoval rotační pohyb elektro motoru na lineární pohyb s tažnou funkcí hřebenu. Pro dané konkrétní použití by se musel akorát znovu přepočítat převodový mechanismus, zda by konkrétnímu případu vyhovoval, nebo případně navrhnout nový převodový poměr. Ve variantě šroub x matice je navržený elektrický mechanismus pouze pro daný způsob odemykání západky a tudíž by nemohl být použit v jiné sestavě bez větších úprav.

### 3.4 Vyhodnocení nejlepší varianty

		Varianta	
		Pastorek x hřeben	Šroub x matice
<b>Základní požadavky</b>		<b>1</b>	<b>2</b>
Pevnost v plně zavřené pozici pro +/-45° v Z směru		OK	OK
Pevnost v bezpečnostní pozici v Z směru		OK	OK
Pevnost pro překmit v Z směru (bez trvalých plastických deformací)		OK	OK
Hodnotící kritéria	Váha	1	2
Počet dílů/Cena	9	3	1
Utěsnění elektrického pohonu	9	1	3
Zástavbový prostor	6	3	1
Dědičnost dílů	5	1	5
	<b>Σ</b>	<b>59</b>	<b>67</b>
	<b>Pořadí</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Tabulka 3 Vyhodnocení nejlepší varianty

Varianta pastorek x hřeben vyšla nejlépe z výsledného hodnocení. Elektrický mechanismus je lépe utěsněn a může být použit i v jiných zámčích jako odemykací prvek. Tato varianta obsahuje ovšem větší počet dílů, jež navýší cenu produktu. Ovšem výroba jednotlivých dílů není tak nákladní jako v druhé variantě.

V dalších krocích DP bude varianta pastorek x hřeben, jež vyšla v hodnocení nejlépe, podrobena základním výpočtům a analýzám. Bude ověřeno, zda-li tato varianta vyhovuje zadaným parametrům.

## 4. Přední kapotový zámek s elektrickým odemykáním

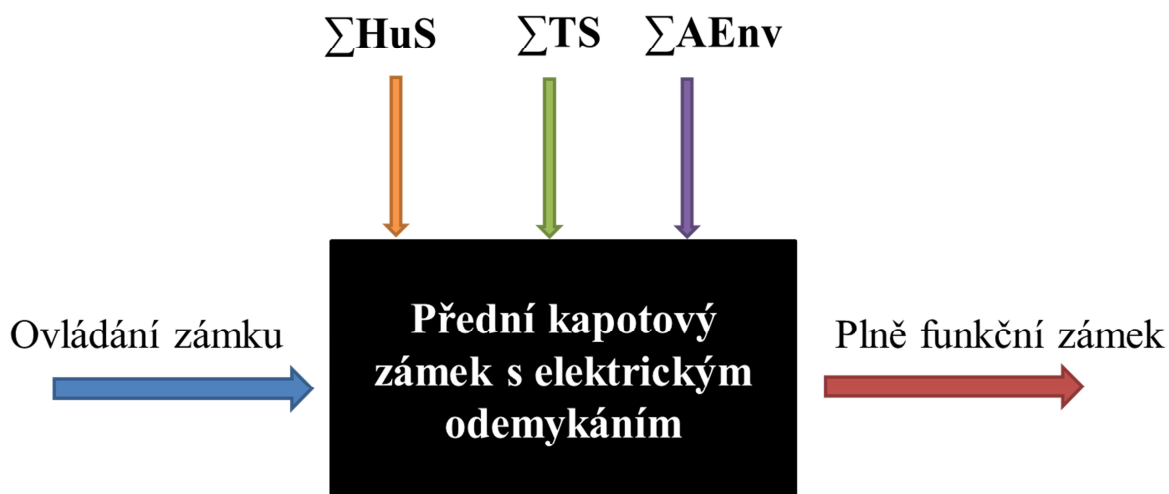
### 4.1 Technický systém

Od začátku navrhování zámku se pohlíželo na tuto konstrukční problematiku jako na technický systém. V praxi se označuje technický systém (dále jen TS) jako tzv. „Černá skříňka“ (angl. název Black Box), jež má na jedné straně vstupy a na druhé výstupy. V procesu působí na TS vnější vlivy, které přeměňují vstupy na výstupy. Těmito vlivy je v konkrétním případě myšlen člověk  $\Sigma\text{HuS}$ , technické systémy  $\Sigma\text{TS}$  a aktivní a reaktivní okolí  $\Sigma\text{AEnv}$ . Cílem bylo navrhnout zámek, který by měl splňovat svojí funkci, pro kterou byl navržen a odolával všem vnějším vlivům po dobu své životnosti.

$\Sigma\text{HuS}$  - Manipulace člověkem v případě servisu nebo údržby

$\Sigma\text{TS}$  - Vlastnosti použitých materiálu, technologie zpracování

$\Sigma\text{AEnv}$  – Okolní vlivy působící na zámek (teplota, prašnost, vlhkost, kyselé nebo zásadité prostředí, vibrace apod.)



Obr. 27 Black Box

### 4.2 Technické parametry

Parametry byly zadány firmou WITTE Automotive. Koncept zámku s elektrickým odemykáním by měl splňovat tyto parametry:

Pevnost v plně zavřené pozici pro +/-45° v Z směru	min. 5000N
Pevnost v safety pozici v Z směru	min. 3000N
Pevnost pro překmit v Z směru (bez trvalých plastických deformací)	min. 1000N
Zavírací síla pro plně zavřenou pozici	max. 100N
Síla pro zdvih kapoty ve zdvihu 25mm (POP-UP)	min. 27N
Otvírací síla pro zavřenou pozici	(max. 20N)
Otevírací síla pro safety pozici	max. 25N
Zámek bude uchycen dvěma šrouby M6 s utahovacím momentem	10±2N 320
ot/min	



Životnost	2500 cyklů
Pracovní teploty	-20°C do +70°C
Korozní odolnost dle DIN EN ISO 9227	1 týden do bílé koroze 4 týdny do červené koroze
Odolnost dle DIN EN 60529	IP 6K7
Provozní napětí motoru	9 až 16V
Provozní proud motoru do	3A

### 4.3 Konstrukční návrh zámku

Koncept nového zámku s elektrickým odemykáním byl měl být novinkou v nabídce klíčových systému pro potencionálního zákazníka. V automobilovém průmyslu je kladen čím dál tím větší důraz na komfort a pohodlí z hlediska ovládání automobilu jako celku. Dále jsou kladeny požadavky na jednoduché ovládání základních funkcí automobilu. Součástí toho by mělo být odemčení kapoty z kabiny vozidla pouze pomocí odemykacího tlačítka.

Celá sestava zámku, jednotlivé podsestavy i jejich komponenty, které byli představeny v kapitole 3.1, byly vyvinuty od základu nové. Výjimkou tvoří převzaté díly (rohatka, pop up páka a elektrický motor). Konstrukce rohatky a pop-up páky musela být dodatečně upravena pro správnou funkci chodu zámku. Celá sestava byla následně podrobena základním výpočtům a analýzám. Dle výsledků z výpočtů byly následně jednotlivé komponenty zámku upraveny do své finální podoby.



Obr. 28 Podsestavy nového zámku

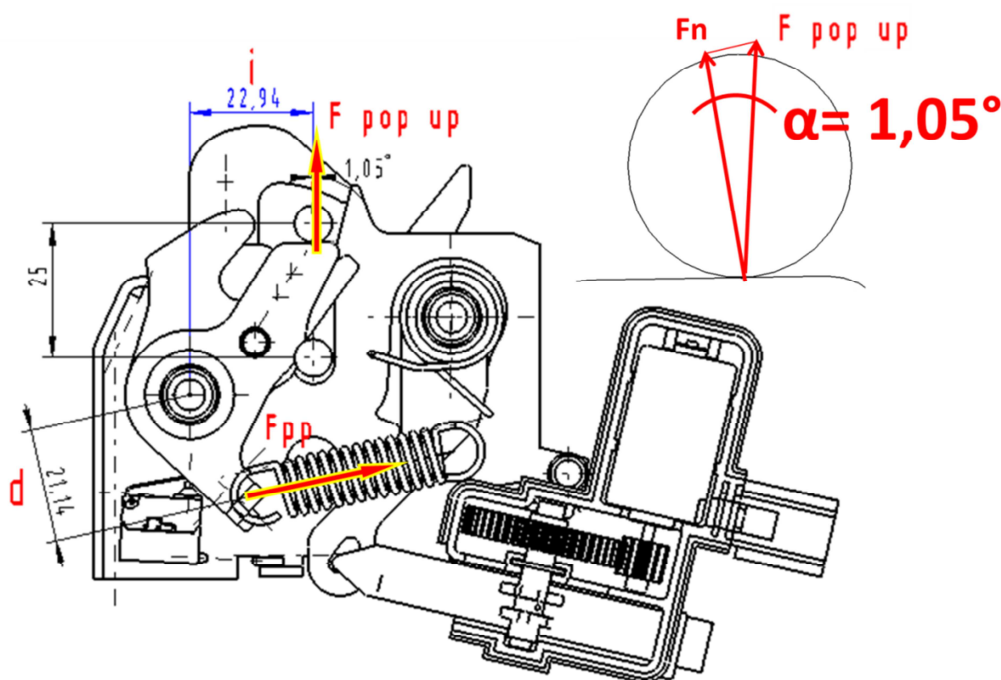


### 4.3.1 Návrh pružin

Základním prvkem celého zámku zajišťující jeho správný chod a funkčnost jsou pružiny. Síly a momenty vyvozené pružinami vytvářejí požadované zdvihy pohyblivých dílů, a proto je kladena velká pozornost při jejich vývoji. V kapotových zámčích se obvykle nalézají pružiny zkrutné a pružiny tažné. V následujících krocích budou představeny výpočty pružin, použitý v konceptu zámku. Navržené pružiny budou následně kontrolovány pro ověření, zda jejich silová charakteristika zajišťuje správný chod zámku dle zadaných parametrů. Viz kapitola 4.2. Při výpočtu životnosti pružiny se běžně počítá s několikanásobně větším počtem cyklu, než je počet cyklů celého zámku. Životnost zámku je 2500 cyklů. V DP je uvažována minimální životnost pružin 50000 cyklů. Pro návrh a výpočet charakteristik pružin byl použit software Hexagon. Ve výpočtech jsou vynechány momenty čepového tření. Čepové tření se vyskytuje na plochách rotačního uložení rohatky, západky, pop-up páky a bezpečnostního háku. Čepové tření se po dobu životnosti zámku zvětšuje, proto se tato místa obvykle dodatečně promazávají tukem. Součinitel tření se tak mezi ocelovými díly ještě zmenší. V praxi se prováděla měření a ukázalo se, že moment čepového tření dosahuje malých hodnot a nemá tak zásadní vliv při návrhu zámku.

### 4.3.2 Tažná pružina pop-up páky

Jedním z požadavků, který musí konstrukce zámku splňovat je pop-up síla min. 27N ve zdvihu 25mm. Pop-up síla nadzvedává tíhu kapoty ze zamčené pozice do bezpečnostní. K tomuto účelu je v zámku určena pop-up páka, jež svou rotací nadzdvihává kapotu. Rotaci vyvolává síla tažné pružiny  $F_{pp}$ . Na Obr. 29 je zobrazen zámek v bezpečnostní pozici ve zdvihu 25mm. Zde jsou ve statické rovnováze síly  $F_N$  a  $F_{pop-up}$ , kde  $F_{pop-up}$  je definována požadavkem. Z momentové rovnice lze snadno dopočítat minimální velikost síly pružiny  $F_{pp\_min}$  potřebné pro její návrh. Tuto sílu by měla pružina vyvodit ve svém pracovním zdvihu  $L1$



Obr. 29 Statické rovnováha v bezpečnostní pozici

**Vstupní hodnoty: Chyba! Chybné propojení.**

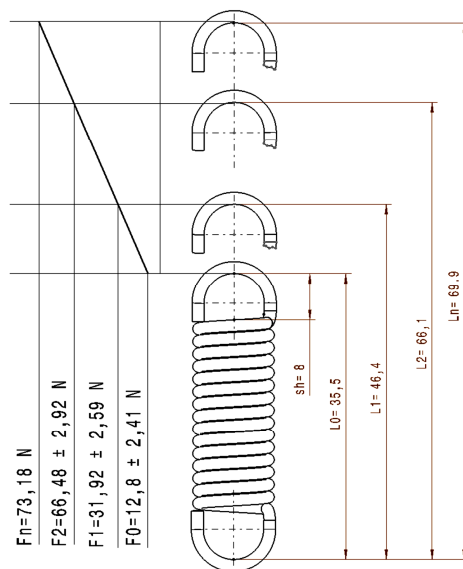
$$F_N = F_{pop\_up} * \cos(\alpha) = 27 * \cos(1,05^\circ) = 26,99N \cong 27N$$

$$F_{pp\_min} * d = F_N * i$$

$$F_{pp\_min} = \frac{i}{d} * F_N = \frac{22,94}{21,14} * 27 = 29,3N$$

Síla  $F_{pp\_min}$  byla použita pro návrh tažné pružiny. Musí být splněn požadavek  $F_1 \geq F_{pp\_min}$  i po zahrnutí nejvíce nepříznivých výrobních tolerancí

Základní parametry tažné pružiny:	
Průměr drátu	$d = 1,3 \pm 0,02 \text{ mm}$
Síla v pracovním zdvihu $L_1$	$F_1 = 31,92 \pm 2,59 \text{ N}$
Síla v plném zdvihu $L_2$	$F_2 = 66,48 \pm 2,92 \text{ N}$
Délka v nezatíženém stavu	$L_0 = 35,5 \pm 0,8 \text{ mm}$
Počet závitů	$n = 14$
Pracovní zdvih	$L_k = 19,5 \text{ mm}$
Střední průměr	$D_m = 10,2 \pm 0,3 \text{ mm}$
Materiál	EN 10270-3-1.4310-NS



Tab. 1 Parametry nově navržené tažné pop-up pružiny

**Kontrola požadované síly:**

$29,33 \geq 29,3$ .....Navržená pružina **vyhovuje** i při započítání spodní tolerance

Vypočítá se skutečná pop-up síla  $F_{pop\_up\_skut}$ , kde se zahrne síla navržené pružiny i s tolerancemi.

### Skutečná normálová síla

$$F_{Nsk} = \boxed{29,42} \text{ N} \quad \begin{matrix} \text{max.} \\ \text{min.} \end{matrix} \quad \boxed{\begin{matrix} 31,8 \\ 27,0 \end{matrix}} \text{ N}$$

### Skutečná pop-up síla

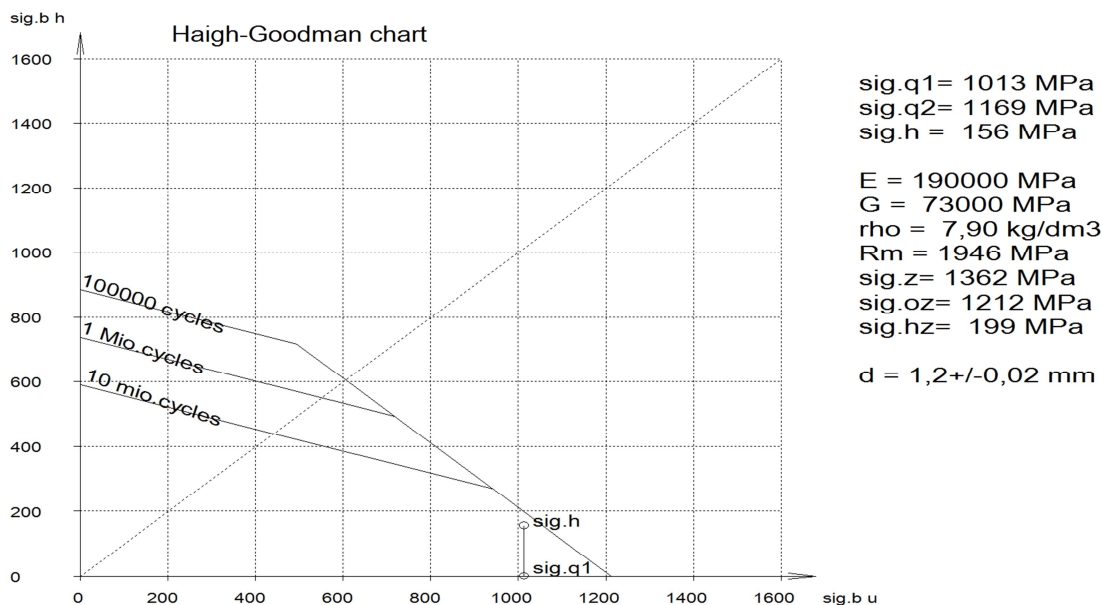
$$F_{pop\_up\_sk} = \boxed{29,42} \text{ N} \quad \begin{matrix} \text{max.} \\ \text{min.} \end{matrix} \quad \boxed{\begin{matrix} 31,8 \\ 27,0 \end{matrix}} \text{ N} \quad \text{Hodnoty pop-up síly se započítanými tolerancemi}$$

## VYHOVUJE

Síla normálová a pop-up si jsou téměř podobné, jelikož mezi sebou svírají malý úhel. Požadavek minimální síly 27N ve zdvihu 25mm byl splněn. Ale hodnota skutečné síly pop-up je na hranici požadavku po započítání spodní tolerance. Pokud by v dalších krocích, kde se zahrnují silové účinky této pružiny, nebyly základní parametry splněny, bylo by nutné navrhnout novou tažnou pružinu s vhodnější charakteristikou.

### Kontrola životnosti pružiny

Pružinu je nutné zkontrolovat také z hlediska únavové pevnosti. Ke kontrole se použil High-Goodmanův diagram, z kterého vyplyne, zda pružina vyhovuje, či nikoliv. Diagram je nutné sestavit pro tři různé teplotní stavy, které jsou uvedené v technických parametrech 20°C, 70°C a -20°C. Na Obr. 30 je diagram vykreslen ve stavu 20°C. Z grafů vyplývá, že zatížení pružiny se vyskytuje v oblasti trvalé únavové pevnosti a tudíž pružina vydrží požadovaný počet cyklů. High-Goodmanovi diagramy pro další dva teplotní stavy jsou uvedeny v příloze č. 6.

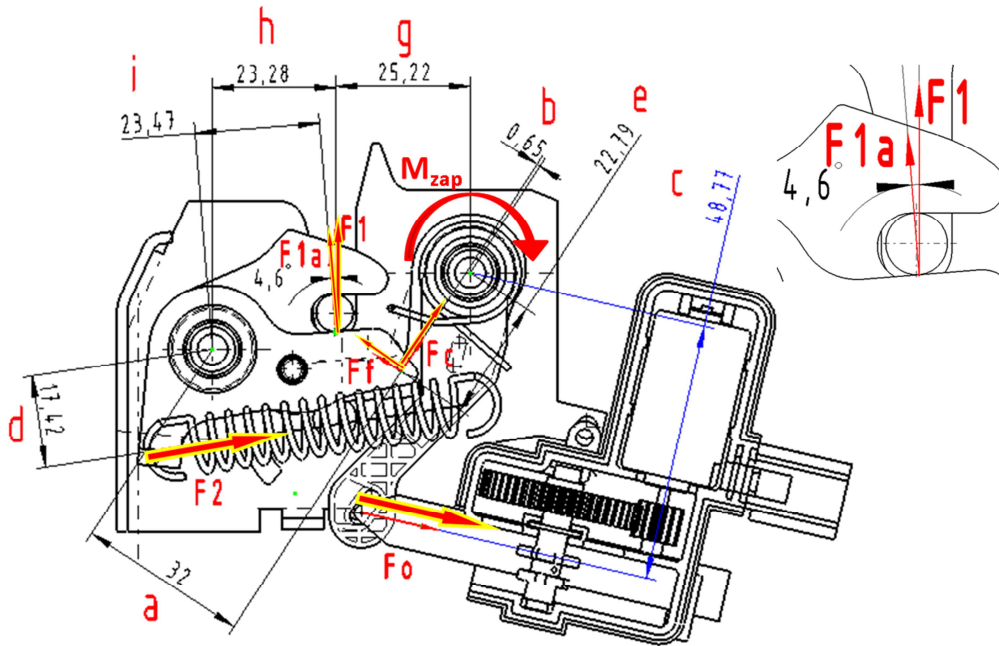


Obr. 30 High-Goodmanův diagram pro tažnou pružinu

### 4.3.3 Návrh zkrutné pružiny západky

Pružina západky má přímý vliv na otevírací sílu zámku. Postup návrhu je podobný jako v předchozím návrhu tažné pružiny. Nejdříve se stanoví minimální moment, který by měla zkrutná pružina splňovat pro maximální požadavek otevírací síly 20N. Na základě toho se navrhne nová zkrutná pružina a provede se přepoččet.

Pop-up páka je zatížena silou, kterou vyvozuje tažná pružina ve svém plném zdvihu. Páka se opírá svojí konturou o bezpečnostní hák, který se snaží nadzvednout. V tom jí zabraňuje uzamčená rohatka v kontuře západky. Dochází zde k přenosu silových účinků z pop-up páky na rohatku a z rohatky na západku. Proti odemčení západky působí moment zkrutné pružiny.



Obr. 31 Statická rovnováha v zamčeném stavu

#### Vstupní hodnoty:

Síla pop-up pružiny F2 v plném zdvihu	=	66	N	$\pm$	2,9	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>68,9</td></tr><tr><td>63,1</td></tr></table>	68,9	63,1	N
68,9									
63,1									
F0	=	20	N	<b>maximální....POŽADAVEK</b>					
a	=	32	mm						
b	=	0,65	mm						
c	=	48,77	mm						
d	=	17,42	mm						
e	=	22,79	mm						
g	=	25,22	mm						
h	=	23,28	mm						
i	=	23,47	mm						
$\alpha$	=	4,6	°	Úhel mezi silami F1 <sub>a</sub> a F1					

$$F_2 * d = F_{1a} * i \Rightarrow F_{1a} = \frac{F_2 * d}{i} = \mathbf{49N} \quad \dots \text{normálová síla na pop-up páce}$$

$$F_1 = F_{1a} * \cos(\alpha) = 49 * \cos(4,6) = \mathbf{49,1N} \quad \dots \text{Síla působící na rohátku ve směru Z}$$

$$F_1 * h + F_c * a = 0 \Rightarrow F_c = \frac{F_1 * h}{a} = \frac{49,1 * 23,28}{32} = \mathbf{35,8N} \quad \dots \text{Normálová síla v kontuře}$$

Součinitel tření  $\mu$  byl mezi rohátkou a západkou (ocel-ocel) navýšen, jelikož se v tomto místě uvažuje usazování prachových nečistot.

$$\mu = 0,2$$

$$F_f = F_c * \mu = 35,8 * 0,2 = \mathbf{7,2N}$$

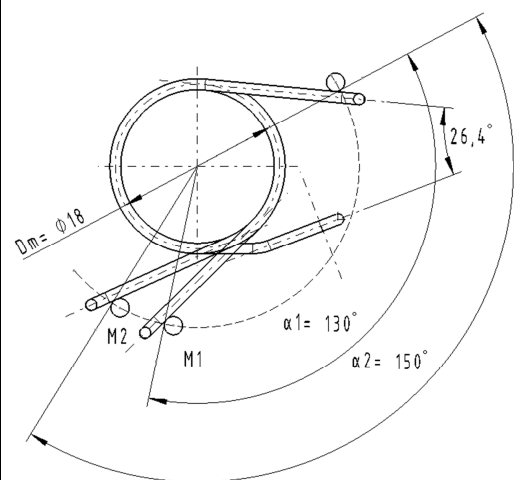
$$M_{zap_{max}} + F_f * e + F_c * b - F_o * c = 0$$

$$M_{zap_{max}} = F_o * c - F_c * b - F_f * e = F_o * c - F_c * (b + \mu * e)$$

$$M_{zap_{max}} = 20 * 48,77 - 35,8 * (0,65 + 0,2 * 22,79) = \mathbf{789,2Nmm}$$

Ze získaného výsledku byla navržena pružina, jejíž moment v plně předepnutém stavu  $\alpha_2$  nepřesáhl  $M_{zap_{max}}$  i po započítání nejnepříznivějších výrobních tolerancí.

Základní parametry zkrtné pružiny západky:	
Průměr drátu	$d = 1,2 \pm 0,02$
Moment v pracovním zdvihu $\alpha_1$	$M_1 = 171,8 \pm 22,9 \text{Nmm}$
Moment v pracovním zdvihu $\alpha_2$	$M_2 = 198,3 \pm 22,9 \text{Nmm}$
Minimální vnitřní průměr	$D_{i.2} = 15,28 \text{mm}$
Počet závitů	$n = 4,516$
Pracovní úhel	$\alpha_h = 20^\circ$
Střední průměr	$D_m = 18 \pm 0,44$
Materiál	EN 10270-3-1.4310-NS



Tabulka 4 Parametry nově navržené zkrtné pružiny západky

### Kontrola:

$$M_2 + 22,9 < M_{zap_{max}}$$

221,2 Nmm < 789,2 Nmm ... Navržená pružina **vyhovuje** i při započítání horní tolerance

Musí provést přepočet otevírací síly s nově navrženou pružinou, kde se zjistí její skutečná hodnota otevírací síly na konci ramene  $c$  viz. Obr. 31. V zamčené pozici zámku se nachází rameno pružiny v pracovním zdvihu  $\alpha_1$ . Při odemykání se její rameno pootočí o pracovní úhel až do zdvihu  $\alpha_2$ . Bude se při přepočtu uvažovat s vyšším momentem pružiny  $M_2$ , aby byla zjištěna maximální skutečná otevírací síla.

$$M_2 + F_f * e + F_c * b - F_o * c = 0$$

$$F_{o-sk} = \frac{F_f * e + M_2 + F_c * c}{c} = \frac{F_c(\mu * e + b) + M_2}{c}$$

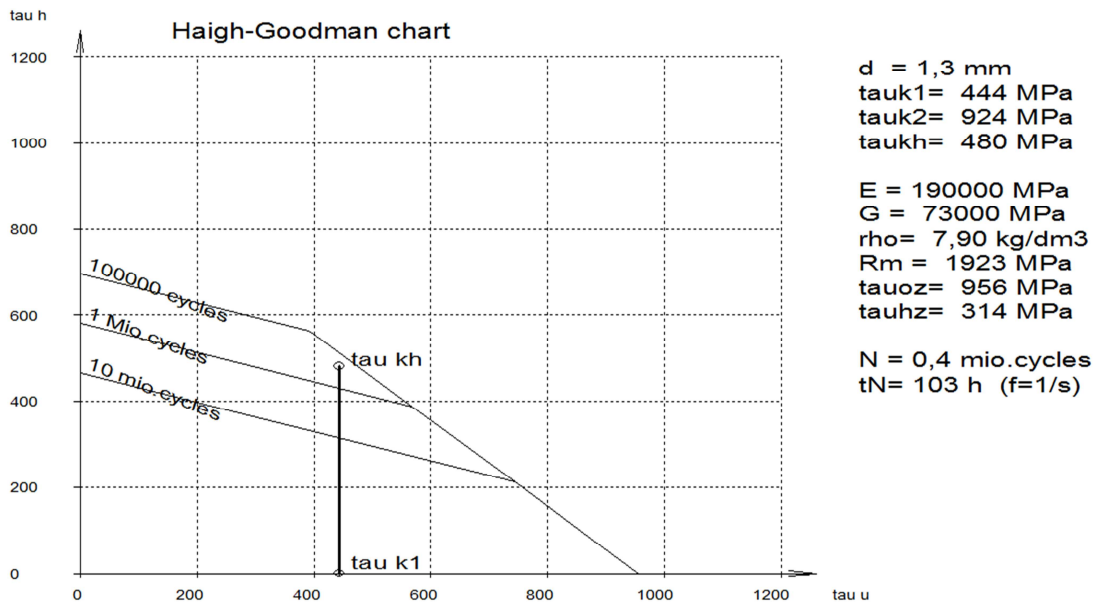
$$F_{o-sk} = \frac{35,8 * (0,2 * 22,79 + 0,65) + 198,3}{48,77} = 7,9N$$

### Skutečná otevírací síla

$$F_{o-sk} = 7,9 \text{ N} \quad \begin{matrix} \text{max.} & 9,0 \\ \text{min.} & 6,8 \end{matrix} \text{ N} \quad \text{Hodnoty otevírací síly se započítanými tolerancemi}$$

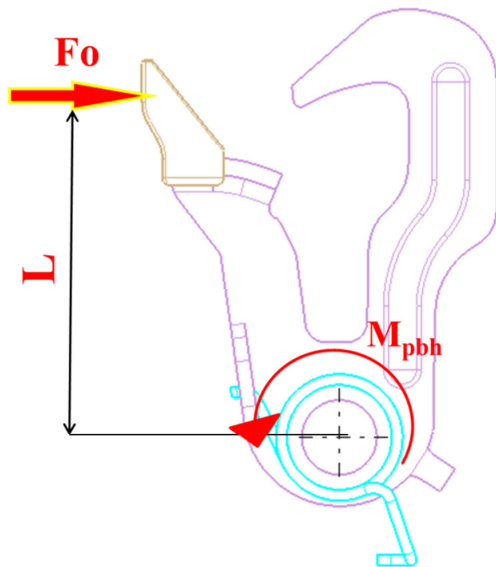
### Kontrola životnosti pružiny

Nově navržená pružina západky byla opět zkontrolována z hlediska únavové pevnosti. Na Obr. 32 je vyznačeno zatížení pružiny v diagramu. Lze zde vyčíst, že zatížení se vyskytuje v oblasti časové únavové pevnosti. Předpokládaný počet cyklů, který by měla pružina vydržet je 400 000. Lze usoudit, že tato vypočítaná hodnota je mnohokrát větší než požadovaná (50000 cyklů) a tudíž pružina vyhovuje z hlediska únavy. High-Goodmanovi diagramy pro další dva teplotní stavy jsou uvedeny v příloze č. 6.



Obr. 32 High-Goodmanův diagram pro zkrutnou pružinu

#### 4.3.4 Výpočet otevírací síly zámku v bezpečnostní pozici



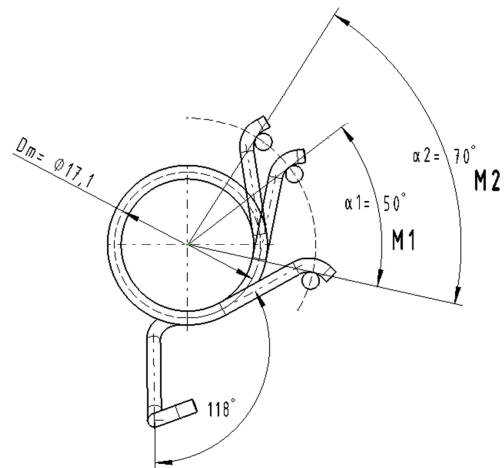
##### Vstupní hodnoty:

L	27,6	mm	<b>POŽADAVEK</b>
Fo	25	N	

$$M_{bh\_min} = F_o * L = 27,6 * 25 = 690 \text{ Nmm}$$

- Maximální moment pružiny pro splnění požadavku maximální otevírací síly

Základní parametry zkrtné pružiny háku:	
Průměr drátu	d= 1,6±0,02
Moment v pracovním zdvihu $\alpha_1$	$M_1=349,6\pm 81,5 \text{ Nmm}$
Moment v pracovním zdvihu $\alpha_2$	$M_2=489,4\pm 81,5 \text{ Nmm}$
Minimální vnitřní průměr	Dial.2=14,48mm
Počet závitů	n=3,08
Pracovní úhel	$\alpha_h=20^\circ$
Střední průměr	$D_m=17,1\pm 0,44$
Materiál	EN 10270-3-1.4310-NS



Tabulka 5 Parametry nově navržené zkrtné pružiny bezpečnostního háku

##### Kontrola:

$$M_2 + 81,5 \text{ Nmm} < M_{bh\_min}$$

$$570,9 \text{ Nmm} < 690 \text{ Nmm} \dots \text{vyhovuje}$$

$$F_o = \frac{M_2}{L} = \frac{489,4}{27,6} = 17,7 \text{ N}$$

Skutečná otevírací síla bezpečnostního háku

$$F = 17,7 \text{ N} \quad \begin{matrix} \text{max.} & 20,6 \\ \text{min.} & 14,7 \end{matrix} \text{ N}$$

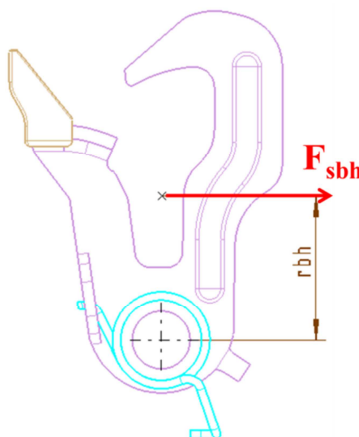
Hodnoty zavírací síly se započítanými tolerancemi



### 4.3.5 Výpočet 30G bezpečnostního háku

#### Vstupní hodnoty:

$m_{bh}$	38,5	g	Hmotnost bezpečnostního háku
$r_{bh}$	27,6	mm	Rameno, na kterém působí setrvačná síla háku
$g$	9,81	$m \cdot s^{-2}$	Tíhové zrychlení



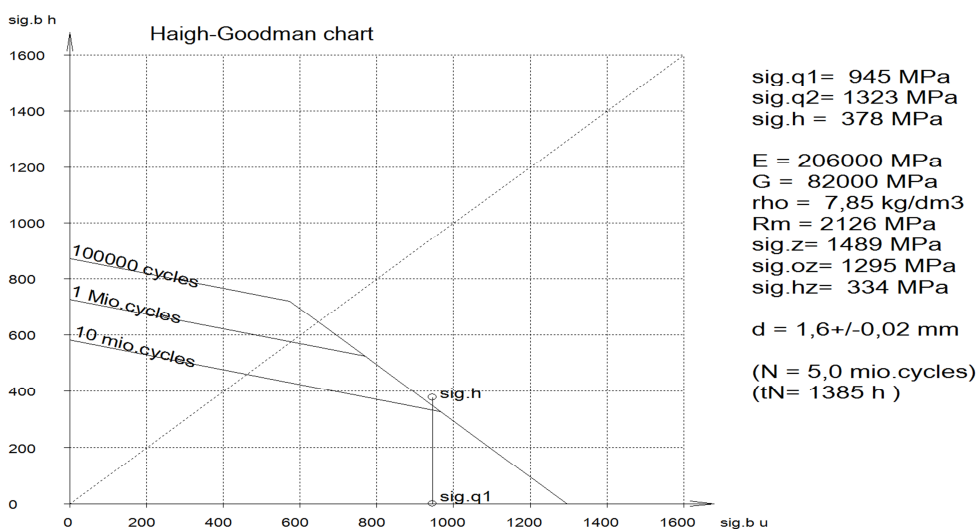
$$F_{bh} = m_{bh} \cdot 30 \cdot g = 38,5 \cdot 30 \cdot 9,81 = 11,33 \text{ N} \quad \dots \text{Setrvačná síla háku při srážce}$$

$$M_{bh} = F_{bh} \cdot r_{bh} = 11,33 \cdot 27,6 = 312,7 \text{ Nmm} \quad \dots \text{Moment od setrvačné síly } F_{bh}$$

Nově navržená pružina musí být dostatečně silná, tak aby při srážce nedošlo k vychýlení háku do jeho odemčené polohy. Z této úvahy vyplývá podmínka:

$$M_{bh} < M_{2 \min}$$

$$312,7 \text{ Nmm} < 407,9 \text{ Nmm} \quad \dots \text{podmínka byla splněna, a tudíž pružina vyhovuje}$$



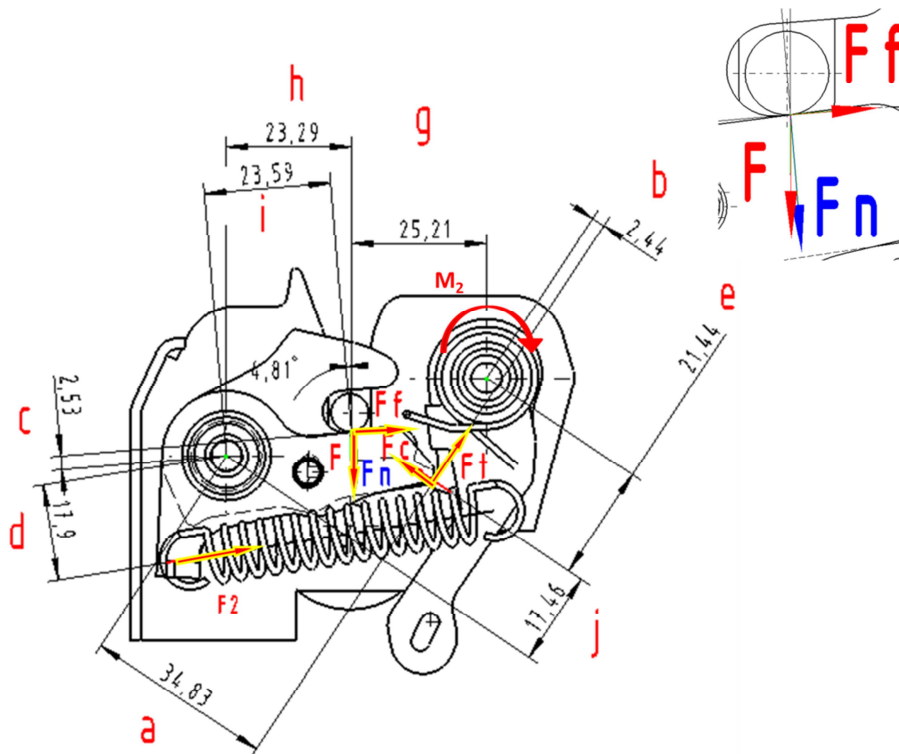
Obr. 33 High-Goodmanův diagram pro zkrutnou pružinu háku

Předpokládaný počet cyklů, který by měla pružina vydržet je 5 mil. cyklů. Lze usoudit, že tato vypočítaná hodnota je mnohokrát větší než požadovaná (50000cyklů) a tudíž pružina vyhovuje z hlediska únavy. High-Goodmanovi diagramy pro další dva teplotní stavy jsou uvedeny v příloze č. 6.



### 4.3.6 Výpočet zavírací síly

V okamžiku zavírání kapoty se pohybuje striker směrem dolů a překonává odpor obou pružin v zámku. Těsně před zapadnutím kontur západky a rohátky působí na striker silové účinky s předepnuté tažné pružiny F2 a zkrutné pružiny M2. Na Obr. 34 je znázorněna poloha zámku těsně před zamčením, jsou zde znázorněny jednotlivé složky sil, které slouží k výpočtu zavírací síly. Z uvedeného schématu se z momentových rovnic zjistí, zda síla F nepřesáhne maximální limit zavírací síly 100N.



Obr. 34 Statická rovnováha zámku těsně před jeho uzamčením

#### Vstupní hodnoty:

Síla F2 Pop-up páka	66	N	± 2,92	68,92 63,08	N
Moment pružiny západky M2	198	Nmm	± 22,9	220,9 175,1	Nmm

a	=	34,83	mm
b	=	2,44	mm
c	=	2,53	mm
d	=	17,9	mm
e	=	21,44	mm
g	=	25,21	mm
h	=	23,29	mm
i	=	23,59	mm
j	=	17,46	mm
$\alpha$	=	4,81	°
$\mu$	=	0,2	-

$$F_c = \frac{M_2}{e} \quad \dots \text{síla působící od momentu } M_2 \text{ zkrutné pružiny}$$

$$F_N * i + F_f * c - F_{pp} * d - F_c * j - F_t * a = 0$$

$$F_N * i - F_N * c * \mu - F_{pp} * d - F_c * j - F_c * a * \mu = 0$$

$$F_N = \frac{F_{pp} * d + F_c * (j + \mu * a)}{(i - \mu * c)} \quad \dots \text{normálová síla, kterou působí striker na pop-up páku}$$

$$F_N = \frac{66 * 17,9 + 9,2 * (17,46 + 0,2 * 34,83)}{(23,29 - 0,2 * 2,53)} = \mathbf{60,97N}$$

$$F = \frac{F_N}{\cos(\alpha)} = \frac{60,97}{\cos(4,81^\circ)} = \mathbf{61,2N} \quad \dots \text{skutečná zavírací síla}$$

### Skutečná zavírací síla

$$F = \mathbf{61,2} \text{ N} \quad \begin{matrix} \text{max. } \mathbf{61,9} \\ \text{min. } \mathbf{55,3} \end{matrix} \text{ N} \quad \text{Hodnoty zavírací síly se započítanými tolerancemi}$$

Vypočtená zavírací síla nepřekročila hranici 100N ani v případě započítání nejneprůzračnějších výrobních tolerancí pružin.

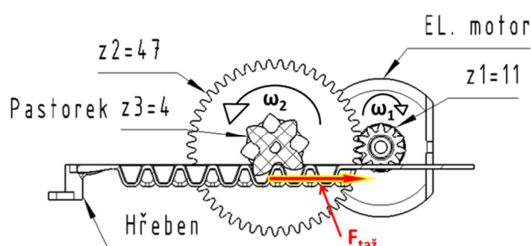
Navržené pružiny vyhovují z hlediska pevnosti a životnosti. Vypočítané ovládací síly zámku (otevírací síla, zavírací síla a pop-up síla) splňují předepsané limity a tudíž konstrukce zámku vyhovuje. Síla pop-up ve zdvihu 25mm se po započítání výrobní tolerance pružiny přiblížila k hodnotě daného požadavku, ale nepřesáhla ho. Pokud by takto navržená pružina v praxi nevyhovovala, navrhla by se nová s většími momenty v pracovních zdvizech. Jelikož hodnoty ostatních ovládacích sil jsou daleko od jejich limitů, silnější zkrutná pružina by nezpůsobila jejich překročení.

<u>Shrnutí</u>	POŽADAVEK	VYPOČÍTANÁ HODNOTA	
Síla pro zdvih kapoty ve zdvihu 25mm	Min. 27 N	29,42 N	<b>VYHOVUJE</b>
Otevírací síla pro zavřenou pozici	Max. 20 N	7,9 N	<b>VYHOVUJE</b>
Zavírací síla pro plně zavřenou pozici	Max. 100 N	61,2 N	<b>VYHOVUJE</b>
Otevírací síla pro bezpečnostní pozici	Max. 25N	17,7 N	<b>VYHOVUJE</b>

### 4.3.7 Výpočet elektrického mechanismu

Mechanismus převádí rotační pohyb elektromotoru na lineární pomoc hřebenu a pastorku. Elektromotor typu FC-280SC-20150, který slouží k pohonu mechanismu, je nakupovaný díl se základními momentovými parametry uvedený níže v tabulce. Hodnoty momentů motoru se liší v různých teplotách a při různých výchytkách napětí. Bude proveden výpočet v nominální teplotě a napětí +20°C – 12V a dále v mezních stavech kdy hodnoty momentu dosahuje minima +80°C – 8V a maxima -40°C-16V. Výpočet tažné síly hřebenu odhalí, zda je mechanismus dostatečně silný pro otevřený zámek, resp. zda má dostatek síly pro vychýlení západky z její zamčené pozice. Vstupní veličinou pro porovnání je velikost otevírací síly se započítáním horní tolerance. Tuto sílu nebo větší musí vyvodit pastorek na své roztečné kružnici. Na této kružnici dochází k přenosu krouticího momentu pastorku na tažnou sílu hřebenu. Základní schéma mechanismu je uvedeno na Obr. 35.

Způsob uložení kola 1 na ose rotujícího elektromotoru, počet zubů kola 1 a 2 a uložení jednotlivých hřídelů byla převzata z mechanismu akturátoru, který vyrábí firma WITTE. Převody aktuátoru byly navrženy a odzkoušeny z hlediska životnosti a pevnosti pro větší silové účinky než se budou vyskytovat v tomto konkrétním případě. Na základě toho, zde nebude provedena kontrola ozubení a uložení.



Obr. 35 Převod elektrického mechanismu

Momenty elektromotoru závislé na teplotě [Nmm]			
	8 [V]	12 [V]	16 [V]
-40°C	38	57	75.99
+25°C	25.24	37.87	50.49
+80°C	18,12	23.03	36.25
Parametry převodu			
Ozubené kolo	1	2	3
Počet zubů z <sub>i</sub>	11	47	4
převodový poměr -i	4,273		
Roztečná kružnice D <sub>ai</sub> [mm]	8,832	30,848	12
Moment na kole M <sub>1</sub> [Nmm]	37,87		
Účinnost ozubení η	0,9		
Max. ot. Motoru [ot/min]		11800	
Otáčky motoru n <sub>1</sub> – [ot/min] při zatížení momentem 41,3 [Nmm] (+25°C)		10310	

Tabulka 6 Vstupní veličiny

$$M_2 = i_{1,2} * M_1 * \eta = 4,273 * 37,87 * 0,9 = 145,6 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = M_3 = 145,6 \text{ Nmm}$$

$$F_{Da3} = \frac{M_3}{\frac{D_{a3}}{2}} = \frac{145,6}{\frac{12}{2}} = 24,2 \text{ N}$$

$$F_{taž} = F_{Da3} * \eta = 24,2 * 0,9$$

$$F_{taž+25} = 21,8 \text{ N}$$

...tažná síla pastorku v teplotě +20°C

$$F_{taž+80} = 10,5 \text{ N}$$

...tažná síla pastorku v teplotě +80°C

$$F_{taž-40} = 43,8 \text{ N}$$

...tažná síla pastorku v teplotě -40°C

### **Kontrola:**

(tažná síla pastorku)<sub>min</sub> > (otevírací síla)<sub>max</sub>

$$10,5 \text{ N} > 9 \text{ N}$$

... navržený mechanismus **vyhovuje**

### **Čas odemčení:**

$$i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

$$\omega_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_1}{60 \cdot i_{1,2}} \cdot \eta = \frac{2 \cdot \pi \cdot 10310}{60 \cdot 4,273} \cdot 0,9 = 227 \text{ s}^{-1} \quad \text{úhlové zrychlení na pastorku}$$

$$v_3 = \frac{D_{a3}}{2} \cdot \omega_2 \cdot \eta \quad \text{obvodová rychlost na roztečné kružnici pastorku}$$

$$v_3 = \frac{12}{2} \cdot 227 \cdot 0,9 = 1225 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1} = 1,225 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{rychlost hřebenu při odemykání}$$

$$v_3 = \frac{l_{hřeb}}{t} \quad l_{hřeb} = 13 \text{ mm} \dots \text{zdvih hřebenu při odemykání zámku}$$

$$t_{teor} = \frac{l_{hřeb}}{v_3} = \frac{0,013}{1,225} = 0,01 \text{ s} \quad \text{čas, po jehož uplynutí dojde k odemčení zámku}$$

Teoretický čas odemčení zámku byl vypočten pro teplotu +25°C. Nejsou v něm započteny vůle mezi díly ani pružné deformace. Reálný čas odemčení bude vyšší.

## 4.4 Funkční analýza zámku

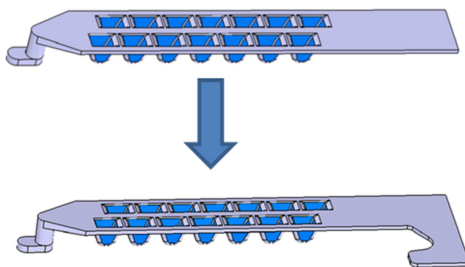
Dalším krokem pro ověření funkce zámku se provede funkční analýza celé sestavy. Pomocí analýzy se odhalí a eliminují kolize mezi díly. Dalším výstupem z analýzy by mělo být odhalení slabých míst v sestavě zámku, které by mohla nepříznivě ovlivnit jeho funkci. Tyto slabiny v zámku se musí dodatečně upravit. Koncept obsahuje několik míst, která vyžadují zvýšenou pozornost při funkční analýze. Předpokládaná „slabá“ místa budou podrobena funkční analýze, z čehož vyplývá, že bude představeno několik analýz pro ověření funkce právě v těchto oblastech. Tato analýza je provedena pro odemykací a zamykací sekvenci. Detailní popis jednotlivých kroků při odemykání a zamykání je již uveden v kapitole 3.1.2 a 3.1.3 a tudíž zde budou představeny pouze analyzovaná místa.

### 1. Zachování funkce zámku i při selhání elektrického odemykání

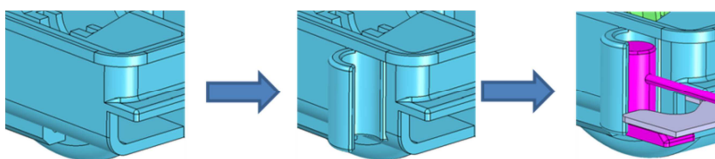
Funkčnost zámku je ohrožena v případě, kdy by voda nebo vysoká vlhkost vyřadila chod elektromotoru. Nebo kdy by se odřízнул přívod elektrické energie do elektromotoru. V takovém případě by již nebylo možné odemknout kapotu. Sestava zámku musí obsahovat funkci nouzového odemčení. Tato funkce by byla málokdy využívaná, pouze v případě nouzového otevření kapoty. Předpokládaný počet cyklů nouzového odemčení 5 cyklů. Nabízí se několik způsobů:

- Dodatečné přidání jednoho bovdenu, který by sloužil pouze k nouzovému odemčení zámku. Bovden by pravděpodobně odemýkal zámek přes manuální zatažení za hřeben.
- Vychýlení západky do odemčené pozice pomocí cylindru umístěného ve znaku vozidla.
- Vhodně umístěná pružina blízko zámku, jež by vychýlila západku ze zamčené pozice.
- Náhradní baterie, která by v případě nouze dokázala pohánět elektromotor. K tomuto účelu se nabízí nahradit baterii použitím kondenzátoru.

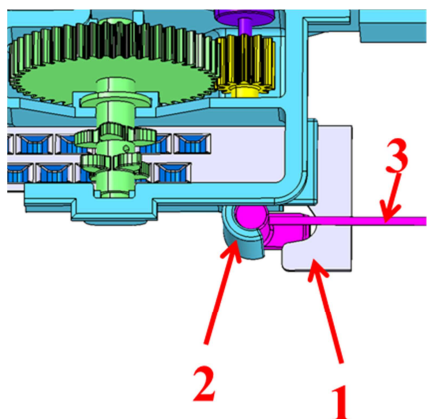
V této DP byl vybrán princip nouzového odemčení pomocí bovdenu. Jeho přednostmi je spolehlivost a zachování funkce i při výpadku napájení. K tomuto účelu se musela upravit konstrukce hřebenu a domku.



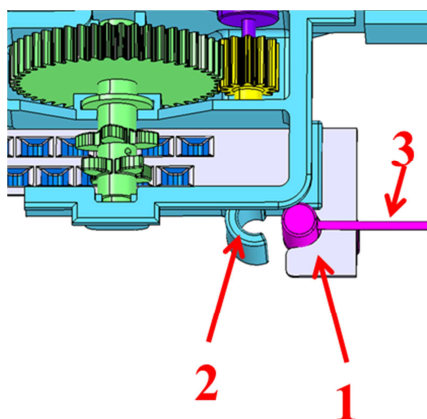
Konstrukce hřebenu byla upravena. Na jeho pravý konec byl přidán háček, který bude zachytávat koncovku lanka při nouzovém otevření.



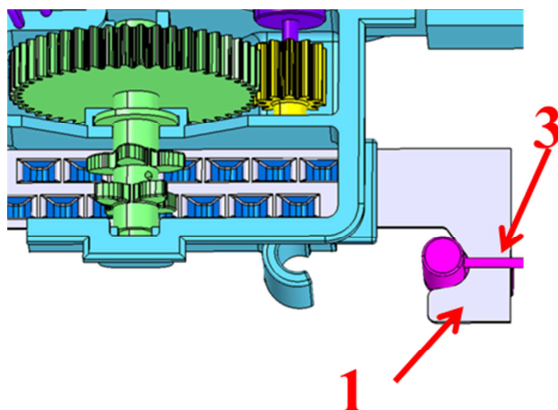
K zadnímu plastovému krytu bylo přidáno klipové uložení pro koncovku bovdenového lanka. V tomto klipu se vyskytuje uložení s přesahem, koncovka je upevněna díky pružné deformaci plastového klipu.



Koncovka lanka (3) je pevně uchycena v klipu (2) zadního krytu. Hřeben (1) je v pozici zamčeno. Při normálním sekvenci odemykání setrvává koncovka ve svém uložení.



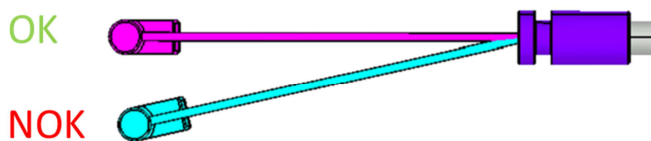
Při nouzovém odemčení, musí uživatel vozidla zatáhnout za oko bovdeny viz. Obr. 36. Tažná síla vyjme koncovku (3) z uložení a v dalším kroku se zahákne do hřebenu.

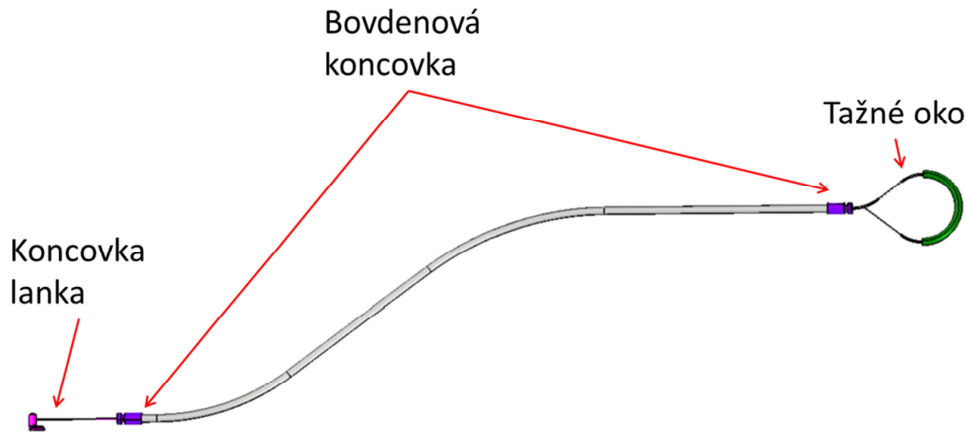


Při zvětšující se tažné síle koncovka (1) tahá za hřeben (3) a ten překonává moment od zkrutné pružiny západky. Západka je vychýlena do odemčené polohy a kapota se otevře do bezpečnostní polohy.

Kapota je otevřená, za očko bovdeny se již nemusí tahat a moment pružiny západky vrací hřeben do zamčené pozice. Pro opětovné použití nouzového odemčení stačí znova zaklapnout koncovku lanka (1) do uložení (2).

Pro bovdenové koncovky se bude muset najít vhodné uložení v zástavbě vozidla. Nejlepší variantou by bylo uložení koncovky co možná nejbliž plastovému krytu. Aby nedocházelo k zbytečnému tření, musí se brát ohled na přímý průběh lankového vedení bovdeny k uložení v plastovém krytu.





Obr. 36 Bovden pro nouzové odemčení zámku

## 2. Dostatečně pevný hřeben

Důležitým prvkem mezi elektrickou a mechanickou podsestavou zámku je hřeben. Pokud by se poškodil během odemykání, zámek jako takový ztratí úplně svojí funkci a bylo by ho možno dodatečně odemknout pouze pomocí nouzového bovdenu. Poté by následovala výměna celé sestavy zámku za nový. Materiál, z kterého bude hřeben vyroben je PBT GF30. Tento materiál obsahuje příměs skelných vláken pro zvýšení pevnosti. Tento díly bude podroben důkladnější FEM analýze v mezních teplotních stavech  $-20^{\circ}\text{C}$  až  $+80^{\circ}\text{C}$ .

## 5. Toleranční výpočty

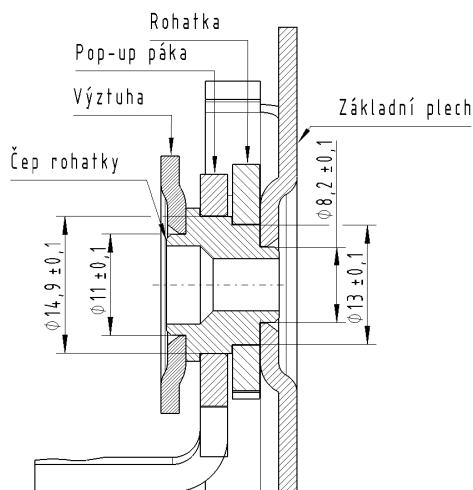
Pomocí tolerančních výpočtů se provádí kontrola správného nastavení rozměrových a geometrických tolerancí tak, aby byla zaručená smontovatelnost a funkčnost celé sestavy. Vstupními hodnotami jsou zde jednotlivé rozměry uvedené ve výkresové dokumentaci. Jelikož předmětem DP není tvorba kompletní výkresové dokumentace, budou uvedeny pouze řezy v oblasti, kde se toleranční výpočty prováděly. Výpočty byly prováděny metodou worst case, jež by se dala popsat jako hledání minima a maxima.

Bude uvedeno celkem 6 tolerančních výpočtů, které byly prováděny v oblasti čepů rohatky, západky a bezpečnostního háku a dílů na nich uložených. Analýza je rozdělena na dvě části. Nejdříve byla skontrovnána všechna průměrová uložení (díra/hřídel), která byla primárně navržena jako uložení s vůlí. Následně byly zkontrolovány vůle v axiálním směru čepů. Zde byl použit software MITCalc z důvodu delšího tolerančního řetězce.

## 5.1 Toleranční analýza – kontrola uložení s vůlí

### 5.1.1 Oblast čepu rohatky

Průměry čepu a jejich tolerance jsou uvedeny na Obr. 37. Průměry a tolerance jednotlivých dílů v uložení jsou uvedeny v Tabulka 7.



Obr. 37 Řez v oblasti čepu rohatky

Součást	Rožměr + tolerance [mm]	Nejmenší vůle v uložení [mm] Worst case
Výztuha	11,1 <sup>+0,2</sup>	0
Pop-up páka	15 <sup>+0,1</sup>	0
Rohatka	13,1 <sup>+0,1</sup>	0
Základní plech	8,3 <sup>+0,2</sup>	0

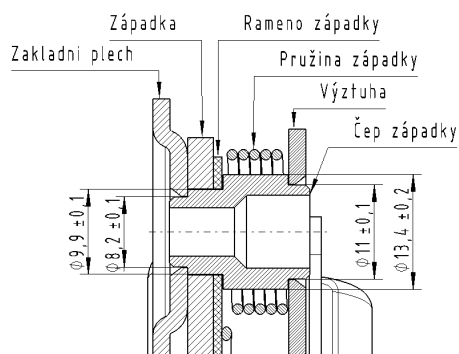
Tabulka 7 Výsledky analýzy v oblasti čepu rohatky

Jednotlivá uložení tolerančně vyhovují. Na základě výsledků je funkce dílů a jejich montáž zajištěna.

### 5.1.2 Oblast čepu západky

Do tolerančních výpočtů se kromě základního plechu, západky, ramena páky a výztuhy, zahrnula pružina rohatky. Sledovaná oblast je konkrétně mezi průměrem čepu a nejmenším průměrem pružiny při pracovním zdvihu včetně započítání výrobních tolerancí. Průměry jednotlivých osazení čepu jsou uvedeny na Obr. 38 Obr. 38 Řez v oblasti čepu západky a průměry dílů s tolerancemi v uložení jsou uvedeny v





Obr. 38 Řez v oblasti čepu západky

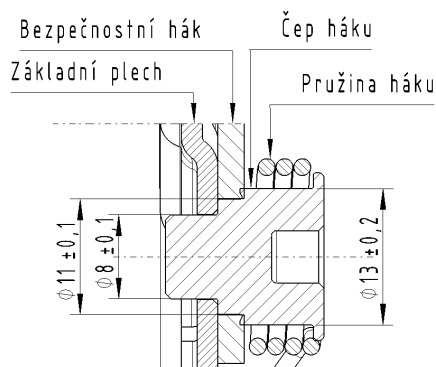
Součást	Rozměr + tolerance [mm]	Nejmenší vůle v uložení [mm] Worst case
Výztuha	11,1 <sup>+0,2</sup>	0
Rameno západky	10 <sup>+0,1</sup>	0
Západka	10 <sup>+0,1</sup>	0
Základní plech	8,3 <sup>+0,2</sup>	0
Pružina západky	Dial.2=15,28mm	1,68mm

Tabulka 8 Výsledky analýzy v oblasti čepu západky

Tolerance dílů vyhovují a je zaručena jejich montáž a funkce.

### 5.1.3 Oblast čepu bezpečnostního háku

I zde se vyskytuje zkrutná pružina jako v předchozí oblasti. Opět zde bude zkontrolován nejmenší průměr pružiny háku a největší průměr čepu.



Obr. 39 Řez v oblasti háku

Součást	Rozměr + tolerance [mm]	Nejmenší vůle v uložení [mm] Worst case
Bezpečnostní hák	11,1 <sup>+0,1</sup>	0
Základní plech	8,1 <sup>+0,2</sup>	0
Pružina háku	Dial.2=14,48	1,28mm

Tabulka 9 Výsledky analýzy v oblasti háku

I v poslední oblasti výpočty z analýzy potvrdily zaručenou montáž dílů. Ve všechny oblastech byly tolerance vhodně nastaveny tak, aby výsledný stav worst case byl 0mm. Tato hodnota je z hlediska, kdy by se setkali dva díly s nejnevhodnějšími tolerancemi přijatelná. Zvolené rozměry jsou vzhledem k výsledkům z analýzy v pořádku.

## 5.2 Toleranční analýza – kontrola v axiálním směru čepů

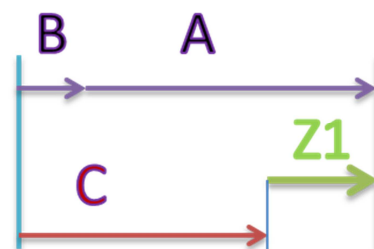
Jak bylo zmíněno, pro výpočet tolerančních řetězců byl použit MITCalc. Využila se při výpočtu statistická metoda Monte Carlo, která využívá předpokladu, že se při náhodném výběru dílu při montáži jen zřídka vyskytne díl s krajními hodnotami tolerance.

### 5.2.1 Oblast čepu rohatky

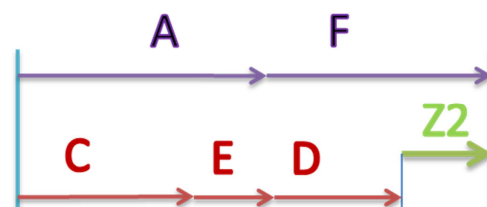
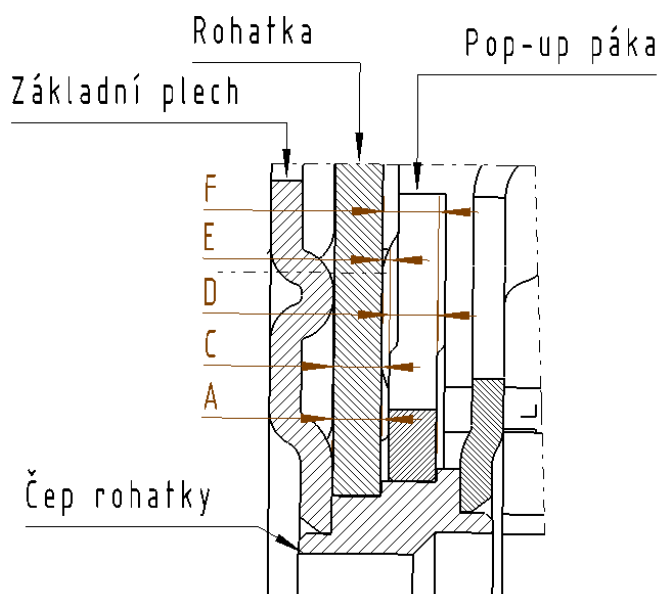
V této oblasti má toleranční analýza za úkol zjistit správně nastavené tolerancí na jednotlivých dílech v axiálním směru čepu. Jsou zde zahrnuté díly jako, základní plech, rohatka, pop-up páka, čep rohatky. Vstupní rozměry jsou uvedeny na Obr. 40, které se použijí pro výpočet vůlí. Analýza obsahuje dva uzavírací členy Z1 a Z2. Člen Z1 je vůle v axiálním směru mezi rohatkou a osazením nýtu. Člen Z2 udává vůli v axiálním směru mezi pop-up pákou a osazením čepu. Celá toleranční analýza je uvedena v příloze č. 3.

Znak	Název členu	Úhel		
			Jmenovitý	Tolerance
A	Délka osazení čepu u rohatky	<input type="checkbox"/> [in]	3,2000	+0,10000 0
B	Rovinnost základního plechu 0,1	<input type="checkbox"/> [in]	0,0500	+0,05000 -0,05000
C	Tloušťka rohatky	<input type="checkbox"/> [in]	3,0000	+0,05000 +0,05000
D	Tloušťka pop-up páky	<input type="checkbox"/> [in]	3,0000	+0,05000 -0,05000
E	Prolis na pop-up páce	<input type="checkbox"/> [in]	0,5000	0 -0,15000
F	Délka osazení u pop-up páky	<input type="checkbox"/> [in]	3,5000	+0,20000 0

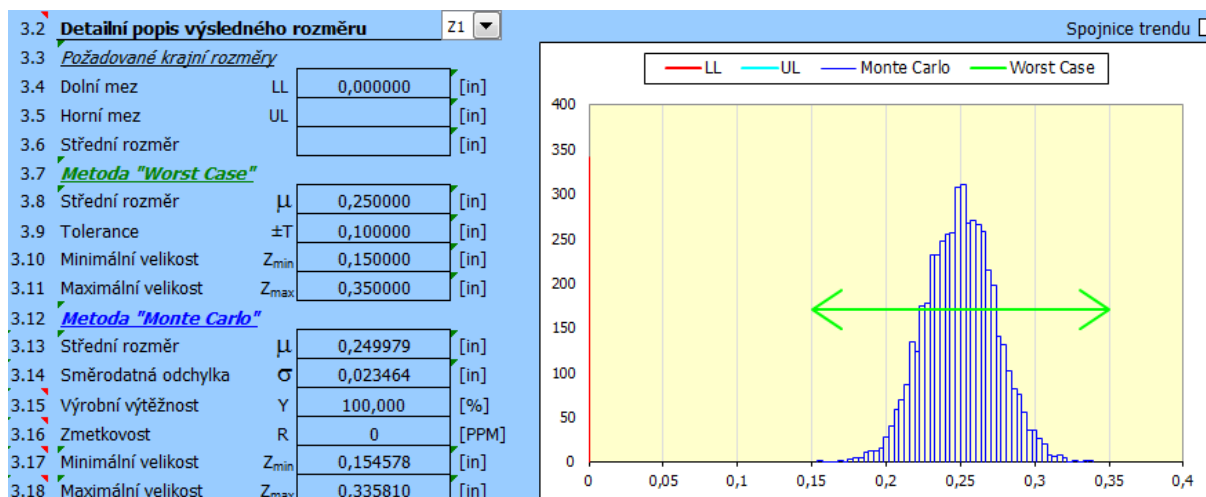
Obr. 40 Vstupní rozměry



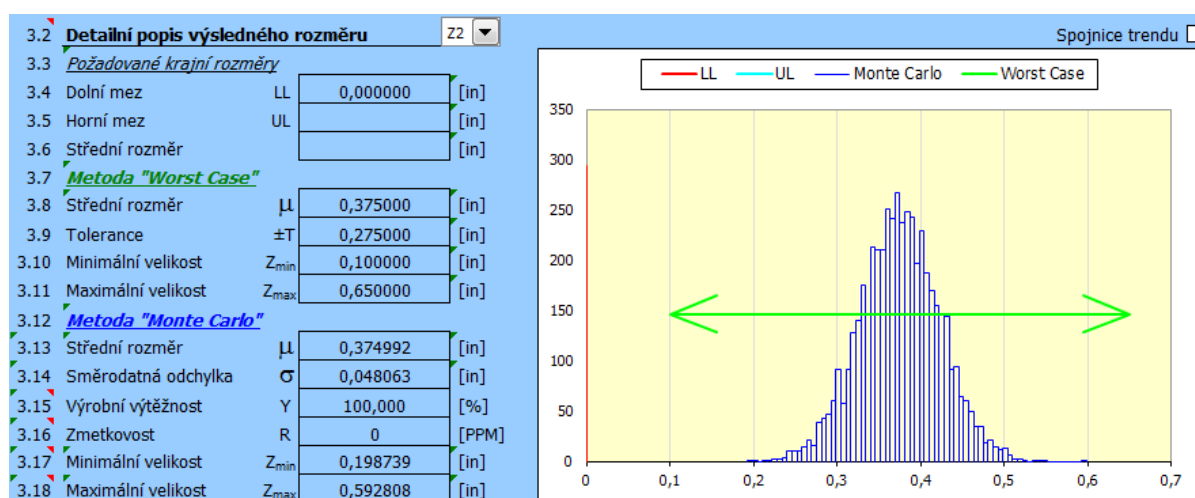
Obr. 41 Toleranční řetězec Z1



Obr. 42 Toleranční řetězec Z2



Obr. 43 Výstup pro Z1



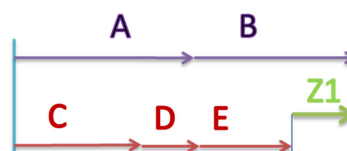
Obr. 44 Výstup pro Z2

## 5.2.2 Oblast čepu západky

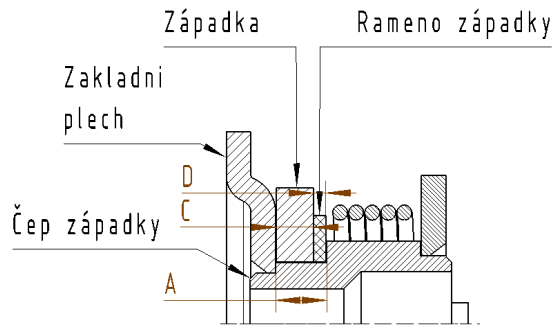
V této analýze jsou zahrnuté díly, jako základní plech, západka, rameno západky, čep západky a vyskytuje se zde pouze jeden uzavírací člen Z1. Tento člen udává vůli v axiálním směru mezi ramenem západky a osazením čepu. Celá toleranční analýza je uvedena v příloze č. 4.

Znak	Název členu	Úhel	Tolerance	
			Jmenovitý	Tolerance
A	Délka osazení čepu v místě západky	[in]	4,1500	+0,10000 0
B	Rovinnost základního plechu 0,1	[in]	0,0500	+0,05000 -0,05000
C	Tloušťka západky	[in]	3,0000	+0,06000 -0,06000
D	Rovinnost západky 0,1	[in]	0,0500	+0,05000 -0,05000
E	Tloušťka ramene západky	[in]	0,9000	+0,10000 0

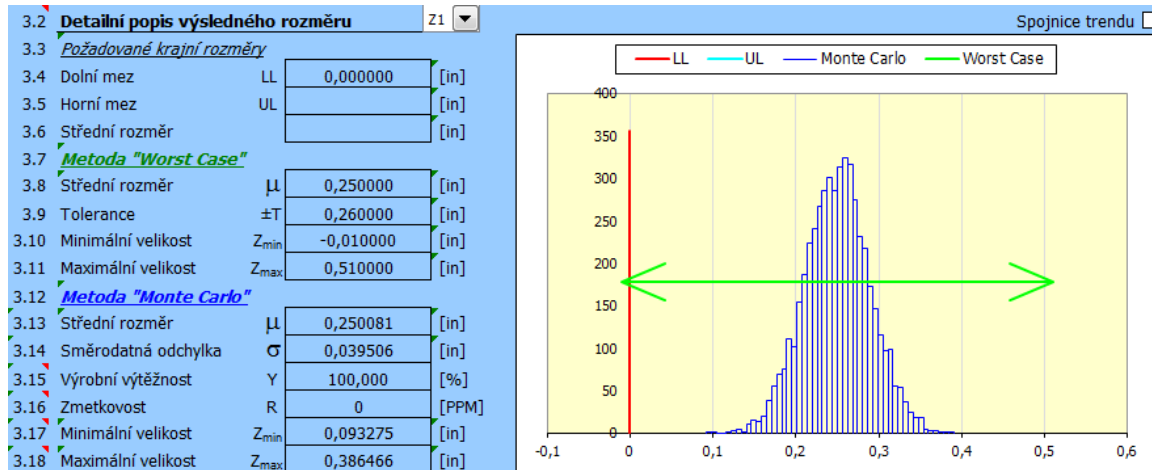
Obr. 45 Vstupní rozměry



Obr. 46 Toleranční řetězec



Obr. 47 Oblast čepu západky



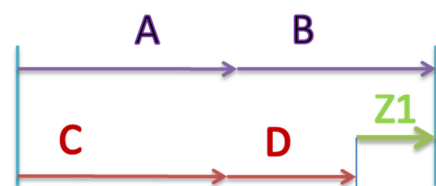
Obr. 48 Výstup pro Z1

### 5.2.3 Oblast čepu bezpečnostního háku

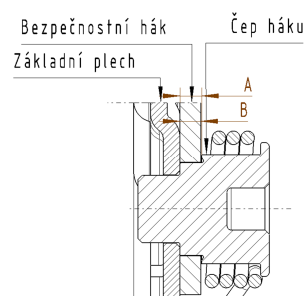
Do značné míry je tato toleranční analýza stejná jako v oblasti čepu západky. Vyskytují se zde díly jako, základní plech, čep a bezpečnostní hák. Vstupní rozměry na Obr. 49 byly použity pro vypočítání uzávěracího členu Z1, který znázorňuje vůli v axiálním směru mezi hákem a osazením čepu. Celá toleranční analýza je uvedena v příloze č. 5.

Znak	Název členu	Úhel	Tolerance	
			Jmenovitý	Tolerance
A	Délka osazení čepu v místě háku	<input type="checkbox"/> [in]	2,6500	+0,10000 0
B	Rovinnost základního plechu	<input type="checkbox"/> [in]	0,0500	+0,05000 -0,05000
C	Tloušťka háku	<input type="checkbox"/> [in]	2,5000	+0,05000 -0,05000
D	Rovinnost háku	<input type="checkbox"/> [in]	0,0500	+0,05000 -0,05000

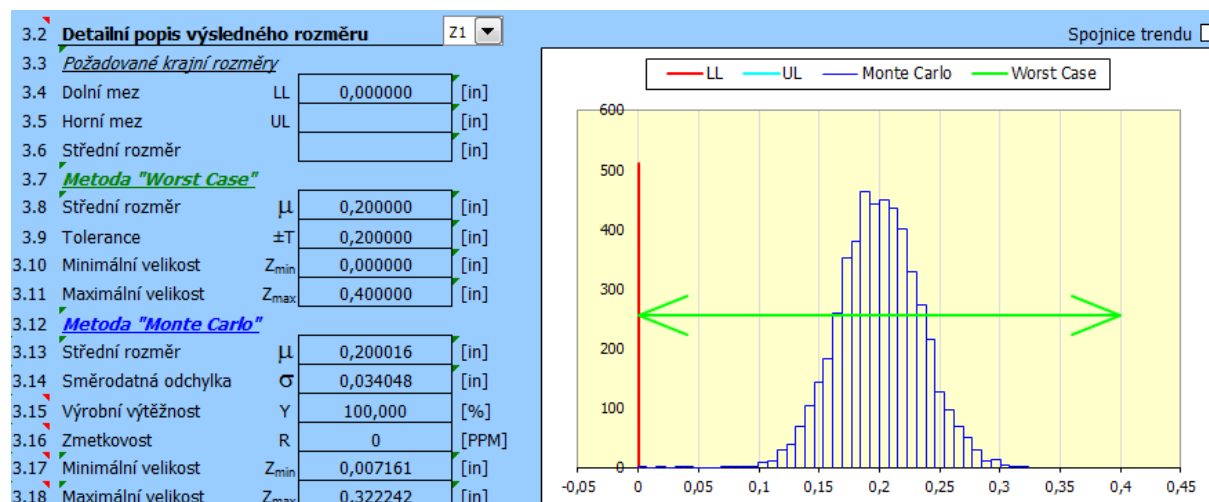
Obr. 49 Vstupní rozměry



Obr. 50 Toleranční řetězec



Obr. 51 Oblast čepu háku



Obr. 52 Výstup pro Z1

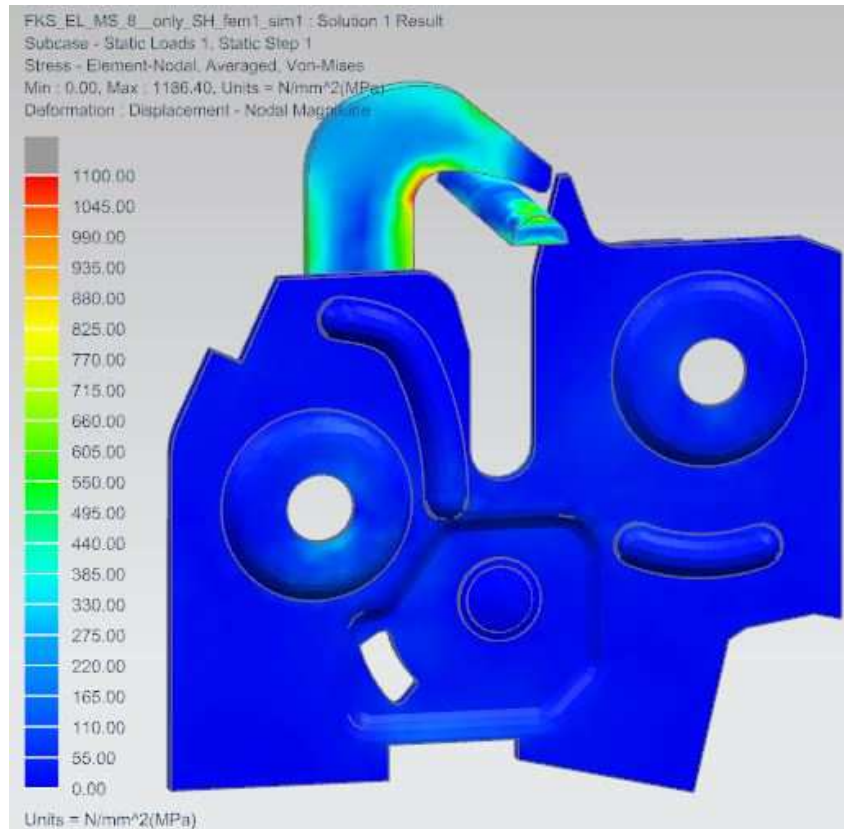
Podle výše provedených tol. analýz byly čepy dodatečně upraveny. Navržené rozměry a tolerance ostatních dílů vyhovují z hlediska montáže a plnění funkce. Všechny oblasti, v kterých byla provedena analýza vyhovují.

## 6. Pevnostní výpočty

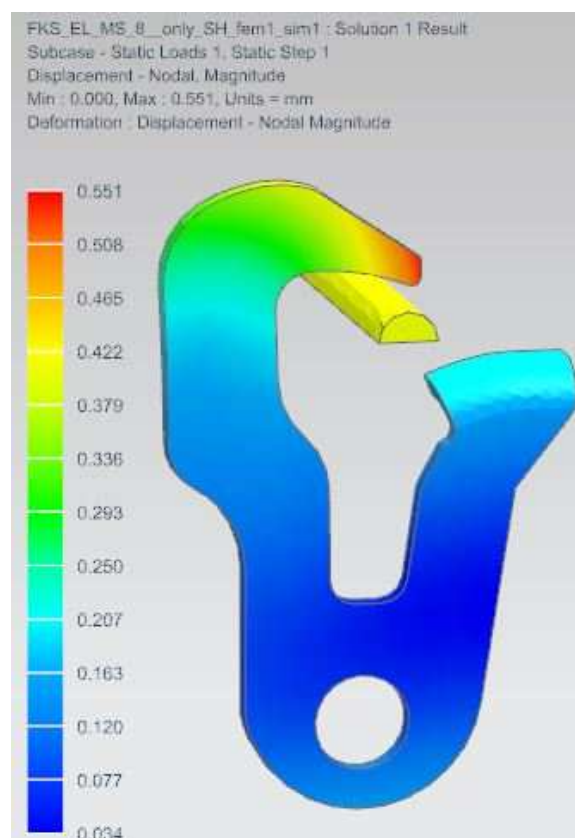
O nového konceptu zámku bylo nutné ověřit, zda splňuje pevnostní podmínky stanovené v technických parametrech viz. kapitola 4.1. Pomocí metody konečných prvků byly vypočítané napětí u jednotlivých dílů. K pevnostním výpočtům byl použit modul Advance Simulation v softwaru NX 10.0. Veliká pozornost byla věnována dílům, jež jistí striker proti odemčení jak ze zamčené pozice, tak i z bezpečnostní. Těmito díly je myšlena rohatka a západka, které musí zachytit sílu ve svislém směru +Z 5kN ze zamčené pozice a bezpečnostní hák, který musí zachytit sílu taktéž ve směru +Z 3kN z bezpečnostní pozice. Dále byla ověřena pevnost nově navrženého plastového hřebenu v pracovních teplotách  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $+23^{\circ}\text{C}$  a  $+80^{\circ}\text{C}$ . V neposlední řadě bylo nutné pevnostně zkontrolovat základní plech, do kterého se přenáší silové účinky z okolních dílů, zda dokáže toto zatížení přenést, aniž by došlo k přetržení v kritických místech.

### 6.1 FEM analýza záchytného háku

- Do této analýzy vstupují díly: bezpečnostní hák, čep háku, základní plech a striker
- Zatížení háku od působení síly strikeru 3kN ve směru osy +Z
- Kontakt mezi průměrem uložení háku a čepu, kontakt mezi plochou strikeru a háku, kontakt mezi hákem a základním plechem
- Byla použita tetraedroví síť na: hák, čep i základní plech
- Materiál háku: 1.7182 (ČSN 14 221),  $R_m=1100\text{MPa}$ ,  $R_e=800\text{MPa}$

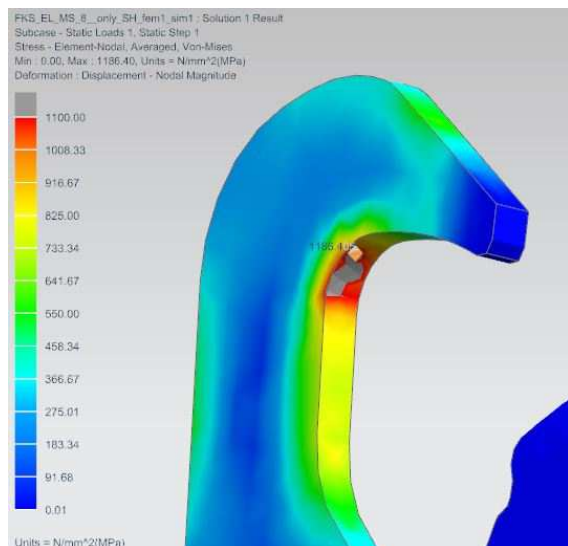


Obr. 53 Výpočet háku - napětí Von Mises [MPa]

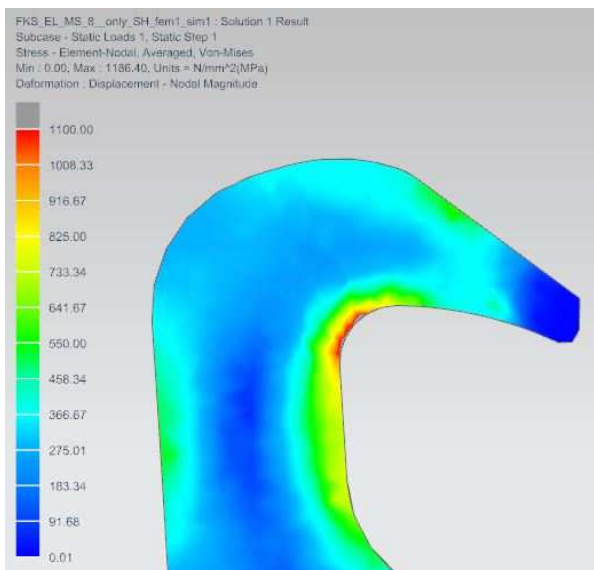


Obr. 54 Výpočet háku – posunutí [mm]





Obr. 55 Výpočet háku – detail maximálního napětí v radiusu [MPa]



Obr. 56 Výpočet háku – řez v místě maximálního napětí

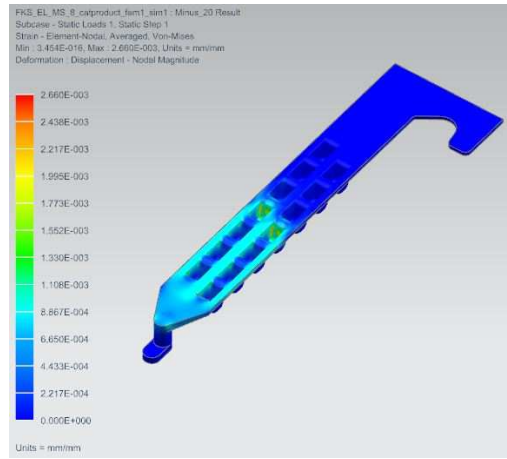
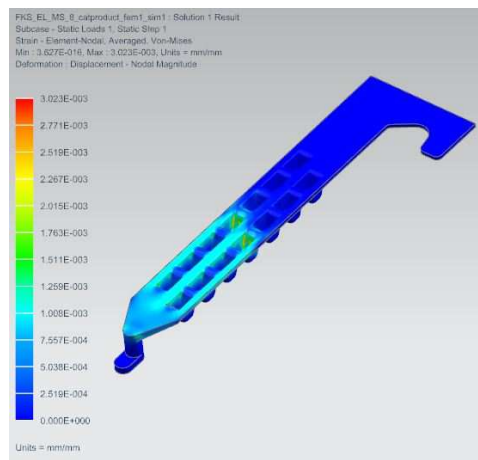
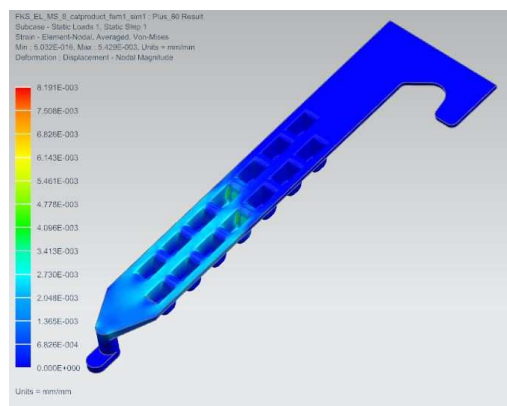
### Výsledky:

- Maximální hodnota napětí 1186 [MPa] při zatížení překročilo mez pevnosti materiálu. Toto napětí se vyskytuje pouze na povrchu součásti (Obr. 56), tudíž by nemělo dojít ve vrubu ke vzniku trhliny.
- Doporučení povrchového kalení na min. 1300 [MPa] v případě, že by hák při reálných testech v místě radiusu praskal.
- Posunutí při plném zatížení dosahuje 0,55mm.
- Kontaktní napětí uvedeno v příloze č. 7

## 6.2 FEM analýza plastového hřebenu

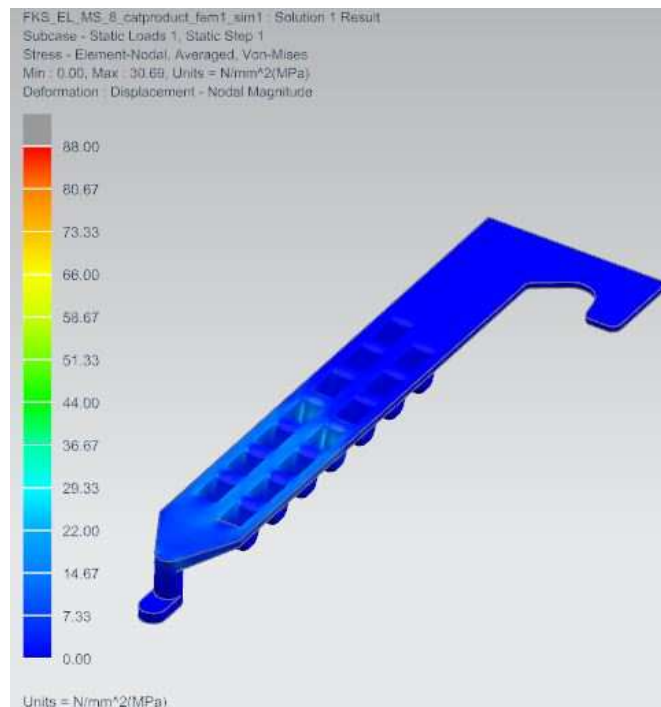
- Do této analýzy vstupoval pouze samotný hřeben.
- Zatížení největší možnou silou od pastorku ve směru pohybu při odemykání.
- Hřeben byl vetknut v místě styku s ramenem západky.
- Byla použita tetraedrová síť.
- Vlastnosti materiálu hřebenu při provozních teplotách získané z materiálového listu

PBT GF30	-20°C	+23°C	+80°C
Re [MPa]	100	88	48
R <sub>m</sub> [MPa]	180	135	65
μ - poissonova konstanta [-]	0,3		
E [MPa]	10 000	8 800	4 800
ε – mezní poměrné prodloužení, při kterém dojde k lomu [-]	0,022	0,025	0,038

<p><b>-20°C</b></p>	 <p><b>Obr. 57 ε při teplotě -20°C</b></p>	<p><math>\epsilon_{\max-20}=0,0026</math></p>
<p><b>+23°C</b></p>	 <p><b>Obr. 58 ε při teplotě +23°C</b></p>	<p><math>\epsilon_{\max+23}=0,003</math></p>
<p><b>+80°C</b></p>	 <p><b>Obr. 59 ε při teplotě +23°C</b></p>	<p><math>\epsilon_{\max+80}=0,0054</math></p>

Tabulka 10 Výsledky poměrného prodloužení v pracovních teplotách





Obr. 60 Maximální napětí v hřebenu - Von Mises [MPa]

#### Výsledky:

- Poměrné prodloužení nepřesáhlo mezní poměrné prodloužení materiálu PBT GF30 pro danou teplotu. Viz. Tabulka 10.
  - Maximální redukované napětí ve výpočtu pro teplotu +23°C dosáhlo 30,6 MPa viz. Obr. 60. Hodnoty maximálního napětí se v dalších pracovních teplotách lišit nebudou. Z Hookova zákona je zřejmé, že jediná hodnota měnící se se změnou teploty je modulu pružnosti v tahu E. Modul pružnosti klesá při zvyšující se teplotě, tudíž poměrné prodloužení roste.





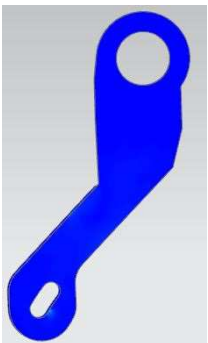

$$\sigma = \varepsilon * E \quad \dots \text{Hookův zákon}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{F}{S} * \frac{1}{E} \quad \dots F\text{-síla, } S\text{-pružez – konstanty}$$

Maximální redukované napětí nepřesáhlo mez kluzu materiálu PBT GF30 ani v jedné pracovní teplotě.

### 6.3 FEM analýza plastového ramene západky

- Do této analýzy vstupovali díly: západka, plastové rameno, hřeben. K účelu zjištění pevnosti ramene byl hřeben zkrácen a v této analýze slouží pouze jako tažný element.
- Zatížení ramene maximální silou od hřebenu v dané teplotě ve směru pohybu při odemykání.
- Osa západky byla vetknuta, mezi plastové rameno a západky byl vložen kontakt. Mezi hřeben a rameno byl také vložen kontakt.
- Byla použita tetraedrová síť pro plastové rameno a hřeben. Hexahedral pro západku.
- Materiál ramene je stejný jako materiál hřebenu.

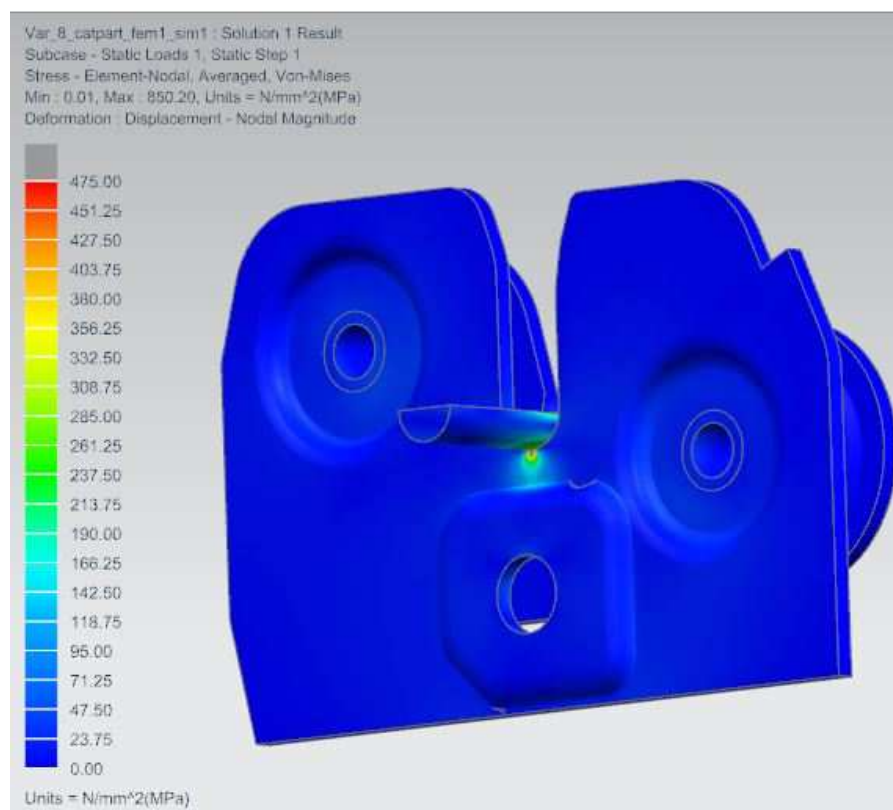
-20°C	 Obr. 61 $\epsilon$ při teplotě -20°C	 Obr. 62 $\sigma$ při teplotě -20°C	$\epsilon_{\max-20}=0,019$ $\sigma_{\max-20}=106\text{MPa}$
+23°C	 Obr. 63 $\epsilon$ při teplotě +23°C	 Obr. 64 $\sigma$ při teplotě +23°C	$\epsilon_{\max+23}=0,011$ $\sigma_{\max+23}=109\text{MPa}$
+80°C	 Obr. 65 $\epsilon$ při teplotě +80°C	 Obr. 66 $\sigma$ při teplotě +80°C	$\epsilon_{\max+80}=0,009$ $\sigma_{\max+80}=38\text{MPa}$

### Výsledky:

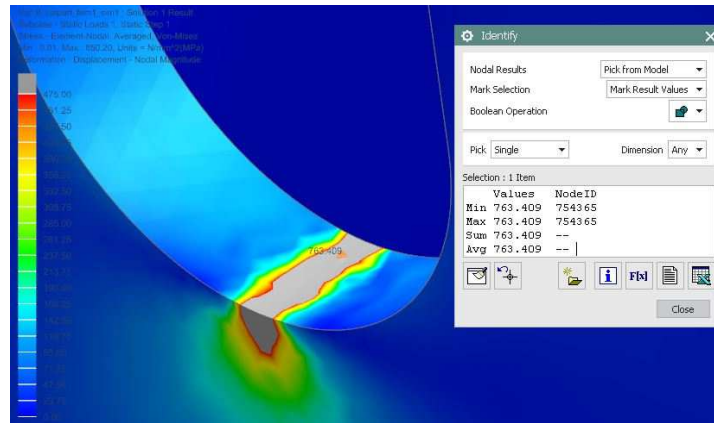
- Maximální napětí v teplotách  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+23^{\circ}\text{C}$  přesáhlo mez kluzu. Z hlediska toho, že maximální poměrné prodloužení nepřesáhlo limitní hodnotu, tudíž by neměla vzniknout trhlinka. Z hlediska životnosti ramene je jeho doba používání omezena překročením meze kluzu. V místech maximálního napětí se budou hromadit plastické deformace a po určitém počtu cyklu zde dojde k inicializaci trhlinky. Počet cyklů do vzniku trhlinky by se musel otestovat na reálných vzorcích a stanovit zda se rameno bude muset dále konstrukčně upravovat, nebo počet cyklů vyhovuje.

## 6.4 FEM analýza zámku při překmitu

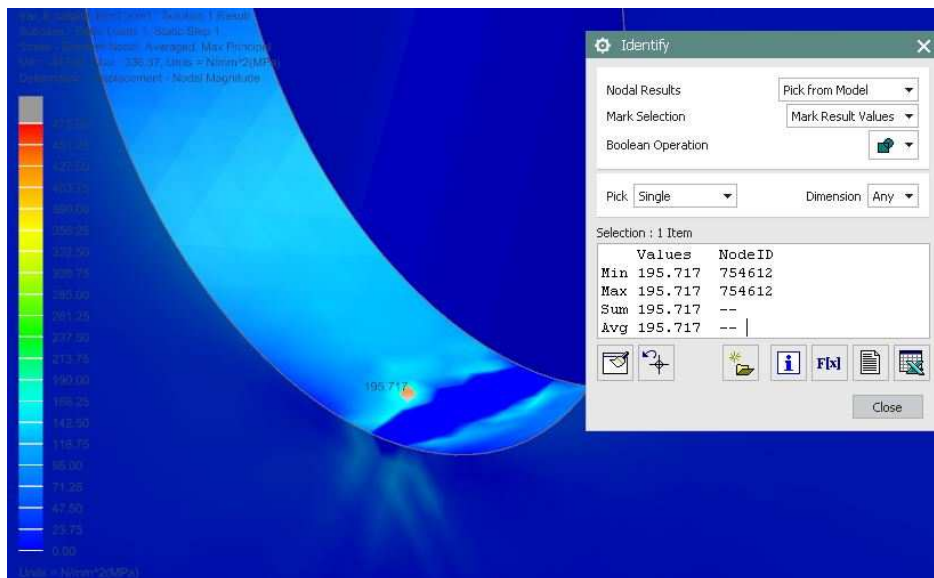
- Do této analýzy vstupují díly: základní plech, výztuha, čep rohatky, čep západky
- Zatížení 1kN je definováno na strikeru ve směru osy Z. Striker tlačí směrem dolů na plochu základního plechu.
- Kontakt byl definován mezi základním plechem a strikerem. Mezi čepy, plech a výztuhu byla definována vazba *Gluing*, jelikož čepy budou na koncích roznýtované a vytvoří tak pevný spoj.
- Materiál základního plechu a výztuhu: 1.0980 (S420MC),  $R_m=620\text{MPa}$ ,  $R_e=420\text{MPa}$



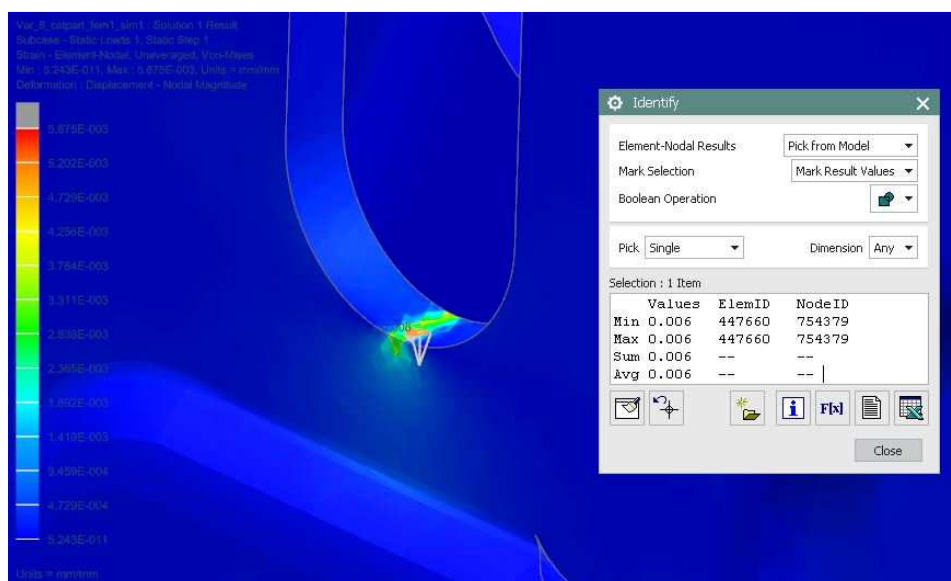
Obr. 67 Překmit – Maximální napětí – Von Mises [MPa]



Obr. 68 Překmit – Maximální napětí - detail



Obr. 69 Překmit – Maximální tažné napětí – detail [MPa]



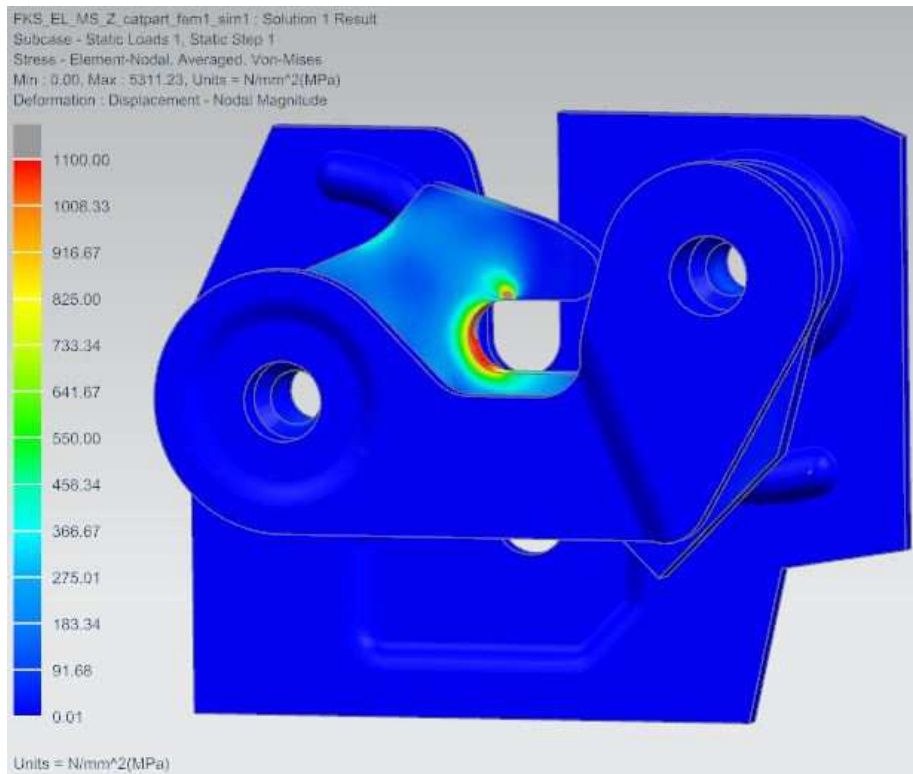
Obr. 70 Překmit – Maximální deformace

### Výsledky:

- Maximální redukované napětí 850MPa (Obr. 67) v místě působení strikeru na rádius v plechu přesáhlo mez pevnosti. V tomto místě se jedná o působení tlaku, kde plocha zachycující reakci od strikeru je velice malá (čárové styk) a z tohoto důvodu je v této oblasti tak vysoké napětí (Obr. 68).
- Maximální tahová složka napětí 195 MPa (Obr. 69) nepřesáhla mez kluzu. Z tohoto hlediska zde nevniká žádná trvalá plastická deformace.
- Maximální hodnota poměrného prodloužení 0,006 (Obr. 70) je zanedbatelná.

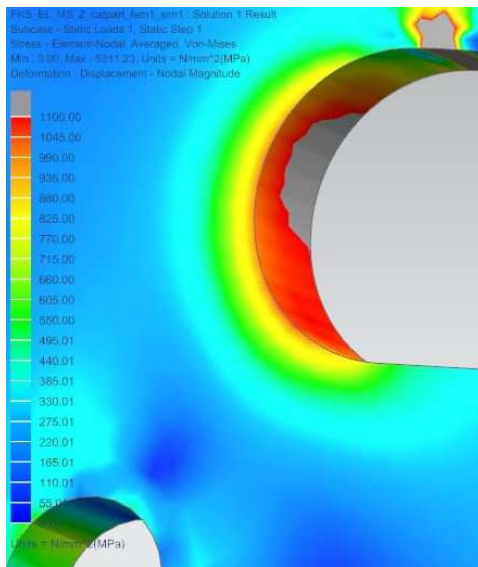
## 6.5 FEM analýza zámku při zatížení ve směru osy Z $\pm 45^\circ$

- Do této analýzy vstupují díly: rohatka, západka, základní plech, výztuha, čep rohatky a čep západky.
- Zatížení rohatky od působení síly strikeru 5kN ve směru osy +Z a dále jednotlivé směry působení síly  $+45^\circ$  a  $-45^\circ$ . Jednotlivé směry jsou vysvětleny na výkresu sestavy v příloze č. 8.
- Kontakt mezi rohatkou západkou, rohatkou a strikerem, čepem a rohatkou, čepem a západkou, čepy a plechem.
- Materiál rohatky a západky: 1.1718 (ČSN 14 221),  $R_m=1100\text{MPa}$ ,  $R_e=800\text{MPa}$
- Materiál základního plechu: 1.0980 (S420MC),  $R_m=620\text{MPa}$ ,  $R_e=420\text{MPa}$
- Materiál čepů: 1.0214;  $R_m=360\text{MPa}$ ,  $R_e=300\text{MPa}$
- Výsledky ze zatížení silou ve směrech  $\pm 45^\circ$  jsou uvedeny v příloze č. 7

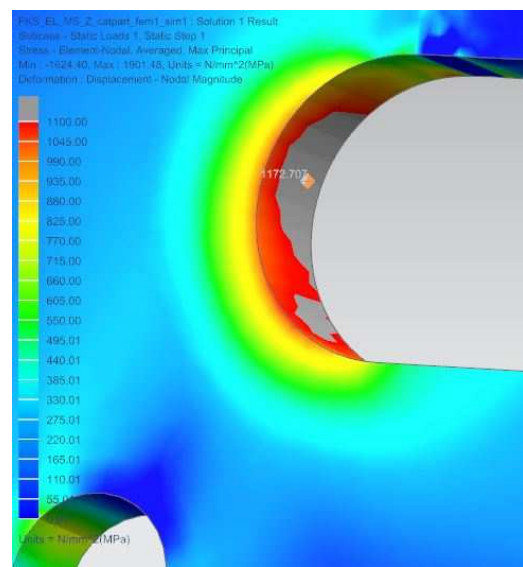


Obr. 71 FEM zámku směr Z – napětí Von Mises [MPa]

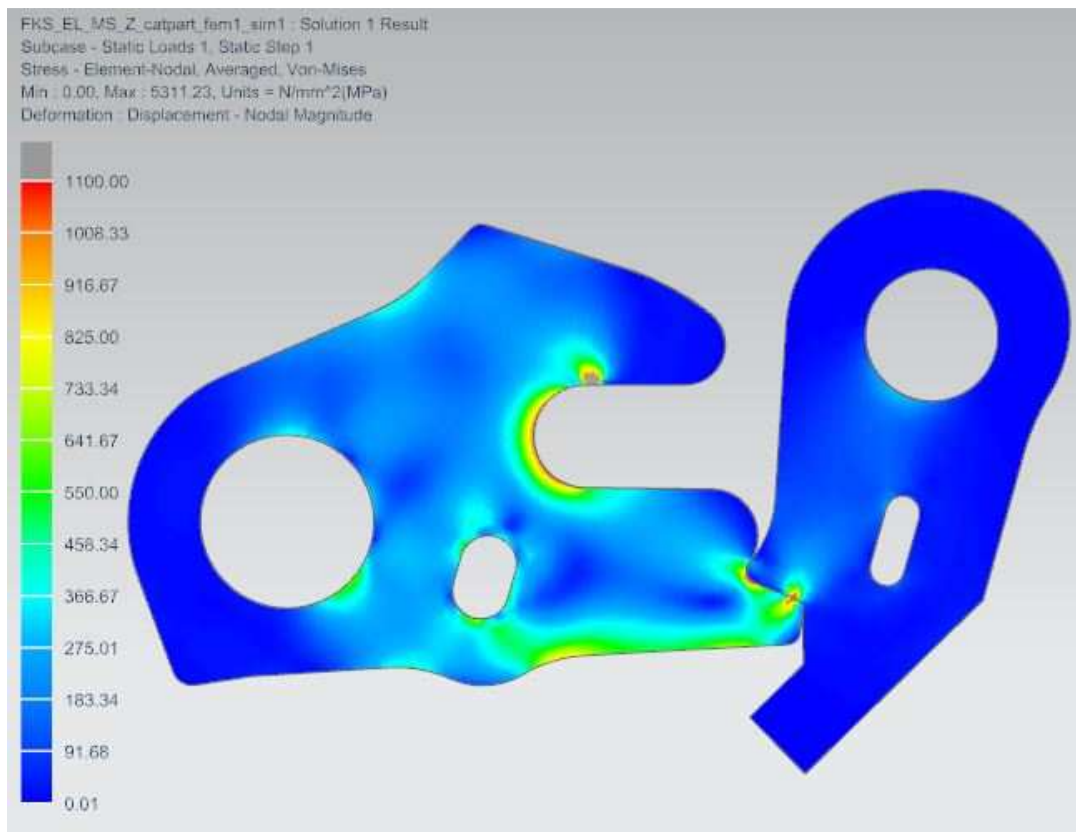




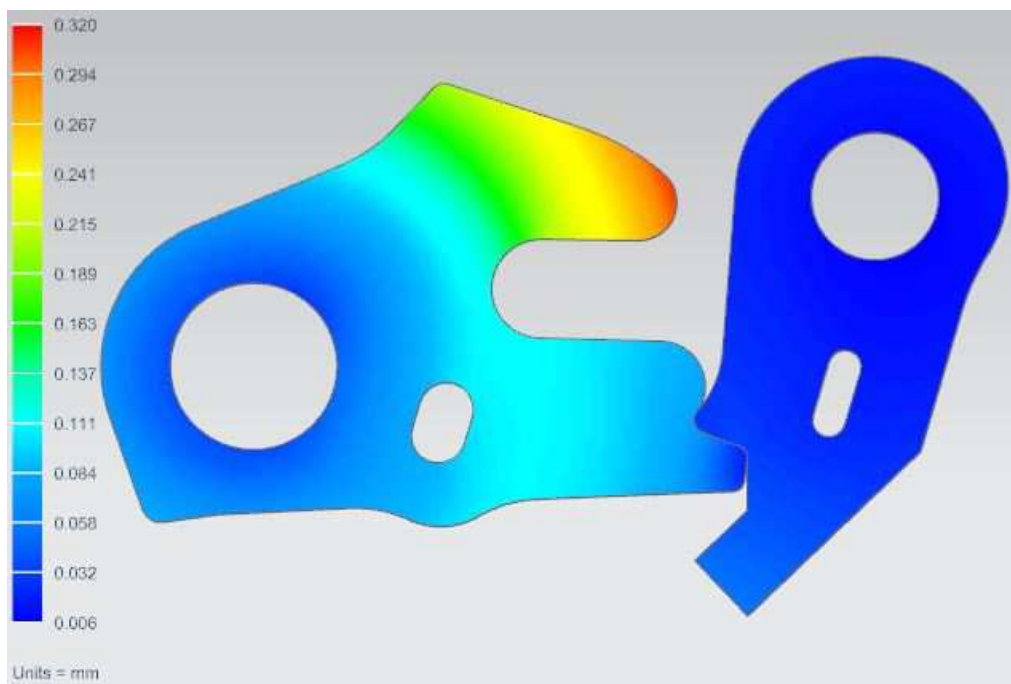
**Obr. 72 Detail na rádius u rohatky  
napětí VonMises [MPa]**



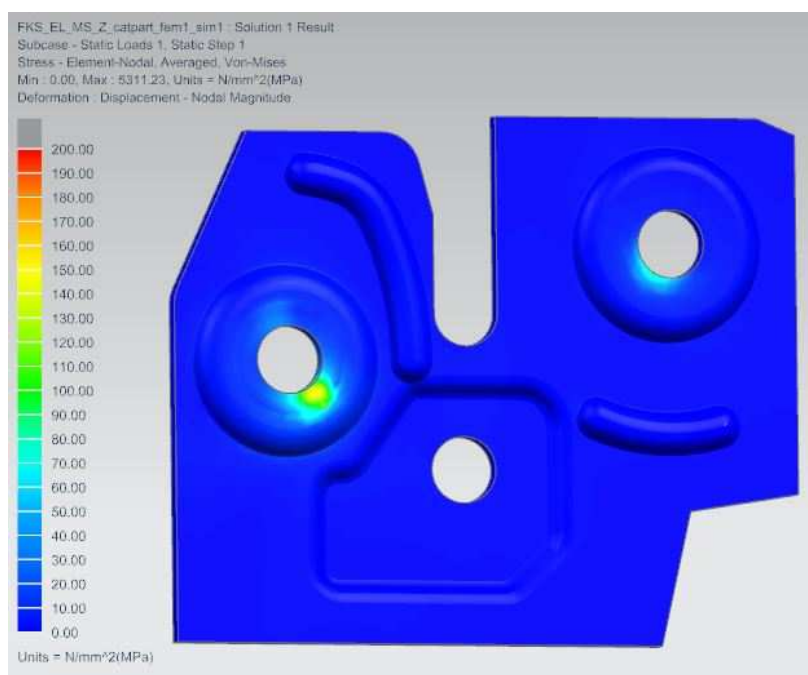
**Obr. 73 Detail na rádius u rohatky  
napětí v tahu [MPa]**



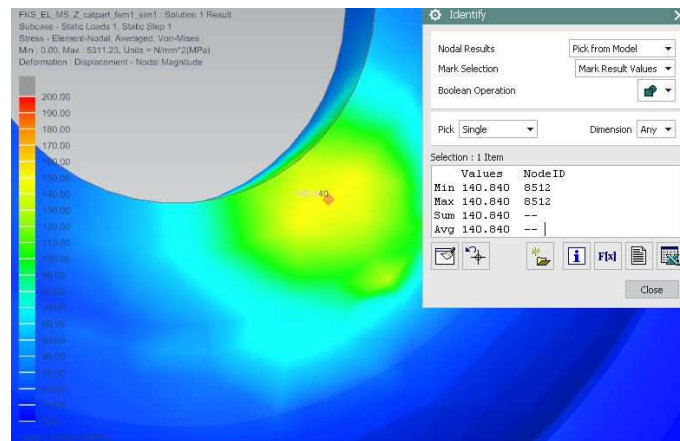
**Obr. 74 FEM rohatka západka – max. napětí Von Mises [MPa]**



**Obr. 75 FEM rohátka západka – posunutí [mm]**

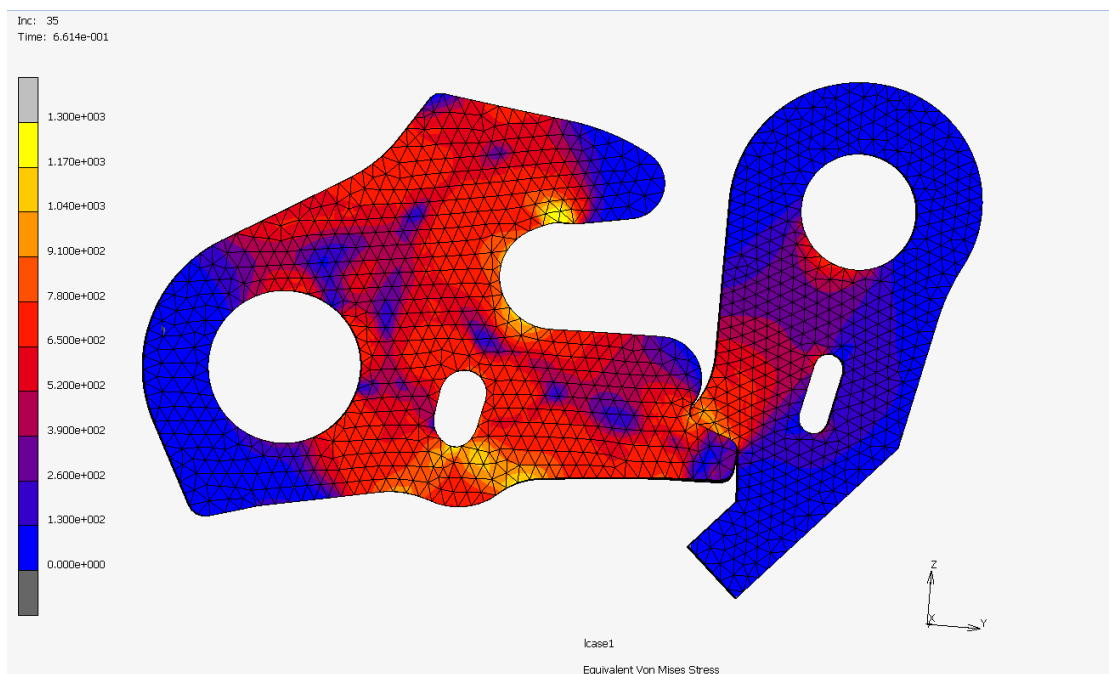


**Obr. 76 FEM plechu – max napětí Von Mises [MPa]**



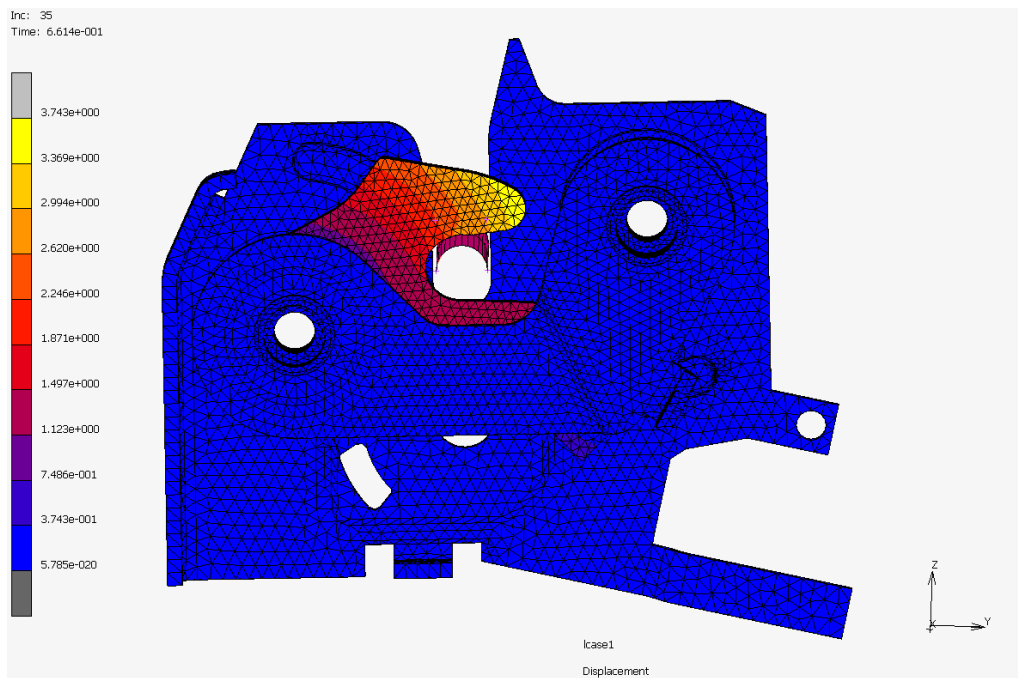
Obr. 77 FEM plechu – detail – napětí Von Mises

Následně byla provedena analýza, která odhalila maximální možnou zátěžnou sílu, kterou je zámek schopen přenést. Velikost síly je 10kN

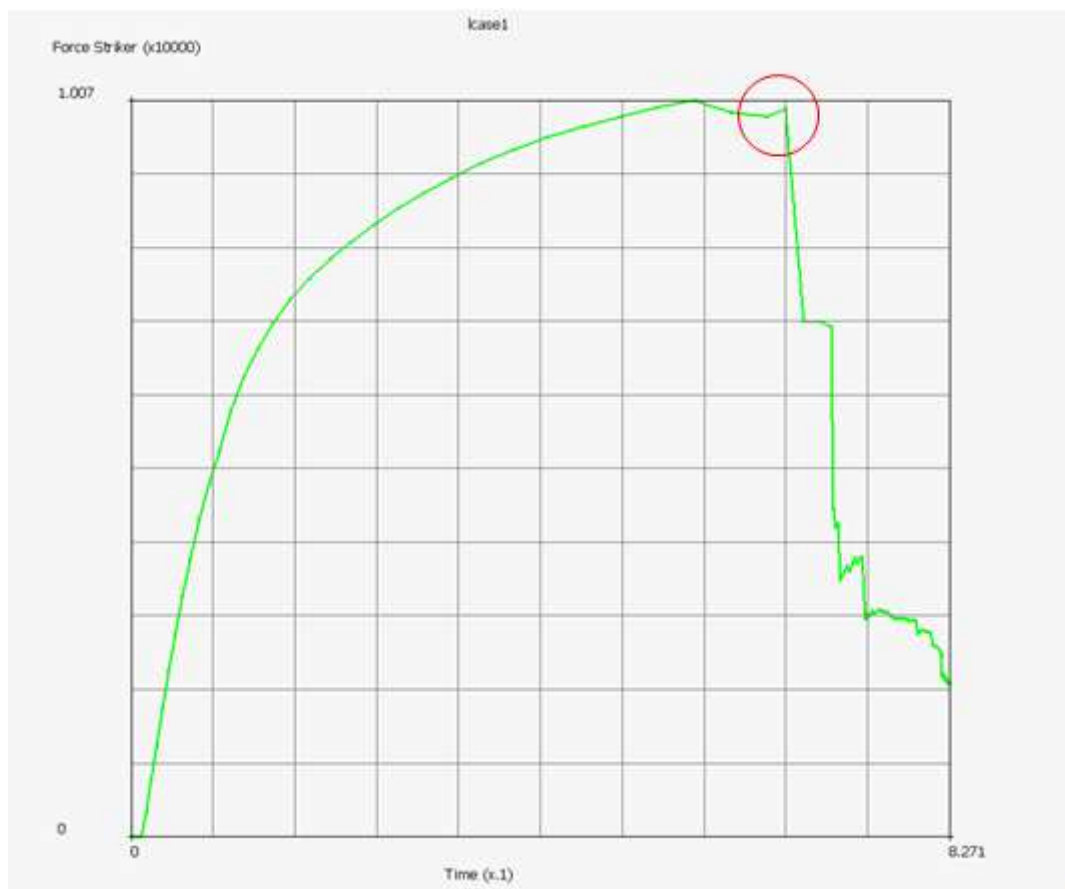


Obr. 78 FEM rohatka-západka – max. napětí Von Mises [MPa]



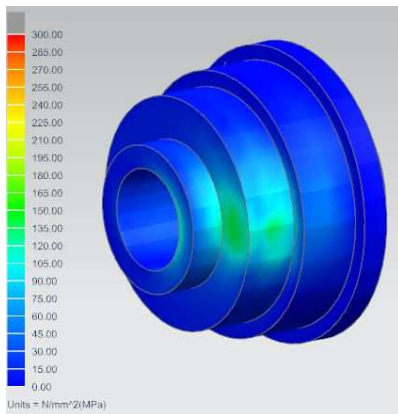


Obr. 79 FEM rohatka západka – posunutí při zatížení 10kN [mm]

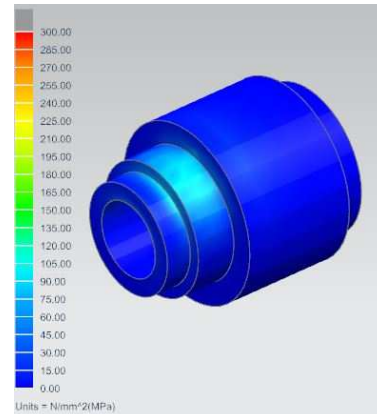


Obr. 80 Diagram postupného zatěžování zámku v časovém intervalu

Na Obr. 80 je možné odvodit, při jakém silovém účinku došlo k deformaci zámku a tudíž ke ztrátě jeho funkce.



Obr. 81 FEM analýza – čep rohatky



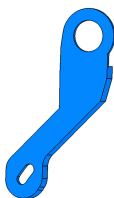
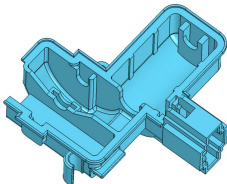
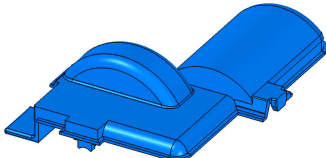
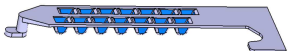
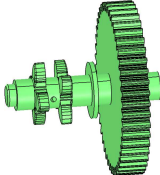
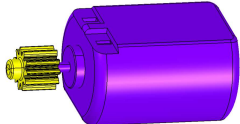
Obr. 82 FEM analýza – čep západky

### Výsledky:

- Maximální redukované napětí na rohatce lehce překročilo mez pevnosti 1100MPa (Obr. 72). Vzhledem k tomu, že se toto napětí vyskytuje pouze na povrchu součástky, potenciální vznik trhliny v tomto místě nehrozí. V oblasti kde působí striker na rohatku se vyskytuje vysoké napětí převyšující mez pevnosti materiálu. V tomto místě se jedná o působení tlaku, kde plocha rohatky zachycující reakci od strikeru je velice malá (čárové styk) a z tohoto důvodu je v této oblasti tak vysoké napětí. Vzniká zde tlakové napětí. V detailu na Obr. 73 je vidět, že tahové napětí, která by způsobilo vznik trhliny, se zde téměř vůbec nevyskytuje.
- Maximální redukované napětí v plechu nepřekročilo mez kluzu 475MPa (Obr. 77).
- Maximální napětí na čepech nepřesáhlo mez kluzu 300MPa

## 7. Technicko-ekonomické zhodnocení

V novém konceptu kapotového zámku s funkcí elektrického odemykání ve srovnání se zámekem bez této funkce vzrostl počet dílů celkově o 6. Těmito díly jsou rameno západky, přední kryt, zadní kryt, motor, hřeben a pastorek. Větší počet dílů bude mít přímo vliv na zvýšení ceny produktu. Ovšem nový koncept přináší větší pohodlí pro koncového zákazníka, kdy stačí stlačit pouze jedno tlačítko k odemčení kapoty. Elektrické odemykání kapoty v tomto zámku je teprve na samém začátku vývoje. Bude ho třeba odladit na prototypových dílech a otestovat životnost jak celého zámku jako celku, tak i jednotlivých dílů. Zkoušky životnosti jsou předepsané vnitřní normou založenou na legislativních požadavcích a také na požadavku zákazníka.

 <p><b>Rameno západky</b></p>	 <p><b>Zadní kryt</b></p>	 <p><b>Přední kryt</b></p>
 <p><b>Hřeben</b></p>	 <p><b>Pastorek</b></p>	 <p><b>Elektromotor</b></p>

**Tabulka 11 Nové díly v sestavě pro elektrické odemykání**

Všechny nové díly kromě elektromotoru, který je nakupovaný, jsou vyráběné z plastu. Jejich výroba je méně nákladná, jelikož se jedná o plastové výstřiky, které se vyrábějí ve formě až po deseti kusech na jeden pracovní zdvih vstřikovacího lisu. Další velkou výhodou je jejich nízká hmotnost a zmiňovaná nízká cena. Pro spojení předního a zadního krytu se použije technologická operace laserové svařování plastů. Tyto dva díly chrání elektromotor před vodou a vlhkostí a tudíž zde musí být dostatečná ochrana proti jejímu vniknutí. Laserové svařování v přesně definovaných oblastech společně s labyrintovým těsněním by mohlo zajistit dostatečnou ochranu dle požadovaného stupně krytí IP67. Pro tuto technologii museli být navrženy vhodné plasty. Nutné je tento způsob utěsnění elektrického mechanismu otestovat na reálných vzorcích.

Uplatnění nového zámku v automobilovém průmyslu s funkcí elektrického odemykání je obecně pro firmu žádanou položkou k rozšíření nabídkového portfolia a zvýšení konkurenceschopnosti.

	Počet dílů v sestavě	Hmotnost [g]
Kapot. zámek bez elektrického odemykání	15	319
Nový kapot. zámek varianta pastorek x hřeben	20	360
Nový kapot. zámek varianta šroub x matice	17	375

Tabulka 12 Porovnání všech zmíněných zámků v DP

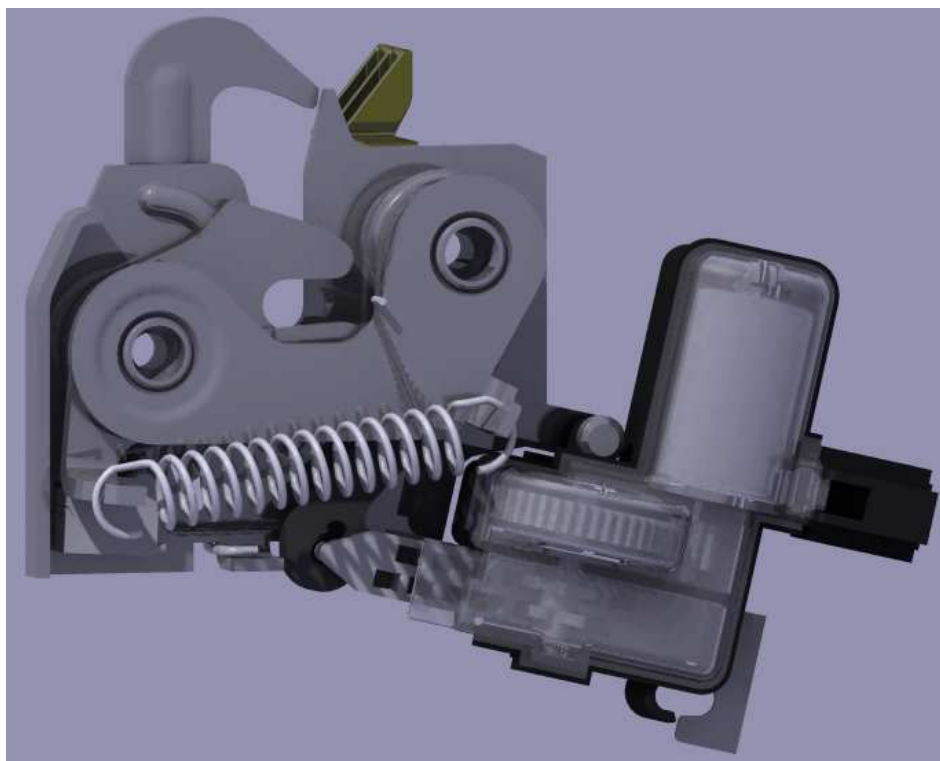
## 7.1 Další směry vývoje

Pro zvýšení potenciálu nového zámku s funkcí elektrického odemykání by bylo určitě praktické odstranit manuální otevírání kapoty z bezpečnostní pozice uživatelem vozidla. Pokud bylo v této DP zmíněno pohodlí při odemykání kapoty pouze stlačením příslušného tlačítka, pořád je zde nutnost pro zákazníka, který musí sáhnout pod kapotu, aby vychýlil hák a tím uvolnil striker. Inovací by bylo upravit konstrukci zámku tak aby při prvním zmáčknutí tlačítka se kapota dostala do bezpečnostní pozice a při druhém zmáčknutí by se kapota odemknula úplně. Tato funkce se nazývá Double Pull systém a byla by jistě dobrým přínosem pro celý zamykací systém.

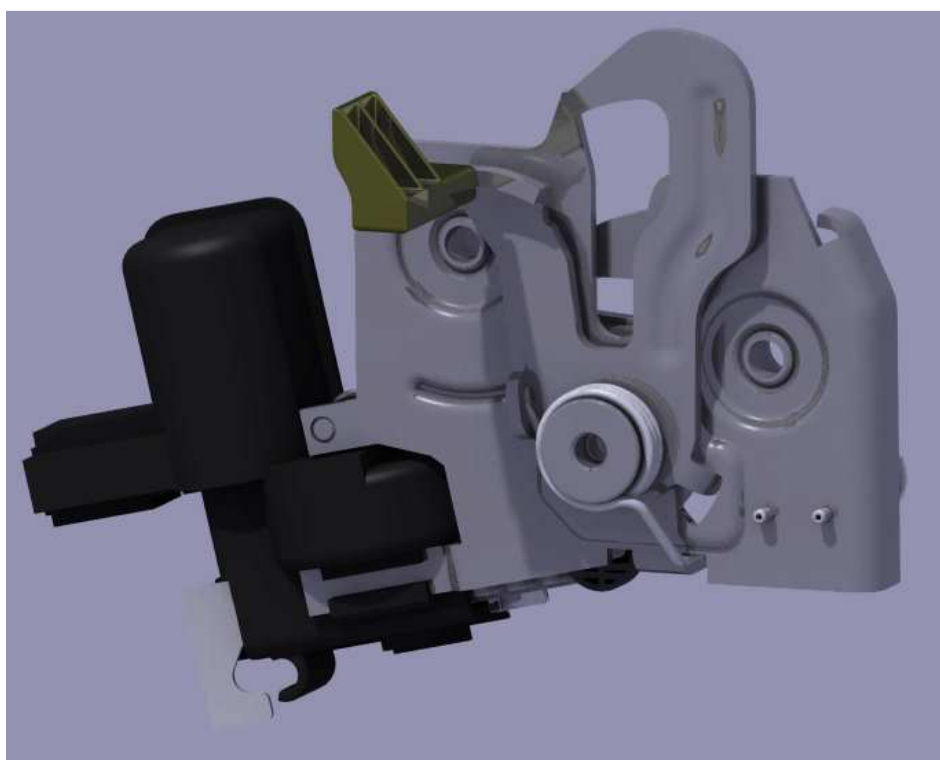
## 8. Závěr

Tato DP se zabývala inovací zamykacího systému přední kapoty automobilu. Cílem bylo najít nové funkční řešení elektrického odemykání. Bylo zde představeno několik variant zamykacího systému (kapitola 2.1) i jejich výhody a nevýhody. V úvodu bylo představeno stávající řešení centrálního zámku bez funkce elektrického odemykání. Prvním směrem vývoje, kterým se tato práce začala ubírat, bylo integrování elektrického odemykání přímo do sestavy zámku. Na základě tohoto se vytvořili dvě varianty zámku s odlišnou funkcí elektrického odemykání. U jednotlivých variant (kapitola 3.1 a 3.2) se vysvětlila sekvence odemykání a zamykání krok po kroku. Následně proběhlo zhodnocení kladů a záporů vytvořených variant, z nichž se vybrala ta nejlepší. Dále se práce věnuje pouze jedné variantě s názvem pastorek x hřeben. V této variantě došlo k návrhu a výpočtu pružin, které jsou pro chod zámku klíčové. Silové charakteristiky pružin přímo ovlivňují otevírací sílu zámku a mnohé další parametry, které by měl nový koncept splňovat dle zadaných technických parametrů firmou WITTE (kapitola 4.2). Po samotném návrhu pružin, byly provedeny výpočty pro zjištění parametrů zámku. Pro funkci odemykání byl navrhnout převodový mechanismus pohánění elektromotorem, u kterého byly zjištěny maximální a minimální síly, který je schopen vyvinout v mezních teplotách. Bylo nutné vhodně navrhnout převodově stupně tak, aby pastorek s hřebem vždy vyvinul větší sílu, než je potřebná síla pro odemčení zámku ze zamčené pozice. Dalším klíčovým bodem diplomové práce byla funkční analýza, která odhalila slabý článek v sestavě a to plastový hřeben. U toho dílu byla provedena důkladnější FEM analýza, kde se kontrolovalo, zda v provozních teplotách dojde nebo nedojde k utržení hřebenu. Funkční analýza odhalila chybějící nouzové odemčení zámku. Pokud by došlo k odstřižení dodávaného proudu, nebo k jiné nehodě, při které by již elektromotor nebyl funkční, musí zde pořád být možnost odemčení kapoty. K plastovému krytu se přidalo uložení pro koncovku bovdeny, jenž by sloužil k nouzovému odemčení. Druhý konec bovdeny by byl pravděpodobně ukryt někde v prostoru kabiny vozidla. Nouzové otevírání by ale již nemuselo splňovat počet provozních cyklů jako celý zámek. Toleranční analýza potvrdila smontovatelnost dílů a jejich správnou funkci z hlediska navržených rozměrů a jejich tolerancí. Dále byly provedeny pevnostní analýzy, které potvrdili dostatečnou pevnost zámku. Zatížení zámku ve směru osy  $Z \pm 45^\circ$  nevyvolalo v jednotlivých dílech napětí, které by překročilo mez kluzu. V rámci pevnostní analýzy byly provedeny ještě další výpočty, kterými jsou FEM v překmitu, FEM hřebenu v pracovních teplotách, FEM bezpečnostního háku. Z pohledu pevnostní analýzy nově navržený zámek splňuje všechny předepsané technické parametry. Nový zámek touto funkcí se sebou přináší pohodlnější odemykání z kabiny vozidla a také jištění proti otevření kapoty z kabiny vozidla pokud je auto v pohybu. Základní jednotka vyhodnocuje, zda se automobil pohybuje či nikoliv a v důsledku toho povolí řidiči kapotu otevřít.

Elektrické odemykání kapotového zámku je novinkou a pravděpodobně se tento způsob najde své zákazníky v automobilovém průmyslu. V porovnání se stávajícím řešením se zdá být navržený koncept s elektrickým odemykáním inovativní a je vhodný pro uplatnění v automobilech dnešní doby.



Render zámků – pohled zepředu



Obr. 83 Render zámků – pohled zezadu

## 9. Citovaná literatura

- [1] **WITTE-Automotive.** [Online] 2016. [Citace: 12. 11 2016.] <http://www.witte-automotive.cz/>.
- [2] **HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J.** *Příručka strojního inženýra - strojní části 1.* Praha : Computers press, 1999.
- [3] **STANĚK, Jiří., NĚMEJC, J.** *Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací.* Plzeň : ZČU, 2005.











## Firemní norma

- [4] WN 016032 -en- Technical Terms of Delivery - Precision Stamped Parts – WA

## **PŘÍLOHA č. 1**


















### **Kusovník kapotového zámku s elektrického odemykání PASTOREK x HŘEBEN**



Nr	Variation			Pc./Car	Write number for DR and 3D			In.	Customer part number			Weight (g)	
1	Zámek s elektrickým odemýkáním pastorek hřeben				000							360,0603	
Position Tree	Picture	Code	Part number	Name	Material -Norm	Surface treatm.	Density [g/cm <sup>3</sup> ]	A [mm]	V [mm]	Weight [g]	Note/Taed/ Similar part	Pieces for variation	
1		k01	001	Základní plech	S420MC-2,0mm	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29	7,85	11959	10749	84,4		1	
2		k02	002	Rohatka	1.7182 (HLB27) - 3,0±0,05mm Kaleno na 1100-1300 N/mm2	Basecoat/Topcoat black + GZ Volvo VCS 5737,29 - Y200-3	7,85	2639	2919	22,9	Přesný střih	1	
3		k03	003	Západka	1.7182 (HLB27) - 3,0±0,05mm Kaleno na 1100-1300 N/mm2	Basecoat/Topcoat black + GZ Volvo VCS 5737,29 - Y200-3	7,85	1637	1725	13,5	Přesný střih	1	
4		k04	004	Pop-up páka	1.1141 3,0mm	Basecoat/Topcoat black + GZ Volvo VCS 5737,29 Y200 3	7,85	2490	2600	20,4		1	
5		k05	005	Čep rohatky	1.0214 C10C DIN EN 10263-2	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29	7,85	1100	1201	9,4		1	
6		k06	006	Čep západky	1.0214 C10C DIN EN 10263-2	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29	7,85	1147	1095	8,4		1	
7		k07	007	Výztuha	S420MC-2	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29	7,85	3993	3339	26,2		1	
8		k08	008	Pružina západky	EN 10270-3-1,4310-NS -1,2mm	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29	7,85	1197	388	2,8		1	
9		k09	012	Pružina háku	EN 10270-1-SH-1,6mm	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29-Y200-1	7,85	1100	438	3,4		1	
10		k10	011	Bezpečnostní hák	1.7182 (HLB27) - 2,5±0,05mm Kaleno na 1100-1300 N/mm2	Basecoat/Topcoat black + GZ Volvo VCS 5737,29 - Y200-3	7,85	4845	4657	36,6		1	
10.1		k11	011.1	Obstřik háku	SCANAMID 6 B121 F 30 FARBIG PA 6 GF 30	-	1,32	2043	1542	2,0		1	
11		k12	013	Čep háku	1.0214 C10C DIN EN 10263-2	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29	7,85	1001	1520	11,9		1	
12		k13	009	Pop-up pružina	EN 10270-3-1,4310-NS -1,3mm	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29-Y200-1	7,85	2052	663	5,2		1	
13		k14	010	Rameno západky	PBT GF30 Ultradrur B 4300 G6-black	-	1,52	2484	1234	1,9		1	
14		k15	014	Plastový kryt zadní	Taboren PH 41 G 30 black PP-H-GF30	-	1,13	17760	12885	14,3		1	
15		k16	015	Plastový kryt přední	Makrolon AL2447 colorless 550396 PC FABROS	-	1,2	8530	5946	7,1		1	
16		k17	016	Hřeben	PBT GF30 Ultradrur B 4300 G6-black	-	1,52	2490	796	1,1		1	
17		k18	017	Pastorek	PA 6 Ultramid B3S natur	-	1,13	3793	2997	3,4		1	
18		k19	018	Motor	Model - FC280SC	-				44,0		1	
19		k20	019	Šroub	K40x12 - Ejomat PT	-				1,0		1	
20		k21	020	Mikrospínač	ZF DK1G-SR-E1	-				40,0		1	
21		k22	021	Isoplex Topas L32						0,0		1	

## **PŘÍLOHA č. 2**

### **Kusovník kapotového zámku s elektrického odemykání ŠROUB x MATICE**

Nr	Variation		Witte number for DR and 3D			In.	Customer part number		Weight (g)				
	Position Tree	Picture	Code	Part number	Name		Material -Norm	Surface treatm.	Density [g/cm <sup>3</sup> ]	A [mm]	V [mm]	Weight [g]	Note/Tae d/Similar part
1			k01	001	Základní plech	S420MC-2-1,5mm	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29	7,85	14430	10162	79,8		1
2			k02	002	Rohatka	1.7182 (HLB27) - 3,0±0,05mm Kaleno na 1100-1300 N/mm2	Basecoat/Topcoat black + GZ Volvo VCS 5737,29 - Y200-3	7,85	2804	2881	22,6	Přesný stříh	1
3			k03	003	Západka	1.7182 (HLB27) - 3,0±0,05mm Kaleno na 1100-1300 N/mm2	Basecoat/Topcoat black + GZ Volvo VCS 5737,29 - Y200-3	7,85	1878	2040	16,0	Přesný stříh	1
3.1				003.1	Matice	SCANAMID 6 B121 F 30 FARBIG PA 6 GF 30		1,32	1374	1635	2,2		1
4			k04	004	Pop-up páka	1.1141 3,0mm	Basecoat/Topcoat black + GZ Volvo VCS 5737,29 - Y200-3	7,85	2001	2039	16,0		1
5			k05	005	Čep rohatky	1.0214 C10C DIN EN 10263-2	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29	7,85	3454	4067	31,9		1
6			k06	006	Čep západky	1.0214 C10C DIN EN 10263-2	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29	7,85	1353	1094	8,6		1
7			k08	007	Pružina západky	EN 10270-3-1,4310-NS -1,3mm	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29	7,85	698	226	1,8		1
8			k09	008	Pružina háku	EN 10270-1-SH-1,6mm	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29-Y200-1	7,85	1045	416	3,3		1
9			k10	009	Bezpečnostní hák	1.7182 (HLB27) - 2,0±0,05mm Kaleno na 1100-1300 N/mm2	Basecoat/Topcoat black + GZ Volvo VCS 5737,29 - Y200-3	7,85	5882	4719	37,0		1
10			k11	010	Čep háku	1.0214 C10C DIN EN 10263-2	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29	7,85	1001	1520	11,9		1
11			k12	011	Pop-up pružina	EN 10270-3-1,4310-NS -2,4mm	ZnNi - transp. passivation+sealed Volvo VCS 5737,29-Y200-1	7,85	4225	2529	19,9		1
12			k14	012	Plastový kryt zadní	Taboren PH 41 G 30 black PP-H-GF30	-	1,13	8867	5897	6,7		1
13			k15	013	Plastový kryt přední	Makrolon AL2447 colorless S50396 PC FABROS	-	1,2	31473	23155	27,8		1
14			k17	015	Šroub	PA 6 Ultramid B3S natur	-	1,13	4480	4525	5,1		1
15			k18	016	Motor	Model - FC280SC	-				44,0		1
16			k19	017	Čep		-				0,5		1
17			k20	018	Mikrospínač	ZF DK1G-SR-E1	-				40,0		1
18		Grease	k21	019	Isoflex Topas L32						0,0		1

## **PŘÍLOHA č. 3**

### **TOLERANČNÍ ANALÝZA V OBLASTI ROHATKY**

**Toleranční analýza rovinných a prostorových rozměrových řetězců**

Jednotky výpočtu: Imperial (bf, in, HP...)  
Tolerance ISO 286: 7, ±T, +T, -T  
Tolerance ANSI B4.1: 7, ±T, +T, -T  
Uložení ISO 286: h, 7, ±T, H, 7, ±T  
Uložení ANSI B4.1: LC 3, Hříde, Díra  
ISO 2768: m, ±T

**1.0 Definice vstupních rozměrů**

1.1 Tabulka vstupních rozměrů

Znak	Název členu	Úhel	Rozměry členu					Rozdělení
			Jmenovitý	Tolerance	Minimum	Maximum	Střed	
A	Délka osazení čepu u rohátky	[in]	3,2000	+0,10000 0	3,20000	3,30000	3,25000	Normální (3 Sigma)
B	Rovinnost základního plechu 0,1	[in]	0,0500	+0,05000 -0,05000	0,00000	0,10000	0,05000	Normální (3 Sigma)
C	Tloušťka rohátky	[in]	3,0000	+0,05000 +0,05000	3,05000	3,05000	3,05000	Normální (3 Sigma)
D	Tloušťka pop-up páky	[in]	3,0000	+0,06000 -0,06000	2,94000	3,06000	3,00000	Normální (3 Sigma)
E	Prolis na pop-up páce	[in]	0,5000	0 -0,15000	0,35000	0,50000	0,42500	Normální (3 Sigma)
F	Délka osazení u pop-up páky	[in]	3,5000	+0,20000 0	3,50000	3,70000	3,60000	Normální (3 Sigma)
G		[in]						Normální (3 Sigma)
H		[in]						Normální (3 Sigma)
I		[in]						Normální (3 Sigma)
J		[in]						Normální (3 Sigma)

**2.0 Definice výsledných rozměrů, toleranční analýza**

2.1 Tabulka výsledných rozměrů

Znak	Název členu	Jmenovitý rozměr	Požadované krajní rozměry [in]	
			Dolní mez	Horní mez
Z1	Uzavírací člen Z1	0,25000	0,00000	
Z2	Uzavírací člen Z2	0,20000	0,00000	
Z3				
Z4				
Z5				
Z6				
Z7				
Z8				
Z9				

2.2 Toleranční analýza

2.3  Metoda "Worst Case"

2.4 Dělení toler. intervalu: Min. - Max.

2.5  Metoda "Monte Carlo"

2.6 Počet simulací: 5000

2.7 Start výpočtu: **Výpočet**

**3.0 Výsledky toleranční analýzy**

3.1 Souhrnná tabulka výsledných rozměrů

Znak	Název členu	Jmenovitý rozměr	Krajní rozměry		Worst Case		Monte Carlo		
			LL	UL	Z <sub>min</sub>	Z <sub>max</sub>	μ	σ	DPPM
Z1	Uzavírací člen Z1	0,25000	0,0000		0,1500	0,3500	0,2500	0,02386	0
Z2	Uzavírací člen Z2	0,20000	0,0000		0,0900	0,6600	0,3751	0,04934	0

3.2 Detailní popis výsledného rozměru: Z1

3.3 Požadované krajní rozměry

3.4 Dolní mez LL: 0,000000 [in]

3.5 Horní mez UL: [in]

3.6 Střední rozměr: [in]

3.7 Metoda "Worst Case"

3.8 Střední rozměr μ: 0,250000 [in]

3.9 Tolerance ±T: 0,100000 [in]

3.10 Minimální velikost Z<sub>min</sub>: 0,150000 [in]

3.11 Maximální velikost Z<sub>max</sub>: 0,350000 [in]

3.12 Metoda "Monte Carlo"

3.13 Střední rozměr μ: 0,249993 [in]

3.14 Směrodatná odchylka σ: 0,023865 [in]

3.15 Výrobní výtěžnost Y: 100,000 [%]

3.16 Znetkovost R: 0 [PPM]

3.17 Minimální velikost Z<sub>min</sub>: 0,171658 [in]

3.18 Maximální velikost Z<sub>max</sub>: 0,342621 [in]

3.2.2 Spojnice trendu:

**Toleranční analýza rovinných a prostorových rozměrových řetězců**

Jednotky výpočtu: Imperial (bf, in, HP...)  
Tolerance ISO 286:  $\pm T$ ,  $+T$ ,  $-T$   
Tolerance ANSI B4.1:  $\pm T$ ,  $+T$ ,  $-T$   
Uložení ISO 286:  $\pm T$ ,  $H$   
Uložení ANSI B4.1: LC 3, Hříde, Díra  
ISO 2768: m,  $\pm T$

**1.0 Definice vstupních rozměrů**

1.1 Tabulka vstupních rozměrů

Znak	Název členu	Úhel	Rozměry členu					Rozdělení
			Jmenovitý	Tolerance	Minimum	Maximum	Střed	
A	Délka osazení čepu u rohátky	[in]	3,2000	+0,10000 0	3,20000	3,30000	3,25000	Normální (3 Sigma)
B	Rovinnost základního plechu 0,1	[in]	0,0500	+0,05000 -0,05000	0,00000	0,10000	0,05000	Normální (3 Sigma)
C	Tloušťka rohátky	[in]	3,0000	+0,05000 +0,05000	3,05000	3,05000	3,05000	Normální (3 Sigma)
D	Tloušťka pop-up páky	[in]	3,0000	+0,06000 -0,06000	2,94000	3,06000	3,00000	Normální (3 Sigma)
E	Prolis na pop-up páce	[in]	0,5000	-0,15000	0,35000	0,50000	0,42500	Normální (3 Sigma)
F	Délka osazení u pop-up páky	[in]	3,5000	+0,20000 0	3,50000	3,70000	3,60000	Normální (3 Sigma)
G		[in]						Normální (3 Sigma)
H		[in]						Normální (3 Sigma)
I		[in]						Normální (3 Sigma)
J		[in]						Normální (3 Sigma)

**2.0 Definice výsledných rozměrů, toleranční analýza**

2.1 Tabulka výsledných rozměrů

Znak	Název členu	Jmenovitý rozměr	Požadované krajní rozměry [in]	
			Dolní mez	Horní mez
Z1	Uzavírací člen Z1	0,25000	0,00000	
Z2	Uzavírací člen Z2	0,20000	0,00000	
Z3				
Z4				
Z5				
Z6				
Z7				
Z8				
Z9				

2.2 Toleranční analýza

2.3  Metoda "Worst Case"

2.4 Dělení toler. intervalu: Min. - Max.

2.5  Metoda "Monte Carlo"

2.6 Počet simulací: 5000

2.7 Start výpočtu: **Výpočet**

**3.0 Výsledky toleranční analýzy**

3.1 Souhrnná tabulka výsledných rozměrů

Znak	Název členu	Jmenovitý rozměr	Krajní rozměry		Worst Case		Monte Carlo		
			LL	UL	Z <sub>min</sub>	Z <sub>max</sub>	$\mu$	$\sigma$	DPPM
Z1	Uzavírací člen Z1	0,25000	0,0000		0,1500	0,3500	0,2500	0,02386	0
Z2	Uzavírací člen Z2	0,20000	0,0000		0,0900	0,6600	0,3751	0,04934	0

3.2 Detailní popis výsledného rozměru: Z2

3.3 Požadované krajní rozměry

3.4 Dolní mez LL: 0,000000 [in]

3.5 Horní mez UL: [in]

3.6 Střední rozměr: [in]

3.7 Metoda "Worst Case"

3.8 Střední rozměr  $\mu$ : 0,375000 [in]

3.9 Tolerance  $\pm T$ : 0,285000 [in]

3.10 Minimální velikost Z<sub>min</sub>: 0,090000 [in]

3.11 Maximální velikost Z<sub>max</sub>: 0,660000 [in]

3.12 Metoda "Monte Carlo"

3.13 Střední rozměr  $\mu$ : 0,375064 [in]

3.14 Směrodatná odchylka  $\sigma$ : 0,049342 [in]

3.15 Výrobní výtěžnost Y: 100,000 [%]

3.16 Zmetkovost R: 0 [PPM]

3.17 Minimální velikost Z<sub>min</sub>: 0,192343 [in]

3.18 Maximální velikost Z<sub>max</sub>: 0,554915 [in]

3.2 Spojnice trendu:

## **PŘÍLOHA č. 4**

### **TOLERANČNÍ ANALÝZA V OBLASTI ZÁPADKY**

**Toleranční analýza rovinných a prostorových rozměrových řetězců**

Jednotky výpočtu: Imperial (bf, in, HP...)  
Tolerance ISO 286:  $\pm T$ ,  $+T$ ,  $-T$   
Tolerance ANSI B4.1:  $\pm T$ ,  $+T$ ,  $-T$   
Uložení ISO 286: h, H  
Uložení ANSI B4.1: LC 3, Hříde, Díra  
ISO 2768: m,  $\pm T$

**1.0 Definice vstupních rozměrů**

1.1 Tabulka vstupních rozměrů

Znak	Název členu	Úhel	Rozměry členu					Rozdělení
			Jmenovitý	Tolerance	Minimum	Maximum	Střed	
A	Délka osazení čepu v místě západky	<input type="checkbox"/> [in]	4,1500	+0,10000 0	4,15000	4,25000	4,20000	Normální (3 Sigma)
B	Rovinnost základního plechu 0,1	<input type="checkbox"/> [in]	0,0500	+0,05000 -0,05000	0,00000	0,10000	0,05000	Normální (3 Sigma)
C	Tloušťka západky	<input type="checkbox"/> [in]	3,0000	+0,06000 -0,06000	2,94000	3,06000	3,00000	Normální (3 Sigma)
D	Rovinnost západky 0,1	<input type="checkbox"/> [in]	0,0500	+0,05000 -0,05000	0,00000	0,10000	0,05000	Normální (3 Sigma)
E	Tloušťka ramene západky	<input type="checkbox"/> [in]	0,9000	+0,10000 0	0,90000	1,00000	0,95000	Normální (3 Sigma)
F		<input type="checkbox"/> [in]						Normální (3 Sigma)
G		<input type="checkbox"/> [in]						Normální (3 Sigma)
H		<input type="checkbox"/> [in]						Normální (3 Sigma)
I		<input type="checkbox"/> [in]						Normální (3 Sigma)
J		<input type="checkbox"/> [in]						Normální (3 Sigma)

**2.0 Definice výsledných rozměrů, toleranční analýza**

2.1 Tabulka výsledných rozměrů

Znak	Název členu	Jmenovitý rozměr	Požadované krajní rozměry [in]	
			Dolní mez	Horní mez
Z1	Uzavírací člen Z1	0,25000	0,00000	
Z2				
Z3				
Z4				
Z5				
Z6				
Z7				
Z8				
Z9				

2.2 Toleranční analýza

2.3  Metoda "Worst Case"

2.4 Dělení toler. intervalu: Min. - Max.

2.5  Metoda "Monte Carlo"

2.6 Počet simulací: 5000

2.7 Start výpočtu: **Výpočet**

**3.0 Výsledky toleranční analýzy**

3.1 Souhrnná tabulka výsledných rozměrů

Znak	Název členu	Jmenovitý rozměr	Krajní rozměry		Worst Case		Monte Carlo		
			LL	UL	Z <sub>min</sub>	Z <sub>max</sub>	$\mu$	$\sigma$	DPPM
Z1	Uzavírací člen Z1	0,25000	0,0000		-0,0100	0,5100	0,2501	0,03951	0

3.2 Detailní popis výsledného rozměru: Z1

3.3 Požadované krajní rozměry

3.4 Dolní mez LL: 0,000000 [in]

3.5 Horní mez UL: [in]

3.6 Střední rozměr: [in]

3.7 Metoda "Worst Case"

3.8 Střední rozměr  $\mu$ : 0,250000 [in]

3.9 Tolerance  $\pm T$ : 0,260000 [in]

3.10 Minimální velikost Z<sub>min</sub>: -0,010000 [in]

3.11 Maximální velikost Z<sub>max</sub>: 0,510000 [in]

3.12 Metoda "Monte Carlo"

3.13 Střední rozměr  $\mu$ : 0,250081 [in]

3.14 Směrodatná odchylka  $\sigma$ : 0,039506 [in]

3.15 Výrobní výtěžnost Y: 100,000 [%]

3.16 Zmetkovost R: 0 [PPM]

3.17 Minimální velikost Z<sub>min</sub>: 0,093275 [in]

3.18 Maximální velikost Z<sub>max</sub>: 0,386466 [in]

Spojnice trendu



## **PŘÍLOHA č. 5**

### **TOLERANČNÍ ANALÝZA V OBLASTI BEZPEČNOSTNÍHO HÁKU**

**Toleranční analýza rovinných a prostorových rozměrových řetězců**

Jednotky výpočtu: Imperial (bf, in, HP...)  
Tolerance ISO 286:  $\pm T$ ,  $+T$ ,  $-T$   
Tolerance ANSI B4.1:  $\pm T$ ,  $+T$ ,  $-T$   
Uložení ISO 286:  $\pm T$ ,  $H$ ,  $h$   
Uložení ANSI B4.1: LC 3, Hříde, Díra  
ISO 2768:  $\pm T$

**1.0 Definice vstupních rozměrů**

1.1 Tabulka vstupních rozměrů

Znak	Název členu	Úhel	Rozměry členu					Rozdělení
			Jmenovitý	Tolerance	Minimum	Maximum	Střed	
A	Délka osazení čepu v místě háku	[in]	2,6500	+0,10000 0	2,65000	2,75000	2,70000	Normální (3 Sigma)
B	Rovinnost základního plechu	[in]	0,0500	+0,05000 -0,05000	0,00000	0,10000	0,05000	Normální (3 Sigma)
C	Tloušťka háku	[in]	2,5000	+0,05000 -0,05000	2,45000	2,55000	2,50000	Normální (3 Sigma)
D	Rovinnost háku	[in]	0,0500	+0,05000 -0,05000	0,00000	0,10000	0,05000	Normální (3 Sigma)
E		[in]						Normální (3 Sigma)
F		[in]						Normální (3 Sigma)
G		[in]						Normální (3 Sigma)
H		[in]						Normální (3 Sigma)
I		[in]						Normální (3 Sigma)
J		[in]						Normální (3 Sigma)

2.0 Definice výsledných rozměrů, toleranční analýza

2.1 Tabulka výsledných rozměrů

Znak	Název členu	Jmenovitý rozměr	Požadované krajní rozměry [in]	
			Dolní mez	Horní mez
Z1	Uzavírací člen Z1	0,15000	0,00000	
Z2				
Z3				
Z4				
Z5				
Z6				
Z7				
Z8				
Z9				

2.2 Toleranční analýza

2.3  Metoda "Worst Case"

2.4 Dělení toler. intervalu: Min. - Max.

2.5  Metoda "Monte Carlo"

2.6 Počet simulací: 5000

2.7 Start výpočtu: **Výpočet**

3.0 Výsledky toleranční analýzy

3.1 Souhrnná tabulka výsledných rozměrů

Znak	Název členu	Jmenovitý rozměr	Krajní rozměry		Worst Case		Monte Carlo		
			LL	UL	Z <sub>min</sub>	Z <sub>max</sub>	$\mu$	$\sigma$	DPPM
Z1	Uzavírací člen Z1	0,15000	0,0000		0,0000	0,4000	0,2000	0,03405	0

3.2 Detailní popis výsledného rozměru: Z1

3.3 Požadované krajní rozměry

3.4 Dolní mez LL: 0,000000 [in]

3.5 Horní mez UL: [in]

3.6 Střední rozměr: [in]

3.7 Metoda "Worst Case"

3.8 Střední rozměr  $\mu$ : 0,200000 [in]

3.9 Tolerance  $\pm T$ : 0,200000 [in]

3.10 Minimální velikost Z<sub>min</sub>: 0,000000 [in]

3.11 Maximální velikost Z<sub>max</sub>: 0,400000 [in]

3.12 Metoda "Monte Carlo"

3.13 Střední rozměr  $\mu$ : 0,200016 [in]

3.14 Směrodatná odchylka  $\sigma$ : 0,034048 [in]

3.15 Výrobní výtěžnost Y: 100,000 [%]

3.16 Zmetkovost R: 0 [PPM]

3.17 Minimální velikost Z<sub>min</sub>: 0,007161 [in]

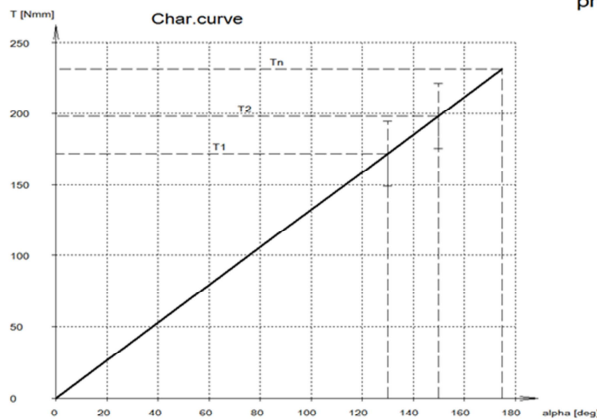
3.18 Maximální velikost Z<sub>max</sub>: 0,322242 [in]

Spojnice trendu

## **PŘÍLOHA č. 6**

### **HIGH-GOODMANŮV DIAGRAM PRO PRUŽINY V MEZNÍCH TEPLITÁCH $-20^{\circ}\text{C}$ , $+70^{\circ}\text{C}$**

## Pružina západky: -20°C



EN 10270-3-1.4310-NS (18-8, 302, 304)

clamped leg: fixed clamped, tangential  
leg length L: 18+/-1,04 mm  
moved leg: holded, tangential  
lever arm R: 18 mm  
leg length L: 18+/-1,04 mm

Di = 16,8mm  
Dial.1= 15,48 mm  
Dial.2= 15,29 mm  
Dd = 14,09 mm  
De = 19,2mm  
Deal.1= 17,88 mm  
Deal.2= 17,69 mm  
alphah= 20 deg  
L = 294,2 mm  
m = 2,629 g  
fe = 127,0 Hz  
E = 190000 MPa  
rho= 7,9 kg/dm<sup>3</sup>  
Rm = 1946 MPa  
sigmabz= 1362 MPa  
theta = -20 C  
E-20 = 192111 MPa

d = 1,2+/-0,02 mm  
Dm = 18+/-0,44mm  
n = 4,567 coils  
LK0 = 7,157+/-3,52mm  
a = 0,1 mm  
cT = 1,322 Nmm/deg

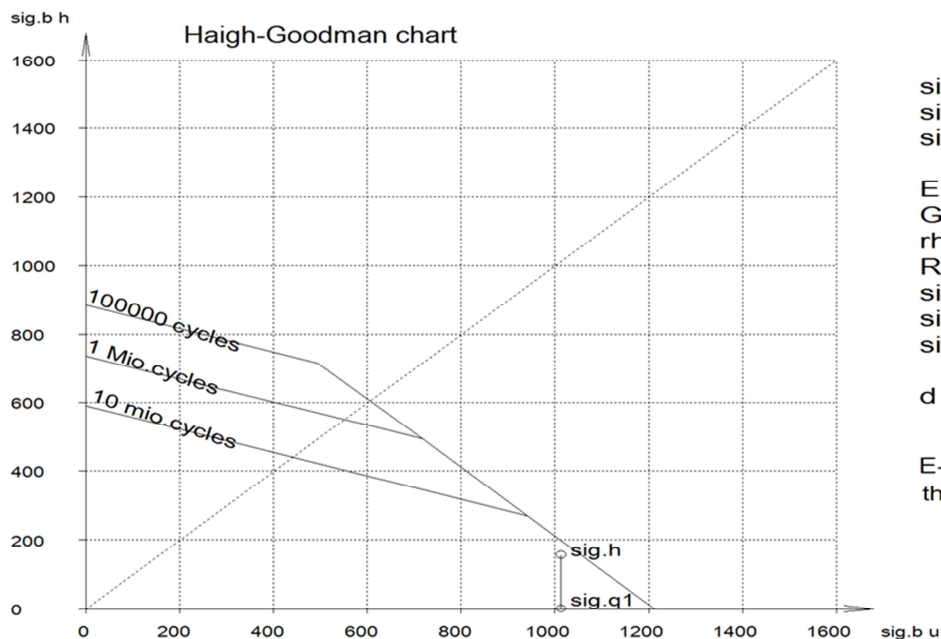
alpha1= 130 deg  
alpha2= 150 deg  
alphan= 174,8 deg

delta0= 336+/-29,5 deg  
delta1= 206 deg  
delta2= 186 deg  
deltan= 161,2 deg

T1=171,8+/-22,8Nmm  
T2=198,3+/-22,8Nmm  
Tn = 231,1 Nmm

q = 1  
sigmaq1= 1013 MPa  
sigmaq2= 1169 MPa  
sigmaqh= 156 MPa  
sig.hz = 199 MPa

pruzina\_zapadky 008



sig.q1= 1013 MPa  
sig.q2= 1169 MPa  
sig.h = 156 MPa

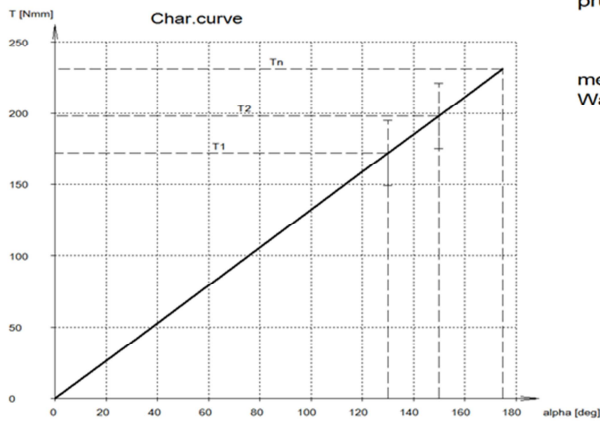
E = 190000 MPa  
G = 73000 MPa  
rho = 7,90 kg/dm<sup>3</sup>  
Rm = 1946 MPa  
sig.z= 1362 MPa  
sig.oz= 1212 MPa  
sig.hz= 199 MPa

d = 1,2+/-0,02 mm

E-20 = 192111 MPa  
theta = -20 C

EN 10270-3-1.4310-NS (18-8, 302, 304) not shot-blasted

## Pružina západky: +70°C



pruzina\_zapadky 008

messages  
Warning: tau(T=70degC)

d = 1,2+/-0,02 mm  
Dm = 18+/-0,44mm  
n = 4,454 coils  
LK0 = 7,010+/-3,46mm  
a = 0,1 mm  
cT = 1,322 Nmm/deg

alpha1= 130 deg  
alpha2= 150 deg  
alphan= 174,8 deg

delta0= 16,67+/-28,9 deg  
delta1= -113,3 deg  
delta2= -133,3 deg  
deltan= -158,2 deg

Di = 16,8mm  
Dial.1= 15,45 mm  
Dial.2= 15,26 mm  
Dd = 14,06 mm  
De = 19,2mm  
Deal.1= 17,85 mm  
Deal.2= 17,66 mm  
alphah= 20 deg  
L = 287,9 mm  
m = 2,572 g  
fe = 127,8 Hz  
E = 190000 MPa  
rho= 7,9 kg/dm3  
Rm = 1946 MPa  
sigmabz= 1362 MPa  
theta = 70 C  
E70 = 187361 MPa

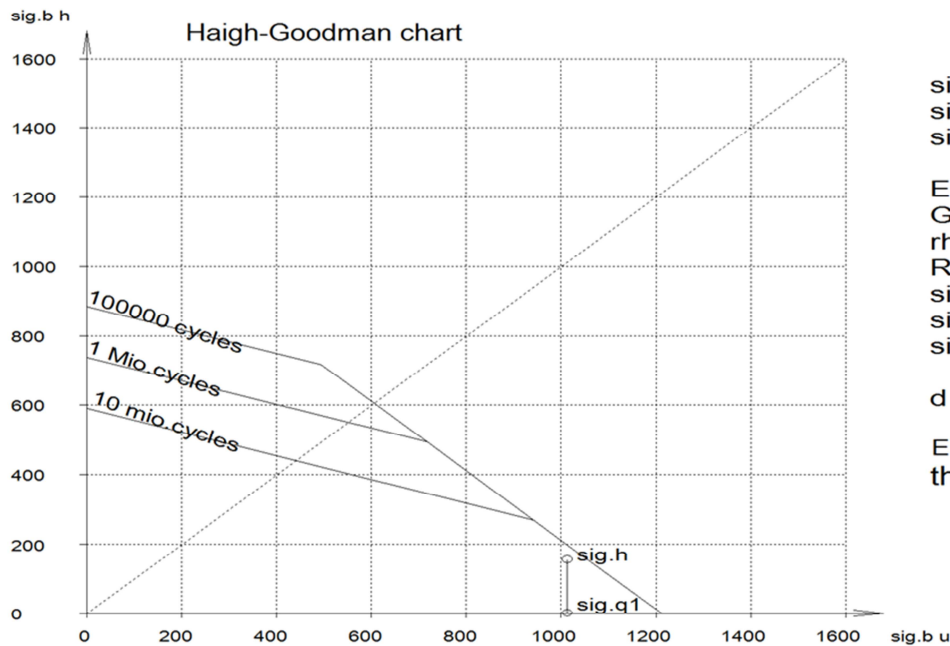
T1=171,8+/-23,0Nmm  
T2=198,3+/-23,0Nmm  
Tn = 231,1 Nmm

q = 1  
sigmaq1= 1013 MPa  
sigmaq2= 1169 MPa  
sigmaqh= 156 MPa  
sig.hz = 199 MPa

EN 10270-3-1.4310-NS (18-8, 302, 304)

clamped leg: fixed clamped, tangential  
leg length L: 18+/-1,04 mm  
moved leg: holded, tangential  
lever arm R: 18 mm  
leg length L: 18+/-1,04 mm

pruzina\_zapadky 008



sig.q1= 1013 MPa  
sig.q2= 1169 MPa  
sig.h = 156 MPa

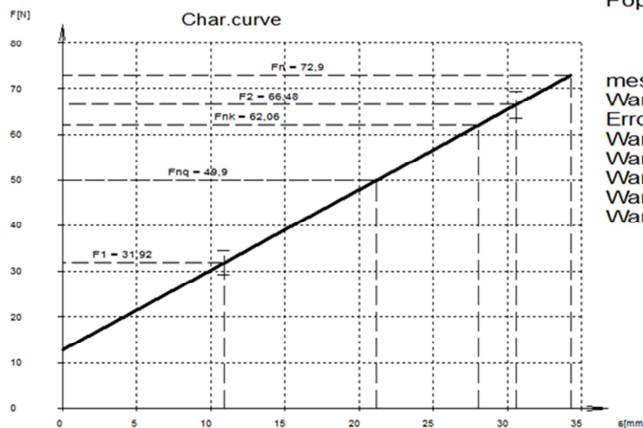
E = 190000 MPa  
G = 73000 MPa  
rho = 7,90 kg/dm3  
Rm = 1946 MPa  
sig.z= 1362 MPa  
sig.oz= 1212 MPa  
sig.hz= 199 MPa

d = 1,2+/-0,02 mm

E70 = 187361 MPa  
theta = 70 C

EN 10270-3-1.4310-NS (18-8, 302, 304) not shot-blasted

## Pop-up pružina: -20°C



EN 10270-3-1.4310-NS (18-8, 302, 304)  
loop 1: pic. A.6 (hook loop)  
loop 2: pic. A.6 (hook loop)  
strain: dynamic  
adm.tol. De, Di, Dm : acc. DIN 2097 qual. 2  
adm.tol. L0 : acc. DIN 2097 qual. 2  
adm.tol. F1, F2 : acc. DIN 2097 qual. 1  
adm.tol. F0 : acc. DIN 2097 qual. 1  
adm.tol. loop position: acc. DIN 2097 qual. 2  
adm.tol. loop out : acc. DIN 2097 qual. 2  
adm.tol. d : T4 - EN10218-2

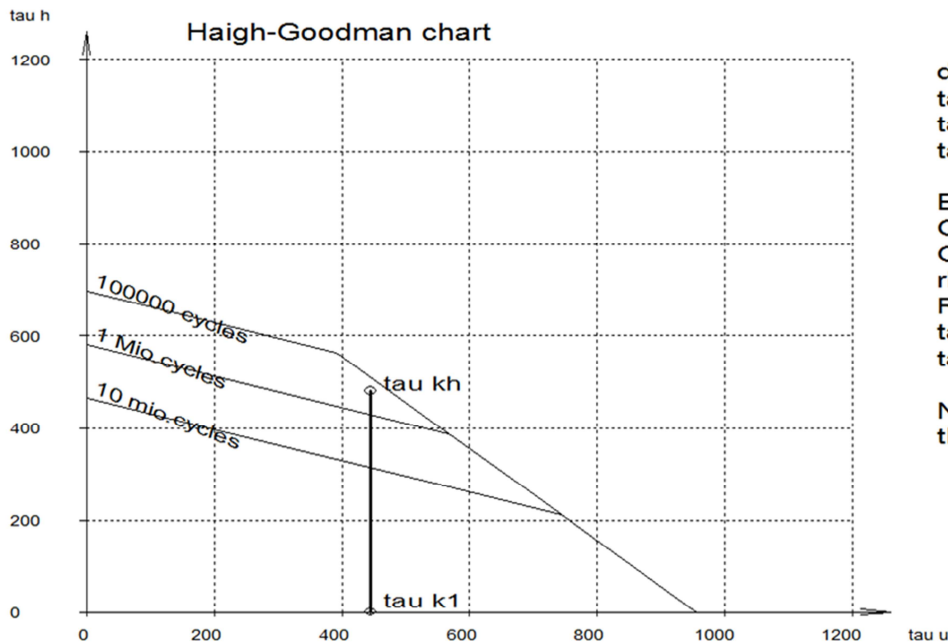
Pop-up pružina 009

messages  
Warning: tauk2>tauperm! S=0,93  
Error : taukh>tauhperm! S=0,65  
Warning: taukh !  
Warning: Sig.q2>sig.z S=0,75  
Warning: Sig.qh>sig.hz S=0,38  
Warning: T<T1relax (20degC)  
Warning: tau2/Rm > 0.45 (0,51)

Di = 8,937  
De = 11,54  
sh = 19,7 mm  
fe = 304,8 Hz  
k = 1,175  
LH1 = 8 mm  
LH2 = 8 mm  
phi = 0 deg  
Rm = 1923 MPa  
G = 73000 MPa  
T = -20 C  
G-20= 73811 MPa  
  
R = 1,754 N/mm  
L = 488,0 mm  
m = 5,117 g

d = 1,3+/-0,02 mm  
Dm = 10,24+/-0,3  
n = 14 coils  
D/d = 7,875  
Lk = 19,5 mm  
  
L0 = 35,5+/-0,8 mm  
L1 = 46,40 mm  
L2 = 66,10 mm  
Ln = 69,76 mm  
Lnk = 63,58 mm  
s1 = 10,90 mm  
s2 = 30,60 mm  
sn = 34,26 mm  
  
F0 = 12,8+/-2,40 N  
F1 = 31,92+/-2,58 N  
F2 = 66,48+/-2,9 N  
Fn = 72,9 N  
Fnk = 62,06 N  
  
tau0 = 152 MPa  
tau1 = 445 MPa  
tau2 = 927 MPa  
tauh = 482 MPa  
tauz = 865 MPa  
Sig.q2 = 1793 MPa

Pop-up pružina 009



d = 1,3 mm  
tau1 = 445 MPa  
tau2 = 927 MPa  
tauh = 482 MPa

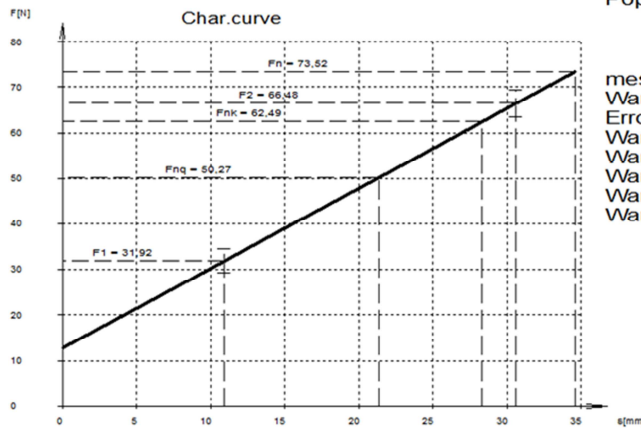
E = 190000 MPa  
G = 73000 MPa  
G-20 = 73811 MPa  
rho = 7,90 kg/dm3  
Rm = 1923 MPa  
tauoz = 956 MPa  
tauhez = 314 MPa

N = 0,4 mio. cycles  
tN = 99 h (f=1/s)

EN 10270-3-1.4310-NS (18-8, 302, 304) not shot-blasted



## Pop-up pružina: +70°C



EN 10270-3-1.4310-NS (18-8, 302, 304)  
loop 1: pic. A.6 (hook loop)  
loop 2: pic. A.6 (hook loop)  
strain: dynamic  
adm.tol. De,Di,Dm : acc. DIN 2097 qual. 2  
adm.tol. L0 : acc. DIN 2097 qual. 2  
adm.tol. F1, F2 : acc. DIN 2097 qual. 1  
adm.tol. F0 : acc. DIN 2097 qual. 1  
adm.tol.loop position: acc. DIN 2097 qual. 2  
adm.tol.loop out : acc. DIN 2097 qual. 2  
adm.tol. d : T4 - EN10218-2

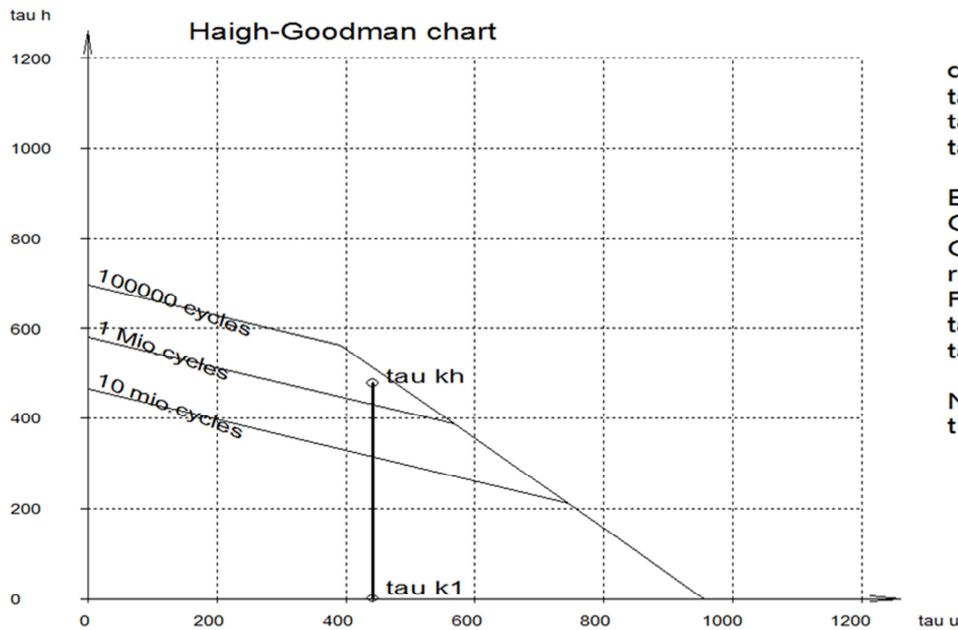
Pop-up pružina 009

messages  
Warning: tauk2>tauperm! S=0,94  
Error : taukh>tauhperm! S=0,66  
Warning: taukh !  
Warning: Sig.q2>sig.z S=0,76  
Warning: Sig.qh>sig.hz S=0,39  
Warning: tau2/Rm > 0.45 (0,51)  
Warning: tau(T=70degC)

Di = 8,852  
De = 11,45  
sh = 19,7 mm  
fe = 306 Hz  
k = 1,177  
LH1 = 8 mm  
LH2 = 8 mm  
phi = 0 deg  
Rm = 1923 MPa  
G = 73000 MPa  
T = 70 C  
G70 = 71986 MPa  
  
R = 1,754 N/mm  
L = 484,1 mm  
m = 5,076 g

d = 1,3+/-0,02 mm  
Dm = 10,15+/-0,3  
n = 14 coils  
D/d = 7,809  
Lk = 19,5 mm  
  
L0 = 35,5+/-0,8 mm  
L1 = 46,40 mm  
L2 = 66,10 mm  
Ln = 70,11 mm  
Lnk = 63,82 mm  
s1 = 10,90 mm  
s2 = 30,60 mm  
sn = 34,61 mm  
  
F0 = 12,8+/-2,43 N  
F1 = 31,92+/-2,6 N  
F2 = 66,48+/-2,93 N  
Fn = 73,52 N  
Fnk = 62,49 N  
  
tau0 = 152 MPa  
tau k1 = 442 MPa  
tau k2 = 920 MPa  
tau kh = 478 MPa  
tau z = 865 MPa  
Sig.q2 = 1780 MPa

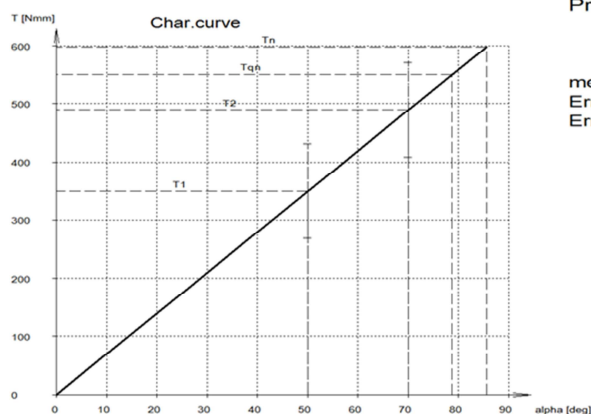
Pop-up pružina 009



d = 1,3 mm  
tau k1 = 442 MPa  
tau k2 = 920 MPa  
tau kh = 478 MPa  
  
E = 190000 MPa  
G = 73000 MPa  
G70 = 71986 MPa  
rho = 7,90 kg/dm<sup>3</sup>  
Rm = 1923 MPa  
tau oz = 956 MPa  
tau hz = 315 MPa  
  
N = 0,4 mio. cycles  
tN = 108 h (f=1/s)

EN 10270-3-1.4310-NS (18-8, 302, 304) not shot-blasted

## Pružina bezpečnostního háku: -20°C



Pruzina\_SH 012

messages  
Error :  $\sigma_{mak2} > \sigma_{mao}$  !  
Error :  $\sigma_{mah} > \sigma_{mahperm}$  !

$d = 1,6 \pm 0,02$  mm  
 $D_m = 17,1 \pm 0,39$  mm  
 $n = 3,114$  coils  
 $LK_0 = 6,914 \pm 1,68$  mm  
 $a = 0,1$  mm  
 $c_T = 6,992$  Nmm/deg

$\alpha_1 = 50$  deg  
 $\alpha_2 = 70$  deg  
 $\alpha_{phan} = 85,61$  deg

$\delta_0 = 138,9 \pm 18,6$  deg  
 $\delta_1 = 88,88$  deg  
 $\delta_2 = 68,88$  deg  
 $\delta_{tan} = 53,27$  deg

$T_1 = 349,6 \pm 81,3$  Nmm  
 $T_2 = 489,4 \pm 81,3$  Nmm  
 $T_n = 598,6$  Nmm

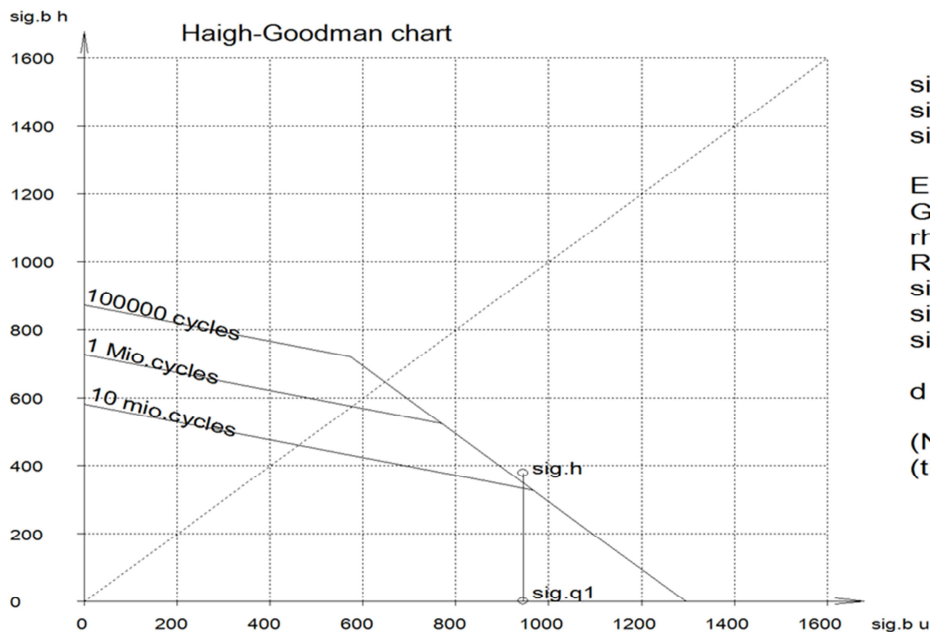
$q = 1,087$   
 $\sigma_{maq1} = 945$  MPa  
 $\sigma_{maq2} = 1323$  MPa  
 $\sigma_{maqh} = 378$  MPa  
 $\sigma_{g.hz} = 334$  MPa

$D_i = 15,5$  mm  
 $D_{ial.1} = 14,77$  mm  
 $D_{ial.2} = 14,50$  mm  
 $D_d = 13,38$  mm  
 $D_e = 18,7$  mm  
 $D_{eal.1} = 17,97$  mm  
 $D_{eal.2} = 17,70$  mm  
 $\alpha_{ph} = 20$  deg  
 $L = 207,3$  mm  
 $m = 3,272$  g  
 $f_e = 234,8$  Hz  
 $E = 206000$  MPa  
 $\rho = 7,85$  kg/dm<sup>3</sup>  
 $R_m = 2126$  MPa  
 $\sigma_{mabz} = 1489$  MPa  
 $\theta = -20$  C  
 $E_{-20} = 208289$  MPa

EN 10270-1-SH (ISO 8458-2-SH)

clamped leg: fixed clamped, tangential  
leg length L:  $20 \pm 1,12$  mm  
moved leg: fixed clamped, tangential  
leg length L:  $20 \pm 1,12$  mm

Pruzina\_SH 012



$\sigma_{q1} = 945$  MPa  
 $\sigma_{q2} = 1323$  MPa  
 $\sigma_{g.h} = 378$  MPa

$E = 206000$  MPa  
 $G = 82000$  MPa  
 $\rho = 7,85$  kg/dm<sup>3</sup>  
 $R_m = 2126$  MPa  
 $\sigma_{g.z} = 1489$  MPa  
 $\sigma_{g.oz} = 1295$  MPa  
 $\sigma_{g.hz} = 334$  MPa

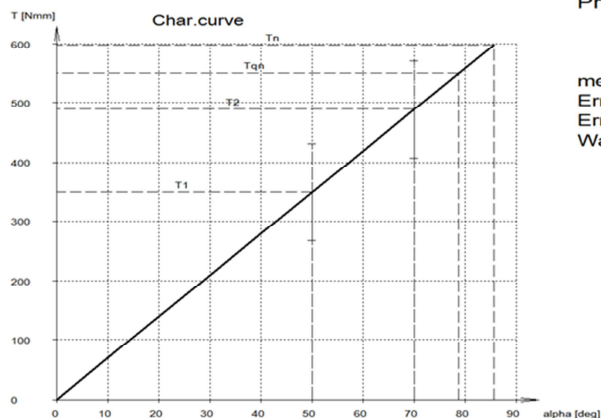
$d = 1,6 \pm 0,02$  mm

( $N = 5,0$  mio. cycles)  
( $t_N = 1385$  h)

EN 10270-1-SH (ISO 8458-2-SH) not shot-blasted



## Pružina bezpečnostního háku: +70°C



EN 10270-1-SH (ISO 8458-2-SH)

clamped leg: fixed clamped, tangential  
leg length L: 20+/-1,12 mm  
moved leg: fixed clamped, tangential  
leg length L: 20+/-1,12 mm

Pruzina\_SH 012

messages  
Error : sigmak2 > sigmao !  
Error : sigmah>sigmahperm !  
Warning: tau(T=70degC)

Di = 15,5mm  
Dial.1= 14,75 mm  
Dial.2= 14,47 mm  
Dd = 13,35 mm  
De = 18,7mm  
Deal.1= 17,95 mm  
Deal.2= 17,67 mm  
alphah= 20 deg  
L = 203,2 mm  
m = 3,207 g  
fe = 235,8 Hz  
E = 206000 MPa  
rho= 7,85 kg/dm3  
Rm = 2126 MPa  
sigmabz= 1489 MPa  
theta = 70 C  
E70 = 203139 MPa

d = 1,6+/-0,02 mm  
Dm = 17,1+/-0,39mm  
n = 3,037 coils  
LK0 = 6,783+/-1,65mm  
a = 0,1 mm  
cT = 6,992 Nmm/deg

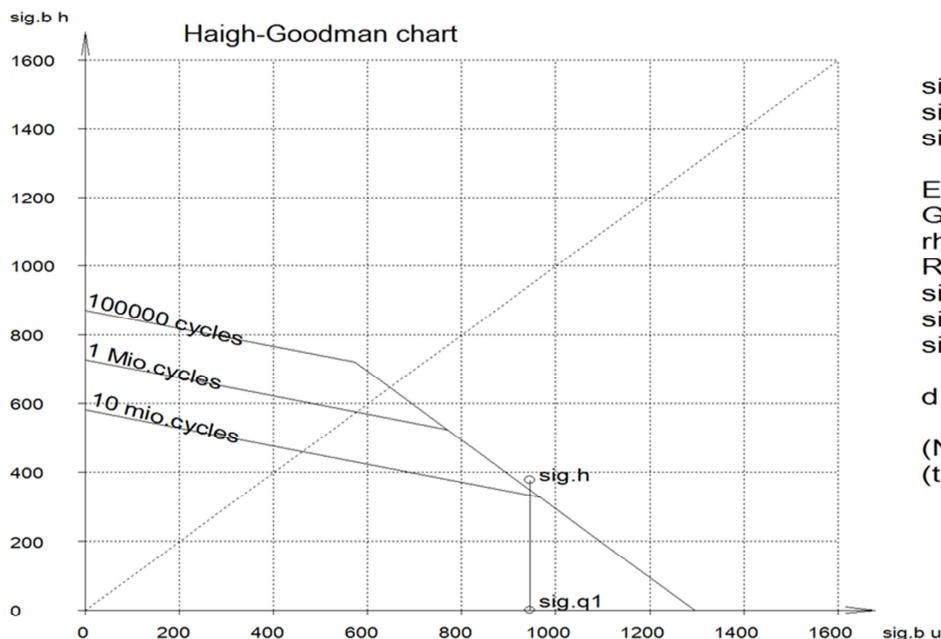
alpha1= 50 deg  
alpha2= 70 deg  
alphan= 85,61 deg

delta0= 166,6+/-18,3 deg  
delta1= 116,6 deg  
delta2= 96,6 deg  
deltan= 80,99 deg

T1=349,6+/-81,7Nmm  
T2=489,4+/-81,7Nmm  
Tn = 598,6 Nmm

q = 1,087  
sigmaq1= 945 MPa  
sigmaq2= 1323 MPa  
sigmaqh= 378 MPa  
sig.hz = 334 MPa

Pruzina\_SH 012



sig.q1= 945 MPa  
sig.q2= 1323 MPa  
sig.h = 378 MPa

E = 206000 MPa  
G = 82000 MPa  
rho = 7,85 kg/dm3  
Rm = 2126 MPa  
sig.z= 1489 MPa  
sig.oz= 1295 MPa  
sig.hz= 334 MPa

d = 1,6+/-0,02 mm

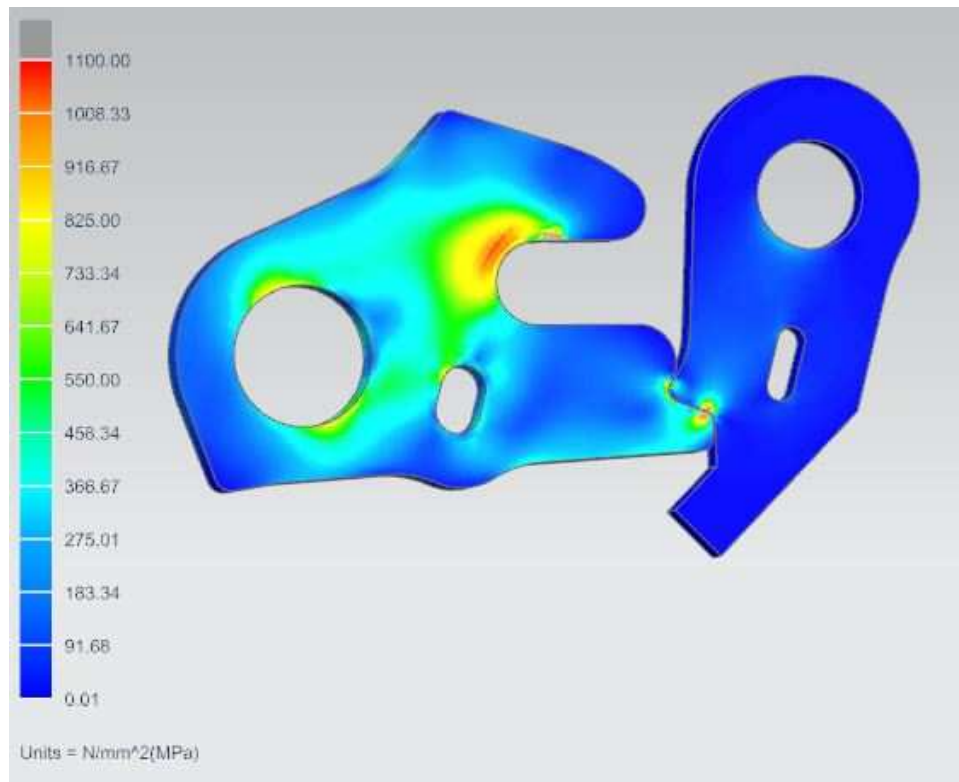
(N = 5,0 mio. cycles)  
(tN= 1385 h )

EN 10270-1-SH (ISO 8458-2-SH) not shot-blasted

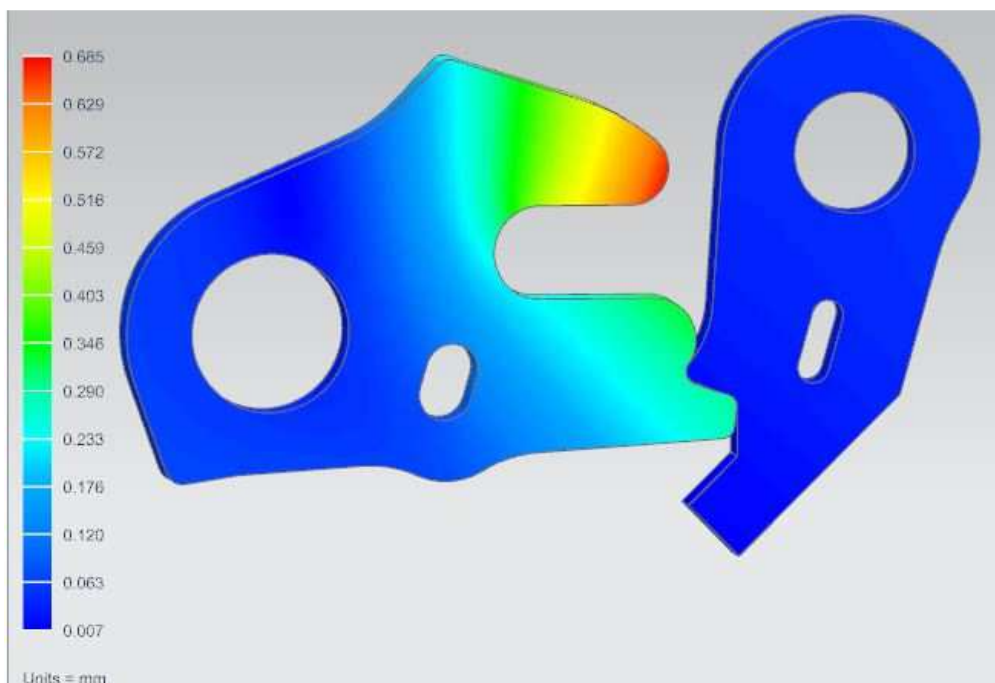
## **PŘÍLOHA č. 7**

### **PEVNOSTNÍ VÝPOČTY VÝSLEDKY Z FEM ANALÝZY**

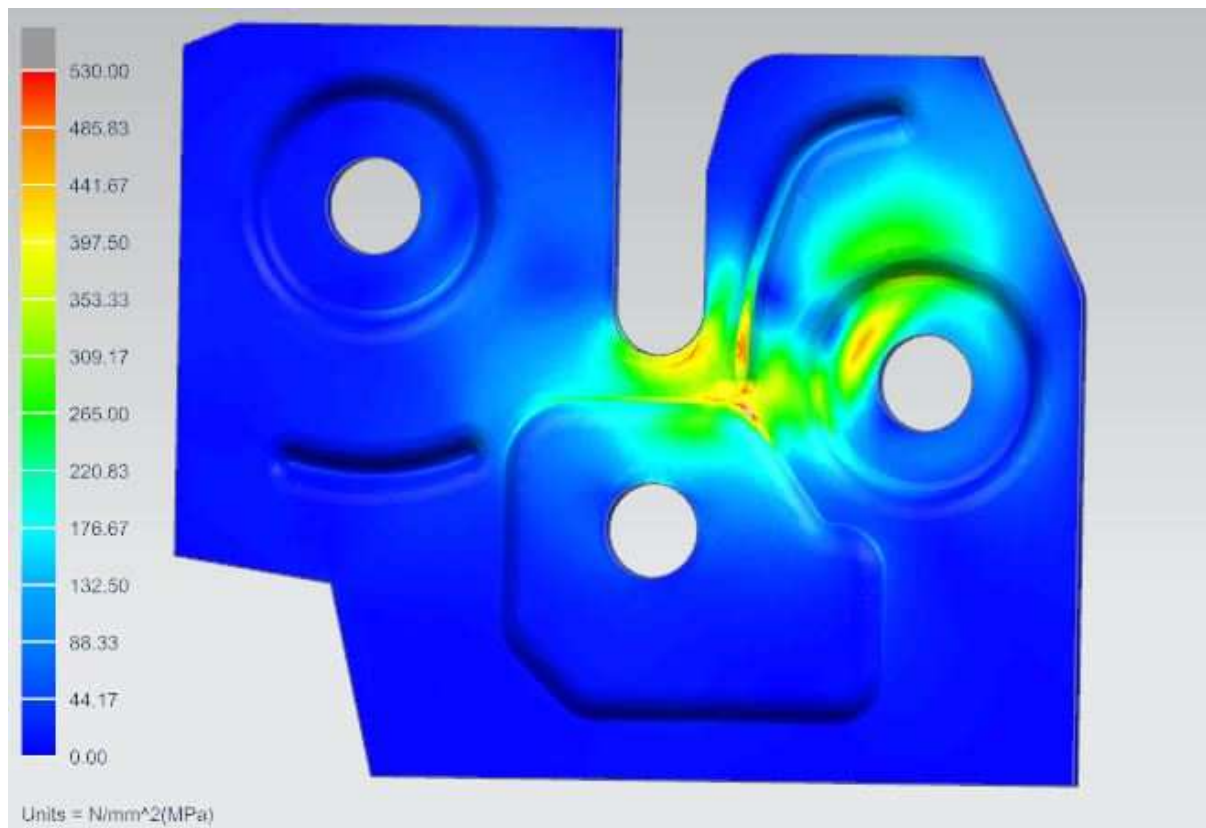
**Směr +Z+45°C**



**Napětí Von Mises v rohatce a západce [MPa]**

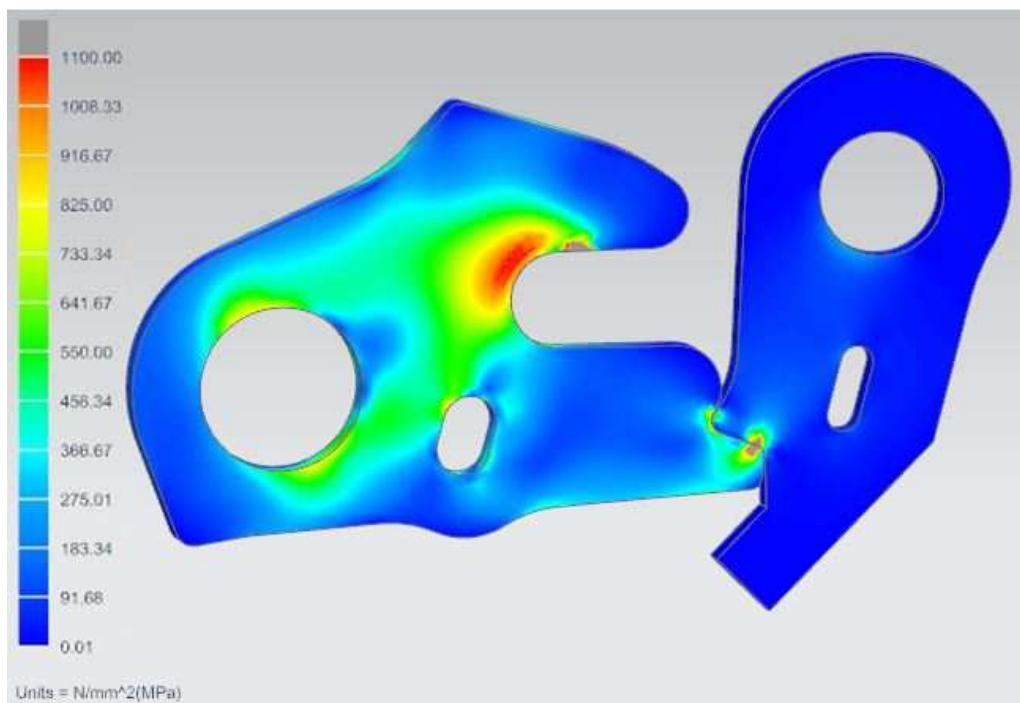


**Posunutí – rohatka západka [MPa]**

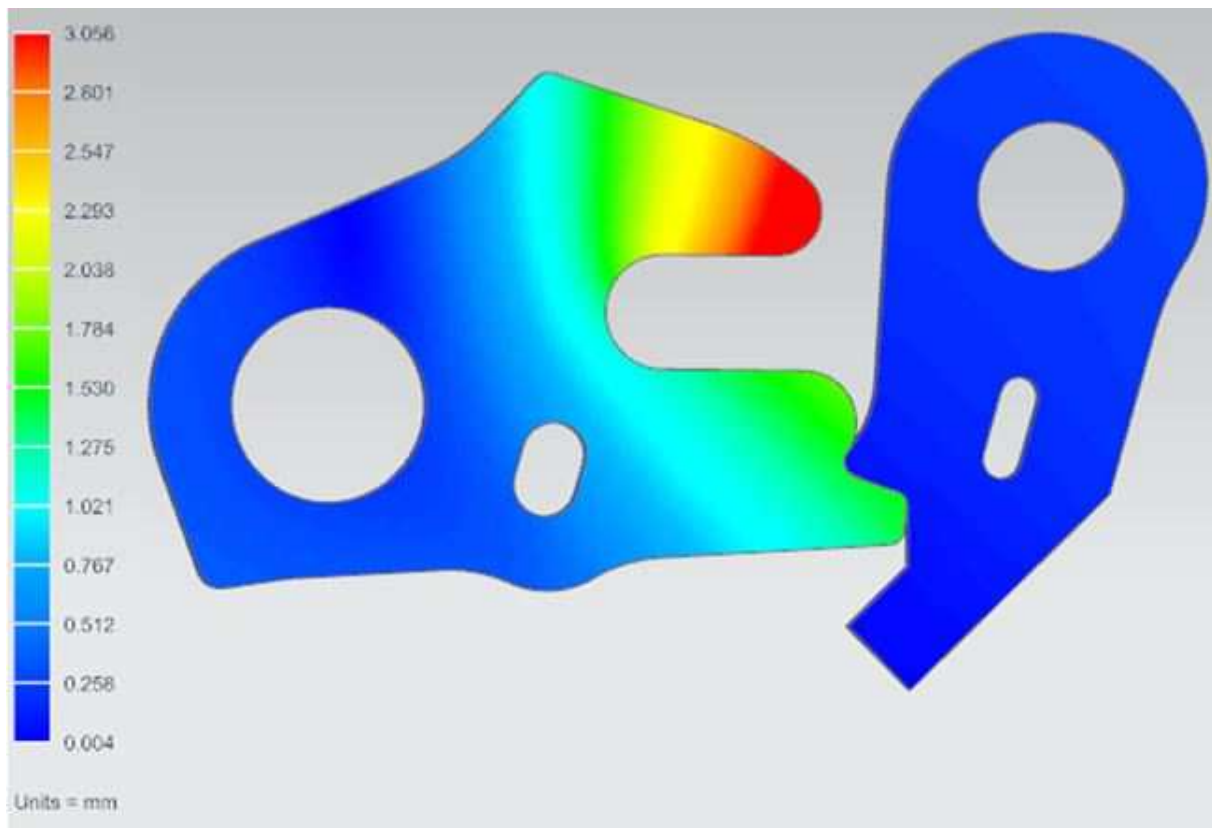


**Napětí Von Mises v základním plechu [MPa]**

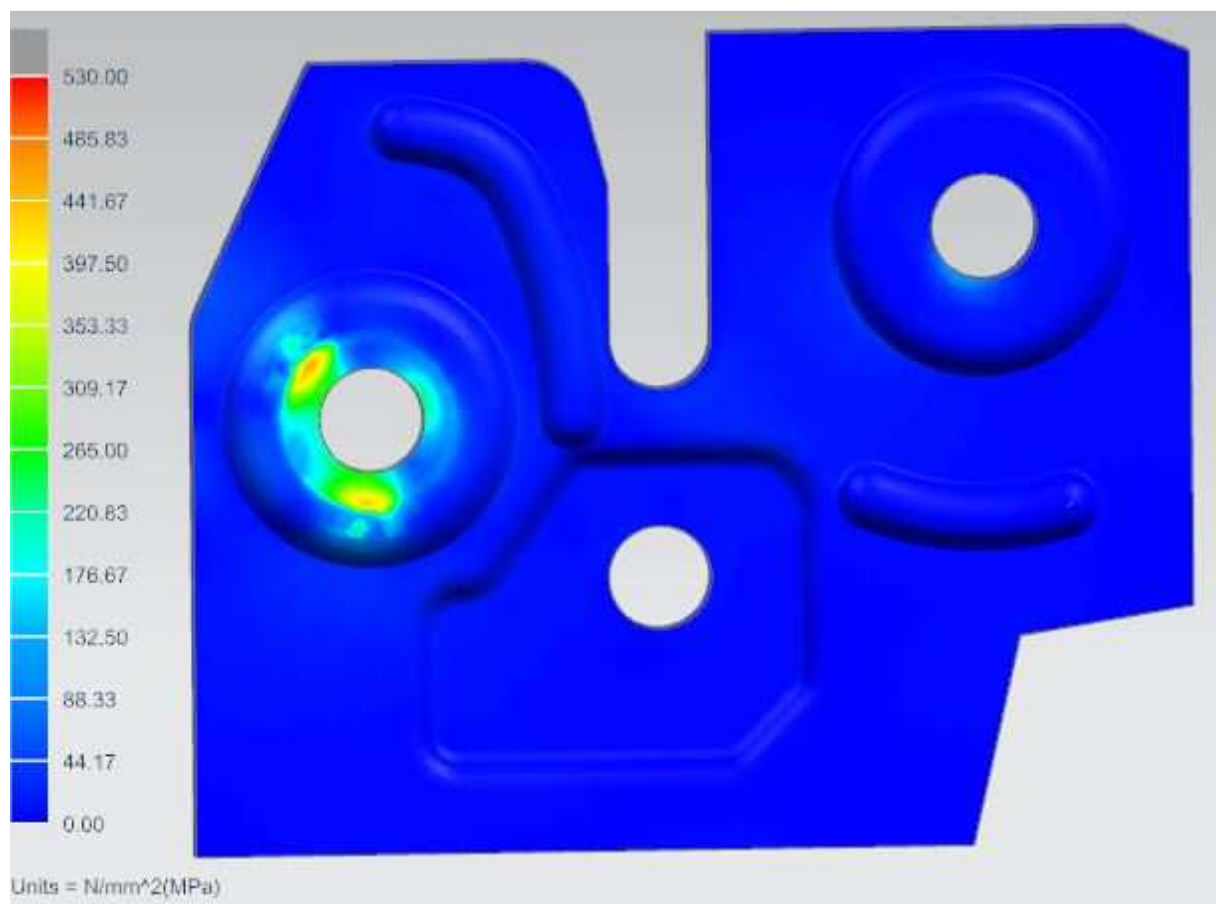
**Směr -45°C**



**Napětí Von Mises v rohatce a západce [MPa]**



Posunutí – rohatka západka [mm]



Napětí Von Mises v rohatce a západce [MPa]

## **Výsledky směr Z +45°C**

## **PŘÍLOHA č. 8**

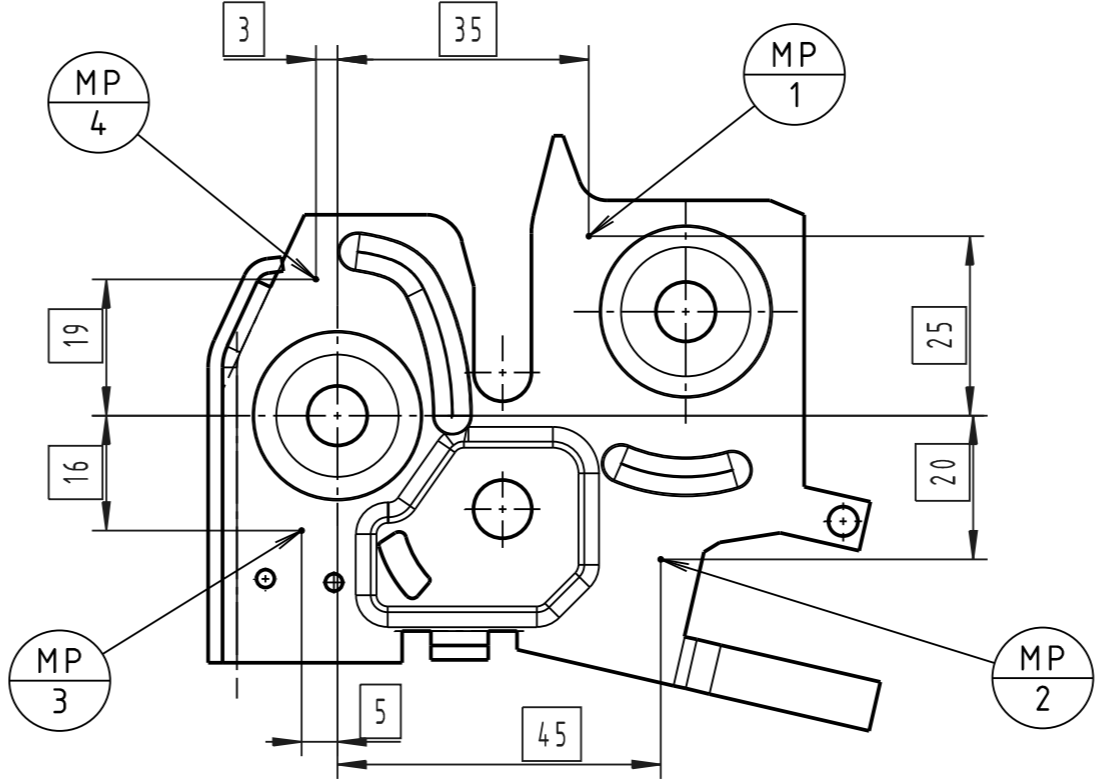
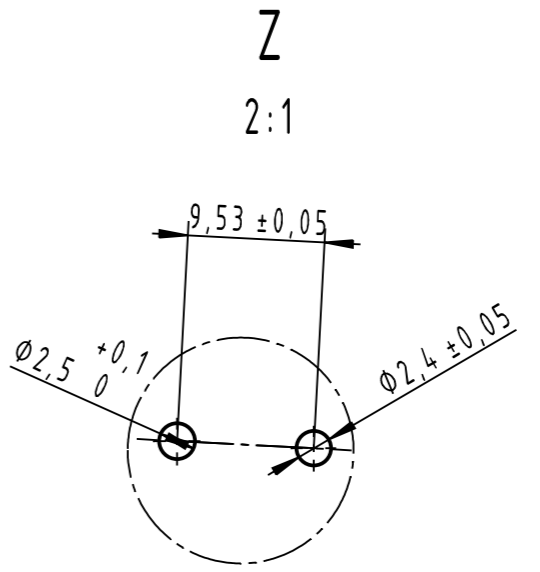
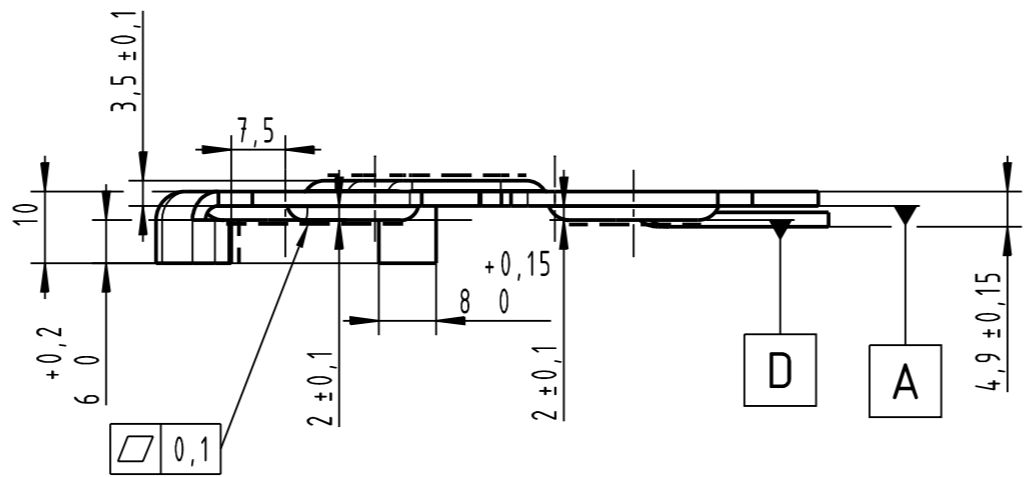
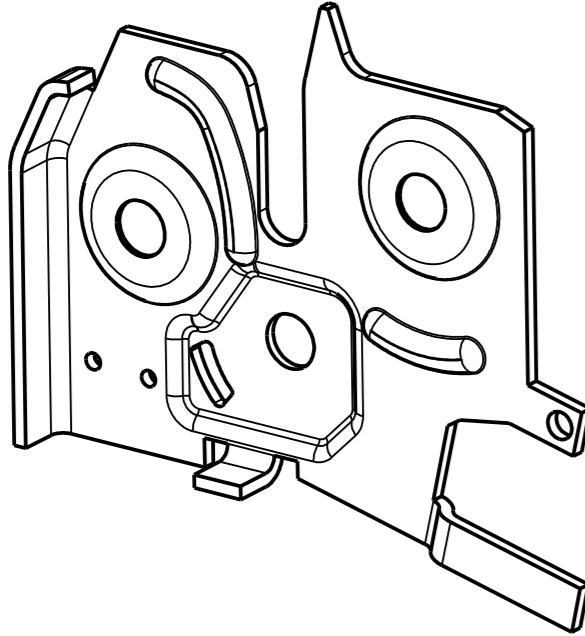
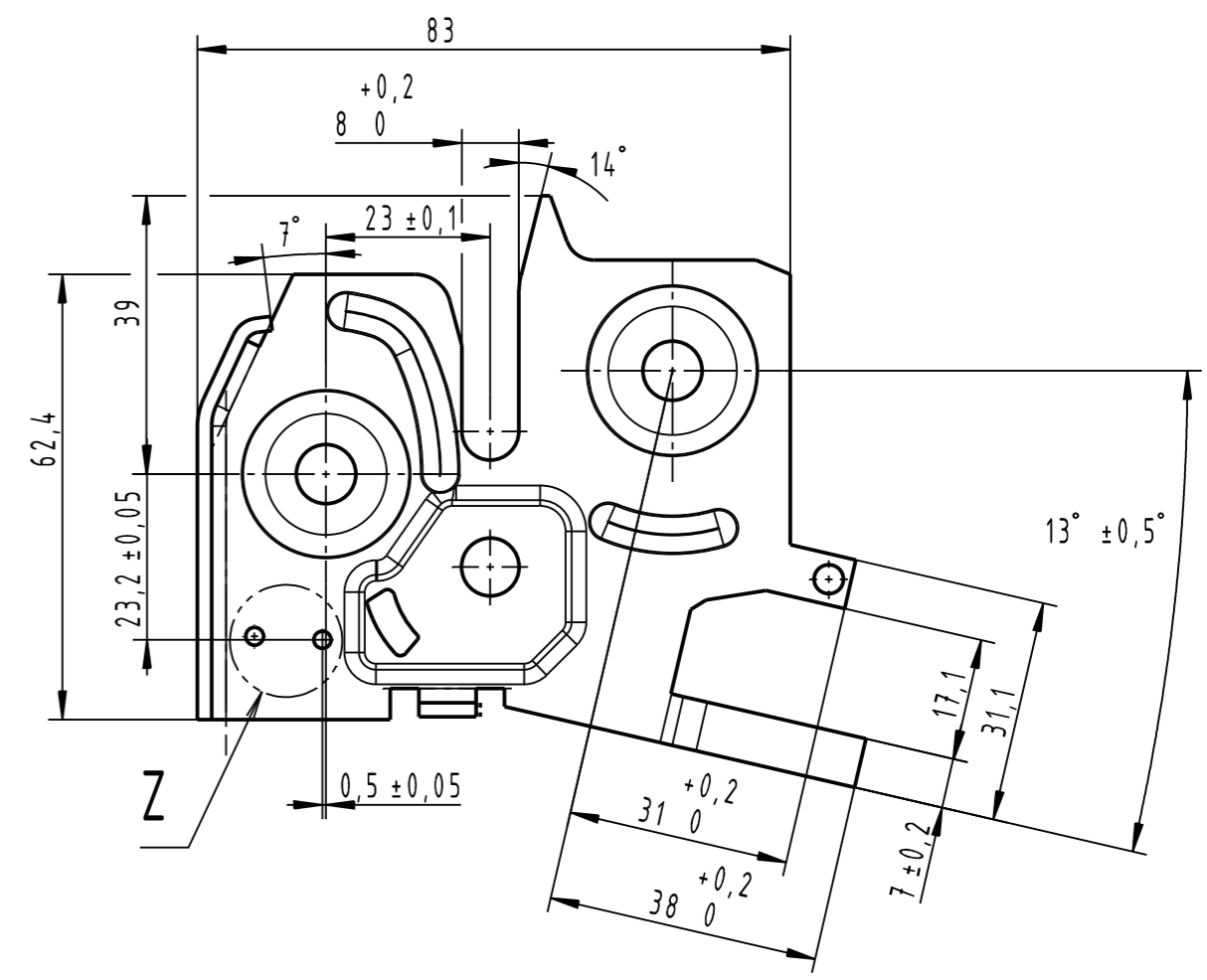
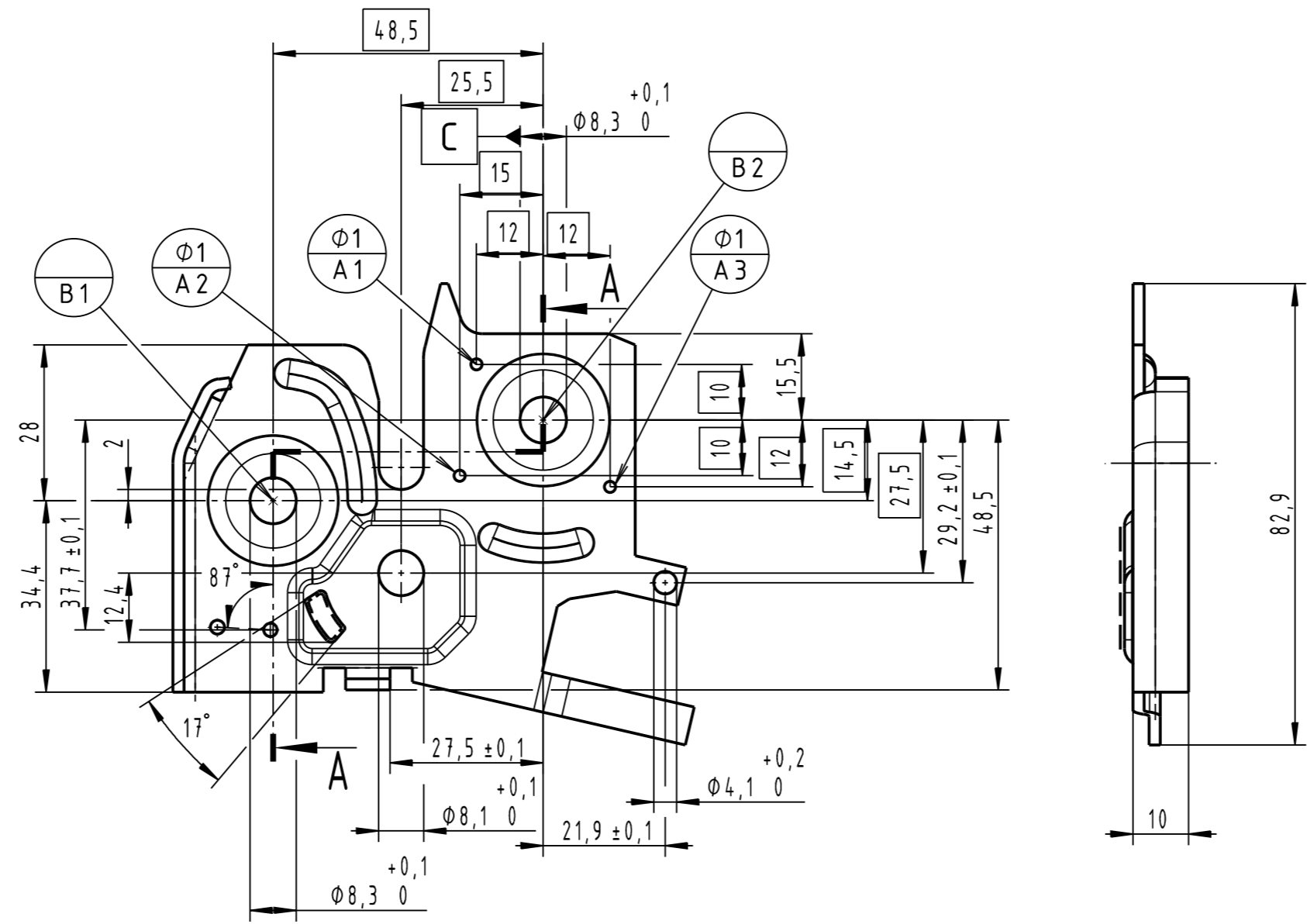
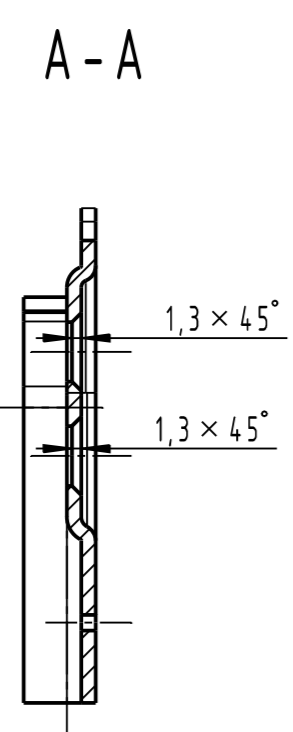
### **VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**







A  
B  
C  
D  
E  
F  
G



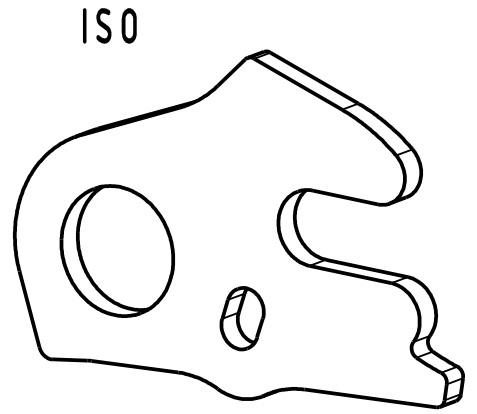
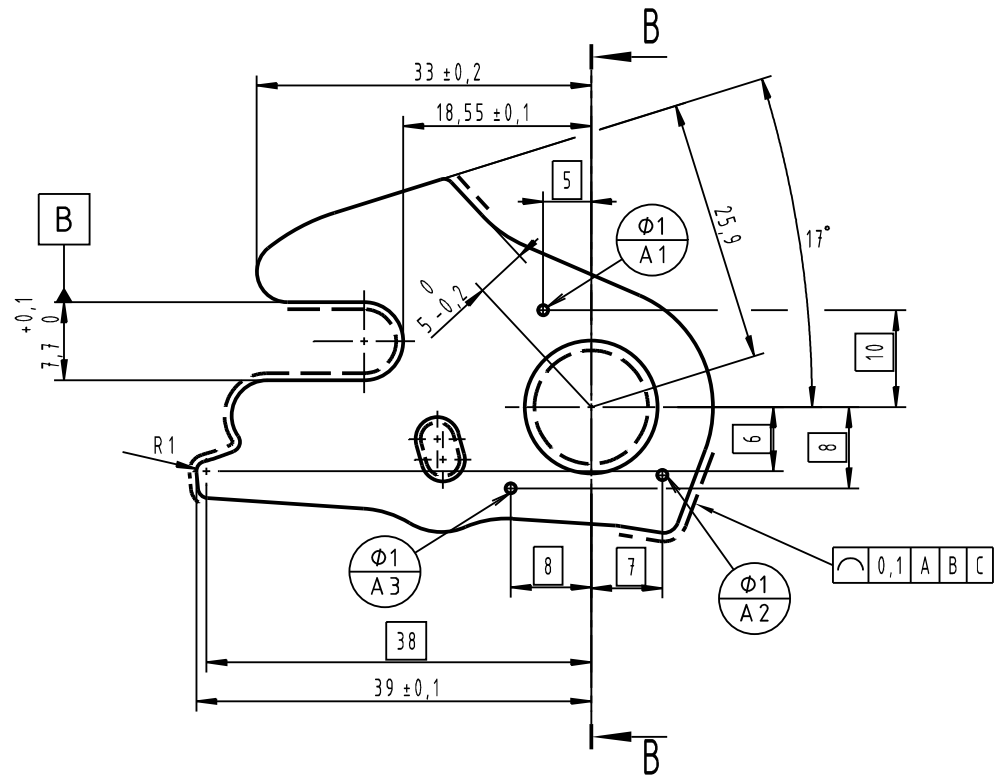
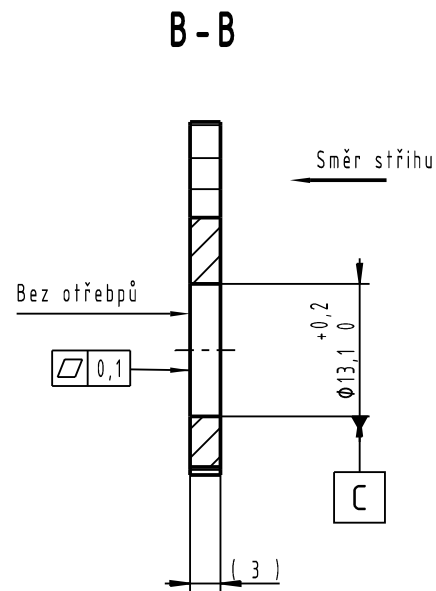
- Teoreticky rozmer
- Funkcni plocha 0,1
- A B C** Vyrovnacni elementy
- 0,6 Poloha ostatnich profilu

Zohlednit technicke dodaci podminky dle WN 016 030  
 Na funkcnich plochach nejsou povoleny prestrihy a ot\_epy  
 Vsechny rozmery plati pro hotovy dil vctne povrchove upravy  
 Korozni zkouska dle normy DIN ISO 9227  
 Korozni odolnost:  
 zadna zinkova (bila) koroze po 1 tyden hod  
 zadna koroze zakladniho materialu (cervena) po 4 tydny hod  
 Chybejici rozmery a geometrie dle 3D modelu stejneho cisla

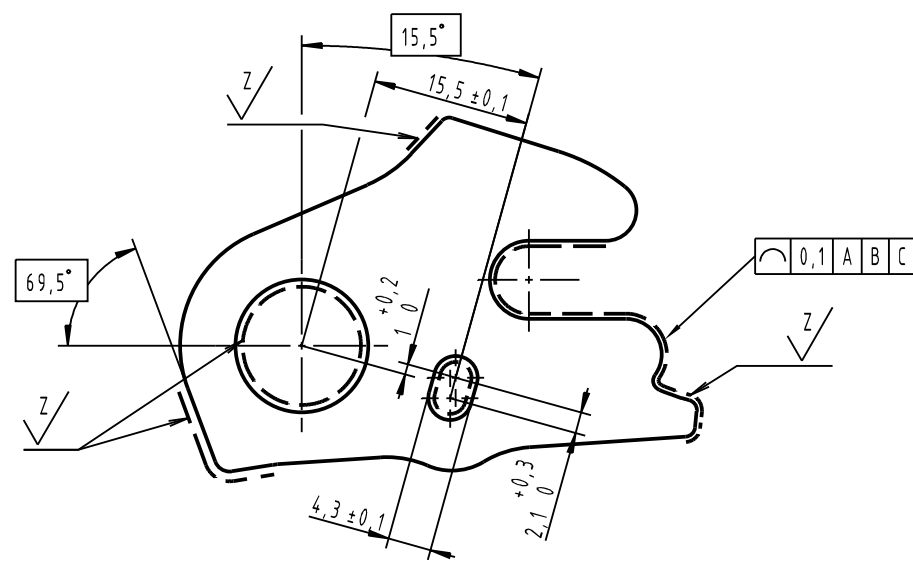
Volumen/mm <sup>3</sup> volume in mm <sup>3</sup> 10780	Werkstoff material 1.0980 S420MC DIN EN 10149-2/10048 2,0
Gewicht/g weight in g 84,7	Werkstoff- behandlung material treatment
Oberflaeche/mm <sup>2</sup> surface in mm <sup>2</sup> 11952	Oberflaechen- behandlung surface treatment ZnNi-transp.passivation + sealed Volvo VCS 5737,29
Normgeprueft standard-checked	Datum/date 24.5.07
ISO 128-30	Name/name Svoboda
allgemein general	Gezeichnet/drawn 26.5.17
>315	Geprueft/checked Stekl
>120 ≤ 315	Fertigungsgeprueft production-checked
>30 ≤ 120	
> 6 ≤ 30	
≤ 6	
Winkel angle	Radius
Werte ohne Toleranzangabe dimensions without tolerances	

Benennung title scale 1:1	Základní plech Base plate
Zeichnung Nr. / Drawing-no. 001	Produktgruppe FKS
CAD-System CatiaV5	Kundenprojekt Customer proj.

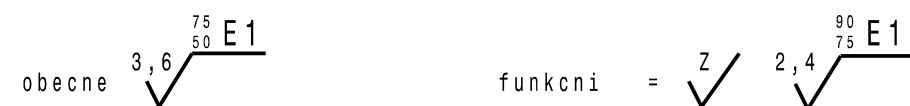


Platí pro všechny funkční plochy



- ( ) Pomocná kóta
- Teoretický rozměr
- Funkční plocha
- A B C Vyrovnávací elementy
- ⌒ 0,6 Poloha ostatních profilu

Zohlednit technické dodací podmínky dle WN 016 032  
 Presné strihane plochy dle VDI 2906:



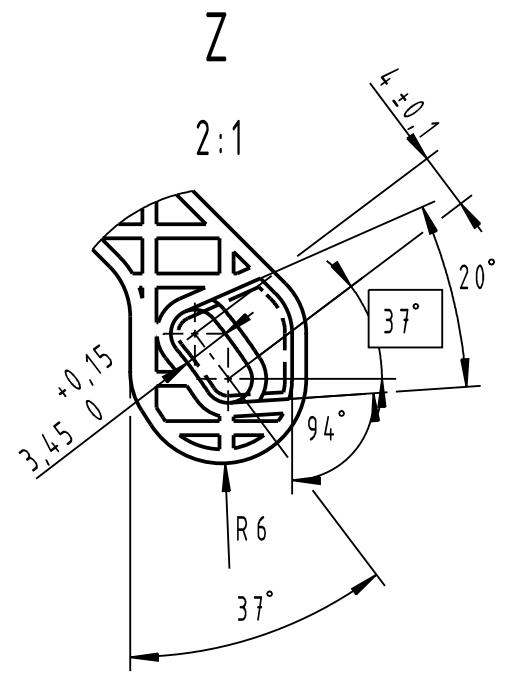
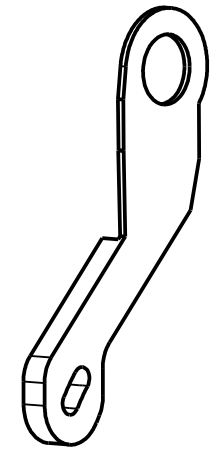
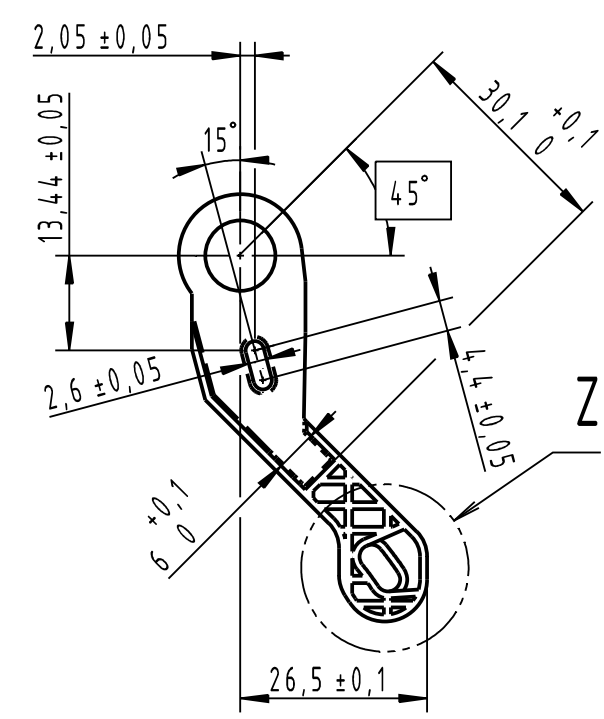
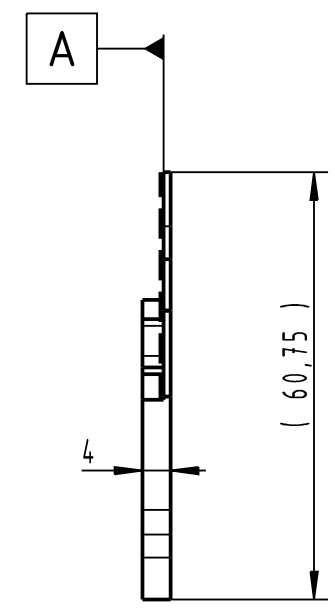
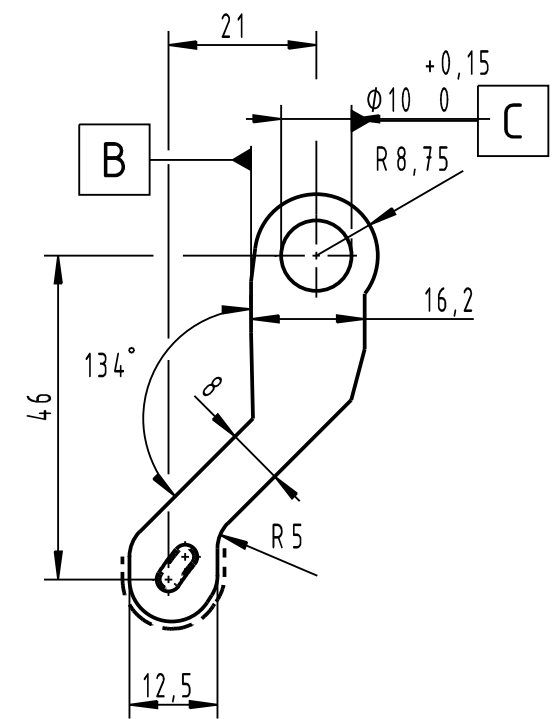
Na funkčních plochách nejsou povoleny přestřihy a otěpy  
 Všechny rozměry platí pro hotový díl včetně povrchové úpravy (tloušťka vrstvy 8µm)

Korozní odolnost:  
 zadná zinková (bílá) koroze po 1 týden hod  
 zadná koroze základního materiálu (červená) po 4 týden hod  
 Chybející rozměry a geometrie dle 3D modelu stejného čísla

Volumen/mm <sup>3</sup> volume in mm <sup>3</sup> 2919	Werkstoff material 1.7182 (HLB27) - 3,0±0,05mm
Gewicht/g weight in g 22,9	Werkstoff- behandlung material treatment Kaleno na 1100-1300 N/mm <sup>2</sup>
Oberfläche/m <sup>2</sup> surface in m <sup>2</sup> 2629	Oberflächen- behandlung surface treatment Basecoat/Topcoat black + GZ Volvo VCS 5737,29 - Y200-3
Normgeprüft standard-checked	Datum/date Name/name Gezeichnet/drawn 25.5.17 Svoboda
ISO 128-30	Geprüft/checked 26.5.17 Stekl
Fertigungsgeprüft production-checked	
 WITTE-Hejdek spol. s r.o. Schutzvermerk ISO 16016 beachten / Protected by ISO 16016	
Allgemeine general >315 >120 ≤ 315 >30 ≤ 120 >6 ≤ 30 Winkel angle ±0,5° Masse ohne Toleranzangabe dimensions without tolerance	Maßstab scale 2:1 1:1 Benennung title Rohatka Claw Zeichnung Nr. / Drawing-no. 002 Produktgruppe FKS Krit.Werkm./crit. char CAD-System CatiaV5 DIN A3 Kundenprojekt Customer proj.

A  
B  
C  
D  
E

ISO



( ) Pomocna kota  
 ----- Funkcni plocha  
 [A][B][C] Vyrovnacni elementy

Zohlednit technicke dodaci podminky dle WN 016 001  
 Nekotovane radiusy R0,5  
 Vsechny ostre hrany zaoblit R0,3  
 Funkcni plochy musi byt bez vyhazovacu a otrepu  
 Chybejici rozmery a geometrie dle 3D modelu stejneho cisla

Volumen/mm <sup>3</sup> volume in mm <sup>3</sup>	1234	Werkstoff material	PBT GF30 Ultradur B 4300 G6-black	
Gewicht/g weight in g	1,8	Werkstoff- behandlung material treatment		
Oberflaeche/mm <sup>2</sup> surface in mm <sup>2</sup>	2494	Oberflaechen- behandlung surface treatment		
Normgeprueft standard-checked		Datum/date	Name/name	 © WITTE-Nejdek spol s.r.o. Schutzvermerk ISO 16016 beachten / Protected by ISO 16016
ISO 128-30		Gezeichnet./drawn	25.05.17	
		Geprueft./checked	26.5.17	
		Fertigungsgeprueft production-checked	Stekl	
allgemein general	DIN 16742 - TG4	Masstab scale	Benennung title	
>315	±0.3	±0.3	1:1 Rameno západky	
>120 ≤315	±0.3	±0.3		
>30 ≤120	±0.3	±0.3		
>6 ≤30	±0.2	±0.3		
≤6	±0.1	±0.3		
Winkel angle	±1°	Radien radius		
Masse ohne Toleranzangabe dimensions without tolerances			Zeichnung Nr. / Drawing-no.	Produktgruppe
		010	FKS	Krit.Merkm./crit. char
		CAD-System	DIN A3	Kundenprojekt Customer proj.
		CatiaV5		