

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

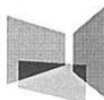
Studijní obor/specializace: 6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu,
logistiky a kvality

Zhodnocení vybraných bezpečnostních prvků závodního vozidla ŠKODA FABIA R5

Bakalářská práce

Dominik Tvrzický

Vedoucí práce: **Ing. Josef Bradáč, Ph.D.**



ŠKODA AUTO Vysoká škola

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Dominik Tvrzický**
Studijní program: **Ekonomika a management**
Obor: **Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality**

Název tématu: **Zhodnocení vybraných bezpečnostních prvků
závodního vozidla Škoda Fabia R5**

Cíl: Cílem bakalářské práce je analyzovat vybrané bezpečnostní prvky závodního vozidla Škoda Fabia R5. Zvolené bezpečnostní prvky budou následně zhodnoceny z hlediska spolehlivosti a s ohledem na mezigenerační vývoj daného vozidla.

Rámcový obsah:

1. Bezpečnost vozidel, prvky pasivní bezpečnosti
2. Bezpečnostní prvky závodních vozidel
3. Specifikace rallyových vozů a pravidla pro skupinu závodních vozů R5
4. Analýza spolehlivosti bezpečnostních prvků vozidla Škoda Fabia R5
5. Zhodnocení vnitřního ochranného rámu vozidla dle zvolených kritérií

Rozsah práce: 25 – 30 stran

Seznam odborné literatury:

1. KOVANDA, J. – A KOLEKTIV AUTORŮ. *Bezpečnostní aspekty návrhu dopravních prostředků*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05893-0.
2. FIRST, J. – A KOLEKTIV. *Zkoušení automobilů a motocyklů.: Příručka pro konstruktéry*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008. ISBN 978-80-254-1805-5.
3. VLK, F. *Stavba motorových vozidel.: Osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, jízdní souprava, ergonómika, biomechanika, struktura, kolize, materiály*. 1. vyd. Brno: Vlk František, 2003. 499 s. ISBN 80-238-8757-2.

Datum zadání bakalářské práce: únor 2019

Termín odevzdání bakalářské práce: prosinec 2019

L. S.



Ing. Josef Bradáč, Ph.D.
Vedoucí práce



prof. Ing. Radim Lenort, Ph.D.
Vedoucí katedry



Mgr. Petr Šulc
Prorektor ŠAVŠ



Dominik Tvrzický
Autor práce

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnici OS.17.09 Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom, že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne 11. 12. 2019

Děkuji panu Ing. Josefu Bradáčovi, Ph.D. za odborné vedení závěrečné práce, poskytování rad a informačních podkladů.

Obsah

Úvod	7
1 Bezpečnost vozidel a prvky pasivní bezpečnosti	8
1.1 Pasivní bezpečnost	9
1.1.1 Deformační zóny vozidla – karoserie	11
1.1.2 Zádržné systémy posádky	12
1.1.3 Airbag	15
1.1.4 Systém prevence poranění krku	18
2 Specifikace rallye a rallyových vozů.....	20
2.1 Předpisy pro skupinu závodních vozů R5.....	21
2.2 Tým ŠKODA Motorsport.....	24
2.3 ŠKODA Fabia R5	25
2.4 ŠKODA Fabia R5 evo	29
3 Analýza bezpečnostních prvků vozu Fabia R5/ R5 evo	32
3.1 Ochrana posádky	32
3.2 Ochranný rám	34
3.3 Charakteristika ochranných rámců	36
3.4 Analýza odolnosti ochranných rámců.....	44
3.5 Souhrnné zhodnocení výsledků	48
Závěr.....	50
Seznam literatury	51
Seznam obrázků	54
Seznam tabulek	55

Seznam použitých zkratk a symbolů

ADR	Accident Data Recorder
EHK OSN	Evropská hospodářská komise Spojených národů
FAS	Federace automobilového sportu
FEM	Finite element method
FIA	Mezinárodní automobilová federace
R5	Kategorie závodních vozů v rallye
ŠM	ŠKODA Motorsport
WRC	World Rally Championship

Úvod

Bakalářská práce je zpracována na téma „Zhodnocení vybraných bezpečnostních prvků závodního vozidla ŠKODA Fabia R5“. V současné době dochází díky novým technickým inovacím a moderní konstrukci osobních vozidel k neustálému zvyšování rychlostních limitů. Tento fakt přináší poměrně větší potencionální riziko vzniku vážné dopravní nehody a možné ohrožení cestujících. Jinak tomu není ani v oblasti automobilových soutěží, kde je díky ještě vyspělejšímu pokroku a rozvoji závodní techniky dosahováno vyšších nebezpečných rychlostí.

Cílem této bakalářské práce je analyzovat vybrané bezpečnostní prvky závodního vozidla ŠKODA Fabia R5 a následné vyhodnocení funkce vnitřního ochranného rámu tohoto závodního vozu s ohledem na jeho mezigenerační vývoj.

V teoretické části bakalářské práce budou v první kapitole popsány obecné prvky pasivní bezpečnosti. Druhá kapitola bude věnována bližší specifikaci a předpisům rallye a také popisu úspěšného závodního modelu ŠKODA Fabia R5, který pochází z rukou továrního týmu ŠKODA Motorsport.

V praktické části budou představeny konkrétní vybrané bezpečnostní prvky vozidla ŠKODA Fabia R5 a analyzován nejdůležitější prvek - vnitřní ochranný rám. Jeho vlastnosti budou následně mezigeneračně porovnány s novým typem ochranného rámu pro model vozu ŠKODA Fabia R5 evo. Dále bude pak provedena statická zkouška zatížení na hlavním a předním rámovém oblouku pomocí počítačové simulace. Závěrem bude v praktické části vyhodnocena celková odolnost a ekonomická náročnost výroby obou vnitřních ochranných rámu.

1 Bezpečnost vozidel a prvky pasivní bezpečnosti

V současné době, kdy dochází k nárůstu osobní dopravy a také zvyšování počtu osobních automobilů, jsou kladeny velké nároky na jejich bezpečnost (Kovanda a kol., 2016).

Nárok není kladen jen na bezpečnost vnější, jakožto konstrukci karoserie, nárazníků a deformačních vlastností přídě, ale také na vnitřní bezpečnostní kritéria. Mezi ně může být zařazena ochrana proti vymrštění osob nebo ochrana proti požáru atd.

„Provozní bezpečnost motorového vozidla je dělena na aktivní bezpečnost, tj. opatření, které snižuje možnost vzniku dopravní nehody a na pasivní bezpečnost, tj. opatření ke zmenšení následků nehody (Vlk, 2003, str. 2)“.

Důležitou roli, která ovlivňuje aktivní a pasivní bezpečnost automobilu, hrají také jízdní vlastnosti samotného vozidla a uspořádání karoserie (Vlk, 2003).

V této bakalářské práci (dále jen BP) je dále pozornost zaměřena na pasivní bezpečnost vozidla.

Jak ze strany výrobců vozidel, tak i ze strany zákazníků jsou stále zvyšovány požadavky na vývoj robustních a inteligentních vozidel. Důraz je hlavně kladen na schopnost předejít nehodě, případně minimalizovat následky a dopad na posádku nebo ostatní účastníky silničního provozu. Aby byli výrobci v tomto ohledu úspěšní, je nutné, aby byla pochopena komplexní dynamika vozidla a jeho chování při nenadálých událostech a hlavně v případě nárazu (Kovanda a kol., 2016).

Velmi důležitým aspektem jsou také bezpečnostní požadavky na motorová vozidla, která jsou stanovena homologačními předpisy Evropské hospodářské komise (EHK) – OSN, a to zejména z hlediska konstrukce vozidel (Vlk, 2003).

V Mezinárodních předpisech EHK – OSN jsou obsaženy předpisy, které musí být splněny v rámci smluvních stran Ženevské dohody „O přijetí jednotných podmínek pro homologaci (tj. ověřování shodnosti) a o vzájemném uznávání homologace výstroje a součástí motorových vozidel – 1958“ připuštěna do silničního provozu (Vlk, 2003, str. 292).

1.1 Pasivní bezpečnost

Pasivní bezpečností se rozumí všechna konstrukční opatření, která zmenšují následky pro cestující ve vozidle a také následky střetnutí pro chodce. Hlavním cílem je co možná v největší míře minimalizovat riziko poraněných zúčastněných osob a zajištění co největší naděje na jejich přežití (Kovanda a kol., 2016).

Do této skupiny jsou zařazeny prvky jako deformační zóny vozidla, zádržné systémy posádky, airbagy, opěrky hlavy, dětské autosedačky, designové a technické prvky vnitřního vybavení interiéru a zaoblení vnějších hran. (viz Obr. 1)

Ochrana cestujících je v zásadě určována vnitřní a vnější kompatibilitou (kompatibilita = slučitelnost, snášenlivost), (Vlk, 2003).

- Do skupiny vnitřní kompatibility patří např. sladění zadržovacích systémů s průběhem zpoždění kabiny k dodržení biomechanických mezních hodnot, zachování neporušeného prostoru pro cestující s pevnými úchyty pro bezpečnostní pásy a také v neposlední řadě vytvoření vnitřního prostoru při zvláštním zřeteli na možné oblasti nárazu (Vlk, 2003).
- Vnější kompatibilitou je chápáno sladění deformačních sil a deformačních drah s ohledem na rozdělení nárazové energie mezi všechny účastníky dopravní nehody a hlavně zachování prostoru pro jejich přežití (Vlk, 2003).

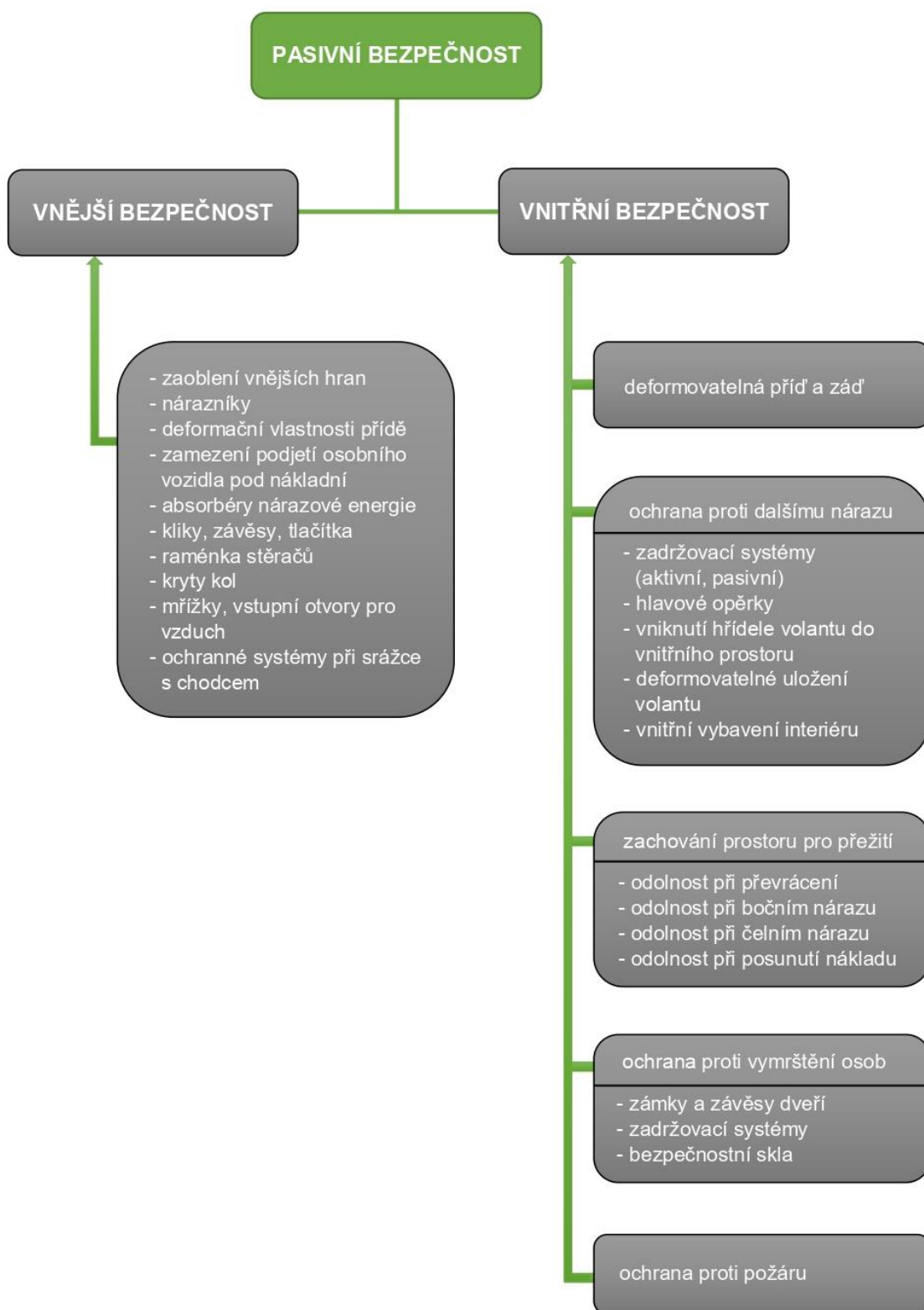
Pasivní bezpečnost vozidla plní své poslání jednak při nárazu. Tady je rozeznávána funkce:

- vnější (tj. míru agresivnosti vůči ostatním účastníkům silničního provozu)
- vnitřní (schopnost ochrany posádky)

A dále plní své poslání po nárazu, kdy na ní závisí možnost vyproštění posádky i míra snížení rizika požáru (Vlk, 2003).

Na základě výsledků statistiky nehodovosti vozidel bylo zjištěno, že je možné předejít vážnějšímu poranění posádky a také zlepšit celkovou bilanci nehod. Proto je kladen velký důraz právě na zajištění vnitřní pasivní bezpečnosti pasažérů (First a kol., 2008).

Pro zvýšení úrovně pasivní bezpečnosti automobilů dochází k neustálému vývoji ze strany automobilových výrobců a také jsou prováděny určité analýzy a porovnání dopravních nehod.

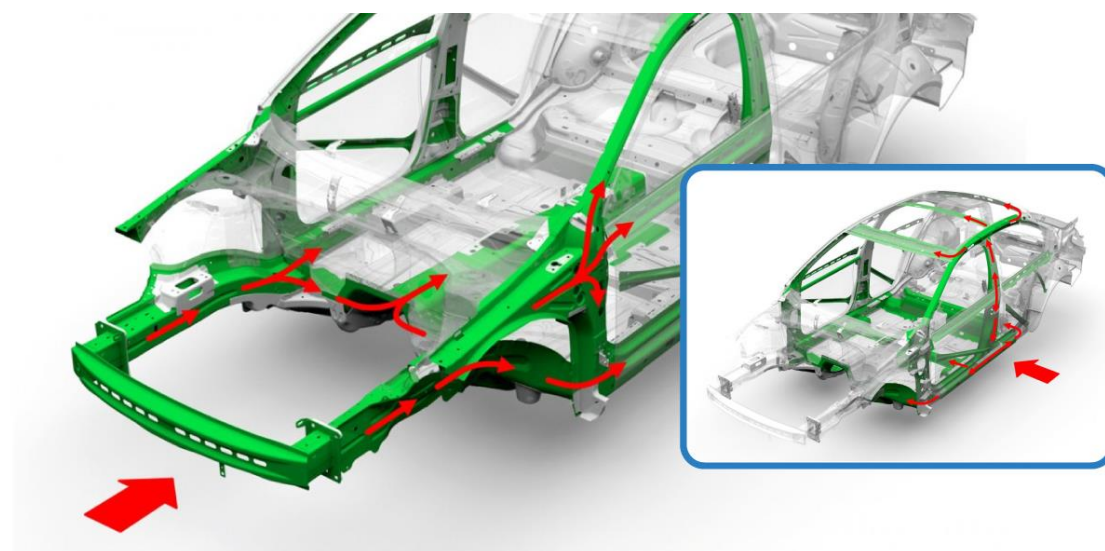


Zdroj: Upraveno dle (Vlk, 2003)

Obr. 1 Základní přehled prvků pasivních bezpečností

1.1.1 Deformační zóny vozidla – karoserie

Základním prvkem karoserie vozidla jsou její deformační zóny. Je jich využíváno hlavně v případě nárazu, kdy musí pojmout takové množství energie, aby působící zpoždění nepřekročilo přípustné biomechanické limity. Je to nutné z důvodu, aby se eliminovalo poranění lidského těla, tzn. cestujících ve vozidle (Kovanda a kol., 2016). (viz Obr. 2)



Zdroj: (Simopt s.r.o., 2019)

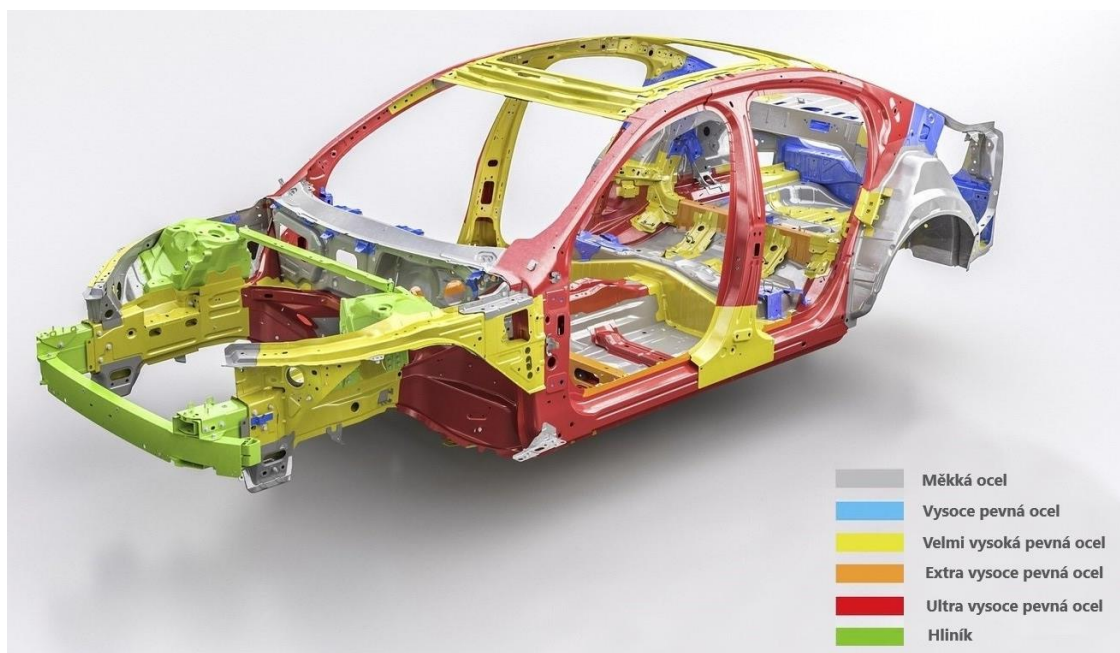
Obr. 2 Rozložení sil působících při čelním a bočním nárazu

Další důležité aspekty, které je potřeba v rámci deformování karoserie zohlednit:

- Vlivem deformace by neměl být nijak vážně narušen vnitřní prostor pro cestující (kompresivní nebo řezné zranění osob).
- Dále je nutné zabezpečit, aby do tohoto prostoru nevnikaly ostatní části vozidla nebo cizí předměty. To proto, aby byla vytvořena dostatečně velká dráha k dopřednému přemístění cestujících při nárazu (Vlk, 2003).

Pro pohlcení nárazové energie jsou v první řadě nejčastěji používány elasticko - plastické konstrukční prvky karoserie. Ty jsou umístěny v její přední části a jsou tvořeny dvěma podélnými nosníky. Na těchto nosnících jsou uchyceny samotné deformační členy ve tvaru vlnovce, které jsou při čelním nárazu zatěžovány převážně ve směru podélné osy vozidla. Boční deformační zóny jsou pak tvořeny dveřmi a B-sloupkem (Kovanda a kol., 2016).

V dnešní době k řízené deformaci přispívají samotné použité materiály na karoserii vozidla. Jsou to různé typy oceli, případně hliníku či plastů. (viz Obr. 3)



Zdroj: (Topspeed, 2018)

Obr. 3 Použité typy materiálu na karoserii

1.1.2 Zádržné systémy posádky

Při vzniku dopravní nehody není možné ochránit cestující pouze bezpečnou strukturou karoserie a bezpečným vnitřním vybavením. Proto byly vyvinuty tzv. zádržné systémy pro posádku (Vlk, 2003).

Zádržný systém má za úkol pevně držet cestujícího, když je vozidlo zpoždováno vlivem nárazu. Systém reaguje s určitou časovou prodlevou, která je způsobena například časovým zpožděním čidel zádržného systému nebo vůlí v bezpečnostních pásích (Vlk, 2003).

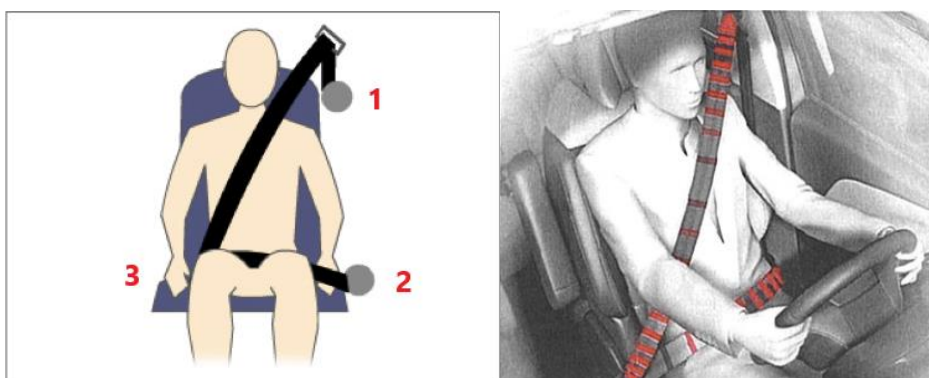
Z možných konstrukčních řešení a systémů došlo k praktickému uplatnění a většímu rozšíření pouze u bezpečnostních pásů. Ty se staly v dnešní době společně s navíječi, předepínači a omezovači síly základním prvkem zádržného systému vozidla. Zásadním vývojovým milníkem se pak stalo doplnění tohoto systému o nafukovací vaky – airbasy. O nich bude hovořeno v následující kapitole (First a kol., 2008).

Samotné bezpečnostní pásy patří v současné době ke standardní výbavě všech vyráběných vozů a zároveň je také legislativou stanovena povinnost je používat během jízdy na pozemních komunikacích až na některé výjimky (Kovanda a kol., 2016).

Bezpečnostní pásy jsou obvykle rozděleny na základě konstrukčního řešení počtu úchytných bodů, jimiž je pasažér připoután a to na dvoubodové až sedmibodové. Nejvíce používané jsou však v dnešní době tříbodové bezpečnostní pásy, které zabraňují nekontrolovatelným pohybům cestujících. O podobu tohoto typu pásu se zasloužila švédská automobilka Volvo, přibližně před padesáti lety (Kovanda a kol., 2016).

Uchytení tříbodového pásu je řešeno pomocí tří kotvicích bodů, jak už napovídá samotný název. (viz Obr. 4)

- První tzv. horní kotvicí bod je umístěn nad ramenem řidiče. Ten bývá proveden jako výškově stavitelný, aby bylo zaručeno použití pro univerzální spektrum řidičů. Jen tak je možné předejít možným zraněním řidiče a spolujezdce. Samotný pás je pak veden skrze průvlečný úchyt, přímo do navíjecí cívky, která vtahuje pás zpět pod pružným napětím.
- Ostatní dva tzv. dolní kotvicí body jsou umístěny po obou stranách spodní části sedadla řidiče a spolujezdce (Vlk, 2003). (viz Obr. 4)



Zdroj: (Kovanda a kol., 2016, str. 49)

Obr. 4 Tříbodový bezpečnostní pás

V současné době jsou přední bezpečnostní pásy vybaveny pyrotechnickými předepínači a omezovači síly.

Díky předepínači je bezpečnostní pás dostatečně přitažen (zhruba o 10 centimetrů) k tělu cestujícího a nehrozí tak podklouznutí pod pásem v pánevní oblasti. Díky tomu je tělo celkově lépe fixováno. Aktivace předepínače je zajištěna řídicí jednotkou airbagu pomocí potřebných nárazových čidel. Na základě impulsu dojde k elektrickému odpálení pyrotechnické náložky a tím začne celý mechanismus pracovat. Předepínač je tedy aktivován v případě nehody ještě dříve než samotný airbag, který podle síly nárazu nemusí být vůbec spuštěn (Vlk, 2003).

Aby nedošlo k poranění cestujících od příliš pevně přitažených pásů, jsou vozidla vybavena omezovači síly v pásech. Omezení zádržné síly je možné zaručit třemi způsoby:

- Plastickou deformací pomocí výměnné torzní tyčky
- Suchým třením pomocí třecího obložení
- Destrukci pásu pomocí tzv. trhacího švu

Překročí-li síla v pásech hodnotu 5 kN, což odpovídá více než 500 kilogramům, začne se zkrucovat hřídelka, na níž je pás navinut. Tím dojde k povolení pásu a síla v něm se tedy již dále nezvětšuje (Simopt s.r.o., 2019).

Mezi speciální typy bezpečnostních pásů může být zařazen:

- Břišní dvoubodový pás, kterým bývá zřídka vybaveno zadní prostřední sedadlo automobilu. Zde hrozí nebezpečí tzv. efektu zavíracího nože, při kterém se horní část těla a nohy pohybují vpřed, zatímco pánev je zachycena na sedadle.
- Čtyřbodový pás, který je používán u závodních vozů a v poslední době i u některých osobních koncepčních automobilů (Vlk, 2003).

Je dokázáno, že bezpečnostní pásy jsou nejúčinnější do rychlosti 50 kilometrů za hodinu. Podle odborníků je při nepoužití bezpečnostních pásů zvyšováno riziko smrti při dopravní nehodě až na šesti nebo osmi násobek (Besip, 2019).

1.1.3 Airbag

Za průkopníka a vynálezce airbagu je považován John W. Hetrick v roce 1952 a o rok později si jej nechal patentovat. Podobná zařízení se však již ve 40. letech používala už v leteckém průmyslu (Autolexicon, 2019).

Současný nafukovací airbag patří mezi jeden ze základních a velice významných prvků pasivní bezpečnosti. Společně s bezpečnostními pásy zabezpečuje, aby nedošlo k nadměrnému poranění hlavy, hrudníku a případně dalších částí těla přepravovaných osob. Jedná se v podstatě o látkový vak, který se v případě dopravní nehody během několika milisekund naplní plynem. Chrání tak cestující před poraněním o tvrdé části interiéru vozu. Objem plynu, kterým je látkový vak naplněn, se liší dle použití a umístění na vozidle. Na straně řidiče bývá objem asi 60 až 75 litrů, na straně spolujezdce bývá objem asi 100 až 140 litrů a objem bočních airbagů ukrytých na boční straně sedadel bývá asi 15 litrů (Autolexicon, 2019).



Zdroj: (ŠKODA AUTO a.s., 2019)

Obr. 5 Pozice umístění airbagů na vozidle

V současnosti tvoří airbagy základní výbavu osobních vozidel. Jejich počet se může lišit dle vybavení vozidla nebo jeho koncepce (tzn. kupé, hatchback, kombi atd.). Existují také různé typy airbagů, které se odlišují podle funkce a umístění ve vozidle, což je vidět na obrázku 5. Mezi základní vnitřní airbagy patří – čelní, boční, hlavové a kolenní.

Nejčastěji používané jsou airbagy **čelní**. Ty jsou aktivovány jen v rozsahu od čelního nárazu až po nárazy šikmo zepředu. Do této skupiny je zařazen airbag řidiče, který je umístěn přímo ve středové části volantu, tzv. hlavě volantu a pak také airbag

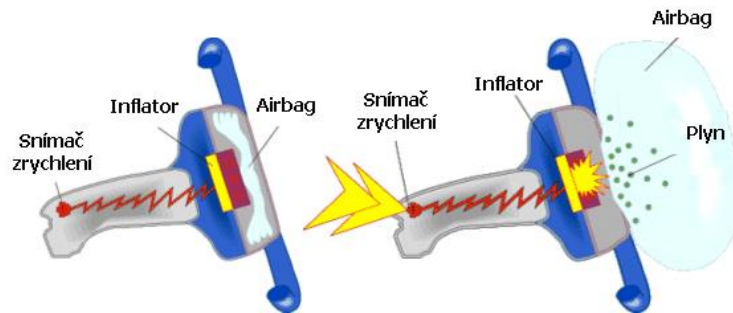
spolujezdce, který je umístěn pod krytem v přístrojové desce. Tyto části interiéru jsou perforovány tak, aby nijak nezabraňovaly bezpečnému a rychlému nafouknutí samotného airbagu (Vlk, 2003).

Boční airbagy byly poprvé zavedeny do sériové výroby švédskou firmou Volvo. Jejich hlavním účelem je snížení závažnosti poranění hlavy a hrudníku při bočních nárazech. Boční airbagy s plnicí komorou bývají často umístěny a přímo integrovány do boční partie opěry sedadla nebo bývají umístěny ve dveřích za výplní. Vzhledem k velmi malému prostoru pro deformaci a malé vzdálenosti mezi cestujícím a bočními konstrukčními strukturami karoserie, bylo nutné u tohoto typu airbagu zabezpečit, aby došlo k jeho naplnění ve velmi krátké době. Toho bylo docíleno pomocí speciálních typů snímačů, jejichž reakční doba je jen několik milisekund (Kovanda a kol., 2016).

Hlavové (okenní) airbagy chrání pasažéry na předních i zadních sedadlech při postranních kolizních situacích a doplňují tak boční airbagy. Jejich hlavním účelem je ochrana částí hlavy a zabránění vniknutí střepů skla nebo dalších předmětů do vnitřní části vozu. Samotný látkový vak je asi 2 až 2,5 metrů dlouhý a po naplnění je rozprostřen po celé délce interiéru jako nafukovací záclona. Bývá upevněn na stranách pod stropem vozidla a sahá od předního (A sloupku) až po zadní střešní sloupek (C sloupek), (Vlk, 2003).

V poslední době jsou rozšiřovány **kolenní airbagy** umístěné v dolní části přístrojové desky nebo také airbagy umístěné v opěrkách hlavy, které je možné použít jak pro zadní, tak i přední pasažéry (Autolexicon, 2019).

Každý airbag je složen z vaku z polyamidové tkaniny, inflátoru (vyvíječe plynu) a řídicí jednotky se senzory zrychlení. Zařízení (tzv. inflátor) umožňuje ve velmi krátké době (v řádech milisekund) vyvinout dostatečné množství netoxického plynu pro naplnění vaku. Obvykle bývá složen z roznětky, filtru a nádoby s tabletami látky vyvíjející plyn (Kovanda a kol., 2016). (viz Obr. 6)



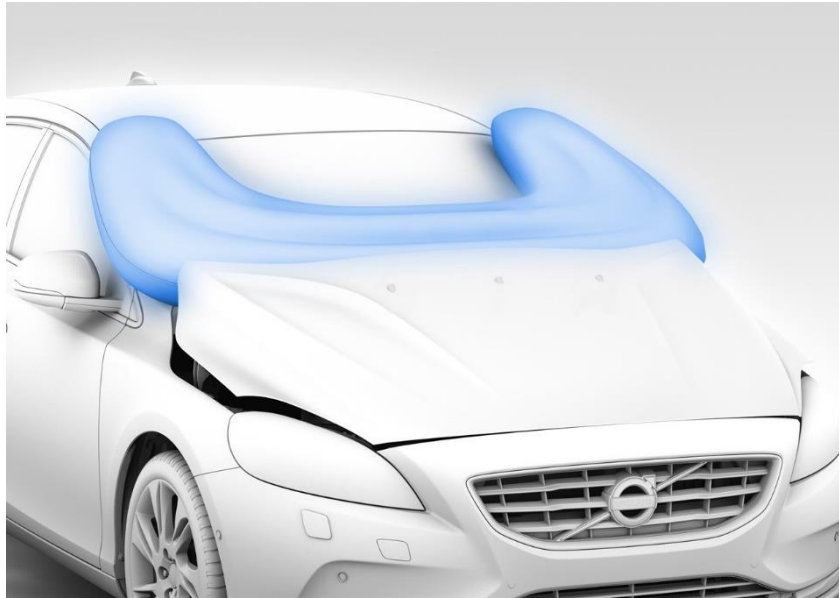
Zdroj: (Autolexicon, 2019)

Obr. 6 Airbag před a po aktivaci

Po vyhodnocování signálů od snímačů zrychlení, resp. zpomalení vzniklé při nárazu, které detekuje řídicí jednotka, dojde v případě naměření hraniční hodnoty k následné aktivaci jednotlivých airbagů resp. inflátorů. Nastane tedy zapálení tablet nebo granulí pyropatrony a dojde k prudkému vyvinutí plynu a k rychlému nafouknutí vaku. Kryt nad jednotkou airbagu, při odpálení pyropatrony praskne a uvolní místo pro vak. Naplnění probíhá velice pohotově, přibližně za 0,04 sekundy. To nastává ještě dříve, než se do vaku zaboří hlava člověka, která se zadrží a poté se začne vracet zpět. V tento okamžik již probíhá fáze vypuštění vaku vlivem porosity materiálu nebo otvory na zadní straně airbagu, které slouží jako přímé výdechy pro plnicí plyn (Vlk, 2003).

Na základě statistiky dopravních nehod bylo prokázáno, že v případě čelního nárazu u vozidla vybaveného airbagy v kombinaci se zapnutými bezpečnostními pásy, je snižován počet usmrcených řidičů o 25% (Besip, 2019).

Novinkou a možným pokrokem v této oblasti bezpečnosti se stává **vnější airbag** určený ke snížení rizika poranění chodců. Funguje na stejném principu jako klasické airbagy určené pro pasažéry vozidla. Tento airbag je aktivován v případě, zjistí-li senzory umístěné v přídí vozu kontakt mezi automobilem a chodcem. Závěsy kapoty jsou vybaveny pyrotechnickým uvolňovacím mechanismem, který při aktivaci systému vytáhne čepy a následně dojde ke zvednutí zadní části kapoty celkem asi o 10 centimetrů. To pomůže utlumit případnou sílu nárazu těla chodce na kapotu vozidla. Zároveň se zespodu kapoty před čelním sklem nafoukne bezpečnostní vak. V nafouknutém stavu vak zakryje celou štěrbinu, kde jsou umístěny stěrače, přibližně jednu třetinu čelního skla a část obou A – sloupků. (Czech news center a.s., 2012). (viz Obr. 7)



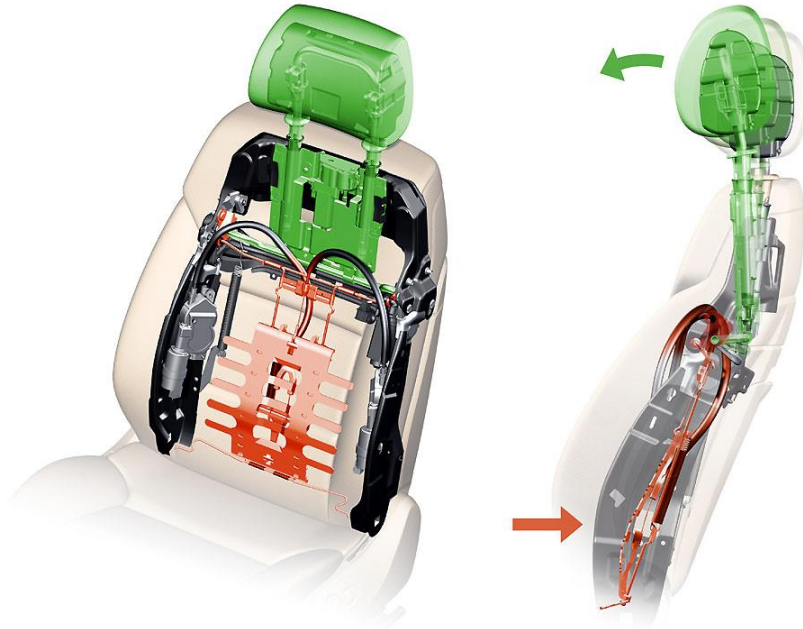
Zdroj: (Volvo Car Corporation, 2012)

Obr. 7 Airbag pro ochranu chodců

1.1.4 Systém prevence poranění krku

Poranění zvané opěrkové trauma nebo whiplash injury vzniká po prudkém a nečekaném pohybu hlavy. To je způsobeno nejčastěji při dopravní nehodě a nárazu zezadu. Za tímto účelem byl proto vyvinut systém, který má snahu těmto následkům zranění předejít. Do tohoto systému jsou aktivně zapojena sedadla a opěrky hlavy. Ty nejen že zvyšují komfort sezení v automobilu, ale kromě toho mají i funkci zádržnou (Czech news center a.s., 2017).

Celý systém je tvořen prořezy v části opěradla, záhyby v pružinách sedáku a otočným mechanismem. Aktivován je v okamžiku vzniku dopravní nehody, kdy dojde k vysunutí aktivní opěrky hlavy pomocí jednoduchého pákového mechanismu blíže k pasažérovi týlu. To pomůže k účinnějšímu zpomalení jeho hlavy při zpětném pohybu po nárazu. Míra vysunutí je určena tlakem působícím na opěradlo, která se odvíjí od hmotnosti pasažéra a síly nárazu (Autolexicon, 2019). (viz Obr. 8)



Zdroj: (Autolexicon, 2019)

Obr. 8 Mechanismus systému prevence poranění krku

Existují také systémy vysunutí hlavové opěrky jiným způsobem než čistě mechanickým. Například aktivní opěrka inovativní firmy Johnson Controls se za pomoci servomotorů vysune už během 20 milisekund (Autolexicon, 2019). (viz Obr. 9)



Zdroj: (Autolexicon, 2019)

Obr. 9 Aktivní opěrka hlavy firmy Johnson Controls

2 Specifikace rallye a rallyových vozů

Rallye je druh automobilových soutěží, které jsou konány na běžných, ale uzavřených komunikacích různých úrovní a typů povrchu. Tratě jednotlivých závodů mohou být tvořeny asfaltovými, betonovými, lesními, šotolinovými nebo dokonce náročnými povrchy pokrytými ledem. Na tyto specifické podmínky musí být dobře připravena jak závodní posádka, tak i samotný vůz (Pavlůsek, 2010).

Rallye soutěže jsou pořádány od tzv. úrovně hobby až po závody na národní či světové úrovni. Mezi naši národní soutěž patří Mistrovství ČR v automobilových rally. Nejpopulárnější je ovšem mezinárodní světový šampionát WRC, tzv. World Rallye Championship, který má několik specifických soutěží.

WRC je označována za soutěž královskou nebo také vrcholovou. Je to dáno tím, že jsou zde zastoupeny nejvýkonnější a samozřejmě také nejdražší soutěžní speciály tzv. World Rally Cars. Mezi jejich hlavní specifikaci patří pohon všech kol s aktivním středovým diferenciálem, šestistupňová sekvenční převodovka s řazením pádly pod volantem. Motor o zdvihovém objemu 1,6 litru je osazen omezovačem průtoku vzduchu (tzv. restriktorem) o průměru 36 milimetrů.

WRC 2 je druhou soutěží zastoupenou soutěžními vozy s pohonem všech kol, kde jsou ovšem povoleny hned čtyři specifikace. Tady dominují vozidla s nejnovější specifikací, tedy R5. Ta jsou opět vybavena motorem se zdvihovým objemem 1,6 litru přeplňovaným turbodmychadlem, ale mají pouze pětistupňovou sekvenční převodovku. Výkon je lehce snížen za pomoci restriktoru o průměru 32 milimetrů. Dalším omezením je pak cenová hranice vozu do 180 000 euro.

WRC 3 je soutěží, ve které jsou zastoupeny pouze soutěžní vozy s pohonem jedné nápravy. Tato kategorie představuje levnější a dostupnější variantu oproti WRC 2.

(Motormix, 2018)

Samotná rallye obsahuje několik rychlostních zkoušek a spojovacích (přejezdových) úseků mezi nimi. Spojovací úseky jsou vedeny přímo po otevřených veřejných komunikacích. Z tohoto důvodu musejí samotní závodníci dodržovat pravidla běžného silničního provozu. Zároveň i jejich vozy musejí splňovat všechny předpoklady pro schválení pro provoz na pozemních komunikacích, včetně platné registrační značky. Hlavním úkolem posádky je tedy v co nejrychlejší čas projít

měřené úseky závodní tratě a přijet v předem stanoveném časovém okamžiku do časové kontroly. Na základě součtu časů ze všech měřených úseků a případné nasbírané penalizace z časových kontrol se určí celkový výsledek a pořadí v závodě.

Soutěžní vůz je speciálně upraven a přímo zkonstruován pro tento typ rallyových závodů. Podmínkou však je, že vůz musí vycházet ze sériové produkce dané značky. Tyto vozy jsou doplněny o komponenty vyhovující rallyové soutěži a zároveň mohou být některé původní komponenty ze sériového vozu zcela odstraněny. Vozy podléhají kontrole a schválení ze strany Mezinárodní automobilové federace (dále jen FIA). V České republice je pak tímto kontrolním orgánem Federace automobilové sportu (dále jen FAS). FAS přebírá většinu bezpečnostních a závodních pravidel od FIA. Klíčovými vlastnostmi soutěžního vozu jsou jeho hmotnost a odolnost. Poměr těchto dvou konstrukčních vlastností umožňuje vozu, aby byl dostatečně rychlý a zároveň měl dobré jízdní předpoklady.

Rallyový vůz musí rovněž projít procesem tzv. homologace, tedy schválením ze strany FIA, aby se mohl zúčastnit závodů. Homologační proces trvající tři dny zahrnuje kontrolu navržených dílů z hlediska homologačních a technických předpisů. Zkoumány jsou všechny části vozu jako motor, převodovka, podvozkové díly a bezpečnostní prvky. Stejně tak jako jednotlivé ceny dílů. Homologace může mít národní charakter (vozidlo smí jezdit jen ve státě, kde je homologováno), nebo mezinárodní charakter (WRC Promoter, 2017).

2.1 Předpisy pro skupinu závodních vozů R5

BP je zaměřena na kategorii závodních vozů R5, proto bude v následujících kapitolách pozornost směřována právě na ni.

Samotná kategorie závodních vozů R5 byla zavedena řídicím orgánem FIA v roce 2013. Cílem bylo vytvořit další významnou úroveň v motoristickém sportu a také vybudovat přípravnou kategorii pro budoucí jezdce královské kategorie WRC. V současné době se jedná o závodní prostředí, kde probíhají velké konkurenční souboje mezi týmy světových automobilových výrobců, ale také díky přizpůsobeným podmínkám a lepší cenové dostupnosti si zde dokázaly najít svoje místo i soukromé týmy (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

Předpisy v této kategorii jsou každoročně aktualizovány federací FIA. Od ní jsou přebírány ve stejném znění orgánem FAS, jak už bylo zmíněno v předchozí kapitole. Zde je uveden krátký výčet stanovených předpisů:

Podle orgánu FAS (2019) zní definice vozů kategorie R5 jako „Cestovní vozy nebo sériové produkční vozy s přeplňovaným benzínovým motorem a pohonem všech čtyř kol“ (FAS, 2019, str. 1, ods. 1).

Za účelem udělení potřebné homologace musí být vozidla vyrobena nejméně v 2 500 identických kusech během 12 za sebou jdoucích měsíců a homologovaná kontrolním orgánem FIA jako cestovní vozy (skupina A). Dále je nařízeno, že všechny montované díly, které projdou procesem homologace, musí být kompletně použity na vozidle. Ve třetím odstavci předpisů jsou zmiňovány požadavky na hmotnost vozů dané kategorie R5. Minimální hmotnost závodního speciálu je měřena bez jezdce a spolujezdce a bez jejich vybavení (přilby a chráničů), včetně jednoho rezervního kola. Při dodržení těchto podmínek je minimální hmotnost stanovena na 1230 kilogramů (FAS, 2019).

Další důležitá pravidla, která se týkají motoru, palivového okruhu, elektrického vybavení, převodů, náprav a podvozku, nebudou dále blíže popisována z důvodu většího rozsahu.

Pozornost je následně zaměřena na předpisy týkající se bezpečnosti, vybavení a specifikace karoserie vozu, které jsou popsány v odstavci číslo devět. Samotný skelet karoserie podléhá homologačnímu procesu a z hlediska požadovaných předpisů je rozdělen na část exteriéru (vnější část) a část interiéru (vnitřní část), (FAS, 2019).

Předpisy pro exteriér karoserie umožňují demontování spodní části homologovaného předního nárazníku a také předepisují, že dodatečné otvory v kapotě motoru musí být opatřeny mřížkou s oky o straně maximálně 10 mm (viz Obr. 10). Za účelem zesílení odpružených částí karoserie je povoleno přidání dílů nebo materiálu při dodržení určitých podmínek. Pro lepší provádění servisních operací je karoserie vozu vybavena body (otvory) pro zvedání. Ty jsou určeny pro umístění zvedáku nebo podpůrných podpěr. (viz Obr. 11) Dle pravidel mohou být tyto otvory zesíleny a může být změněna jejich poloha. Při závodech rallye lze předpokládat velké nárazy po skocích nebo od kamenů do podvozku, a proto je

spodní část karoserie vozu vybavena ochrannými kryty (tzv. ližinami). Snahou je ochránit motor, chladiče, zavěšení, převodovku, nádrž, výfuk a láhve hasicího systému. „Dle pravidel musí být ochrany buď ze slitiny hliníku, nebo oceli a musí mít minimální tloušťku 3 mm. Ochrany palivové nádrže mohou obsahovat několik vrstev kevlaru, uhlíkového nebo skelného vlákna“ (FAS, 2019, str. 12, ods. 9).



Zdroj: (Motormedia Bohemia s.r.o, 2015)

Obr. 10 Otvor kapoty s krycí mřížkou



Zdroj: (ŠKODA AUTO a.s., 2019)

Obr. 11 Body pro zvedání s podpůrnými podpěrami

Předpisy pro interiér karoserie jsou hlavně zaměřeny na ochranu a bezpečnost posádky. Karoserie je proto uvnitř vybavena ochranným rámem, který tvoří ochrannou klec pro posádku v případě nárazu. Tento ochranný prvek podléhá předem stanoveným požadavkům dle automobilové federace FIA (viz Obr. 12). Mezi další prvky podléhající předpisům patří sedadla, jejich ukotvení a bezpečnostní pásy. Sedadla jsou dle FIA povolena pouze standardu FIA 8862-2009 a jejich přesný materiál musí být kompozitový. Dále je předepsána hmotnost samotné skořepiny (sedadlo bez pěny a držáků), která musí být vyšší než 7 kilogramů. Držáky a upevnění sedadel můžou být původní (sériové) nebo homologované výrobcem vozu nebo samotného sedadla. Co se týká předpisů ohledně bezpečnostních pásů - je povinné použít pásy s minimálně šesti kotevními body, které jsou v souladu s článkem 253.6 přílohy J. vydaným FIA (FAS, 2019).



Zdroj: (ŠKODA AUTO a.s., 2019)

Obr. 12 Skelet karoserie se zabudovaným ochranným rámem

Odstavec devět zahrnuje také předpisy pro vnitřní a vnější doplňkové příslušenství pro skupinu R5. Za zmínku stojí pravidla pro povinné použití automatického a ručního hasicího přístroje nebo také pravidla umístění jednotky ADR (Accident Data Recorder). Jedná se o nezávislé elektronické zařízení, které zaznamenává data před dopravní nehodou, během ní a po ní. ADR musí být instalovaná v autonomním režimu a její obsah může být stažen jen oprávněnou osobou z řad FIA (FAS, 2019).

2.2 Tým ŠKODA Motorsport

Značka ŠKODA se v motoristickém sportu angažuje od roku 1901 a za tu dobu vybojovala řadu titulů na domácí či zahraniční půdě s několika rozličnými vozy. Za svoji více než 100letou historii se staly mnohé závodní speciály legendami ve své kategorii. Značka ŠKODA také sklízela sportovní úspěchy při závodech Le Mans. Ovšem mezi nejznámější modely, ze závodní historie značky, zřejmě patří ŠKODA 130 RS, přezdívaná jako „Porsche východu“ (Králík, Janek, Vrátil 2002).

V roce 1991 dochází k samotnému vzniku specializovaného sportovního oddělení, tedy ŠKODY Motorsport (dále jen ŠM). Skvělé výsledky a dobrá pověst tohoto oddělení na sebe nenechaly dlouho čekat. V novodobé historii ŠM se rozhodlo o nasazení posádek do seriálu Světového poháru FIA s vozem ŠKODA Favorit a následně s vozem ŠKODA Felicia Kit Car. Později se vývojový tým přeorientoval mezi elitu na světových tratích a kategorii WRC. Za tímto účelem vznikl model ŠKODA Octavia WRC nebo ŠKODA Fabia WRC. Bohužel vysoké finanční nároky

této královské kategorie vedly k vývoji nového typu vozu pro kategorie S2000. Tím se stal vůz ŠKODA Fabia S2000, která byla představena roku 2009 a ovládla svět rallye. Žádné jiné auto nebylo doposud v této kategorii úspěšnější (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

Tým ŠM se stal v letech 2015 – 2018 lídrem v kategorii závodních vozů R5 a to s modelem ŠKODA Fabia R5. Tento vůz je úspěšným pokračovatelem svého předchůdce a opět se mu podařilo získat, společně s jeho posádkami, několik cenných titulů a to už v roce, kdy byl tento model homologován. Mezi významné jezdecké posádky cizinců tohoto modelu, v rámci továrního týmu ŠM patřili Lappi – Ferm, Tidemand – Andersson. Ovšem nejznámější a také velice úspěšná je ryze česká posádka Jan Kopecký/Pavel Dresler a finská posádka Kalle Rovander/Jonne Halttunen. Všechny úspěchy daného modelu vzbudily velký zájem zákazníků soukromých týmů. Proto významnou součástí aktivit ŠM je zákaznický program, prostřednictvím kterého dochází k prodeji závodních automobilů do celého světa (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

V současné době a v sezóně 2019 se tým ŠM soustředí především na obhajobu předchozích titulů v Mistrovství světa v rallye (WRC 2 Pro) a v domácím Mistrovství České republiky v rallye (MČR). Tento rok byl významný z hlediska příchodu vylepšené verze vozu ŠKODA Fabia R5 s označením evo (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

2.3 ŠKODA Fabia R5

V úvodu je dobré zmínit, že závodní speciál ŠKODA Fabia R5 vychází ze sériového modelu ŠKODA Fabia třetí generace. Následně je dobré podotknout, že přímo v homologačních podmínkách dle kontrolního orgánu FIA je přesně specifikováno, které díly musí pocházet ze sériové výroby. Toto lehce komplikuje vývoj a stavbu samotného vozu. Naproti tomu ale FIA nenařizuje původ dílů z výchozího modelu, tedy z Fabie třetí generace. Lze proto například použít lépe dimenzované díly z vyšší modelové řady (Motormedia Bohemia s.r.o, 2015).

Karoserie

Jednotlivé díly karoserie se liší z plechu stejného složení a tloušťky jako pro sériovou verzi vozu. Výjimku tvoří pouze vnitřní středový tunel, který může být dle pravidel FIA opatřen větší tloušťkou plechu. Většina z těchto dílů je samozřejmě konstrukčně trochu modifikována. Mezi tyto změny patří například výřez otvoru do střešního plechu pro přívod větracího vzduchu nebo výřezy vnitřních částí dveří zejména kvůli odlehčení atd. Samotná karoserie je také upravena pro zástavbu pohonu pro všechna čtyři kola a také za účelem lepší stability a pojmání širšího rozchodu rozšířena. Optické rozšíření blatníků je pak řešeno pomocí kompozitových nástavků. V neposlední řadě je karoserie vybavena aerodynamickými a bezpečnostními prvky. Mezi ty hlavní aerodynamické patří karbonový spoiler na pátých dveřích, vnější zpětná zrcátka nebo střešní ventilace. Hlavní bezpečnostní prvek pak tvoří vnitřní ochranná klec, která je přímo vevařena do karoserie. Hmotnost vozu je stanovena na 1230 kilogramů a vnější rozměry uvedeny na obrázku 13 (Motormedia Bohemia s.r.o., 2015).



Zdroj: (ŠKODA AUTO a.s., 2019)

Obr. 13 Základní rozměrové proporce vozu

Motor

Srdce vozu je tvořeno turbodmychadlem přeplňovaným čtyřválcovým agregátem o objemu 1620 kubických centimetrů s přímým vstřikováním paliva. Ten je naladěn na výkon 205 kW (279 koní) a 420 Nm točivého momentu, který je dostupný při 4 750 otáčkách za minutu. To umožňuje vozu zrychlit z klidu na 100 kilometrů za hodinu pod 3 sekundy. Samotný blok motoru vychází z agregátu, který není přímo

sériově používán firmou ŠKODA. Základem je čtyřválec 1,8 TSi používaný v koncernových vozech určených pro čínský trh. U něho bylo provedeno několik úprav. Mezi nejzásadnější úpravy patří snížení zdvihového objemu válců. Dokonce i v motorovém prostoru se nacházejí sériové součástky. Jedná se například o alternátor, sání motoru, chladiče, turbodmychadlo či vysokotlaké palivové čerpadlo. Na rozdíl od toho je třeba expanzní nádržka pro chladicí kapalinu unikátní díl svařený z hliníkového plechu. Důležitou informací je, že motor musí projít revizí zhruba po každých 3000 zavodních kilometrech (Pecák, 2016).

Podvozek

Součástí podvozku jsou stabilizátory, pružiny zachycující nárazy a tlumiče pro účel pohlcení energie těchto nárazů. Právě pomocí daných komponent jsou zajištěny požadované tlumící vlastnosti podvozku. Na přední a zadní nápravě je použito nezávislé zavěšení typu McPherson, které je navrženo pro extrémní podmínky při závodech. Zavěšení musí také odolávat a být přizpůsobeno na časté skoky. Typ podvozkových dílů se pak odvíjí podle specifikace vozu. Ty jsou v zásadě rozeznávány podle povrchu, na kterých se závodí:

- šotolina
- asfalt

(ŠKODA AUTO a.s., 2019)

Hnací ústrojí

Závodní speciál ŠKODA Fabia R5 je opatřen dvěma nápravovými diferenciály a rozvodovkou, která je pevně spojena s výstupní hřídelí převodovky, pomocí kuželového ozubeného převodu. Propojení předního a zadního diferenciálu je pak řešeno pomocí kardanové hřídele. Ke správné funkci hydraulické ruční brzdy je využito rozpojovací spojky, která při použití ruční brzdy rozpojí přední a zadní nápravu. Oba dva diferenciály jsou mechanické a svorné, bez použití elektronických prvků.

Další nedílnou komponentou hnacího ústrojí je převodovka. U ŠKODY Fabia R5 je použita 5stupňová, sekvenční s manuálním řazením. Rychlost a přesnost řazení je v tomto ohledu pro závodního pilota velice důležitá (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

Palivo a palivová soustava

Vliv na průběh výkonu motoru a chování vozidla má typ použitého paliva. ŠKODA Fabia R5 jezdí na speciální druh benzínových paliv, která jsou vyvinuta přímo pro oblast rallye. Za tímto účelem proto nabízí ŠM až dvacet individuálních palivových map, aby si mohl tovární tým i samotní zákazníci vybrat optimální nastavení pro své závody.

Samotné palivo je uchováváno ve speciálně navržené nádrži z kevlarové tkaniny a gumy odolné proti možnému proražení. Poloha nádrže je limitována FIA předpisy, a to minimální vzdáleností 80 milimetrů od nejnižšího bodu karoserie a 50 milimetrů od úhlopříčné vzpěry ochranné klece. Nádrž je uvnitř vyplněna bezpečnostní pěnou zabraňující explozi v případě požáru vozu a zároveň omezující přelévání paliva při ostrém nasazení. Spodní část nádrže je pak chráněna krytem s tloušťkou více než 10 milimetrů, vyrobeného sendvičovou metodou ze skelných vláken, proložených voštinami. Objem nádrže činí 82,5 litru a její plnění palivem je zabezpečeno dvojicí rychlospojek umístěných v horní části nádrže uvnitř vozu (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

Rozvody a osvětlení

Veškeré elektrické kabelové svazky nebo rozvody brzdového, palivového a hasicího systému jsou výhradně instalovány na platformu vozu. Jejich instalace je prováděna týmem zkušených a vyškolených mechaniků ŠM.

Co se týče vnějšího osvětlení, je opět použito ze sériové produkce. Přední a zadní koncová světla tedy pochází z vozu ŠKODA Fabia třetí generace. Ovšem ve speciálu jsou některé úchyty světel lehce modifikovány a vyrobeny za účelem větší odolnosti z kovu a nikoliv z plastu. Pro jízdu při nočních rallyových pasážích jsou poté nasazována přídatná světla. Těch je celkem šest a z toho čtyři jsou upevněna pomocí tzv. světelné rampy na přední kapotě a ostatní dvě na rozích předního nárazníku (Pecák, 2016).

Brzdová soustava a kola

U těchto dílů se opět rozhoduje podle typu závodního povrchu. V případě asfaltových soutěží jsou použity větší brzdové kotouče o průměru 355 milimetrů vpředu a 300 milimetrů vzadu. Oproti tomu pro šotolinové povrchy jsou použity brzdové kotouče s menším průměrem a to 300 milimetrů vpředu i vzadu. Různé typy

povrchů neznamení změnu pouze v použití brzdových kotoučů. Změna se také týká ráfků kol a to nejen z hlediska jejich velikosti, ale i druhu použitého materiálu. Pro asfaltové povrchy jsou nasazeny hliníkové nebo magnéziové 18palcové ráfky, které mají minimální hmotnost 8,9 kilogramů. S ohledem na větší nerovnosti při šotolinových soutěžích jsou pak nasazeny hliníkové ráfky o velikosti 15palců a minimální hmotnosti 8,6 kilogramů. Na ráfky jsou v obou případech obuty pneumatiky značky Michelin s odlišným dezénem dle povrchu a různým typem směsi dle klimatických podmínek (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

2.4 ŠKODA Fabia R5 evo

Na počátku letošního roku 2019 byla představena zdokonalená ŠKODA FABIA R5. Modernizovaná verze označovaná jako evo prošla 1. dubna 2019 úspěšně homologačním procesem od federace FIA. ŠKODA Fabia R5 evo přebírá hlavní designové rysy sériové podoby faceliftové verze Fabia třetí generace a současně disponuje mnoha významnými technickými změnami (ŠKODA AUTO a.s., 2019).



Zdroj: (ŠKODA AUTO a.s., 2019)

Obr. 14 Přední část vozu ŠKODA Fabia R5 evo



Zdroj: (ŠKODA AUTO a.s., 2019)

Obr. 15 Zadní část vozu ŠKODA Fabia R5 evo

Vnější vzhled

Přepracovaný a více agresivnější vnější vzhled nové Fabie R5 evo je patrný na první pohled. Změny se dotkly především přední masky chladiče, předního i zadního nárazníku a předních světel. (viz Obr. 14 a 15) Nová přední světla byla vybavena LED denním svícením ve spodní části a celkově byl zmenšen i jejich tvarový profil.

Méně je vidět také změna tvaru přední masky chladiče, která má na bočních stranách o jeden ostrý úhel navíc. Jiný je i okraj předního nárazníku, jehož ostré aerodynamické vybrání bylo oproti předchozí verzi položeno níže, přibližně v polovině výšky. Tím byl ještě více podtržen výraznější vzhled přídě vozu. Co se týká změn na zadní partii, byla upravena linie spodní části zadního nárazníku a došlo také k většímu sklonění koncovky výfuku. V neposlední řadě dostala Fabia R5 evo tzv. karbonový paket. Z karbonu bylo vyrobeno zadní křídlo, zpětná zrcátka a střešní ventilace (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

Pohonné ústrojí

Nejdůležitější změny v této oblasti proběhly na motoru, převodovce, elektronice a chlazení. Stále tu své místo našel ověřený a turbodmychadlem přeplňovaný čtyřválec o objemu 1620 centimetrů krychlových, který nabízí větší výkon a současně i zlepšený průběh točivého momentu. Oproti předchozí verzi byla Fabia R5 evo vybavena elektrickým čerpadlem chladicí kapaliny, novým ventilátorem a vodním chladičem. Díky tomu se zvýšila účinnost systému chlazení zhruba o 15 procent. Další modifikace se dotkla obtokového ventilu turbodmychadla, který je nyní řízen elektricky. Inovace se dočkalo i olejové čerpadlo mazacího systému, přesněji byla vylepšena jeho regulace tlaku. Upraven byl i pohon alternátoru, při čemž bylo zajištěno více výkonu pro potřebnou akceleraci vozu. Mezi významné změny pak patří nová řídicí jednotka motoru s vyšším výpočetním výkonem a modifikovaným softwarem. Celkový výkon motoru se díky tomu zvýšil zhruba o 2 kW, což prokázaly také samotné srovnávací testy Fabie R5 evo s jejím předchůdcem. Vyššímu výkonu motoru bylo přizpůsobeno zpřevodování převodovky a díky tomu se současně prodloužila její životnost a rychlost samotného řazení (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

Podvozek a řízení

Podvozek pro obě specifikace vozu (asfaltovou i šotolinovou) dostal tlumiče se zvýšeným zdvihem. Delší dráhy odpružení se projeví hlavně v extrémních podmínkách, kdy jsou znatelné lepší trakční vlastnosti vozu (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

Nové je též řízení se strmějším převodem, díky kterému se zlepšila ovladatelnost vozu v ostrých zatáčkách rychlostních zkoušek (Czech news center a.s., 2019).

Brzdová soustava Brembo byla vyměněna za systém Alcon. Oproti předchozímu typu byl zvýšen potřebný brzdový účinek a efektivita (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

Karoserie

V neposlední řadě byl zesílen skelet samotné karoserie. To přispělo nejen k lepším jízdám vlastnostem, ale i k větší bezpečnosti. Ke konstrukčním změnám došlo především na středovém tunelu a v oblasti předního i zadního podběhu. Dále bylo přepracováno uchycení sedadel, uchycení podvozku nebo držáky krytu palivové nádrže. Bezpečnostní hledisko pak zvyšuje instalovaný tužší ochranný rám navržený podle předpisů FIA 2019 (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

3 Analýza bezpečnostních prvků vozu Fabia R5/ R5 evo

Tato kapitola je věnovaná představení bezpečnostních prvků vozidla ŠKODA Fabia R5 a Fabia R5 evo se zaměřením na vnitřní ochranný rám. Problematika ochranného rámu je pak následně přesněji analyzována a dle určitých kritérií porovnávána. Poskytnutá data představena v bakalářské práci byla čerpána v rámci spolupráce se zaměstnanci ŠKODA Motorsport zodpovědnými za vývoj karoserie závodního vozu.

Při vysokém tempu rallyových závodů může v některých případech vozidlo vyjet z trati nebo může být nějakým způsobem poškozeno. Posádka se spolu se soutěžním vozem často pohybuje po úzkých cestách, které bývají kolem lemovány stromy, srázy nebo tvořeny různými překážkami a hrozí tak možnost nehody. Za tímto účelem je proto kladen důraz na vývoj rallyových bezpečnostních prvků a zároveň i nastavení přísných předpisů organizací FIA (RALLY SAFETY, 2012).

3.1 Ochrana posádky

Ochranné vybavení má zamezit poranění posádky nebo alespoň zmírnit jeho následky. Kromě ochranné závodní výstroje je ochrannými prvky vybaven i samotný závodní speciál ŠKODA Fabia R5/ R5 evo.

Výstroj

Do této kategorie jsou zařazeny závodní rukavice, kombinézy nebo boty. Ovšem nejdůležitější součástí závodní výstroje je ochranná přilba a systém HANS (opěrka hlavy a krku). Posádka musí nosit ochranné přilby, které byly podrobeny přísným zkouškám a splnily předpisy FIA. Přilby jsou vyrobeny z kvalitních a odolných materiálů jako například z polykarbonátu nebo ultralehkých uhlíkových vláken. K přilbě je pak připojen systém HANS, který se nosí na ramenou a kolem zadní strany krku. HANS omezuje pohyb hlavy a je účinný v případě nehody, aby se zabránilo poškození páteře (Lowiss, 2012).

Ochranné prvky vozu

Bezpečnostními prvky je především opatřen také vnitřní prostor vozu. Ten je tvořen anatomickými sportovními sedadly, šestibodovými bezpečnostními pásy a jejich uchycením. Sedadla pro posádku jsou dle FIA povolena pouze standardu FIA 8862-2009. Musí být dodrženy přesné tvary nebo odolnost použitého materiálu proti ohni. Od civilních sedadel se ta závodní liší pevnou pozicí řidiče, protože skelet sedadla je kvůli odolnosti vyroben z jednoho kusu. Pro uchycení ve voze se používají speciálně navržené držáky (tzv. konzole). Sedadla jsou také doplněna certifikovanými šestibodovými bezpečnostními pásy pro řidiče a spolujezdce. Jejich pozice a ukotvení je přesně stanoveno tak, aby byla vytvořena optimální geometrie na trupu posádky a jejich účinek byl rovnoměrně rozložen na každý z popruhů.

Dále jsou do kategorie vnitřní bezpečnosti zařazeny deformační materiály interiéru. Jedná se o deformační pěny (tzv. defoelementy), kterými je vyplněna vnitřní dutina dveří a prostor mezi sedačkou a bočními výztuhami ochranného rámu. Tyto prvky pohlcují energii na boku vozu, pokud dojde k bočnímu nárazu (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

Další nezbytnou bezpečnostní součástí, bez které se neobejde závodní vůz, je hasicí systém. Hasicím médiem jsou různé typy látek. Federace FIA přesně specifikuje počet hasicích nádob, množství a typ hasicího média, umístění atd. ŠKODA Fabia R5/ R5 evo je vybavena dvěma hasicími přístroji s plynovou hasicí látkou. Jeden je určený pro ruční použití a je umístěn těsně před sedadlem spolujezdce. Druhý je automatický (resp. automaticky elektricky ovládaný). Spustit ho může buď posádka ručně z kokpitu, nebo se dá aktivovat z exteriéru vozu. Médium automatického hasicího systému je vedeno skrze kovové potrubí, na jehož konci jsou rozprašovací trysky. Ty ovšem musí být přizpůsobeny hasicí látce a instalovány podle výrobce hasicího systému. Hlavním úkolem systému je pak uhasit možný požár v motorovém prostoru či dalších částí vozu a dát posádce čas k úniku (Šidlák, 2018).

Ovšem nejdůležitějším bezpečnostním prvkem soutěžního vozu je bezpochyby vnitřní ochranný rám. Proto je za účelem BP pozornost dále směřována právě na tento důležitý prvek.

3.2 Ochranný rám

Bezpečnostní ochranný rám (nazýván také ochranná klec) nebo v anglickém jazyce roll cage. V současné době se jedná o velice podstatný bezpečnostní prvek, kterým jsou vybaveny všechny závodní vozy rallye. Obecně jsou ochranné rámy svařovány (případně šroubovány) a vyráběny z tenkých bezešvých ocelových trubek tažených za studena s kruhovým průřezem, které jsou následně spojeny dohromady a tím vytvořena bezpečnostní struktura. Rám musí být navržen tak, aby absorboval kinetickou energii během nárazů, což snižuje riziko zranění řidičů a navigátorů. Dalším účelem kromě bezpečnostního hlediska je zvýšení torzní tuhosti vozu, čehož je docíleno uchycením rámu přímo ke karoserii (ŠKODA AUTO a.s., 2019).

Konstrukce rámu dle FIA

Konstrukční řešení ochranného rámu je předepsáno v článku 253 (kapitoly 8 – bezpečnostní konstrukce), přílohy J Mezinárodních sportovních řádů vydaných federací FIA. Dále za účelem této práce jsou vyňaty z Mezinárodních sportovních řádů pouze ty nejdůležitější části:

- „Montáž bezpečnostní konstrukce je povinná.
- Jakákoli bezpečnostní konstrukce homologovaná nebo certifikovaná musí být individuálně identifikovaná identifikačním štítkem výrobce.
- Změna homologované nebo certifikované bezpečnostní konstrukce je zakázána.
- Trubky bezpečnostní konstrukce nesmějí vést kapaliny nebo cokoli jiného.
- Bezpečnostní konstrukce nesmějí bránit jezdcí a spolujezdcí v nastoupení do vozu a vystoupení z něj.
- Vzpěry mohou zasahovat do prostoru vyhrazeného pro posádku a procházet při tom přístrojovou deskou, obložením“ (FAS, 2019, příloha J/ č. 253).

Důraz je ze strany FIA také kladen na kvalitu použitého materiálu, co nejmenší změnu průřezu v ohybových částech trubek konstrukce nebo také na kvalitu a provedení svárů.

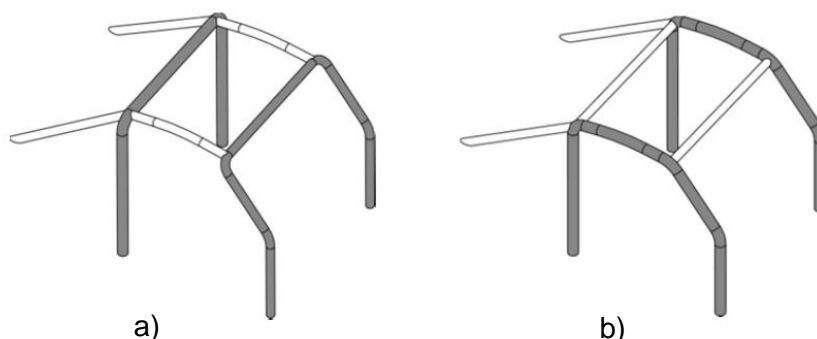
Ochranný rám se skládá z několika prvků, které jsou přesně definovány takto:

Oblouk - trubková struktura tvořící oblouk upevněný na dvou deskách.

Hlavní oblouk - trubkový jednodílný příčný oblouk, téměř vertikální, umístěný napříč vozem bezprostředně za předními sedadly. (viz Obr. 16a)

Přední oblouk - identický s hlavním obloukem, ale jeho tvar kopíruje sloupky čelního skla a přední okraj střechy. (viz Obr. 16a)

Boční oblouk - jednodílný trubkový oblouk, umístěný podélně a téměř svisle 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. (viz Obr. 16b)



Zdroj: (FAS, 2019)

Obr. 16 Základní struktura ochranného rámu

Boční půloblouk - identický s bočním obloukem, ale bez zadního sloupku.

Podélná vzpěra - téměř podélná trubka spojující horní části předního a hlavního oblouku.

Příčná vzpěra - téměř příčná trubka spojující horní části bočních půloblouků nebo bočních oblouků.

Diagonální vzpěra - diagonálně umístěná trubka spojující jeden z horních rohů hlavního oblouku nebo jeden z okrajů příčné vzpěry v případě bočního oblouku s dolní upevňovací deskou.

Demontovatelné vzpěry - vzpěra bezpečnostní konstrukce, kterou je možné odstranit.

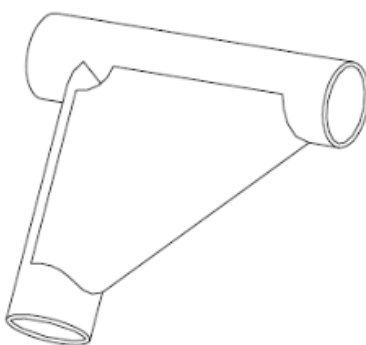
Vyztužení konstrukce - vzpěra přidaná k bezpečnostní konstrukci pro zlepšení její odolnosti.

Upevňovací deska - deska přivařená k okraji trubky oblouku a umožňující její přišroubování anebo přivaření ke skeletu/šasi, většinou k výztužné desce.

Výztužná deska - kovová deska, upevněná ke skeletu/šasi pod kotevní deskou oblouku z důvodu lepšího rozdělení zatížení na skeletu/šasi.

Rohová výztuha - výztuha ohybu nebo spoje z plechů ohnutých do tvaru U, jejichž tloušťka musí být minimálně 1 mm. (viz Obr. 17)

(FAS, 2019, příloha J/ č. 253)



Zdroj: (FAS, 2019)

Obr. 17 Rohová výztuha bezpečnostní konstrukce

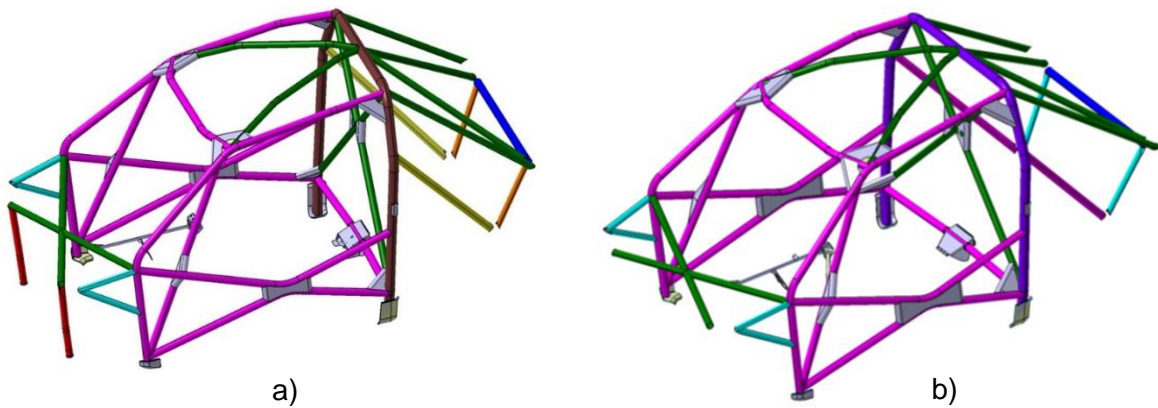
3.3 Charakteristika ochranných rámu

V této části práce jsou popsány parametry ochranného rámu vozů ŠKODA Fabia R5 a ŠKODA Fabia R5 evo, které jsou potřebné pro konečné zhodnocení. Všechny parametry jsou zobrazeny v následujících tabulkách.

Pro další účely této práce jsou používány zkratky jednotlivých rámu:

Ochranný rám vozu ŠKODA Fabia R5 je dále označován jako rám č. 1. (viz Obr. 18a)

Ochranný rám vozu ŠKODA Fabia R5 evo je dále označován jako rám č. 2. (viz Obr. 18b)

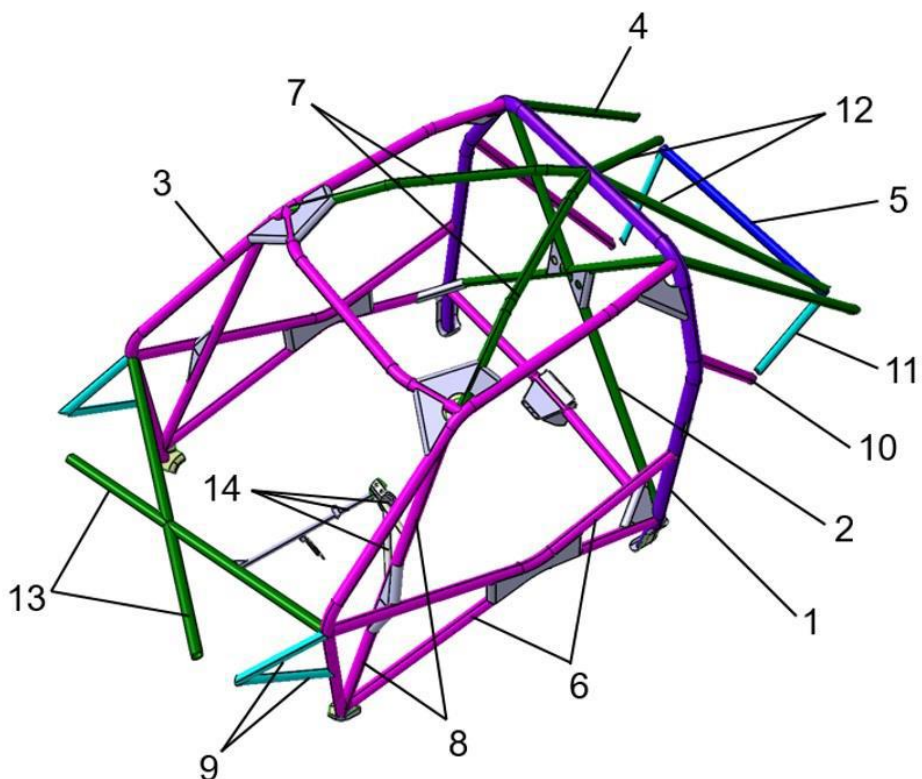


Zdroj: (Interní materiály ŠKODA Motorsport)

Obr. 18 Varianty ochranného rámu

Prvky struktury

Jednotlivé prvky struktury ochranného rámu jsou zobrazeny na obrázku 19 a jejich přesný název uveden v tabulce 1. Pro účel popisu jednotlivých prvků byl použit ochranný rám č. 2.



Zdroj: (Interní materiály ŠKODA Motorsport)

Obr. 19 Prvky struktury

Tab. 1 Přehled prvků struktury

Číslo pozice	Název prvku
1	Hlavní oblouk
2	Kříž hlavního oblouku
3	Přední nebo boční oblouk
4	Zadní stojny
5	Příčnick pásů
6	Výztuha dveří
7	Výztuha střechy
8	Výztuha sloupku čelního skla
9	Prodloužení rámu na miskou tlumiče
10	Zadní výztuha
11	Zadní výztuha
12	Zadní diagonální stojny
13	Přední diagonální vzpěra
14	Podpěra sloupku řízení

Vnější průměr a tloušťka stěny trubek

V tabulce 2 je zobrazeno srovnání kategorií použitých trubek při konstrukci ochranného rámu č. 1 a č. 2. Vždy je uveden vnější průměr a k němu příslušná tloušťka stěny použité trubky. Z tabulky je patrné, že při konstrukci rámu č. 2 se vlivem změny FIA předpisů pro rok 2019 upustilo od použití trubek o tloušťce stěny 1,0 mm. Tato změna platí pro trubky o největším průměru 40, 35 a 30 mm. Tloušťka stěny 1,0 mm byla zachována pouze u trubek podpěry sloupku řízení.

Tab. 2 Srovnání vnějšího průměru a tloušťky stěny u použitých trubek

RÁM Č. 1		RÁM Č. 2	
Vnější průměr [Ø]	Tloušťka stěny [mm]	Vnější průměr [Ø]	Tloušťka stěny [mm]
50	2,0	50	2,0
40	2,0	40	2,0
	1,5		1,5
	1,0		1,5
35	1,5	35	1,5
	1,0		1,5
30	1,5	30	1,5
	1,0		1,5
20	1,0	20	1,0

Zvláštní předpisy platí i pro ohýbání samotných trubek. „To musí být provedeno za studena s poloměrem zahnutí osy trubky (měřeno v ose trubky) rovnajícím se nejméně trojnásobku průměru trubky. Pokud je v průběhu této operace trubka tvarována do oválu, poměr mezi velkým a malým průměrem musí být minimálně 0,9. Plocha na úrovni ohnutí musí být jednotná a zbavená zvlnění nebo trhlin“ (FAS, 2019, příloha J/ č. 253).

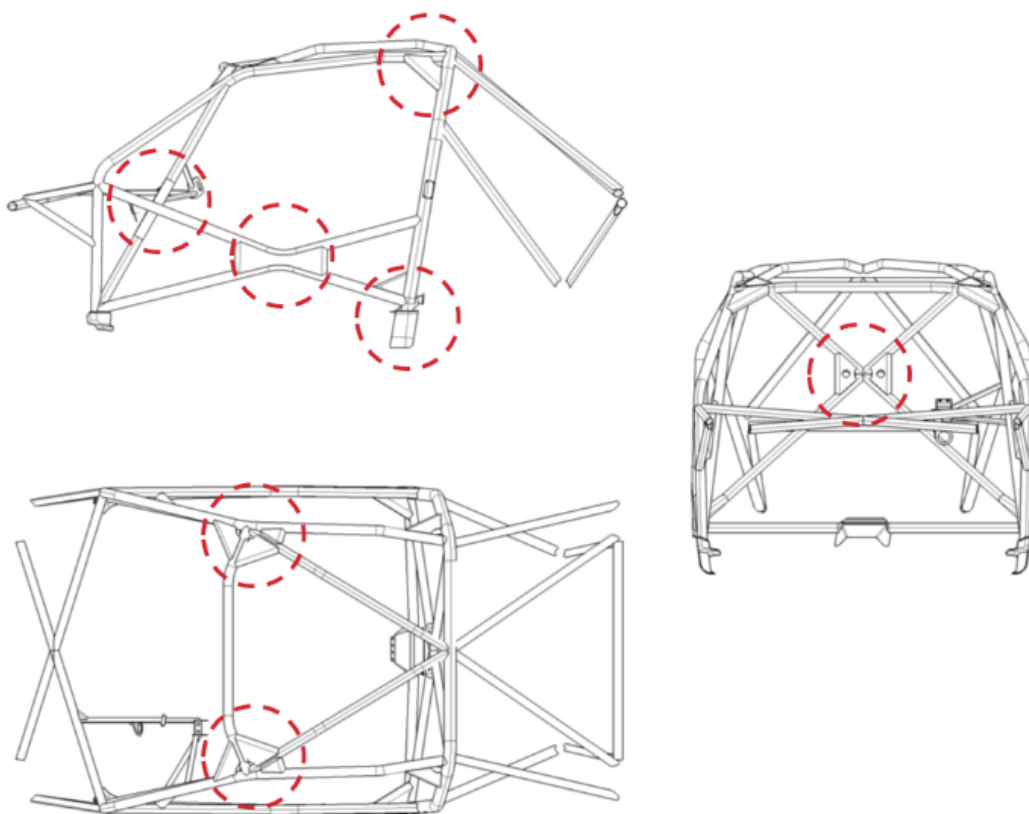
Použitý konstrukční materiál

Každá šarže materiálu použitá ke stavbě bezpečnostního rámu je ověřena technickým listem, aby byly zaručeny optimální mechanické vlastnosti. Všechny prvky ochranného rámu č. 1 a 2 jsou vyrobeny z materiálu 25CrMo4, také známého jako chrom-molybdenová ocel. Jedná se o ocel s obsahem 2,5% chromu (Cr) a 0,4% molybdenu (Mo). Tato ocel vyniká svými dobrými mechanickými vlastnostmi, svařitelností a v porovnání např. s ocelí 15CDV6 (hlavně podvozkové díly vozu Fabia R5) i přijatelnou cenou.

Použitý materiál na obou typech ochranných rámu zůstal zachován. Hlavně díky jeho dobrým a ověřeným vlastnostem. Odlišnost nastala pouze v tloušťce materiálu, která byla zobrazena v tabulce 2.

Výztuhy (Gussety)

Jedná se o výztužné a zároveň spojovací prvky, kterými jsou spojována vysoce namáhaná místa trubek ochranné konstrukce. U všech těchto výztuh musí být dodržena dle FIA předepsaná tloušťka materiálu minimálně 1,0 mm a tvar do písmene U. Dále pak FIA také přesně popisuje rozměry a tvar gusset pomocí schematu. Avšak jejich přesný počet není striktně nařízen. Pro zobrazení jednotlivých gusset byl použit ochranný rám č. 2. (viz Obr. 20)



Zdroj: (Interní materiály ŠKODA Motorsport)

Obr. 20 Zobrazení výztužných - spojujících prvků

Pro znázornění a porovnání rozměrových rozdílů byly vybrány tři hlavní výztuhy (viz Tab. 3):

- Výztuha spojující trubku sloupku čelního skla s trubkou dveří
- Výztuha spojující uprostřed kříž hlavního oblouku
- Výztuha spojující boční trubky dveří

Tab. 3 Porovnání rozměrů výztužných gusset

Výztuha spojující trubku sloupku čelního skla s trubkou dveří		
RÁM Č. 1	RÁM Č. 2	ROZDÍL [mm]
		<p>Délka +91,1</p>
		<p>Šířka zůstala zachována</p>
Výztuha spojující uprostřed kříž hlavního oblouku		
		<p>Délka +40</p>
		<p>Šířka +36,3</p>
Výztuha spojující boční trubky dveří		
		<p>Délka +122,4</p>
		<p>Šířka +36</p>

Na obou typech rámu zůstal počet i umístění jednotlivých výztuh zachován. Nicméně u rámu č. 2 došlo k zásadnímu zvětšení jejich velikosti:

U výztuhy spojující trubku sloupku čelního skla s trubkou dveří narostla délka zhruba o 91,1 mm a šířka zůstala zachována. (viz Tab. 3)

U výztuhy spojující uprostřed kříž hlavního oblouku narostla délka zhruba o 40 mm a šířka zhruba o 36,3 mm. Pro odlehčení byl u tohoto typu gussety vytvořen také kruhový středový otvor s průměrem 30 mm. Maximální daný průměr a umístění otvoru je opět předepisováno federací FIA. (viz Tab. 3)

U výztuhy spojující boční trubky dveří narostla délka zhruba o 122,4 mm a šířka zhruba o 36 mm. Na této výztuze je nárůst rozměrů asi nejzásadnější a viditelný na první pohled (viz Tab. 3)

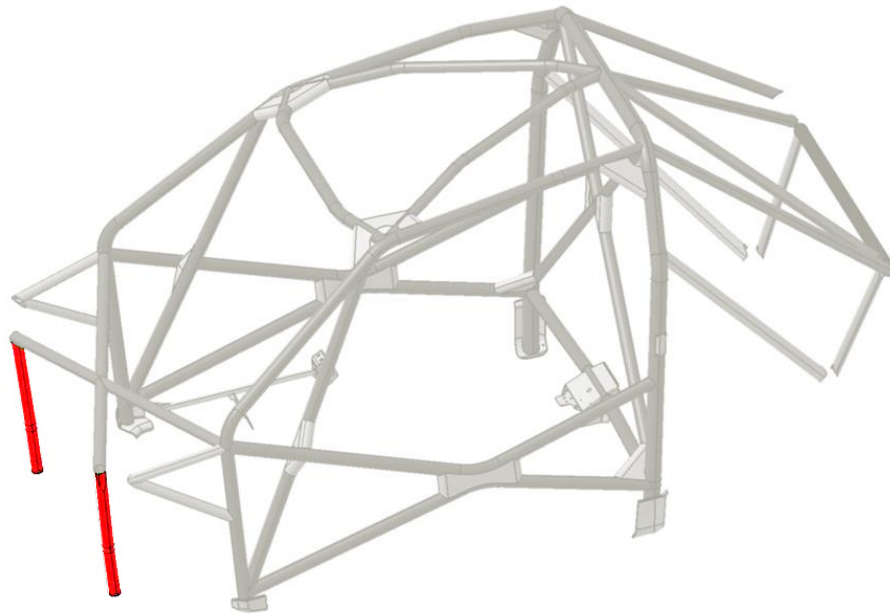
Celková hmotnost

Celková hmotnost ochranného rámu je uvedena v homologačním formuláři vozu. Do celkového součtu jsou pak zahrnuty všechny trubky konstrukce, včetně výztužných prvků. Hmotnostní srovnání rámu č. 1 a č. 2 je uvedeno v následující tabulce 4.

Tab. 4 Hmotnostní srovnání rámu

RÁM Č. 1 [kg]	RÁM Č. 2 [kg]	ROZDÍL [kg]
51,351	52,858	1,507

Z tabulky 4 je patrné, že v tomto případě došlo u rámu č. 2 k navýšení celkové hmotnosti zhruba o 1,507 kilogramů. Toto váhové navýšení vzniklo díky zvětšení rozměrů jednotlivých výztužných prvků (gusset) a také nahrazením 1,0 mm silných trubek ochranné konstrukce za silnější. Naproti tomu ale byla dle FIA pravidel pro rok 2019 upravena sestava, do které spadají dvě přední výztužné vzpěry (viz Obr. 21). Ty jsou nově zahrnuty do sestavy předního podběhu. Obě výztužné vzpěry tedy tvoří bezpečnostní strukturu ochranného rámu, ale do celkové hmotnosti se už dle nových pravidel nezapočítávají. Ačkoliv hraje hmotnost v závodních vozech důležitou roli a cílem je stále její snižování, nejsou opomenuty ani vysoké nároky na bezpečnostní a ochranné prvky, které mohou celkovou váhu vozidla navýšit.



Zdroj: (Interní materiály ŠKODA Motorsport)

Obr. 21 Zobrazení dvou předních výztužných vzpěr

Celková délka trubek

Parametr o celkové délce použitých trubek na ochranném rámu je opět uveden v homologačním formuláři vozu. Do celkového součtu pak není zahrnuta délka trubky hlavního oblouku o vnějším průměru 50 mm a také trubky podpěry sloupku řízení s vnějším průměrem 20 mm. Výpočet se týká pouze trubek s vnějším průměrem menším než 40 mm. Tady je dle FIA pravidel uvedeno, že celková délka použitých trubek s průměrem menším než je 40 mm, nesmí být větší než 15 m. Délkové srovnání trubek rámu č. 1 a č. 2 je uvedeno v následující tabulce 5.

Tab. 5 Srovnání celkové délky rámových trubek

RÁM Č. 1 [m]	RÁM Č. 2 [m]	ROZDÍL [m]
13,712	12,964	0,748

Tabulka 5 zobrazuje výsledný rozdíl délky trubek rámu č. 1 a č. 2. U ochranného rámu č. 2 bylo docíleno snížení celkové délky trubek o zhruba 0,748 m. To je způsobeno:

- Posunutím zadního uchycení tlumičů (tzv. top mountů) u platformy vozu ŠKODA Fabia R5 evo (tím došlo i ke zkrácení rámových trubek, které jsou s uchycením tlumičů přímo spojeny).
- Změnou sestavy v nových pravidlech, do které spadají dvě přední výztužné vzpěry rámu (viz Obr. 21) a tím pádem se také nezahrnují do celkové počítané délky.

3.4 Analýza odolnosti ochranných rámů

Další a poslední hodnocení se týká porovnání rámů č. 1 a č. 2 z hlediska pevnosti bezpečnostní struktury. To je provedeno pomocí počítačových simulací a metody konečných prvků FEM (Finite element method). Samotné pevnostní statické zkoušky jsou opět definovány dle pravidel FIA a rozděleny do 3 kategorií:

- Zkouška na hlavním rámovém oblouku
- Zkouška na předním rámovém oblouku
- Zkouška bočního zatížení

Pro porovnání a bližší dokreslení dané analýzy je následně popsán první a druhý typ zkoušky, který byl aplikován na ochranném rámu č. 1 a č. 2 za účelem splnění potřebné homologace.

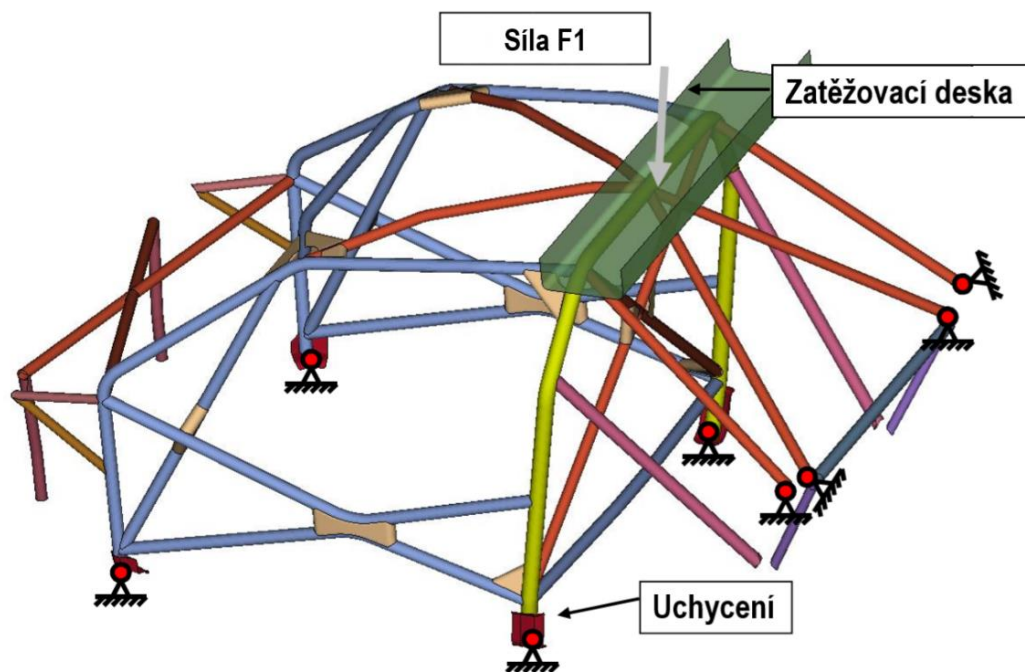
Zkouška na hlavním rámovém oblouku

Při dané zkoušce je zatížení aplikováno na vrchol hlavního oblouku. Pro přenos zatížení na rámovou konstrukci je využita zatěžovací deska, která je vyrobena z oceli. (viz Obr. 22, 23) Deska může být v případě složitějšího tvaru hlavního oblouku lehce prohnutá, aby lépe kopírovala jeho příčný profil. Její rozměry jsou pak přesně stanoveny. V tomto případě je svislé zatížení aplikováno v intervalu minimálně 15 sekund (FIA, 2019, bezp. konstrukce/ čl. 253, 2.3).

Velikost aplikovaného zatížení na hlavní rámový oblouk je udávána hodnotou v kN. Hodnota vychází z matematického vztahu, který je blíže popsán v pravidlech FIA. Z důvodu utajení informací je popisovaná zatěžovací síla dále označena:

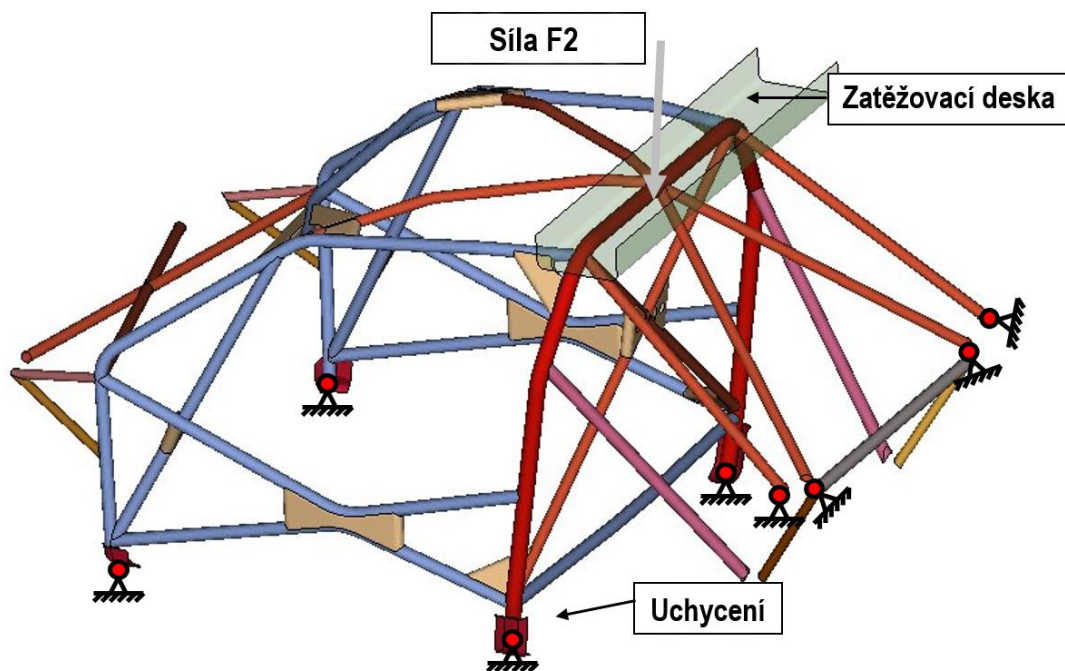
- Pro rám č. 1 – síla **F1**
- Pro rám č. 2 – síla **F2**

Zkouška zatížení na hlavním rámovém oblouku



Zdroj: (Interní materiály ŠKODA Motorsport)

Obr. 22 Aplikace zatížení na hlavním oblouku u rámu č. 1



Zdroj: (Interní materiály ŠKODA Motorsport)

Obr. 23 Aplikace zatížení na hlavním oblouku u rámu č. 2

Celkový výpočet a aplikace zatížení na hlavním oblouku u rámu č. 1 byly provedeny podle starších předpisů FIA pro rok 2015, kdy byl tento ochranný rám společně s vozem ŠKODA Fabia R5 homologován.

Při výpočtu byla tedy předem stanovena únosná zatěžovací síla působící na hlavní rámový oblouk o velikosti F1 (viz Obr. 22). Této působící síle by měl hlavní rámový oblouk bezpodmínečně odolat.

Výsledky analýzy ukazují, že hlavní rámový oblouk odolává požadovanému zatížení dle předpisů FIA 2015. Při předepsané síle zatěžovací desky F1 je maximální průhyb na vrcholu hlavního oblouku 23,2 % z maximální přípustné hodnoty stanovené FIA. Dále pak bylo zjištěno, že ke kolapsu hlavního oblouku dojde přibližně při 1,67 násobku síly F1. Při dané působící síle má tedy hlavní oblouk rezervu odolnosti proti předepsanému zatížení 67,1 %.

Druhý výpočet a aplikace zatížení byly provedeny také na hlavním oblouku u rámu č. 2. Tady je předem nutné zmínit, že výpočet probíhal podle nových homologačních předpisů FIA pro rok 2019 a tím pádem se v určitých ohledech liší.

Při výpočtu u rámu č. 2 byla opět stanovena únosná zatěžovací síla působící na hlavní rámový oblouk. V tomto případě o vyšší velikosti $F2 = F1 \cdot 1,02$. (viz Obr. 23)

Výsledky druhé analýzy ukazují, že hlavní rámový oblouk odolává požadovanému zatížení dle předpisů FIA 2019. Při předepsané síle zatěžovací desky F2 je maximální průhyb na vrcholu hlavního oblouku 25,4 % z maximální přípustné hodnoty stanovené FIA. Dále pak bylo zjištěno, že ke kolapsu hlavního oblouku dojde přibližně při 1,64 násobku síly F2. Při dané působící síle má tedy hlavní oblouk rezervu odolnosti proti předepsanému zatížení 64,1 %.

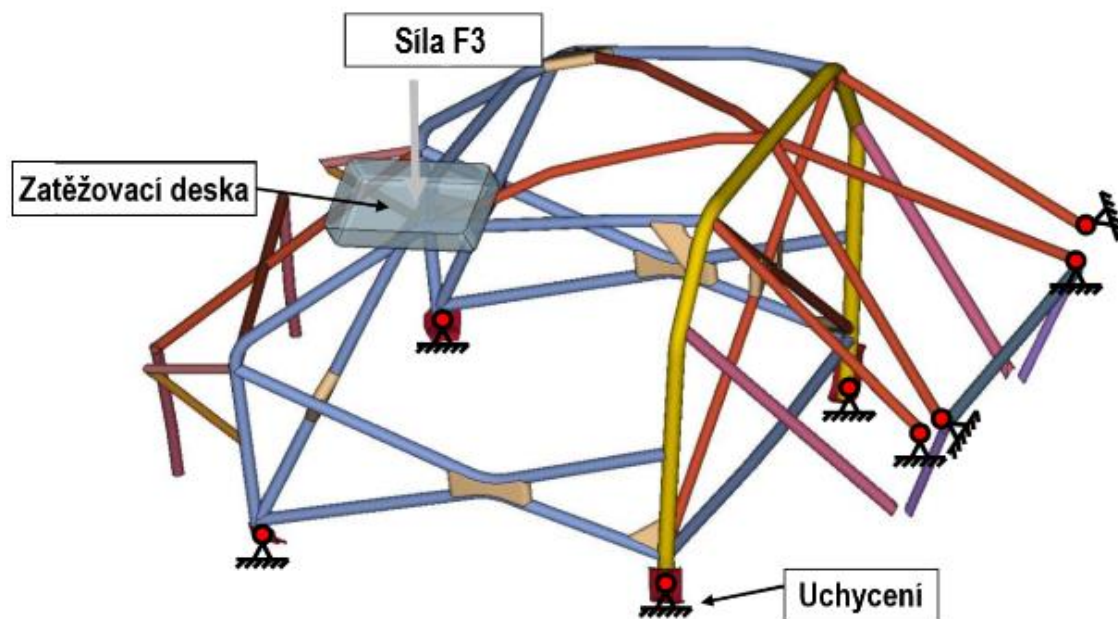
Zkouška na předním rámovém oblouku

U tohoto typu zkoušky je zatížení aplikováno na vrchol předního oblouku, přesněji na oblast křížení předního oblouku a vzpěry sloupku čelního skla. Pro přenos zatížení na rámovou konstrukci je stejně jako při předchozí zkoušce využita ocelová zatěžovací deska.

Z důvodu utajení informací je popisovaná zatěžovací síla dále označena:

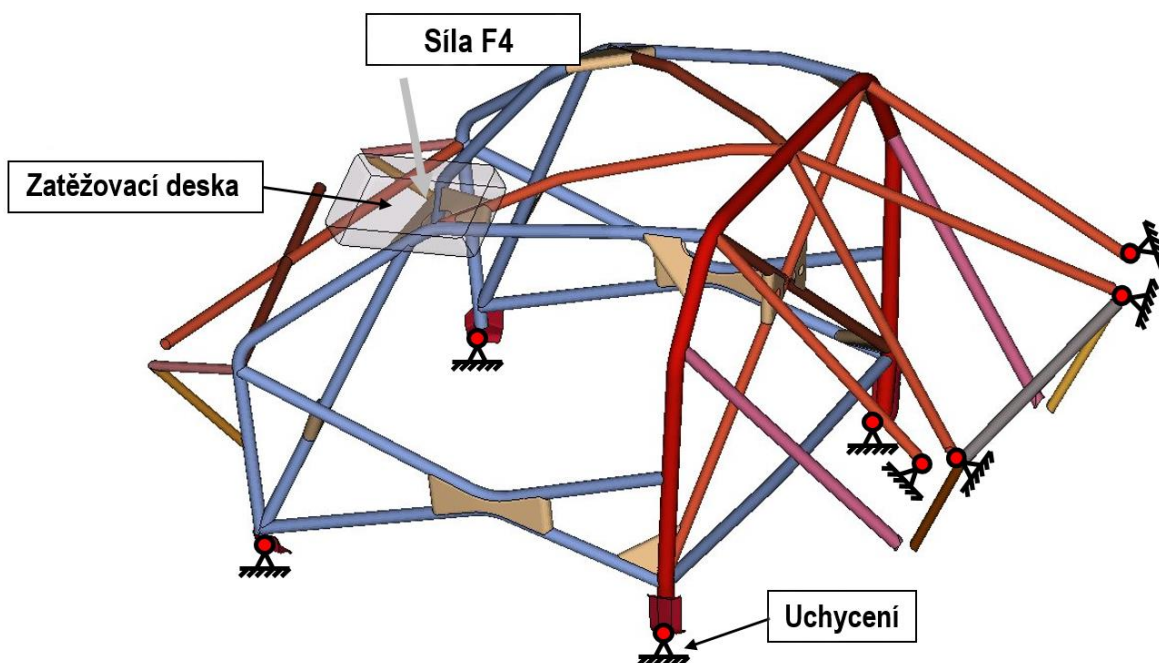
- Pro rám č. 1 – síla **F3**
- Pro rám č. 2 – síla **F4**

Zkouška zatížení na předním rámovém oblouku



Zdroj: (Interní materiály ŠKODA Motorsport)

Obr. 24 Aplikace zatížení na předním oblouku u rámu č. 1



Zdroj: (Interní materiály ŠKODA Motorsport)

Obr. 25 Aplikace zatížení na předním oblouku u rámu č. 2

Celkový výpočet a aplikace zatížení na předním oblouku u rámu č. 1 byly opět provedeny podle starších předpisů FIA pro rok 2015.

Při výpočtu byla předem stanovena únosná zatěžovací síla působící na přední rámový oblouk o velikosti F3 (přibližně jedna polovina síly F1), (viz Obr. 24). Této působící síle by měl přední rámový oblouk bezpodmínečně odolat.

Výsledky analýzy rámu č. 1 ukazují, že přední rámový oblouk odolává požadovanému zatížení dle předpisů FIA 2015. Při předepsané síle zatěžovací desky F3 je maximální průhyb na vrcholu předního oblouku 12 % z maximální přípustné hodnoty stanovené FIA. Dále pak bylo zjištěno, že ke kolapsu předního oblouku dojde přibližně při 1,46 násobku síly F3. Při dané působící síle má tedy přední oblouk rezervu odolnosti proti předepsanému zatížení 45,0 %.

Při druhém výpočtu u rámu č. 2 byla opět stanovena únosná zatěžovací síla působící na přední rámový oblouk dle FIA předpisů 2019, v tomto případě o velikosti $F4 = F3 \cdot 1,02$. (viz Obr. 25)

Výsledky druhé analýzy ukazují, že přední rámový oblouk odolává požadovanému zatížení dle předpisů FIA 2019. Při předepsané síle zatěžovací desky F4 je maximální průhyb na vrcholu předního oblouku 12,3 % z maximální přípustné hodnoty stanovené FIA. Dále pak bylo zjištěno, že ke kolapsu předního oblouku dojde přibližně při 1,43 násobku síly F4. Při dané působící síle má tedy přední oblouk rezervu odolnosti proti předepsanému zatížení 42,7 %.

3.5 Souhrnné zhodnocení výsledků

Ochranný rám představuje nepostradatelný bezpečnostní prvek pro ochranu posádky během závodu rallye. Zároveň také přispívá k lepším vlastnostem a vyšší tuhosti celé karoserie vozu.

Technické shrnutí

V tomto ohledu tvoří materiál, hmotnost, vyztužovací prvky a celková odolnost ochranného rámu velmi důležité vlastnosti. Na základě těchto vlastností byla provedena srovnávací analýza. Srovnání rámu č. 1 a č. 2 ukazuje na lepší konstrukční provedení a odolnost u rámu č. 2. To bylo docíleno zvětšením tloušťky použitých trubek a zároveň upuštěním od trubek o tloušťce stěny 1,0 mm. Dále byly zvětšeny všechny vyztužné prvky (gussety).

V neposlední řadě získal rám č. 2 kladné výsledky při počítačové simulaci statického zatížení. To bylo provedeno nejprve na hlavním a potom na předním rámovém oblouku. V následující tabulce 6 je porovnání dosažených výsledků při simulaci odolnosti u obou konstrukčních variant ochranného rámu.

Tab. 6 Souhrn výsledků

	Zatížení hlavního oblouku		Zatížení předního oblouku	
	Zatěžovací síla [kN]	Průhyb	Zatěžovací síla [kN]	Průhyb
Rám č. 1	F1	23,2 %	F3	12 %
Rám č. 2	$F2 = F1 \cdot 1,02$	25,4 %	$F4 = F3 \cdot 1,02$	12,3 %

Při porovnání výsledků bylo zjištěno, že varianta rámu č. 2 musí dle pravidel FIA 2019 odolat většímu statickému zatížení na hlavním oblouku a zatížení na předním oblouku v porovnání s rámem č. 1. Ovšem pro přesný údaj by musely být tyto procentní hodnoty přepočteny na jednotlivé zátěžové stavy.

Ekonomické shrnutí

Při souhrnném zhodnocení nebyla zvažována jen technická stránka výroby ochranného rámu, ale pozornost byla věnována i ekonomickému hledisku. To je ovšem obtížné přesně stanovit, neboť nejsou z důvodu utajení známy výrobní ceny obou variant rámu. Dále je ekonomické hledisko také do jisté míry ovlivňováno nastavenými předpisy a stále vyššími nároky ze strany FIA.

Ačkoliv byla vzhledem k úpravě předpisů z konstrukčního pohledu zvýšena tloušťka u některých použitých trubek a rám č. 2 byl kompletně více vyztužen pomocí větších gusset, byla zachována celková časová náročnost na jeho výrobu. To bylo docíleno použitím ověřených pracovních postupů a bezproblémového chodu výroby.

Z důvodu téměř totožné geometrie, nebylo také potřeba u varianty rámu č. 2 upravovat svařovací přípravky, což vedlo ke snížení další časové náročnosti.

Celkové shrnutí analýzy ukazuje, že konstrukční varianta rámu č. 2 vykazuje vyšší úroveň bezpečnosti při zachování totožných výrobních nákladů.

Závěr

Bezpečnost a bezpečnostní prvky hrají důležitou roli nejen u osobních civilních vozidel, ale i v oblasti závodního sportu. Výjimkou v tomto ohledu není ani svět rallye. Při těchto soutěžích se závodí na běžných i uzavřených přírodních tratích a různých typech povrchů. Posádky závodních speciálů se musí vypořádat s náročnými podmínkami a čelit nebezpečným situacím, při kterých jsou dosahovány vysoké rychlosti. Jak ze strany konstruktérů vozidel, tak i ze strany mezinárodní federace FIA jsou proto stále kladeny vyšší nároky na bezpečnostní požadavky závodních vozidel.

V rámci bakalářské práce byly zhodnoceny vybrané bezpečnostní prvky u závodního vozidla ŠKODA Fabia R5. Cílem práce byla analýza a následné vyhodnocení vnitřního ochranného rámu vozidla ŠKODA Fabia R5. Jeho vlastnosti byly následně zkoumány a mezigeneračně porovnány s novým typem ochranného rámu pro model vozu ŠKODA Fabia R5 evo.

V praktické části došlo k porovnání hlavních kritérií obou ochranných rámu. To jsou: vnější průměr a tloušťka stěny rámových trubek, použitý materiál, velikost výztužných prvků (gusset), celková hmotnost a délka rámových trubek. Podle daného srovnání vykazovala varianta rámu č. 2 lepší konstrukční provedení, nežli varianta rámu č. 1. Toto tvrzení bylo nakonec ověřeno i při počítačové simulaci statického zatížení na hlavním a předním rámovém oblouku. Při ní byla ukázána vyšší pevnost bezpečnostní rámové struktury. Tím pádem dospěl rám č. 2 opět kladného výsledku.

Na závěr této práce je nutné říci, že nový typ vnitřního ochranného rámu vozu ŠKODA Fabia R5 evo posunuje míru bezpečnostních aspektů na ještě vyšší a kvalitnější úroveň. Nicméně stále je potřeba vyvíjet nová inovativní konstrukční řešení, která zabezpečí stoprocentní ochranu posádky závodního vozu. Za tímto účelem je proto autorem této práce doporučeno ve větší míře využití nových technických postupů a moderních počítačových simulací.

Seznam literatury

FIRST, Jiří. *Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry*. 1. Praha: ČVUT v Praze, 2008. ISBN 978-80-254-1805-5.

KRÁLÍK, Jan, Dalibor JANEK a Josef VRÁTIL. *100 let závodních a soutěžních vozů ŠKODA*. 1. Praha: KM-Publicity, 2002. ISBN 80-238-9845-0.

KOVANDA, Jan a kolektiv. *Bezpečnostní aspekty návrhu dopravních prostředků*. 1. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2016. ISBN 978-80-01-05893-0.

PAVLŮSEK, Ondřej a Alois PAVLŮSEK. *Sportovní a závodní automobily Škoda: od roku 1965 do současnosti*. 1. Brno: Computer Press, 2010. Autosalon (Computer Press). ISBN 978-80-251-2876-3.

VLK, František. *Stavba motorových vozidel: [osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, jízdní soupravy, ergonomika, biomechanika, struktura, kolize, materiály]*. 1. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8757-2.

AUTOLEXICON.NET. Airbag [online]. SAJDL, 2019 [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/airbag/>

AUTOLEXICON.NET. Aktivní opěrka hlavy [online]. SAJDL, 2019 [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/aktivni-operka-hlavy/>

AUTOREVUE.CZ. Sledovali jsme montáž závodní Škody Fabia R5 [online]. PECÁK, 2016 [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/sledovali-jme-montaz-zavodni-skody-fabia-r5-jednu-sestavi-za-10-dni>

AUTOHIT.CZ. ŠKODA Fabia R5 na vlastní kůži [online]. 2015 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <http://www.autohit.cz/reportaze/128637-skoda-fabia-r5-na-vlastni-kuzi-r-jako-rallye>

AUTO.CZ. Volvo předvádí airbag pro chodce [online]. BUREŠ, 2012 [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/volvo-predvadi-airbag-pro-chodce-video-65536>

AUTO.CZ. Jak předejít poranění krční páteře při autonehodě [online]. BARTÁK, 2017 [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/jak-predejiti-poraneni-krcni-patere-pri-autonehode-spravne-nastavena-operka-je-zaklad-104509>

BEZPECNECESTY.CZ. Karoserie [online]. Simopt, 2019 [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie>

BEZPECNECESTY.CZ. Bezpečnostní pásy [online]. Simopt, 2019 [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/bezpecnostni-pasy>

IBESIP.CZ. Bezpečnostní pásy [online]. 2019 [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <https://www.ibesip.cz/Tematicke-stranky/Cestujeme-autem/Asistencni-systemy-v-autech/Pasivni-bezpecnost/Bezpecnostni-pasy>

IBESIP.CZ. Airbag [online]. 2019 [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <https://www.ibesip.cz/Tematicke-stranky/Cestujeme-autem/Asistencni-systemy-v-autech/Pasivni-bezpecnost/Airbag>

IDNES.CZ. Šest bezpečnostních prvků v rallye voze [online]. 2018 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/bezpecnost-rallye-special-soutezni-vuz-pilot-konstrukce-helma-kombineza-hasici-pristroj-defirmacni-p.A180503_111818_automoto_taj#space-a

MASTER.SKODA-AUTO.COM. Octavia safety phase 2 [online]. 2019 [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <http://master.skoda-auto.com/models/new-octavia/octavia-safety-phase-2>

MEDIA.VOLVOCARS.COM. Volvo Car Corporation's pedestrian airbag [online]. 2012 [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/43844>

MOTORMIX.CZ. Průvodce současnými kategoriemi v rallye [online]. 2018 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <https://www.motormix.cz/clanek/pruvodce-soucasnymi-kategoriemi-v-rallye/22605>

RALLY-SAFETY.COM. Rallysport can be dangerous [online]. c2012 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <http://www.rally-safety.com/index.php?section=drivers>

SKODA-MOTORSPORT.COM. Jak ŠKODA Fabia R5 chrání posádku [online]. 2019 [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <https://www.skoda-motorsport.com/cs/strazni-andele-jak-skoda-fabia-r5-chrani-posadku/>

SKODA-MOTORSPORT.COM. ŠKODA na WRC 2 [online]. 2019 [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <https://www.skoda-motorsport.com/cs/world-rally-championship-wrc2-2015/>

SKODA-MOTORSPORT.COM. Modernizovaná ŠKODA Fabia R5 [online]. 2019 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <https://www.skoda-motorsport.com/cs/modernizovana-fabia-r5-ma-homologaci-chysta-se-na-premieru/>

SKODA-MOTORSPORT.COM. 10 nejdůležitějších změn na voze ŠKODA Fabia R5 evo [online]. 2019 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <https://www.skoda-motorsport.com/cs/10-nejdulezitejsich-zmen-na-voze-skoda-fabia-r5-evo/>

SKODA-MOTORSPORT.COM. 5 rozdílů, podle kterých poznáte vůz Fabia R5 evo [online]. 2019 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <https://www.skoda-motorsport.com/cs/5-rozdilu-podle-kterych-poznate-vuz-fabia-r5-evo/>

WRC.COM. What is WRC [online]. 2017 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <https://www.wrc.com/en/wrc/about-wrc/what-is-wrc/page/673---672-.html>

Interní materiály ŠKODA-MOTORSPORT

Seznam obrázků

Obr. 1 Základní přehled prvků pasivních bezpečnosti	10
Obr. 2 Rozložení sil působících při čelním a bočním nárazu	11
Obr. 3 Použité typy materiálu na karoserii.....	12
Obr. 4 Tříbodový bezpečnostní pás	13
Obr. 5 Pozice umístění airbagů na vozidle	15
Obr. 6 Airbag před a po aktivaci	17
Obr. 7 Airbag pro ochranu chodců	18
Obr. 8 Mechanismus systému prevence poranění krku.....	19
Obr. 9 Aktivní opěrka hlavy firmy Johnson Controls	19
Obr. 10 Otvor kapoty s krycí mřížkou	23
Obr. 11 Body pro zvedání s podpurnými podpěrami.....	23
Obr. 12 Skelet karoserie se zabudovaným ochranným rámem	24
Obr. 13 Základní rozměrové proporce vozu	26
Obr. 14 Přední část vozu ŠKODA Fabia R5 evo	29
Obr. 15 Zadní část vozu ŠKODA Fabia R5 evo.....	29
Obr. 16 Základní struktura ochranného rámu.....	35
Obr. 17 Rohová výztuha bezpečnostní konstrukce	36
Obr. 18 Varianty ochranného rámu	37
Obr. 19 Prvky struktury	37
Obr. 20 Zobrazení výztužných - spojujících prvků	40
Obr. 21 Zobrazení dvou předních výztužných vzpěr.....	43
Obr. 22 Aplikace zatížení na hlavním oblouku u rámu č. 1	45
Obr. 23 Aplikace zatížení na hlavním oblouku u rámu č. 2.....	45
Obr. 24 Aplikace zatížení na předním oblouku u rámu č. 1	47
Obr. 25 Aplikace zatížení na předním oblouku u rámu č. 2	47

Seznam tabulek

Tab. 1 Přehled prvků struktury	38
Tab. 2 Srovnání vnějšího průměru a tloušťky stěny u použitých trubek	39
Tab. 3 Porovnání rozměrů výztužných gusset.....	41
Tab. 4 Hmotnostní srovnání ráků	42
Tab. 5 Srovnání celkové délky rákových trubek	43
Tab. 6 Souhrn výsledků	49

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Dominik Tvrzický		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality		
NÁZEV PRÁCE	Zhodnocení vybraných bezpečnostních prvků závodního vozidla ŠKODA Fabia R5		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. Josef Bradáč, Ph.D.		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2019
POČET STRAN	55		
POČET OBRÁZKŮ	25		
POČET TABULEK	6		
POČET PŘÍLOH	0		
STRUČNÝ POPIS	<p>Předložená práce je zaměřena na zhodnocení vybraných prvků bezpečnosti u závodního vozidla ŠKODA Fabia R5. Cílem této práce je analýza a následné vyhodnocení vnitřního ochranného rámu vozidla ŠKODA Fabia R5. Teoretická část je zaměřena na obecný popis prvků pasivní bezpečnosti, specifikaci rallye a rallyového vozu Fabia R5. V praktické části jsou představeny konkrétní vybrané bezpečnostní prvky vozidla ŠKODA Fabia R5 a analyzován nejdůležitější prvek - vnitřní ochranný rám. Jeho vlastnosti jsou následně mezigeneračně porovnány s novým typem ochranného rámu. Závěrem byla zhodnocena odolnost a ekonomická náročnost výroby obou ochranných rámu.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Pasivní bezpečnost, ŠKODA Motorsport, ŠKODA Fabia R5, ŠKODA Fabia R5 evo, Analýza srovnáním, Ochranný rám		

ANNOTATION

AUTHOR	Dominik Tvrzický		
FIELD	6208R186 Business Administration and Operations, Logistics and Quality Management		
THESIS TITLE	Evaluation of selected safety features of the ŠKODA Fabia R5		
SUPERVISOR	Ing. Josef Bradáč, Ph.D.		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2019
NUMBER OF PAGES	55		
NUMBER OF PICTURES	25		
NUMBER OF TABLES	6		
NUMBER OF APPENDICES	0		
SUMMARY	<p>The presented bachelor thesis is focused on the evaluation of selected safety features of the ŠKODA Fabia R5 car. The aim of this thesis is to analyse and subsequently to evaluate the internal roll cage of ŠKODA Fabia R5. The theoretical part is focused on the general description of the passive safety elements, the rallye specification and the Fabia R5 rallye car. In the practical part, the specific selected safety features of the ŠKODA Fabia R5 car are introduced and the internal roll cage as the key element is analysed. Its properties are then compared to the new type of the roll cage. Finally, the resistance and economic demands of both types of roll cages production were evaluated.</p>		
KEY WORDS	Passive safety, ŠKODA Motorsport, ŠKODA Fabia R5, ŠKODA Fabia R5 evo, Comparison analysis, Roll cage		