

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

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

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Dvoustopá závodní vozidla rally

Autor: **Jan PETROVITZ**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**

Akademický rok 2016/2017

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan PETROVITZ**  
Osobní číslo: **S14B0210P**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**  
Název tématu: **Dvoustopá závodní vozidla rally**  
Zadávající 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:

Jaké jsou požadavky na závodní techniku v rally, co musí automobil splňovat (předpisy, normy, homologace). Rozdělení rally automobilů do tříd. Na co (v konstrukci) je kladen důraz u závodních vozidel. V čem základním se liší od standartních čtyřstopých vozidel a v čem jsou stejné (materiály a konstrukce). Rozbor některých součástí z Fordu Focus WRC, případně srovnání se stejnými komponenty v běžných vozidlech. Vlastní konstrukční návrh lyžiny pod motor Fordu Focus WRC (pro Dohrnal Rally team).

### Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

### Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Rešerše problematiky
3. Teoretické zpracování problematiky závodních vozidel rally
4. Vlastní konstrukční návrh
5. Závěr

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

**HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J.** *Příručka strojního inženýra 1.* Brno: Computer Press, 1999

**AUTOKLUB ČESKÉ REPUBLIKY** *Národní sportovní řády.* Praha: Autoklub České republiky, 2016

**VLK, F.** *Lexikon moderní automobilové techniky.* Brno: František Vlk, 2005

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

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant bakalářské práce: **Petr Cibulka**  
JP Racing

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2016**  
Termín odevzdání bakalářské 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 bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Petrovitz	Jméno Jan		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2301 - Dopravní a manipulační technika			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Němec, CSc.	Jméno Ladislav		
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KKS			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Dvoustopá závodní vozidla rally			

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

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	97	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	59	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	38
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL</b> <b>POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	<p>V bakalářské práci je řešena problematika závodních vozidel využívaných v rally. V teoretické části je prezentována oblast použití této závodní techniky; klasifikace závodních vozů; bezpečnostní předpisy ovlivňující jejich konstrukci; typické konstrukční prvky a omezení, která se jich týkají. Na příkladu dvou součástí ze závodního vozu Ford Focus WRC je zde také demonstrován rozdíl mezi běžně využívanou a závodní technikou. Cílem praktické části práce je návrh krytu pod motor pro vůz Ford Focus WRC. Návrh modelu i výkresová dokumentace byly zpracovány v CAD softwaru Catia V5.</p>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	<p style="text-align: center;">Rally, klasifikace, předpisy, srovnání techniky, kryt pod motor, ochranná lyžina, CAD, Catia V5</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Petrovitz	Name Jan	
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2301 „Transport Vehicles and Handling Machinery“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Němec, CSc.	Name Ladislav	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Two track rally racing cars		

<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>	97	<b>TEXT PART</b>	59	<b>GRAPHICAL PART</b>	38
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>In bachelor thesis is solved the issue of racing cars used in rally racing. In the first theoretical part is presented area of using this racing technologies; classification of the racing cars; safety regulations affecting the constructions; typical constructions components and limitations. There is illustrated the difference between racing cars and standard cars on the example of two parts of racing car Ford Focus WRC. The goal of practical part of the bachelor thesis is designed the protective cover under the engine used on Ford Focus WRC. Designing of model and drawing documentation were created by Catia V5 program.</p>
<b>KEY WORDS</b>	Rally, classification, regulations, comparison of technologies, protective cover under the engine, CAD, Catia V5

## Obsah

<b>Použité zkratky a symboly .....</b>	<b>3</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Závody rally.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Klasifikace závodních automobilů .....</b>	<b>7</b>
2.1 Rozdělení vozů do kategorií a skupin .....	7
2.1.1 Vymezení kategorií .....	7
2.2 Rozdělení vozů do objemových tříd.....	7
2.3 Rozdělení rally vozů do tříd a skupin využívané v MČR.....	9
2.3.1 Skupina N .....	10
2.3.2 Skupina A .....	11
2.3.3 Skupina Kit-car .....	11
2.3.4 Skupina R.....	11
2.3.5 Skupina S .....	11
2.3.6 Kategorie WRC.....	11
2.4 Rozdělení rally vozů do tříd a skupin využívané v RSS .....	12
2.4.1 Skupiny SA a V.....	12
<b>3 Homologace a homologační list.....</b>	<b>13</b>
3.1 Homologace .....	13
3.2 Homologační list .....	13
<b>4 Základní bezpečnostní předpisy pro konstrukci závodních vozidel rally .....</b>	<b>14</b>
4.1 Potrubí a čerpadla.....	14
4.2 Brzdy a řízení .....	14
4.3 Bezpečnostní pásy, sedadla a uchycení výbavy umístěné uvnitř vozu .....	14
4.4 Hasicí přístroje a systémy, ochrana proti požáru .....	15
4.5 Bezpečnostní konstrukce .....	15
4.5.1 Základní části bezpečnostní konstrukce jak jsou definovány v „Příloze J“ .....	17
4.6 Výhled dozadu .....	17
4.7 Tažné oko.....	18
4.8 Okna .....	18
4.9 Hlavní odpojovač .....	18
4.10 Nádrž .....	18
<b>5 Konstrukční předpisy jednotlivých skupin vozidel rally .....</b>	<b>20</b>
5.1 Základní pravidla.....	20
5.2 Použité materiály.....	20
5.3 Minimální hmotnost vozidla .....	21
5.4 Motor .....	22
5.4.1 Úpravy motoru obecně .....	22
5.4.2 Přívod paliva .....	22
5.4.3 Zapalování a vstřikování .....	23
5.4.4 Elektronická řídicí jednotka motoru.....	23
5.4.5 Filtry .....	24
5.4.6 Chladicí systém .....	24
5.4.7 Mazání motoru .....	24
5.4.8 Výfukový systém .....	25
5.4.9 Další předpisy týkající se motoru.....	25

5.5	Převodový a hnací systém.....	26
5.5.1	Převodovka a diferenciál .....	26
5.6	Řízení a zavěšení kol.....	26
5.6.1	Klouby a vyztužovací tyče.....	26
5.6.2	Stabilizátory .....	27
5.6.3	Tlumiče a pružiny.....	27
5.6.4	Řízení.....	27
5.7	Kola a pneumatiky.....	28
5.8	Brzdový systém.....	28
5.9	Karoserie.....	28
5.9.1	Ochrana podvozku.....	28
<b>6</b>	<b>Srovnání běžné a závodní techniky.....</b>	<b>29</b>
6.1	Spojka.....	30
6.1.1	Umístění spojky .....	30
6.1.2	Počet lamel.....	30
6.1.3	Tvar lamel.....	30
6.1.4	Doba provozu bez údržby.....	30
6.1.5	Materiál lamel a vypínacího ložiska.....	31
6.1.6	Hydraulické okruhy.....	31
6.1.7	Rozpad sestavy spojky .....	32
6.1.8	Fotografie závodní spojky .....	34
6.2	Tlumiče.....	37
6.2.1	Robustnost při zachování nízké hmotnosti.....	37
6.2.2	Základní nastavení tuhosti tlumiče pomocí volby planžet .....	37
6.2.3	Oddělení plynového polštáře od oleje .....	38
6.2.4	Další nastavení tlumiče.....	38
6.2.5	Vedení vodící pístnice uvnitř trubky tlumiče .....	38
6.2.6	Aktivní rebound .....	38
6.2.7	Rozpad sestavy předního tlumiče.....	39
6.2.8	Fotografie závodního tlumiče .....	41
6.3	Zpracovávání údajů o nastavení automobilu .....	42
<b>7</b>	<b>Návrh spodního krytu motoru .....</b>	<b>45</b>
7.1	Zadavatel a důvod realizace projektu.....	45
7.2	Popis požadavků.....	46
7.3	Řešení požadavků.....	47
7.4	Konstrukční provedení krytu .....	50
<b>Závěr.....</b>	<b>53</b>	
<b>Poděkování.....</b>	<b>54</b>	
<b>Zdroje a použitá literatura.....</b>	<b>55</b>	
	Zdroje obrázků .....	55
	Zdroje dat pro tabulky .....	56
	Zdroje textů.....	56
	Použitá literatura .....	56
	Software.....	56
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>57</b>	
<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>58</b>	
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>59</b>	
	Vevázané přílohy.....	59
	Přiložené výkresy .....	59



## Použité zkratky a symboly

<b>zkratka (symbol):</b>	<b>význam:</b>	<b>český překlad:</b>
WRC	World Rally Car	světový rally speciál
RZ	Rychlostní Zkouška	
GT	Gran Turismo	
d	vnitřní průměr válce	
n	počet válců	
z	zdvih pístu	
MČR	Mistrovství České republiky v Rally	
RSS	RallySprint Serie	
FIA	Fédération Internationale de l'Automobile	Mezinárodní automobilová federace
HP	HorsePower	koňská síla
TK	Technická Kontrola	
FAS	Federace Automobilového Sportu	
ČK	Časová Kontrola	
ASN	AutoSport Nationale	Národní automobilová federace
AČR	Autoklub ČR	
$F_{\text{setrvačná}}$	setrvačná síla	
a	zrychlení	
m	hmotnost	
FHR	Forward Head Restrain	přední opěrka hlavy
ECU	Electronic Control Unit	elektronická řídicí jednotka
ABS	Anti-lock Brake System	protiblokovací systém brzd
ESP	Electronic Stability Program	elektronický stabilizační program
ASR	Anti-Slip Regulation	regulace prokluzu kol
RS	Rally Speciál	

## Úvod

Předložená bakalářská práce se zabývá tématem dvoustopých vozidel určených pro závody typu rally; jejich rozdělením, konstrukcí a s ní spojenými předpisy. Jedná se o automobily určené pro „klasickou“ rally, charakterem odpovídající závodům Mistrovství České republiky v rally. Nejde o vozy určené pro off-roadové rally jako je např. Dakarská Rally. Ty se svojí konstrukcí zcela odlišují.

V úvodu práce je stručně popsán charakter závodů rally. V další části je vysvětlena problematika klasifikace závodních vozů v České republice a bezpečnostní předpisy pro vozy rally. Kromě bezpečnostních předpisů jsou zde rozebrány také konstrukční předpisy určené vozům typu WRC, které jsou považovány za „královskou“ třídu ve světě rally. Důvodem zařazení této části práce bylo seznámení s předpisy, které se týkají konstrukce závodní techniky, jelikož praktická část práce se zabývá vlastním konstrukčním návrhem součásti určené pro závodní vůz.

V další části práce jsou popsány rozdíly mezi běžně využívanou technikou v automobilovém průmyslu a vrcholovou závodní technikou. Tento rozdíl je zde demonstrován rozborem dvou částí vozu Ford Focus WRC, týmu Dohnal Rally (včetně fotodokumentace). Vůz tohoto typu byl vybrán právě proto, že technika, která se v něm využívá, je pro závody rally velmi charakteristická a vozy značky Ford se ve světě rally pohybují již poměrně dlouhou dobu.

S tímto vozem je spjata i praktická část této práce, jejímž cílem je návrh krytu spodní části motoru. Tento kryt je určený právě pro vůz Ford Focus WRC. Návrh byl proveden ve spolupráci s hlavním mechanikem týmu Dohnal Rally.

## 1 Závody rally

V úvodu této práce je potřeba nejprve vymezit pojem „závody rally“, protože právě v této oblasti se závodní technika, které se tato práce věnuje, využívá. V následujícím textu jsou shrnuty základní informace o tomto motoristickém sportu.

Jedná se o automobilové závody, které jsou pořádány na běžně využívaných komunikacích různých úrovní, nejčastěji místních a účelových. Trať tedy může mít mnoho podob, od nového asfaltu a širokých dvoupruhových cest, přes úzké cesty s rozbitým asfaltem, až po prašné popř. zasněžené a zledovatělé lesní a polní cesty. Z výše uvedených informací lze usoudit, že požadavky na závodní techniku jsou, díky různým povrchům tratí, velmi rozmanité.

Většina podniků Mistrovství České republiky v rally je koncipována tak, že celý podnik probíhá buď na asfaltových tratích, nebo na tratích šotolinových, jak se v rally přezdívá nezpevněným cestám. To velmi ulehčuje práci zejména mechanikům, kteří zajišťují servis automobilů během závodů. Pokud je totiž na programu jízda po různých površích během jedné soutěže, je zapotřebí provádět mnoho úprav na závodním vozidle. Tyto úpravy se týkají především podvozku. Dochází ke změně zavěšení kol včetně výměny tlumičů, mění se ale také např. převodovka nebo diferenciál. Z tohoto důvodu musí být vozidlo koncipováno tak, aby všechny tyto úpravy mohly probíhat v minimálním čase, který je na ně při soutěži vyhrazen (obvykle jsou zastávky v servisu dlouhé 15, 30 nebo 45 minut).



Obr. 1-1 Na obrázku vlevo je zobrazen vůz při rally na šotolině; vpravo na asfaltovém povrchu (jde o vůz Škoda Fabia R5 továrního týmu Škoda Motorsport) [1]

Tratě, na kterých se závodí, jsou po dobu závodů pro veřejnost uzavřené, ale dalšími úpravami neprocházejí. Výjimkou je rozmístění tzv. proticuttů (z anglického cut – řezat; betonové sloupky nebo pneumatiky rozmístěné tak, aby bránili závodníkům zkracovat si trať v zatáčkách, tzv. „řezat zatáčky“) a retardérů (esovitý průjezd, pro zpomalení aut na nebezpečně rychlých úsecích; nejčastěji realizován rozmístěním balíků slámy).

Kromě těchto opatření k žádným úpravám nedochází. To s sebou samozřejmě nese mnoho rizik, jelikož zde neexistují žádné únikové zóny, jako je tomu při závodech na závodních okruzích. Z tohoto důvodu je při závodech rally kladen stále větší důraz na bezpečnost, a to jak posádky, tak i diváků.

Automobil obsahuje nespočet bezpečnostních prvků od rámu, který má za úkol udržet v případě nehody tvar karoserie tak, aby bylo zajištěno bezpečí posádky, přes šestibodové nebo osmibodové bezpečnostní pásy, až po zařízení, které automaticky přivolá na trať záchranný tým v případě nehody a zároveň automaticky informuje o průběhu a místě nehody.

Další zvláštností, kterou se rally liší od ostatních závodů, jsou tzv. přejezdy. Uzavřené měřené úseky (tzv. RZ neboli rychlostní zkoušky), na kterých se závodí, jsou rozmístěny po širším okolí místa konání. Doprava závodních vozidel mezi jednotlivými RZ pak probíhá po vlastní ose, za běžného silničního provozu, což vyžaduje přítomnost dalších prvků, kterými se vozy v rally odlišují od běžné závodní techniky. Nesmí na nich tedy chybět registrační značky, světla, směrová světla a podobně. Při zmíněných přejezdech musí soutěžící také dodržovat všechna pravidla silničního provozu.

Jak již bylo uvedeno výše, nedílnou součástí závodů rally jsou také zastávky v servisu. Servisní zóna je jakýmsi centrem celých závodů. Soustředí se tu celé týmy se svými mechaniky. Mezi danými rychlostními zkouškami jsou naplánovány zastávky, během kterých mají mechanici možnost provést úpravy vozu, posádka má čas na občerstvení atd. I když je vše v pořádku a posádka nehlásí žádné chyby nebo závady na voze, probíhá jeho detailní kontrola případně výměna pneumatik apod. Často jsou při servisní zastávce také měněny některé velmi namáhané komponenty vozu, které jsou natolik zatěžované, že by delší souvislé použití nevydržely. Nejčastěji se jedná o spojku, brzdy a především pneumatiky.



*Obr. 1-2 Zastávka v servisní zóně (na obrázku opět vůz Škoda Fabia R5 továrního týmu Škoda Motorsport) [2]*

Po servisu, před návratem na trať, často ještě následuje tzv. tankovací zóna, kde mechanici doplňují palivo z připravených barelů. Jedná se o speciální závodní benzín, který je přečerpáván ruční pumpou do vozidla. Množství doplňovaného paliva se vypočítává podle toho, kolik kilometrů má auto ujet před dalším tankováním. V nádrži se záměrně nenechává příliš velká rezerva paliva, jelikož váha vozu je velmi důležitá a významně ovlivňuje jízdní vlastnosti a chování vozidla.

## 2 Klasifikace závodních automobilů

Všechny závodní vozy, bez ohledu na druh závodu, ve kterém jsou využívány, jsou členěny do tří základních kategorií a v rámci těchto se dále rozdělují do tzv. skupin, jak uvádí klasifikace vozů Autoklubu ČR.

### 2.1 Rozdělení vozů do kategorií a skupin

Tab. 2-1 Skupiny a kategorie závodních vozů [3]

Kategorie	Skupina	Popis skupiny
1	N	Produkční vozy
	A	Cestovní vozy
	R	Cestovní vozy a velkosériové produkční vozy
	E - I	Závodní vozy volné formule
2	RGT	GT produkční vozy
	GT3	Pohárové vozy GT
	CN	Produkční sportovní vozy
	D	Závodní vozy pro mezinárodní formuli
	E - II	Závodní vozy volné formule
3	F	Kamióny pro okruhy

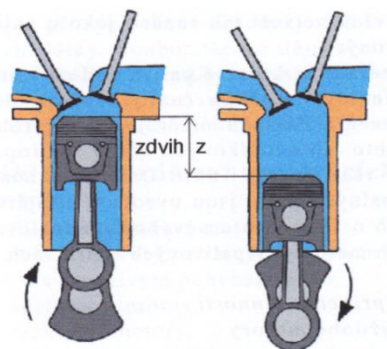
#### 2.1.1 Vymezení kategorií

1. Kategorie – jedná se o sériové produkční vozy, tzn. vozy, u kterých výrobce povolil výrobu určitého počtu identických kusů (patřících do stejné série) pro prodej běžným zákazníkům.
2. Kategorie – kategorie soutěžních vozů. Tyto vozy na rozdíl od sériových vozů nejsou vyráběny ve větším množství, ale jako jednotlivé exempláře, a jsou určeny pouze pro soutěže.
3. Kategorie – tato kategorie je určena výhradně závodním kamionům.

### 2.2 Rozdělení vozů do objemových tříd

Závodní vozidla účastníci se závodů rally, spadají do kategorií 1 a 2. Skupiny vozidel, které se účastní závodů rally jsou pak: N, A, R, a také RGT. Poslední zmíněná skupina je v rally nejčastěji reprezentována vozy zn. Porsche.

Další klasifikace závodních vozů se řídí zdvihovým objemem válců. Rozlišujeme třídy, které jsou označené čísly od 1 do 18. Zdvihový objem válců je definován jako objem vytvářený válcem nebo válci motoru stoupavým a klesavým pohybem pístu nebo pístů.



Obr. 2-1 Zdvih pístu [4]

Výpočet zdvihového objemu se provádí podle následujícího vzorce:

$$V_{zdvih} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot n \cdot z \quad [\text{cm}^3]$$

kde:  $d$  je vrtání (vnitřní průměr válce) [cm]

$n$  počet válců [-]

$z$  zdvih (vzdálenost mezi horní a dolní úvratí pístu) [cm]

Konkrétní rozdělení a rozsah jednotlivých tříd jsou pak uvedeny v následující tabulce:

Tab. 2-2 Třídy závodních automobilů [5]

Číslo třídy	Minimální objem válce [cm <sup>3</sup> ]	Maximální objem válce [cm <sup>3</sup> ]
1	0	500
2	500	600
3	600	700
4	700	850
5	850	1000
6	1000	1150
7	1150	1400
8	1400	1600
9	1600	2000
10	2000	2500
11	2500	3000
12	3000	3500
13	3500	4000
14	4000	4500
15	4500	5000
16	5000	5500
17	5500	6000
18	6000	neomezeno

Toto rozdělení do objemových tříd (podle zdvihového objemu válce) platí obecně pro všechna závodní vozidla v České republice.

Klasifikace automobilů pro závody rally je ale odlišná, přestože se také jedná o rozdělení do tříd. Toto dělení je uzpůsobeno tak, aby v každé třídě byly automobily přibližně stejného výkonu a technické vyspělosti.

Vozy je potřeba takto dělit, jelikož závodů se účastní mnoho různých typů automobilů, a je nutné výsledky posádek posuzovat nejen podle umístění v celkovém pořadí, ale i podle výsledků ve třídě, tedy mezi automobily s podobnými technickými možnostmi. Jinak řečeno, nelze srovnávat např. závodní Opel Adam s Porsche 997 GT3, které má o několik set koňských sil více.

Uvedené dělení do tříd je zároveň rozdílné pro jednotlivé soutěže. Liší se především z toho důvodu, že jednotlivých soutěží se smí oficiálně účastnit různé závodní speciály. Oficiálně se účastnit znamená, že při závodech spadajících do této soutěže, může automobil dané třídy získávat body do celkového pořadí. Pokud ovšem někdo tento závod absolvuje s vozem, který nespadá do kategorií vypsanych pro danou soutěž, body do celkového pořadí získat nemůže.

V České republice jsou pořádány dvě hlavní soutěže v rally. Jedná se o MČR (Mistrovství České republiky v rally) a tzv. RSS (Rallysprint série). Jak již bylo uvedeno, třídy pro MČR a RSS se liší.

### 2.3 Rozdělení rally vozů do tříd a skupin využívané v MČR

Tab. 2-3 Třídy a skupiny vozů pro MČR [6]

Třída	Skupiny obsažené ve třídě
2	Vozy typu R4
	Vozy typu R5
	Vozy typu S2000 – motor o objemu 1600 cm <sup>3</sup> , turbodmychadlo a restriktor (sání do vzduchu do turbodmychadla) velikosti (průměru) 30 mm
	Vozy typu S2000 – atmosférickým motor o objemu 2000 cm <sup>3</sup>
3	Produkční vozy (skupina N) – motor o objemu nad 2000 cm <sup>3</sup>
4	Porsche GT (skupina RGT)
5	Cestovní vozy (skupina A) – s motorem o objemu 1600 cm <sup>3</sup> - 2000 cm <sup>3</sup>
	Vozy Super 1600
	Skupina R2C - s atmosférickým motorem o objemu 1600 – 2000 cm <sup>3</sup>

	Skupina R2C – motor s turbodmychadlem o objemu 1067 - 1333 cm <sup>3</sup>
	Skupina R3C – s atmosférickým motorem o objemu 1600 – 2000 cm <sup>3</sup>
	Skupina R3C - motor s turbodmychadlem o objemu 1067 - 1333 cm <sup>3</sup>
	Skupina R3T - motor s turbodmychadlem o objemu do 1620 cm <sup>3</sup>
6	Cestovní vozy (skupina A) – s motorem o objemu 1400 - 1600 cm <sup>3</sup>
	Skupina R2B – atmosférický motor o objemu 1390 - 1600 cm <sup>3</sup>
	Skupina R2B – motor s turbodmychadlem o objemu 927 - 1067 cm <sup>3</sup>
	Vozy Kit-car – motor o objemu 1400 - 1600 cm <sup>3</sup>
7	Cestovní vozy (skupina A) – motor o objemu do 1400 cm <sup>3</sup>
	Kit-car – motor o objemu do 1400 cm <sup>3</sup>
8	Produkční vozy (skupina N) – motor o objemu 1600 – 2000 cm <sup>3</sup>
9	Produkční vozy (skupina N) – motor o objemu 1400 – 1600 cm <sup>3</sup>
	Skupina R1B – atmosférický motor o objemu 1390 – 1600 cm <sup>3</sup>
	Skupina R1B - motor s turbodmychadlem o objemu 927 - 1067 cm <sup>3</sup>
10	Skupina N - motor o objemu do 1400 cm <sup>3</sup>
	Skupina R1A – atmosférický motor o objemu 1390 cm <sup>3</sup>
	Skupina R1A - motor s turbodmychadlem o objemu do 927 cm <sup>3</sup>
11	Produkční vozy (skupina A) a cestovní vozy (skupina N) - přeplňovaný motor Diesel do 2000 cm <sup>3</sup>
	Skupina R3D – motor o objemu do 2000 cm <sup>3</sup>
12	Skupina S – motor o objemu do 2000 cm <sup>3</sup>
13	Skupina S – motor o objemu nad 2000 cm <sup>3</sup>

### 2.3.1 Skupina N

Jde o skupinu sériových vozů, které mají omezený počet úprav. Jediné úpravy povolené pro tuto skupinu jsou úpravy týkající se podvozku (výkonnější brzdové komponenty, sportovní tlumiče...). Úpravy motoru jsou povoleny pouze ve velmi omezené míře. Modifikuje se nejčastěji sání a software elektronické řídicí jednotky.



### 2.3.2 Skupina A

Tato skupina tzv. cestovních vozů vychází z předchozí zmíněné skupiny, nicméně je zde povoleno mnohem větší množství úprav (především v oblasti motoru). Podvozek těchto vozů se pak většinou zcela liší od standardního. V dnešní době je tato skupina již téměř nahrazena skupinou R.

### 2.3.3 Skupina Kit-car

Jde o skupinu, kde je povoleno největší množství úprav. Modifikace, povolené v této skupině, jsou téměř totožné s úpravami v kategorii WRC. Rozdíl oproti WRC je zejména v typu motoru, jelikož u vozů Kit-car se využívá motor atmosférický, nikoliv přeplňovaný. Další rozdíl je pak v počtu poháněných náprav. Oproti dvěma poháněným nápravám u vozů WRC, jsou ve skupině Kit-car automobily jen s jednou poháněnou nápravou.

### 2.3.4 Skupina R

Jedná se o skupinu, vycházející z původní skupiny A. V dnešní době se totiž již nevyrábí vozy, které by spadaly do kategorie A, ale patří právě do skupiny R.

### 2.3.5 Skupina S

Do skupiny S spadají:

1. Vozidla Kit-car s objemem motoru nad  $1600 \text{ cm}^3$
2. Vozidla skupiny A o objemu motoru nad  $2000 \text{ cm}^3$  se čtyřmi poháněnými koly a taktéž vozidla WRC, která splňují následující podmínky:
  - a) homologace udělena do roku 2006 včetně
  - b) bezpečnostní prvky a hmotnost podle současných platných předpisů
  - c) česká registrační značka vydaná do konce roku 2014
3. Vozidla s prošlou homologací FIA (mezinárodní) splňující tyto podmínky:
  - a) bezpečnostní prvky a hmotnost podle současných platných předpisů
  - b) úpravy a modifikace platné pro skupinu cestovních vozů (A) včetně převodových poměrů a schématu řazení

Do této skupiny spadá i vůz Ford Focus WRC týmu Dohnal Rally. Analýza součástí zmíněného vozu a návrh spodního krytu pod jeho motor je hlavním cílem druhé části této bakalářské práce.

### 2.3.6 Kategorie WRC

Jak již název napovídá, jde o skupinu vozů, přímo vyvinutých pro rally. Využívají se v nich motory přeplňované s turbodmychadlem. Výkon motoru je omezen pouze restriktorem, tedy sáním vzduchu do turbodmychadla, na hodnotu okolo 300 koňských sil (což odpovídá přibližně hodnotě  $224 \text{ kW}^1$ ). Tyto automobily dosahují skvělých jízdních vlastností, jelikož kromě základního skeletu karoserie a bloku motoru, jsou všechny součástky vyvinuty „na míru“. Často se jedná o součástky vyráběné technologiemi, které se využívají také v leteckém průmyslu, kosmonautice nebo vozidlech typu Formule 1. Z tohoto důvodu také narůstá cena těchto vozů a závodění s nimi je pro mnohé jezdce z hlediska financí zcela nedostupné.

---

<sup>1</sup> Přepočítání HP („Horsepower“) na W:  $1 \text{ [HP]} \approx 745 \text{ [W]}$

Na tomto místě je dobré znovu si připomenout důvod kategorizace závodních vozů. Je totiž zřejmé, že takto postaveným automobilům (z kategorie WRC) nemohou konkurovat vozy skupiny N, kde je většina součástí ponechána z původní (nezávodní) verze.

## 2.4 Rozdělení rally vozů do tříd a skupin využívané v RSS

Rallysprint série (dále také RSS) je druhou nejvyšší soutěží (po MČR), která se v České republice každoročně koná. Na rozdíl od dvoudenních podniků MČR, součástí této série jsou pouze jednodenní závody, které se nejčastěji tvoří šest rychlostních zkoušek.

Třídy automobilů vypsané v této soutěži se částečně liší od tříd v MČR. Zřejmě největší odlišností je, že do celkového hodnocení RSS nemohou získávat body tzv. „čtyřkolky“ (vozidla se dvěma poháněnými nápravami). Nevyskytují se zde tedy třídy 12 a 13. Stejně tak v rádech RSS nenalezneme třídy 2, 3 a 4. Totožné s MČR jsou naopak třídy 5 – 10 (včetně).

Třída 11 je zde doplněna o skupinu SAD, tedy o skupinu vozů s dieslovým motorem o objemu do 2000 cm<sup>3</sup>, které mají prošlou homologaci nebo jsou zcela bez homologace, ale splňují současně platné předpisy pro tuto skupinu.

Další skupinou v třídě 11 je skupina VD, zahrnující taktéž vozy s dieslovým motorem do 2000 cm<sup>3</sup>, které splňují platné předpisy pro tuto skupinu. Typické pro skupinu VD je to, že zde mohou mimo jiné startovat i historická vozidla s datem výroby v rozmezí od 1. 1. 1957 do 31. 12. 1990. Další odlišností od skupiny SAD jsou různé povolené modifikace vozidel uvedené v předpisech.

Tab. 2-4 Další třídy akceptované v RSS na rozdíl od MČR [7]

Třída	Skupiny obsažené ve třídě
14	Skupina SA1 – motor o objemu do 1400 cm <sup>3</sup>
15	A2 – motor o objemu 1400 – 1600 cm <sup>3</sup>
16	Skupina SA3 – motor o objemu 1600 – 2000 cm <sup>3</sup> , včetně vozů Kit-car
	Skupina SA3 – bez homologačního listu s motorem o objemu do 2000 cm <sup>3</sup> a jednou poháněnou nápravou
17	Skupina V1 – historické automobily značky Škoda
18	Skupina V2 – motor o objemu do 2000 cm <sup>3</sup>

### 2.4.1 Skupiny SA a V

Pro tyto skupiny platí totéž jako pro výše zmíněné skupiny SAD a VD, s tím rozdílem, že automobily spadající do této skupiny jsou poháněné benzínovým motorem, nikoliv dieslovým.

## 3 Homologace a homologační list

### 3.1 Homologace

V terminologii týkající se závodních vozů se jedná (mimo běžný význam tohoto slova v oblasti motorových vozidel) o potvrzení vydané Mezinárodní automobilovou federací (FIA) popř. některou národní automobilovou federací (v takovém případě je homologace platná pouze pro soutěže v dané zemi), které dokládá, že daný model vozu je vyráběn v dostatečně velké sérii, aby mohl být považován za vůz produkční (skupina N) nebo cestovní (skupina A). Z výše uvedeného vyplývá, že toto potvrzení se týká pouze sportovních automobilů vyvinutých ze sériově vyráběných modelů.

Každá skupina vozů má v předpisech uvedená specifická pravidla homologace. Homologace sériově vyráběného automobilu je platná do sedmi let po skončení sériové výroby daného modelu. Poté propadá.



### 3.2 Homologační list

Na rozdíl od homologace, „homologační list“ je povinný pro všechny závodní vozy. Jedná se o dokument, který popisuje a charakterizuje daný model. Jsou zde detailně popsány jednotlivé části vozu, které musí být v souladu s technickou přílohou národních sportovních řádů („Příloha J“). V této příloze jsou mimo jiné uvedeny modifikace vozidel, které jsou přípustné pro jednotlivé skupiny (viz kapitola č. 5). Během závodu pak může být sportovními komisaři kontrolováno, zda se homologační list neliší od skutečného stavu vozu, tedy jestli dané součásti, které jsou uvedeny v homologačním listu, jsou na voze skutečně použity. Je dobré zmínit, že v praxi se tyto dva pojmy většinou zaměňují, takže pokud se mluví o homologaci, myslí se tím nejčastěji právě homologační list. Základní dvě části homologačního listu jsou:


1. List obsahující popis základního modelu automobilu

2. Doplnkové listy, které buď opravují chyby v popisu základního modelu, nebo popisují schválené trvalé modifikace tohoto základního modelu

Jak již bylo zmíněno, stav automobilu, jeho modifikace a použité součásti musí odpovídat homologačnímu listu. Kontrola ověřující, zda tomu tak skutečně je, může být komisaři provedena kdykoliv během závodů, nicméně nejčastěji je realizována zpětně až po skončení závodu u namátkově vybraných vozů. Předvolání posádky k tzv. technické kontrole (TK) je vidět na obrázku (Obr. 3-1).

		<b>37. SVK RALLY PŘÍBRAM</b> M ČR v automobilových rally M ČR v rally historických automobilů Příbram 30.9. - 2.10.2016			
Datum:	02. 10. 2016	Čas:	13:30		
Předmět:	Oznámení č. 1	Č. dokumentu:	4.1		
Od:	Ředitele soutěže	Počet stran:	1		
Komu:	St.č. 3	Přílohy:	0		

Na základě rozhodnutí SSK a v souladu s článkem 28.2 Standardních propozic FAS AČR Vám sdělují, že jste byl vybrán na závěrečnou technickou kontrolu. Po projetí sponou ČK budete pořadatelé s ostatními vybranými vozy odveden do dílny společnosti Auto Berger. Obecnická 323, Příbram I., ve které bude závěrečná TK realizována.

Pavel Štípek  
Ředitel rally 

Obdržel :		
Jméno :		
Soutěžící :	JAN DOHNAL	
Posádka :	Jan Dohnal / Michal Ernst	St. č. vozu: 3
Datum :	2.10.2016	Čas:

Obr. 3-1 Oznámení o výběru závodního vozu k TK

## 4 Základní bezpečnostní předpisy pro konstrukci závodních vozidel rally

Při konstruování závodní techniky, nebo při provádění jakýchkoliv změn na této technice, využívané při závodech rally, je potřeba řídit se předpisy, kterými je omezena třída nebo skupina, do které závodní automobil spadá. Zároveň ale vozy ve všech třídách a skupinách musí splňovat společné bezpečnostní předpisy. Jak již bylo v úvodu zmíněno, jedná se o závody na prakticky neupravených pozemních komunikacích, a proto je na tyto předpisy kladen velký důraz. V následující kapitole jsou shrnuty základní bezpečnostní předpisy, týkající se vozů rally využívaných při závodech v České republice.

### 4.1 Potrubí a čerpadla

Veškeré potrubí pro palivo, olej nebo brzdovou kapalinu musí být chráněno proti poškození (tj. vnější poškození ve formě koroze, lomu, popř. od kamenů), pokud prochází vně vozu. Uvnitř pak musí být potrubí chráněno proti možnému vzniku požáru a poškození. Tyto úpravy jsou povinné pro všechny skupiny rally automobilů (s výjimkou skupiny N, pokud je zachována sériová montáž).

Dále jsou v „Příloze J“ národních sportovních řádů uvedeny požadované specifikace pro montáž a výrobu tlakového potrubí obsahujícího kapalinu.

Další důležitou výbavou je odvzdušňovací potrubí palivové nádrže, které musí splňovat stejné požadavky jako potrubí palivové. Toto potrubí zabraňuje vzniku podtlaku při nasávání paliva z nádrže, popř. přetlaku, který by mohl způsobit její destrukci. Odvzdušňovací potrubí udržuje nad hladinou paliva stálý atmosférický tlak. Toto potrubí je vybaveno také několika bezpečnostními ventily.

### 4.2 Brzdy a řízení

Brzdová soustava musí být vybavena tzv. „dvojitým okruhem“ (jako je tomu u běžných sériových automobilů). Stisknutím pedálu musí být brzděna všechna čtyři kola; pokud by ale došlo k poškození brzdového systému nebo úniku brzdové kapaliny, musí být stále zajištěno brzdění alespoň dvou kol stejným pedálem brzdy.

U řízení musí být deaktivován systém zamykání volantu. Nastavování polohy volantu pak musí být možné pouze za použití nářadí. Nesmí být použito ruční nastavování, jako je tomu u běžných sériových vozidel, aby nedošlo k uvolnění volantu během jízdy.

### 4.3 Bezpečnostní pásy, sedadla a uchycení výbavy umístěné uvnitř vozu

Věci, převážené uvnitř vozu, musí být řádně upevněny tak, aby během jízdy, nebo v případě havárie nemohlo dojít k jejich uvolnění a tím k ohrožení posádky. Nejčastěji se převáží následující výbava: rezervní kolo, hever, skříňka s nářadím, popř. bateriový rázový utahovák. Uvnitř vozu mohou být převáženy i některé náhradní díly. Této možnosti se ale příliš nevyužívá (z důvodu úspory hmotnosti automobilu). Všechny tyto věci musí být každopádně umístěny v prostoru za posádkou, nikoliv v prostoru posádky.

Bezpečnostní pásy se řadí do povinné výbavy všech závodních vozidel. Musí být použity bezpečnostní pásy odpovídající příslušné normě FIA. Jejich použití musí odpovídat dané homologaci a pokynům výrobce. Je zakázáno na pásech provádět jakékoliv změny nebo odstraňovat některé části.

Výměna bezpečnostních pásů je vyžadována po každé vážné nehodě, pokud jsou naříznuté nebo rozedřené, popř. pokud došlo k jejich zeslabení vlivem chemikálií nebo slunečního záření. Dalšími důvody pro výměnu pásů mohou být zdeformované nebo zrezivělé části spon, popř. nefunkčnost některé části pásu. Bezpečnostní pásy jsou významným prvkem systému zabezpečení posádky (pomáhají posádku udržet v sedadle při nehodě a zamezit tak jejímu zranění o okolní části ve voze), proto je jim věnována poměrně velká pozornost.

V technické příloze národních sportovních řádů („Příloha J“) jsou podrobně popsány povolené systémy upevnění pásů. Nejdůležitějším pravidlem je, že se pásy nesmí připevňovat k sedadlům nebo k jakýmkoliv jejich částem (včetně držáků).

Sedadla, použitá v závodním voze, musí být schválena (homologována); u některých skupin se tato homologace vztahuje i na držáky a jejich upevnění uvnitř vozu. Pokud dojde k jakémukoliv změně uchycení sedadel, musí být nové upevnění schváleno výrobcem a musí zároveň splňovat kritéria uvedené taktéž v technické příloze (je zde uvedeno, na co mají být sedadla ukotvena, předpisy pro spojovací části použité na uchycení atd.). Trvanlivost (maximální doba použití) sedačky je stanovena na pět let od data výroby, jelikož materiál sedačky postupem času degraduje a ztrácí potřebné vlastnosti (pružnost, pevnost apod.). U vývojově mladších sedaček, které podléhají přísnějším předpisům (silnější stěna sedačky, upevnění většími šrouby...), je tato doba prodloužena na 10 let.

#### **4.4 Hasicí přístroje a systémy, ochrana proti požáru**

Každý závodní vůz rally musí být vybaven jak ručním hasicím přístrojem (lahví), tak i hasicím systémem uvnitř vozidla. Jedná se o potrubí naplněné hasivem (pro vozy rally je předepsáno potrubí kovové, nikoliv plastové; minimální množství hasiva je 3 kg). V případě požáru je tento systém aktivován ručně uvnitř vozidla posádkou nebo z vnějšku vozu. Slouží k uhašení požáru uvnitř vozu. Musí být instalován tak, aby trysky nebyly namířeny na hlavu posádky. Vnější spouštěč hasicího systému musí při aktivaci, mimo spuštění systému také odpojit baterii (el. energii); u vozů WRC musí dojít zároveň k vypnutí motoru. Vnitřní spouštěč systému musí být umístěn tak, aby byl v dosahu posádky i pokud sedí připoutaná v sedačce.

Ruční hasicí přístroj pak může být umístěn přímo v prostoru pro posádku nebo v zavazadlovém prostoru. V „Příloze J“ je pak opět uvedeno, jak musí být lahev přístroje ve voze upevněna, jaké hasicí látky jsou povolené apod.

Další nutnou ochranou proti případnému požáru, vzniklému v prostoru motoru, je nehořlavá stěna mezi motorem a prostorem pro posádku. U automobilů, které mají umístěn v zadní části (nejčastěji v kategorii historických vozidel), je stěna často tvořena pouze zadními sedadly. V takovém případě se doporučuje mít zadní stranu těchto sedadel potaženou nehořlavým materiálem.

#### **4.5 Bezpečnostní konstrukce**

Jde o nedílnou součást každého vozu. Jedná se o povinnou a zároveň velmi důležitou součást bezpečnostní výbavy, kterou se na první pohled závodní vozy odlišují od běžně využívaných automobilů (jedna z částí vozu, které nemohou být zachovány z běžného sériového modelu). Jde o vícetrubkovou strukturu instalovanou uvnitř vozu, jejímž primárním úkolem je udržet základní tvar skeletu automobilu tak, aby v případě nehody chránil posádku a minimalizoval tak možnost jejího zranění.

Bezpečnostní konstrukce, umístěné v automobilech rally, vyhovují předpisům, pokud splňují jedno z následujících kritérií:

- a) pokud jsou homologované (tj. schválené) Mezinárodní automobilovou federací (FIA) podle předpisů pro bezpečnostní konstrukce
- b) pokud jsou homologované v souladu s národními bezpečnostními předpisy  
Tyto národní předpisy jsou označovány obecně jako předpisy ASN (Autosport Nationale). ASN je sportovní autorita na národní úrovni, která je akceptována Mezinárodní automobilovou federací (FIA) a jejíž pravidla jsou platná pro soutěže v dané zemi.
- c) pokud jsou vyrobené podle požadavků uvedených v „Příloze J“ národních sportovních řádů Autoklubu České republiky (AČR)

Výjimkou jsou skupiny automobilů VR5, Kit Super 1600, Kit Super 2000 a WRC, pro které jsou povinné bezpečnostní konstrukce homologované FIA.

Homologované rámy musí být označeny viditelně štítkem se sériovým číslem. Toto číslo je pak zaneseno i v homologačním listu, popř. certifikátu dané bezpečnostní konstrukce. Během závodů může být sportovními komisaři kontrolováno, zda nebyla provedena nějaká změna na této konstrukci oproti certifikátu. Jakákoliv změna schválené konstrukce je zakázána. Za změnu se považuje cokoliv, co je na konstrukci upraveno obráběním, svařováním, popř. jinou operací, která má za důsledek trvalou změnu materiálu nebo struktury konstrukce. Zakázanou úpravou rámu je i chromování některé z jeho částí.

Další pravidla týkající se této části konstrukce jsou uvedena níže:

- Trubky, ze kterých je rám vytvořen, nesmí sloužit k vedení kapalin, popř. čehokoliv jiného.
- Trubky konstrukce nesmějí bránit posádce v nástupu do vozu a výstupu z něho.
- Mezi rámem a prvky karoserie na bocích nesmí procházet elektrické kabely, potrubí hasicího systému nebo potrubí s jakoukoliv kapalinou, vyjma kapaliny do ostříkovačů (viz první pravidlo).
- Vzpěry mohou procházet prostorem vyhrazeným pro posádku a přístrojovou deskou, popř. obložením nebo zadními sedadly.

Pokud dojde vlivem nehody nebo jiným způsobem k poškození této konstrukce, musí opravu provést její výrobce, případně může být provedena jinde s jeho souhlasem.

#### 4.5.1 Základní části bezpečnostní konstrukce jak jsou definovány v „Příloze J“

**Hlavní oblouk** (obr. 253-1): Trubkový jednodílný příčný oblouk, téměř vertikální (maximální sklon  $\pm 10^\circ$  vzhledem k vertikále), umístěný napříč vozem bezprostředně za předními sedadly. Osa trubky musí v celé délce ležet v jedné rovině.

**Přední oblouk** (obr. 253-1): Identický s hlavním obloukem, ale jeho tvar kopíruje sloupek čelního skla a horní okraj čelního skla.

**Boční oblouk** (obr. 253-2): Jednodílný trubkový oblouk, téměř podélný a téměř svislý, umístěný z pravé a levé strany vozidla, jehož přední sloupek kopíruje sloupek čelního skla a zadní sloupek je téměř svislý a umístěný bezprostředně za předními sedadly. Zadní sloupek bočního oblouku musí být při pohledu z boku přímý.

**Boční půloblouk** (obr. 253-3): Identický s bočním obloukem, ale bez zadního sloupku.[8]



Obr. 4-1 Zobrazení základních částí rámu (bezpečnostní konstrukce) [8]

Dále je rám doplněn dalšími vzpěrami, tedy trubkami sloužícími k většímu vyztužení konstrukce. Minimální počet a druhy vzpěr, které musí být obsaženy, jsou uvedeny opět v příloze národních sportovních řádů.

Některé požadavky na vzpěry se liší podle data homologace příslušného vozu. Mimo to jsou v příloze uvedeny další požadavky na spoje trubek, rozměry trubek, připevnění rámu k šasi (jak se nazývá skelet vozu), pokyny pro svařování apod.

K výrobě rámu je předepsané využití trubek kruhového průřezu, bezešvých (méně náchylné k tvorbě trhlin a poškození), tažených za studena z nelegované uhlíkové oceli o maximálním obsahu uhlíku 0,3%. Minimální mez pevnosti v tahu vybrané oceli musí být 350 MPa. Maximální obsah manganu je stanoven na 1,7% a max. obsah dalších prvků na 0,6%.

Zásadní vliv na volbu druhu oceli má zcela jistě svařitelnost, neboť technologie svařování je zcela zásadní při výrobě těchto konstrukcí.

#### 4.6 Výhled dozadu

Výhled dozadu z vozu musí být umožněn dvěma bočními zrcátky, každé musí mít minimální velikost odrazové plochy  $90 \text{ cm}^2$ . V zrcátku je povolené vytvoření výřezu, jelikož v těchto místech se často nachází otvor pro větrání prostoru posádky. Maximální dovolená plocha tohoto výřezu je  $25 \text{ cm}^2$ .

## 4.7 Tažné oko

Tažná oka musí být umístěná v přední i zadní části vozu. Slouží k odtažení v případě, že se automobil může volně pohybovat, ale není schopen bez pomoci odjet.

## 4.8 Okna

Všechna okna na závodním voze, musí splňovat předpisy pro použití v běžném provozu, a proto musí být opatřena schvalovací značkou. Na bočních oknech a zadním skle je povoleno využití tónovaných skel. Na předním skle je povoleno využití stínícího protislunečního pásu, pod podmínkou, že nebude bránit výhledu posádky na semaforey, dopravní značení apod. U zadních bočních oken je povoleno vložení přechodového segmentu mezi horní hranu skla a horní otvor pro okno ve dveřích, jehož funkcí je odvětrávání prostoru pro posádku. Tento díl ovšem nesmí přesahovat vnější plochu okna (vyčínat do stran z obrysu karoserie).

Pokud nejsou na oknech použity postříbřené nebo kouřové filmy (fólie), je příkázáno používat průhledné filmy jako ochranu proti roztržení skla. To platí pro všechna okna, která nejsou vyrobena z vrstveného skla. Čelní okno musí být z vrstveného skla vyrobeno povinně. Použití těchto fólií (popř. vrstvených skel) je nutné, jelikož v případě nehody jsou schopné udržet střepy rozbitého skla pohromadě a nedojde tak k pořezání posádky. Další podmínky pro využití postříbřených a kouřových fólií jsou uvedeny v technické příloze národních sportovních řádů („Příloha J“).

## 4.9 Hlavní odpojovač

Jde o tlačítko, jehož stisknutím dochází k rozpojení veškerých elektrických obvodů ve voze a zároveň dochází k zastavení motoru. Odpojena je především baterie, ale také alternátor, veškerá světla, blikače atd. Tlačítko hlavního odpojovače musí být umístěno uvnitř i vně vozu a označeno červeným bleskem v modrém trojúhelníku.

## 4.10 Nádrž

V soutěžních vozech se nejčastěji využívá speciálních bezpečnostních nádrží, ale povoleny jsou také standardní nádrže využívané v sériových vozech.

Například u vozu Ford Focus WRC je bezpečnostní nádrž tvořená pryžotextilním vakem, který je celý vyplněn pórovitou hmotou. V této hmotě je nasáknuté závodní palivo. Jedná se o technologii využívanou také v letectví. Díky udržování paliva v této hmotě (nikoliv volně v nádrži) nedochází k jeho přelévání v nádrži během jízdy, a nemění se tak těžiště vozu. Zároveň je tato nádrž bezpečnější, jelikož v případě jejího poškození nedojde náhle k velkému úniku paliva.

Nádrže do závodních vozů mohou dodávat pouze výrobci, které schválí Mezinárodní automobilová federace (FIA). Nádrže tedy musí splňovat určité normy a musí být homologovány (homologační číslo musí být vyznačeno na nádrži spolu s názvem výrobce). Jedná se o velmi důležité části vozu zejména z hlediska bezpečnosti, jelikož jsou naplněny vysoce hořlavým závodním palivem; proto jsou na jejich výrobu kladeny vysoké nároky.



U nádrží dochází časem ke značnému zhoršení jejich fyzikálních vlastností, a proto nesmí být používány více než pět let od data výroby. Poté mohou být znovu prověřeny výrobcem a jejich použití schváleno na další dva roky.

Další součástí nádrže je tzv. plnicí hrdlo. Jedná se o trubku spojující otvor pro doplňování paliva a vlastní nádrž. Pokud toto hrdlo prochází prostorem pro posádku, musí být vybaveno zpětnou klapkou umístěnou v ústí do nádrže. Tato klapka brání vtékání paliva z nádrže zpět do hrdla a minimalizuje tím možnost vzniku požáru v prostoru posádky.

## 5 Konstrukční předpisy jednotlivých skupin vozidel rally

V této kapitole jsou nastíněny některé odlišnosti závodní techniky (používané v rally) od běžně využívaných automobilů a s tím související technické předpisy, které jsou platné pro tuto závodní techniku. Pro jednotlivé skupiny automobilů, využívaných při závodech rally platí různé předpisy, které jsou zpravidla velmi obsáhlé. Bylo proto nutné vybrat pro rozbor těchto předpisů pouze jednu skupinu vozů. S ohledem na zaměření druhé části bakalářské práce jsou zde uvedeny pouze předpisy týkající se kategorie vozů WRC. Dalším důvodem, proč byla pro rozbor konstrukčních předpisů vybrána právě kategorie WRC, je skutečnost, že se jedná o vozy nejvíce přizpůsobené podmínkám rally. To je patrné již z názvu této kategorie: WRC („world rally car“).

Je nutné ještě dodat, že následující předpisy se týkají nově využívané techniky (jde o předpisy z let 2016, 2017). Proto u starších vozidel (např. u již zmíněného Fordu Focus WRC) mohou být určité části automobilu v rozporu s těmito předpisy, jelikož u starší techniky jsou povoleny určité výjimky.

Mimo předpisy, zmíněné v této kapitole, platí pro skupinu WRC samozřejmě také bezpečnostní předpisy, uvedené v kapitole předchozí, které jsou platné pro všechny skupiny závodních vozů rally.

### 5.1 Základní pravidla

Nejdůležitějším pravidlem pro konstrukci závodního automobilu je, že to, co není v předpisech pro daný typ vozu povoleno, je automaticky zakázáno. Toto pravidlo platí pro úpravy (změny) provedené na všech závodních automobilech, bez ohledu na to, do které skupiny daný vůz patří.

V homologačním listu musí být uvedeny všechny speciální díly, které mohou být na vozidle použity. Musí být použity celé a nemohou být za žádných okolností vyměněny.

Na dílech, jejichž změna není popsána v rozšíření homologačního listu, mohou probíhat pouze práce nutné pro jejich údržbu, popř. jejich výměna v důsledku opotřebení nebo nehody. Při výměně může být původní díl nahrazen pouze dílem, který je identický s dílem původním.

Kromě dílů, které spadají do tzv. „rozšíření typu WRC“ musí být všechny součásti vozu sériové, z čehož vyplývá, mimo jiné, i jejich identifikovatelnost podle znaků upřesněných v homologačním listu.

Další pravidlo, platné pro kategorii WRC, omezuje volbu typu vozu, ze kterého může být závodní speciál následně vytvořen. Podle národních sportovních řádů musí být původní automobil minimálně čtyřmístný (velikost místa podle rozměrů, uvedených v pravidlech pro skupinu cestovních vozů - skupina A).

### 5.2 Použité materiály

Materiály, ze kterých jsou vyrobeny jednotlivé díly, použité na voze, taktéž podléhají předpisům. Výjimka z těchto předpisů se vztahuje pouze na díly, pocházející z původní sériové verze daného automobilu. Další výjimkou jsou pak šrouby a matice; každý šroub a matice může být, pokud není stanoveno jinak, nahrazen jakýmkoliv jiným šroubem a maticí s jakýmkoliv druhem zajištění (podložkou, pojistnou maticí, apod.). Pro všechny ostatní díly platí následující pravidla (s výjimkou výslovných výjimek, udělených pro konkrétní součásti).

Mezi zakázané materiály patří:

- slitiny titanu - s výjimkou rychlospojek na brzdovém okruhu
- keramické slitiny
- kompozitní materiály - s výjimkou využití kompozitů se skelnými vlákny

Přesné definice slitin a kompozitních materiálů (dle národních sportovních řádů) jsou uvedeny mezi základními pojmy v úvodní části technické přílohy („Přílohy J“).

Podmínečně povolené materiály jsou:

- karbon - pod podmínkou, že je použita pouze jedna vrstva tkaniny, a to na viditelné straně dílu
- aramidová vlákna (např. p-aramidové vlákno známé pod obchodní značkou kevlar) - pod podmínkou, že je použita pouze jedna vrstva textilie na viditelné straně dílu (s výjimkou boční ochrany karoserie, podlahy a podběhu kola; v těchto místech je povoleno použití více vrstev této textilie)

### 5.3 Minimální hmotnost vozidla

Jak bylo již zmíněno, velká pozornost je věnována hmotnosti závodních vozidel. Jejich váha má totiž podstatný vliv na jízdní vlastnosti (dynamiku automobilu, zrychlení, popř. zpomalení, atd.), jelikož ovlivňuje velikost setrvačných sil působících na vozidlo při změně pohybu. Setrvačné síly působí vždy proti směru této změny. Způsobují to, že chování automobilu nekoresponduje zcela s jeho ovládním (při zrychlování dochází k jeho brzdění setrvačnými silami a naopak; při zatáčení automobilu setrvačnost způsobuje jeho „vynášení ze zatáčky“ apod.). Pro tyto síly platí níže uvedený vztah, který názorně ukazuje vliv hmotnosti na jejich velikost:

$$\vec{F}_{\text{setrvačná}} = -\vec{a} \cdot m \quad [\text{N}]$$

kde:  $\vec{a}$  je zrychlení v určitém směru (znázorňuje změnu pohybu)  $[\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$   
 $m$  hmotnost pohybujícího se objektu  $[\text{kg}]$

Z výše uvedených důvodů se snažíme o minimalizaci hmotnosti závodního vozu. Hranice minimální hmotnosti je ovšem také omezena pravidly.

Minimální hmotnost je definována jako skutečná hmotnost vozu bez jezdce, spolujezdce a jejich vybavení, kterým se rozumí přilby a FHR systém („Forward Head Restraint“ – jde o pomůcku, kterou má jezdec, popř. spolujezdec připevněnou k trupu pomocí bezpečnostních pásů a zároveň k helmě tak, aby v případě nárazu nekonala hlava vůči trupu nebezpečný pohyb, který by mohl vést např. až ke „zlomení vazů“). Zároveň ve voze během vážení smí být umístěno pouze jedno rezervní kolo. Z vozu mohou být během vážení vyčerpány všechny spotřebovatelné náplně (závodní palivo, kapalina do ostřikovačů atd.). Kontrola minimální hmotnosti může probíhat stejně jako ostatní kontroly kdykoliv během závodů, popř. po skončení závodu (v rámci technické kontroly, z důvodu protestu atd.).

Minimální hmotnost závodního vozu je 1 200 kg; v případě přítomnosti posádky ve voze 1 360 kg.

## 5.4 Motor

### 5.4.1 Úpravy motoru obecně

Ve vozech WRC jsou využívány motory s turbokompresorem. Maximální jmenovitý zdvihový objem je omezen na  $1600 \text{ cm}^3$ . Zde je např. jeden ze zásadních rozdílů oproti starším vozům WRC, vyrobeným do roku 2010, u kterých byl maximální jmenovitý zdvihový objem  $2000 \text{ cm}^3$  (např. u již zmíněného Fordu Focus WRC).

Z motoru mohou být odstraněny plastové kryty, jejichž funkce je pouze estetická. Dále je povolena výměna šroubů pod podmínkou, že všechny šroubové spoje budou vyrobeny ze slitiny na bázi železa nebo hliníku (v motorech jsou často využívány slitiny hliníku s mědí a niklem, které se vyznačují vyšší odolností vůči vysokým teplotám).

Pro připevnění výfukového sběrače k hlavě válců musí být použity spoje z niklové slitiny. Jedna z vlastností niklových slitin je totiž velká tepelná odolnost. Oblast výfuku motoru je vystavena velmi vysokým teplotám (přes  $1300^\circ\text{C}$ ).

Materiály použité v motoru mají určité výjimky. Jednou z výjimek jsou sedla ventilů, vodítka nebo ložiska, popř. pouzdra, která mohou být vyrobená ze slitin, které obsahují beryllium.

Jednou z takových slitin je slitina hliníku a beryllia (AlBe). První významnou vlastností této slitiny je její nízká hustota (tím pádem také hmotnost) při zachování velmi vysoké pevnosti. Dále mají tyto slitiny nízký koeficient teplotní roztažnosti, čehož lze využít právě u sedel ventilů (rozměrová stabilita ve větším rozpětí teplot). Tato slitina dosáhla největšího rozmachu v osmdesátých letech, kdy z ní byla vyráběna sedla ventilů využívaná i v turbomotorech vozů Formule 1. Zásadním problémem této slitiny je její zdravotní závadnost. Ta byla jedním z důvodů, proč bylo její využití velmi omezeno a poté zcela zakázáno. V současné době se využívají některé závodní vozy, které mají sedla ventilů vyrobeny z beryliového bronzu (Cu + Sn + 2% Be). Ten se vyznačuje také rozměrovou stálostí (i za zvýšených teplot), neméně významná (pro tuto aplikaci) je také jeho vysoká ořezuvzdornost a tvrdost.

Další výjimkou je využití kompozitů s grafitovou nebo kovovou maticí, popř. kompozitů z keramických materiálů na střídavé a rotační součásti (pod podmínkou ohnivzdornosti těchto materiálů).

Dále je povoleno vyříznout část přepážky v motorovém prostoru pro instalaci vzduchových filtrů. Tyto otvory jsou omezené velikostí a musí být určeny právě pro tuto montáž; není možné takové otvory vyříznout z jiného důvodu (např. z důvodu úspory hmotnosti).

### 5.4.2 Přívod paliva

Je zakázané použití sacího a výfukového potrubí s variabilní geometrií. Variabilní geometrií se v tomto případě rozumí prodlužování/zkracování, popř. rozšiřování/zužování potrubí. Tento zákaz vychází z toho, že díky takovým změnám (zejména výfukového potrubí) může dojít k ovlivnění krouticího momentu a výkonu motoru. Pokud je tímto systémem vybaven původní sériový vůz, musí být vyřazen z provozu.

V automobilech WRC se využívá motorů s turbodmychadlem. Využití turbodmychadla je jedním ze tří základních způsobů přeplňování motoru. Přeplňování motoru znamená, že do spalovacího prostoru je vháněn vzduch nebo směs vzduchu a paliva pod vyšším tlakem, než je tlak atmosférický (dochází k jeho stlačení). Tímto lze docílit toho, že při zážehu dojde ke spálení většího množství paliva (je umožněn přívod většího množství), a tím ke zvýšení výkonu motoru (při zachování velikosti zdvihového objemu válce). Systém tohoto přeplňování musí být ve voze WRC homologovaný.

Turbokompresor, který stlačuje vzduch, je roztáčen přímo výfukovými plyny z motoru. Stlačováním vzduchu dochází k jeho zahřívání, proto následně prochází přes výměník, kde se opět ochlazuje. Trubky mezi turbokompresorem, mezichladičem a sacím potrubím jsou libovolné, stejně jako vedení chladícího vzduchu nad výměníkem. Častá je také montáž větráků na výměník pro zajištění dostatečně velkého chladícího efektu. Pokud jsou tyto větráky na voze instalovány, musí být homologované.

Vstup vzduchu do turbodmychadla je omezen regulátorem průtoku, tzv. „restriktořem“. Jde o zařízení, kterým musí projít veškerý vzduch vstupující do turbodmychadla. Restriktoř má jasně dané rozměry, které musí splňovat. Slouží jako omezovač výkonu motoru. Jde o nástroj, kterým je zajištěna alespoň částečná výkonnostní vyrovnanost vozů, spadajících do stejné skupiny. Předepsané rozměry restriktořu jsou specifikovány v technické příloze národních sportovních řádů (v „Příloze J“). V této příloze jsou dále specifikovány pokyny pro instalaci restriktořu a turbodmychadla, maximální tlak v turbodmychadle apod.

### 5.4.3 Zapalování a vstřikování

V systému zapalování je povoleno využívat svíček a kabelů libovolných značek. U svíček je navíc dovolené využití keramického materiálu.

Ve vstřikovacím systému musí být použity homologované vstřikovače (tj. trysky, kterými je vstřikováno palivo pod tlakem do prostoru válce nebo sacího potrubí) i vysokotlaké čerpadlo (zajišťuje stlačení paliva před vstřikem).

### 5.4.4 Elektronická řídicí jednotka motoru

V závodním voze může být využita elektronická řídicí jednotka motoru (ECU – „electronic control unit“), pokud je homologována (včetně řídicího softwaru). Použitá řídicí jednotka musí být vybavena omezovačem otáček motoru. Maximální přípustné otáčky motoru, na které je tento omezovač nastaven, jsou 8 500 ot/min. V okamžiku, kdy závodní automobil těchto otáček dosáhne, ozývá se „drnčivý“ zvuk motoru, který způsobuje právě omezování jeho otáček.

Elektronická řídicí jednotka motoru omezuje pouze jeho otáčky, nikoliv přímo nejvyšší povolenou rychlost, kterou lze ovšem definovat jako rychlost při zařazeném nejvyšším převodovém stupni a maximálních dovolených otáčkách motoru. Tuto rychlost můžeme ovlivnit volbou převodu (řazením). Při převodu „do rychla“ zvýšíme maximální rychlost vozu, ale současně zmenšíme krouticí moment, který je potřeba pro rychlou akceleraci, zejména na výjezdech ze zatáček. Při převodu „do pomala“ naopak krouticí moment zvyšujeme na úkor maximální rychlosti automobilu, která v tomto případě klesá.

Oproti běžně využívaným automobilům je ve vozech WRC zakázána instalace jakéhokoli systému elektronické podpory řízení (elektronická podpora systémů jako např. ABS, ESP, ASR ...).

Ve voze může být instalován systém na sběr dat, který je nezávislý na ECU. Takovýto systém musí mít nezávislý kabelový svazek. V „Příloze J“ národních sportovních řádů je dále uvedeno, jaká čidla pro záznam dat mohou být na voze instalována (např.: teplotní čidla, čidla statického tlaku, akcelerometry atd.).

#### 5.4.5 Filtry

Typ použitého vzduchového filtru je libovolný stejně jako jeho box, popř. uklidňovací komora (nádoba, do které kontinuálně proudí vzduch, je zde „uklidňováno“ jeho prouděním, a poté je odsud přerušovaně nasáván do motoru). Veškerý vzduch, který je do motoru nasáván, musí tímto vzduchovým filtrem procházet. Pokud je přívod vzduchu pro větrání prostoru posádky v zóně, kde je nasáván vzduch do motoru, je potřeba tuto zónu izolovat (aby v případě vzniku požáru v prostoru motoru nedošlo odvětracím systémem k jeho přenosu do prostoru posádky).

Dalším filtrem, který musí být ve voze povinně instalován, je filtr olejový (popř. olejová vložka). Volba tohoto filtru je opět libovolná.

#### 5.4.6 Chladicí systém

Prakticky všechny části tohoto systému jsou libovolné. Předepsáno je použití homologovaných ventilátorů chladičů. Zakázané je používat jakýkoli systém rozprašování vody. Jde o systém, kdy je povrch chladiče ochlazován ostřikem vody. Při dopadu kapek vody na chladič totiž dochází k jejich odpaření, čímž je odváděno velké množství tepla a povrch je tak rychleji ochlazován.

#### 5.4.7 Mazání motoru

Základním komponentem soustavy, která má za úkol mazání jednotlivých částí motoru, je olejové čerpadlo, které zajišťuje rozvod oleje mezi jednotlivými mazanými komponenty. Toto čerpadlo a jeho systém musí být homologované a jeho poloha musí zůstat původní (ze sériového modelu vozu). Skříň čerpadla musí zůstat taktéž původní; je povoleno pouze opracování její vnitřní části. Průtok oleje čerpadlem může být vyšší než u původního sériového provedení. Olejové čerpadlo bývá nejčastěji poháněno řetězovým pohonem přímo z kliky klikového mechanismu. Na tento řetězový převod je povolena montáž napínacího kola tohoto řetězu.

Chladiče oleje, které jsou v systému mazání umístěny, jelikož olej slouží zároveň jako chlazení míst, kam se nedostane chladicí kapalina, mohou být libovolného typu, stejně jako jejich spojky. Jedinou podmínkou je, že musí být instalovány v obrysu karoserie, a ten, z důvodu jejich instalace, nesmí být nijak měněn.

Olejová vana, ve které je olej shromažďován, musí být buďto převzatá ze sériového provedení, nebo homologovaná v rozšíření WRC. Do této vany je povolena dodatečná montáž přepážek, které mají zabránit přelévání oleje ve vaně. To by mohlo vést k odlévání oleje z místa nasávání (zejména v dlouhých zatáčkách) vlivem odstředivých sil, a tím k jeho nedostatku v mazacím systému a možnému poškození motoru. Proto jsou přepážky ve vaně vybaveny zpětnými klapkami, které dovolí oleji přelít do prostoru nasávání, ale nikoliv naopak. Olejová vana může být také zesílena na vnější straně pro větší odolnost vůči vnějšímu poškození. Podmínkou tohoto zesílení je, že musí být provedeno ze stejného materiálu, ze kterého je vana vyrobena, a musí kopírovat tvar původní nádrže a být s ním v kontaktu.

Z původního motoru může být odstraněna olejová clona (clona mezi olejem ve vaně a blokem motoru) a nainstalována jiná, pokud tím nejsou porušena pravidla udaná v technické příloze („Příloze J“).

V případě použití suché klikové skříně, kdy není olej shromažďován ve vaně, ale v jiné olejové nádobě, musí být tato nádoba umístěna v motorovém prostoru (u některých vozidel s tímto systémem mazání je tato nádoba v původní sériové verzi umístěna zcela mimo motorový prostor).

Další součástí mazací soustavy je měrka oleje. Ta musí být namontována po celou dobu provozu a nesmí mít jinou funkci než měření výšky olejové hladiny.

V technické „Příloze J“ jsou pak uvedeny další předpisy pro olejový okruh. Jedním z nich je povolení k přidání vnějších potrubí pro mazání turbokompresoru.

#### 5.4.8 Výfukový systém

Výfukový systém za turbokompresorem (který je roztáčen výfukovými plyny z motoru) je libovolný a je omezený pouze předepsanou hladinou hluku, která je uvedena v řádech FIA. Tloušťka trubek, ze kterých je výfukové potrubí vyrobeno, musí být větší nebo rovna 0,9 mm. Na výfukovém potrubí musí být umístěn katalyzátor výfukových plynů (ke snížení množství škodlivin ve výfukových plynech). Veškeré výfukové plyny musí tímto katalyzátorem procházet. Průřez výfukového potrubí, včetně katalyzátoru a tlumiče, musí být vždy kruhový nebo oválný. Koncová část výfuku musí být umístěna na zadní straně vozu, uvnitř jeho obrysu. Zároveň musí být umístěna minimálně 10 cm od tohoto obrysu (směrem ke středu vozu).

Tento předpis má především bezpečnostní význam (z hlediska bezpečnosti osob, pohybujících se okolo vozidla právě v blízkosti výfuku). Vlivem vysokých teplot odváděných výfukových plynů (za hlavou válců přes 1 300°C, za turbodmychadlem okolo 900°C) totiž dochází ke značnému ohřátí celého výfukového systému. Z tohoto důvodu je také doporučena montáž tepelné ochrany na výfukový systém, popř. na díly nacházející se v jeho bezprostřední blízkosti.

#### 5.4.9 Další předpisy týkající se motoru

Je předepsáno využití homologované hlavy válců. Pro těsnění hlavy lze použít libovolný materiál i tloušťku těsnění. Sedla a vedení ventilů mohou být také libovolná, musí být ovšem zachovány úhly os ventilů vůči hlavě motoru. Ostatní části ventilu musí být homologované.

Kompresní poměr je omezen hodnotou 12,5 : 1. Pokud je nějaký vůz homologován v původní verzi s vyšším kompresním poměrem, než je tento maximální, musí být změněn tak, aby splňoval toto pravidlo. Jde opět o omezení, které by mělo vést k větší vyrovnanosti závodních vozů. Z tohoto důvodu je dovoleno opracování např. horní části pístu (platí pouze pro úpravy kompresního poměru). Kompresní poměr (poměr mezi objemem nasáté a stlačené směsi před zážehem) má totiž vliv např. na průběh a velikost točivého momentu v závislosti na otáčkách motoru. Dalším důvodem omezení kompresního poměru je to, aby nedocházelo k předčasnému vzněcování paliva ve válci z důvodu jeho zahřívání stlačováním.

Písty motoru musí být homologované a musí splňovat určitou minimální hmotnost. Povoleny jsou opracování některých částí pístu z důvodu změny kompresního poměru, dle výše uvedených pravidel.

Další předpisy pro motor závodního vozu typu WRC se týkají např. rozvodů, vyvažovací hřídele, setrvačniku motoru apod.

## 5.5 Převodový a hnací systém

### 5.5.1 Převodovka a diferenciál

Převodovkové skříně, převody i držáky v nich, stejně jako ovládání převodovek, musí být homologované v rozšíření WRC a použité bez jakékoliv změny. Do převodovkové skříně je povoleno vyvrtání děr (se závitem nebo bez závitů) pro instalaci teplotních senzorů maziva. Maximální průměr těchto otvorů je omezen na 14 mm. Totéž platí také pro skříň diferenciálu.

Jako přední, zadní i středový diferenciál může být použit pouze takový typ, který má mechanický systém omezení prokluzu. Zakázány jsou diferenciály, pracující za pomoci hydraulického nebo elektrického systému, včetně diferenciálu s elektronickou kontrolou.

Zakázané je použití viskózní spojky. Jde o spojku, která se běžně využívá u vozů s pohonem všech čtyř kol k ideálnímu rozdělení hnací síly mezi přední a zadní nápravou. Při použití této spojky dochází, v případě prokluzu např. přední nápravy, k převodu veškerého momentu na nápravu zadní a naopak. U automobilů kategorie WRC se s tímto nesetkáme, jde tedy o tzv. „trvalý pohon všech čtyř kol“.

Spojka použitá na voze musí být opět homologována v rozšíření WRC a nesmí na ní být provedena žádná změna. Stejně tak je povolen pouze homologovaný systém jejího ovládání. Libovolné je pouze vypínací ložisko a jeho ovládání (toto ložisko slouží k ovládání spínání a rozepínání spojky). Nádoba na spojkovou kapalinu (hydraulická kapalina využívaná k ovládání spojky) může být umístěna v prostoru posádky, pokud je řádně upevněna a je vyrobena z nehořlavého materiálu, popř. zakryta nepropustným a ohnivzdorným krytem.

Další předpisy se týkají hnacích hřídelů. Jejich délka (jak podélných, tak příčných hřídelů) je libovolná. Klouby, které jsou použity na straně kol a diferenciálů, musí být mezi sebou zaměnitelné (klouby na použité na zadní i přední nápravu jsou stejné).

## 5.6 Řízení a zavěšení kol

Všechny prvky, zajišťující zavěšení kol, musí být homologovány a nesmí být jakkoliv měněny.

### 5.6.1 Klouby a vyztužovací tyče

U kloubů může být změněn materiál z důvodu přitvrzení geometrie.

Nejčastěji jsou použita kulová ložiska namísto silentbloků. Hlavním důvodem nahrazení této součásti je to, že silentblok by se mohl deformovat (např. vlivem vysoké akcelerace nebo prudkého brzdění) a způsobovat tak změnu geometrie kol a nepřesnosti v řízení, což je u závodní techniky nepřijatelné.

Vyztužovací tyče, které slouží ke zpevnění a vyztužení podvozku mohou být připevněny v podélné ose vozidla k montážním bodům na šasi. Zesíleny mohou být upevňovací body zavěšení. Podmínkou takového zesílení je to, že přidaný materiál bude kopírovat tvar původního dílu a bude s ním v kontaktu. To znamená, že zesílením nesmí dojít k vytvoření dutého prostoru (profilu).



### 5.6.2 Stabilizátory

Povoleny jsou pouze stabilizátory mechanického typu, je zakázáno použití jakéhokoliv hydraulického prvku na stabilizátoru nebo některé z jeho částí. Dále je zakázáno využití systému, který by umožňoval nastavení stabilizátorů z prostoru pro posádku. Pokud by byl takovýto systém povolen, bylo by možné měnit nastavení bez demontáže kol a vnějšího mechanického zásahu na vozidle.

Nastavení stabilizátorů je velmi důležité. Má velký vliv na náklon vozidla a tím i na jeho ovládání v zatáčkách. Toto nastavení se nejčastěji upravuje, pokud se mění povrch tratě závodu (např. mezi asfaltovou a šotolinovou rychlostní zkouškou). Stabilizátory a jejich upevňovací body musí být homologované. Je zakázáno vzájemné spojení stabilizátorů.

### 5.6.3 Tlumiče a pružiny

Materiál použitých pružin je libovolný, stejně jako jejich rozměry. Je dovoleno jednu pružinu nahradit více pružinami téhož typu, které mohou být řazeny paralelně (soustředně) nebo sériově. Předepsaný je typ těchto pružin; nařizeno je použití vinutých pružin. Sedla pružin smějí být upravena tak, aby bylo možné jejich seřízení a nastavení.

U každého kola je povolen pouze jeden tlumič. Zároveň je zakázáno jakékoliv spojení tlumičů mezi sebou. V předpisech národních sportovních řádů je uveden postup kontroly, kterou se musí princip fungování tlumičů ověřovat.

Pokud mají tlumiče oddělné nádrže tekutin (jelikož pracují na hydraulickém principu), které jsou umístěné v prostoru pro posádku nebo zavazadlovém prostoru, musí být řádně připevněné a zakryté ochranou. Jsou zakázány systémy chlazení tlumičů vodou (výjimkou jsou jednoduché a úsporné systémy, které musí být v případě použití homologované). Kromě zmíněných výjimek je povoleno pouze chlazení tlumičů obtékajícím vzduchem, který je na ně přiváděn.

Stejně jako u stabilizátorů je i zde zakázána možnost změny nastavení tlumičů z prostoru posádky. Toto nastavení si posádky nejčastěji mění mezi měřenými úseky (RZ). Na rozdíl od stabilizátorů není ke změně nastavení tlumičů vždy nutná demontáž kol. Např. u Fordu Focus WRC se toto nastavení mění pomocí šroubů v prostoru kufru a v prostoru motoru (změna světlé výšky vozu; roztažení popř. zkrácení tlumičů), ale také přímo na tlumičích bez nutné demontáže kola (změna vlastností tlumičů).

### 5.6.4 Řízení

Skříň řízení a hřeben řízení musí být umístěny stejně jako u sériového vozu a musí být homologované. Stejná pravidla platí i pro sloupek řízení a tyče s kulovými čepy. Spojovací komponenty tyčí mohou být libovolné pod podmínkou, že budou vyrobeny ze slitiny na bázi železa.

Hydraulické čerpadlo posilovače řízení může být umístěno v motorovém prostoru na libovolném místě. Je povoleno nahradit jedno hydraulické čerpadlo čerpadlem elektrickým, pokud tomu tak bylo u původního sériového vozu. Rozdíl mezi těmito čerpadly je v tom, že hydraulické čerpadlo je poháněno točivým momentem z motoru (např. z řemenice), zatímco elektrické čerpadlo je hnané vlastním elektromotorem.

Systém posilovače, využívající elektrický motor, může být nahrazen systémem s hydraulickým, popř. elektro-hydraulickým motorem, pokud je tento systém využit i u sériového vozu, ze kterého je daný závodní vůz vytvořen.

## 5.7 Kola a pneumatiky

Pro kola automobilu platí pravidlo, že horní část kola (tj. část kola nad středem náboje) musí být zakryta karoserií ve svislém směru (tzn., že kolo nemůže z karoserie vyčnívat při pohledu na vůz shora). Pod pojmem „kolo“ je zde myšleno kompletní kolo (ráfek včetně pneumatiky). Volba vlastních kol, které lze na závodním vozidle použít, je pak omezena národními sportovními řády, ve kterých se rozlišují kola přípustná pro rally na šotolině nebo na asfaltu. Liší se povolené rozměry ráfků a jejich minimální hmotnost. Další omezení volby kol může být uvedeno i v pravidlech konkrétního závodu.

Upevnění kol, které je u běžných automobilů realizováno pomocí šroubů, může být u závodního vozu ponecháno, případně nahrazeno upevněním pomocí svorníků a matic. Na kolech je zakázáno používat doplňkové odsavače vzduchu nebo jakékoliv zařízení, které by umožňovalo pneumatice zachovat si vlastnosti i po ztrátě vnitřního tlaku (bylo by pak možné dojet měřený úsek bez opravy i po proražení pneumatiky). Rezervní kolo může být ve voze umístěno, ale není to podmínkou (např. ve vozech Porsche GT3 rezervní kolo jezdcí nevozí, jelikož zde na něj není dostatek prostoru). Pokud je jím vozidlo vybaveno, nesmí být umístěno v prostoru vyhrazeném pro jezdce a spolujezdce. Nesmí být umístěno ani vně vozu, popř. jiným způsobem měnit vnější vzhled karoserie.

## 5.8 Brzdový systém

Volba komponentů určených pro brzdový systém je velmi omezena homologací typu WRC. Homologovány musí být brzdové kotouče, třmeny, hlavní brzdové válce, ruční brzda i pedál brzdy. Brzdové potrubí může být nahrazeno pouze potrubím leteckého typu (odolnější vůči vysokým teplotám, pevnější šroubení, atd.). Naopak materiál a způsob upevnění brzdového obložení je libovolný (upevnění může být provedeno pomocí nýtů, popř. lepení). Jedinou podmínkou volby této části brzdového systému je zachování původní velikosti obložení.

Zařízení jako posilovač brzd a protiblokovací systém brzd (ABS) mohou být odpojena nebo zcela odebrána. Po odstranění mohou být tyto systémy nahrazeny jakoukoliv jinou homologovanou sadou. Brzdový systém může být také doplněn zařízením na oškrabávání bahna z disků nebo kol.

## 5.9 Karoserie

Kapitola týkající se předpisů pro karoserii závodního vozu je velmi obsáhlá. Proto je níže uveden pouze odstavec, týkající se krytu, který je navrhován v praktické části této práce.

### 5.9.1 Ochrana podvozku

*Montáž ochrany podvozku je povolena pouze pro rally za podmínky, že se jedná o účinnou ochranu, která respektuje světlost, je demontovatelná a koncipovaná výlučně na ochranu následujících prvků: motor, chladič, zavěšení, převodovka a zadní diferenciál, nádrž, hnací hřídele, řízení, výfuk, lahve hasicího systému. Pouze před osou předních kol mohou tyto ochrany zakrývat celou šířku dolní části předního nárazníku. [9]*

## 6 Srovnání běžné a závodní techniky

V následující kapitole jsou na konkrétních komponentech automobilu demonstrovány rozdíly mezi běžnými sériovými vozy a závodními vozy rally. Pro srovnání byly použity dvě části vozu - spojka a tlumič. Oba popisované díly jsou součástí vozu Ford Focus WRC, který startoval několik let v rámci Mistrovství světa v rally. Poprvé byl nasazen do Mistrovství světa v rally (WRC) v roce 2005 na Novém Zélandu. V současné době tento vůz pilotuje Jan Dohnal, který se s ním účastní již třetí sezonu Mistrovství České republiky v rally. Na obrázku (Obr. 6-1) je zmíněný vůz vyobrazený.



Obr. 6-1 Ford Focus WRC týmu Dohnal Rally [10]

Popis vozu uvedený na webových stránkách Dohnal Rally týmu:

*Soutěžní speciál vyvinutý výhradně pro automobilové soutěže sportovním oddělením Ford Motor Company ltd. a společností M-Sport. Vůz je poháněn dvoulitrovým přeplňovaným motorem, disponuje pětistupňovou sekvenční převodovkou ovládanou pádlem pod volantem elektrohydraulicky a pohonem všech čtyř kol. Přední a zadní diferenciály jsou samosvorné, mechanické. Centrální mezinápravový diferenciál je aktivní, hydraulicky ovládaný.*

*Minimální hmotnost vozu je stanovena předpisy FIA na 1200 kg. Všechna technická řešení tohoto závodního speciálu jsou maximálně podřízena funkčnosti a odolnosti na asfaltových, šotolinových a sněhových rychlostních zkouškách (dále jen SS) jednotlivých rally. Při konstrukci a vývoji vozu bylo cílem získat maximální pružnost, výkon a rychlost při průjezdu jednotlivých zatáček, také špičkový brzdňý účinek, stabilitu ve vysokých rychlostech a obratnost při průjezdech technických pasáží. Všechny technické parametry podléhají předpisům FIA pro vozy kategorie WRC. [11]*

## 6.1 Spojka

Spojka je velmi důležitou součástí vozu. Nachází se mezi motorem a převodovkou, a slouží k přenosu točivého momentu mezi těmito částmi, popř. přerušení tohoto přenosu. U vozu WRC je nutné přenášet větší točivý moment, než u běžných automobilů, a tomu musí být přizpůsobena i konstrukce spojky. Ve srovnání s běžně využívanou spojkou je takových rozdílů několik.

### 6.1.1 Umístění spojky

U běžného automobilu je spojka umístěna mezi motorem a převodovkou. Pokud je potřeba u takového vozu spojku z automobilu vyjmout, je nutná i demontáž převodovky. To je u tohoto závodního vozu WRC zcela nemyslitelné, jelikož spojka vyžaduje častou údržbu a kontrolu, a proto je důležité zajistit její snadnou demontovatelnost. Z tohoto důvodu je v tomto automobilu spojka zavěšena přímo na boku převodovky a její vyjmutí z vozidla je možné bez demontáže převodovky (spojku lze odmontovat z prostoru levého předního kola).

### 6.1.2 Počet lamel

Zatímco u běžných vozů jsou využívány zpravidla jednodamelové spojky, u vozů WRC jsou to spojky vícelamelové (u Fordu Focus WRC se jedná o šestilamelovou spojku – tři páry lamel). Důvodem je již zmíněný vyšší přenášený točivý moment. Každý pár lamel tvoří ústrojí, které tento moment přenáší pomocí tření. V páru se vždy nachází jedna lamela s vnitřními tvarovými prvky přenášející moment ze středu spojky (moment z motoru) a druhá lamela s vnějším ozubením přenášející moment z první zmíněné lamely na spojkový koš (moment do převodovky).

### 6.1.3 Tvar lamel

Z podkapitoly č. 6.1.2 vychází další rozdíl mezi spojkou závodní a běžnou (jednodamelovou), kterým je rozdílný tvar a konstrukce lamel (tvarové prvky pro lepší přenos momentu). Tímto tvarem lamel se závodní spojka podobá motocyklovým spojkám, které bývají také vícelamelové.

### 6.1.4 Doba provozu bez údržby

U závodního automobilu je vše plně přizpůsobeno tomu, aby byl na měřeném úseku co možná nejrychlejší. Tomuto kritériu se musí podřídit vše ostatní.

Závodní spojka na voze WRC vydrží bez kontroly a údržby cca 100 km „ostré jízdy“ (tzn. jízdy na měřených úsecích). Je zcela zřejmé, že u běžného automobilu je taková frekvence údržby zcela nemyslitelná. Tato odlišnost je spjata s odlišností č. 6.1.1. Spojka závodního speciálu musí být snadno demontovatelná, jelikož k jejímu vyjmutí z vozu dochází prakticky při každé zastávce v servisní zóně. Základní údržba spočívá ve vyčištění spojky, přeměření tloušťky lamel (lamely se značně opotřebovávají) a výměně vymezovacích podložek mezi svazkem lamel a talířovou pružinou (pro optimální nastavení předpětí pružiny spojky). Vymezovací podložky vymezují vůli vzniklou právě změnou tloušťky lamel (opotrebením).

### 6.1.5 Materiál lamel a vypínacího ložiska

U běžných vozů jsou lamely, respektive jejich třecí obložení, vyráběny z organických materiálů, popř. anorganických spékaných bronzů, nebo spékaného železa. Lamely ve spojce vozu WRC jsou vyrobeny z karbonu. Ve spojkách běžných vozů se tento materiál nepoužívá z důvodu jeho vysoké ceny.

Jako vypínací ložisko se používá ložisko kuličkové, ve kterém se využívá keramických kuliček pro zajištění větší životnosti. Takové vypínací ložisko u běžného automobilu také nenalezneme.

### 6.1.6 Hydraulické okruhy

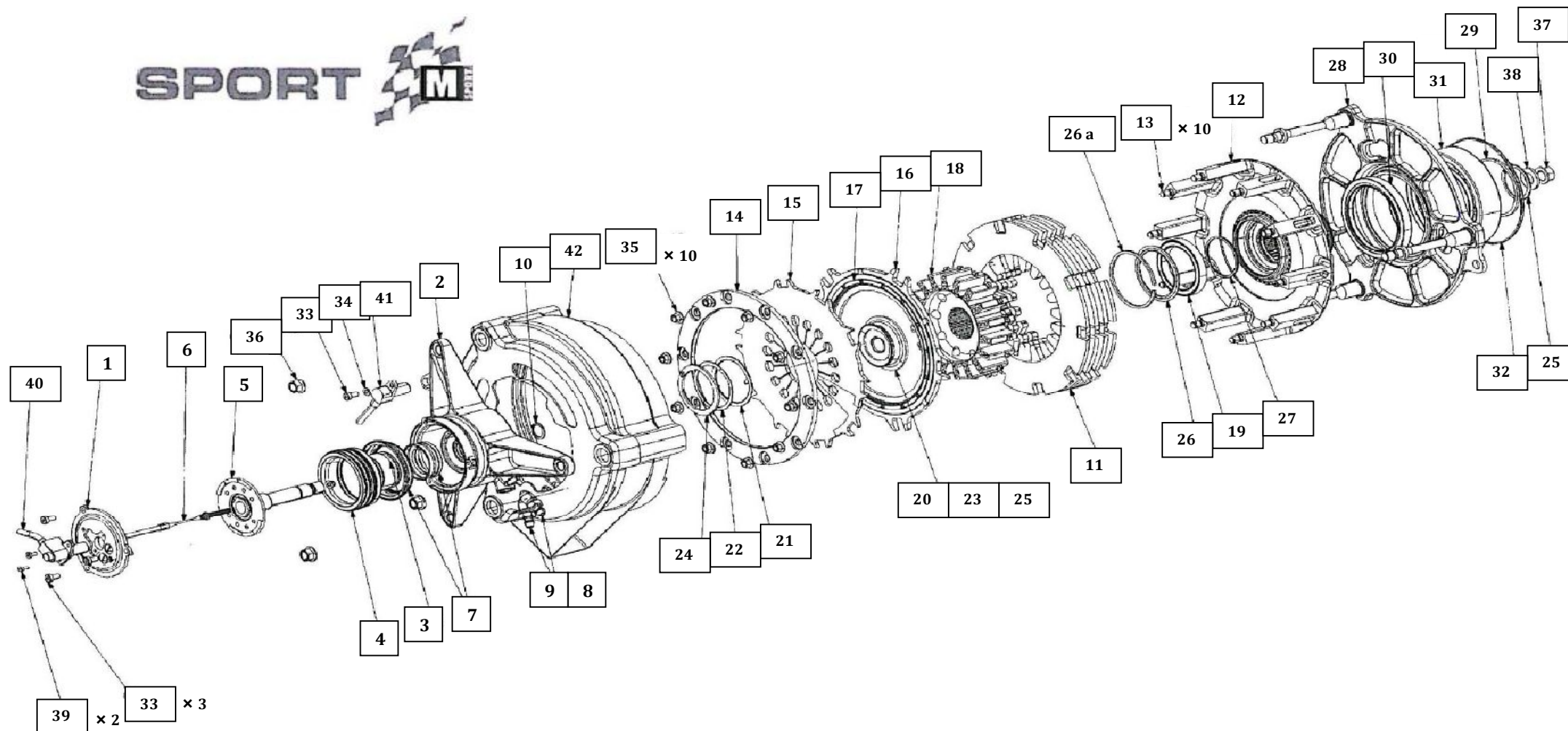
Spojka ve voze Ford Focus WRC je ovládána hydraulicky (olej přiváděný do spojky pod tlakem způsobuje odtlačení talířové pružiny a tím přerušení přenosu točivého momentu). Na rozdíl od běžných automobilů jsou zde dva hydraulické okruhy, které mohou spojku ovládat. Jeden okruh je ovládán pedálem (řidičem), zatímco druhý okruh je elektrohydraulický a je ovládán automaticky řídicím systémem vozu.

První zmíněný okruh je využíván po montáži spojky, kdy je potřeba stiskem pedálu načíst ovládací krok spojky, a následně při zastavování vozu, kdy je potřeba přenos momentu stiskem pedálu rozpojit. Řídicí systém automobilu pak spojku ovládá v jízdním režimu, včetně startu.

Při startu pilot pouze drží akcelerační pedál ve spodní poloze a vozidlo je zajištěno ruční brzdou. Po uvolnění brzdy řídicí systém sám dávkuje prostřednictvím spojky velikost točivého momentu přenášeného do převodovky tak, aby byl rozjezd co možná nejefektivnější. Dochází také ke spolupráci se systémem Launch Control, který zajišťuje elektronické řízení plynu pro hladký a rychlý rozjezd automobilu bez prokluzu kol.

Na následujících dvou stranách je znázorněn rozpad sestavy spojky, včetně popisu jednotlivých částí, převzatý z návodu vydaného výrobcem tohoto závodního vozu, kterým je společnost M-Sport sídlící ve Velké Británii.

### 6.1.7 Rozpad sestavy spojky



Obr. 6-2 Rozpad sestavy spojky Fordu Focus WRC [12]

## Ford Focus RS WRC 07

### Technický postup #17

#### 2007 Návod k opravě spojky

---



- 1 KRYCÍ DESKA OVLADAČE
- 2 POUZDRO OVLADAČE
- 3 HYDRAULICKÝ PÍST SPOJKY
- 4 PÍST SPOJKOVÉHO PEDÁLU
- 5 TÁHLO OVLADAČE
- 6 PRODLUŽOVACÍ TÁHLO
- 7 SADA TĚSNĚNÍ OVLADAČE 12 DÍLNÁ
- 8 PRACHOVÝ KRYT PŘÍPOJKY
- 9 HYDRAULICKÁ PŘÍPOJKA
- 10 POJISTNÝ KROUŽEK SPOJKY 12 MM
- 11 SVAZEK KARBONOVÝCH LAMEL
- 12 SESTAVA SETRVAČNÍKU
- 13 ČEP SETRVAČNÍKU
- 14 KRYCÍ DESKA SPOJKY
- 15 TALÍŘOVÁ PRUŽINA
- 16 TITANOVÁ ZÁKLADNÍ DESKA PRO PODLOŽKU
- 17 PODLOŽKA
- 18 NÁBOJ
- 19 LOŽISKO NÁBOJE
- 20 NOSIČ VYPÍNACÍHO LOŽISKA
- 21 PROTIROTAČNÍ PODLOŽKA
- 22 VLNITÁ PRUŽNÁ PODLOŽKA
- 23 HYBRIDNÍ VYPÍNACÍ LOŽISKO
- 24 POJISTNÝ KROUŽEK VYPÍNACÍHO LOŽISKA A PRUŽINY
- 25 POJISTNÝ KROUŽEK NOSIČE VYPÍNACÍHO LOŽISKA
- 26 PRACHOVÝ KRYT SPOJKY
- 26a POJISTNÝ KROUŽEK NÁBOJE
- 27 O-KROUŽEK VNITŘNÍHO NÁBOJE SPOJKY
- 28 ZADNÍ DESKA VČETNĚ CHROMOVANÉHO ČEPU
- 29 POJISTNÝ KROUŽEK VODÍČÍHO LOŽISKA NA SETRVAČNÍKU
- 30 TĚSNĚNÍ NOSNÉHO DRŽÁKU SPOJKY
- 31 VODÍČÍ LOŽISKO SPOJKY
- 32 O-KROUŽEK 90 x 2.5 VITON 80 SHORE
- 33 ŠROUB TORX M4 x 8
- 34 PODLOŽKA SCHNORR M4
- 35 STRÍBRNÁ PŘÍRUBOVÁ MATICE M6
- 36 PŘÍRUBOVÁ MATICE MB
- 37 PŘÍRUBOVÁ MATICE M10 X 1.25
- 38 M10 TVAROVÁ BS PODLOŽKA
- 39 ŠROUB TORX M3 x 6
- 40 SNÍMAČ POLOHY SPOJKY
- 41 SNÍMAČ OTÁČEK SPOJKY
- 42 06 KRYT KARBONOVÝCH LAMEL SPOJKY

*Obr. 6-3 Pozice pro rozpad spojky Fordu Focus WRC [13]*

### 6.1.8 Fotografie závodní spojky

Na následujících fotografiích je vyobrazeno umístění spojky na automobilu a její rozebrání.

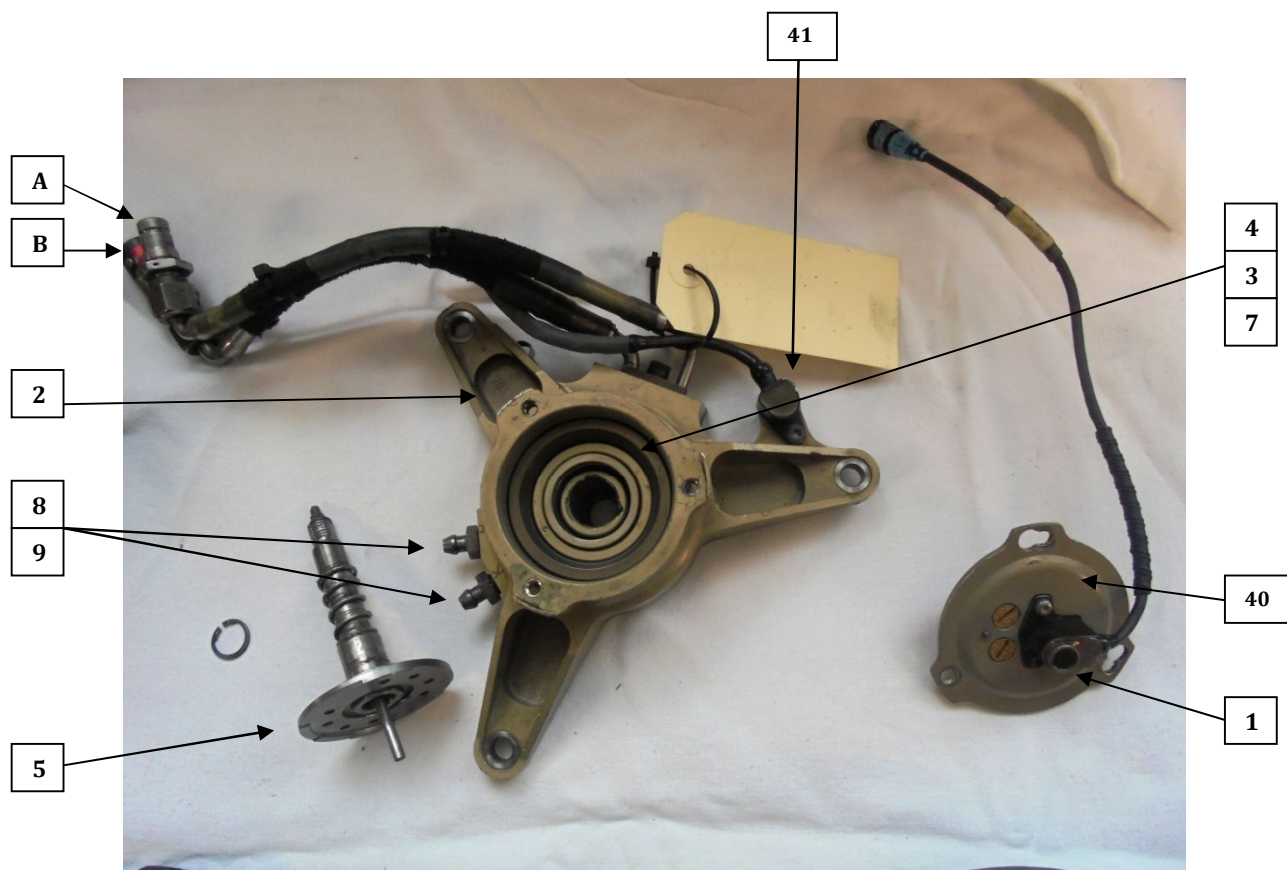


Obr. 6-4 Umístění spojky v prostoru levého předního kola (spojka označena šipkou)

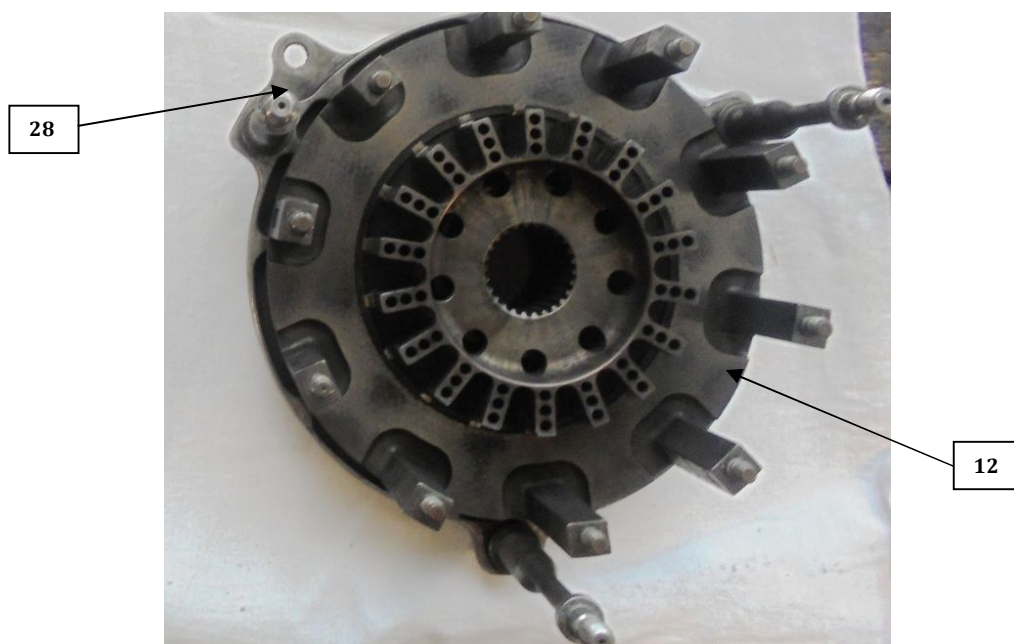


Obr. 6-5 Spojka po demontáži a rozebrání





Obr. 6-6 Ovladač spojky a jeho komponenty (popis částí odpovídá rozpadu sestavy)  
*A, B* – dva základní hydraulické okruhy ovládající spojku (elektrohydraulický okruh řídicího systému automobilu, hydraulický okruh spojkového pedálu)



Obr. 6-7 Setrvačnick na nosném držáku spojky (popis částí odpovídá rozpadu sestavy)

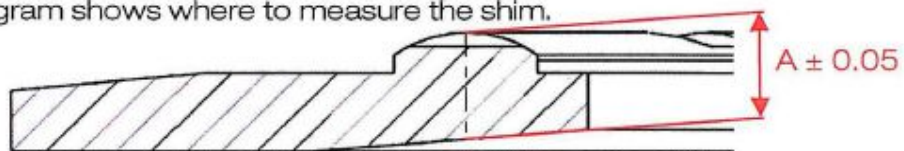


Obr. 6-8 Vypínací ložisko na talířové pružině spojky (č. 15, 20, 23, 25 na rozpadu sestavy spojky)

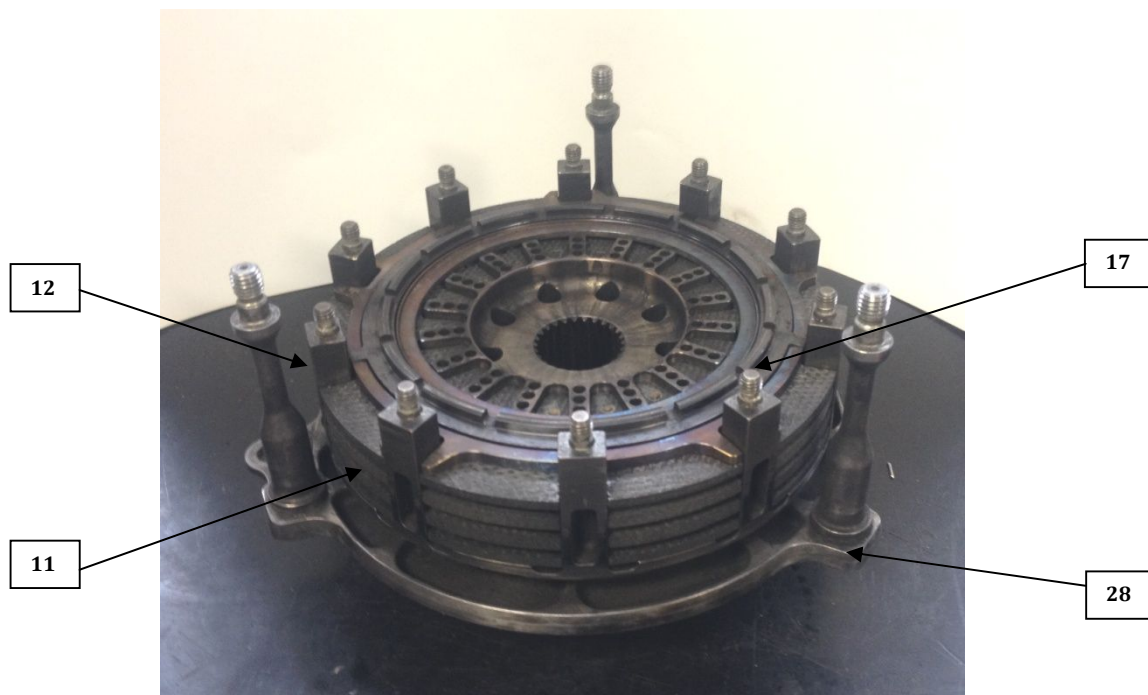


Obr. 6-9 Karbonové lamely s vnitřním a vnějším ozubením (č. 11 na rozpadu sestavy spojky)

The following diagram shows where to measure the shim.



Obr. 6-10 Řez podložkou, sloužící k vymezení vůli vzniklých opotřebením lamel (č. 17 na rozpadu sestavy spojky) [14]



Obr. 6-11 Lamely a vmezovací podložka (na vrchní lamele) v setrvačnicku (popis částí odpovídá rozpadu sestavy)

## 6.2 Tlumiče

Druhou součástí závodního vozu, která byla vybrána pro srovnání, je tlumič. Tlumiče jsou pro závodní vůz velmi důležité, neboť významně ovlivňují jeho ovládání a jízdní vlastnosti. Jejich kvalita a nastavení jsou pro závodní automobil zcela klíčové. Nejdůležitější pro ovládání vozu jsou tlumiče umístěné na předních, tedy rejdových kolech (kolech schopných natáčení). Proto byl pro srovnání vybrán právě přední tlumič (opět součást vozu Ford Focus WRC).

Na uvedeném voze jsou používány tlumiče značky „Reiger racing suspension“. Jde o nizozemskou společnost, specializující se pouze na vývoj a výrobu tlumičů pro závodní automobily, čtyřkolky a motocykly. Od běžně využívaných tlumičů na sériových vozech se závodní tlumiče liší nejen konstrukcí, ale také některými funkcemi a především velmi rozmanitými možnostmi, souvisejícími s jejich nastavením.

### 6.2.1 Robustnost při zachování nízké hmotnosti

Na první pohled je závodní tlumič, ve srovnání s běžným sériovým tlumičem, značně robustnější. Je to způsobeno tím, že jeho konstrukce je složitější a tlumič je navíc vybaven několika nadstandardními systémy (např. systémem pro změnu nastavení tuhosti při průjezdu zatáčkou atd.). Zároveň je ale u tlumičů vyžadováno jejich maximální odlehčení. Toto snížení hmotnosti není tolik rozhodující z hlediska celkové hmotnosti vozu, ale je velmi důležité, protože velká část tlumiče spadá do tzv. neodpružené hmoty automobilu. Jedná se o hmotnost těch částí vozu, které nejsou odtlumeny (tj. částí nacházejících se pod úrovní tlumicího mechanismu).

### 6.2.2 Základní nastavení tuhosti tlumiče pomocí volby planžet

Před každým závodem jsou tlumiče rozebrány a kromě běžného čištění a údržby na nich probíhá také základní nastavení tvrdosti. To vychází z principu fungování tlumicího mechanismu. Jde o to, že olej umístěný v nádobce, která je spojena s vnitřním prostorem tlumiče, je udržován pod tlakem. To zajišťuje pryžový vak naplněný tlakovým dusíkem uvnitř téže nádoby. Olej je tlačěn do prostoru tlumiče, ale nemůže proniknout do prostoru nad tlumicí planžety, které zde fungují jako píst. V okamžiku, kdy na tlumič začne působit síla (vyvolaná např. nárazem kola do překážky), dochází k většímu tlaku oleje na tlumicí planžety. Planžety se prohýbají a pomalu propouštějí olej do prostoru nad nimi, což zajistí tlumení rázových sil působících na zavěšení kola. Tyto síly se tak díky tlumicímu mechanismu nepřenášejí na karoserii.

Z tohoto principu je zřejmé, že tvrdost tlumiče ovlivňuje zejména tuhost použitých tlumicích planžet. Základní nastavení tlumiče se tedy provádí volbou tloušťky, průměru, druhu a pořadí těchto planžet. Takových planžet je na pístnici v jednom tlumiči umístěno i několik desítek. Nastavení se pak provádí podle toho, z jakých tratí je složen podnik, na který je automobil připravován.

### 6.2.3 Oddělení plynového polštáře od oleje

U sportovní techniky se nejčastěji využívají tlumiče plynokapalinové. Princip plynokapalinového tlumiče spočívá v tom, že tlumič je naplněn nejen tlumičovým olejem, ale také plynem, který je do olejové nádoby plněn pod tlakem. U sportovních tlumičů je nejčastěji využívaným plynem v dusík. Na rozdíl od většiny tlumičů, využívaných na běžných sériových vozech, je v těchto sportovních tlumičích dusík uzavřen v pryžovém vaku, umístěném uvnitř nádoby s olejem. Nedochozí tak k přímému kontaktu oleje s dusíkem, což je velmi důležité, jelikož v opačném případě by, vlivem většího namáhání tlumiče, mohlo dojít ke zpěnění oleje a tlumič by se tak stal nefunkčním (jelikož zpěněný olej by přes planžety pronikal příliš snadno).

### 6.2.4 Další nastavení tlumiče

Jak již bylo uvedeno výše, závodní tlumiče umožňují mnoho variant nastavení. Kromě nastavení tvrdosti volbou tlumících planžet jsou zde další 3 úrovně nastavení:

- a) nastavení rychlosti stlačení tlumiče při běžném stlačení (při standardní jízdě po nerovné vozovce)
- b) nastavení rychlosti stlačení tlumiče při vysokorychlostním stlačení (v případě náhlého, prudkého nárazu kola do překážky)
- c) nastavení rychlosti roztažení tlumiče (rychlost, kterou se tlumič vrací zpět do roztažené polohy)

Každé z těchto nastavení má přibližně 30 různých poloh (variant).

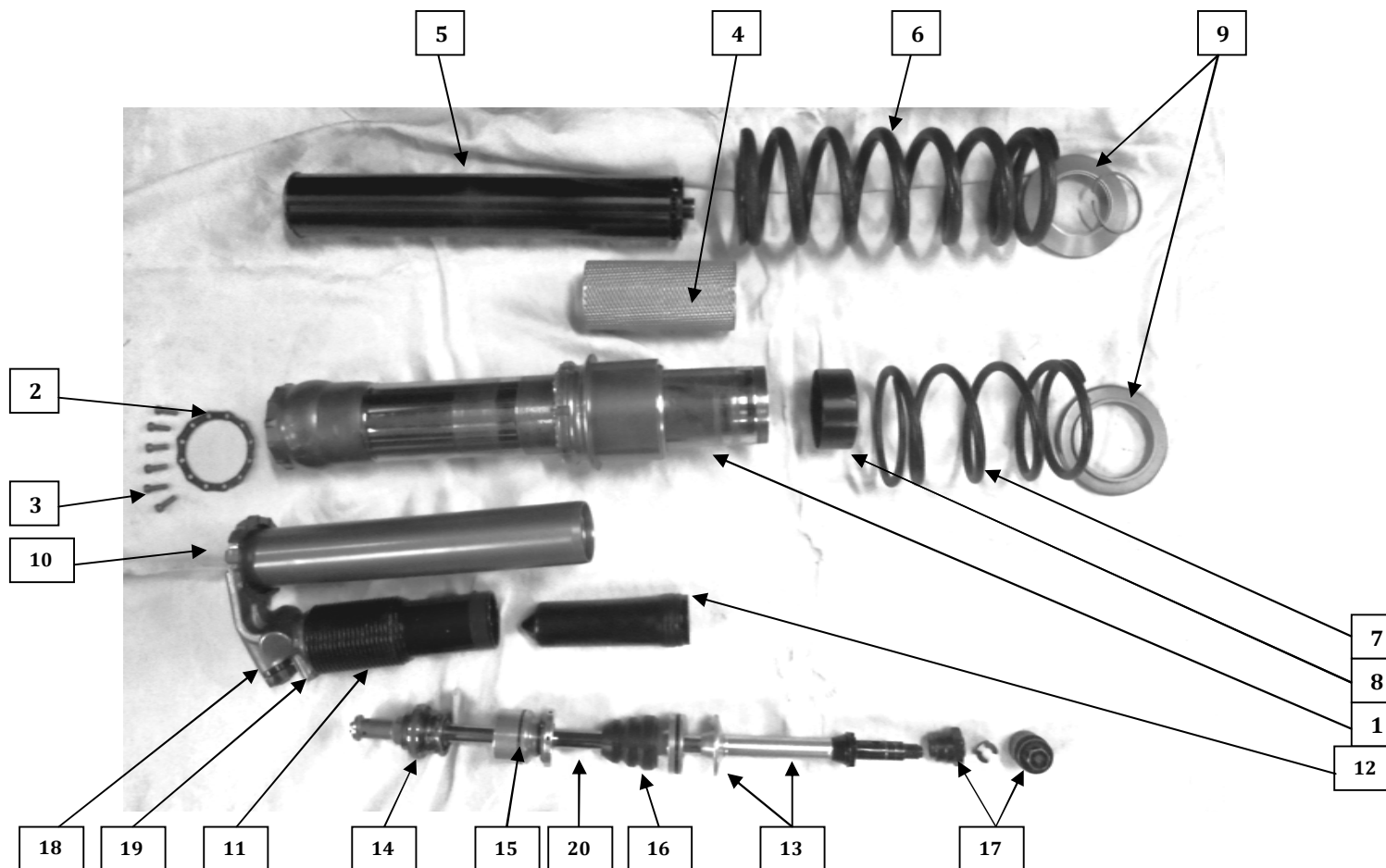
### 6.2.5 Vedení vodící pístnice uvnitř trubky tlumiče

U většiny běžných tlumičů je vedení tlumiče uvnitř trubky (válece) vyřešeno pomocí pouzdra s teflonovým povrchem. V takovém případě ale vzniká poměrně velké tření, které silově působí proti směru pohybu tlumiče a zpomaluje se tak jeho reakce. Rychlá reakce tlumiče na překážku u závodního vozu je ovšem nezbytně nutná. Proto je zde vedení vyřešeno použitím lineárního kuličkového ložiska, které je umístěno právě mezi vodící pístnicí a trubicí tlumiče a které zmíněné tření významně snižuje. Toto řešení se využívalo pouze na starších vozech WRC. U nových závodních vozů je již použití lineárního ložiska v tlumičích zakázané.

### 6.2.6 Aktivní rebound

„Rebound“ je výraz pro zařízení, kterým je vybaven prakticky každý tlumič. Jde o mechanismus, který zajišťuje jeho opětovné roztažení po stlačení. U některých závodních tlumičů je ovšem instalován tzv. „aktivní rebound“. To znamená, že lze nastavit, jak rychle dojde k roztažení tlumiče a vyvěšení kola v okamžiku, kdy kolo zcela ztratí kontakt s vozovkou (bez ohledu na nastavení rychlosti standardního roztažení tlumiče). Souvisí to s jednou ze základních funkcí tlumičů (kola musí stále správně kopírovat povrch vozovky).

### 6.2.7 Rozpad sestavy předního tlumiče



Obr. 6-12 Rozpad sestavy předního tlumiče Fordu Focus WRC

Tab. 6-1 Pozice pro rozpad tlumiče Fordu Focus WRC

Pozice	Popis
1	Trubka těla tlumiče
2	Těsnění pracovního prostoru tlumiče
3	Šrouby pro upevnění těla tlumiče na trubku tlumiče
4	Lineární ložisko pro vedení vodící pístnice uvnitř trubky těla tlumiče
5	Vodící pístnice tlumiče (slouží pro vedení pracovní pístnice uvnitř trubky tlumiče; pracovní pístnice má malý průměr, proto musí být doplněna touto vodící pístnicí, aby nedošlo k ohybu nebo vzpěru uvnitř trubky tlumiče)
6	Hlavní pružina
7	Pomocná (kompenzační) pružina
8	Těsnicí pouzdro vodící pístnice (obsahuje stírací a těsnicí kroužek; utěšňuje prostor mezi vodící pístnicí a trubkou tlumiče, ve kterém je napuštěno 40 ml oleje)
9	Opěry pružin (mezipružinová a horní)
10	Tělo tlumiče
11	Nádobka tlumiče (obsahuje olej a pryžový vak se stlačeným dusíkem)
12	Pryžový vak na stlačený dusík
13	Rozpěrka pro omezení zdvihu tlumiče
14	Svazek tlumících planžet
15	Zátka tlumiče
16	Pryžový doraz (bump stop)
17	Matice se systémem pro seřizování a aktivní ovládání rychlosti roztažení (vyvážení) tlumiče (tzv. active rebound)
18	Ovládání komprese tlumiče
19	Ovládání tlumiče pro průjezd zatáčkou (slouží ke ztužení tlumičů umístěných na kolech uvnitř zatáčky; ovládání pomocí válečku, který je při průjezdu zatáčkou vychýlen odstředivou silou)
20	Pracovní pístnice tlumiče

### 6.2.8 Fotografie závodního tlumiče



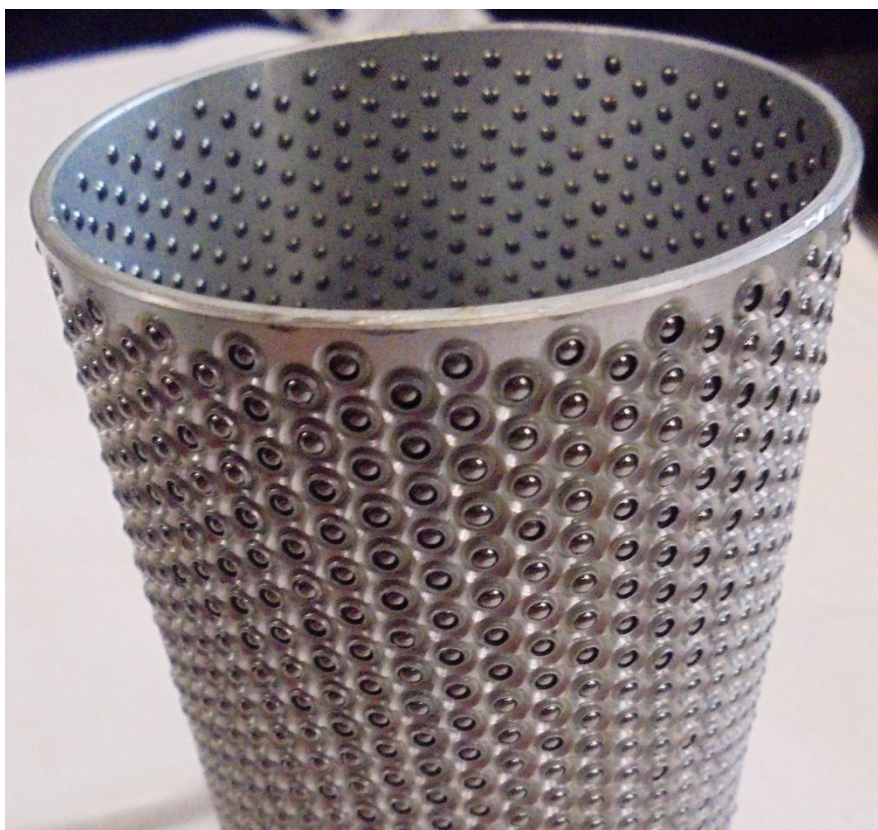
Obr. 6-13 Detail demontovaného svazku tlumících planžet (č. 14 na rozpadu sestavy tlumiče)



Obr. 6-14 Detail těla tlumiče s nádobkou pro olej a pryžovým vakem na stlačený dusík



Obr. 6-15 Hydraulické ovládání výšky vozu (nasazeno na tělo tlumiče pod trubkou tlumiče)



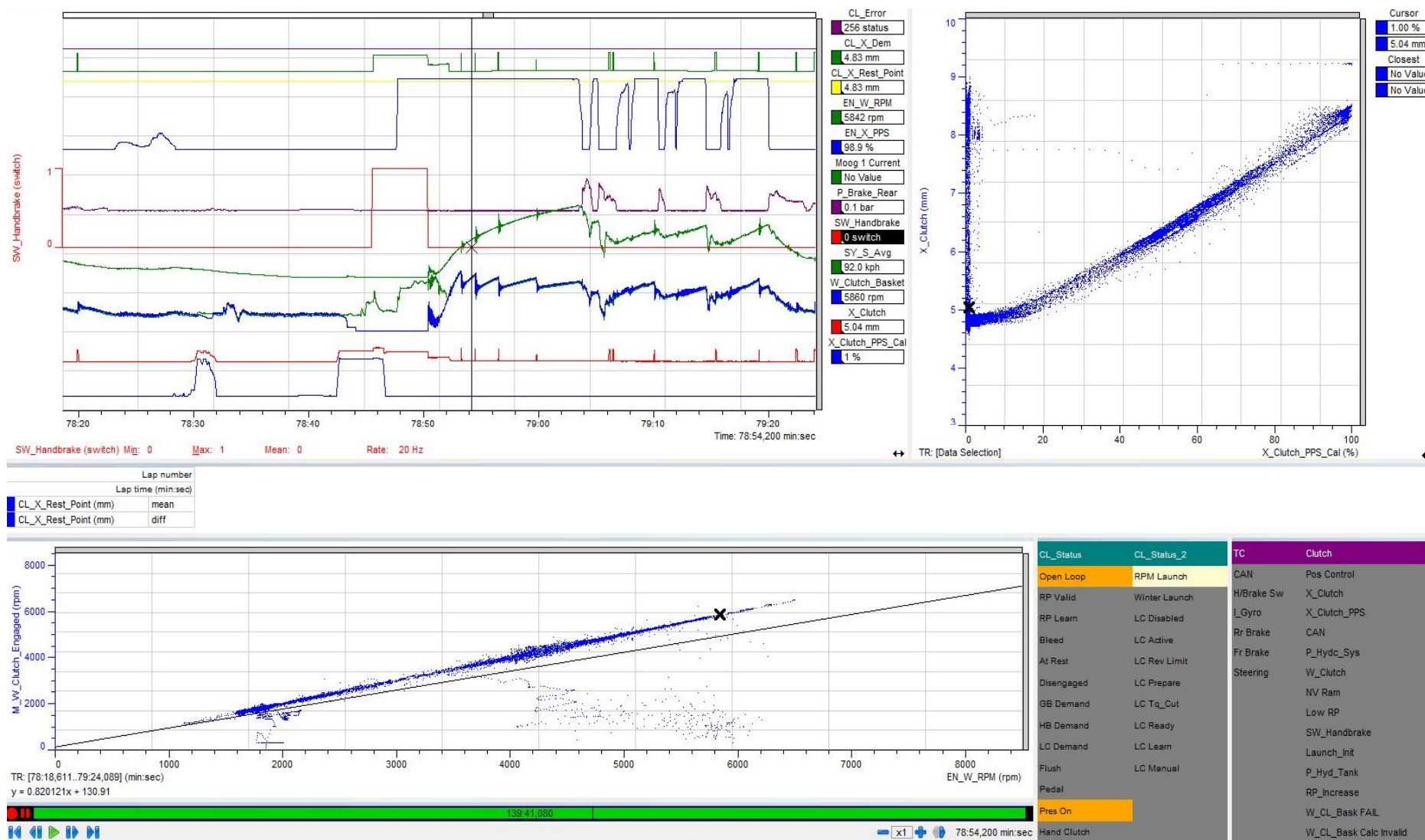
*Obr. 6-16 Detail lineárního kuličkového ložiska použitého pro vedení vodící pístnice uvnitř trubky tlumiče (č. 4 na obrázku rozpadu tlumiče)*

### **6.3 Zpracování údajů o nastavení automobilu**

Údaje o spojce a tlumičích jsou zaznamenávány do tabulky, která se nazývá Set-up sheet (list nastavení). Zapisuje se do ní typ tlumičů, jejich nastavení atd. Podobné údaje se zaznamenávají také o spojce a dalších částech vozu.

Set-up sheet slouží k tomu, aby byla data o nastavení vozu, které bylo v jednotlivých závodech použito, uchována. Možností, kterými lze nastavení ovlivnit, je velké množství. Proto je nutné provádět sběr těchto dat, aby bylo možné posoudit, jak na jednotlivé změny automobil reaguje, co se na daném typu trati osvědčilo apod. Po každém závodě dochází ke zhodnocení nastavení samotným pilotem vozu a k vyhodnocení údajů zaznamenávaných pomocí čidel na jednotlivých částech vozu, díky kterým lze zjistit, jak vůz na nastavení reaguje (údaje získané z čidel na spojce závodního vozu je možné vidět na obrázku 6-17). K tomuto zhodnocení je pak přiřazen právě tento list. Takto získaná data poté slouží především k volbě nastavení automobilu pro další závody.





Obr. 6-17 Vyhodnocení dat získaných z čidel umístěných ve spojně závodního vozu

Tab. 6-2 Set-up sheet Fordu Focus WRC

**A** – údaje o tlumičích (tlumič v angličtině – damper): 1. Typ tlumiče (tlumič na asfalt nebo nepevněný povrch - šotolinu); 2. Specifikace tlumiče (pořadí a druh planžet); 3. Použitý druh dorazu (hydraulický nebo pryžový doraz); 4., 5. Údaje o hlavní a pomocné pružině (zapisuje se klidová délka a odpor pružiny)

**B** – údaje o spojce (spojka v angličtině – clutch): 1. Typ spojky; 2. Poznámky o nastavení spojky

Ford FOCUS										
FORD FOCUS SET-UP SHEET										
AUTHOR:		ENG'R:		CAR:		DATE:				
EVENT:				DRIVER:		SURFACE:				
			FRONT				REAR			
Tyres/Rims										
Top Mount										
Damper Top Spring Seat										
Damper Spec - close length - open length										
RCV										
Damper (HS/LS/Reb) - Bump Stop										
Main Spring										
Helper Spring		Top:		Bottom:						
Ride Ht		(Floor)								
Spring Seat Height (Guide)										
Camber										
Washers										
Caster										
Toe (total)										
Anti-Roll Bar Ø										
Brake Disc										
Brake Caliper										
Brake Pads										
Master Cylinder Ø			R		F		C			
Handbrake Master Cylinder Ø										
FRONT SPECIFICATION										
Front Crossmember						Subframe Clevis				
Track Control Arm (TCA)						Clevis Type:				
Spigot										
Compression Strut Length										
Wheel Spacer										
REAR SPECIFICATION										
Trailing Link						Subframe Clevis Inserts				
Upper Link						Trailing Arm		Std		Low
Lower Link						Upper				
Wheel Spacer						Lower				
STEERING & HYDRAULIC										
Steering Rack / Track Rod Clevis										
Steering Track Rods										
Pumps										
Bump Steer Spacer										
DIFFERENTIALS										
Primary										
Front		Entry:				Spare:				
Centre		Entry:				Spare:				
Rear		Entry:				Spare:				
GEARBOX										
Ratio:		Entry:		Spare:		Drop Gears:		Entry:		
Step Off:								Spare:		
GEARCHANGE					CLUTCH					
Type:					Type:					
Notes:					Notes:					

## 7 Návrh spodního krytu motoru

Cílem praktické části této bakalářské práce bylo navrhnout spodní kryt motoru (umístěný na podvozku) pro automobil Ford Focus WRC. Více informací o konkrétním voze, pro který byla tato tzv. lyžina navržena, je uvedeno v předchozí kapitole (kapitola č. 6), kde jsou porovnány některé části tohoto vozu se stejnými komponenty využívanými v běžných sériových vozech. Umístění ochranné lyžiny na závodním voze je vidět na následujícím obrázku (v tomto případě jde ale o vůz Volkswagen Polo WRC, nikoliv Ford Focus WRC).

*Obr. 7-1 Pohled na umístění lyžiny pod motor na závodním speciálu Volkswagen Polo WRC (lyžina označena šipkou) [15]*



### 7.1 Zadavatel a důvod realizace projektu

Výše zmíněný závodní speciál je ve vlastnictví týmu Dohnal Rally. Tento tým se účastní Mistrovství České republiky v rally. Spolupráce na tomto projektu probíhala pod vedením hlavního mechanika tohoto týmu, kterým je pan Petr Cibulka.



*Obr. 7-2 Ford Focus WRC týmu Dohnal Rally na trati RZ Rally Hustopeče [16]*

Hlavním důvodem realizace tohoto projektu byla potřeba přizpůsobit lyžinu změnám, které automobil prodělal během přípravy na závody pořádané v rámci Mistrovství České republiky v rally. Ty jsou charakterem odlišné od italských automobilových soutěží (automobil byl zakoupen od italského rallyového týmu BR Motorsport).

Lyžina je krytem velmi namáhaným, který se jízdou po závodních tratích značně opotřebovává a tím se výrazně zmenšuje jeho tloušťka a mění se jeho tvar. Jedná se o součást, která je pro automobil velmi důležitá, neboť chrání před vnějšími vlivy spodní část motoru a další důležité části vozu. Lyžina proto musí být odolná vůči nárazům kamenů do podvozku a vůči případnému kontaktu podvozku s nerovnostmi vozovky (automobil má kvůli lepší aerodynamice a stabilitě velmi malou světlou výšku podvozku). Z tohoto důvodu je nutné tento kryt při určitém stupni opotřebení vyměnit, aby nehrozilo fatální poškození důležitých částí vozu.

S výše zmíněnou výměnou krytu pak souvisí druhý důvod vlastního návrhu a výroby krytu, kterým je snížení nákladů na pořízení náhradních dílů (pořízení originálního krytu pod motor je velmi nákladné).

## 7.2 Popis požadavků

Požadavky na ochrannou lyžinu se dají shrnout do čtyř základních bodů:

1. Dostatečná pevnost a odolnost
2. Nízká hmotnost
3. Dodržení montážních rozměrů a tvaru lyžiny podle podvozku
4. Umístění tažného oka o průměru 30 mm do přední části lyžiny

První požadavek vychází z funkce této součásti. Lyžina má sloužit jako kryt, který chrání motor a další součásti v přední spodní části vozu před poškozením ze strany podvozku. Dostatečnou pevnost a odolnost krytu zajistíme vhodnou volbou materiálu a jeho tloušťkou. Základní částí krytu je totiž deska vypálená z plechu.

U závodního vozu se snažíme o to, aby jeho těžiště bylo umístěno co nejnižší a co nejbližší středu rozvoru automobilu. Důvodem je vliv polohy těžiště na stabilitu a ovladatelnost vozu. Se snahou o rovnoměrné zatížení obou náprav vozu souvisí druhý požadavek na lyžinu, kterým je její nízká hmotnost. Jelikož se v přední části vozu nachází motor a převodovka, jejichž hmotnost je ve srovnání s ostatními částmi automobilu velká, je nutné ostatní součásti umístěné zde co nejvíce odlehčit (samozřejmě s ohledem na jejich funkci). Naopak zadní lyžina, která se nachází v zadní části podvozku, je vyráběna z těžkých materiálů, jelikož zadní část vozu je o poznání lehčí, a je proto potřeba ji naopak zatížit (dovážit vůz).

Dalším důvodem, proč se snažíme přední lyžinu co nejvíce odlehčit, je to, že je tento komponent z vozu demontován při každé zastávce vozu v servisní zóně. Zakrývá totiž velké množství důležitých součástí, ke kterým musí být zajištěn mechanikům co nejsnadnější přístup. Právě nízká hmotnost zajistí snazší manipulaci s tímto krytem.

Třetím požadavkem je bezproblémová montáž lyžiny na podvozek prostřednictvím otvorů k tomu určených a také to, aby lyžina svým tvarem dostatečně zakryla spodní část vozu a zároveň nevyčnívala ven ze základního tvaru karoserie.

Tažné oko se umísťuje právě na lyžinu, jelikož ta je velmi pevně přichycena k základním nosným částem vozu (rám karoserie a nápravnice) a umožňuje tak táhnout, v případě potřeby, celou váhu vozu. Tažné oko se nejčastěji využívá, pokud závodní vůz po kolizi zůstane zaklíněný mimo vozovku a je potřeba jej z daného místa vytáhnout.

### 7.3 Řešení požadavků

První požadavek byl vyřešen po dohodě s hlavním mechanikem týmu. Tloušťka lyžiny byla stanovena na 10 mm. U původního řešení lyžiny byla tloušťka materiálu 5 mm, jelikož vůz byl při italských soutěžích provozován především na šotolinových rychlostních zkouškách, kde nedochází k tak výraznému opotřebení jako na asfaltových RZ. Jako materiál byl zvolen dural (konkrétně slitina EN AW-7075). Toto řešení vychází z dlouholetých zkušeností pana Cibulky v oboru a z analýz opotřebení krytů, vyrobených z různých materiálů různých tloušťek, využívaných na předchozích vozech týmu Dohnal Rally.

Nízkou hmotnost lyžiny zajistíme nejen zvoleným materiálem, ale také dvěma odlehčeními. Jedno odlehčení bude situované v přední části lyžiny (v přední části vozu) a druhé v části zadní. Bude realizováno pomocí vypálených otvorů do lyžiny. Obě tato odlehčení musí být ale zakryta tak, aby neovlivnila základní funkci krytu, kterou je ochrana motoru a dalších důležitých částí vozu.

Přední odlehčení bude zakryto ze spodní strany deskou z aramidového kompozitu potaženého vrstvou karbonu (karbon kevlarová deska), která bude na kryt připevněna pomocí epoxidového lepidla. Tento kompozit byl vybrán kvůli nízké hmotnosti a také z důvodu odolnosti aramidových vláken vůči zvýšeným teplotám, jelikož se tato část krytu bude nacházet v oblasti motoru, tedy v oblasti se zvýšenou teplotou. Shora bude toto odlehčení přelepeno aluminií páskou (zakrytí z důvodu zamezení vniku nečistot do chráněného prostoru).

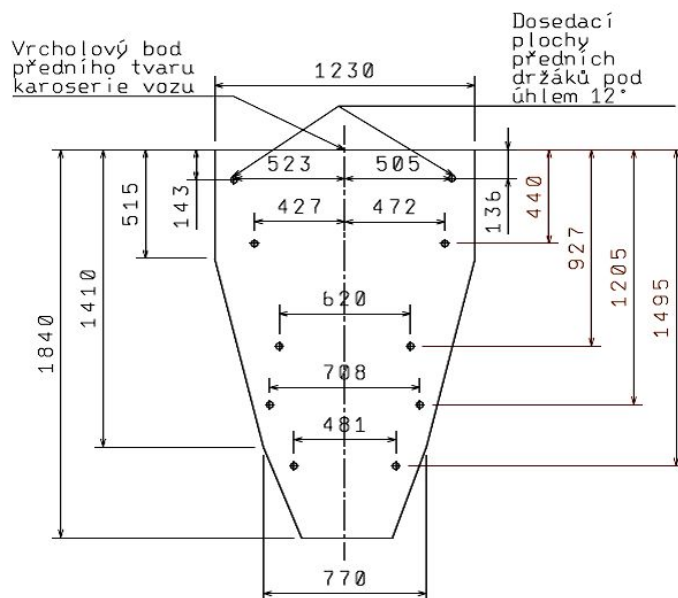
Tvar zadního odlehčení bude přizpůsoben originálnímu plastovému krytu, zakoupenému ve společnosti M-Sport, který je určen přímo k tomuto účelu. Tento kryt je vyroben taktéž z kompozitního materiálu, jehož základ tvoří polyethylenová vlákna. Tento kryt bude na lyžinu připevněn pomocí epoxidového lepidla.

Jak již bylo zmíněno výše, základním materiálem lyžiny bude dural. Jde o slitinu hliníku, která má nepatrně vyšší hustotu a tím i větší hmotnost, než čistý hliník, ale na druhou stranu má mnohem větší tvrdost a pevnost, než hliník samotný. Vzhledem k tomu, že nárůst hmotnosti je v porovnání s nárůstem pevnosti zcela zanedbatelný, lze dural považovat za materiál s výborným poměrem pevnost/hmotnost. Splňuje tedy oba požadavky, které jsou na materiál lyžiny kladeny (nízká hmotnost, vysoká pevnost). Využita bude slitina duralu s označením: EN AW-7075 a chemickým značením: AlZn5,5MgCu. Jedná se o jednu z nejpevnějších a nejtvrdších hliníkových slitin. Údaje o této slitině jsou uvedeny na následujícím obrázku.

Mezinárodní označení	Chemický symbol	Stav	Minimální staticko-mechanické parametry*			
			Mez pevnosti	Mez kluzu	Tažnost	Tvrdost dle Brinella
			R <sub>m</sub> [MPa]	R <sub>p0,2</sub> [MPa]	A <sub>5</sub> [%]	HBW <sub>2,5/62,5</sub>
EN AW-7075	AlZn5,5MgCu	T6/T73	530/455	470/385	8/6	145/130
Mezinárodní označení	Specifické vlastnosti materiálu		Typické oblasti použití			
EN AW-7075	extrémně vysoké pevnostní vlastnosti / nejvyšší odolnost proti korozi trhlín z napětí		automobilový průmysl, letecký průmysl, strojírenství, komponenty hydraulických zařízení			

Obr. 7-3 Údaje o použité slitině [17]

Maximální rozměry prostoru, ve kterém bylo nutné se při návrhu pohybovat, a umístění děr pro připojení lyžiny k podvozku jsou znázorněny na následujícím obrázku (Obr. 7-4). Konkrétní tvarové prvky na lyžině pak budou vycházet z tvaru ostatních částí vozu, které s tímto krytem sousedí.



Obr. 7-4 Náčrt maximálních rozměrů lyžiny a rozmístění otvorů sloužících k upevnění k podvozku

Na následujících fotografiích jsou vyobrazeny otvory pro uchycení lyžiny ke karoserii a nápravnici, i přední dva úchyty, umístěné za nárazníkem vozu. První dva zmíněné mají nejprve kuželovitou část, na kterou navazuje část se závitem M12×1,5. Přední držáky nemají kuželovitou část, ale jde pouze o válcovité komponenty se závitem M12×1,5. Na dalších fotografiích jsou pak zachyceny části podvozku, které lyžina chrání.



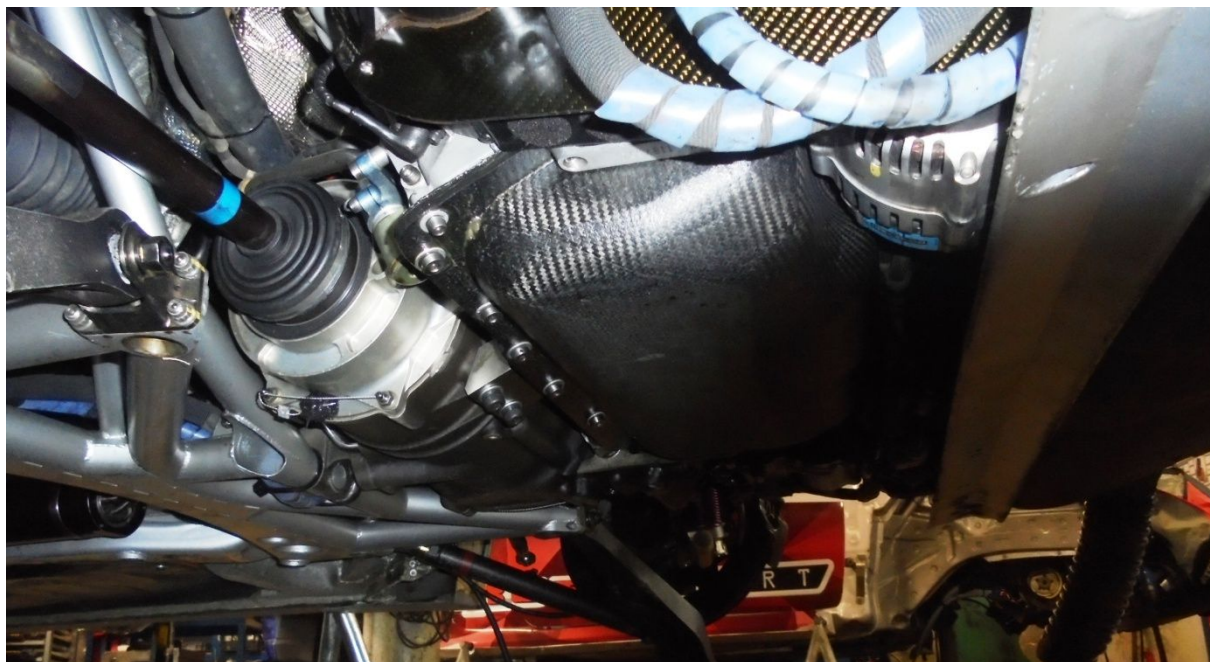
Obr. 7-5 Otvory pro upevnění lyže v karoserii (vlevo) a v nápravnici vozu (vpravo)



*Obr. 7-6 Přední úchyt lyžiny, jeho umístění označené bílou šipkou (vlevo) a detail (vpravo)*



*Obr. 7-7 Pohled na část podvozku zakrytého lyžinou  
(v levé části zásobník hydrauliky, uprostřed kardanova hřídel a v pravé části výfukové potrubí)*



*Obr. 7-8 Pohled na spodní stranu motoru, kterou zakrývá lyžina*

#### **7.4 Konstrukční provedení krytu**

Konstrukce krytu bude složena z několika komponentů. Základním komponentem, který bude plnit hlavní funkci krytu a poslouží zároveň pro propojení všech ostatních částí, bude 10 mm silná duralová deska (lyžina). Tvar této lyžiny vychází, jak již bylo jednou řečeno, z náčrtu požadovaných rozměrů, z tvaru prostoru, který má lyžina zakrývat, ale také z tvaru okolních komponentů.

Dalšími tvarovými prvky na lyžině budou dvě odlehčení. Jedno v přední části, zakryté obdélníkovou karbon kevlarovou deskou, a druhé v zadní části, zakryté originálním krytem odlehčení, zakoupeným ve společnosti M-Sport (původní výrobce tohoto závodního vozu). Do původního tvaru tohoto krytu budou vyříznuty oválné otvory určené k umístění zadních držáků lyžiny.

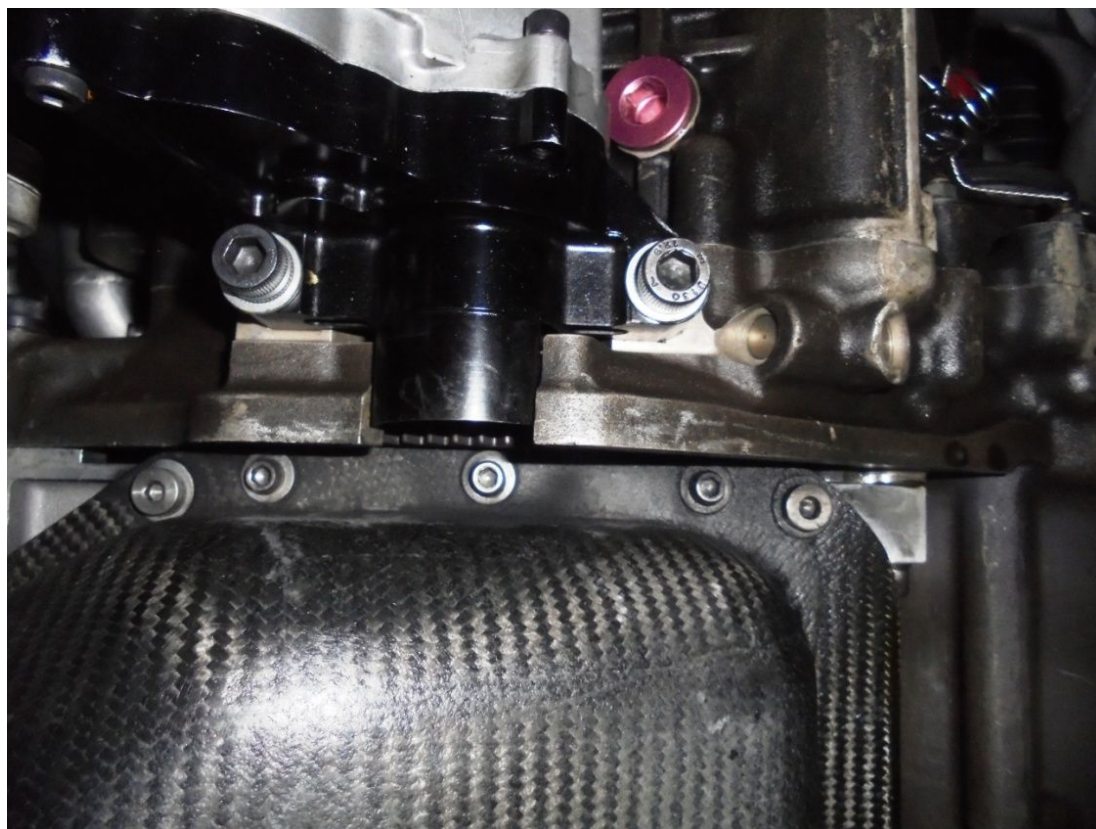
Dalšími velmi důležitými komponenty budou právě držáky, které budou dosedat na úchyty (otvory) v karoserii a nápravnici určené pro upevnění lyžiny. Tvarem se budou odlišovat dva přední držáky, jelikož přední úchyty jsou tvarově odlišné od ostatních otvorů, určených pro upevnění lyžiny. Přední držáky budou na lyžinu upevněny pomocí čtyř šroubů se zápustnou hlavou a závitem M6. Ostatní držáky budou připevněny osmi takovými šrouby, jelikož ponесou hlavní váhu tohoto krytu a zároveň budou spojeny s velmi pevnými částmi vozu. Tento pevný spoj je nutný, mimo jiné, také kvůli tažnému oku umístěnému na lyžině. Lyžina musí být při tažení schopna z karoserie na tažný element přenést veškerou sílu potřebnou pro pohyb vozu. Ve středu držáků bude pak otvor pro šrouby se závitem M12×1,5, které budou zajišťovat vlastní spojení lyžiny s úchyty na karoserii.



V levé přední části krytu se bude nacházet opěra, dosedající do prostoru mezi blokem motoru a kompozitovou olejovou vanou. Tato opěra je převzata z původního řešení lyžiny. Slouží k tomu, aby nedocházelo k rozkmitání a průhybu lyžiny, jelikož se jedná o poměrně velkou desku vzhledem k její nepřilíživě velké tloušťce. Je navíc připevněna pouze na okrajích. Případným průhybem by tak mohlo dojít k poškození částí motoru, které má tento kryt naopak chránit. Opěra se skládá ze dvou ohnutých plechů ze stejného materiálu, jako je materiál lyžiny (hliníková slitina EN AW-7075). Tvar horní části plechů odpovídá tvaru ploch, na které bude opěra dosedat. Tyto plechy se k lyžině připevní nýty. Uprostřed, mezi těmito plechy, k nim bude přinýtována součást stejného tvaru jako zmíněné plechy, vypálená z hliníkové štěpiny o tloušťce 10 mm.

Dále v této části lyžiny budou nalepeny desky z mikroporézní pryže, které budou chránit před nárazem dvě nejzranitelnější místa motoru, kterými jsou převodovka a již zmíněná kompozitová olejová vana.

Při návrhu byl také kladen důraz na to, aby všechny šrouby, případně nýty, umístěné ze spodní strany lyžiny, byly do ní zapuštěné, jelikož se předpokládá kontakt lyžiny s vozovkou a mohlo by tak dojít k jejich uražení. Pokud by zapuštěné nebyly, došlo by navíc k porušení technických předpisů pro vozy WRC, kde je uvedeno, že kryt podvozku musí respektovat svou konstrukcí světlou výšku vozu (viz kapitola č. 5.9.1).



*Obr. 7-9 Detail prostoru, do kterého dosedá opěra  
(ve spodní části fotografie olejová vana, v horní části část bloku motoru)*



*Obr. 7-10 Tři části, ze kterých je složena opěra  
(v plechu připraveny otvory pro nýty)*

## Závěr

Teoretická část předložené bakalářské práce prezentuje problematiku klasifikace automobilů určených pro závody rally a také předpisů, které ovlivňují jejich konstrukci. Následné porovnání vybraných dvou částí Fordu Focus WRC s týmiž součástmi využívanými v běžných sériových automobilech přináší zajímavý pohled na konstrukci závodních speciálů. Zásadním rozdílem mezi sériovou a závodní technikou je filozofie konstruování. V případě závodní techniky je vše zcela jednoznačně podřízeno rychlosti automobilu na rychlostní zkoušce. Není zde zohledněna např. na životnost komponent, jejich bezúdržbovost nebo cena, jako je tomu u sériových automobilů.

Jako součást výše zmíněné kapitoly práce byla zpracována také fotodokumentace srovnávaných dílů ze závodního speciálu. Fotografie jsou přínosné pro lepší představu konstrukce součástí závodního vozu. Zároveň jsou tyto fotografie unikátní, jelikož přístup k závodní technice je pro běžného člověka poměrně komplikovaný.

Cílem praktické části práce byl návrh krytu pod motor pro již zmíněný Ford Focus WRC. Tento návrh byl velmi omezen zadanými podmínkami. Vnější obrys byl podřízen rozměrům zakrývané části podvozku automobilu, pro který byl kryt navržen, stejně jako umístění jeho držáků. Každý krok návrhu musel být pak velmi pečlivě konzultován s hlavním mechanikem týmu. Z uvedených důvodů nebylo příliš možných variant, jak tuto součást koncipovat.

Výsledný návrh byl schválen mechaniky týmu a podle zpracované výrobní dokumentace začala výroba krytu i jeho komponentů. Tyto součásti pak budou na voze využity po opotřebení stávajících. V současné době je již zhotoven výpalek základní duralové desky a vypáleny základní otvory pro kuželové držáky (viz Příloha č. 2).

Hlavním důvodem vlastního návrhu a výroby těchto komponent bylo přizpůsobení vozu podmínkám Mistrovství České republiky v rally. Další výhodou, která vyplynula z přibližné kalkulace nákladů vlastní výroby, je pak značné snížení nákladů na pořízení náhradních dílů.

## **Poděkování**

Za spolupráci na této bakalářské práci bych chtěl poděkovat zejména vedoucímu práce Doc. Ing. Ladislavovi Němcovi, CSc., za to, že mi umožnil zpracování toho velmi zajímavého tématu, a že ochotně reagoval na veškeré moje dotazy i nastalé problémy.

Neméně velký dík pak patří mému konzultantovi, panu Petrovi Cibulkovi, který zastává funkci hlavního mechanika v Dohnal Rally týmu, a který se mnou při tvorbě práce velmi úzce spolupracoval, umožnil mi přístup k závodní technice a poskytl mi velké množství cenných informací pro tuto práci.

## Zdroje a použitá literatura

### Zdroje obrázků

- [1] AUTOKALEIDOSKOP [online]. *Jan Kopecký na šotolině - Rallye Šumava*. J. Lasík. Dostupné z: <https://www.autokaleidoskop.cz/Sport/Rallye-Sumava-Kopecky-nejel,-ale-letel/>. Autokaleidoskop, 2015 [cit. 2017-03-21].  
AUTOSPORT [online]. *Jan Kopecký na asfaltu - Rallye Šumava, před startem*. K. Špaček. Dostupné z: <http://www.autosport.cz/clanek.php?cl=18086>. Autosport, 2016 [cit. 2017-03-21].
- [2] MOTORMIX [online]. *Servis Jana Kopeckého - APS rally Hustopeče*. J. Navrkal. Dostupné z: <https://www.motormix.cz/clanek/dve-tovarni-posadky-skoda-s-r5-na-bohemii/2291>. MotorMix, 2016 [cit. 2017-03-21].
- [4] CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU [online]. *Zdvih pístu - Vozidla a dopravní technika*. Dostupné z: <http://elearning-popularizace.cdvinfo.cz/Elearning/lecture-content/default/681#1>. Pardubice, 2013 [cit. 2017-03-20].
- [8] AUTOKLUB ČESKÉ REPUBLIKY [online]. *Základní části bezpečnostní konstrukce - Bezpečnostní vybava*. Dostupné z: <http://www.autoklub.cz/dokument/9668-cl-253-bezpecnostni-vybava-skupina-n-a-.html>. Praha, 2017 [cit. 2017-03-28].
- [10] DOHNAL RALLY TÝM [online]. *Ford Focus WRC – Dohnal rally*. J. Dohnal. Dostupné z: <http://www.dohnalrally.cz>. Praha, 2014 [cit. 2017-04-01].
- [12] M-SPORT [PDF]. *Rozpad sestavy spojky - Návod k opravě spojky Fordu Focus WRC*. M-Sport – UK [cit. 2017-02-08].
- [13] M-SPORT [PDF]. *Pozice sestavy spojky - Návod k opravě spojky Fordu Focus WRC*. M-Sport – UK [cit. 2017-02-08].
- [14] M-SPORT [PDF]. *Návod k měření tloušťky podložky - Návod k opravě spojky Fordu Focus WRC*. M-Sport – UK [cit. 2017-02-08].
- [15] REDBULL – MOTORSPORT [online]. *Skok Volkswagen Polo WRC*. J. Ree. Dostupné z: <http://www.redbull.com/cz/cs/motorsports/offroad/stories/1331795946294/rally-deportugal-fafe-skok-wrc-foto-video>. Portugalsko, 2016 [cit. 2017-04-07].
- [16] RALLYPHOTOS [online]. *Jan Dohnal s Fordem Focus WRC*. O. Zeman. Dostupné z: <http://www.rallyphotos.cz/photos/agrotec-petronas-syntium-rally-hustopece-2015/>. 2015 [cit. 2017-04-07].
- [17] STROJMETAL [online]. *EN AW – 7075 - Údaje o slitině*. Dostupné z: <http://www.strojmetal.cz/tabulka-slitin>. Kamenice, 2017 [cit. 2017-04-07].

*Autorem necitovaných fotografií a obrázků je autor práce.*

### Zdroje dat pro tabulky

- [3] AUTOKLUB ČESKÉ REPUBLIKY [online]. *Kategorie a skupiny - Klasifikace a definice*. Dostupné z: <http://www.autoklub.cz/text/69-narodni-sportovni-rady.html>. Praha, 2017 [cit. 2017-03-21].
- [5] AUTOKLUB ČESKÉ REPUBLIKY [online]. *Objemové třídy - Klasifikace a definice*. Dostupné z: <http://www.autoklub.cz/text/69-narodni-sportovni-rady.html>. Praha, 2017 [cit. 2017-03-21].
- [6] AUTOKLUB ČESKÉ REPUBLIKY [online]. *Vypsání tříd vozidel - Rally*. Dostupné z: <http://www.autoklub.cz/dokument/11996-kap-f-rally.html>. Praha, 2017 [cit. 2017-03-21].
- [7] AUTOKLUB ČESKÉ REPUBLIKY [online]. *Vypsání tříd a skupiny - Rally*. Dostupné z: <http://www.autoklub.cz/dokument/11996-kap-f-rally.html>. Praha, 2017 [cit. 2017-03-21].

### Zdroje textů

- [8] AUTOKLUB ČESKÉ REPUBLIKY [online]. *Základní části bezpečnostní konstrukce - Bezpečnostní vybava*. Dostupné z: <http://www.autoklub.cz/dokument/9668-cl-253-bezpecnostni-vybava-skupina-n-a-.html>. Praha, 2017 [cit. 2017-03-28].
- [9] AUTOKLUB ČESKÉ REPUBLIKY [online]. *Ochrana podvozku - Zvláštní předpisy pro WRC*. Dostupné z: <http://www.autoklub.cz/dokument/9671-cl-255a-zvlastni-predpisy-pro-wrc.html>. Praha, 2017 [cit. 2017-03-28].
- [11] DOHNAL RALLY TÝM [online]. *Ford Focus WRC – Základní informace*. J. Dohnal. Dostupné z: <http://www.dohnalrally.cz>. Praha, 2014 [cit. 2017-04-01].

### Použitá literatura

Zdroj informací pro kapitoly 2 – 5:

*Autoklub České republiky* [online]. *Národní sportovní řády - Sportovní předpisy pro motorsport*. Dostupné z: <http://www.autoklub.cz/text/69-narodni-sportovni-rady.html>. Praha 2016,2017 [cit. 2017-04-10].

### Software

Pro návrh lyžiny (v praktické části této bakalářské práce) byla použita studentská verze CAD softwaru *Catia V5* od poskytovatele DASSAULT SYSTEMES.

## Seznam obrázků

Obr. 1-1 Rally na asfaltu a na šotolině [1].....	5
Obr. 1-2 Zastávka v servisní zóně [2].....	6
Obr. 2-1 Zdvih pístu [4].....	7
Obr. 3-1 Oznámení o výběru závodního vozu k TK.....	13
Obr. 4-1 Zobrazení základních částí rámu (bezpečnostní konstrukce) [8].....	17
Obr. 6-1 Ford Focus WRC týmu Dohnal Rally [10].....	29
Obr. 6-2 Rozpad sestavy spojky Fordu Focus WRC [12].....	32
Obr. 6-3 Pozice pro rozpad spojky Fordu Focus WRC [13].....	33
Obr. 6-4 Spojka po demontáži a rozebrání.....	34
Obr. 6-5 Umístění spojky v prostoru levého předního kola.....	34
Obr. 6-6 Ovladač spojky a jeho komponenty.....	35
Obr. 6-7 Setrvačnick na nosném držáku spojky.....	35
Obr. 6-8 Vypínací ložisko na talířové pružině spojky.....	36
Obr. 6-9 Karbonové lamely s vnitřním a vnějším ozubením.....	36
Obr. 6-10 Řez podložkou, sloužící k vymezení vůlí vzniklých opotřebením lamel [14].....	36
Obr. 6-11 Lamely a vmezovací podložka.....	36
Obr. 6-12 Rozpad sestavy předního tlumiče Fordu Focus WRC.....	39
Obr. 6-13 Detail demontovaného svazku tlumících planžet.....	41
Obr. 6-14 Detail těla tlumiče s nádobkou pro olej a pryžovým vakem na stlačený dusík.....	41
Obr. 6-15 Hydraulické ovládání výšky vozu.....	41
Obr. 6-16 Detail lineárního kuličkového ložiska.....	42
Obr. 6-17 Vyhodnocení dat získaných z čidel umístěných ve spojení závodního vozu.....	43
Obr. 7-1 Pohled na umístění lyžiny pod motor.....	45
Obr. 7-2 Ford Focus WRC týmu Dohnal Rally na trati RZ Rally Hustopeče [16].....	45
Obr. 7-3 Údaje o použité slitině [17].....	47
Obr. 7-4 Náčrt maximálních rozměrů lyžiny.....	48
Obr. 7-5 Otvory pro upevnění lyže v karoserii a v nápravnici vozu.....	48
Obr. 7-6 Přední úchyt lyžiny a jeho detail.....	49
Obr. 7-7 Pohled na část podvozku zakrytého lyžinou.....	49
Obr. 7-8 Pohled na spodní stranu motoru, kterou zakrývá lyžina.....	50
Obr. 7-9 Detail prostoru, do kterého dosedá opěra.....	51
Obr. 7-10 Tři části, ze kterých je složena opěra.....	52

## Seznam tabulek

Tab. 2-1 Skupiny a kategorie závodních vozů [3] .....	7
Tab. 2-2 Třídy závodních automobilů [5].....	8
Tab. 2-3 Třídy a skupiny vozů pro MČR [6].....	9
Tab. 2-4 Další třídy akceptované v RSS na rozdíl od MČR [7] .....	12
Tab. 6-1 Pozice pro rozpad tlumiče Fordu Focus WRC.....	40
Tab. 6-2 Set-up sheet Fordu Focus WRC .....	44



## Seznam příloh

### Vevázané přílohy

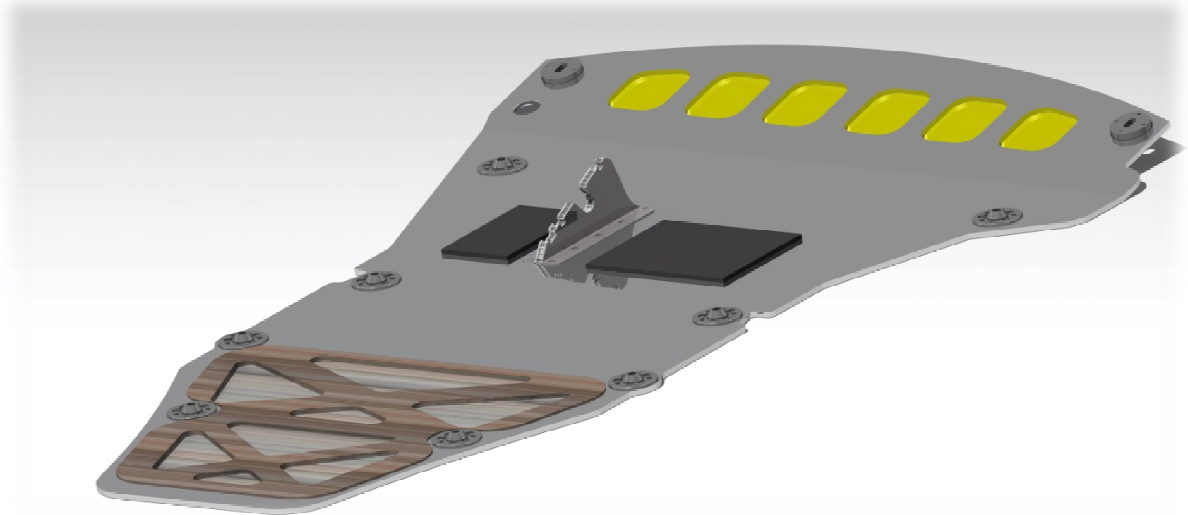
Příloha č. 1	CAD model navrženého krytu pod motor závodního speciálu Ford Focus WRC
Příloha č. 2	Fotografie zhotoveného výpalku hlavní části navrženého krytu

### Přiložené výkresy

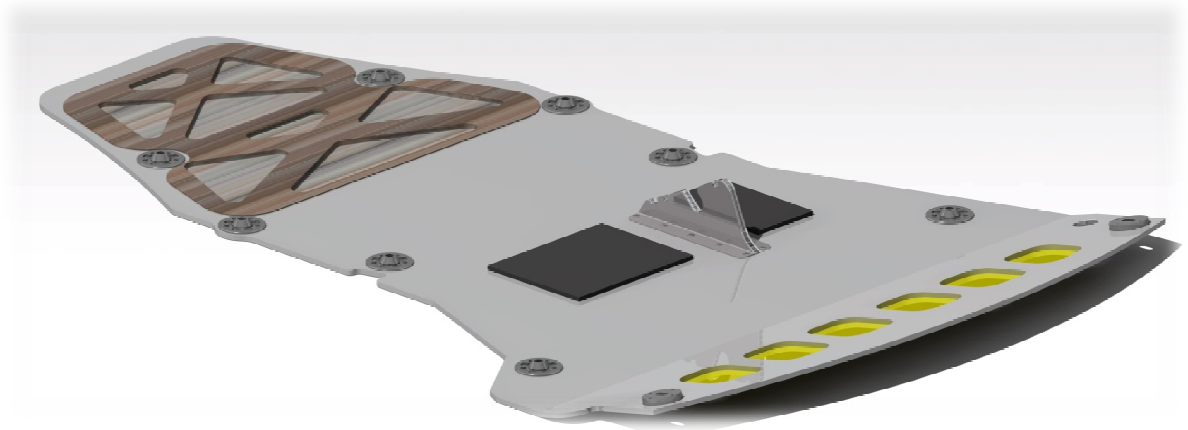
LYZ_FFWR_1	Výrobní výkres lyžiny (základní desky krytu)
LYZ_FFWR_1_1	Rozvinutý výkres lyžiny (výkres pro výpalek)
LYZ_FFWR_1_2	Výrobní výkres určený pro ohyb lyžiny
LYZ_FFWR_2	Výrobní výkres předního držáku krytu
LYZ_FFWR_3	Výrobní výkres držáku krytu s kuželovou dosedací plochou
LYZ_FFWR_S	Výkres sestavy krytu se všemi komponenty
LYZ_FFWR_KUS	Kusovník sestavy krytu

**PŘÍLOHA č. 1**

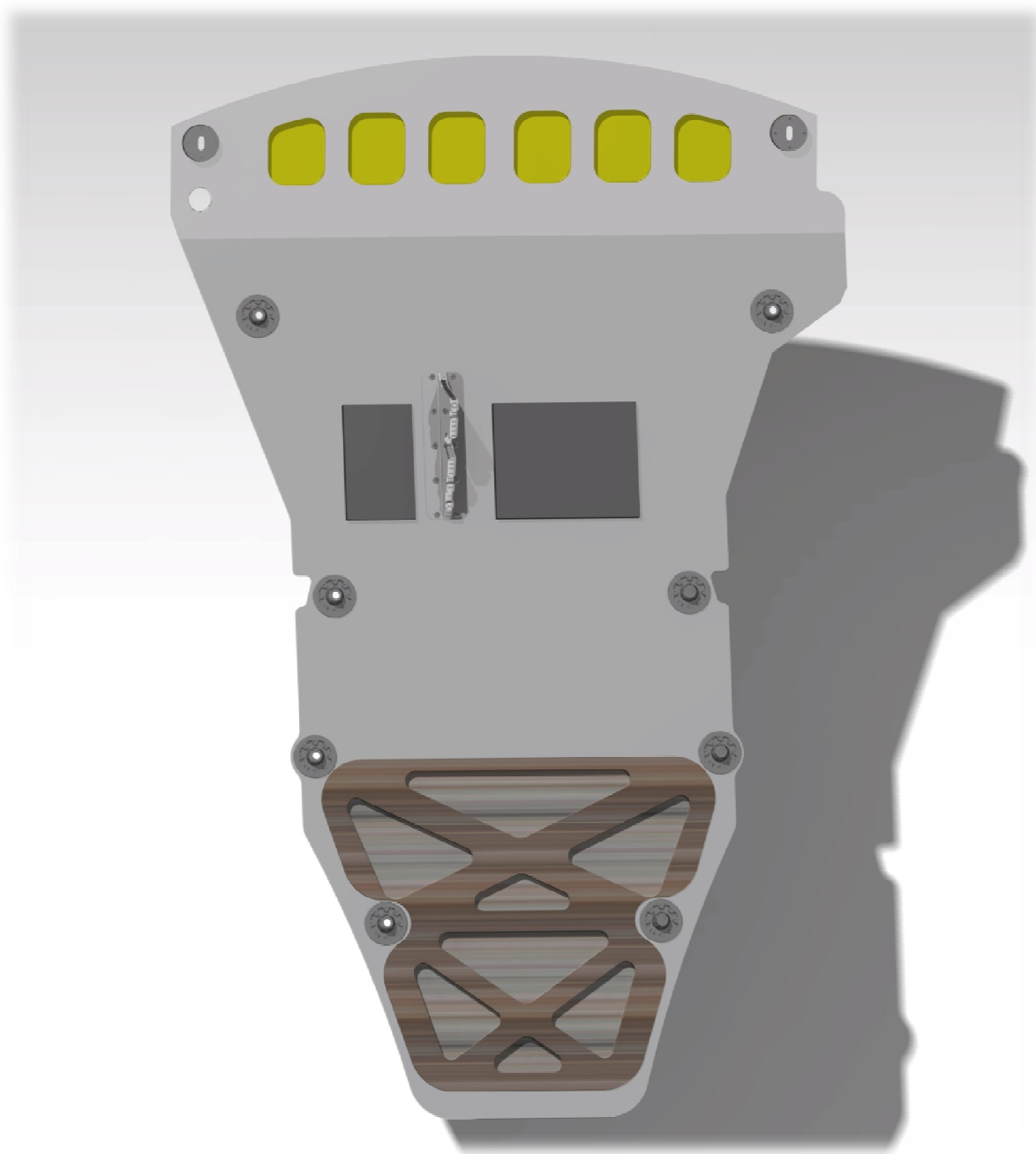
**CAD model navrženého krytu pod motor závodního speciálu  
Fordu Focus WRC**



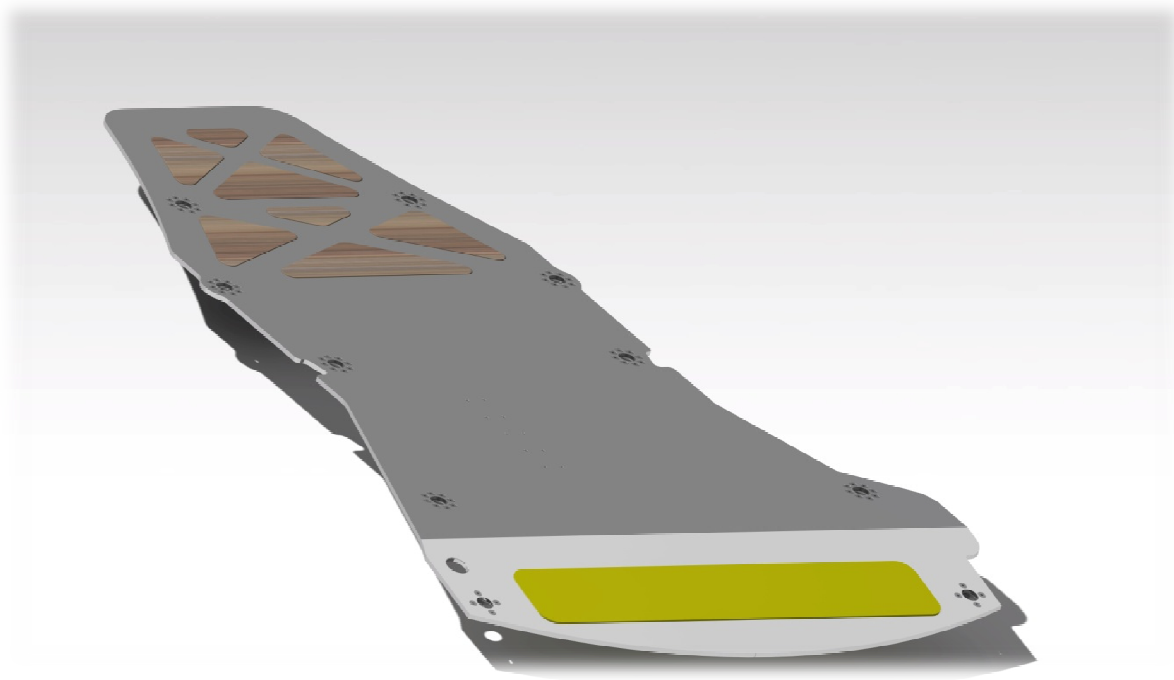
*Horní pohled na kryt zezadu*



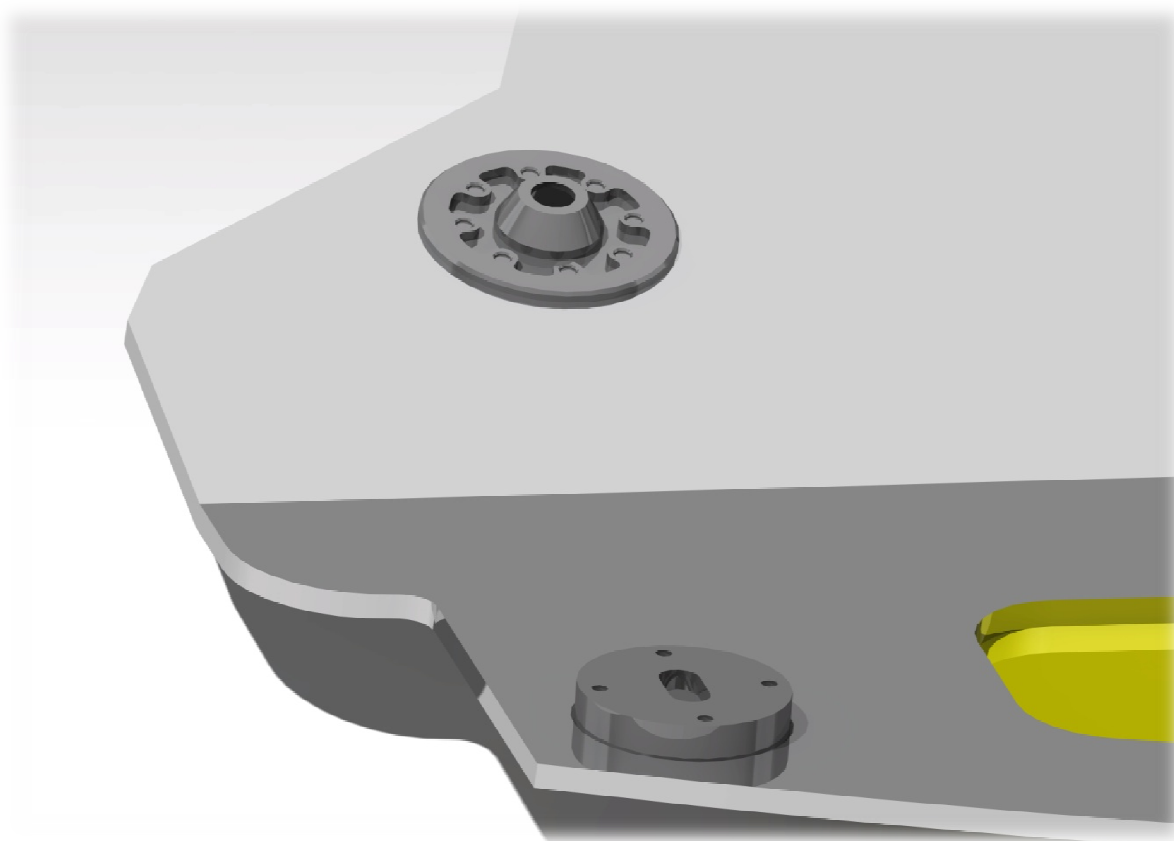
*Horní pohled na kryt zepředu*



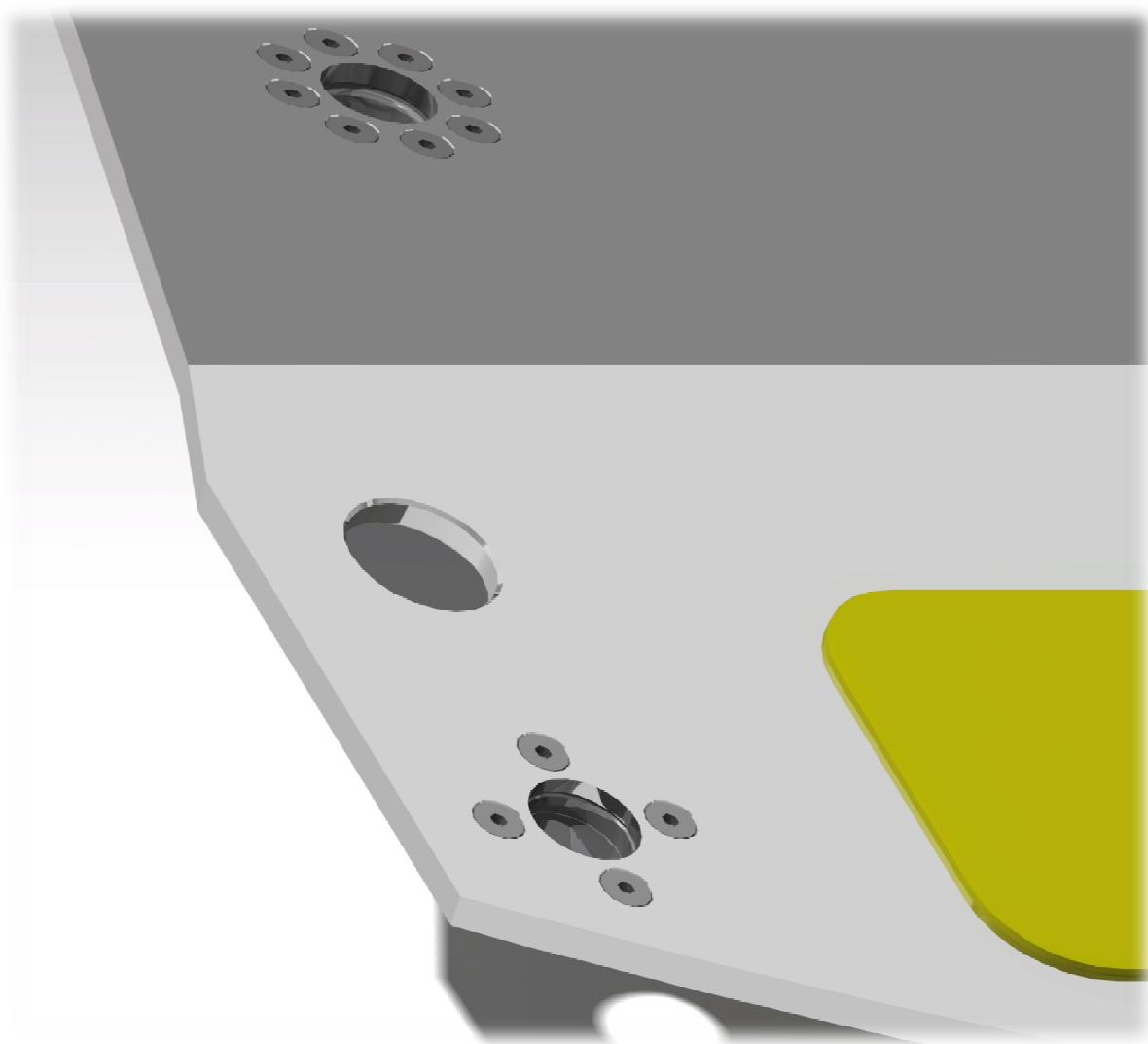
*Horní pohled na kryt*



*Spodní pohled na kryt zepředu*



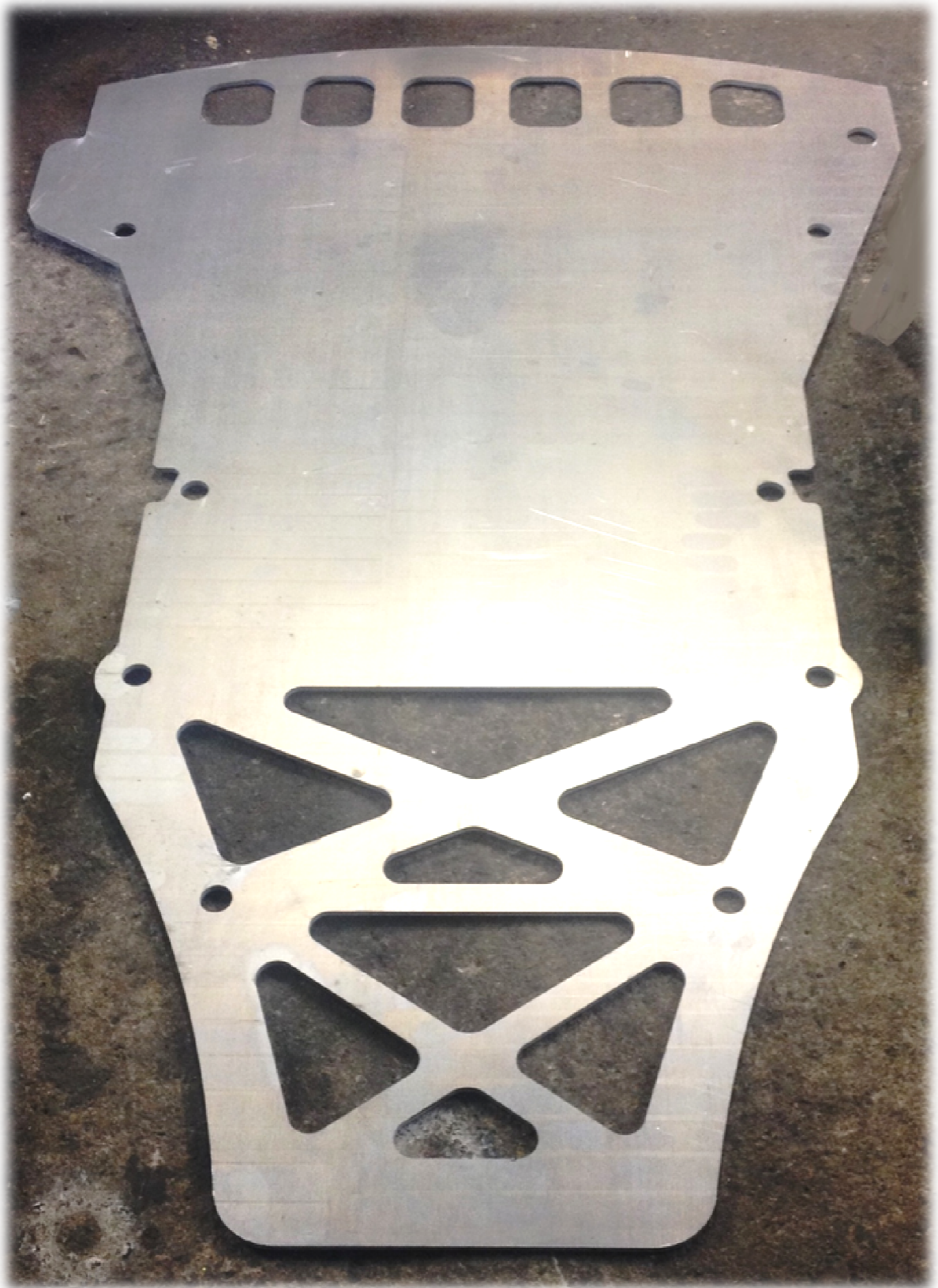
*Detail držáků krytu*



*Detail upevnění držáků na spodní straně krytu  
a umístění tažného oka*

## **PŘÍLOHA č. 2**

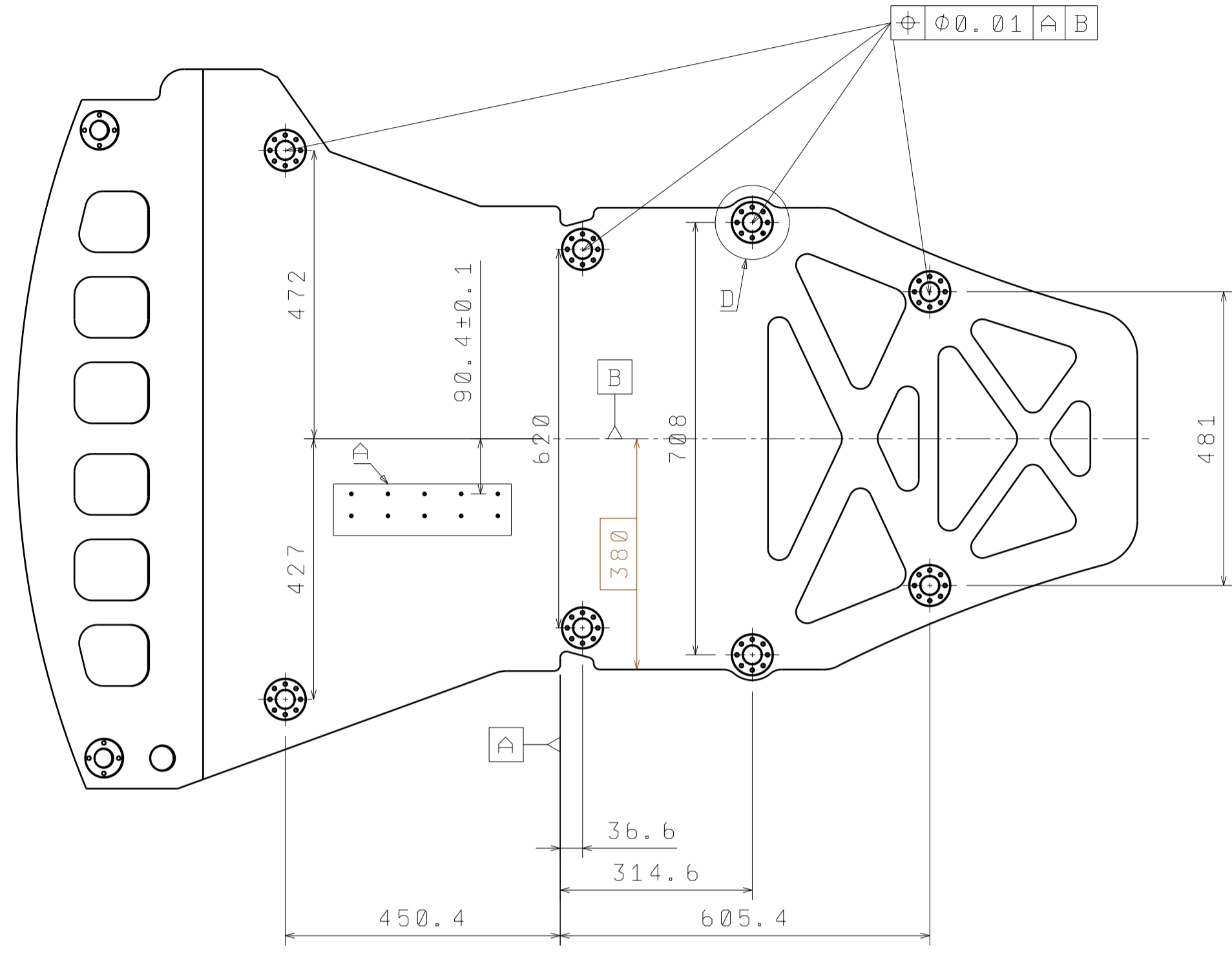
**Fotografie zhotoveného výpalku hlavní části navrženého krytu**



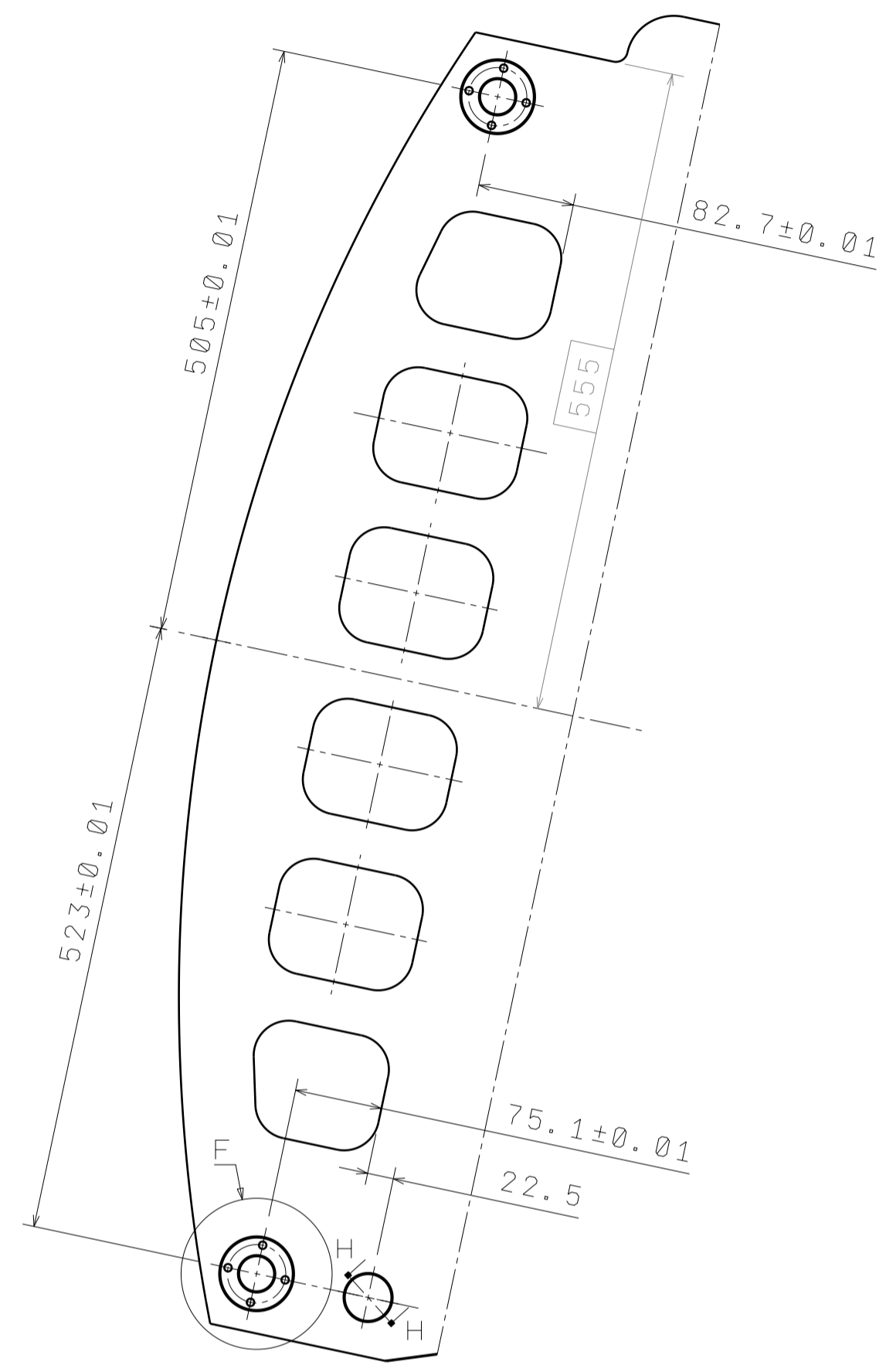




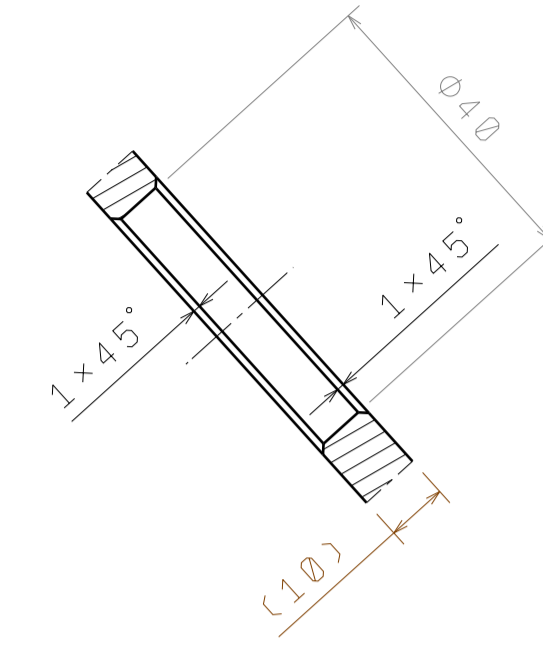
Přední pohled  
Měřítko: 1:8



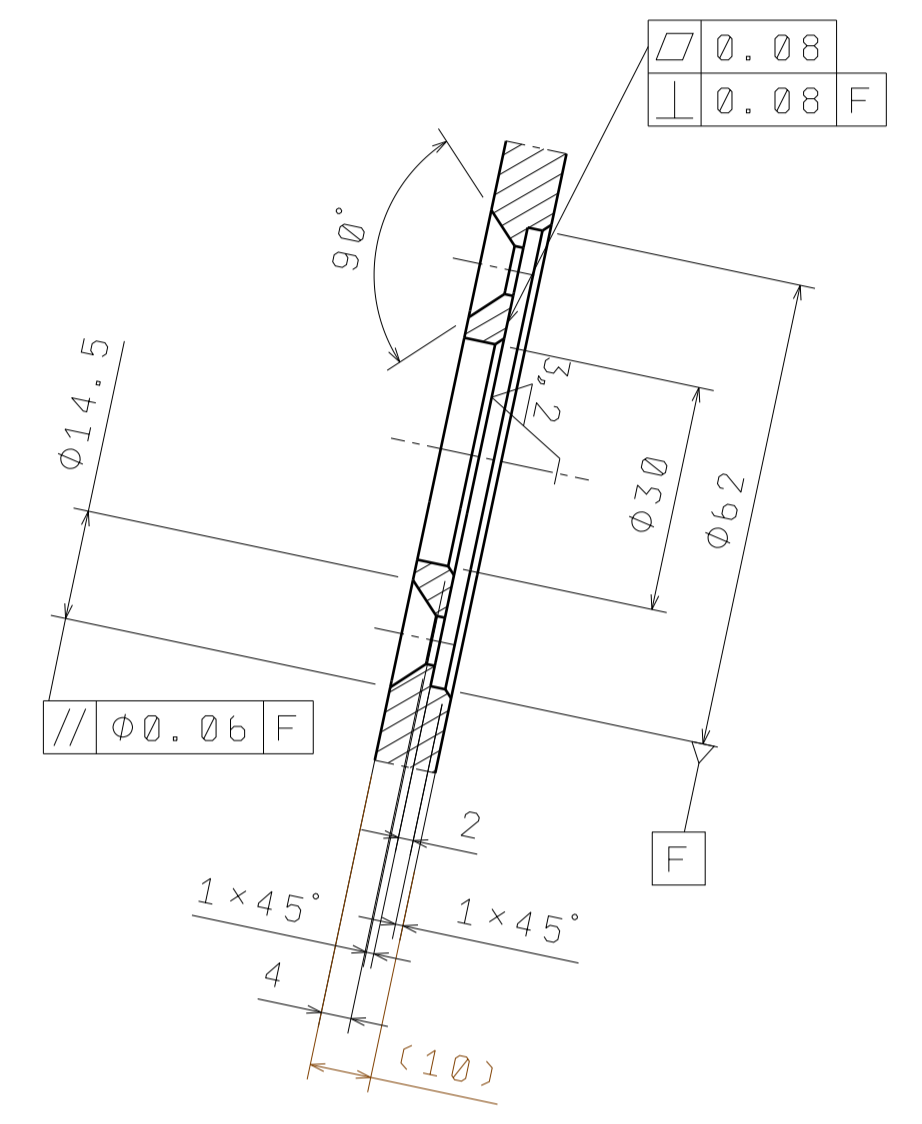
Pomocný pohled B  
Měřítko: 1:5



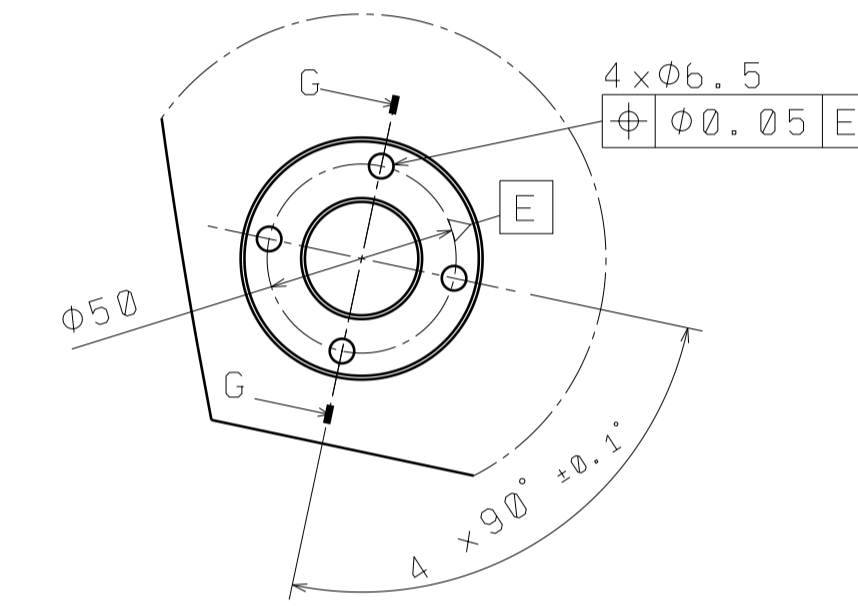
Řez H-H  
Měřítko: 1:1



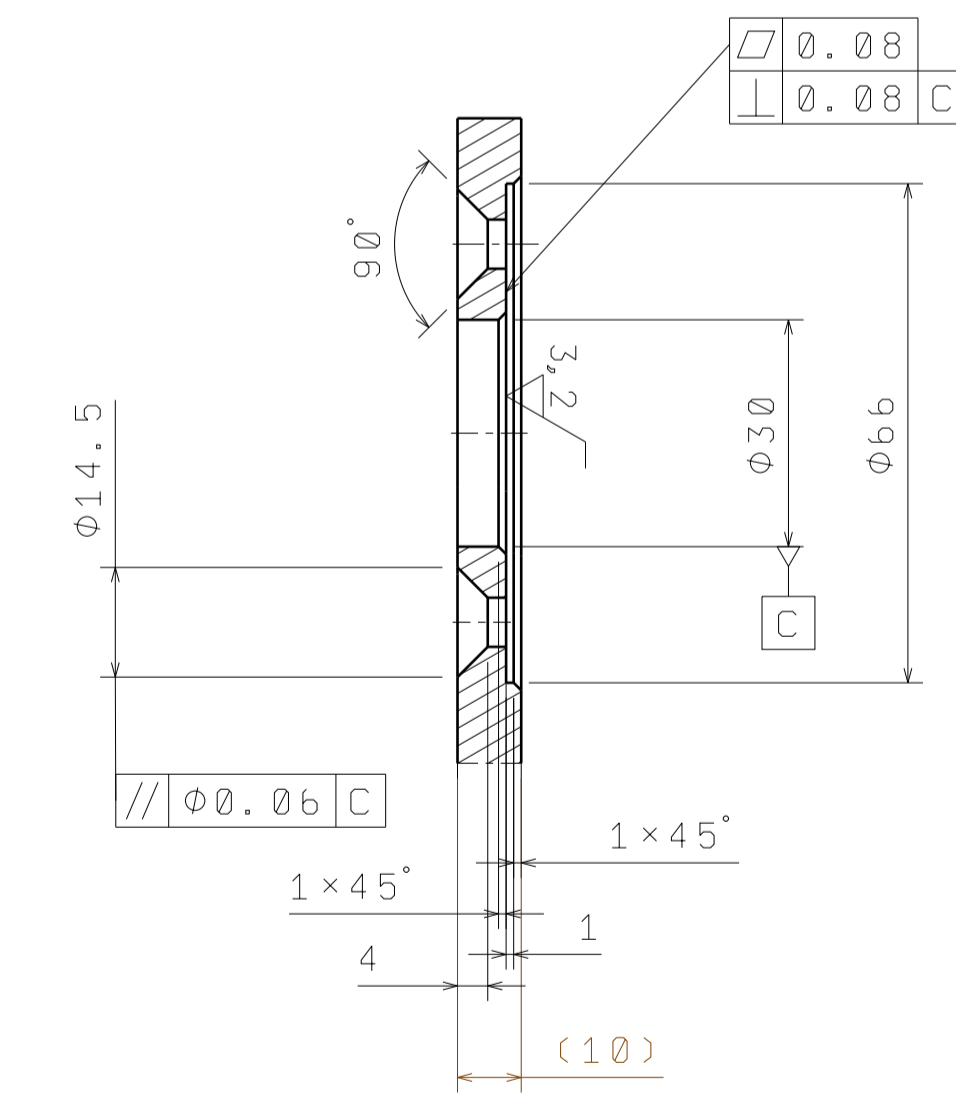
Řez G-G  
Měřítko: 1:1



Detail F  
Měřítko: 1:2



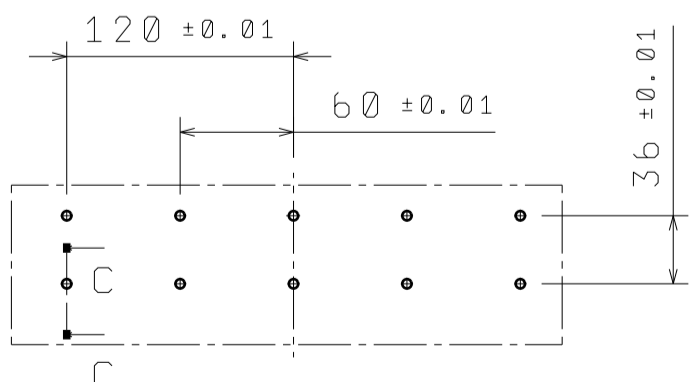
Řez E-E  
Měřítko: 1:1



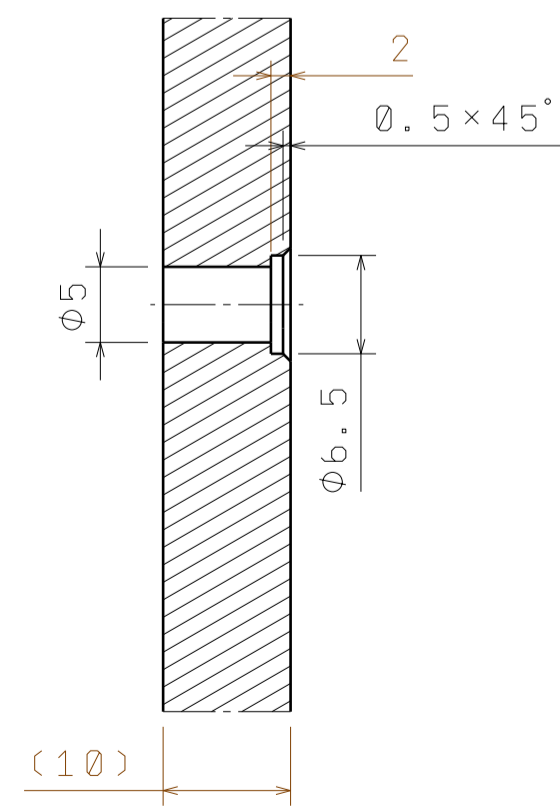
Levý pohled  
Měřítko: 1:8



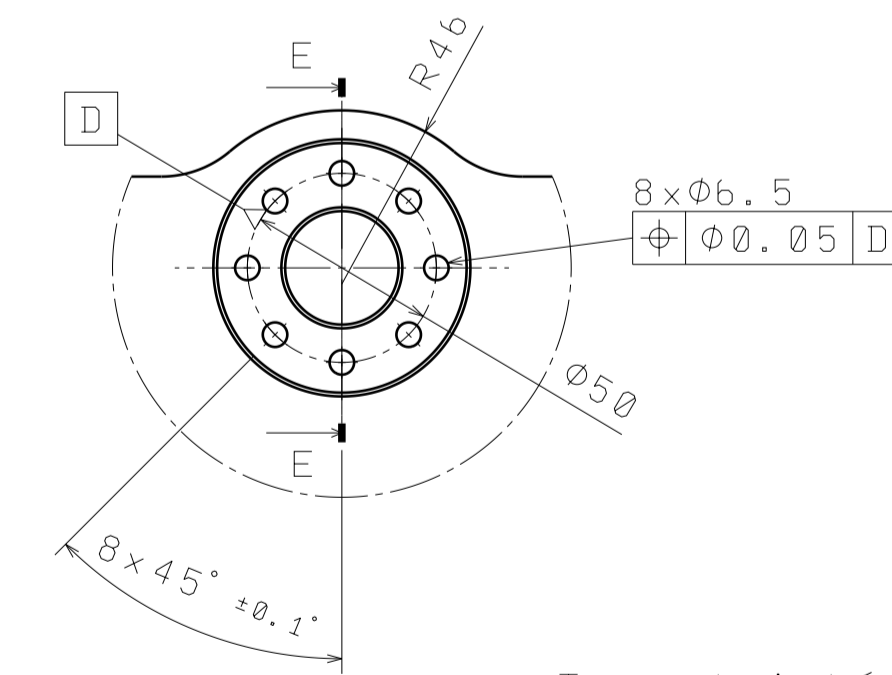
Detail A  
Měřítko: 1:4



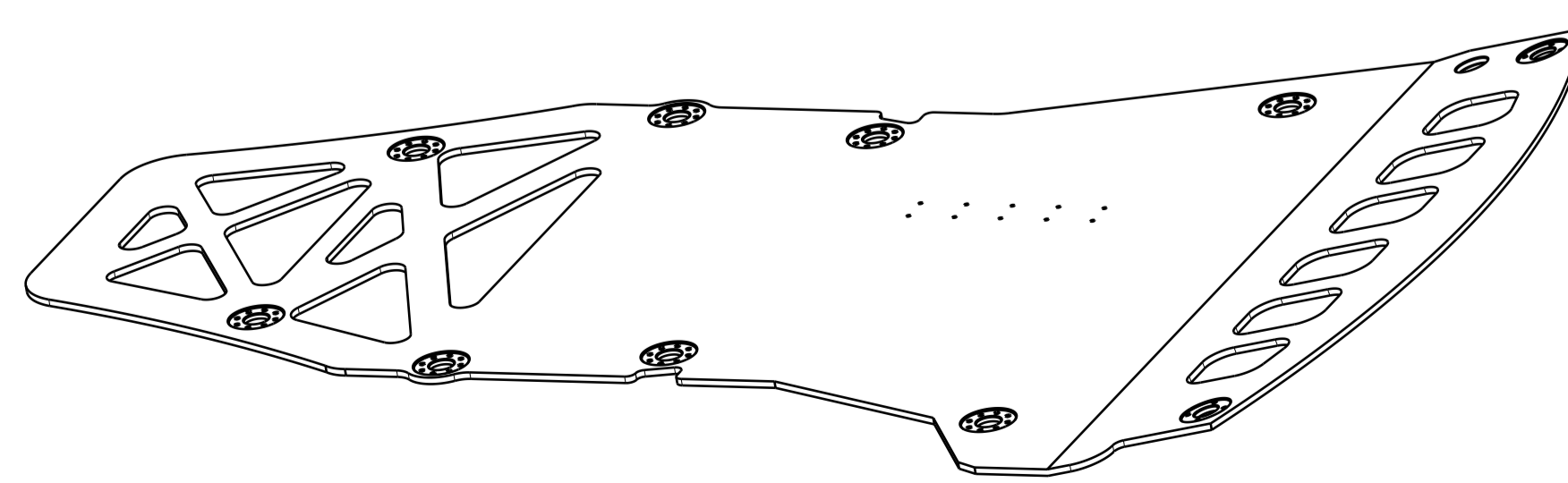
Řez C-C  
Měřítko: 2:1



Detail D  
Měřítko: 1:2



Isometrický pohled  
Měřítko: 1:8

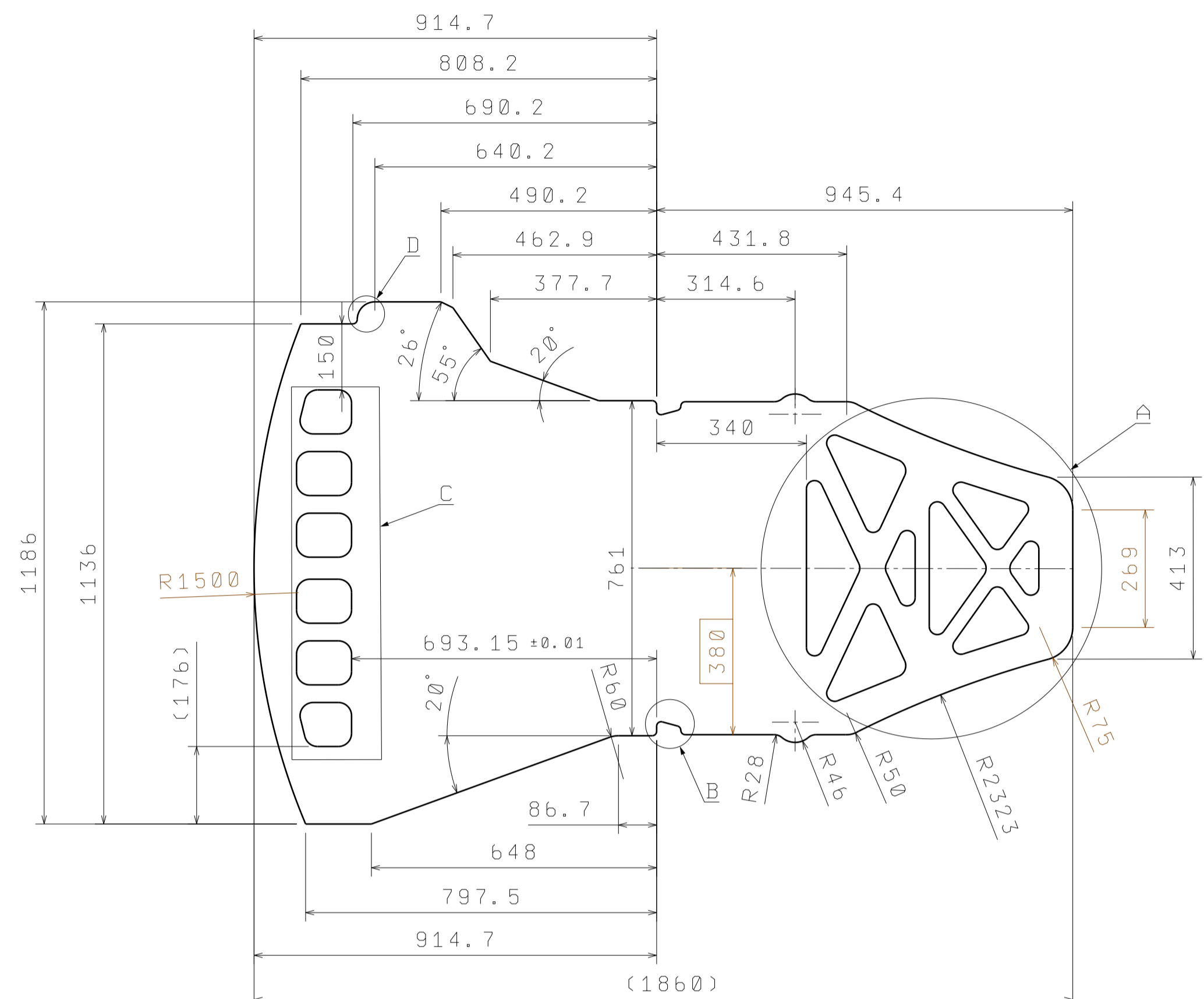


- Dodržet technologický postup:  
1. Vypálit obrys + lehčení (ID Výkresu: LYZ\_FFWR\_C\_1\_1)  
2. Vyvrtat díry + obrobit předepsané plochy  
3. Ohyb (ID Výkresu: LYZ\_FFWR\_C\_1\_2)

Odjehlít, srazit hrany 0.5 mm

MATERIAL: EN AL 7075							
PROJEKTOVÁK: PŘEDEN EN AL 7075 T18							
PROJEKTOVÁK: [Logo]							
TOLERANČNÍ PLOŠE ISO 015: ISO 015		NEODPĚVNÉ DRÁŽKOVÉ: R <sub>a</sub> 12,5					
PRŮMĚRSTI ISO 2768	mk	DRÁŽKY	žebra	OSTŘÍ	PROFILS		
NÁMĚR	PROJEKTOVITZ	Datum	STATIK	PROJEKTOVITZ	Datum	PRŮMĚRSTI	1:8
VERZE II	RETRONITZ	10.3.2017	VERM. REF.	MAKROFILM		OPRÁVIL	at
SKUPINA			PRŮZK.	SESTAVA	LYZ_FFWR_C	KRESANÁK	LYZ_FFWR_C_KIS
TECHNOL.			SEKAI II	SESTAV. V.			
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI FAKULTA STROJNÍ KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ				NÁZEV LYZINA ID VÝKRESU LYZ_FFWR_C_1			

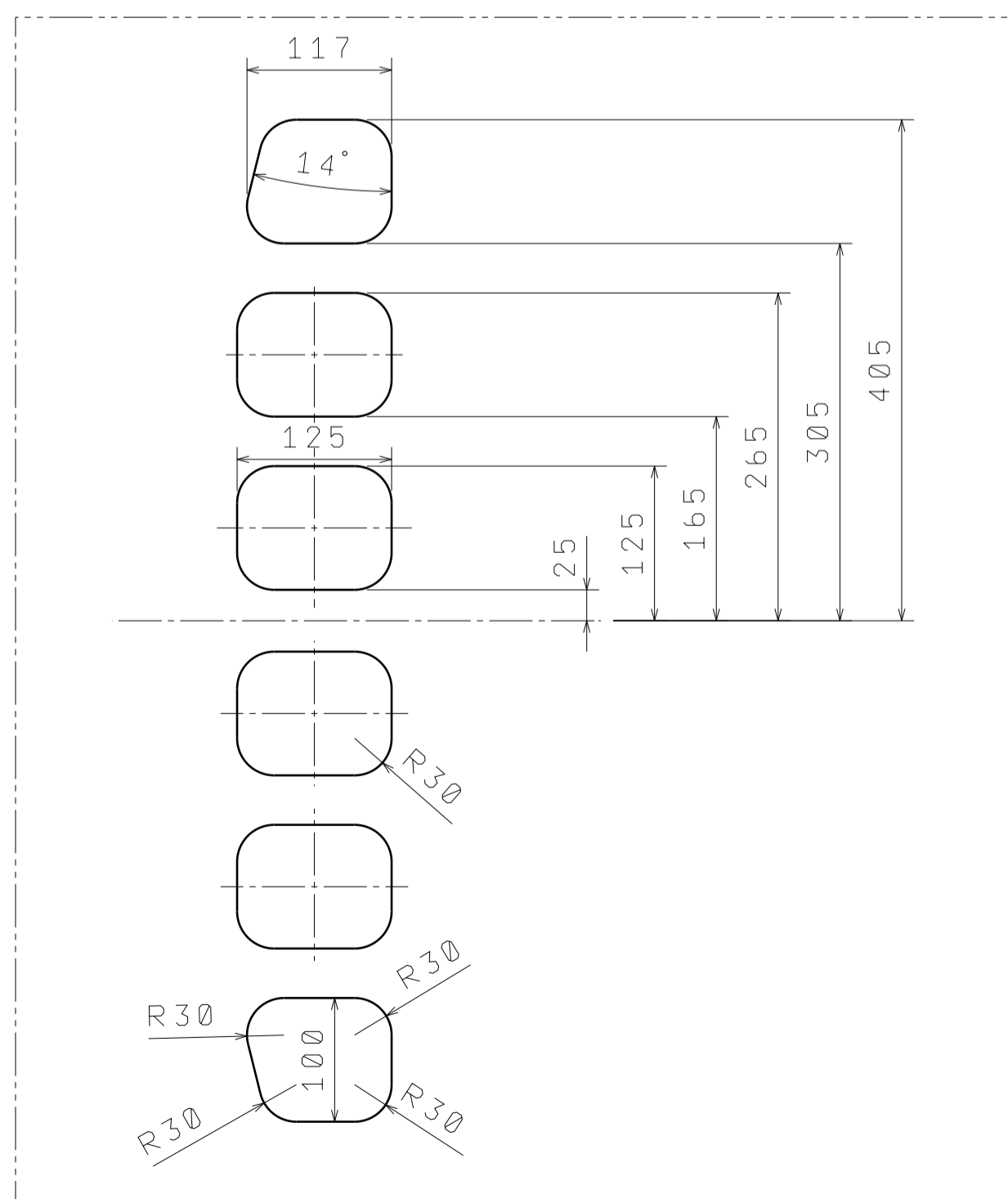
Přední pohled  
Měřítko: 1:10



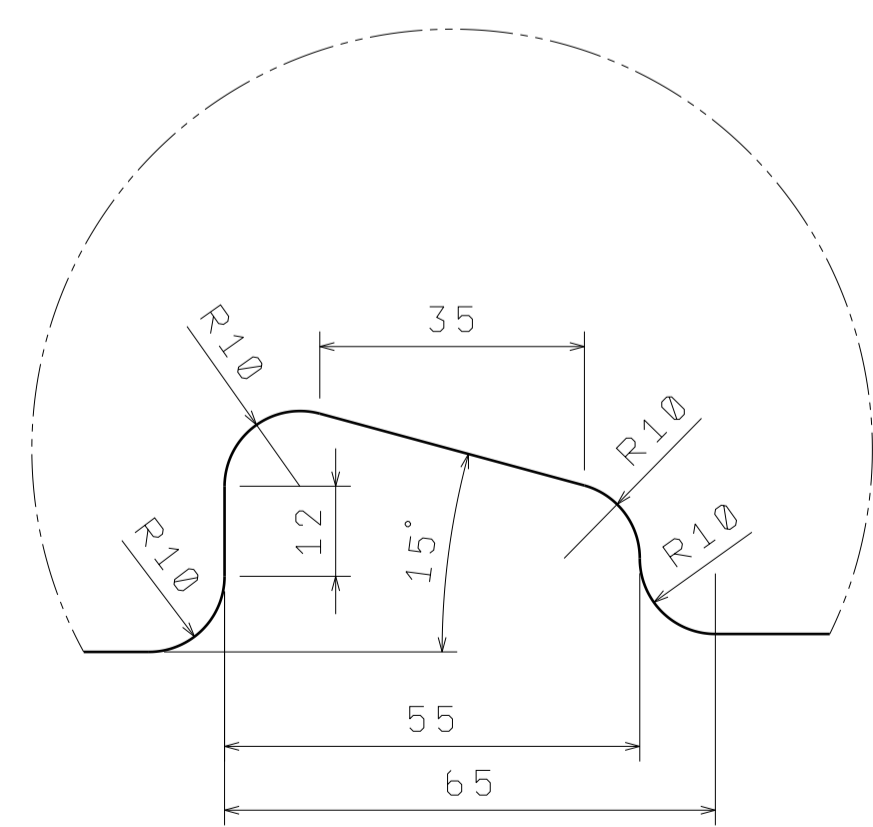
Boční pohled  
Měřítko: 1:10



Detail C  
Měřítko: 1:5

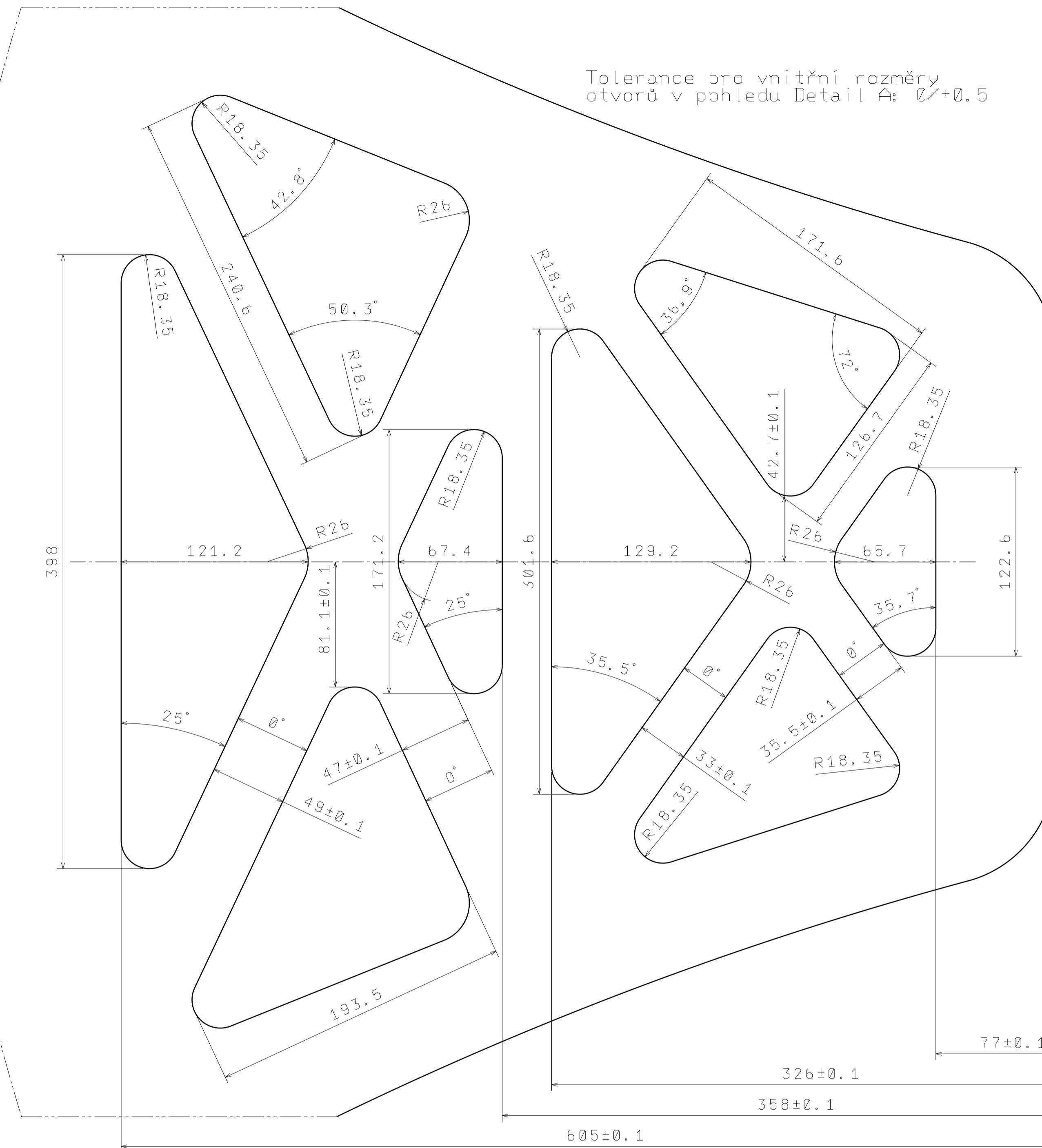


Detail B  
Měřítko: 1:1

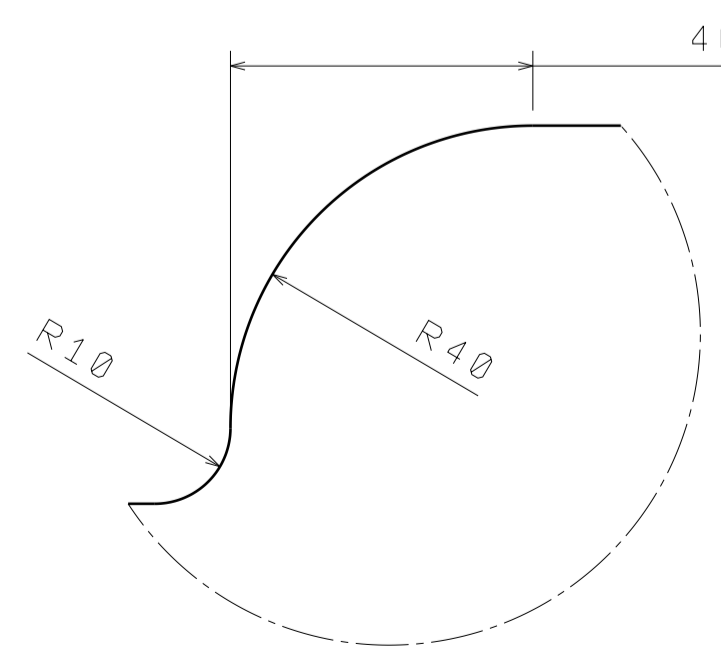


Detail A  
Měřítko: 1:2

Tolerance pro vnitřní rozměry  
otvorů v pohledu Detail A:  $0^{+0.5}$



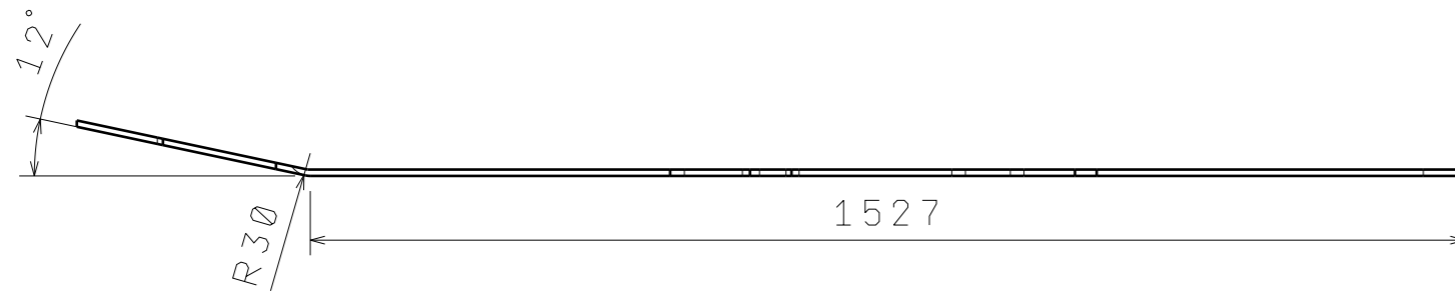
Detail D  
Měřítko: 1:1



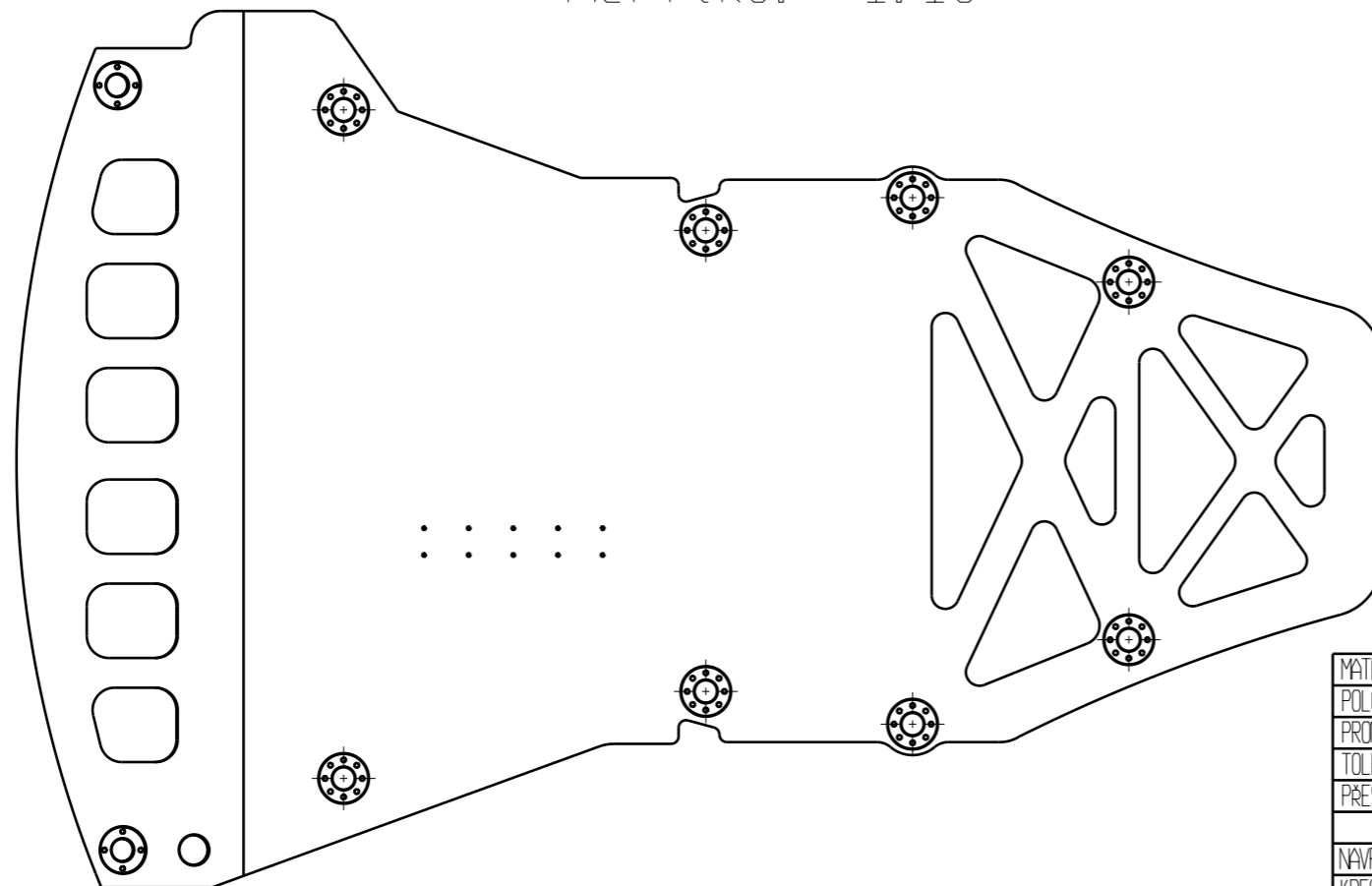
Výkres určený pro výpalek  
Odejlit, srazit neupravené hrany 0.5 mm

MATERIÁL: EN AL 7075					
PRŮJEMNICE: PŘEČ EN AL 7075 T16					
PROJEKTANT: [SIGN]					
TOLERANČNÍ PROJEKT: ISO 0/±0.15 ISO 0/±0.15		NEODPORNÉ DRÁŽENÍ: R <sub>z</sub> 12.5			
ČESKOSTANOVITEL: [SIGN]	POKRYTÍ: [SIGN]	PROJEKT: [SIGN]	ČÍSLO: [SIGN]	DRŮŽKA: [SIGN]	PROJEKT: [SIGN]
VÝKRES: [SIGN]	PROJEKT: [SIGN]	Datum: [SIGN]	STATIK: [SIGN]	Datum: [SIGN]	PRŮJEMNICE: 13.4 kg
VERZE II: [SIGN]	PROJEKT: [SIGN]	10.3.2017	VÝKRES: [SIGN]	MONTÁŽ: [SIGN]	MĚŘÍTKO: 1:10
SKUPINA: [SIGN]	PROJEKT: [SIGN]		PROJEKT: [SIGN]	SKUPINA: LYZ FFARC S	KONTROLA: LYZ FFARC KIS
TECHNOL.: [SIGN]	PROJEKT: [SIGN]		PROJEKT: [SIGN]	SKUPINA: [SIGN]	
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI FAKULTA STROJNÍ KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ			NÁZEV: LYZINA_ROZVIN TITUL VÝKRESU: LYZ_FFARC_1.1		

Boční pohled  
Měřítko: 1:10



Přední pohled  
Měřítko: 1:10



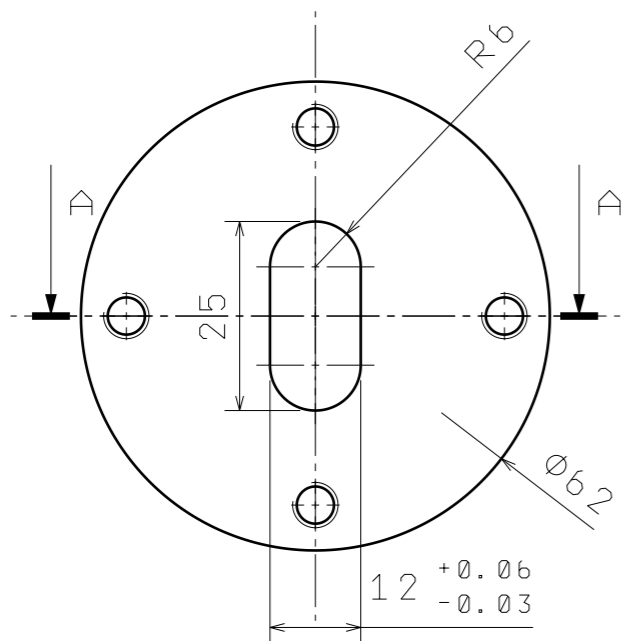
Výkres určený pouze pro ohyb

MATERIÁL: EN AW-7075							
POLOTOVAR: PLECH EN AW-7075 T10							
PROMÍTÁNÍ:  [ISO E]				NEOZNACENÉ DRSNOSTI: Ra 12,5			
TOLEROVÁNÍ PODLE ISO 8015							
PŘESNOST ISO 2768 - mK		INDEX		DATUM		PODPIS	
NAVRHL	Podpis	Datum	STATIK	Podpis	Datum	HMOTNOST	32,6 kg
KRESLIL	PETROVITZ	26.3.2017	NORM. REF.			MIKROFILM	FORMÁT: A3
SKLUPINÁŘ			PŘEZK.			SESTAVA LYZ_FFWR_C_S	KUSOVNIK LYZ_FFWR_C_KUS
TECHNOL.			SCHVÁLIL				

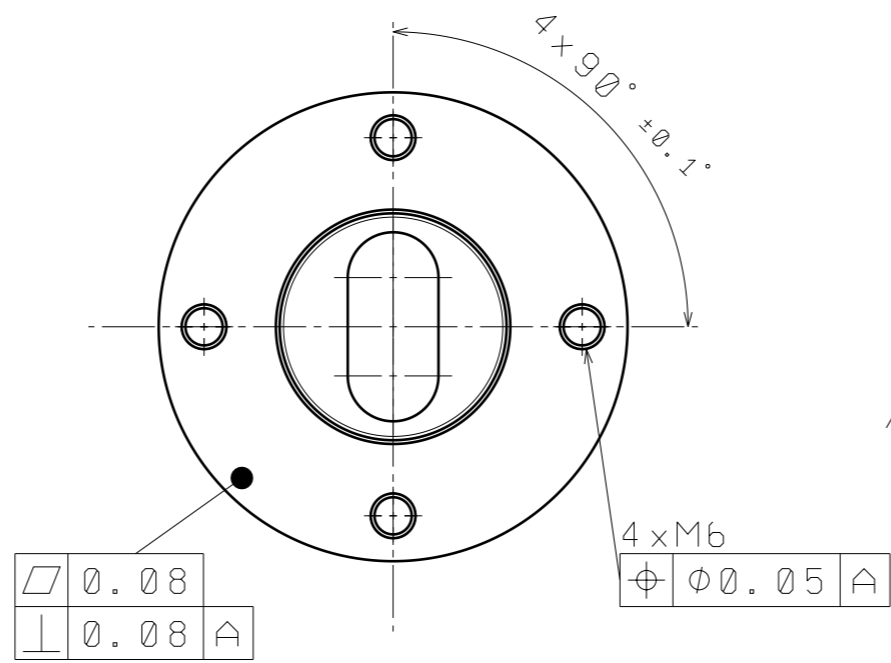
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA STROJNÍ  
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

NÁZEV  
LYZINA\_OHYB  
ID VÝKRESU  
LYZ\_FFWR\_C\_1\_2  
LIST:1/1

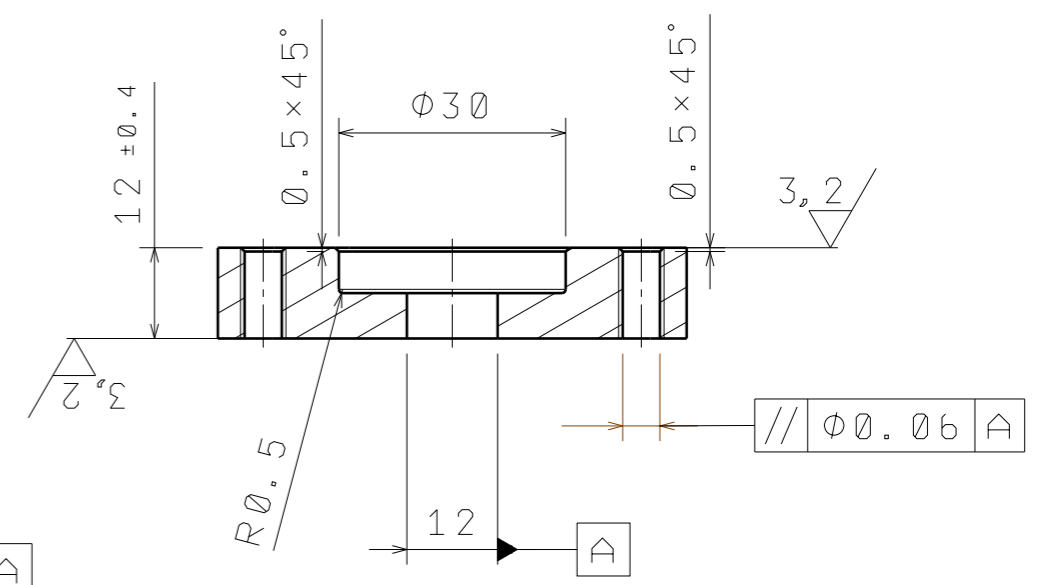
Přední pohled  
Měřítko: 1:1



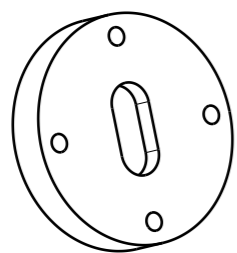
Zadní pohled  
Měřítko: 1:1



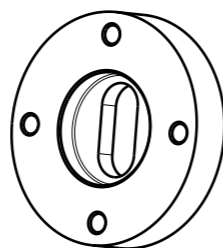
Řez A-A  
Měřítko: 1:1



Isometrický pohled 1  
Měřítko: 1:2



Isometrický pohled 2  
Měřítko: 1:2



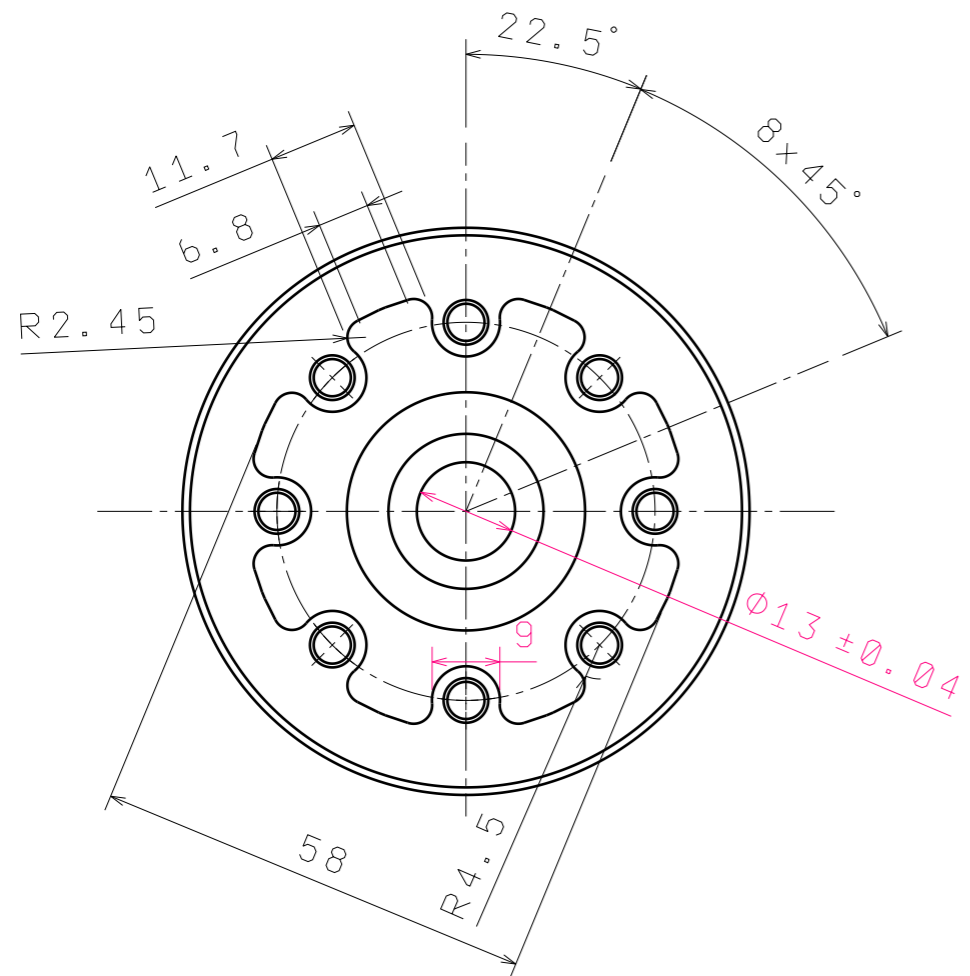
Odjehlit, srazit neupravené hrany 0.5 mm

MATERIÁL: OCEĽ S355J0 (DLE ČSN EN 10025)					
POLOTOVAR: ø65 ČSN EN 10060 - S355J0 - 10025					
PROMÍTÁNÍ:  [ISO E]		NEOZNACENÉ DRSNOSTI: Ra 6,3			
TOLEROVÁNÍ PODLE ISO 8015					
PŘESNOST ISO 2768 - mK		INDEX		DATUM	
Podpis	Datum	Podpis	Datum	MĚŘÍTKO 1:1	
NAVRHL PETROVITZ		STATIK		HMOTNOST 0,23 kg	FORMÁT: A3
KRESLIL PETROVITZ	21.2.2017	NORM. REF.		MIKROFILM	KUSOVNIK LYZ_FFWRK_KUS
SKUPITVAŘ		PŘEZK.		SESTAVA LYZ_FFWRK_S	
TECHNOL.		SCHVÁLIL			

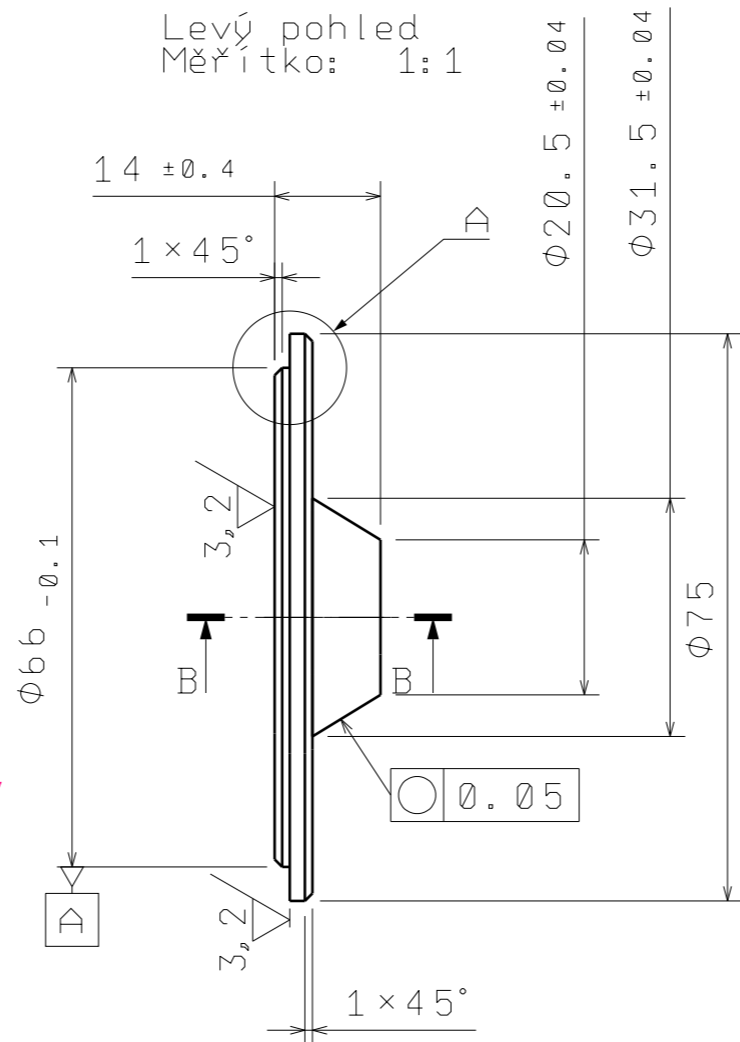
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA STROJNÍ  
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

NÁZEV  
DRZAK\_PREDNI  
ID VÝKRESU  
LYZ\_FFWRK\_2  
LIST:1/1

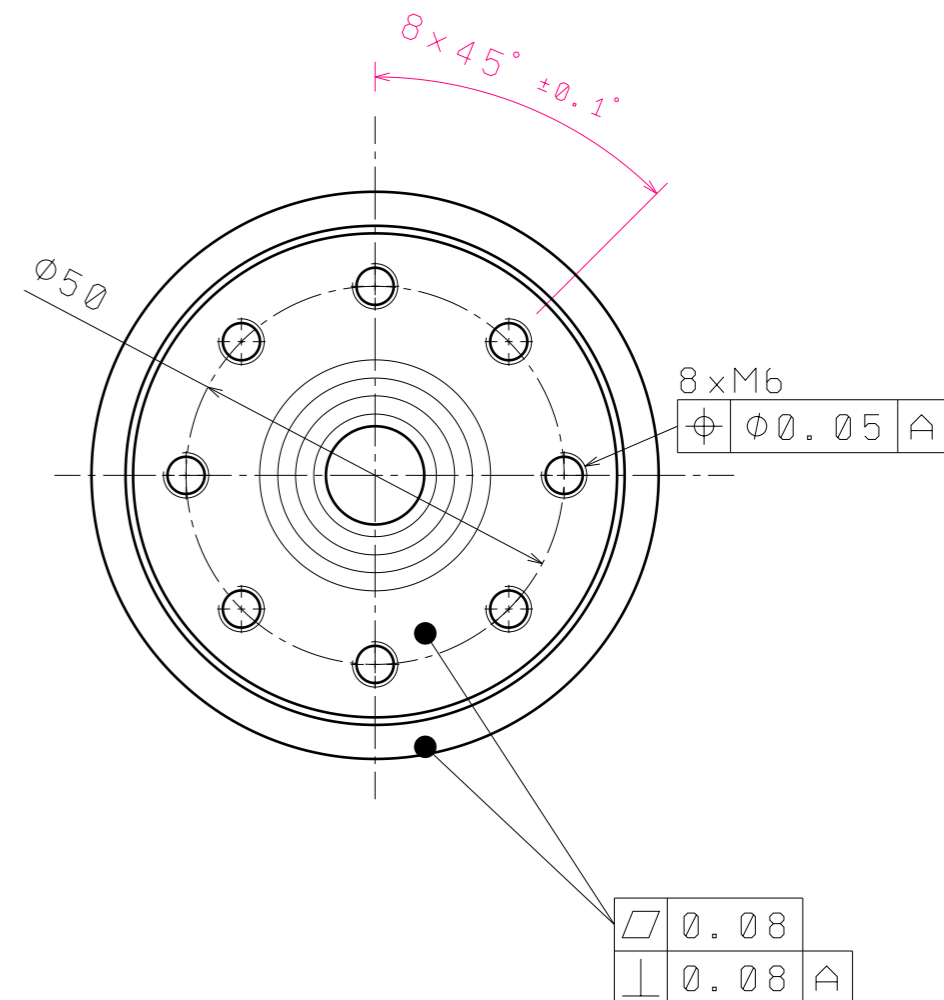
Přední pohled  
Měřítko: 1:1



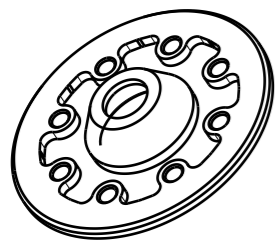
Levý pohled  
Měřítko: 1:1



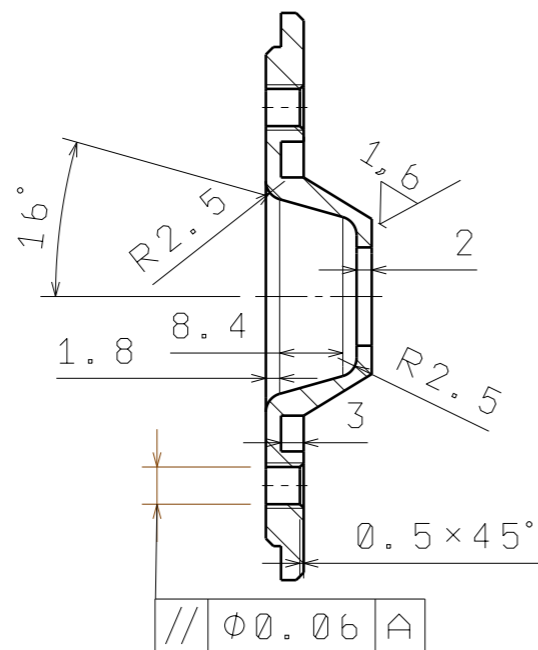
Zadní pohled  
Měřítko: 1:1



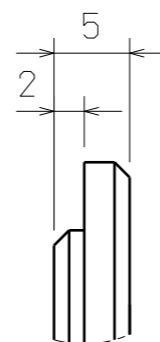
Isometrický pohled 1  
Měřítko: 1:2



Řez B-B  
Měřítko: 1:1

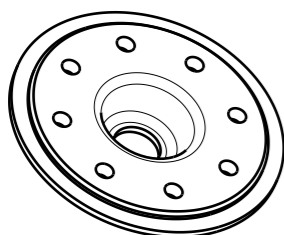


Detail A  
Měřítko: 2:1



Odjehlit, srazit neupravené hrany 0.5 mm

Isometrický pohled 2  
Měřítko: 1:2

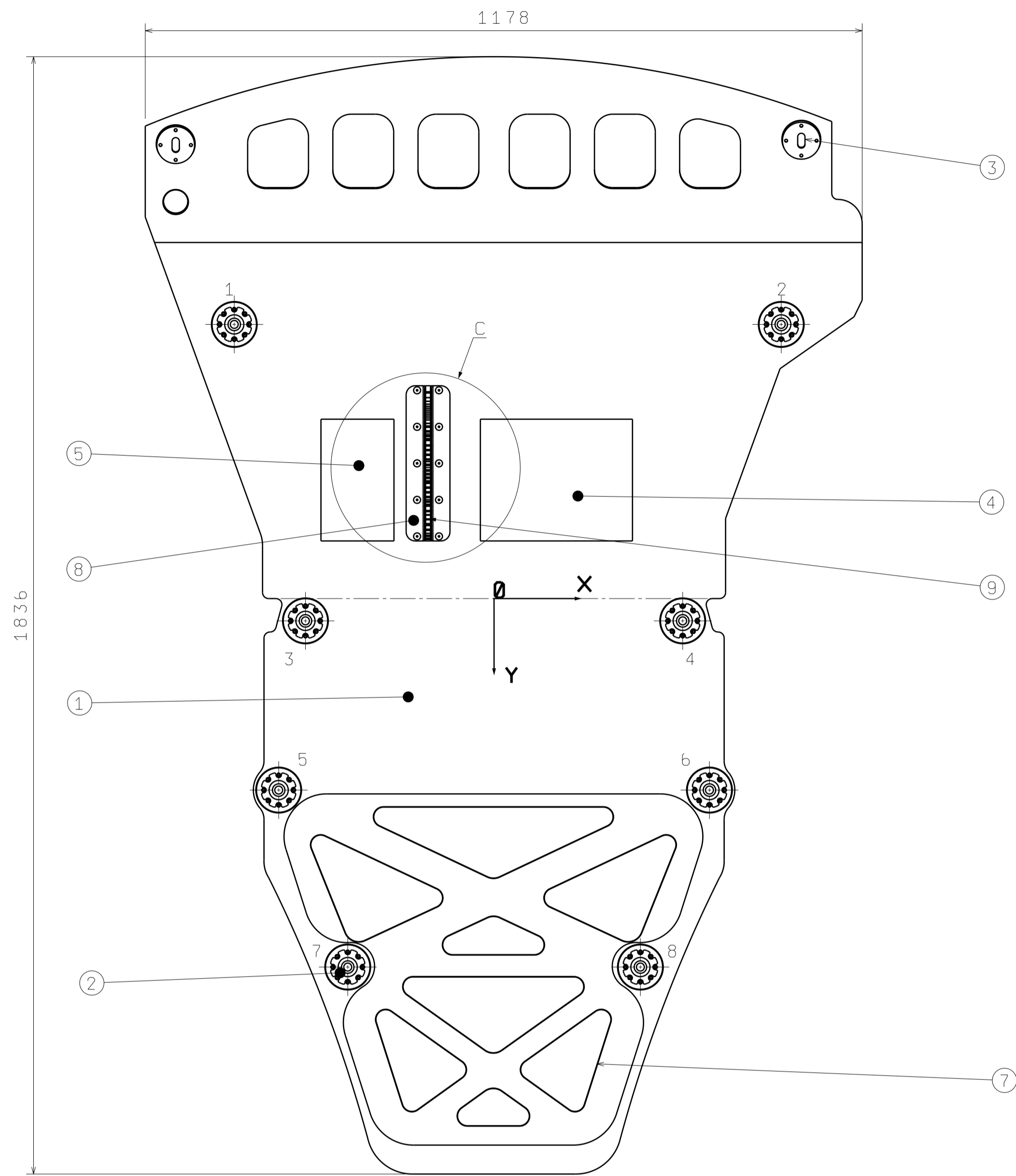


MATERIÁL: OCEL S355J0 (DLE ČSN EN 10025)					
POLOTOVAR: ø80 ČSN EN 10060 - S355J0 - 10025					
PROMĚTÁNÍ:  [ISO E]		NEOZNACENÉ DRSNOSTI: Ra 6,3			
TOLEROVÁNÍ PODLE ISO 8015					
PŘESNOST ISO 2768 - mK		INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS
NAVRHL	Podpis	Datum	Podpis	Datum	MĚŘÍTKO
KRESLIL	PETROVITZ	17.2.2017	STATIK		1:1
SKLUPINÁŘ			NORM. REF	HMOTNOST	0,135 kg
TECHNOL.			PŘEZK.	SESTAVA	LYZ_FFWR_C_S
			SCHVÁLIL	KUSOVNIK	LYZ_FFWR_C_KUS

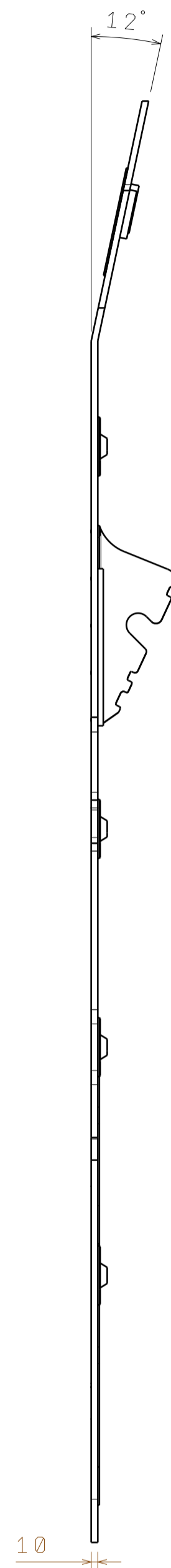
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA STROJNÍ  
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

NÁZEV  
DRZAK\_KUZEL  
ID VÝKRESU  
LYZ\_FFWR\_C\_3

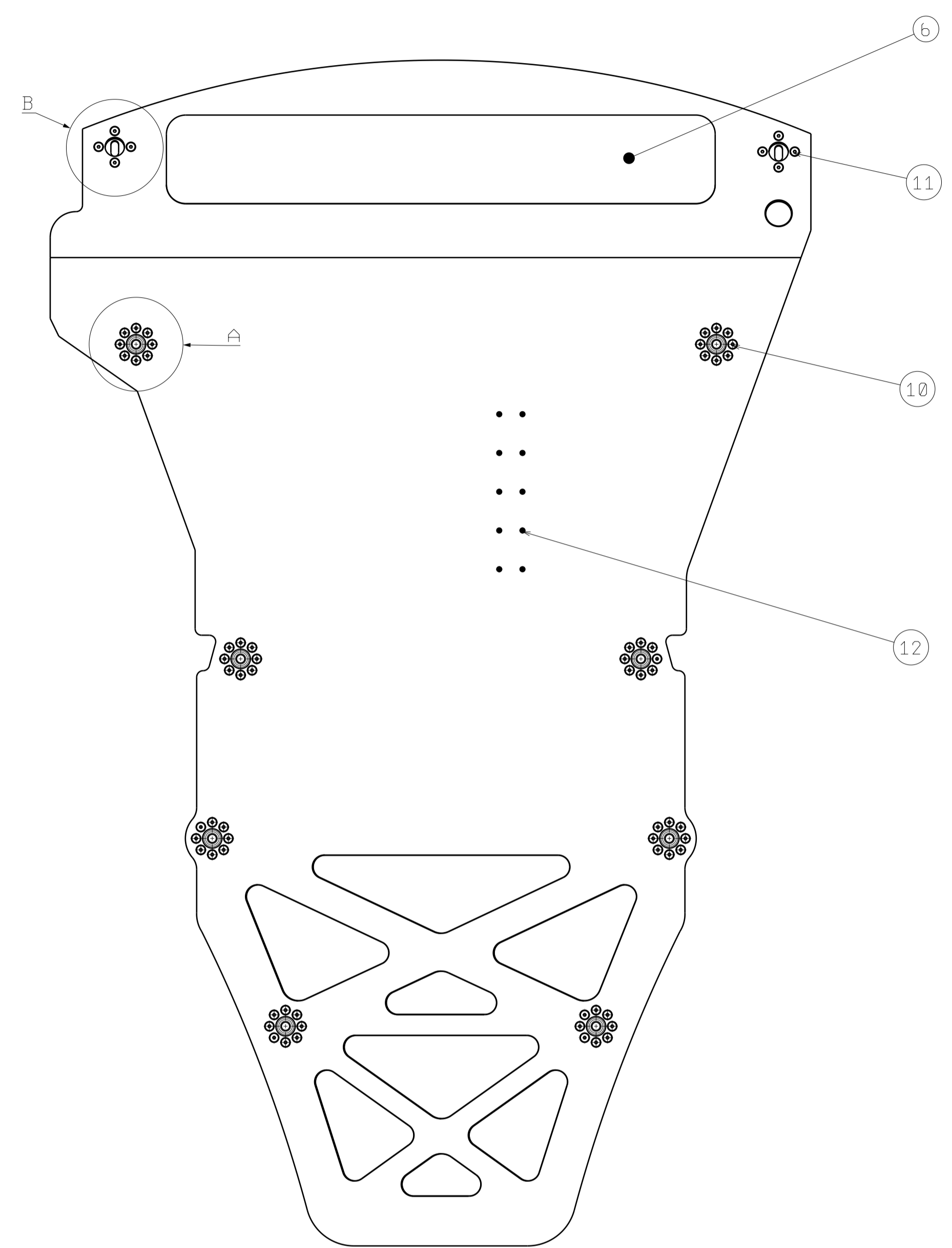
Přední pohled  
Měřítko: 1:6



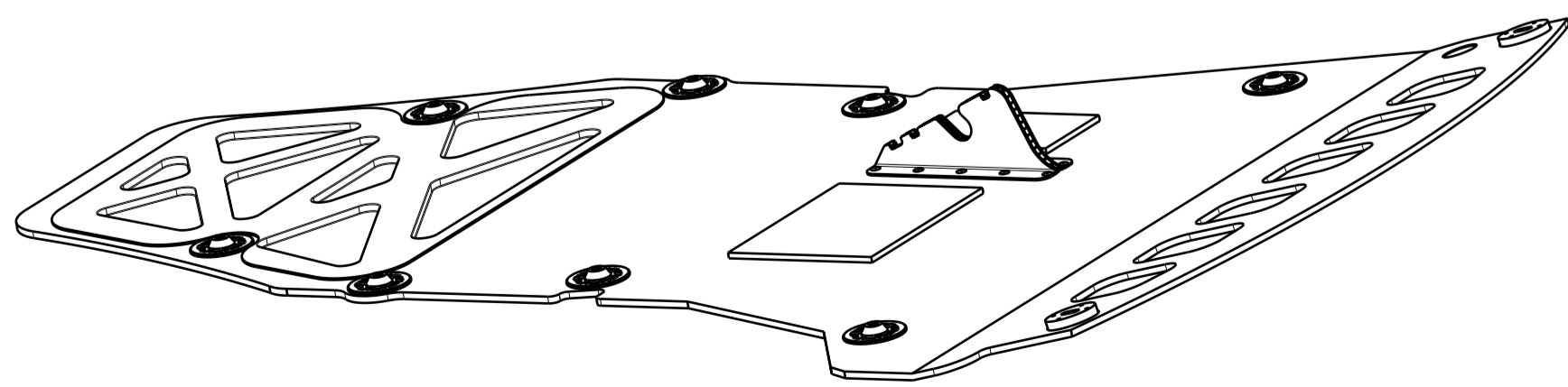
Levý pohled  
Měřítko: 1:6



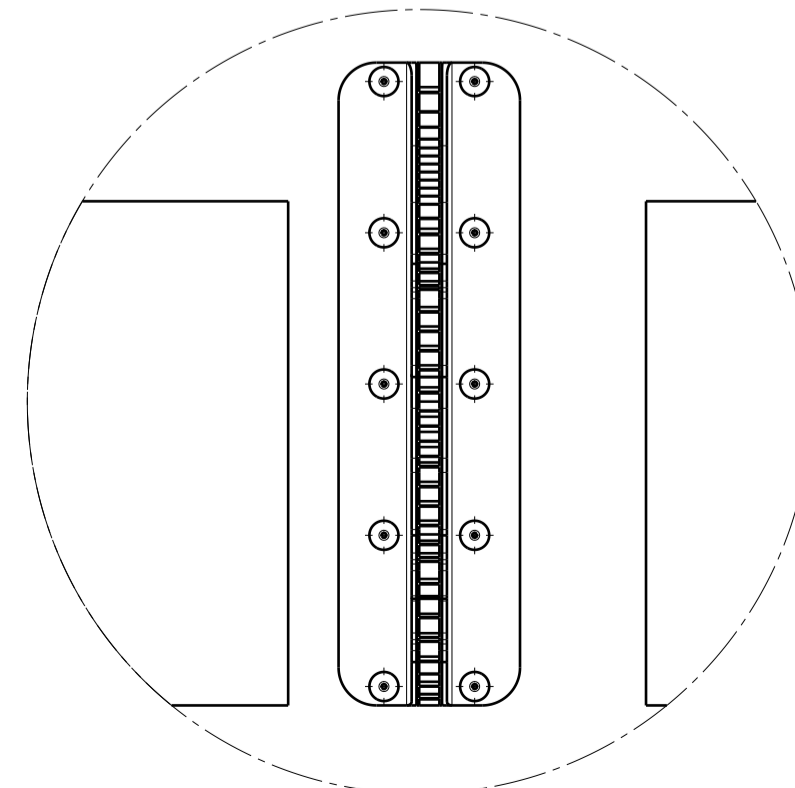
Zadní pohled  
Měřítko: 1:6



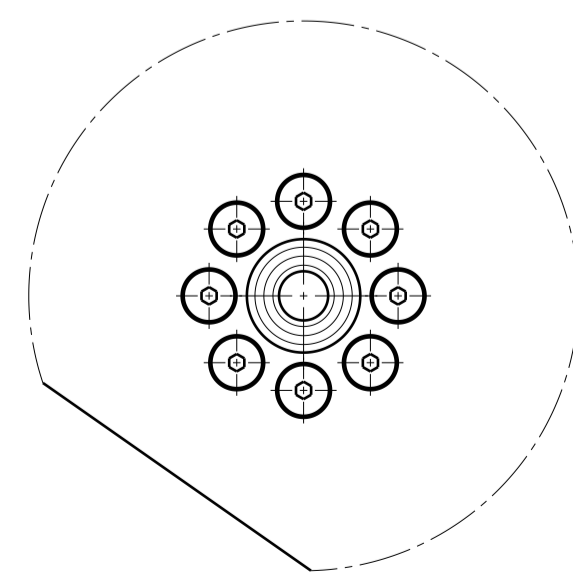
Isometrický pohled  
Měřítko: 1:8



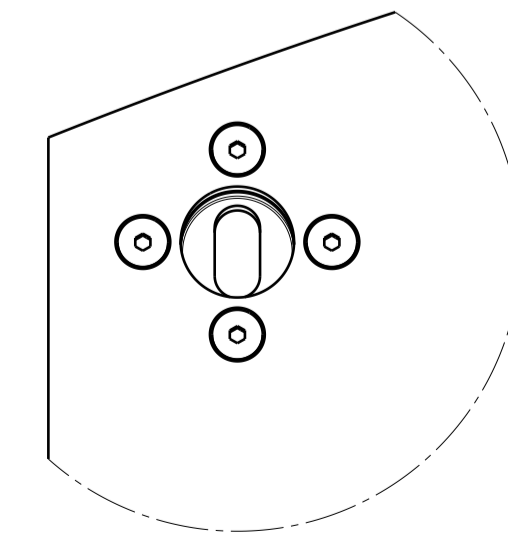
Detail C  
Měřítko: 1:3



Detail A  
Měřítko: 1:2



Detail B  
Měřítko: 1:2



Souřadnice  
středů držáků  
s kuželovou  
dosedací  
plochou:

	X	Y
1	-427	-450.4
2	472	-450.4
3	-310	36.6
4	310	36.6
5	-354	314.6
6	354	314.6
7	-240.5	605.4
8	240.5	605.4

PROJEKTOVÁČ: [Logo]		[Logo]		[Logo]		[Logo]		[Logo]	
TITUL: [Logo]		[Logo]		[Logo]		[Logo]		[Logo]	
PŘEDKVALIFIKACE: [Logo]		[Logo]		[Logo]		[Logo]		[Logo]	
PRÁVA:	PRÁVA II.	PRÁVA III.	PRÁVA IV.	PRÁVA V.	PRÁVA VI.	PRÁVA VII.	PRÁVA VIII.	PRÁVA IX.	PRÁVA X.
PRÁVA I.	PRÁVA II.	PRÁVA III.	PRÁVA IV.	PRÁVA V.	PRÁVA VI.	PRÁVA VII.	PRÁVA VIII.	PRÁVA IX.	PRÁVA X.
PRÁVA I.	PRÁVA II.	PRÁVA III.	PRÁVA IV.	PRÁVA V.	PRÁVA VI.	PRÁVA VII.	PRÁVA VIII.	PRÁVA IX.	PRÁVA X.
PRÁVA I.	PRÁVA II.	PRÁVA III.	PRÁVA IV.	PRÁVA V.	PRÁVA VI.	PRÁVA VII.	PRÁVA VIII.	PRÁVA IX.	PRÁVA X.
NÁZEV: KRYT_SESTAVA		TITUL: [Logo]		[Logo]		[Logo]		[Logo]	
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ		LÝZ_FFWR_C_S		[Logo]		[Logo]		[Logo]	

# Kusovník výkresu : KRYT\_SESTAVA (LYZ\_FFWRC\_S)

P.	Název	Typ	Popis/Norma/ Č. Výkresu	Množství
1	Lyžina - plech	Součást	LYZ_FFWRC_1	1
2	Držák - kužel	Součást	LYZ_FFWRC_3	8
3	Držák - přední	Součást	LYZ_FFWRC_2	2
4	Opěra - převodovka	Součást	Deska z mikroporézní pryže 250x200x7	1
5	Opěra - olejová vana	Součást	Deska z mikroporézní pryže 200x120x7	1
6	Kryt - přední odl.	Součást	Kompozitová deska (karbon-kevlarová) 850x140x2	1
7	Kryt - zadní odl.	Součást	Originální díl M-Sport	1
8	Vzpěra - bok	Součást	Převzato (bez dokumentace)	2
9	Vzpěra - střed (štěpina)	Součást	Převzato (bez dokumentace)	1
10	Šroub M6x10	Součást	ISO 10642 (s vnitřním šestihranem a zapuštěnou kuželovou hlavou)	64
11	Šroub M6x16	Součást	ISO 10642 (s vnitřním šestihranem a zapuštěnou kuželovou hlavou)	8
12	Zápusťný nýt 4x12	Součást	ČSN 02 2311.1	10

INDEX		ZMĚNA		DATUM	PODPIS
Podpis	Datum	Podpis	Datum	MĚŘÍTKO	
NAVRHL	PETROVITZ	STATIK		HMOTNOST	
KRESLIL	PETROVITZ	NORM. REF.		MIKROFILM	
SKUPINÁŘ		PŘEZK.		SESTAVA LYZ_FFWRC_S	
TECHNOL.		SCHVÁLIL		STARÝ V.	
				FORMÁT A4	
				KUSOVNIK	

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA STROJNÍ  
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

NÁZEV

KRYT\_KUSOVNIK

ID VÝKRESU

LYZ\_FFWRC\_KUS