

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T001 Dopravní a manipulační technika

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh modulární traverzy pro různé podvozky ŠKODA

Autor: **Bc. Vojtěch PROCHÁZKA**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Petr Heller, CSc.**

Akademický rok 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vojtěch PROCHÁZKA**

Osobní číslo: **S15N0028K**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**

Název tématu: **Návrh modulární traverzy pro různé podvozky ŠKODA**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Návrh modulární traverzy pro různé podvozky ŠKODA (specifikace rozměrů, materiálů, svařování a obrábění). Pevnostní výpočet navržené traverzy dle EN 13749, se zohledněním EN 12663-1, EN 15085-3, DVS 1612.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Analýza současných podvozků pro el. jednotky.
2. Podvozky s použitím traverzy pro jednotky ŠKODA.
3. Modulární stavba pro různé jednotky ŠKODA.
4. Konstrukční zpracování a výpočty pro vybrané řešení.
5. Zhodnocení a závěr.

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


HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla II.* Plzeň: Západočeská univerzita, 2009

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

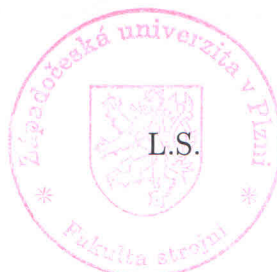
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Petr Heller, CSc.**
Regionální technologický institut
Konzultant diplomové práce: **Ing. Jaroslav Brodský**
ŠKODA TRANSPORTATION, a.s.

Datum zadání diplomové práce: **19. září 2016**
Termín odevzdání diplomové práce: **2. června 2017**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

V Plzni dne 19. září 2016

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Procházka	Jméno Vojtěch		
STUDIJNÍ OBOR	2301T001 „Dopravní a manipulační technika“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení Doc. Ing. Heller, CSc.	Jméno Petr		
PRACOVNÍŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh modulární traverzy pro různé podvozky ŠKODA			

FAKULTA	strojí	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2017
----------------	--------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	121	TEXTOVÁ ČÁST	91	GRAFICKÁ ČÁST	30
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS	<p>Diplomová práce obsahuje konstrukční návrh modulární traverzy variabilně pro tři různé typy podvozků ŠKODA. Rešeršní část specifikuje elektrické jednotky všeobecně se zaměřením na pojezdovou část, následuje rozbor podvozků ŠKODA doplněn o teoretický základ modularity. Konstrukční proces je řízen zásadami EDS, návrh a kontrola probíhá dle normy ČSN EN 13749 se zohledněním dalších uvedených v zadání. Po specifikaci úplné stavební struktury TS (včetně materiálů, obrábění a svařování) následují optimalizační výpočty spojů šrouby a čepy, numerický MKP výpočet hlavní části s návrhem dodatečných úprav struktury, kontrola obrysu dle ČSN EN 15273 a zhodnocení TS dle specifikovaných požadavků. Výkresová dokumentace: typové výkresy pro všechny modifikace traverzy se zástavbou, výkres detailu a sestavný výkres vybraného modulu.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA	kolejové vozidlo, podvozek, sekundární vypružení, traverza, modularita, EDS, pevnostní výpočet, MKP, šroubový spoj, konstrukční obrys

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Procházka	Name Vojtěch	
FIELD OF STUDY	2301T001 „Transport Vehicles and Handling Machinery“		
SUPERVISOR	Surname Doc. Ing. Heller, CSc.	Name Petr	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of modular transom for various types of ŠKODA bogies		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2017
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	121	TEXT PART	91	GRAPHICAL PART	30
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION	<p>This thesis contains design of modular transom variably for three different types of ŠKODA bogies. The theoretical part specifies electric multiple units in general with focus on bogies section, then the analysis of ŠKODA bogies follows complemented by the modularity theory. Design process is managed by EDS and is supported by the norm ČSN EN 13749 and others stated in the task of thesis. After the specification of whole building structure of TS (included materials, metalworking and welding) screw and pin connections with optimization are computed, then FEM computation with proposal of additional shape adjustments is applied, design contour according to ČSN EN 15273 is checked and finally the evaluation of the TS based on specified requirements follows. Drawing documentation: type drawings for all the modifications of the transom with surroundings, a detail drawing and an assembly drawing of a chosen module.</p>
KEY WORDS	<p>rail vehicle, bogie, secondary suspension, transom, modularity, EDS, strength calculation, FEM, screw connection, design contour</p>

Poděkování

Upřímně děkuji mojí rodině za obětavou podporu po celou dobu studia, dále pak vedoucímu práce doc. Ing. Petrovi Hellerovi, CSc. a konzultantovi Ing. Jaroslavovi Brodskému za cenné rady a připomínky po celou dobu vypracování této diplomové práce.

Obsah

Úvod.....	15
1 Analýza současných podvozků pro elektrické jednotky	16
1.1 Trakční jednotky – obecně	16
1.2 Současné podvozky pro elektrické jednotky	18
1.2.1 Běžné podvozky pro elektrické jednotky	18
1.2.2 Trakční podvozky pro elektrické jednotky.....	19
1.2.3 Podvozek typu Jakobs	21
1.3 Podvozky pro elektrické jednotky s použitím traverzy	21
1.3.1 Trakční / běžný podvozek SIEMENS SF 5000 E TDG	22
1.3.2 Trakční / běžný podvozek ALSTOM CL 347	23
1.3.3 Běžný podvozek BOMBARDIER FLEXX LOAD	24
1.3.4 Trakční podvozek regionální jednotky STADLER FLIRT řady 480	25
2 Podvozky s použitím traverzy pro jednotky ŠKODA	26
2.1 Podvozky jednotky ŠKODA 10Ev řady 660	27
2.1.1 Trakční podvozek (TP).....	27
2.1.2 Běžný podvozek (BP).....	29
2.2 Podvozky jednotky ŠKODA 10Ev2	29
2.2.1 Trakční podvozek (TP).....	30
2.2.2 Běžný podvozek (BP).....	31
2.3 Podvozky push-pull soupravy projektu ŠKODA „NIM EXPRESS“	31
3 Modulární stavba pro různé jednotky ŠKODA	33
3.1 Modularita	33
3.2 Specifikace požadavků na TS (technický systém)	35
3.3 Návrh funkční struktury TS.....	40
3.3.1 Návrh provozního transformačního procesu (TrfP)	40
3.3.2 Vlastní návrh funkční struktury.....	43
3.4 Návrh orgánové struktury TS	44
3.4.1 Zhodnocení navržených variant orgánové struktury TS	46
4 Konstrukční zpracování a výpočty pro vybrané řešení	48
4.1 Návrh hrubé stavební struktury TS.....	48
4.1.1 Tlaková a středová část	49
4.1.2 Modul otočného čepu	50
4.1.3 Modul rozvodů vzduchu.....	50

4.1.4	Modul příčných tlumičů	51
4.1.5	Modul podélných tlumičů	51
4.1.6	Modul svislých tlumičů	52
4.1.7	Modul torzních stabilizátorů	52
4.1.8	Modul pneumatických měchů	53
4.1.9	Modul příčných nárazek	53
4.1.10	Modul spojení podvozku se skříní vozidla.....	54
4.1.11	Celkové snímky návrhu hrubé stavební struktury	54
4.2	Návrh úplné stavební struktury TS	56
4.2.1	Celkové snímky úplné stavební struktury	56
4.2.2	Společná část	59
4.2.3	Modul otočného čepu	61
4.2.4	Modul rozvodů vzduchu.....	62
4.2.5	Modul příčných tlumičů	62
4.2.6	Modul podélných tlumičů	63
4.2.7	Modul svislých tlumičů	64
4.2.8	Modul torzních stabilizátorů	65
4.2.9	Modul pneumatických měchů	65
4.2.10	Modul příčných nárazek	66
4.2.11	Modul spojení podvozku se skříní vozidla.....	67
4.3	Výpočty a kontrola	67
4.3.1	Specifikace zatížení	68
4.3.2	Kontrola šroubových spojení	70
4.3.3	MKP výpočet hlavní (společné) části traverzy	72
4.3.4	Kontrola příčných rozměrů ve vztahu ke kinematickým obrysům GI2 a DE2 ..	74
5	Zhodnocení a závěr	76
5.1	Zhodnocení návrhu modulární traverzy	76
5.2	Závěr.....	77
	Použitá literatura	78
	Příloha č. 1 – MKP výpočet – specifikace použitých okrajových podmínek a detailní náhledy výsledků.....	80
	Příloha č. 2 – Ohodnocení navrženého TS dle specifikovaných požadavků v kapitole 3.2.	88

Seznam obrázků

1 – Elektrická jednotka pro regionální dopravu ŠKODA 7Ev řady 640 [8]	16
2 – STADLER FLIRT řady 480 [4] – upraveno a doplněno o popisky	17
3 – Běžný podvozek ŠKODA 10Ev řady 660 [5]	19
4 – Trakční podvozek ŠKODA 10Ev řady 660 [5]	20
5 – SIEMENS SF 5000 E JTDG [1 str. 56]	21
6 – ALSTOM CL 541 – detail sekundárního vypružení [2 str. 21]	22
7 – SIEMENS SF 4000 JLDG – detail sekundárního vypružení [1 str. 52]	22
8 – SIEMENS SF 5000 E TDG – detail sekundárního vypružení [1 str. 54].....	22
9 – SIEMENS SF 5000 E TDG [1 str. 54]	23
10 – SIEMENS DESIRO EMG 312 [9].....	23
11 – ALSTOM CL 347 [2 str. 22].....	24
12 – ALSTOM CORADIA DUPLEX 211 [10].....	24
13 – BOMBARDIER FLEXX LOAD [3].....	24
14 – BOMBARDIER Double-Deck coach DB AG [11]	24
15 – Trakční podvozek jednotky STADLER FLIRT ř. 480 [20].....	25
16 – STADLER FLIRT ř. 480 [4 str. 1].....	25
17 – Schéma rozmístění podvozků pro pětivozovou variantu ŠKODA 10Ev řady 660 [5]	27
18 – Schéma rozmístění podvozků pro třívozovou variantu ŠKODA 10Ev řady 660 [5].....	27
19 – Trakční podvozek elektrické jednotky ŠKODA 10Ev řady 660 [5]	28
20 – Schéma rozmístění podvozků pro pětivozovou variantu ŠKODA 10Ev2 [5]	29
21 – Schéma rozmístění podvozků pro třívozovou variantu ŠKODA 10Ev2 [5].....	30
22 – Trakční podvozek elektrické jednotky ŠKODA 10Ev2 [5]	30
23 – Podvozek push-pull soupravy projektu ŠKODA „NIM EXPRESS“ [5]	31
24 – Obecné základní operace v konstrukčním procesu [19 str. 113].....	35
25 – Provozní TrfP – první fáze návrhu – metoda černé skříňky [19 str. 19] – přepracováno	40
26 – Provozní TrfP – předběžný návrh principu transformace [19 str. 19] – přepracováno....	41
27 – Provozní TrfP – úplný návrh [19 str. 25] – přepracováno	42
28 - Morfologická matice se zobrazením třech variant (1/2).....	44
29 – Morfologická matice se zobrazením třech variant (2/2)	45
30 – Q-C diagram orgánové struktury TS	47
31 – Tlaková a středová část – spodní plocha.....	49
32 – Tlaková a středová část – spodní plocha.....	49
33 – Modul otočného čepu 10Ev, 10Ev2	50

34 – Modul otočného čepu „NIM“	50
35 – Detail modulu otočného čepu "NIM" – návrh spojení se společnou částí	50
36 – Modul rozvodů vzduchu 10Ev a 10Ev2	50
37 – Modul příčných tlumičů 10Ev, 10Ev2	51
38 – Modul příčných tlumičů „NIM“	51
39 – Modul podélných tlumičů 10Ev	51
40 – Modul podélných tlumičů 10Ev2	51
41 – Modul podélných tlumičů „NIM“	51
42 – Modul svislých tlumičů 10Ev	52
43 – Modul svislých tlumičů 10Ev2	52
44 – Modul svislých tlumičů „NIM“	52
45 – Modul torzních stabilizátorů 10Ev, 10Ev2	52
46 – Připojení torzních stabilizátorů „NIM“	52
47 – Připojení pneum. měchů 10Ev, 10Ev2	53
48 – Modul pneum. měchů "NIM"	53
49 – Modul příčných náražek 10Ev	53
50 – Připojení příčných náražek 10Ev2	53
51 – Připojení příčných náražek "NIM"	53
52 – Modul spojení podvozku se skříní vozidla "NIM"	54
53 – Modul redukce pro "NIM"	54
54 – Celkový pohled na navrženou hrubou stavební strukturu (se zástavbou) pro modulární traverzu v uspořádání pro 10Ev	54
55 – Celkový pohled na navrženou hrubou stavební strukturu (se zástavbou) pro modulární traverzu v uspořádání pro 10Ev2	55
56 – Celkový pohled na navrženou hrubou stavební strukturu (se zástavbou) pro modulární traverzu v uspořádání pro „NIM“	55
57 – Modulární traverza pro 10Ev – úplná stavební struktura – pohled 1	56
58 – Modulární traverza pro 10Ev – úplná stavební struktura – pohled 2	57
59 – Modulární traverza pro 10Ev – úplná stavební struktura – pohled 3	57
60 – Modulární traverza pro 10Ev2 – úplná stavební struktura – pohled 1	57
61 - Modulární traverza pro 10Ev2 – úplná stavební struktura – pohled 2	58
62 – Modulární traverza pro 10Ev2 – úplná stavební struktura – pohled 3	58
63 – Modulární traverza pro "NIM" – úplná stavební struktura – pohled 1	58
64 – Modulární traverza pro "NIM" – úplná stavební struktura – pohled 2	59
65 – Modulární traverza pro "NIM" – úplná stavební struktura – pohled 3	59

66 – Společná část – úplná stavební struktura 1	60
67 – Společná část – úplná stavební struktura 2	60
68 – Společná část – úplná stavební struktura 3	60
69 – Společná část – úplná stavební struktura 4	60
70 – Modul otočného čepu 10Ev, 10Ev2 – úplná stavební struktura	61
71 – Modul otočného čepu "NIM" – úplná stavební struktura	61
72 – Modul rozvodů vzduchu 10Ev, 10Ev2 – úplná stavební struktura	62
73 – Modul příčných tlumičů 10Ev a 10Ev2 – úplná stavební struktura	62
74 – Modul příčných tlumičů „NIM“ – úplná stavební struktura	62
75 – Modul podélných tlumičů 10Ev – úplná stavební struktura	63
76 – Modul podélných tlumičů 10Ev2 – úplná stavební struktura	63
77 – Modul podélných tlumičů "NIM" – úplná stavební struktura	63
78 – Modul svislých tlumičů 10Ev – úplná stavební struktura	64
79 – Modul svislých tlumičů "NIM" – úplná stavební struktura	64
80 – Modul svislých tlumičů 10Ev2 – úplná stavební struktura	64
81 – Modul torzních stabilizátorů "NIM" – úplná stavební struktura	65
82 – Modul pneumatických měchů "NIM" – úplná stavební struktura 1	65
83 – Modul pneumatických měchů "NIM" – úplná stavební struktura 2	65
84 – Modul příčných nárážek 10Ev – úplná stavební struktura	66
85 – Modul spojení podvozku se skříní vozidla 10Ev a 10Ev2 – úplná stavební struktura	67
86 – Modul spojení podvozku se skříní vozidla "NIM" – úplná stavební struktura	67
87 – Souřadný systém [5] – upraveno a doplněno o popisky	68
88 – Ukázka modelu svarů 1	72
89 – Ukázka modelu svarů 2	72
90 – MKP výpočet traverzy – detail sítě	73
91 – MKP výpočet traverzy – ukázka zatížení a fixování modelu	73
92 – Nejvíce namáhaná místa modulární traverzy "NIM"	73
93 – Rozměry traverzy pro 10Ev ve vztahu ke kinematickému obrysu GI2	74
94 – Rozměry traverzy pro 10Ev2 ve vztahu ke kinematickému obrysu GI2	75
95 – Rozměry traverzy pro „NIM“ ve vztahu ke kinematickému obrysu GI2	75
96 – Aplikované síly a fixace na model traverzy 1	81
97 – Aplikované síly a fixace na model traverzy 2	82
98 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 1	82
99 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 2	83

100 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 3	83
101 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 4	84
102 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 5	84
103 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 6	85
104 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 7	85
105 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 8	86
106 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 9	86
107 – Výsledky MKP analýzy – posuvy (maximum 4,7 mm) 1	87
108 – Výsledky MKP analýzy – posuvy (maximum 4,7 mm) 2.....	87

Seznam tabulek

Tabulka 1 – SIEMENS SF 5000 E TDG – technické údaje [1 str. 54].....	23
Tabulka 2 – ALSTOM CL 347 – technické údaje [2 str. 22].....	24
Tabulka 3 – BOMBARDIER FLEXX LOAD – technické údaje [3]	25
Tabulka 4 – Trakční podvozek jednotky STADLER FLIRT ř. 480 – technické údaje [4].....	25
Tabulka 5 – Trakční podvozek jednotky ŠKODA 10Ev řady 660 – technické údaje [5].....	29
Tabulka 6 – Běžný podvozek jednotky ŠKODA 10Ev řady 660 – technické údaje [5].....	29
Tabulka 7 – Trakční podvozek jednotky ŠKODA 10Ev2 – technické údaje [5].....	31
Tabulka 8 – Běžný podvozek jednotky ŠKODA 10Ev2 – technické údaje [5].....	31
Tabulka 9 – Podvozek soupravy projektu ŠKODA „NIM EXPRESS“ – technické údaje [5]	32
Tabulka 10 – Specifikace požadavků na TS s váženým hodnocením stávajících TS dle VDI 39	
Tabulka 11 – Hlavní transformační funkce TS včetně asistujících funkcí	43
Tabulka 12 – Zjednodušené hodnocení Q-C orgánové struktury TS (1/2).....	46
Tabulka 13 – Zjednodušené hodnocení Q-C orgánové struktury TS (2/2).....	47
Tabulka 14 – Charakteristika vybraných parametrů společné části (1/2)	60
Tabulka 15 – Charakteristika vybraných parametrů společné části (2/2)	61
Tabulka 16 – Charakteristika vybraných parametrů modulu otočného čepu.....	61
Tabulka 17 – Charakteristika vybraných parametrů modulu rozvodů vzduchu	62
Tabulka 18 – Charakteristika vybraných parametrů modulu příčných tlumičů.....	63
Tabulka 19 – Charakteristika vybraných parametrů modulu podélných tlumičů	64
Tabulka 20 – Charakteristika vybraných parametrů modulu svislých tlumičů.....	64
Tabulka 21 – Charakteristika vybraných parametrů modulu torzních stabilizátorů	65
Tabulka 22 – Charakteristika vybraných parametrů modulu pneumatických měchů.....	66
Tabulka 23 – Charakteristika vybraných parametrů modulu příčných narážek.....	66

Tabulka 24 – Charakteristika vybraných parametrů modulu spojení podvozku se skříní vozidla.....	67
Tabulka 25 – Parametry připojení jednotlivých modulů – návrh.....	71
Tabulka 26 – Výsledky výpočtů šroubových spojení na základě návrhu parametrů.....	71
Tabulka 27 – Parametry připojení jednotlivých modulů – optimalizace.....	72
Tabulka 28 – Výsledky výpočtů šroubových spojení na základě optimalizovaných parametrů.....	72
Tabulka 29 – Hodnocení TS modulární traverza.....	92

Přehled použitých zkratk a symbolů

3D CAD software	...	program určený pro trojrozměrnou počítačovou podporu konstruování
135 – MAG	...	metoda svařování tavící se elektrodou v aktivní ochranné atmosféře
akt. & reakt.	...	aktivní & reaktivní
a. s.	...	akciová společnost
α, β	[-]	součinitelé kolébání a odrazů dle normy ČSN EN 13749
C	...	predikovaná ekonomická nákladovost TS
c_{dyn}	[-]	dynamický koeficient střídavého zatížení
CL 1	...	certifikační úroveň svařování dle EN 15085
CP C2	...	třída provedení svaru dle EN 15085
$d_{1\varepsilon}$	[mm]	hlavní průměr otočného čepu
$d_{2\varepsilon}$	[mm]	průměr čepu spojení podvozku se skříní
DE2	...	vztažná linie obrysu dle ČSN EN 15273-2
$d_{šmin}, d_{čmin}$	[m]	minimální průměr šroubu / čepu
E	...	energie, síly (vstupující do TrfP)
EDS	...	Engineering Design Science – Konstrukční nauka
f	[-]	součinitel tření stykových ploch spojovaných součástí
flexi-coil pružina	...	vinutá pružina určená k využití její svislé i příčné poddajnosti
F_{o1}, F_{o2}, F_{o3}	[kN]	zatížení od viskózních tlumičů
F_{PP}	[kN]	předepínací síla při utažení šroubu
$F_{šdyn}, F_{čdyn}$	[kN]	dynamické provozní zatížení šroubu / čepu
$F_{šo}, F_{šk}$	[kN]	osová / kolmá síla působící na šrouby
F_x, F_y, F_z	[kN, MN]	výjimečná statická zatížení ve směrech indexů
F_{yt}	[kN]	příčné síly zachycení torzními stabilizátory
F_{zs}	[kN]	kvazistatické a dynamické svislé síly použité při výpočtu zatížení od torních stabilizátorů
F_{zt1}, F_{zt2}	[kN]	zatížení ve vertikálním směru od torzních stabilizátorů
g	[m.s ⁻²]	tíhové zrychlení
GI2	...	vztažná linie obrysu dle ČSN EN 15273-2
γ	[°]	uvažovaná maximální boční výchylka skříně
I	...	řídící informace (vstupující do TrfP)

$l_{1\check{c}}$	[mm]	...	délka otočného čepu (vzdálenost mezi horní plochou traverzy v místě otočného čepu a nejnižší částí čepu)
$l_{2\check{c}}$	[mm]	...	délka čepu spojení podvozku se skříní
M		...	pomocný materiál (vstupující do TrfP)
$m_{10Ev}, m_{10Ev}, m^{“NIM“}$	[kg]	...	předběžně stanovené hmotnosti jednotlivých modifikací modulárních traverz
manaž.		...	manažerský
mech.		...	mechanické
MKP		...	metoda konečných prvků
m_k	[kg]	...	konstrukční hmotnost skříně vozidla v provozním stavu na jeden podvozek
m_u	[kg]	...	hmotnost výjimečného užitečného zatížení na jeden podvozek
Nord-Lock		...	dvojice zajišťovacích podložek fungujících na principu vyvození napětí od klínového efektu
$n_{\check{s}}, n_{\check{c}}$...	počet šroubů / čepů ve spojení
OMPK		...	obecný model postupu konstruování
operand		...	prvek (objekt) transformačního procesu
p_1	[MPa]	...	zkušební tlak pneumatického vypružení
pneum.		...	pneumatické
Q		...	predikovaná kvalita TS
R_m	[MPa]	...	mez pevnosti materiálu
ρ_o	[kg.m ⁻³]	...	průměrná hustota oceli
S_2	[-]	...	bezpečnostní součinitel vůči mezi pevnosti R_m
σ_c	[MPa]	...	zjištěné napětí (Von Misesovo) při MKP analýze
$\sigma_{D\check{s}/\check{c}}$	[MPa]	...	dovolené napětí v tahu / tlaku pro šroub / čep
s_f	[-]	...	koeficient bezpečnosti vůči součiniteli f
Sp		...	prostor (vstupující do TrfP)
$\sigma_{\check{s}max}, \sigma_{\check{c}max}$	[MPa]	...	vypočtené maximální napětí ve šroubu / čepu
$S_{\check{s}min}, S_{\check{c}min}$	[m ²]	...	obsah minimálního průřezu šroubu / čepu
$\tau_{D\check{s}/\check{c}}$	[MPa]	...	dovolené smykové napětí pro šroub / čep
TrfP		...	transformační proces
TS		...	technický systém
U	[-]	...	bezrozměrná veličina využití zatěžovaného prvku
var.		...	varianta
VDI		...	metodika hodnocení plnění požadavků na TS
x		...	horizontální směr rovnoběžný s podélnou osou kolejnice
y		...	horizontální směr kolmý k podélné ose kolejnice
z		...	vertikální směr

Úvod

Cestovat komfortně, rychle a bezpečně – přání téměř veškeré současné populace napříč generacemi. Podstatnou mírou se na plnění této bezmála každodenní součásti života podílí kolejová vozidla.

Ať už se jedná o mezinárodní, vnitrostátní nebo regionální (příměstské) soupravy či jednotky, na které jsou kladeny rozdílné požadavky (limitovány příslušnými normami), nebo třeba městská kolejová vozidla (tramvaje, vozidla metra a další), určují jejich úspěšnost především lidé, cestující. Čím výhodnější a příjemnější bude jejich cestování, tím rychleji jich bude přibývat.

Nejtěžším a zároveň tím nejpodstatnějším úkolem pro současný vývoj kolejových vozidel je přesvědčit cestující, aby upřednostnili před jinými (osobními) dopravními prostředky právě ty hromadné, navržené přesně podle jejich potřeb, šetřící vysokou měrou životní prostředí a také při vhodných podmínkách čas. Nemalý podíl na těchto preferencích zaujímá samozřejmě odpočívající infrastruktura a schopnosti přepravních společností.

Kořeny úspěchu ale sahají hlouběji – a to do samotného návrhu a vývoje komplexního technického systému založeného na hlubokých zkušenostech v kombinaci s inovativním myšlením odrážejícím současné a budoucí požadavky, to vše s ohledem na technickou dokonalost, zároveň i jednoduchost a ekonomickou dostupnost. Právě spojením těchto faktorů vznikají v současnosti také modulární stavby využívající jeden konstrukční základ nebo seskupení s možností více či méně jednoduchého variabilního nastavení (modifikace) pro konkrétní vozidlo.

Tato práce přispěje k další fázi vývoje kolejových vozidel – řešení modulární stavby jednoho z nejdůležitějších komponent ovlivňující zásadním způsobem mnoho vlastností kolejového vozidla – podvozku – konkrétně traverzy (hlavního příčnicku). Řešení proběhne v návaznosti na dosavadní vývoj a stavbu podvozků společnosti ŠKODA TRANSPORTATION, a. s.

V textu práce je nejprve uvedena analýza současných podvozků světové produkce pro elektrické jednotky – právě tato skupina kolejových vozidel společnosti ŠKODA a některé odvozené produkty používají v pojezdovém ústrojí traverzu. Práce se dále zaměří již podrobněji na podvozky s použitím traverzy pro vozidla ŠKODA. Následuje průvodní text týkající se modulární stavby. Samotnému konstrukčnímu návrhu modulární traverzy předejde rozbor vhodnosti a především rozsahu modulární koncepce. Vznikne několik variant koncepčních řešení, ze kterých bude vybráno na základě systematického zhodnocení ta nejvhodnější. Celý proces konstrukce využije základní pilíře systematického konstruování dle EDS (Konstrukční nauka). Návrh bude podporován a zároveň kontrolován výpočty se zohledněním norem ČSN EN 13749, ČSN EN 12663-1+A1, EN 15663 a DVS 1612.

Diplomovou práci uzavře zhodnocení a posouzení konstrukčního návrhu s uvažováním předpokládaných přínosů a potenciálu využitelnosti i nevýhod a možných rizik, konečně pak práci doplní výkresy zvoleného konstrukčního řešení (výkres detailu, sestavy doplněné o kusovník a výkres spojení s různými zástavbovými variantami).

Tato práce by se pokud možno měla stát přinejmenším přínosným materiálem pro další výzkum a vývoj v oblasti kolejových vozidel, kde zaujme svým obsahem širokou i odbornou veřejnost, poslouží k dalším technicko-ekonomickým inovacím a nabídne východisko pro stále komfortnější a kvalitnější produkty.

1 Analýza současných podvozků pro elektrické jednotky

1.1 Trakční jednotky – obecně

Tento druh kolejového vozidla patří mezi **hnací vozidla** (tzn. vyvíjející samostatně tažnou sílu). Z hlediska typu trakce se zmiňovaná kategorie rozděluje na:

- motorové jednotky – zdrojem tažné síly je spalovací motor, zdrojem energie je palivo (v palivové nádrži), tedy trakce je nezávislá
- elektrické jednotky – zdrojem tažné síly je elektromotor, zdrojem energie je el. proud (ve vodičích trolejového vedení, výjimečně a na omezené vzdálenosti baterie nebo ultrakapacity), tedy trakce je závislá (ve většině případů)

Z hlediska provozního určení lze rozlišovat mezi jednotkami pro:

- regionální dopravu (menší kapacita, rychlý rozjezd a zastavení, často nízkopodlažní)
- příměstskou dopravu (vyšší kapacita – převážně dvoupodlažní)
- dálkovou dopravu (vyšší kapacita, delší přepravní vzdálenosti, mezinárodní nebo vnitrostátní, často vysokorychlostní)

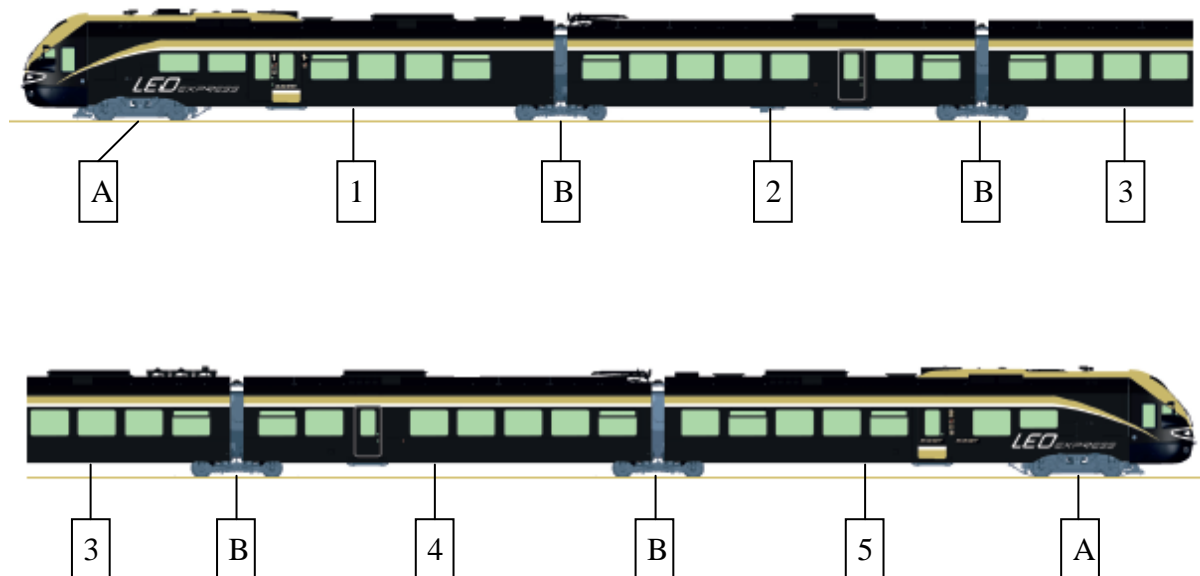


1 – Elektrická jednotka pro regionální dopravu ŠKODA 7Ev řady 640 [8]

Hlavním typovým rysem jednotky je především sestavení z:

- variabilního počtu vložených motorových (hnacích) vozů
- variabilního počtu vložených nemotorových vozů
- jednoho nebo dvou řídících vozů (hnacích nebo nemotorových)
- a případně jednoho koncového vozu (hnacího či nemotorového), pokud je jednotka jednosměrná (řídící vůz pouze jeden)

Trakční jednotka je však většinou konstruována s výhodou jako obousměrná, tedy na každém konci se nachází řídící vůz. Sestavená jednotka je jako celek konstrukčně ucelená – tedy v běžném provozu nedělitelná, pohlíží se na ni jako na jedno vozidlo s jedním identifikačním označením. Na následující straně je pro názornost naznačeno schéma uspořádání příměstské jednotky FLIRT řady 480 společnosti Stadler Rail Group.



2 – STADLER FLIRT řady 480 [4] – upraveno a doplněno o popisky

Legenda:

- A – podvozek trakční
- B – podvozek běžný
- 1 – řídicí vůz 1 (prémiový oddíl)
- 2 – vložený nemotorový vůz (1. třída)
- 3 – vložený nemotorový vůz (2. třída)
- 4 – vložený nemotorový vůz (2. třída)
- 5 – řídicí vůz 2 (2. třída)

Ze schématu vyplývá, že se jedná o elektrickou jednotku obousměrnou, s uspořádáním dvojkolí $B_0' 2' 2' 2' 2' B_0'$ (všechny podvozky se dvěma dvojkolými, krajní podvozky obě dvojkolí trakční, ostatní podvozky všechna dvojkolí běžná).

Pro jednotky jsou charakteristické následující koncepce:

- **článekové vozidlo** – vozidlo sestává z několika skříní, každá disponuje samostatným pojezdem, tedy je schopna nezávislé existence a jízdy po koleji, jednotlivé články spřaženy spojením tzv. nakrátko – v běžném provozu nerozebíratelné spojení, které zvyšuje účinnou délku vozidla (oproti klasickému tažnému a narážecímu ústrojí), příklad viz obr. 1 (ŠKODA 7Ev řady 640)
- **kloubové vozidlo** – vozidlo se skládá ze skříní spojených navzájem kloubem nad společným podvozkem (Jakobsův podvozek), v běžném provozu toto spojení nelze jednoduše rozpojit, skříně nelze užívat nezávisle, tímto se za cenu omezení variability užitečných parametrů vozidla docílí mimo jiné snížení hmotnosti (nižší počet podvozků) a také zvýšení prostoru pro nízkou podlahu a cestující na krajních částech skříně, na druhou stranu je třeba počítat se skutečností, že celou skříň nese ve své podstatě pouze jeden podvozek – z toho plyne vyšší nápravové zatížení a tedy omezená hmotnost a tím i délka (popř. výška) skříně v porovnání s článkovým vozidlem, příklad viz obr. 2 (STADLER FLIRT řady 480)

Znakové vlastnosti jednotek vyplývají především z jejich konkrétního určení (přepravní vzdálenost a kapacita, provozní lokalita), společnými vlastnostmi bývají především:

- vysoká míra komfortu pro cestující a s tím související:
 - příjemný vnější a vnitřní vzhled a osvětlení
 - pohodlná sedadla, dostatek prostoru v interiéru, odpovídající počet nástupních prostor (dle přepravních vzdáleností)
 - nízká hlučnost, vyspělá a účinná telematika
 - sociální zařízení, dostatek úložných prostor (zavazadla, kola)
 - vhodně dimenzovaná vzduchotechnika, klimatizace
 - konstrukční oddíly pro invalidy a rodiče s dětmi, s tím související vysoký podíl nízkopodlažnosti, případně vybavenost nájezdovou plošinou pro invalidy apod.
- vysoká přepravní rychlost (dle možnosti tratí), velké zrychlení a naopak výkonná brzdová soustava – pro rychlý příjezd a naopak opuštění stanice
- dobré jízdní vlastnosti – šetrnost provozu k trati, cestujícím, životnímu prostředí
- lehká stavba skříní (často aplikovány lehké kovy a kompozity při stavbě, případně vysokopevnostní ocel)
- krátké sřažení jednotlivých článků nebo kloubové spojení – zkrácení nevyužité délky jednotky, zvýšení podílu nákladu na celkové hmotnosti vozidla

Další text práce se zaměří pouze na elektrické jednotky a odvozené produkty, pro potřeby konstrukce modulární traverzy konkrétně na pojezdovou část těchto produktů.

1.2 Současné podvozky pro elektrické jednotky

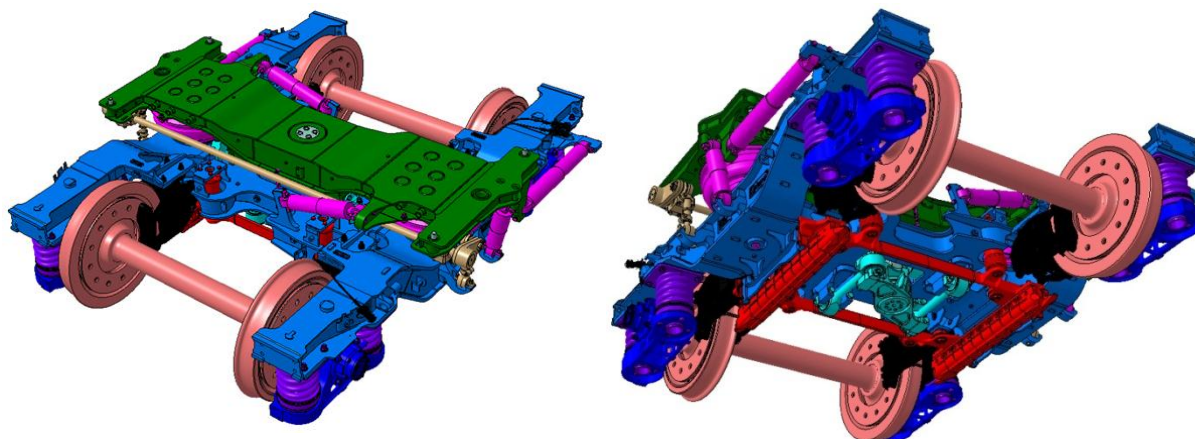
Pojezd elektrických jednotek tvoří v současnosti téměř výhradně podvozky, tedy několik samostatných rámců, které jsou uloženy otočně mezi spodkem vozidla a kolejí, a vzhledem ke spodku mají definovanou pohyblivost. Na elektrických jednotkách se ve většině případů používá obou dvou typů podvozků a to v různém poměru dle dynamických požadavků:

- **běžné** (pod vozy nemotorovými)
- **trakční** (pod vozy trakčními – motorovými)

Časté bývá taktéž užití podvozků typu Jakobs, které se vyznačují svým umístěním pod přechodovou částí mezi dvěma vozy (u kloubové jednotky).

1.2.1 Běžné podvozky pro elektrické jednotky

Pro vizualizaci základních komponent běžného podvozku pro elektrickou jednotku a jejich umístění lze vybrat např. běžný podvozek elektrické jednotky ŠKODA 10Ev řady 660 – na obrázku 3.



3 – Běžný podvozek ŠKODA 10Ev řady 660 [5]

Barevně rozlišené hlavní skupiny jsou:

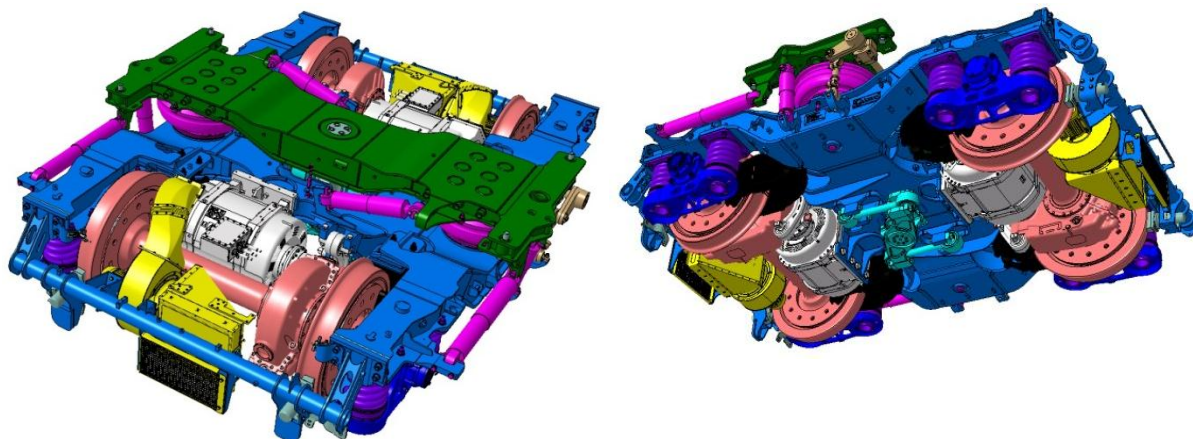
	rám podvozku		kotoučová brzda
	dvojkolí		vedení dvojkolí
	primární vypružení		přenos podélných sil
	sekundární vypružení s tlumiči		traverza (příčník), pomocný vzduchojem
	torzní stabilizátor kolébání		kolejnicová brzda

Konstrukce běžných podvozků pro elektrické jednotky vychází z podvozků pro osobní vozy. Hlavními konstrukčními rysy těchto podvozků jsou především:

- výhradní použití obou stupňů vypružení
 - primární vypružení – vyskytují se téměř všechny druhy (nejčastěji vinuté pružiny, také pryžokovové elementy, výjimečně pneumatické pružiny), hydraulické tlumiče
 - sekundární vypružení – téměř vždy užívány vzduchové měchy, užití hydraulických tlumičů
- rám podvozku:
 - vnější, většinou otevřený tvaru H – často složený ze dvou podélníků a jednoho nebo dvou příčníků
 - svařovaný z ocelových plechů – užity skříňové průřezy, trubkové profily
 - ve středové části rám ponížěn z důvodu uložení skříně vozidla a dodržení co nejnižší možné výšky podlahy i nad podvozky
- průměr dvojkolí závislý na požadavku nízkopodlažnosti v kombinaci s požadovanou konstrukční rychlostí a průjezdem oblouku – vnitrostátní a mezinárodní jednotky více než 900 mm, regionální a příměstská vozidla obvykle méně než 900 mm
- použití kotoučové brzdy často v kombinaci s brzdou kolejnicovou
- vedení nápravového ložiska zajištěno nejčastěji kyvným ramenem, vodícími čepy, případně pryžokovovými elementy

1.2.2 Trakční podvozky pro elektrické jednotky

Pro vizualizaci základních komponent trakčního podvozku pro elektrickou jednotku a jejich umístění lze vybrat např. trakční podvozek elektrické jednotky ŠKODA 10Ev řady 660.



4 – Trakční podvozek ŠKODA 10Ev řady 660 [5]

Oproti běžnému podvozku chybí kolejnicová brzda a naopak přibývají tyto komponenty:

- trakční motory
- chlazení trakčních motorů
- dvojkolí s převodovkou

Konstrukce trakčních podvozků pro elektrické jednotky musí splňovat několik protichůdných požadavků, jakými jsou především:

- vysoká kvalita chodu – maximální komfort pro cestující
- požadavek nízké podlahy
- vysokorychlostní provoz (pokud je požadováno)
- vlastní pohon, co nejnižší hmotnost

Při návrhu podvozků musí být tedy sloučeny konstrukční prvky podvozků hnacích vozidel s podvozky pro osobní vozy, při postupném vývoji od mnoha různých výrobců lze pozorovat některé shodné základní rysy konstrukcí:

- užití výhradně obou stupňů vypružení
 - primární vypružení – vyskytují se téměř všechny druhy (nejčastěji vinuté pružiny – často flexi-coil, pryžokovové elementy, výjimečně pneumatické pružiny), hydraulické tlumiče
 - sekundární vypružení – téměř vždy užívány vzduchové měchy, užití hydraulických tlumičů
- rám podvozku:
 - vnější, uzavřený nebo otevřený
 - svařovaný z ocelových plechů – užity skříňové průřezy, trubkové profily
 - ve středové části rám ponížen z důvodu uložení skříně vozidla a dodržení co nejnižší možné výšky podlahy i nad podvozky
- průměr dvojkolí závislý na požadavku nízkopodlažnosti v kombinaci s požadovanou konstrukční rychlostí a průjezdem oblouku – vnitrostátní a mezinárodní jednotky více než 900 mm, regionální a příměstská vozidla obvykle méně než 900 mm
- použití kotoučové brzdy často v kombinaci s brzdou kolejnicovou
- vedení nápravového ložiska zajišťováno ojníčkou se silentbloky, kyvným ramenem, případně vodícími čepy
- trakční jednotka zcela vypružená, přenos točivého momentu často dutou hřídelí s ojníčkovým mechanismem nebo případně pružnou spojkou

1.2.3 Podvozek typu Jakobs



5 – SIEMENS SF 5000 E JTDG [1 str. 56]

Výše je vidět příklad podvozku typu Jakobs výrobce SIEMENS AG určeného pro jednotky do rychlosti $200 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. V horní části podvozku na sekundárním pneumatickém vypružení spočívají desky s čepy, na kterých jsou uloženy spodky skříní sousedících vozů. Primární vypružení je zajištěno pružinami v kombinaci s pryžovými elementy a paralelním hydraulickým tlumičem, sekundární vypružení tvoří vzduchové měchy. Podélné síly přenáší tažně-tlačná tyč. Pokud je podvozek trakční, v jeho střední části je umístěn na pryžových elementech motor, točivý moment je pak přenášen částečně vypruženou převodovkou s pružnou spojkou.

1.3 Podvozky pro elektrické jednotky s použitím traverzy

Realizace spojení podvozku vozidla se skříní opět závisí na tom, zda se jedná o podvozek běžný nebo trakční. Toto spojení musí zajistit především následující úlohy:

- přenos sil:
 - svislých
 - příčných (u trakčního podvozku v obou směrech)
 - podélných
- rovnoměrné zatížení kol podvozku
- volnost pro relativní pohyby oproti skříní (zejména natáčení, v oblouku, a klopení, při projíždění výškových nerovností)

Jako sekundární vypružení je užíváno u elektrických jednotek téměř výhradně vzduchových měchů. Hlavním důvodem je především možnost udržování stálé výšky skříně a možnost reakce na aktuální zatížení vozu, a to včetně nerovnoměrného zatížení. Za touto snahou stojí právě požadavek komfortu pro cestující, ať už jízdí, tak i nástupní – s ohledem na nízkopodlažnost a osoby se sníženou pohyblivostí.

Právě oblast spojení pneumatických měchů sekundárního vypružení a spodku skříně je hlavním předmětem této diplomové práce. Je užíváno několik konstrukčních provedení tohoto spojení, které jsou dále blíže specifikovány.

1. Spojení pomocí samostatných desek (na každém měchu jedna) s čepy a jištění šrouby – např. podvozek ALSTOM CL 541 (obr. 6). Výhodou je jednoduchost konstrukce, která navíc usnadňuje nízkopodlažní provedení, nízká hmotnost, ale horší jízdní vlastnosti – stabilita, a také náročnější proces vyvazování a údržby.
2. Spojení pomocí samostatných desek s funkcí pomocného vzduchojemu (na každém měchu jedna), čepů a jištění šrouby – např. podvozek SIEMENS SF 4000 JLDG (obr. 7). Konstrukce je komplikovanější, dochází k nárůstu hmotnosti, ale zajišťuje současně více funkcí – funguje také jako pomocný vzduchojem pneumatického vypružení a je vybavený integrovanými konzolami pro připojení hydraulických tlumičů.
3. Spojení pomocí traverzy (pomocného vzduchojemu, jedna celistvá pro oba měchy) – např. podvozek SIEMENS SF 5000 E TDG. Na obr. 8 je vidět traverza, která slouží jako rozhraní mezi spodkem skříně a podvozkem, navíc vzhledem k celistvosti usnadňuje montáž a následné servisní úkony, zaujímá dále funkci pomocného vzduchojemu pro pneumatické vypružení a přispívá k lepší stabilitě podvozku. Nevýhodou je vyšší hmotnost podvozku a také větší prostorová náročnost.



6 – ALSTOM CL 541 – detail sekundárního vypružení [2 str. 21]



7 – SIEMENS SF 4000 JLDG – detail sekundárního vypružení [1 str. 52]



8 – SIEMENS SF 5000 E TDG – detail sekundárního vypružení [1 str. 54]

Práce se bude dále zabývat pouze podvozky využívající princip spojení uvedeného v bodu 3, následující kapitoly v krátkosti blíže představí čtveřici vybraných zástupců podvozků s traverzami světových výrobců kolejových vozidel.

1.3.1 Trakční / běžný podvozek SIEMENS SF 5000 E TDG

Tento podvozek je určený variabilně pro trakční i nemotorové vozy elektrických jednotek do rychlosti $200 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Rám podvozku je svařovaný, otevřený tvaru H, s poníženou středovou částí. Vedení ložiskové skříně dvojkolí je zajištěno kyvným ramenem. Primární vypružení je

realizováno šroubovitými pružinami v součinnosti s hydraulickým tlumičem svislých kmitů. Veškeré podélné síly jsou přenášeny tažně-tlačnou tyčí. Sekundární vypružení je vytvořeno vzduchovými měchy se systémem regulace výšky pro kompenzaci proměnného zatížení. Dvojice stabilizátorů redukuje kolébání skříně. V případě trakčního podvozku je v jeho střední



9 – SIEMENS SF 5000 E TDG [1 str. 54]

10 – SIEMENS DESIRO EMG 312 [9]

části umístěn na pryžových elementech motor, točivý moment je pak přenášen částečně vypruženou převodovkou s pružnou spojkou. Dvojice stabilizátorů redukuje kolébání skříně. Brzdění zajišťují kotoučové brzdy na deskách kol. Skříň vozidla spočívá čtyřbodově na pomocné traverze, která plní zároveň funkci pomocného vzduchojemu. Podvozek je použit např. v případě elektrické jednotky SIEMENS DESIRO EMG 312 pro Slovinsko.

Rozvor podvozku [mm]	2600
Rozchod (2 varianty) [mm]	1435 / 1600
Průměr kol (nová / opotřebená) [mm]	850 / 770
Min. projížděný rádius [m]	150
Celková hmotnost (trakční / nemot.) [t]	9,2 / 6,8
Max. osové zatížení [t]	18,5
Výkon / dvojkolí [kW]	250
Max. provozní rychlost [km.h⁻¹]	200

Tabulka 1 – SIEMENS SF 5000 E TDG – technické údaje [1 str. 54]

1.3.2 Trakční / běžný podvozek ALSTOM CL 347

Podvozek je určen variabilně pro trakční i nemotorové vozy nízkopodlažních elektrických jednotek do rychlosti 200 km.h⁻¹. Rám podvozku je taktéž svařovaný, otevřený tvaru H, s poníženou středovou částí. Vedení ložiskové skříně dvojkolí je zajištěno svislými čepy. Primární vypružení je realizováno šroubovitými pružinami v součinnosti s hydraulickým tlumičem svislých kmitů. Sekundární vypružení je vytvořeno vzduchovými měchy se systémem regulace výšky pro kompenzaci proměnného zatížení. Brzdění zajišťují kotoučové brzdy jak na deskách kol, tak na hřídeli dvojkolí, případně jsou doplněny kolejnicovými brzdami u motorového podvozku. Skříň vozidla pak spočívá na pomocné traverze, která plní zároveň funkci pomocného vzduchojemu. Podvozek je použit např. v případě elektrické jednotky ALSTOM CORADIA DUPLEX 211.



11 – ALSTOM CL 347 [2 str. 22]



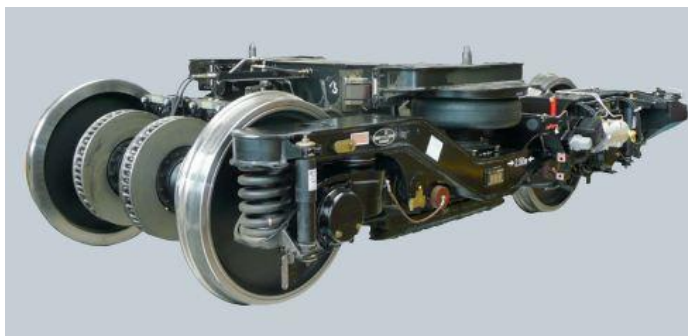
12 – ALSTOM CORADIA DUPLEX 211 [10]

Rozvor podvozku [mm]	2500
Rozchod [mm]	1435
Průměr kol (nová / opotřebená) [mm]	920 / 850
Celková hmotnost (trakční / nemot.) [t]	12,5 / 9,4
Max. osově zatížení [t]	22,5
Výkon / dvojkolí [kW]	400
Max. provozní rychlost [km.h⁻¹]	200

Tabulka 2 – ALSTOM CL 347 – technické údaje [2 str. 22]

1.3.3 Běžný podvozek BOMBARDIER FLEXX LOAD

Tento podvozek je určený pro nemotorové vozy dvoupodlažních elektrických jednotek do rychlosti 200 km.h⁻¹. Rám podvozku je svařovaný, otevřený tvaru H, s poníženou středovou částí. Vedení ložiskové skříně dvojkolí je zajištěno kyvným ramenem. Primární vypružení je



13 – BOMBARDIER FLEXX LOAD [3]



14 – BOMBARDIER Double-Deck coach DB AG [11]

realizováno šroubovitými pružinami v součinnosti s hydraulickým tlumičem svislých kmitů. Přenos podélných sil je realizován skrze otočný čep. Sekundární vypružení je vytvořeno vzduchovými měchy se systémem regulace výšky pro kompenzaci proměnného zatížení. Brzdění zajišťují tři kotoučové brzdy na každé hřídeli. Skříň vozidla pak spočívá na pomocné traverze, která plní zároveň funkci pomocného vzduchojemu. Podvozek je použit např. v případě elektrické jednotky BOMBARDIER Double-deck coach pro Deutsche Bahn.

Rozvor podvozku [mm]	2500
Rozchod [mm]	1435
Průměr kol (nová / opotřebená) [mm]	920 / 860
Celková hmotnost [t]	6,9
Max. osově zatížení [t]	20
Max. provozní rychlost [km.h⁻¹]	200

Tabulka 3 – BOMBARDIER FLEXX LOAD – technické údaje [3]

1.3.4 Trakční podvozek regionální jednotky STADLER FLIRT řady 480

Poslední ze zástupců podvozků světových výrobců je určený pro trakční vozy regionálních jednopodlažních jednotek do rychlosti 160 km.h⁻¹. Rám podvozku je svařovaný, uzavřený, s poníženou středovou částí. Vedení ložiskové skříně dvojkolí je zajištěno kyvným ramenem.



15 – Trakční podvozek jednotky STADLER FLIRT ř. 480 [20]



16 – STADLER FLIRT ř. 480 [4 str. 1]

Primární vypružení je realizováno šroubovitými pružinami v součinnosti s hydraulickým tlumičem svislých kmitů. Přenos podélných sil je realizován skrze otočný čep. Sekundární vypružení je vytvořeno vzduchovými měchy se systémem regulace výšky pro kompenzaci proměnného zatížení. Brzdění zajišťují kotoučové brzdy na každé hřídeli. Skříň vozidla spočívá na pomocné traverze, která plní zároveň funkci pomocného vzduchojemu.

Rozvor podvozku [mm]	2700
Rozchod [mm]	1435
Průměr kol (nová) [mm]	870
Výkon / dvojkolí [kW]	650
Max. provozní rychlost [km.h⁻¹]	160

Tabulka 4 – Trakční podvozek jednotky STADLER FLIRT ř. 480 – technické údaje [4]

2 Podvozky s použitím traverzy pro jednotky ŠKODA

Současné portfolio elektrických jednotek ŠKODA tvoří:

- **ŠKODA 1Ev řady 471 (výroba od 2000)**
 - dvoupodlažní elektrická příměstská jednotka
 - dvouvozová nebo třívozová
 - uspořádání pojezdu: $B_0' B_0' (+ 2' 2') + 2' 2'$
 - použití pomocné traverzy pro spojení podvozku se skříní: **ne**
- **ŠKODA 5Ev řady 575 (výroba od 2008)**
 - dvoupodlažní elektrická příměstská jednotka
 - dvouvozová nebo třívozová
 - uspořádání pojezdu: $B_0' B_0' (+ 2' 2') + 2' 2'$
 - použití pomocné traverzy pro spojení podvozku se skříní: **ne**
- **ŠKODA 4Ev řady 671 (výroba od 2010)**
 - dvoupodlažní elektrická příměstská jednotka
 - dvouvozová nebo třívozová
 - uspořádání pojezdu: $B_0' B_0' (+ 2' 2') + 2' 2'$
 - použití pomocné traverzy pro spojení podvozku se skříní: **ne**
- **ŠKODA 8Ev řady 675 (výroba od 2012)**
 - dvoupodlažní elektrická regionální jednotka
 - šestivozová
 - uspořádání pojezdu: $B_0' B_0' + 2' 2' + 2' 2' + 2' 2' + 2' 2' + B_0' B_0'$
 - použití pomocné traverzy pro spojení podvozku se skříní: **ne**
- **ŠKODA 7Ev řady 640 (výroba od 2012)**
 - jednopodlažní elektrická regionální / příměstská jednotka
 - dvouvozová nebo třívozová
 - uspořádání pojezdu: $B_0' 2' (+ B_0' 2') + 2' B_0'$
 - použití pomocné traverzy pro spojení podvozku se skříní: **ano**
- **ŠKODA 10Ev řady 660 (výroba od 2015)**
 - jednopodlažní elektrická regionální / dálková jednotka
 - třívozová nebo pětivozová
 - uspořádání pojezdu: $B_0' 2' + B_0' 2' (+ 2' 2' + B_0' 2') + 2' B_0'$
 - použití pomocné traverzy pro spojení podvozku se skříní: **ano**
- **ŠKODA 10Ev2 (interní projekt, výroba prozatím nerealizována)**
 - jednopodlažní elektrická regionální / dálková jednotka
 - třívozová nebo pětivozová
 - uspořádání pojezdu: $B_0' 2' + B_0' 2' (+ 2' 2' + B_0' 2') + 2' B_0'$
 - použití pomocné traverzy pro spojení podvozku se skříní: **ano**

Z dvoupodlažních elektrických jednotek byly vyvinuty také vozy pro soupravy push-pull, a to následujícím způsobem (zjednodušeně):

- použit konstrukční základ dvoupodlažních elektrických jednotek
- všechny podvozky běžné, chybí trakční výzbroj – souprava určena k tažení / tlačení lokomotivou – umožněn obousměrný provoz soupravy
- řídicí vůz na jedné straně chybí, řízení soupravy umožněno z lokomotivy nebo řídicího vozu v závislosti na aktuálním směru jízdy

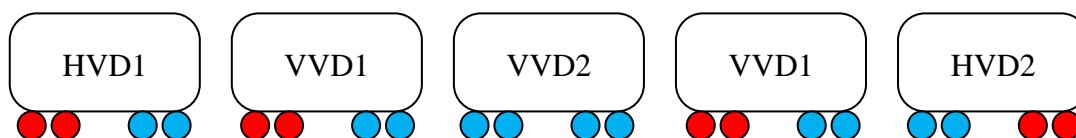
Realizace push-pull souprav:

- **ŠKODA řady 951 + dva vozy řady 051 (výroba od 2011)**
 - dvoupodlažní příměstské / regionální vozy
 - třívozová souprava
 - uspořádání pojezdu: všechny vozy 2' 2'
 - použití pomocné traverzy pro spojení podvozku se skříní: **ne**
- **ŠKODA „NIM EXPRESS“ (projekt pro Deutsche Bahn, výroba od 2016)**
 - dvoupodlažní regionální vozy
 - pětivozová souprava
 - uspořádání pojezdu: všechny vozy 2' 2'
 - použití pomocné traverzy pro spojení podvozku se skříní: **ano**

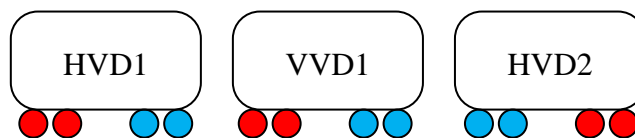
Podvozky jednotek a odvozených produktů, u kterých je užito pomocné traverzy pro spojení podvozku se skříní vozidla, budou dále blíže podrobněji představeny, uzlu sekundární vypružení a spojení podvozku se skříní vozidla bude věnována zvláštní pozornost.

2.1 Podvozky jednotky ŠKODA 10Ev řady 660

Provedení podvozků je v podstatných znacích totožné s podvozky jednotky 7Ev řady 640, charakteristiku podvozků lze tedy vztahovat na oba dva tyto typy. Rozmístění trakčních a běžných podvozků pro tuto jednotku zobrazuje následující schéma:



17 – Schéma rozmístění podvozků pro pětivozovou variantu ŠKODA 10Ev řady 660 [5]



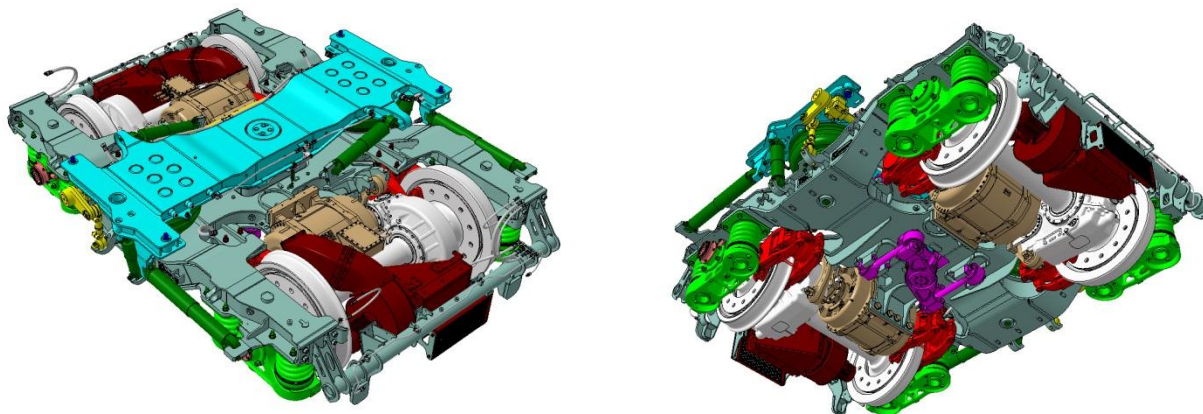
18 – Schéma rozmístění podvozků pro třívozovou variantu ŠKODA 10Ev řady 660 [5]

Legenda:

- HVD1 / HVD2 – čelní („hlavové“) vozy dálkové
- VVD1 / VVD2 – vložené vozy dálkové
- ●● – trakční podvozek
- ●● – běžný podvozek

2.1.1 Trakční podvozek (TP)

Na hnacím (trakčním) podvozku jsou obě dvojkolí hnací – koncepce pohonu B_0' . Jednotlivé trakční podvozky se od sebe liší v kontextu této diplomové práce pouze zanedbatelně (na krajních podvozcích navíc komponenty pískování a mazání okolků).



19 – Trakční podvozek elektrické jednotky ŠKODA 10Ev řady 660 [5]

Rám podvozku: považován za otevřený s dvojicemi šroubovaných čelníků s trubkovým průřezem (fungujících jako nosiče chladicí jednotky trakčního motoru, komponent pískování, mazání okolků a čištění dvojkolí), hlavní část svařována z ocelových plechů, dvojice podélníků s poníženou středovou částí – uzavřený profil s proměnným průřezem, rozšířený příčný skříňového průřezu s otvorem pro otočný čep, narážkami pro příčný a podélný směr a konzolami pro trakční motory

Primární vypružení a vedení dvojkolí: ocelové vinuté pružiny (čtveřice pro každé dvojkolí), ložisková jednotka s válečkovým ložiskem a integrovanými dvojicemi konzol pro uchycení vedení dvojkolí a primárního vypružení, samotné vedení zajištěno bloky vodících čepů, které vyplňují vnitřní prostor primárních pružin

Dvojkolí: s celistvými koly, na deskové části připevněny brzdové kotouče, hřídel po celé délce vrtaná

Pohonný systém: plně vypružené vzduchem chlazené (ventilátor) asynchronní trakční motory připevněny na konzolách příčnicku rámu podvozku, spojení s převodovkou pomocí pružné zubové spojky, převodovka jednostupňová s čelními ozubenými koly – nevypružená, uchycení převodovky k rámu pohyblivě na závěsce s podchytkou

Sekundární vypružení a přenos podélných sil: vypružení realizováno dvojicí pneumatických měchů v součinnosti s hydraulickými tlumiči příčných a svislých kmitů a také tlumičů vrtění, pneumatické měchy vybaveny pryžovým dorazem pro nouzové dojetí v případě ztráty tlaku vzduchu, na tyto měchy je usazen hlavní příčník podvozku, na každé jeho straně vytvořena tlaková část spojená pneumaticky s měchy a poskytující dodatečný prostor pro stlačený vzduch, jakožto pracovní médium pneumatického vypružení, hlavní příčník svařen z plechů, na horní ploše vytvořeny na každé straně celistvé dosedací plochy pro skříň vozidla, poloha skříňe na příčnicku fixována dvěma čepy a jištěna celkem čtyřmi šrouby, stabilizace kolébání skříňe zajištěna torzním tyčovým stabilizátorem, ve středové části příčnicku nalisován otočný čep, spojený s rámem podvozku za účelem přenosu podélných sil lemniskátovým vedením (dvojice ojnicek na společném vahadle)

Rozvor podvozku [mm]	2400
Rozchod [mm]	1435
Průměr kol (nová / opotřebená) [mm]	850 / 770
Min. projížděný rádius [m]	150

Celková hmotnost [t]	10,1
Max. osově zatížení [t]	18,5
Výkon / dvojkolí [kW]	340
Max. provozní rychlost [km.h⁻¹]	160

Tabulka 5 – Trakční podvozek jednotky ŠKODA 10Ev řady 660 – technické údaje [5]

2.1.2 Běžný podvozek (BP)

Na běžném podvozku jsou obě dvojkolí běžná – koncepce 2'. Jednotlivé běžné podvozky se mezi sebou v rámci jednotky liší pouze v použití některých komponent. Protože je většina konstrukčních uzlů tohoto podvozku shodná i s podvozky trakčními, charakterizuje popis níže pouze ty, které se odlišují.

Rám podvozku: otevřený tvaru H, svařovaný taktéž z ocelových plechů, dvojice podélníků s poníženou středovou částí – uzavřený profil s proměnným průřezem, rozšířený příčník skříňového průřezu s otvorem pro otočný čep, narážkami pro příčný a podélný směr a konzolami pro pružné uložení kolejničových brzd

Primární vypružení a vedení dvojkolí: shodné s trakčním podvozkem

Dvojkolí: shodné s trakčním podvozkem

Pohonný systém: není

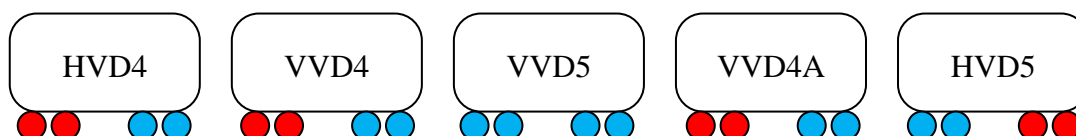
Sekundární vypružení a přenos podélných sil: shodné s trakčním podvozkem

Rozvor podvozku [mm]	2400
Rozchod [mm]	1435
Průměr kol (nová / opotřebená) [mm]	850 / 770
Min. projížděný rádius [m]	150
Celková hmotnost [t]	7,6
Max. osově zatížení [t]	18,5
Max. provozní rychlost [km.h⁻¹]	160

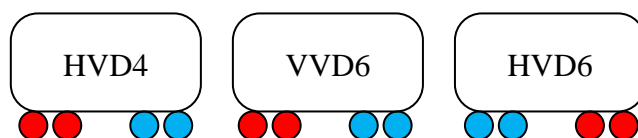
Tabulka 6 – Běžný podvozek jednotky ŠKODA 10Ev řady 660 – technické údaje [5]

2.2 Podvozky jednotky ŠKODA 10Ev2

Rozmístění trakčních a běžných podvozků pro tuto jednotku zobrazuje následující schéma:



20 – Schéma rozmístění podvozků pro pětivozovou variantu ŠKODA 10Ev2 [5]



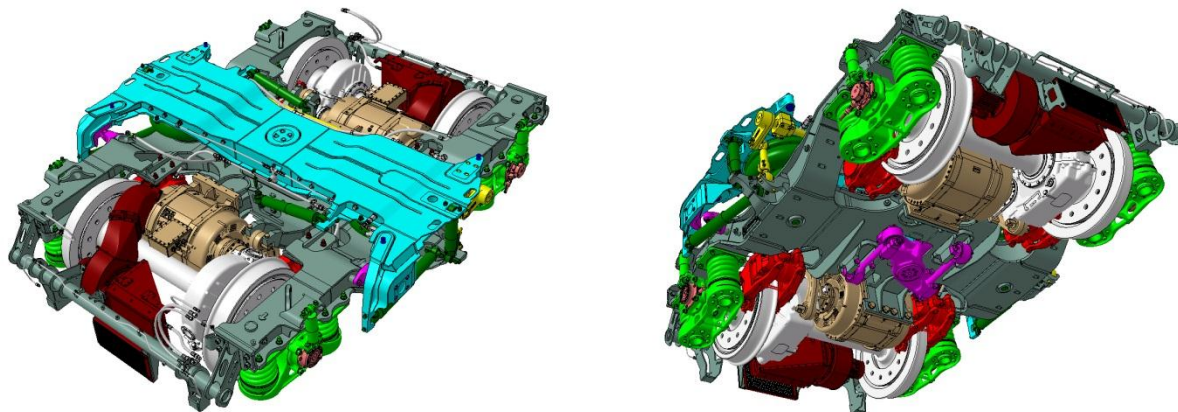
21 – Schéma rozmístění podvozků pro třívozovou variantu ŠKODA 10Ev2 [5]

Legenda:

- HVD4 / HVD5 / HVD6 – čelní („hlavové“) vozy dálkové
- VVD4 / VVD4A / VVD5 / VVD6 – vložené vozy dálkové
- ●● – trakční podvozek
- ●● – běžný podvozek

2.2.1 Trakční podvozek (TP)

Hnací (trakční) podvozek je opět koncepce B_0' . Jednotlivé trakční podvozky se od sebe liší v kontextu této diplomové práce zanedbatelně (na krajních podvozcích navíc komponenty pískování a mazání okolků).



22 – Trakční podvozek elektrické jednotky ŠKODA 10Ev2 [5]

Rám podvozku: viz charakteristika trakčního podvozku jednotky ŠKODA 10Ev řady 660

Primární vypružení a vedení dvojkolí: ocelové vinuté pružiny (čtveřice pro každé dvojkolí), ložisková jednotka s válečkovým ložiskem a integrovanými dvojicemi konzol pro uchycení vedení dvojkolí a primárního vypružení, samotné vedení zajištěno bloky vodících čepů, které vyplňují vnitřní prostor primárních pružin, mezi rámem podvozku a víkem ložiskové jednotky zaujímá prostor navíc hydraulický tlumič svislých kmitů

Dvojkolí: shodné s jednotkou ŠKODA 10Ev řady 660

Pohonný systém: taktéž shodný s jednotkou ŠKODA 10Ev řady 660

Sekundární vypružení a přenos podélných sil: tato část je v podstatných znacích taktéž shodná s předchozím podvozkem, příčník je však přepracovaný, skříň vozidla spočívá na celkem šesti separátních dosedacích plochách, odlišnosti lze najít také v ukotvení torzního stabilizátoru nebo tlumičů

Rozvor podvozku [mm]	2400
Rozchod [mm]	1435

Průměr kol (nová / opotřebená) [mm]	850 / 770
Min. projížděný rádius [m]	150
Celková hmotnost [t]	10,3
Max. osově zatížení [t]	18,5
Výkon / dvojkolí [kW]	340
Max. provozní rychlost [km.h⁻¹]	160

Tabulka 7 – Trakční podvozek jednotky ŠKODA 10Ev2 – technické údaje [5]

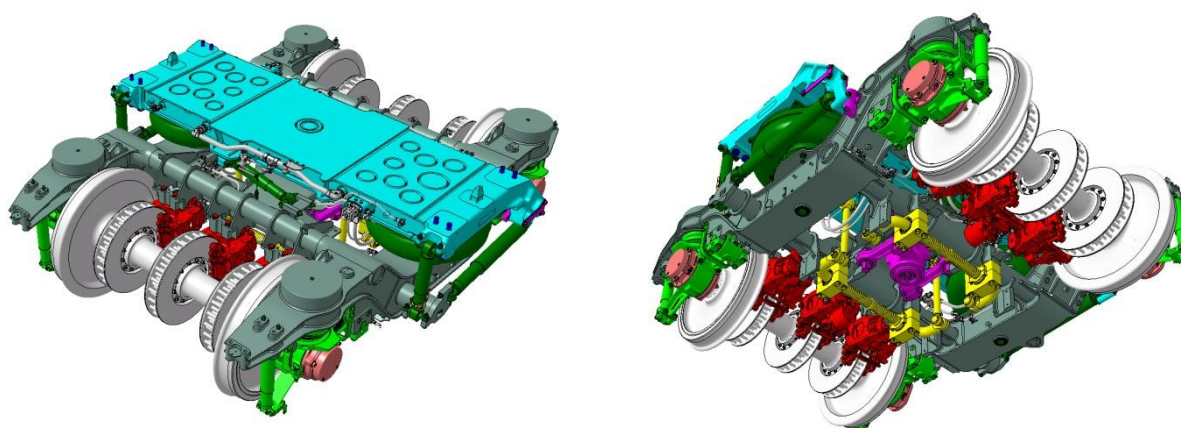
2.2.2 Běžný podvozek (BP)

Běžný podvozek je opět koncepce 2'. Jednotlivé běžné podvozky se mezi sebou opět liší pouze v použití některých komponent. Charakteristika se příliš neodlišuje od kapitoly 2.1.2, popis primárního vypružení a vedení dvojkolí a sekundárního vypružení a přenosu podélných sil lze převzít beze změn z trakčního podvozku této jednotky.

Rozvor podvozku [mm]	2400
Rozchod [mm]	1435
Průměr kol (nová / opotřebená) [mm]	850 / 770
Min. projížděný rádius [m]	150
Celková hmotnost [t]	7,9
Max. osově zatížení [t]	18,5
Max. provozní rychlost [km.h⁻¹]	160

Tabulka 8 – Běžný podvozek jednotky ŠKODA 10Ev2 – technické údaje [5]

2.3 Podvozky push-pull soupravy projektu ŠKODA „NIM EXPRESS“



23 – Podvozek push-pull soupravy projektu ŠKODA „NIM EXPRESS“ [5]

Rám podvozku: otevřený tvaru H, svařovaný z ocelových plechů, dvojice podélníků s poníženou středovou částí – uzavřený profil s proměnným průřezem, rozšířený příčník skříňového průřezu s otvorem pro otočný čep, narážkami pro příčný a podélný směr

Primární vypružení a vedení dvojkolí: ocelové vinuté pružiny (čtveřice pro každé dvojkolí) v kombinaci s hydraulickým tlumičem svislých kmitů, ložisková jednotka s válečkovým ložiskem a integrovaným kyvným ramenem pro uchycení vedení dvojkolí a primárního vypružení, samotné vedení bloky vodících čepů, které vyplňují vnitřní prostor primárních pružin

Dvojkolí: s celistvými koly, na každé hřídeli připevněna trojice brzdových kotoučů

Sekundární vypružení a přenos podélných sil: vypružení realizováno dvojicí pneumatických měchů v součinnosti s hydraulickými tlumiči příčných a svislých kmitů a také tlumičů vrtění, pneumatické měchy vybaveny pryžovým dorazem pro nouzové dojetí v případě ztráty tlaku vzduchu, na tyto měchy je usazen hlavní příčník podvozku, na každé jeho straně vytvořena tlaková část spojená pneumaticky s měchy a poskytující dodatečný prostor pro stlačený vzduch, jakožto pracovní médium pneumatického vypružení, hlavní příčník svařen z plechů, na horní ploše vytvořeny na každé straně trojice dosedacích ploch pro skříň vozidla, poloha skříně na příčníku fixována dvěma tvarovými čepy a jištěna celkem osmi šrouby, stabilizace kolébání skříně zajištěna dvojicí torzních stabilizátorů, ve středové části příčníku nalisován otočný čep, spojený s rámem podvozku za účelem přenosu podélných sil lemniskátovým vedením (dvojice ojnicek na společném vahadle)

Rozvor podvozku [mm]	2500
Rozchod [mm]	1435
Průměr kol (nová / opotřebená) [mm]	920 / 860
Min. projížděný rádius [m]	150
Celková hmotnost [t]	9
Max. osové zatížení [t]	18
Max. provozní rychlost [km.h⁻¹]	cca 190

Tabulka 9 – Podvozek soupravy projektu ŠKODA „NIM EXPRESS“ – technické údaje [5]

3 Modulární stavba pro různé jednotky ŠKODA

3.1 Modularita

Modularita je vlastnost konstrukčního řešení, která umožňuje jeho snadné, pružné přizpůsobení konkrétním požadavkům. Toto přizpůsobení musí být mimo jiné i velmi rychlé – čas, potřebný pro návrh konkrétního produktu, hraje mnohdy zásadní roli při jeho uplatňování na trhu. Jednoduše čím dříve a lépe zareaguje s konkrétním řešením potenciální dodavatel na poptávku a požadavky zákazníka, tím větší konkurenční výhodu zaujímá a předurčuje svůj úspěch.

Klíčovou metodou v modulární stavbě (nejen) kolejového vozidla je tzv. stavebnicové provedení. Metoda spočívá v první řadě ve vytvoření a optimálním nakonfigurování jednotlivých prvků:

- drobných součástí, spojovacího materiálu apod.
- větších konstrukčních celků
- na nejvyšší úrovni pak celých článků, podvozků apod.

A to tím způsobem, že bude možné tyto prvky ověřenými a zavedenými způsoby seskupovat a různě (dle stanovených zásad) kombinovat. Konstrukční prvky musí proto splňovat následující kritéria:

- nejvyšší míra univerzálnosti
- dodržení všech stanovených konstrukčních zásad tak, aby mohl být daný prvek použit s co nejmenšími úpravami bez ohledu na to, jaké celkové koncepční řešení bylo zvoleno
- různých prvků by mělo být co nejméně

Právě poslední bod těchto kritérií zásadně ovlivňuje náklady spojené s návrhem a výrobou produktu a také čas. Vždy a v maximální míře by mělo docházet ke sjednocování prvků, použitých materiálů, povrchových úprav, způsobů uchycení atd. Mělo by být zamezeno jakýmkoliv odlišnostem, které nemají vážné opodstatnění. Tímto postupem se zaručuje:

- snížení nákladů z důvodu jednotnosti návrhu pro více aplikací – malá různorodost dílů o vyšším počtu – vyšší sériovost výroby, klesající přímé náklady
- zjednodušení výroby a montáže – snížení potřebného objemu znalostí a dokumentace k provedení výroby a montáže, snížení rizika chyb

Modularitu konstrukčního řešení lze pojmut různými způsoby z hlediska pracnosti customizace (úprav dle požadavků zákazníka) a konkrétního určení prvku. Může jít o modulární řešení, kde přizpůsobení znamená (1 – nejméně pracné, nejrychlejší návrh, nejméně nákladné, nízká míra customizace, 5 – nejvíce pracné, nejpomalejší návrh, nejvíce nákladné, vysoká míra customizace):

1. Pouze navolení vhodného počtu a typu prvků, jejich vhodné kombinace a umístění.
2. Oproti bodu 1 navíc ještě různé drobnější změny, jakými jsou např. úprava povrchové úpravy, typu materiálu (bez zásahu do konstrukce), specifikace některých komponent (např. výkon trakčního motoru, výkon chladicí jednotky, softwarové customizace atd.).
3. Oproti bodu 2 navíc: použití redukčních členů konstrukce na různých místech, různé úpravy při montáži (řezání, broušení, vrtání apod.).

4. Oproti bodu 3 navíc: geometrické úpravy (tvar, rozměry – mohou být vyjádřeny parametricky v závislosti na řídicích, materiálové změny s dopadem na konstrukci, uspořádání jednotlivých konstrukčních celků, zásadnější změny v jejich umístění s dopadem na uchycení apod.
5. Zásadní úpravy a změny v konstrukci, kde již nelze přímo hovořit o využití modulární koncepce.

V praxi se ve většině případů vyskytuje různý způsob kombinace všech pěti bodů.

Zjednodušeně: Zákazník při zadání specifikuje požadavky na koncepci, především co se týče plánovaného objemu cestujících, jízdních vzdáleností, traťových poměrů (vertikální a horizontální charakteristika) apod. Na základě této specifikace je složeno vozidlo dle bodu **1** (optimální počet a typ článků, spojení, optimální počet a typ podvozků a jejich umístění), dále může být upraveno dle bodu **2** (požadovaný vnější a vnitřní design, požadovaný materiál pro konkrétní provozní podmínky apod.). Dále je případně upraveno také dle bodu **3** (potřebné redukční členy, potřebné přizpůsobení komponent při montáži apod.), případně pak dle bodu **4** (řešení dalších specifických požadavků zákazníka – např. umístění požadovaných zařízení, drobné interiérové změny – např. jiné uspořádání sedadel atd.). Při požadavku na zásadní překonstruování koncepce vozidla – změny uspořádání vozu – např. přesunutí celých oddílů, změna konstrukčního obrysu vozidla apod. – nelze již přímo hovořit o využití modulární koncepce, ale přímo o návrhu nového produktu, který již vystupuje z dané produktové rodiny – bod **5**.

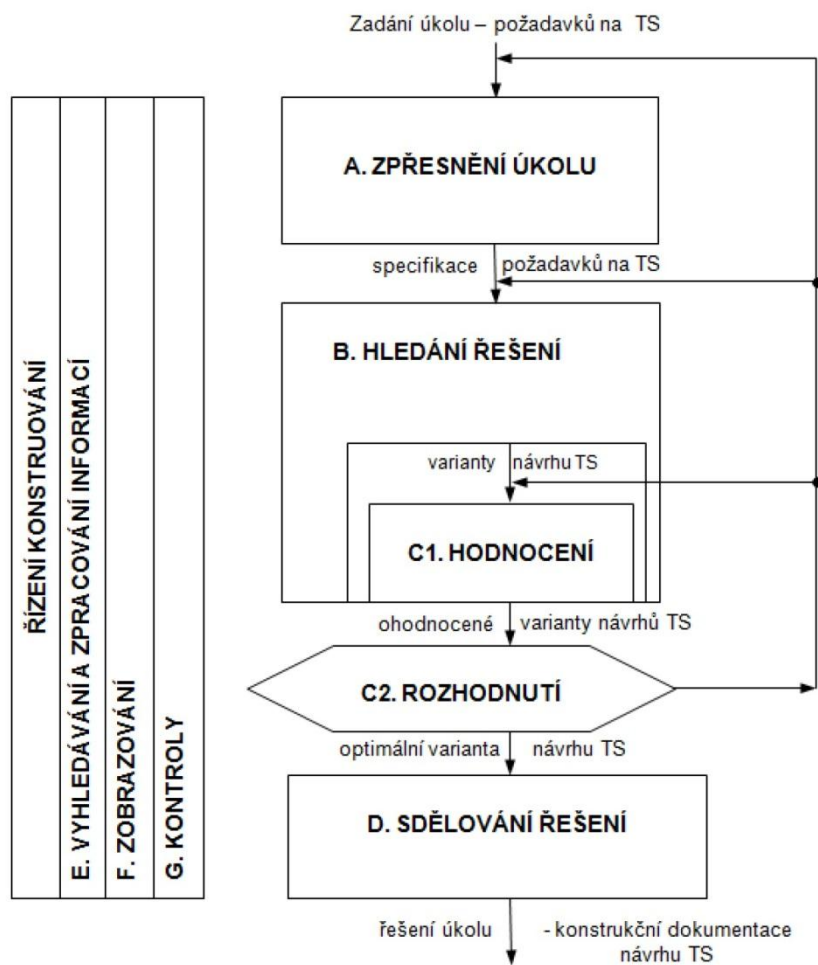
Modulární koncepce může být tedy záležitostí kompletního produktu, jeho jednotlivých konstrukčních celků nebo i samostatných dílů.

V této diplomové práci bude řešena modulární koncepce středně rozsáhlého konstrukčního celku podvozku, jakým je již zmiňovaná traverza – tedy hlavní příčník podvozku. Modularita bude spočívat v navržení takového řešení hlavního příčníku, který bude s co nejmenšími (nejlépe žádnými) úpravami použitelný pro podvozky všech tří typů doposud vyvinutých elektrických jednotek společnosti ŠKODA TRANSPORTATION, a. s., které užívají hlavní příčník pro rozhraní podvozek-skříň vozidla (viz kapitoly 2.1, 2.2, 2.3).

3.2 Specifikace požadavků na TS (technický systém)

V souladu s OMPK (obecným modelem postupu konstruování) dle metodiky EDS (Engineering Design Science – Konstrukční nauka) bylo kapitolou 3.1 ukončeno zpřesnění úkolu – fáze A – včetně formulace úkolu, analýzy problému a analýzy State of the Art (analýzy současného stavu techniky) – viz struktura konstrukčního procesu na obr. 24.

Je třeba zmínit, že v průběhu konstrukčního návrhu budou dodrženy základní pilíře a návaznost dle této struktury, avšak názvy a použití jednotlivých kapitol budou uzpůsobeny konkrétním potřebám konstrukčního procesu TS modulární traverza pro různé podvozky ŠKODA.



24 – Obecné základní operace v konstrukčním procesu [19 str. 113]

Výstupem fáze zpřesnění úkolu je přehledně členěná specifikace požadavků na daný TS, která zahrnuje zhodnocení a srovnání produktů, jakými jsou doposud navržené hlavní příčnický podvozků elektrických jednotek 10Ev, 10Ev2 a vozů push-pull soupravy „NIM EXPRESS“. Konkrétní požadavky na vlastnosti a chování TS vztažené k transformačním procesům všech etap životního cyklu jsou v následující souhrnné tabulce identifikovány, seskupeny a jejich plnění ohodnoceno body. Hodnocení probíhá dle metodiky VDI, tedy 1-4 body – váha; 0-4 body – hodnocení.

Pozn.: Pokud je v tabulce uveden výraz „kompatibilní“, je tímto vždy myšlena kompatibilita se všemi (třemi) typy podvozků.

Požadavky technické a technologické na TS		Požadovaná hodnota charakteristiky	Váha (1-4)	TRAVERZA		
				10Ev	10Ev2	„NIM“
POŽADAVKY NA REFLEKTIVNÍ VLASTNOSTI TS						
<i>Požadavky na hlavní i asistující funkce (účinky) k provozu:</i>						
Spojení s rámem podvozku	otočný čep - hlavní průměr $d_{lč}$ x délka $l_{lč}$	220 x 720 mm, variabilně 180 x 717 mm	3	2	2	1
	otočný čep - spojení s traverzou	příprava pro lisování, variabilně jeden celek	3	2	2	1
	sekundární vypružení	pneumatické měchy	4	4	4	4
	připojení sekundárního vypružení - mechanická část	kompatibilní	3	2	2	1
	připojení sekundárního vypružení - pneumatická část	kompatibilní	3	2	2	1
	připojení příčných tlumičů - dvojice tlumičů poblíž středu traverzy	kompatibilní, dvojice šroubů na konzolách	3	1	1	1
	připojení podélných tlumičů - dvojice tlumičů po stranách traverzy	kompatibilní, dvojice šroubů na konzolách	3	1	1	1
	připojení svislých tlumičů - dvojice tlumičů po stranách traverzy	kompatibilní, dvojice šroubů na konzolách	3	1	1	1
	příprava pro uchycení příčných nárazek	kompatibilní	3	1	1	1
	připojení torzního stabilizátoru	kompatibilní, čtveřice šroubů na každé straně	3	1	1	1
Spojení se skříní vozidla	typ spojení 1	dvojice čepů po stranách traverzy, umístění kompatibilní	3	2	2	1
	parametry spojení	$l_{2č}, d_{2č}$ kompatibilní	2	1	1	1
	typ spojení 2	čtveřice pojistných šroubů, umístění kompatibilní	3	2	2	1
	parametry spojení	šrouby M30	2	4	4	4

Požadavky technické a technologické na TS		Požadovaná hodnota charakteristiky	Váha (1-4)	TRAVERZA		
				10Ev	10Ev2	„NIM“
Pomocný vzduchojem pneumatického vypružení	objem tlakové části uvnitř traverzy	maximální	3	1	2	4
	tlakotěsnost	zkušební tlak vzduchu $p_f = 1 \text{ MPa}$	4	4	4	4
	připojení tlakového potrubí	kompatibilní	1	1	1	1
vnější rozměry – ve vztahu k vozidlu		kompatibilní	3	2	2	1
vnější rozměry – ve vztahu k okolí vozidla		dle vztažné linie kinematického obrysu GI2, současně DE2 dle ČSN EN 15273-2	4	2	2	1
Požadavky ostatní k provozu:						
životnost		po dobu životnosti vozidla (min. 40 let)	4	4	4	4
provozní náklady		minimální	3	4	4	4
údržba		minimální, jednoduchá	2	2	2	3
hmotnost		co nejnižší, optimálně méně než 800 kg	4	4	3	1
případné opravy		snadno proveditelné	3	3	3	4
prostředí použití		exteriér, podvozek kolejového vozidla	3	4	4	4
Požadavky k předvýrobním procesům a k výrobě:						
nároky na předvýrobní procesy (konstrukční, technologické a organizační)		minimalizovány	3	3	2	2
efektivní využití materiálu		maximalizováno	3	3	3	2
smontovatelnost		vždy zaručena	4	4	4	4
způsob výroby		nenáročný	3	3	2	3
možnost výrobních a montážních chyb		minimalizována	3	3	2	3
vhodnost pro sériovou výrobu		maximální	3	2	2	3
nároky na vybavenost výrobní základny		minimalizovány	2	3	2	3
Požadavky k distribuci:						
manipulace		snadná	2	3	2	4
stohovatelnost		umožněna	2	2	1	1

Požadavky technické a technologické na TS	Požadovaná hodnota charakteristiky	Váha (1-4)	TRAVERZA		
			10Ev	10Ev2	„NIM“
Požadavky k likvidaci:					
recyklovatelnost	maximální	3	3	3	3
Požadavky k věcnému (manaž.) řídicímu systému předvýrobních, výrobních a povýrobních procesů:					
automatizace výroby dílů	maximální	3	3	3	3
podíl lidské práce při výrobě komponent	minimální	2	3	2	2
podíl lidské práce při montáži	minimální	2	3	3	2
dědičnost konstrukce	maximální	4	2	3	1
počet rozdílných dílů / prvků	minimalizován	4	2	2	3
počet rozdílných použitých technologií a technologických postupů	minimalizován	3	3	2	2
přestavitelnost na konkrétní typ podvozku	rychlá a jednoduchá	4	0	0	0
konkurenceschopnost k produktům na trhu	maximální	3	2	2	2
Požadavky k člověku a životnímu prostředí:					
bezpečnost při provozu	zaručena	3	4	4	4
vzhled	uspokojivý – pokud možno čistě navazující tvarové linie, vyhovující barevné provedení a stupeň lesku v závislosti na konkrétním určení	3	2	3	3
Požadavky k aktivnímu (reaktivnímu) materiálovému a energetickému prostředí:					
ekologičnost materiálů	vysoká	3	3	3	3
ekologická nezávadnost při všech etapách životního cyklu	dodržena	3	3	3	3
spotřeba energie (při všech etapách životního cyklu)	minimální	2	3	2	3
Požadavky k aktivnímu (reaktivnímu) informačnímu okolí:					
soulad návrhu s normami	ČSN EN 13749, ČSN EN 12663-1+A1, ČSN EN 15663 a DVS 1612	4	4	4	4

Požadavky technické a technologické na TS	Požadovaná hodnota charakteristiky	Váha (1-4)	TRAVERZA		
			10Ev	10Ev2	„NIM“
Požadavky k odbornému a informačnímu systému:					
výrobní a montážní dokumentace	přehledná a jednoznačná, v souladu s příslušnými podnikovými předpisy a směnicemi	3	2	3	3
Požadavky k ekonomickému a časovému (manaž.) řídicímu systému předvýr., výrobních a povýr. procesů:					
výsledná cena produktu	co nejnižší	3	3	2	2
celková doba výroby	minimalizována	3	3	2	2
POŽADAVKY NA REAKTIVNÍ VLASTNOSTI TS					
Požadavky na obecné konstrukční vlastnosti a chování TS:					
odolnost proti poškození	maximální	3	3	3	4
pevnost a tuhost	optimální dle skutečného rozložení napětí	3	3	4	3
korozní odolnost	maximální	3	3	3	3
omyvatelnost	snadná, čištění běžnými přípravky	3	2	2	3
POŽADAVKY NA DESKRIPTIVNÍ VLASTNOSTI TS					
Požadavky na elementární konstrukční vlastnosti:					
spojovací prvky	kompatibilní	3	3	3	3
povrchové úpravy	vyhovující	3	3	3	3
funkční principy	provázané	3	3	4	3
VYHODNOCENÍ					
Celkem:		176	151	145	144
Vážené body:		704	457	446	430
Efektivita [%]:		100	65	63	61

Tabulka 10 – Specifikace požadavků na TS s váženým hodnocením stávajících TS dle VDI

V tabulce 10 jsou vybrány záměrně jako konkurenční či srovnatelné TS právě ty, které má nový TS „modulární traverza“ nahradit. Jsou zde zřetelné základní požadované funkce a vlastnosti (reflektivní a reaktivní), jejich plnění je vždy podmíněno tím, zda daná vlastnost nebo konstrukční řešení u konkrétní traverzy vyhovuje i pro ostatní podvozky. Právě tento faktor zásadně snižuje u všech srovnávaných současných TS efektivitu, protože je modularita a univerzálnost použití pro všechny tři typy podvozků základním požadavkem. Pokud tedy danou vlastnost plní traverza byť výborně ale např. pouze pro jeden nebo dva podvozky, je ohodnocena pouze jedním resp. dvěma body.

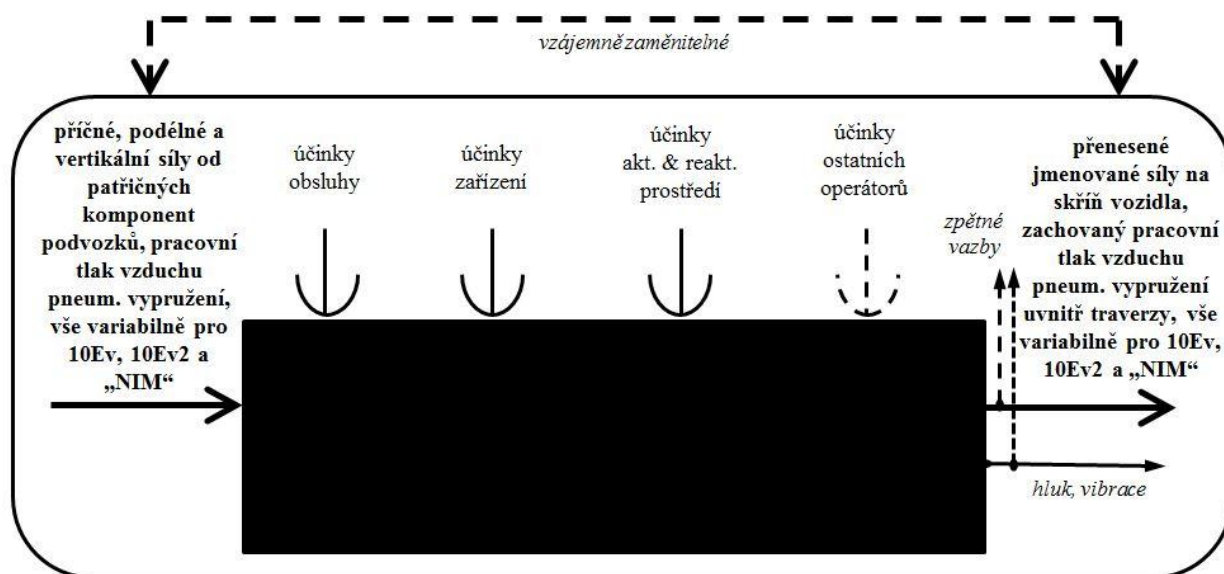
Všechny tři srovnávané traverzy dosahují efektivitu mírně nad 60 %, přičemž největší efektivitu dosahuje traverza pro jednotku 10Ev (65 %), méně pak pro jednotku 10Ev2 (63 %) a zbývá traverza pro podvozky „NIM EXPRESS“ (61 %). Nepatrné rozdíly vypovídají o příbuznosti těchto třech konstrukčních řešení dané především společným firemním prostředím. Jako výchozí konstrukční řešení, na jehož základě vznikne nový TS, bude zvolena traverza pro 10Ev2. Jedná se vývojově o nejnovější řešení, ve kterém jsou již zohledněny a optimalizovány prvky traverzy pro 10Ev. Mírně nižší efektivita traverzy pro 10Ev2 oproti traverze pro 10Ev představuje pouze zanedbatelný rozdíl závislý částečně i na subjektivitě hodnotitele a nebude považována za směrodatnou.

3.3 Návrh funkční struktury TS

V souladu s OMPK (obr. 24) zde přechází konstrukční proces do fáze **B** – hledání řešení. Vlastnímu návrhu funkční struktury TS předchází návrh provozního transformačního procesu.

3.3.1 Návrh provozního transformačního procesu (TrfP)

Realizace předběžného návrhu provozního TrfP proběhne nejprve pomocí tzv. „metody černé skříňky“.

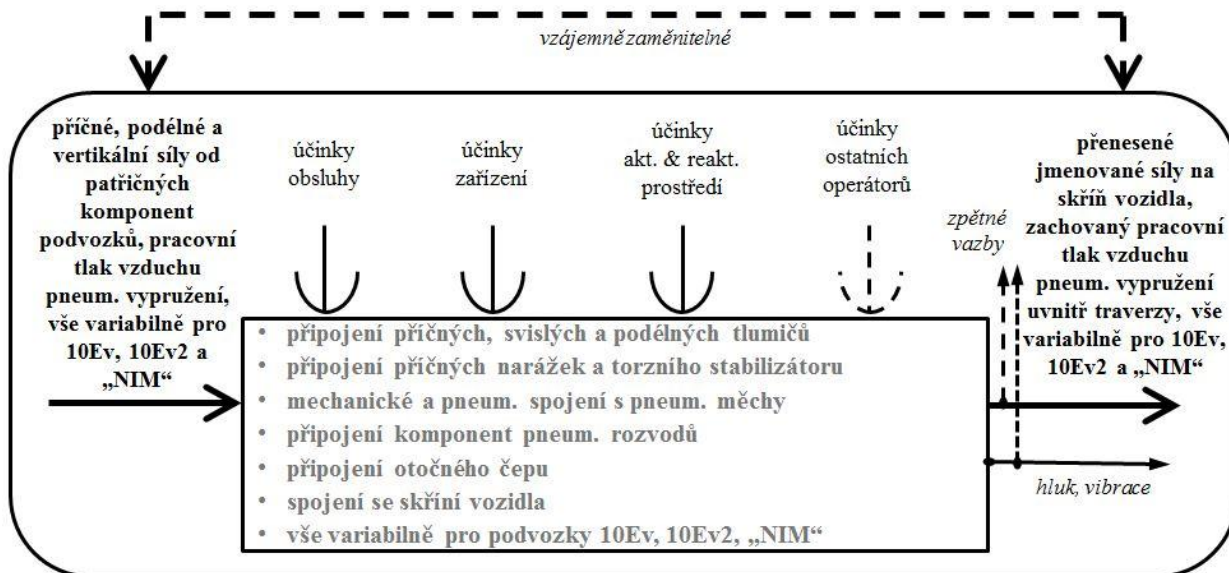


25 – Provozní TrfP – první fáze návrhu – metoda černé skříňky [19 str. 19] – přepracováno

Na levé straně obr. 25 vstupují do transformačního procesu operandsy (objekty, prvky transformačního procesu) ve stavu 1, na straně pravé pak z černé skříňky vystupují tytéž operandsy ve stavu 2, více či méně ovlivněni zatím neznámým transformačním procesem (obdélník s černou výplní), do jehož průběhu mohou určitou měrou zasáhnout vypsané účinky. Vzhle-

dem k tomu, že TS tvoří vzájemnou vazbu mezi stavy operandů 1 a 2, probíhá TrfP stejně tak i reverzně.

Požadovaná transformace tedy bude zajištěna, pokud bude navržen TS s následujícím předběžným principem (postupem) transformace – viz obr. 26.

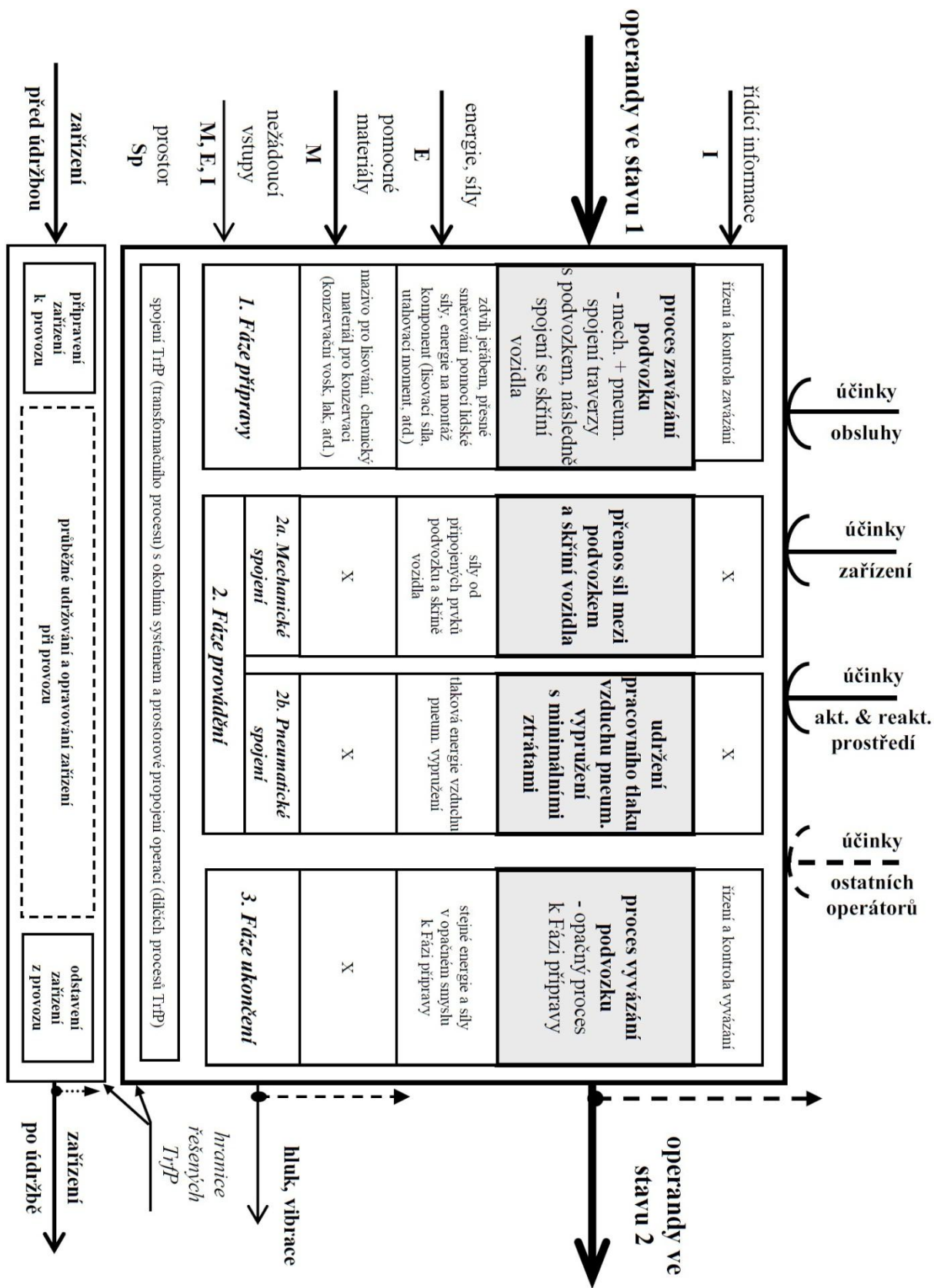


26 – Provozní TrfP – předběžný návrh principu transformace [19 str. 19] – přepracováno

Na základě metody černé skříňky a předběžného návrhu principu transformace je možno provést úplný návrh provozního transformačního procesu – obr. 27. Úplný návrh provozního TrfP je rozčleněn do celkem třech fází:

1. Fáze přípravy
2. Fáze provádění
 - a. Mechanické spojení
 - b. Pneumatické spojení
3. Fáze ukončení

Je třeba zdůraznit, že pro všechny fáze TrfP platí požadavek variabilní funkčnosti pro všechny tři typy podvozků (10Ev, 10Ev2, „NIM“), což není na obr. 27 vzhledem k přehlednosti uváděno. Taktéž je vhodné doplnit, že operandy 1 a 2 uvedené v úplném návrhu provozního TrfP jsou právě těmi operandy, které jsou poznamenány např. na obr. 25 nebo 26, také z hlediska přehlednosti nejsou znovu vypisovány.



27 – Provozní TrfP – úplný návrh [19 str. 25] – přepracováno

3.3.2 Vlastní návrh funkční struktury

Funkční struktura TS modulární traverza je vyjádřena níže pomocí tabulky hlavních / transformačních funkcí včetně funkcí asistujících. V celé funkční struktuře platí opět pro všechny funkce jejich zajištění souběžně pro všechny tři typy podvozků (10Ev, 10Ev2, „NIM“).

Číslo	Hlavní / transformační funkce nebo asistující funkce
1	MECH. SPOJENÍ s komponenty podvozku UMOŽNIT
1.1	SPOJENÍ se svislými tlumiči UMOŽNIT
1.2	SÍLY od svislých tlumičů PŘENÉST
1.3	SPOJENÍ s příčnými tlumiči UMOŽNIT
1.4	SÍLY od příčných tlumičů PŘENÉST
1.5	SPOJENÍ s podélnými tlumiči UMOŽNIT
1.6	SÍLY od podélných tlumičů PŘENÉST
1.7	SPOJENÍ s torzními stabilizátory UMOŽNIT
1.8a	SÍLY od torzních stabilizátorů PŘENÉST (pro 10Ev, 10Ev2)
1.8b	SÍLY od torzních stabilizátorů PŘENÉST (pro „NIM“)
2	MECH. SPOJENÍ s příčnými nárazkami UMOŽNIT
2.1	SÍLY od příčných nárazek PŘENÉST
3	MECH. SPOJENÍ s otočným čepem UMOŽNIT
3.1	příčné a podélné SÍLY od otočného čepu PŘENÉST
4	MECH. SPOJENÍ se skříní vozidla UMOŽNIT
4.1	ČEPOVÉ SPOJENÍ se skříní vozidla UMOŽNIT
4.2	ŠROUBOVÉ JIŠTĚNÍ vertikální polohy skříně vozidla UMOŽNIT
4.3	DOSEDACÍ PLOCHY pro skřín vozidla vytvořit
4.4	SÍLY od skříně vozidla PŘENÉST
5	MECH. SPOJENÍ s rozvody vzduchu UMOŽNIT
5.1	USTAVENÍ vyrovnávacího ventilu UMOŽNIT
6	PNEUM. SPOJENÍ s rozvody vzduchu UMOŽNIT
7	PNEUM. SPOJENÍ se vzduchovými pružinami UMOŽNIT
8	maximální OBJEM pomocného vzduchojemu pneum. vypružení POSKYTNOUT
8.1	pracovní TLAK vzduchu pneum. vypružení s minimálními ztrátami UDRŽET

Tabulka 11 – Hlavní transformační funkce TS včetně asistujících funkcí

3.4 Návrh orgánové struktury TS

Pro návrh orgánové struktury TS je stěžejní navržení odpovídajících orgánů k zajištění požadovaných funkcí definovaných v kapitole 3.3. Výstupem návrhu orgánové struktury je morfologická matice se zobrazením přiřazených orgánů a zakreslením jednotlivých kombinací zvolených orgánů pro zobrazení třech navržených variant řešení.

Funkce	Funkční principy a odpovídající orgány (var. A, var. B, var. C)					
	1	2	3	4	5	6
1.1 SPOJENÍ se svísky tlumiči UMOŽNIT	obráběná deska + závity	trubka kruhová + závity	deska + nýtovací matice	deska + průchozí otvory		
1.2 SÍLY od svíských tlumičů PŘENĚST	připevnění konzoly šrouby + čepy	svař. konzola konzola přivařená	konzola nalisovaná	připevnění konzoly šrouby + čepy	konzola odlihek konzola přivařená	konzola nalisovaná
1.3 SPOJENÍ s příčnými tlumiči UMOŽNIT	obráběná deska + závity	trubka kruhová + závity	deska + nýtovací matice	deska + průchozí otvory		
1.4 SÍLY od příčných tlumičů PŘENĚST	připevnění konzoly šrouby + čepy	svař. konzola konzola přivařená	konzola nalisovaná	připevnění konzoly šrouby + čepy	konzola odlihek konzola přivařená	konzola nalisovaná
1.5 SPOJENÍ s podélnými tlumiči UMOŽNIT	obráběná deska + závity	trubka kruhová + závity	deska + nýtovací matice	deska + průchozí otvory		
1.6 SÍLY od podélných tlumičů PŘENĚST	připevnění konzoly šrouby + čepy	svař. konzola konzola přivařená	konzola nalisovaná	připevnění konzoly šrouby + čepy	konzola odlihek konzola přivařená	konzola nalisovaná
1.7 SPOJENÍ s torzními stabilizátory UMOŽNIT	odlévaný celek s otvory	konky kruhové + otvory	obrobek + otvory			
1.8a SÍLY od torzních stabilizátorů PŘENĚST (pro 10Ev, 10Ev2)	přivaření k příčnicku	nalisování do příčnicku	připevnění k příčnicku šrouby			
1.8b SÍLY od torzních stabilizátorů PŘENĚST (pro „NIM“)	připevnění konzoly šrouby + čepy	svař. konzola konzola přivařená	konzola nalisovaná	připevnění konzoly šrouby + čepy	konzola odlihek konzola přivařená	konzola nalisovaná
2 MECH. SPOJENÍ s příčnými narážkami UMOŽNIT	obráběná deska + otvory	deska odlihek + otvory				
2.1 SÍLY od příčných nárážek PŘENĚST	připevnění konzoly šrouby + čepy	svař. konzola konzola přivařená	konzola nalisovaná	připevnění konzoly šrouby + čepy	konzola odlihek konzola přivařená	konzola nalisovaná

28 - Morfologická matice se zobrazením třech variant (1/2)

Funkce	Funkční principy a odpovídající orgány (Var. A, var. B, var. C)					
	1	2	3	4	5	6
3 MECH. SPOJENÍ s otočným čepem UMOŽNIT	lisováním	šroubové spojení	přivarením			
3.1 přičné a podélné SILY od otočného čepu PŘENĚST	připravení pouzdra + přírubou + šrouby	obráběné pouzdro přivarené pouzdro	nalisované pouzdro	připravení šrouby + čep	vynášené obráběné pouzdro + mezikus	nalisování mezikusů
4.1 ČEPOVÉ SPOJENÍ se skříní vozidla UMOŽNIT	trubka s otvorem pro čep	odliček s otvorem pro čep	obrobek s otvorem pro čep	trubka s otvorem pro redukci	odliček s otvorem a redukci	obrobek s otvorem a redukci
4.2 ŠROUBOVÉ JIŠTĚNÍ vertikální polohy skříně vozidla UMOŽNIT	trubka s otvorem pro šroub	odliček s otvorem pro šroub	obrobek s otvorem pro šroub	trubka s otvorem pro redukci		
4.3 DOSEDACÍ PLOCHY pro skřín vozidla vytvořit	obrobek plochy horní pásnice přičniku	obrobek odličky šroubového jističí skříně	obrobek plochy připevňovací konzol	kombinace předchozích (bez obrábění)	využití redukčních podložek (bez obrábění)	
4.4 SILY od skříně vozidla PŘENĚST	odlévaná páteř přičniku	obrobek páteře přičniku	svarenc páteře přičniku			
5.1 USTAVENÍ vyrovnávacího ventilu UMOŽNIT	ohýbaná konzola + drážky	obrobek konzola + drážky	konzola svarenc + drážky	konzola obrobek + drážky		
6 PNEUM. SPOJENÍ s rozvodou vzduchu UMOŽNIT	vyvotření závitů ve stojnách přičniku	přivarené přichodky se závitů ve stojnách	odlévané stojny přičniku			
7 PNEUM. SPOJENÍ se vzduchovými pružinami UMOŽNIT	obrobek spodní plocha přičniku	obrobek část páteře přičniku	přivarené přichodky ve spodní ploše přičniku	obrobek spodní plocha + redukce	obrobek část páteře + redukce	přivarené přichodky ve spodní ploše + redukce
8 maximální OBJEM pomocného vzduchového pneu. vypružení POSKYTNOUT	skřínový průřez tlakové síťové traverzy o maximálním objemu					
8.1 pracovní TLAK vzduchu pneu. vypružení s minimálními ztrátami UDRŽET	vzduchotěsné svaření	vzduchotěsné svaření + vnitřní utěsňující nástřik	vzduchotěsné svaření, nástřik, tmelení	šroubové spoje + lepení	šroubové spoje + těsnění	

29 – Morfologická matice se zobrazením třech variant (2/2)

Vzhledem ke značným odlišnostem v konstrukci a určení hlavních příčníků 10Ev resp. 10Ev2 a příčniku „NIM“ vznikla i **varianta A**, která s modulární traverzou pro „NIM“ nepočítá. Odlišnosti těchto traverz spočívají především v následujících vlastnostech:

- vnější rozměry, tvarování – hlavní příčník „NIM“ není ve středové části poníženy
- zcela odlišné parametry připojených prvků podvozku, ale i skříně vozidla
- odlišné pozice napříč všemi připojenými prvky
- odlišné technologie a celková koncepce hlavního příčniku
- odlišné zatížení, požadavky na plnění kinematického obrysu atd.

Pro návrh takového příčniku, který by byl variabilně použitelný i pro podvozky „NIM“, by bylo nutné provést zásadní konstrukční zásahy do celé koncepce včetně rozdělení a zavedení rozebíratelných spojení na větším počtu lokací. To by mělo zásadní vliv na tuhost, technologii výroby a montáže a mimo jiné také hmotnost. Myšlenka varianty A je tedy taková, aby byla

řešena modularita hlavního příčnicku pouze v rámci podvozků pro 10Ev a 10Ev2, tedy podvozků, které jsou typově shodné a konstrukčně příbuzné. Z morfologické matice je patrné, že varianta A neplní funkci, která je určena pouze pro „NIM“ a je třeba doplnit, že všechny navržené orgány pro variantu A musí být vyhovující pro hlavní příčnicku 10Ev a 10Ev2 současně (některé orgány mohou mít funkci sdruženou, pokud to lze, a jiné musí být jedinečné pro každou variantu). Varianty B a C není třeba podrobněji charakterizovat, pouze je nutné konstatovat, že se jedná o varianty, jejichž orgány musí plnit dané funkce pro podvozky 10Ev, 10Ev2 a „NIM“ současně (tedy opět cesta sdružených funkcí pro dva resp. všechny tři podvozky nebo jedinečnost) a jejich koncepce vychází v maximální možné míře z původních řešení především traverzy pro 10Ev2 (zdůvodněno již v kapitole 3.2).

3.4.1 Zhodnocení navržených variant orgánové struktury TS

Pro hodnocení lze využít zjednodušený diagram Q-C. Proměnná Q představuje posouzení kvalitativních parametrů, C pak znázorňuje ekonomickou nákladovost varianty. Alternativa, která bude dosahovat nejlepších predikovaných kvalitativních parametrů zároveň při přijatelných nákladech, bude zvolena a vypracována jako finální řešení. Tabulky 12 a 13 vypisují kritéria hodnocení navržených orgánových struktur TS, která jsou pro jednotlivé varianty ohodnocena stejným způsobem jako v případě specifikace požadavků (kap. 3.2).

Pozn.: U hodnocení ekonomické nákladovosti C představuje vyšší bodové ohodnocení nižší predikovanou nákladovost.

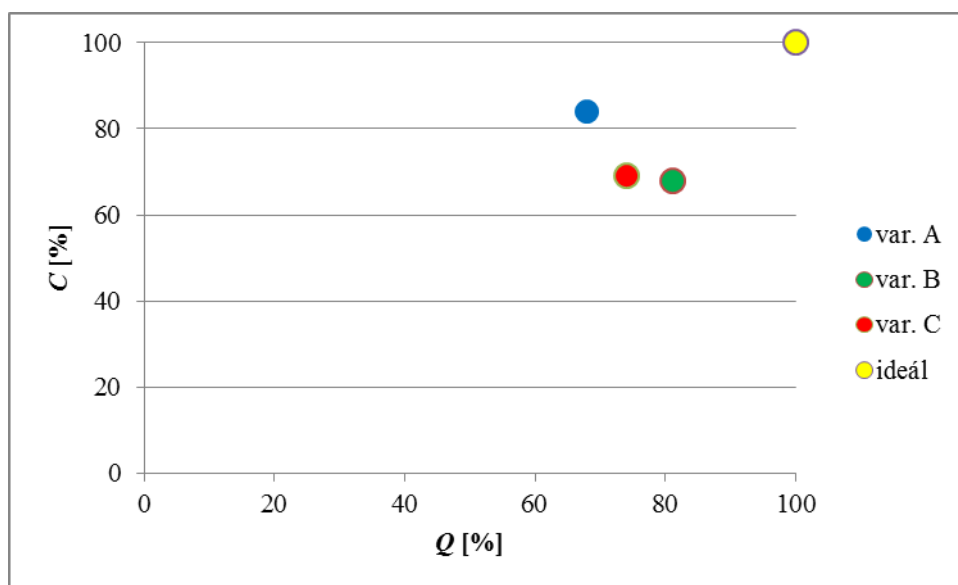
<i>Hodnotící kritéria</i>	<i>Váha (1-4)</i>	<i>VARIANTA</i>		
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>Kritéria kvality Q</i>				
přenos sil od komponent podvozku	3	4	3	2
přenos sil od otočného čepu	3	4	3	3
mech. a pneum. spojení s pneum. měchy	2	4	3	3
objem tlakové části	3	4	3	3
hmotnost	3	3	2	2
tuhost systému	3	3	2	2
modularita koncepce	4	2	4	4
využitelnost návrhu	4	2	4	3
náročnost customizace	4	2	4	4
míra splnění zadání práce, originalita řešení	3	2	4	4
dědičnost konstrukce, počet jednotlivých prvků, dílů	3	4	3	2
Celkem [%] (vážené hodnoty v poměru k ideálu):	100	68	81	74

Tabulka 12 – Zjednodušené hodnocení Q-C orgánové struktury TS (1/2)

<i>Hodnotící kritéria</i>	<i>Váha (1-4)</i>	<i>VARIANTA</i>		
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>Kritéria ekonomické nákladovosti C</i>				
předvýrobní náklady	3	3	3	2
výrobní náklady – technologické operace	4	3	2	4
výrobní náklady – montáž	4	3	2	2
provozní náklady	3	4	4	4
náklady na logistiku	3	4	3	3
Celkem [%] (vážené hodnoty v poměru k ideálu):	100	84	68	69

Tabulka 13 – Zjednodušené hodnocení Q-C orgánové struktury TS (2/2)

Obr. 30 představuje vyobrazení jednotlivých variant a ideálu v soustavě Q-C.



30 – Q-C diagram orgánové struktury TS

Z Q-C diagramu je patrné, že se nejvíce blíží ideálu varianty A a B, přičemž varianta A dosahuje nižší ekonomické nákladovosti na úkor kvality a varianta B přesně naopak. Rozdíl kvality a ceny u těchto dvou variant je přibližně stejný. Závěrečná volba tedy bude záviset na preferencích v měřítkách Q a C. Po konzultaci těchto preferencí s odborníky společnosti ŠKODA TRANSPORTATION, a. s., byla zvolena k finálnímu dopracování **varianta B**. Tímto je zakončena v souladu s OMPK (obr. 24) **fáze C** – hodnocení a následuje **fáze D** konstrukčního procesu – sdělování řešení.

4 Konstrukční zpracování a výpočty pro vybrané řešení

4.1 Návrh hrubé stavební struktury TS

Návrh hrubé stavební struktury vychází ze zásadní myšlenky pro celé konstrukční řešení, a to rozdělení konstrukce modulární traverzy do dvou základních logických celků:

1. **Společná část** – celek modulární traverzy, který je svým provedením zaměnitelný (univerzální) v rámci všech třech podvozků, tento celek bude konstruován jako celistvý (s ohledem na tuhost a přesnost traverzy)
2. **Modulární část** – všechny konstrukční uzly, které jsou již specifické pro konkrétní typ podvozku (nebo pro dva typy zároveň), tyto prvky budou spojeny se společnou částí rozebíratelně (šroubové spojení v kombinaci s čepy, případně lisování)

Tyto logické (a zároveň hlavní konstrukční) celky lze dále rozčlenit dle následujícího seznamu (jejich bližší charakteristika následuje v dalších kapitolách):

1. **Společná část**
 - 1.1. Tlaková část (část s vnitřním prostorem pro pracovní médium pneum. vypružení)
 - 1.2. Středová část (s modulem otočného čepu)
2. **Modulární část**
 - 2.1. Modul otočného čepu
 - 2.1.1. Modul 10Ev a 10Ev2
 - 2.1.2. Modul „NIM“
 - 2.2. Modul rozvodů vzduchu
 - 2.2.1. Modul 10Ev a 10Ev2 (rozvody vzduchu „NIM“ je potřeba přetrasovat)
 - 2.3. Modul příčných tlumičů
 - 2.3.1. Modul 10Ev a 10Ev2
 - 2.3.2. Modul „NIM“
 - 2.4. Modul podélných tlumičů
 - 2.4.1. Modul 10Ev
 - 2.4.2. Modul 10Ev2
 - 2.4.3. Modul „NIM“
 - 2.5. Modul svislých tlumičů
 - 2.5.1. Modul 10Ev
 - 2.5.2. Modul 10Ev2
 - 2.5.3. Modul „NIM“
 - 2.6. Modul torzních stabilizátorů
 - 2.6.1. Modul „NIM“ (10Ev a 10Ev2 se připojují přímo ke společné části)
 - 2.7. Modul pneumatických měchů
 - 2.7.1. Modul „NIM“ (10Ev a 10Ev2 se připojují přímo ke společné části)
 - 2.8. Modul příčných náražek
 - 2.8.1. Modul 10Ev
 - 2.8.2. Modul 10Ev2 (koresponduje s modulem 2.4.2)
 - 2.8.3. Modul „NIM“ (koresponduje s modulem 2.4.3)
 - 2.9. Modul spojení podvozku se skříní vozidla
 - 2.9.1. Modul 10Ev a 10Ev2
 - 2.9.2. Modul „NIM“

Variabilní kombinací společné části a příslušných modulů pro konkrétní podvozek tak vznikne finální sestava hlavního příčnicku kompatibilní s daným typem podvozku.

Praktický návrh hrubé stavební struktury proběhl ve 3D CAD softwaru Catia V5 R21 – plošném modeláři „Shapes“ a sestavném „Assembly“ v těchto základních krocích:

1. výběr a uspořádání zástavbových konstrukčních dat (*veškeré komponenty podvozku a skříně vozidla přicházející potenciálně do kontaktu s hlavním příčnickem*)
2. definování výchozího konstrukčního řešení (*dosavadní konstrukční řešení hlavních příčníků, jejichž prvky lze použít pro nové konstrukční řešení*)
3. přesné umístění výchozího konstrukčního řešení do zástavbových dat
4. tvorba plošného modelu nové traverzy včetně její struktury dle definovaného rozčlenění v úvodu kapitoly 4.1 na základě:
 - a. *specifikovaných požadavků na TS (kapitola 3.2)*
 - b. *funkční struktury TS (kapitola 3.3)*
 - c. *organové struktury TS – varianty B (kapitola 3.4)*
 - d. *výchozích konstrukčních řešení a zástavbových dat*

Poznámky k plošným modelům, které jsou použity pro vizualizaci návrhu hrubé stavební struktury:

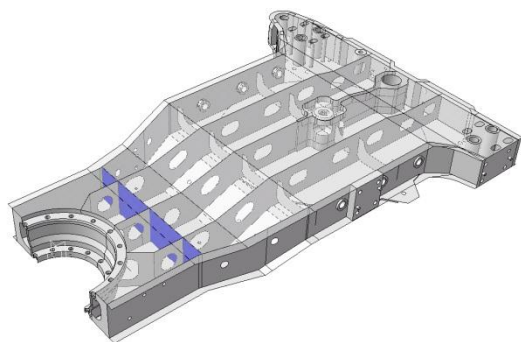
- části z plechu modelovány jako nekonečně tenké plochy, odlitky nebo obrobky definovány i z hlediska tloušťky
- tvary jednotlivých částí pouze předběžné, nezobrazen spojovací materiál
- modely definují předpokládané obálkové rozměry částí (vnější maximální)
- šedé pruhy pod jednotlivými modely znázorňují rovinu temene kolejnice
- modelována pouze polovina modulární traverzy (části na chybějící straně modelu vždy symetricky podle osy x symetrie vozidla, případně rotací kolem vertikální osy z otočného čepu podvozku o 180°)

4.1.1 Tlaková a středová část

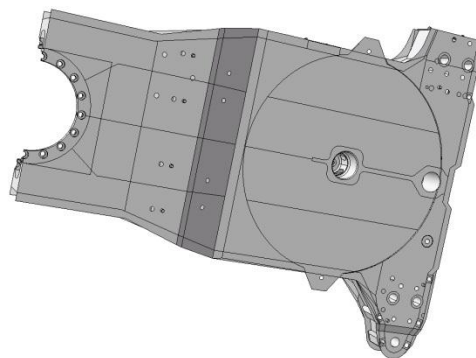
Určujícími faktory pro návrh těchto částí (vzhledem k jednotnosti pro všechny tři typy podvozků) jsou především:

- maximální šířka a výška v různých místech vzhledem ke skříním vozidel
- poloha a tvarování dosedacích ploch pro skříně vozidel
- požadované umístění jednotlivých modulů
- maximální možné zachování (případně rozšíření) vnitřního využitelného objemu tlakové části

Na snímcích jsou tyto části zobrazeny světle šedou barvou (s prosvětlením horní plochy), příčka oddělující tlakovou od středové části pak modře.



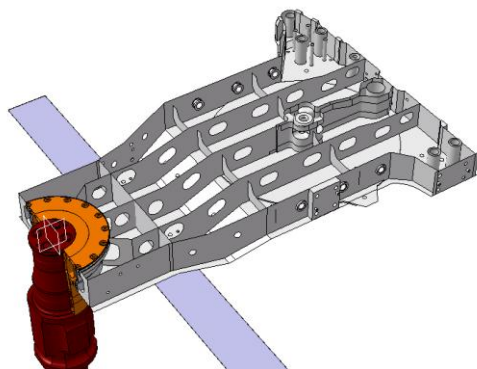
31 – Tlaková a středová část – spodní plocha



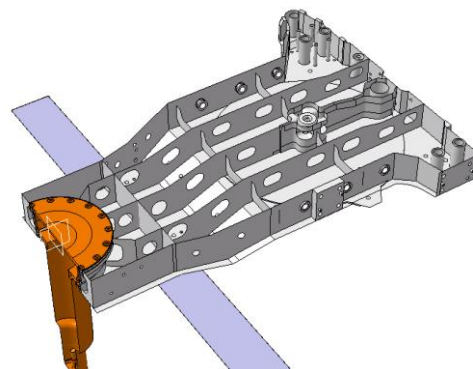
32 – Tlaková a středová část – spodní plocha

4.1.2 Modul otočného čepu

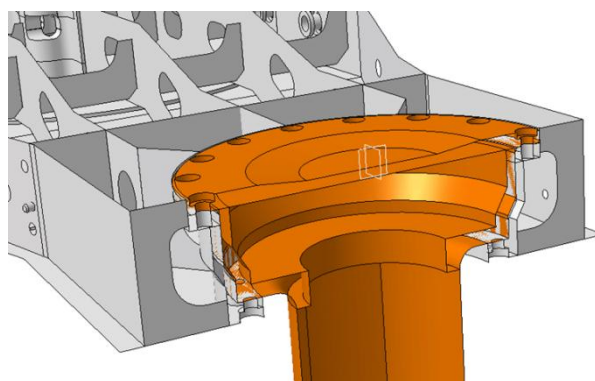
V tomto konstrukčním uzlu bylo nutné navrhnout dva různé výměnné moduly vzhledem k odlišnostem tvarování a uložení otočných čepů (jeden modul současně 10Ev a 10Ev2, druhý pouze pro „NIM“). Moduly jsou na následujících snímcích barevně od středové části odlišeny.



33 – Modul otočného čepu 10Ev, 10Ev2



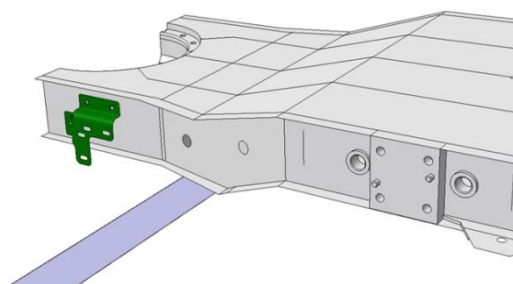
34 – Modul otočného čepu „NIM“



35 – Detail modulu otočného čepu "NIM" – návrh spojení se společnou částí

4.1.3 Modul rozvodů vzduchu

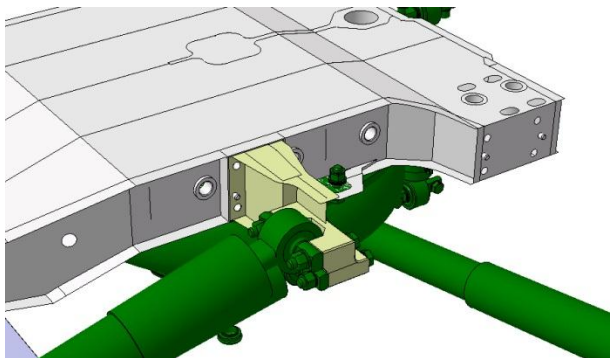
Vzhledem k zásadním odlišnostem pneum. rozvodů pro podvozek „NIM“ oproti ostatním se jeví v tomto případě jako nejvýhodnější navrhnout univerzální uchycení pro 10Ev a 10Ev2 a provést u podvozku „NIM“ přetrasování. Není vhodné tvarovat hlavní příčnick dle pneumatických rozvodů, které lze bez větších komplikací přizpůsobit (toto přizpůsobení není v rámci návrhu modulární traverzy řešeno). Potřebné pneum. prostupy jsou již součástí společné části a konzola vyrovnávacího ventilu (řešena jako sdružená pro 10Ev a 10Ev2 zároveň) je vyznačena na obr. 36 zeleně.



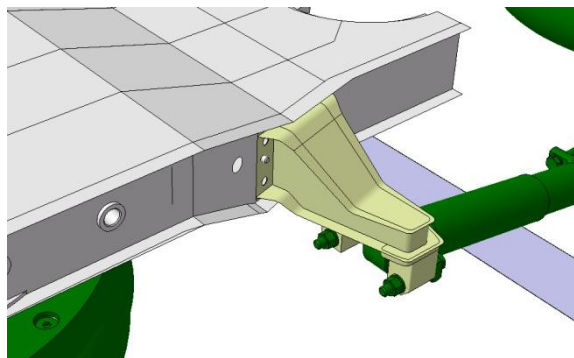
36 – Modul rozvodů vzduchu 10Ev a 10Ev2

4.1.4 Modul příčných tlumičů

Drobné odlišnosti polohy připojení příčných tlumičů pro 10Ev a 10Ev2 řešeny variabilně připojitelnou sdruženou konzolou, odlišnost polohy pro „NIM“ řešena samostatnou připojitelnou konzolou, obě konzoly vyznačeny na obr. níže světle žlutě spolu se sekundárním vypružením jednotlivých variant, ve kterém připojované tlumiče figurují (označeno zeleně).



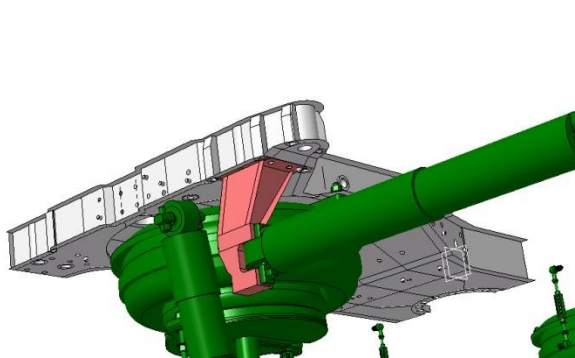
37 – Modul příčných tlumičů 10Ev, 10Ev2



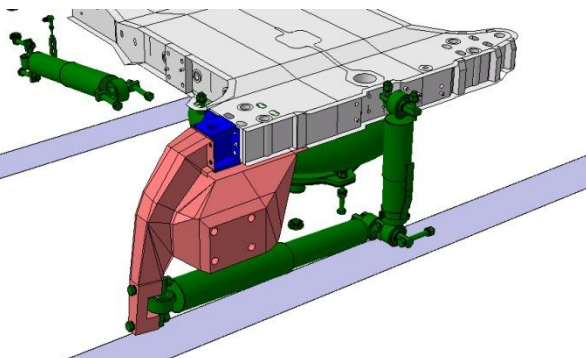
38 – Modul příčných tlumičů „NIM“

4.1.5 Modul podélných tlumičů

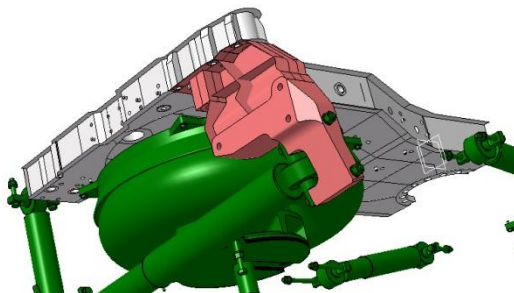
Odlišnosti parametrů připojení podélných tlumičů a jejich umístění musí být řešeno třemi samostatnými moduly (vyměnitelnými konzolami pro připojení). Na následujících obrázcích vyznačeny vždy růžově spolu se sekundárním vypružením jednotlivých variant, ve kterém připojované tlumiče figurují (označeno zeleně).



39 – Modul podélných tlumičů 10Ev



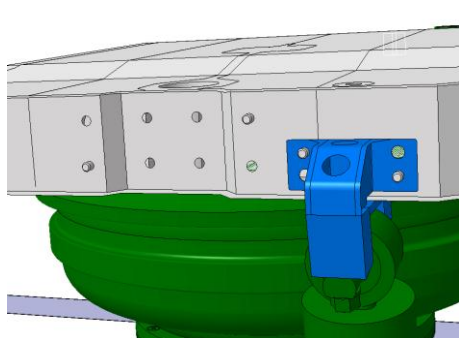
40 – Modul podélných tlumičů 10Ev2



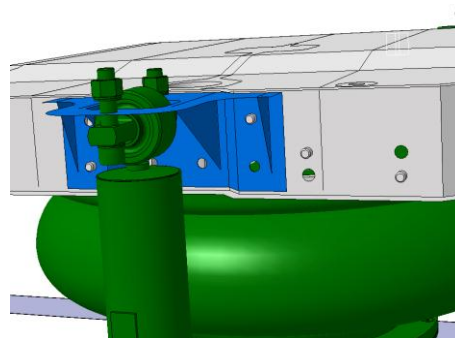
41 – Modul podélných tlumičů „NIM“

4.1.6 Modul svislých tlumičů

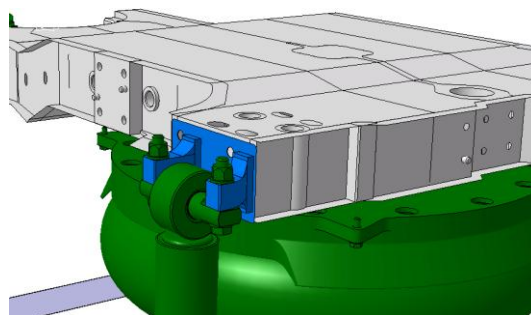
Odlišnosti pozice připojení svislých tlumičů musí být taktéž řešeny pro každou finální sestavu modulární traverzy samostatnou variabilně připojitelnou konzolou. Níže na obrázcích jsou tyto konzoly modře zvýrazněny, taktéž se zeleně vyznačeným sekundárním vypružením dané varianty.



42 – Modul svislých tlumičů 10Ev



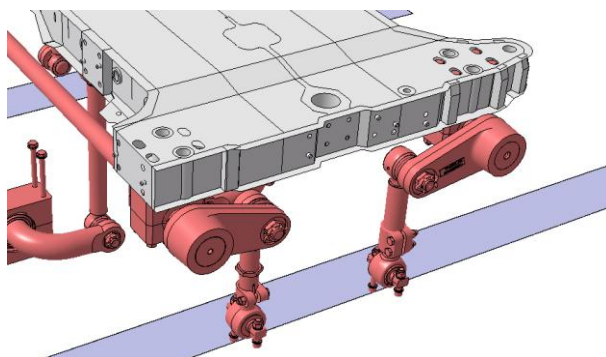
43 – Modul svislých tlumičů 10Ev2



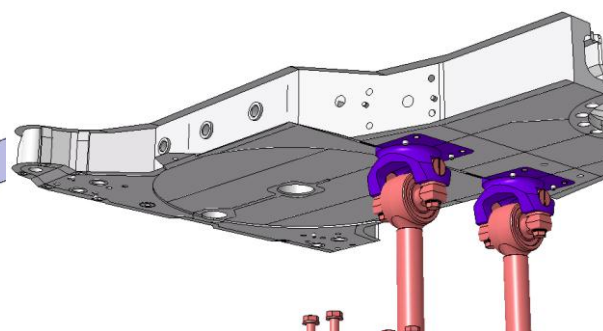
44 – Modul svislých tlumičů „NIM“

4.1.7 Modul torzních stabilizátorů

V rámci hlavních příčníků pro 10Ev a 10Ev2 se torzní stabilizátory šroubují přímo do společné – tlakové části. Odlišnosti pozic stabilizátorů (vpředu x vzadu) jsou řešeny závity pro připojení na obou stranách (na obr. 45 vyobrazeny současně obě dvě varianty pozic stabilizátorů růžově). Pro traverzu „NIM“ je nutné vzhledem k poloze a charakteru připojovacích míst zavést přídatné konzoly – na obr. 46 vyznačeno fialově spolu se stabilizátory „NIM“ (růžově).



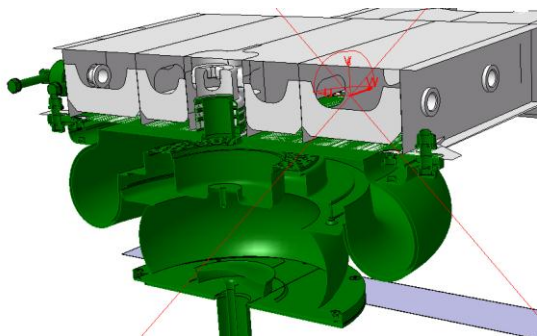
45 – Modul torzních stabilizátorů 10Ev, 10Ev2



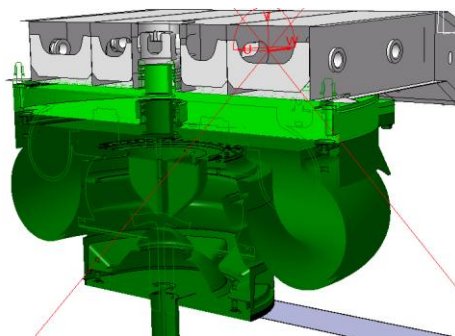
46 – Připojení torzních stabilizátorů „NIM“

4.1.8 Modul pneumatických měchů

V případě připojení pneumatických měchů nastává obdobná situace. Pneum. měchy pro 10Ev a 10Ev2 je možné spojit přímo s tlakovou částí modulární traverzy. Pro pneum. měchy „NIM“ je nutné vzhledem ke kompenzaci výšky modulárního příčnicku oproti „NIM“ (113 mm) vložit redukci, která zajistí mech. i pneum. propojení s pneumatického měchu s tlakovou částí modulárního příčnicku. Navíc bude vhodné touto redukcí pro „NIM“ rozšířit objem pomocného vzduchojemu pro pneum. vypružení. Následující snímky zobrazují připojení pneum. měchů k modulární traverze v případě 10Ev a 10Ev2 a v případě „NIM“ (redukce vyznačena světle zeleně).



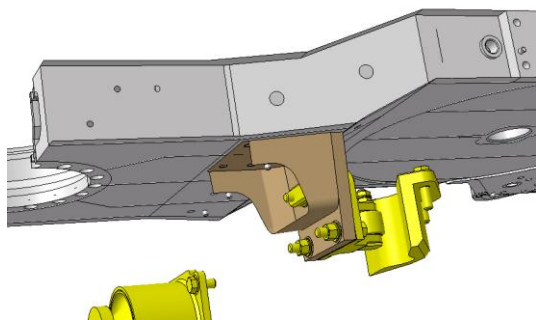
47 – Připojení pneum. měchů 10Ev, 10Ev2



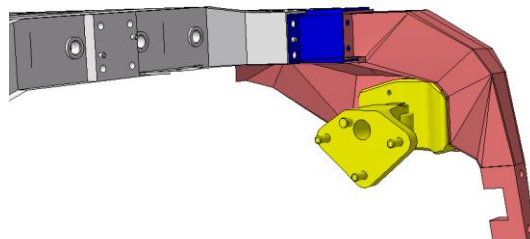
48 – Modul pneum. měchů "NIM"

4.1.9 Modul příčných nárazek

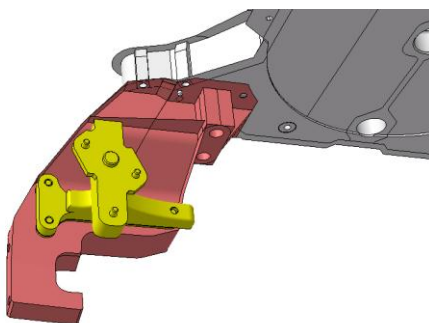
Příčné nárazky jsou připojeny v případě příčnicků 10Ev2 a „NIM“ na modulech pro podélné tlumiče (nárazky žlutě vyznačeny). V případě traverzy pro 10Ev je nutno zavést připojitelné konzoly ve střední části příčnicku – konzola vyznačena světle hnědou barvou, nárazky žlutě.



49 – Modul příčných nárazek 10Ev



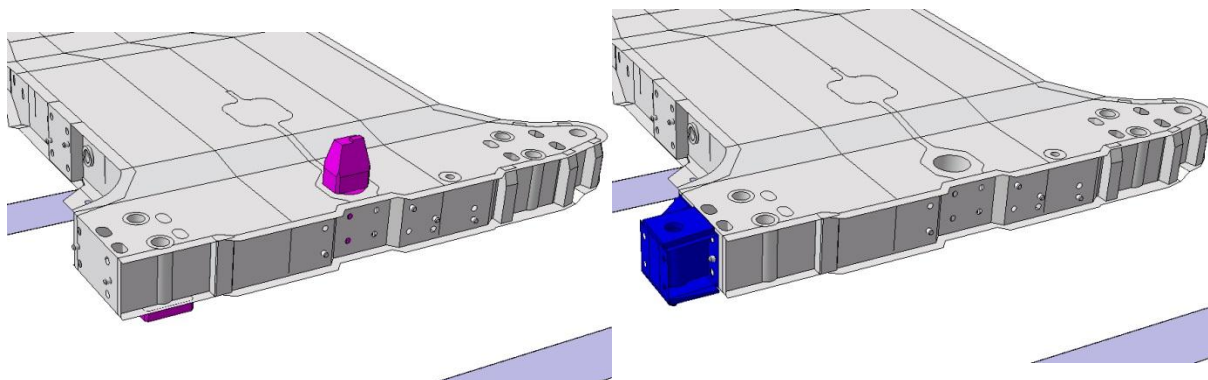
50 – Připojení příčných nárazek 10Ev2



51 – Připojení příčných nárazek "NIM"

4.1.10 Modul spojení podvozku se skříní vozidla

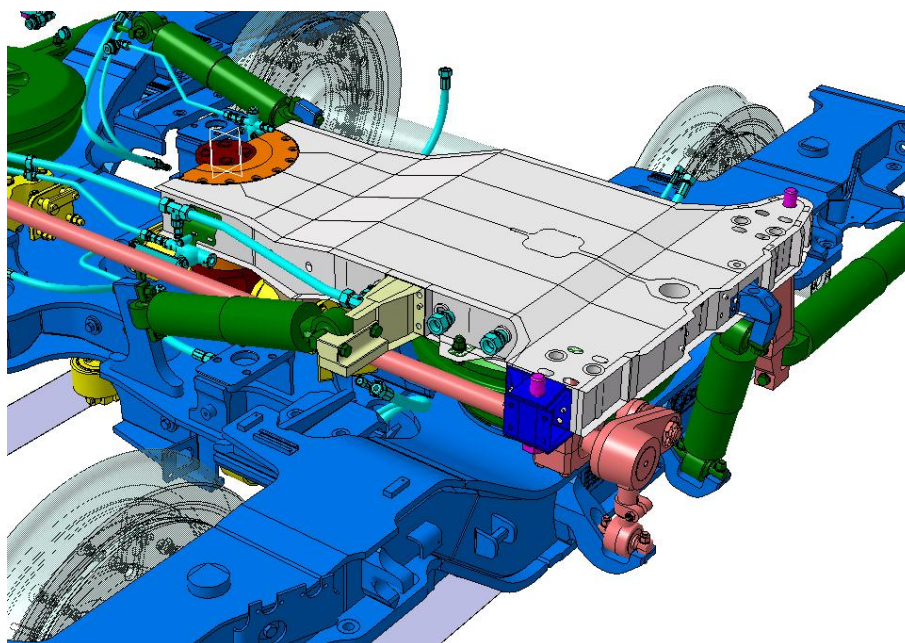
V tomto konstrukčním uzlu je nutné vyřešit odlišnost řešení u podvozku pro „NIM“ od ostatních. Hlavní odlišností je inverzní uspořádání spojení (u původní traverzy pro „NIM“ vystupuje tvarový čep z traverzy, v traverzách 10Ev a 10Ev2 jsou téměř na shodných pozicích otvory pro čep). Z toho důvodu přibude v případě modulární traverzy pro „NIM“ redukční čep, jak je naznačeno růžově na snímku níže. V případě traverzy pro 10Ev a 10Ev2 je spojení se skříní vozidla realizováno vzájemně zaměnitelným způsobem, tedy čepy ze skříně vozidla a jistění šrouby. Díry pro jistící šrouby v případě všech alternativ modulární traverzy prochází společnou částí instalovány pro všechna řešení současně. Pro 10Ev a 10Ev2 je navíc potřeba vytvořit připojitelnou redukci (tmavě modře), která zamezí kolizi modulární traverzy s tlumiči svislých kmitů v případě uspořádání pro „NIM“.



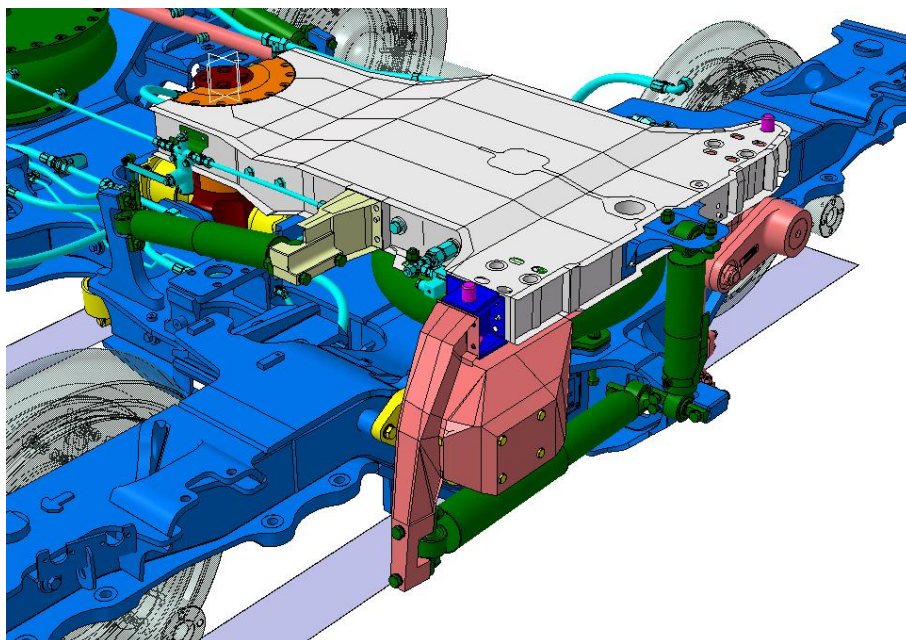
52 – Modul spojení podvozku se skříní vozidla "NIM"

53 – Modul redukce pro "NIM"

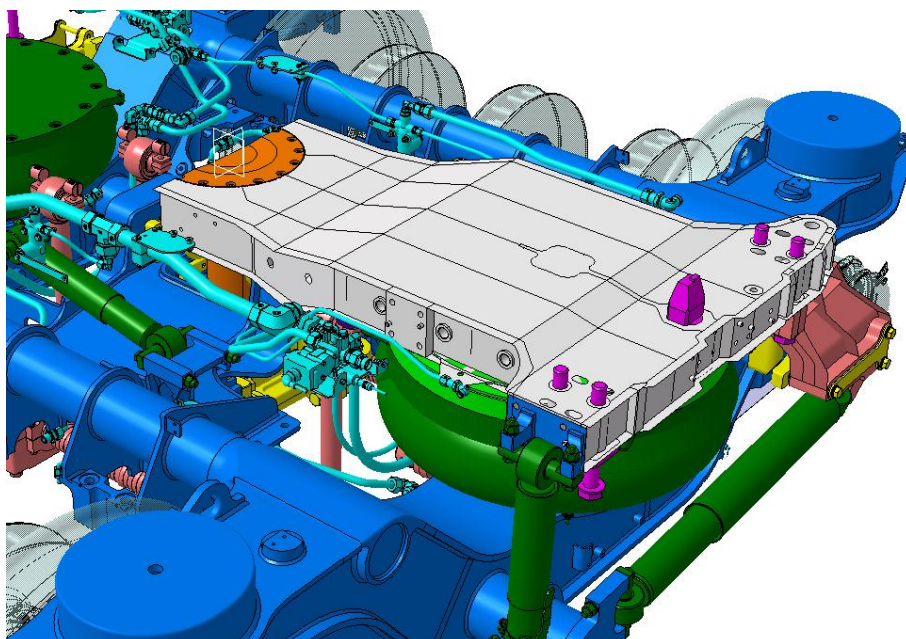
4.1.11 Celkový snímek návrhu hrubé stavební struktury



54 – Celkový pohled na navrženou hrubou stavební strukturu (se zástavbou) pro modulární traverzu v uspořádání pro 10Ev



55 – Celkový pohled na navrženou hrubou stavební strukturu (se zástavbou) pro modu-
lární traverzu v uspořádání pro 10Ev2



56 – Celkový pohled na navrženou hrubou stavební strukturu (se zástavbou) pro modu-
lární traverzu v uspořádání pro „NIM“

4.2 Návrh úplné stavební struktury TS

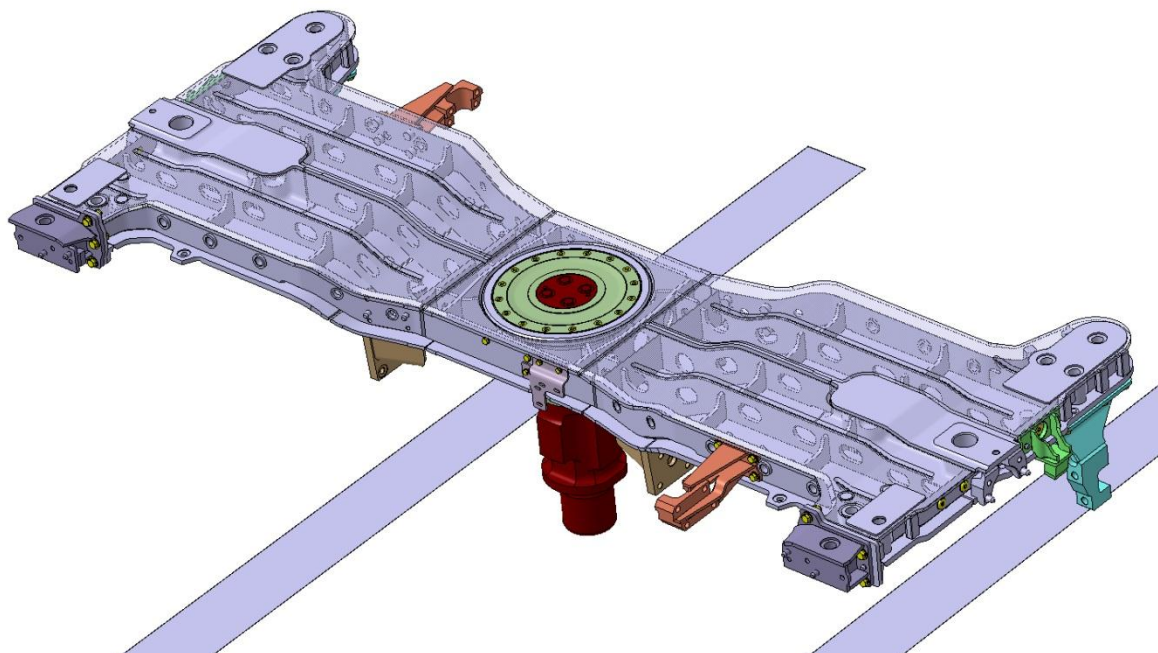
Návrh úplné stavební struktury modulární traverzy vznikl využitím plošného modelu hrubé stavební struktury s ohledem na následující hlavní aspekty:

- vyrobiteľnosť a smontovateľnosť (u modulů také demontovatelnost)
- předpokládaná technologie výroby
- použité materiály, korozní odolnost
- svařitelnost jednotlivých uzlů
- přesné rozměry a pozice jednotlivých dílů
- tuhost a pevnost
- definovaný spojovací materiál

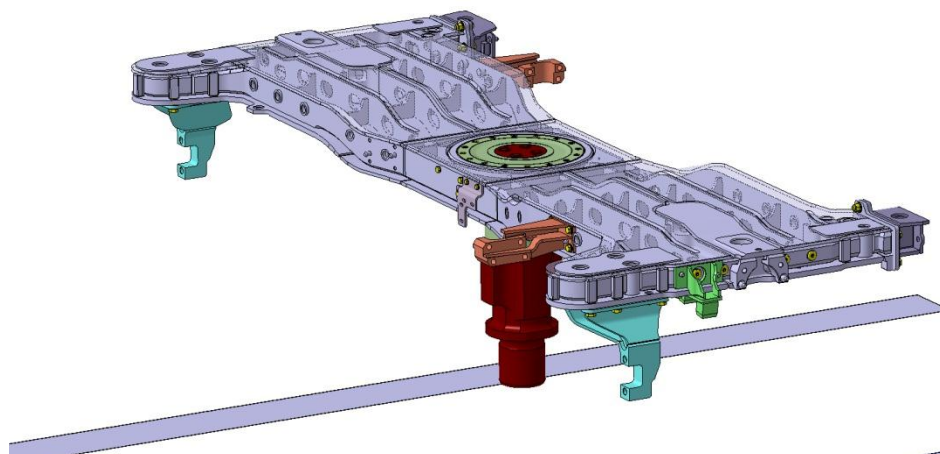
S ohledem na snadné porovnání mezi hrubou a úplnou stavební strukturou jsou jako první zařazeny celkové pohledy na úplnou stavební strukturu, poté následují podkapitoly charakterizující jednotlivé konstrukční uzly modulární traverzy.

4.2.1 Celkové snímky úplné stavební struktury

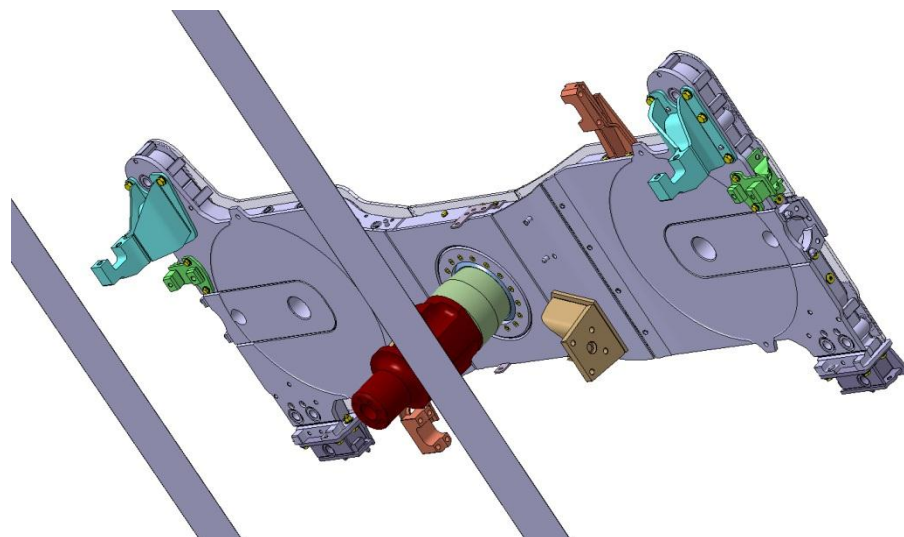
Následující snímky zobrazují celkové pohledy na modely úplné stavební struktury vytvořené pomocí modulů 3D CAD softwaru Catia V5 R21 „Shapes“, „Assembly“, „Part“ a „Sheetmetal“. Nejprve jsou zobrazeny modifikace traverzy pro 10Ev, poté 10Ev2 a závěrem pak pro „NIM“. Společná část spolu s TK jsou zobrazeny světle šedou barvou (v rámci jednotlivých modifikací se nemění), jednotlivé moduly jsou pak barevně odlišeny. Spojovací materiál je vyznačen vždy žlutě. Na horní plochu společné části je nastavena průhlednost, aby byla zřejmá i vnitřní struktura traverzy.



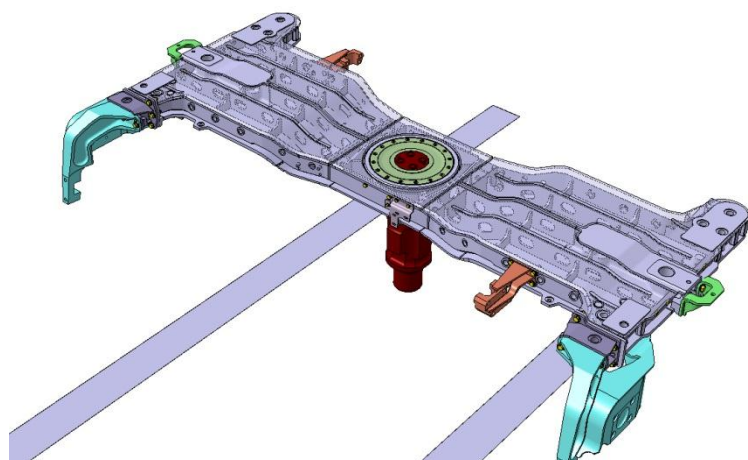
57 – Modulární traverza pro 10Ev – úplná stavební struktura – pohled 1



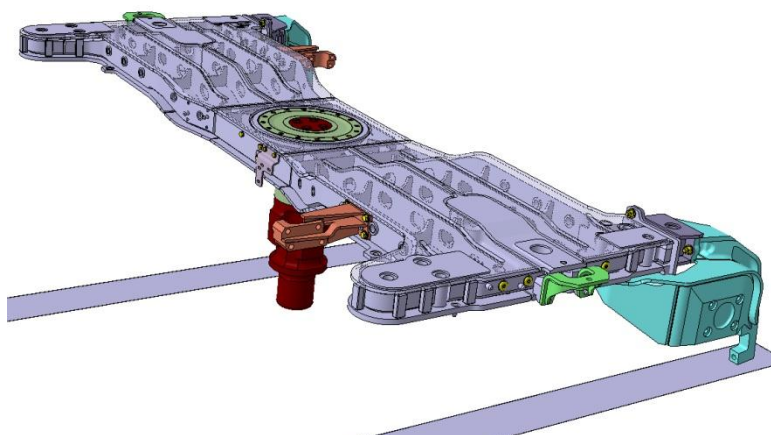
58 – Modulární traverza pro 10Ev – úplná stavební struktura – pohled 2



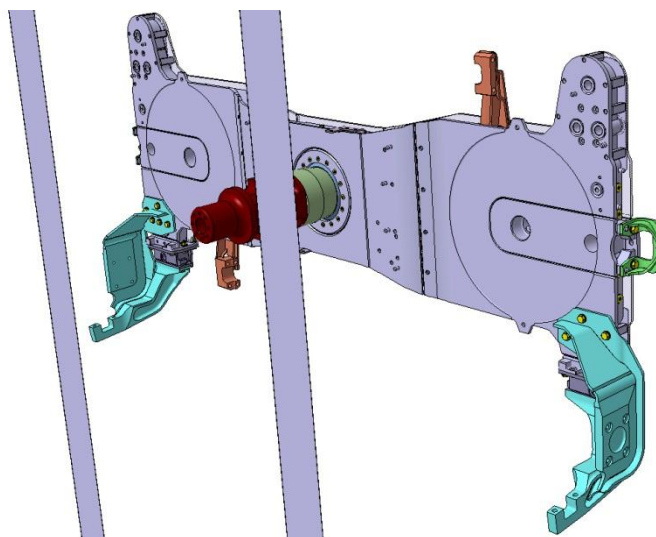
59 – Modulární traverza pro 10Ev – úplná stavební struktura – pohled 3



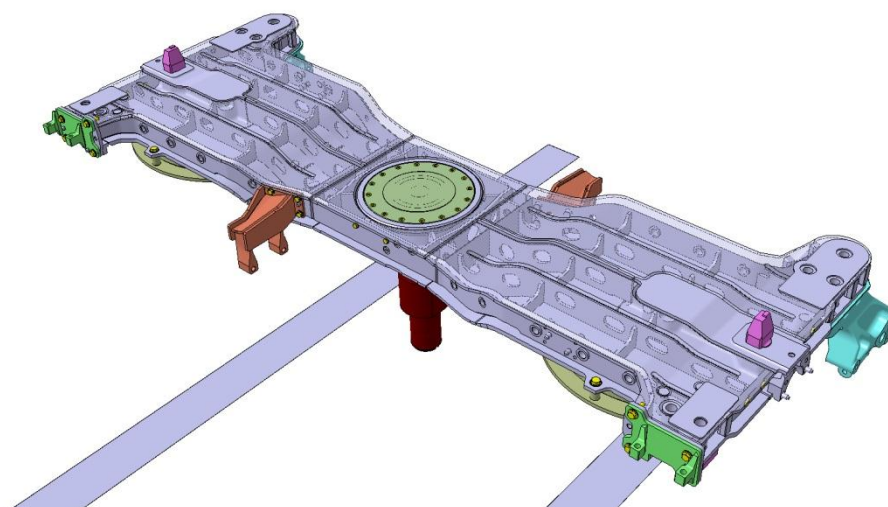
60 – Modulární traverza pro 10Ev2 – úplná stavební struktura – pohled 1



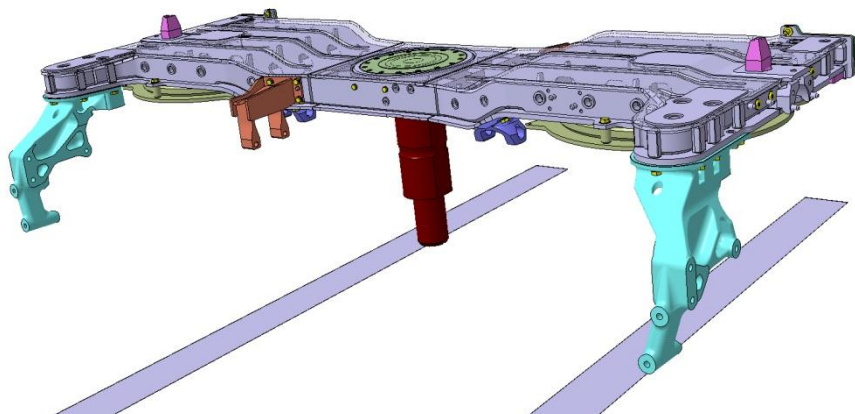
61 - Modulární traverza pro 10Ev2 – úplná stavební struktura – pohled 2



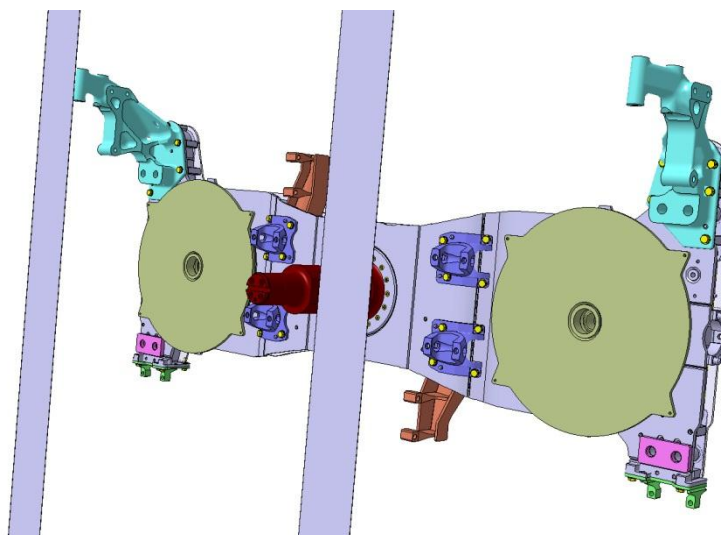
62 – Modulární traverza pro 10Ev2 – úplná stavební struktura – pohled 3



63 – Modulární traverza pro "NIM" – úplná stavební struktura – pohled 1



64 – Modulární traverza pro "NIM" – úplná stavební struktura – pohled 2



65 – Modulární traverza pro "NIM" – úplná stavební struktura – pohled 3

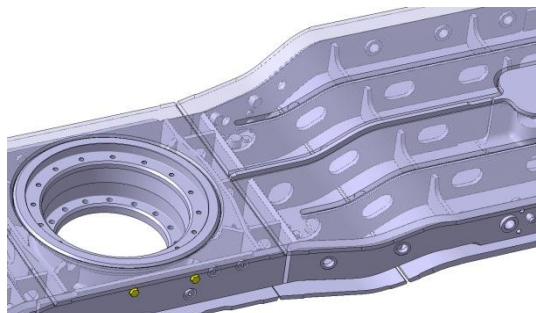
Následují předběžné charakteristiky a náhledy jednotlivých částí navržené úplné stavební struktury modulární traverzy doplněné o specifikaci materiálů, obrábění a svařování. Rozměry budou specifikovány přímo v rámci výkresové dokumentace.

4.2.2 Společná část

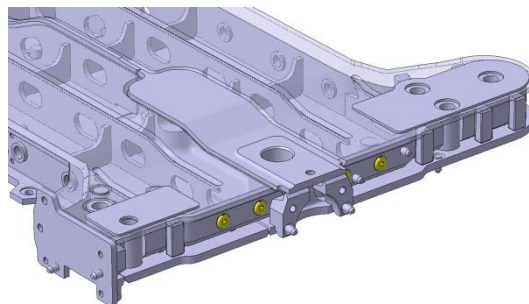
Tato část je navržena jako svařenec převážně z vypálených ohýbaných nebo rovných plechů tloušťky od 10 do 16 mm. Přípojné místo pro otočný čep tvoří kruhová soustružená příruba, která je svařena po celém obvodu s pásnicemi a dodatečně vyztužena čtyřmi stojinami. V přírubě je frézováno celkem 32 závitů M12 pro připojení modulu otočného čepu. Tlaková část od středové je oddělena stojinou. Všechny průchody pro rozvody vzduchu jsou řešeny vevařením trubek s vytvořeným válcovým závitem. Taktéž závity pro připojení jednotlivých modulů (neprůchozí) jsou řešeny vevařenými kruhovými tyčemi, do kterých je frézován metrický závit až po zavaření do stěny. Všechny dosedací plochy pro připojené moduly jsou obrobené.

Díl s otvorem pro čepové spojení traverzy se skříní vozidla a zároveň s otvorem pro pneumatické spojení se sekundárním vypružením může být pojmenován jako páteř příčnicku. Tato

páteř je z důvodu únosnosti navržena jako výkovek (s mírnými úpravami je převzata z původní traverzy pro 10Ev2) zavařený pomocí vodorovných lemů a přilehlých svislých výztuh do tlakové části.

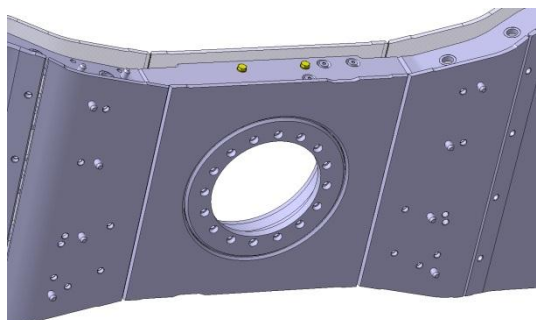


66 – Společná část – úplná stavební struktura 1

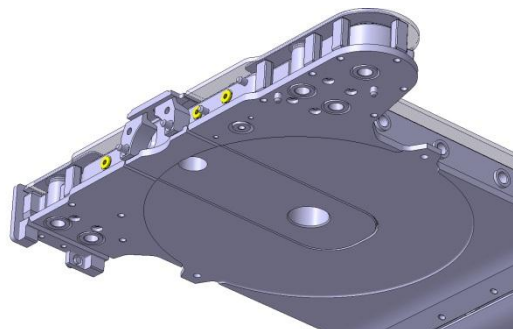


67 – Společná část – úplná stavební struktura 2

Horní plocha páteře je frézována a spolu s navařenými plechy na krajních větvích horní pásnice tvoří dosedací plochy pro skříň vozidla. V krajních větvích jsou také trubkové průchody pro pojistné šrouby spojení podvozku se skříní vozidla. Z obrobených tlustých plechů jsou vytvořeny přírby pro moduly svislých tlumičů, na spodních plochách krajních větví jsou pak vytvořeny obrobené dosedací plochy pro moduly podélných tlumičů, mezi spodní a horní pásnicí jsou v těchto místech navařeny hranoly pro možnost vyfrézování závitů.



68 – Společná část – úplná stavební struktura 3



69 – Společná část – úplná stavební struktura 4

Oblast charakteristiky	Charakteristika
Použité materiály	S355NL
Svařování – obecně	<ul style="list-style-type: none"> metoda 135 – MAG, certifikační úroveň svařování dle EN 15085 – CL 1, třída provedení svaru CP C2 tlaková část zavařena vzduchotěsně, vzduchotěsnost musí být ověřena tlakovou zkouškou
Svařování – druhy svarů	<ul style="list-style-type: none"> svary koutové (část pásnic a stojiny), svary žlábkové (horní část příčných výztuh) svary Y, případně ½Y (převážně pásnice)

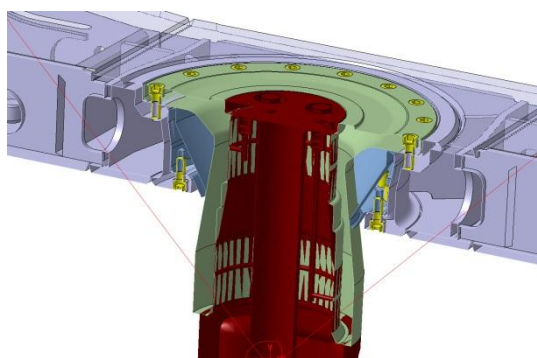
Tabulka 14 – Charakteristika vybraných parametrů společné části (1/2)

Obráběné plochy a metody obrábění	<ul style="list-style-type: none"> • plošné frézování – všechny dosedací plochy přírub modulů, dosedací plochy vzduchových pružin, dosedací plochy skříně vozidla • vrtání – díry předvrtané pro vytvoření závitu, díry pro čep spojení podvozku se skříní vozidla • frézování závitů, frézování přesahů svarových spojů • broušení – dosedací plochy a lícované otvory, svary • zahlubování – vstupní hrany otvorů pro šrouby a čepy • řezání laserem – dělení plechů
Povrchové úpravy	<ul style="list-style-type: none"> • vnější část – tryskání + organický nátěr • vnitřní část – nátěr pro vzduchotěsné uzavření tlakové části (uzavírající drobné zbylé póry po svaření)

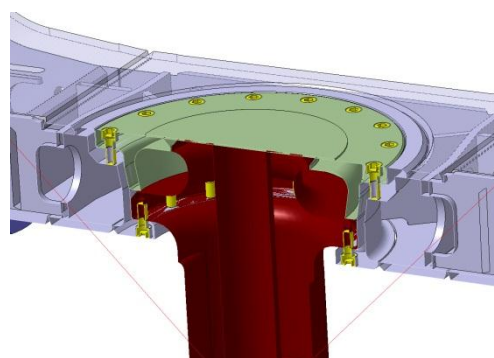
Tabulka 15 – Charakteristika vybraných parametrů společné části (2/2)

4.2.3 Modul otočného čepu

Modul pro 10Ev a 10Ev2 je navržen jako pouzdro s plochami pro nalisování otočného čepu spojeného se společnou částí pomocí dvou přírub s celkem 32 šrouby M12 a lícované kuželové plochy. Pouzdro je svařenec ze dvou soustružených rotačních částí s tloušťkou stěn od 12 do 25 mm. Modul pro „NIM“ se skládá z otočného čepu přímo svařeného s rotační přírubou a stejným způsobem jako pro 10Ev a 10Ev2 pak uchyceného do společné části.



70 – Modul otočného čepu 10Ev, 10Ev2 – úplná stavební struktura



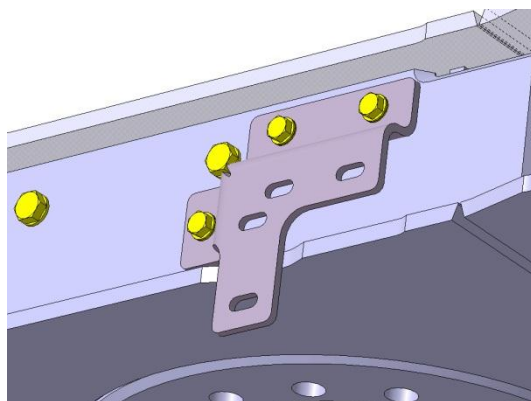
71 – Modul otočného čepu "NIM" – úplná stavební struktura

Oblast charakteristiky	Charakteristika
Použité materiály	S355NL
Svařování – obecně	metoda 135 – MAG, certifikační úroveň svařování dle EN 15085 – CL 1, třída provedení svaru CP C2
Svařování – druhy svarů	svary Y a ½V
Obráběné plochy a metody obrábění	<ul style="list-style-type: none"> • vrtání – díry předvrtané pro vytvoření závitu • frézování závitů a zahlubování • broušení – dosedací plochy • soustružení
Povrchové úpravy	<ul style="list-style-type: none"> • vnější část – tryskání + organický nátěr • vnitřní část – konzervační vosk

Tabulka 16 – Charakteristika vybraných parametrů modulu otočného čepu

4.2.4 Modul rozvodů vzduchu

Pro 10Ev a 10Ev2 je modul řešen jako ohýbaný výpalek z plechu tloušťky 5 mm, pro „NIM“ tento modul není navržen (viz kap. 4.1.3). Jištění šroubového spoje je provedeno zajišťovací dvojicí podložek Nord-Lock.



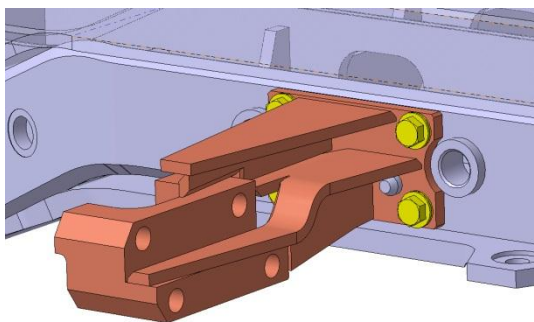
72 – Modul rozvodů vzduchu 10Ev, 10Ev2 – úplná stavební struktura

Oblast charakteristiky	Charakteristika
Použité materiály	1.4301
Svařování – obecně	–
Svařování – druhy svarů	–
Obráběné plochy a metody obrábění	<ul style="list-style-type: none"> • dělení plechů a zhotovení drážek laserem • vrtání otvorů
Povrchové úpravy	–

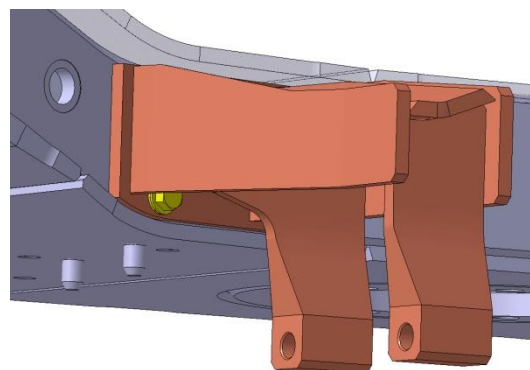
Tabulka 17 – Charakteristika vybraných parametrů modulu rozvodů vzduchu

4.2.5 Modul příčných tlumičů

Realizace návrhu je pro všechny tři modifikace modulární traverzy obdobná – konzola je svařena z plechů tloušťky 8 mm a obrobených desek, ve kterých jsou vyvrtané průchozí otvory pro šrouby tlumičů. Šroubové spojení čtyřmi šrouby M14 v kombinaci se dvěma čepy Ø 15 mm je jištěno podložkami Nord-Lock.



73 – Modul příčných tlumičů 10Ev a 10Ev2 – úplná stavební struktura



74 – Modul příčných tlumičů „NIM“ – úplná stavební struktura

Oblast charakteristiky	Charakteristika
Použité materiály	S355NL
Svařování – obecně	metoda 135 – MAG, certifikační úroveň svařování dle EN 15085 – CL 1, třída provedení svaru CP C2
Svařování – druhy svarů	svary Y a ½V
Obráběné plochy a metody obrábění	<ul style="list-style-type: none"> • vrtání a zahlubování • broušení – dosedací plochy • řezání plechů laserem
Povrchové úpravy	tryskání + organický nátěr

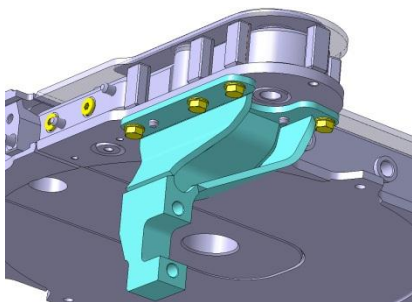
Tabulka 18 – Charakteristika vybraných parametrů modulu příčných tlumičů

4.2.6 Modul podélných tlumičů

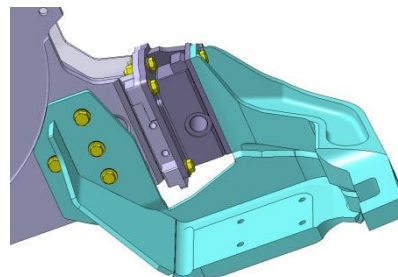
Pro modul podélných tlumičů 10Ev platí analogická charakteristika s modulem příčných tlumičů, pouze tloušťka plechů je 10 mm a hranol s otvory pro připojení tlumiče je pro zvýšení únosnosti navržen jako výkovek.

V případě 10Ev2 je celé rameno navržené jako výkovek, počet šroubových spojení je vyšší (osm šroubů M16 + dva čepy Ø 15 mm) i vzhledem k tomu, že modul podélných tlumičů plní zároveň funkci modulu příčných nárazek. Deska pro připojení příčných nárazek je také navržena jako výkovek a je svařena s ramenem, výztužným žebrem tloušťky 10 mm a pásnicí, která funguje také jako dosedací plocha spojení, které je u toho modulu realizováno ve vertikální i horizontální rovině.

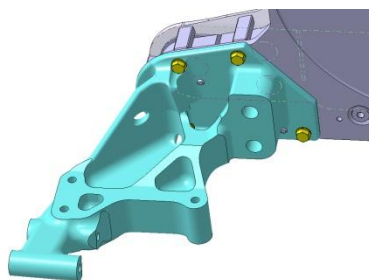
Modul pro „NIM“ je vzhledem ke tvarové složitosti a značnému dynamickému namáhání navržen jako odlitek. Platí pro něj stejné spojení funkcí jako u modulu pro 10Ev2, jeho poloha je navíc jištěna i šrouby pro spojení podvozku se skříní vozidla.



75 – Modul podélných tlumičů 10Ev – úplná stavební struktura



76 – Modul podélných tlumičů 10Ev2 – úplná stavební struktura



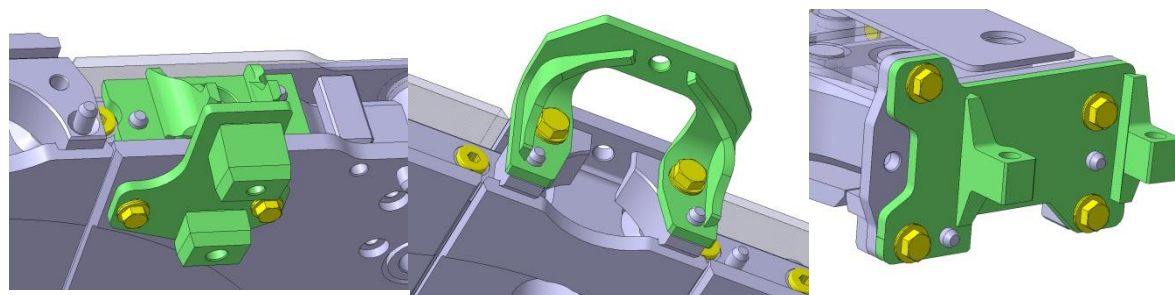
77 – Modul podélných tlumičů "NIM" – úplná stavební struktura

Oblast charakteristiky	Charakteristika
Použité materiály	S355NL, G20Mn5+N (odlitek)
Svařování – obecně	metoda 135 – MAG, certifikační úroveň svařování dle EN 15085 – CL 1, třída provedení svaru CP C2
Svařování – druhy svarů	svary Y a ½V
Obráběné plochy a metody obrábění	<ul style="list-style-type: none"> • vrtání a zahlubování • broušení – dosedací plochy • řezání plechů laserem • frézování hranolů a dosedacích ploch
Povrchové úpravy	tryskání + organický nátěr

Tabulka 19 – Charakteristika vybraných parametrů modulu podélných tlumičů

4.2.7 Modul svislých tlumičů

Moduly svislých tlumičů jsou realizovány pomocí konzol svařených z ohýbaných plechů tloušťky 10 mm a obrobených desek s průchozími otvory pro šrouby svislých tlumičů. Šroubové spojení (M14 / M16) je jako v případě většiny ostatních modulů jištěno podložkami Nord-Lock.



78 – Modul svislých tlumičů 10Ev – úplná stavební struktura

79 – Modul svislých tlumičů "NIM" – úplná stavební struktura

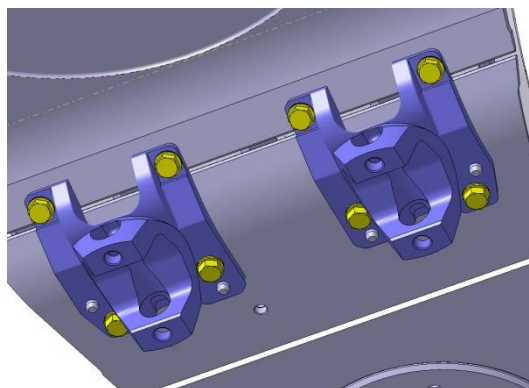
80 – Modul svislých tlumičů 10Ev2 – úplná stavební struktura

Oblast charakteristiky	Charakteristika
Použité materiály	S355NL
Svařování – obecně	metoda 135 – MAG, certifikační úroveň svařování dle EN 15085 – CL 1, třída provedení svaru CP C2
Svařování – druhy svarů	svary Y a ½V, koutové svary
Obráběné plochy a metody obrábění	<ul style="list-style-type: none"> • vrtání a zahlubování • broušení – dosedací plochy • řezání plechů laserem • frézování hranolů a dosedacích ploch
Povrchové úpravy	tryskání + organický nátěr

Tabulka 20 – Charakteristika vybraných parametrů modulu svislých tlumičů

4.2.8 Modul torzních stabilizátorů

Tato část platí pouze pro modifikaci „NIM“, u 10Ev a 10Ev2 jsou torzní stabilizátory upevněny přímo ke společné části. Modul je tvořen čtyřmi shodnými odlitky, které se připevňují vždy čtyřmi šrouby M16 a dvěma čepy Ø 15 mm ke spodní pásnici společné části. Spojení je opět pojištěno podložkami Nord-Lock.



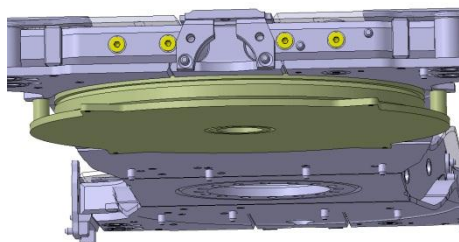
81 – Modul torzních stabilizátorů "NIM" – úplná stavební struktura

Oblast charakteristiky	Charakteristika
Použité materiály	G20Mn5+N
Svařování – obecně	–
Svařování – druhy svarů	–
Obráběné plochy a metody obrábění	<ul style="list-style-type: none"> • vrtání a zahlubování • broušení – dosedací plochy • frézování dosedacích ploch
Povrchové úpravy	tryskání + organický nátěr

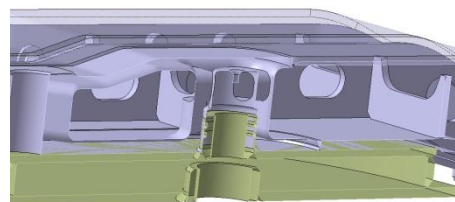
Tabulka 21 – Charakteristika vybraných parametrů modulu torzních stabilizátorů

4.2.9 Modul pneumatických měchů

Opět jako v předešlé kapitole platí tato část pouze pro „NIM“, kde je navržena svařovaná redukce z rovných a skružených plechů tloušťek 8 – 12 mm. Redukce je určena k pneumatickému a mechanickému spojení se vzduchovými pružinami „NIM“, uvnitř poskytne dodatečný objem pro tlakový vzduch a v horní části se napojí mechanicky i pneumaticky na tlakovou část modulární traverzy.



82 – Modul pneumatických měchů "NIM" – úplná stavební struktura 1



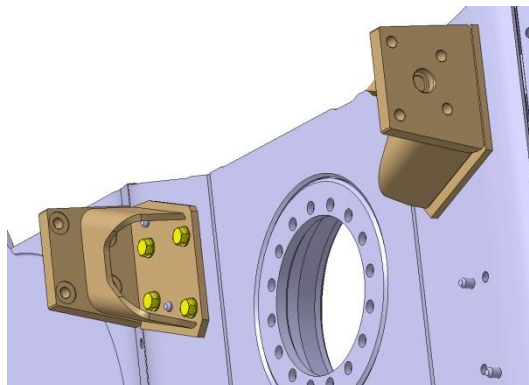
83 – Modul pneumatických měchů "NIM" – úplná stavební struktura 2

Oblast charakteristiky	Charakteristika
Použité materiály	S355NL
Svařování – obecně	metoda 135 – MAG, certifikační úroveň svařování dle EN 15085 – CL 1, třída provedení svaru CP C2
Svařování – druhy svarů	svary Y a ½Y
Obráběné plochy a metody obrábění	<ul style="list-style-type: none"> • vrtání a zahlubování • broušení – dosedací plochy • řezání plechů laserem • soustružení
Povrchové úpravy	<ul style="list-style-type: none"> • vnější část – tryskání + organický nátěr • vnitřní část – nátěr pro vzduchotěsné uzavření tlakové části (uzavírající drobné zbylé póry po svaření)

Tabulka 22 – Charakteristika vybraných parametrů modulu pneumatických měchů

4.2.10 Modul příčných narážek

Tento modul je použit pouze u 10Ev, ostatní modifikace jsou zahrnuty v modulech podélných tlumičů. Modul je tvořený konzolami svařenými z plechů tloušťky 10 mm a obrobené desky, která slouží k připojení dorazů příčných narážek.



84 – Modul příčných narážek 10Ev – úplná stavební struktura

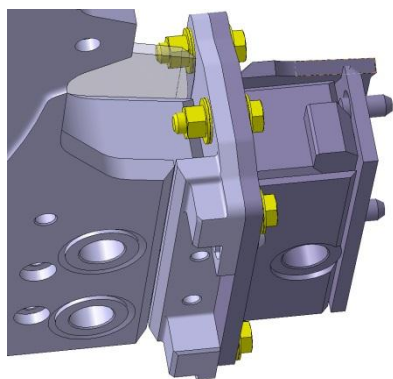
Oblast charakteristiky	Charakteristika
Použité materiály	S355NL
Svařování – obecně	metoda 135 – MAG, certifikační úroveň svařování dle EN 15085 – CL 1, třída provedení svaru CP C2
Svařování – druhy svarů	svary ½Y a ½V
Obráběné plochy a metody obrábění	<ul style="list-style-type: none"> • vrtání a zahlubování • broušení – dosedací plochy • řezání plechů laserem • frézování desky a dosedacích ploch
Povrchové úpravy	tryskání + organický nátěr

Tabulka 23 – Charakteristika vybraných parametrů modulu příčných narážek

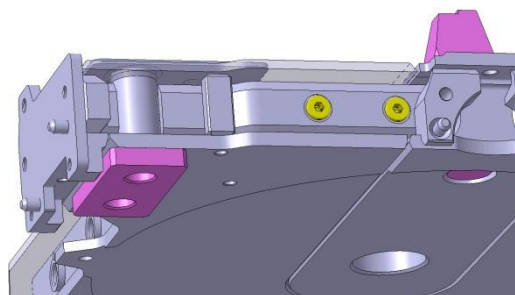
4.2.11 Modul spojení podvozku se skříní vozidla

Tento modul se pro modifikace 10Ev a 10Ev2 skládá pouze z redukčního členu, který je svařen z plechů tloušťky 10 mm. Na tento redukční člen se v případě 10Ev2 připojí modul podélného tlumiče, v případě 10Ev pak tímto modulem pouze prochází pojistný šroub spojení podvozku se skříní vozidla, na který je v modulu zhotovena trubková průchodka. Příruba pro modul podélného tlumiče 10Ev2 je navržena jako obráběná deska se závity a potřebnými otvory pro čepy.

Pro modifikaci „NIM“ se tento modul skládá z redukčního čepu 10Ev2 / „NIM“ a podložky pro šroubové spojení podvozku se skříní vozidla. Redukční člen je navržen jako frézovaný obrobek, podložka je rovinný výpalek z plechu (20 mm).



85 – Modul spojení podvozku se skříní vozidla 10Ev a 10Ev2 – úplná stavební struktura



86 – Modul spojení podvozku se skříní vozidla "NIM" – úplná stavební struktura

Oblast charakteristiky	Charakteristika
Použité materiály	S355NL
Svařování – obecně	metoda 135 – MAG, certifikační úroveň svařování dle EN 15085 – CL 1, třída provedení svaru CP C2
Svařování – druhy svarů	svary ½Y a ½V
Obráběné plochy a metody obrábění	<ul style="list-style-type: none"> • vrtání a zahlubování • broušení – dosedací plochy • řezání plechů laserem • frézování desky, redukčního čepu a dosedacích ploch
Povrchové úpravy	tryskání + organický nátěr / konzervační vosk

Tabulka 24 – Charakteristika vybraných parametrů modulu spojení podvozku se skříní vozidla

4.3 Výpočty a kontrola

Pevnostní výpočty navržené modulární traverzy proběhnou dle normy ČSN EN 13749. Tato norma specifikuje konstrukční požadavky na rámy podvozků kolejových vozidel včetně návrhových zatížení a jejich kombinací doporučených při analytických výpočtech. Při specifikaci zatížení je třeba definovat referenční hmotnosti vozidla dle normy ČSN EN 15663. Dále má být respektována norma ČSN EN 15085-3, která stanovuje konstrukční požadavky na svařování železničních kolejových vozidel a jejich částí. Zohledněna bude také norma

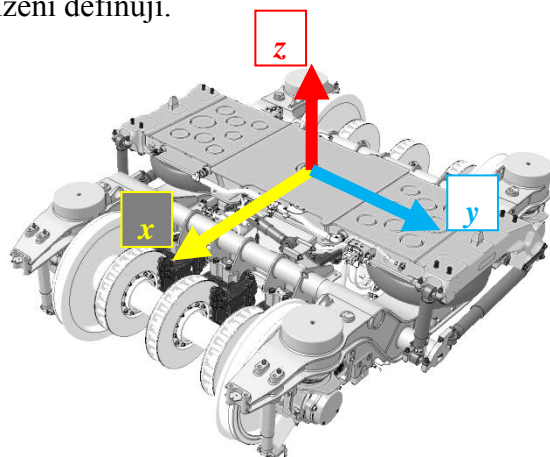
ČSN EN 12663 s pevnostními požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel a konečně technická směrnice DVS 1612 – Návrh a vyhodnocení únavové pevnosti svarových spojů oceli v konstrukci kolejových vozidel.

Výpočty proběhnou pro výjimečné statické zatížení od podvozků a skříně vozů soupravy „NIM EXPRES“ – konkrétně čelního (řídícího) vozu. Tato volba je pevnostně nejméně příznivým kritériem pro posouzení návrhu modulární traverzy vzhledem k největší hmotnosti skříní (oproti 10Ev a 10Ev2) a předpokladu vysokorychlostního provozu.

Výpočty proběhnou na dvou úrovních – analytický výpočet šroubových spojení a numerický výpočet společné (tlakové a středové) části traverzy pro „NIM“ pomocí metody konečných prvků (dále jen MKP). Pevnostní výpočty jednotlivých modulů pak mohou být předmětem dalšího zkoumání.

4.3.1 Specifikace zatížení

Prvotním krokem pro realizaci pevnostních výpočtů je specifikace zatížení jednotlivých konstrukčních uzlů, která se stane výchozím bodem pro výpočty šroubových spojení jednotlivých modulů a také MKP výpočet. Pro přehlednost je níže zaveden souřadný systém, na základě kterého se jednotlivá zatížení definují.



87 – Souřadný systém [5] – upraveno a doplněno o popisky

Následuje specifikace použitých referenčních hmotností vozidla na základě normy ČSN EN 15663:

- m_k – konstrukční hmotnost skříně vozidla v provozním stavu na jeden podvozek
- m_u – hmotnost výjimečného užitečného zatížení na jeden podvozek

Společností ŠKODA TRANSPORTATION, a. s., poskytnuté velikosti těchto hmotností jsou:

- $m_k = 31\,600$ kg
- $m_u = 6\,447$ kg

Ve výpočtech taktéž figuruje předběžně stanovená hmotnost navržené modifikace hlavního příčnicku pro „NIM“, která je na základě vypočteného objemu modelu a uvažování průměrné hustoty oceli $\rho_o = 7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ stanovena jako $m_{\text{NIM}} = 1015$ kg

ZATÍŽENÍ ROZHRANÍ SKŘÍNĚ VOZIDLA A PODVOZKU

Norma ČSN EN 12663-1 stanovuje následující kombinované (statické mezní) zatížení pro tuto oblast ve směrech x a y na jeden podvozek:

- $F_x = 5 \cdot g \cdot (m_k + m_u) = 5 \cdot 9,81 \cdot (31\,600 + 6\,447) = 1,86 \text{ MN}$
- $F_y = 2 \cdot \left(10^4 + \frac{(m_k + m_u) \cdot g}{12}\right) = 2 \cdot \left(10^4 + \frac{(31\,600 + 6\,447) \cdot 9,81}{12}\right) = 82,2 \text{ kN}$

Pozn.: Síla F_y je stanovena na základě tzv. Prud'hommy mezní hodnoty s odvoláním na normu ČSN EN 13749.

A konečně síla F_z je stanovena na základě normy ČSN EN 13749 jako:

- $F_z = 1,4 \cdot g \cdot (m_k + m_u) = 1,4 \cdot 9,81 \cdot (31\,600 + 6\,447) = 522,5 \text{ kN}$

ZATÍŽENÍ OBLASTI PŘIPOJENÍ OTOČNÉHO ČEPU

Pro tuto oblast platí stejné vztahy jako v případě rozhraní skříně vozidla a podvozku navíc s uvážením předběžně vypočtené hmotnosti traverzy $m^{\text{"NIM"}}$.

- $F_x = 5 \cdot g \cdot (m_k + m_u + m^{\text{"NIM"}}) = 5 \cdot 9,81 \cdot (31\,600 + 6\,447 + 1015) = 1,92 \text{ MN}$
- $F_y = 2 \cdot \left(10^4 + \frac{(m_k + m_u + m^{\text{"NIM"}}) \cdot g}{12}\right) = 2 \cdot \left(10^4 + \frac{(31\,600 + 6\,447 + 1015) \cdot 9,81}{12}\right) = 83,8 \text{ kN}$

ZATÍŽENÍ OD PODPORY PNEUM. VYPRUŽENÍ

Lze jej spočítat pro celou traverzu na základě již stanovené síly F_z navíc s uvažováním $m^{\text{"NIM"}}$:

- $F_z = 1,4 \cdot g \cdot (m_k + m_u + m^{\text{"NIM"}}) = 1,4 \cdot 9,81 \cdot (31\,600 + 6\,447 + 1015) = 540,5 \text{ kN}$

ZATÍŽENÍ OD VISKÓZNÍCH TLUMIČŮ

Dle ČSN EN 13749 lze uvažovat jako výjimečné zatížení dvojnásobek referenční síly v ose tlumiče. Referenční síly byly specifikovány společností ŠKODA TRANSPORTATION, a. s.

- tlumič svislých kmitů: $F_{o1} = 2 \cdot F_{r1} = 2 \cdot 6,5 = 13 \text{ kN}$
- tlumič podélných kmitů: $F_{o2} = 2 \cdot F_{r2} = 2 \cdot 16,3 = 32,6 \text{ kN}$
- tlumič příčných kmitů: $F_{o3} = 2 \cdot F_{r3} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ kN}$

ZATÍŽENÍ OD DORAZU PŘÍČNÝCH NARÁŽEK

Oblast dorazu příčných nárazek musí odolat již specifikovanému zatížení F_y , tedy $F_y = 82,2 \text{ kN}$

ZATÍŽENÍ OD ÚČINKŮ TORZNÍCH STABILIZÁTORŮ KOLÉBÁNÍ

Kolébání a odrazy vyvolané průběhem kvazistatických a dynamických svislých sil F_{zs} jsou zahrnuty v součinitelích α a β dle normy ČSN EN 13749. Je třeba uvažovat kombinované zatížení – na jedné straně při kolébání skříně působí síla směrem do traverzy, opačným směrem pak na straně druhé.

$$F_{zs} = m_k \cdot g = 373,2 \text{ kN}$$

Svislá síla F_{zs} je zahrnuta do výpočtů sil od torzních stabilizátorů kolébání na základě maximální uvažované boční výchylky γ , kterou lze brát $\gamma = 3^\circ$, dále dle příslušné normy lze použít pro výpočet $\alpha = 0,1$ a $\beta = 0,2$. Potom příčná síla, kterou zachycují torzní stabilizátory kolébání je:

$$F_{yt} = F_{zs} \cdot (1 + \alpha + \beta) \cdot \sin \gamma = 373,2 \cdot (1 + 0,1 + 0,2) \cdot 0,052 = 25,2 \text{ kN}$$

Svislé síly pak, které působí souhrnně na dosedací plochy jedné strany traverzy podvozku F_{zt1} a druhé strany F_{zt2} se stanoví

$$F_{zt1} = \frac{F_{yt}}{2} = 12,6 \text{ kN},$$
$$F_{zt2} = -\frac{F_{yt}}{2} = -12,6 \text{ kN}.$$

ZATÍŽENÍ OD ZKUŠEBNÍHO TLAKU VZUCHU PNEUMATICKÉHO VYPRUŽENÍ

Vzhledem ke komplexnosti zahrnutí vlivu zkušebního tlaku vzduchu pneumatického vypružení $p_1 = 1 \text{ MPa}$ bude při výpočtu tato hodnota zanedbána a předběžně zahrnuta v bezpečnostním součiniteli S_2 jeho navýšením o 25 %. Zpřesněný výpočet s uvažováním tlaku p_1 může být předmětem další výzkumné činnosti.

4.3.2 Kontrola šroubových spojení

Vzhledem k vysoké míře využití šroubových spojení v kombinaci s čepy na pevnostně významných částech modulární traverzy je vhodné provést předběžnou kontrolu navržených parametrů spojení. Kontrola proběhne zjednodušeně u pevnostně významných spojů s uvažováním střídavého dynamického zatížení pomocí zavedení koeficientu $c_{dyn} = 2$. Dovolené tahové / tlakové napětí šroubu / čepu s označením mechanických vlastností 8.8 dle ČSN s uvažováním vlivu vrubů závitu je dle [6] $\sigma_{D\check{s}/\check{c}} = 120 \div 200 \text{ MPa}$, dovolené smykové napětí při stejných podmínkách pak $\tau_{D\check{s}/\check{c}} = 80 \div 120 \text{ MPa}$. Uvažovány budou pro předběžnou kontrolu hodnoty $\sigma_{D\check{s}/\check{c}} = 175 \text{ MPa}$, $\tau_{D\check{s}/\check{c}} = 100 \text{ MPa}$.

Podstatný pro kontrolu šroubového spojení je především způsob zatížení.

1. V případě, že se jedná o zatížení $n_{\check{s}}$ šroubů především osovou silou $F_{\check{s}o}$, uvažované dynamické provozní zatížení $F_{\check{s}dyn}$ jednoho šroubu bude dle [6] uvažováno:

$$F_{\check{s}dyn} = \frac{F_{\check{s}o}}{n_{\check{s}}} \cdot c_{dyn}$$

Síla $F_{\check{s}dyn}$ vyvolá maximální napětí v minimálním průřezu dříku šroubu

$$\sigma_{\check{s}max} = \frac{F_{\check{s}dyn}}{S_{\check{s}min}},$$
$$S_{\check{s}min} = \frac{\pi \cdot d_{\check{s}min}^2}{4},$$

kde $d_{\check{s}min}$ je malý průměr závitu.

Pevnostní podmínku lze pak zapsat:

$$\sigma_{\check{s}max} \leq \sigma_{D\check{s}/\check{c}}$$

2. V případě předpokládaného hlavního zatížení šroubu silou $F_{\check{s}k}$ kolmou k ose šroubu, je možné předběžně vyjít z předpokladu zatížení $n_{\check{s}}$ šroubů takovou osovou silou $F_{\check{s}o}$, která vyvolá v dosedacích plochách pomocí tření právě sílu $F_{\check{s}k}$. Tato síla navíc může být zmenšena o sílu $F_{\check{c}dyn}$, kterou je schopno přenést $n_{\check{c}}$ čepů ve spojení. Výsledné dynamické provozní zatížení $F_{\check{s}dyn}$ jednoho šroubu bude dle [6] s uvažováním síly $F_{\check{c}dyn}$ pak uvažováno:

$$F_{\check{s}dyn} = \frac{F_{\check{s}k} \cdot s_f}{n_{\check{s}} \cdot f} \cdot c_{dyn} - F_{\check{c}dyn},$$

kde f je součinitel tření dosedacích ploch spojovaných součástí, s_f je pak součinitel bezpečnosti vůči součiniteli tření f . Orientačně lze vyjít z hodnot pro $f = 0,2$ a $s_f = 1,5$. Sílu $F_{\check{c}dyn}$ lze uvažovat dle následujícího vztahu:

$$F_{\check{c}dyn} = \frac{\tau_{D\check{s}/\check{c}} \cdot S_{\check{c}min} \cdot n_{\check{c}}}{c_{dyn}},$$

$$S_{\check{c}min} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}min}^2}{4},$$

Síla $F_{\check{s}dyn}$ vyvolá maximální napětí v minimálním průřezu dířku řroubu opět

$$\sigma_{\check{s}max} = \frac{F_{\check{s}dyn}}{S_{\check{s}min}}.$$

Pokud síla $F_{\check{s}dyn}$ dle výpočtu vyjde nulová nebo záporná, znamená to, že celá síla $F_{\check{s}k}$ může být přenesena čepy a tedy uvažovaná síla $F_{\check{s}dyn}$ bude rovna předepínací síle F_{PP} při utažení řroubu.

V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé konstrukční uzly a parametry předběžně navržených řroubových spojení.

Název konstrukčního uzlu	$n_{\check{c}}$ [ks]	$d_{\check{c}min}$ [mm]	$n_{\check{s}}$ [ks]	$d_{\check{s}min}$ [mm]
Příruba připojení modulu otočného čepu	1	320/300 (mezikruží – licovaná kuželová plocha)	32	9,6 (pro M12)
Dosedací plocha připojení modulu příčných tlumičů	2	15	4	11,3 (pro M14)
Dosedací plocha připojení modulu svislých tlumičů	2	15	4	13,3 (pro M16)
Dosedací plocha připojení modulu podélných tlumičů a příčných narážek	2	15	6	13,3 (pro M16)
Dosedací plocha připojení modulu torzních stabilizátorů	2	15	4	13,3 (pro M16)

Tabulka 25 – Parametry připojení jednotlivých modulů – návrh

Související výpočetní tabulka 15 na následující straně zohledňuje všechny uvedené vztahy a parametry připojení jednotlivých modulů.

Název konstrukčního uzlu	Zatížení od $F_{\check{s}o} / F_{\check{s}k}$	$F_{\check{c}dyn}$ [kN]	$F_{\check{s}dyn}$ [kN]	$\sigma_{\check{s}max}$ [MPa]	Vyhovuje
Příruba připojení modulu otočného čepu	$F_{\check{s}k}$	486,7	413,3	5712,8	NE
Dosedací plocha připojení modulu příčných tlumičů	$F_{\check{s}k}$	17,6	F_{PP}	úměrné F_{PP}	ANO
Dosedací plocha připojení modulu svislých tlumičů	$F_{\check{s}k}$	17,6	31,87	223,9	NE
Dosedací plocha připojení modulu podélných tlumičů a příčných narážek	$F_{\check{s}k}$	17,6	114,7	821,6	NE
Dosedací plocha připojení modulu torzních stabilizátorů	$F_{\check{s}o}$	-	3,15	22,7	ANO

Tabulka 26 – Výsledky výpočtů řroubových spojení na základě návrhu parametrů

Pro předběžně navržené šroubové spoje, které pevnostně dynamicky nevyhovují ($\sigma_{smax} > \sigma_{D\dot{s}/\dot{c}}$), lze navrhnout následující optimalizaci (zvýrazněny změněné hodnoty):

Název konstrukčního uzlu	n_z [ks]	$d_{\dot{c}min}$ [mm]	n_s [ks]	$d_{\dot{s}min}$ [mm]
Příruba připojení modulu otočného čepu	1	336/300 (mezikruží – lícovaná kuželová plocha)	32	9,6 (pro M12)
Dosedací plocha připojení modulu svislých tlumičů	2	15	5	13,3 (pro M16)
Dosedací plocha připojení modulu podélných tlumičů a příčných nárazek	2	35	6	19,95 (pro M24)

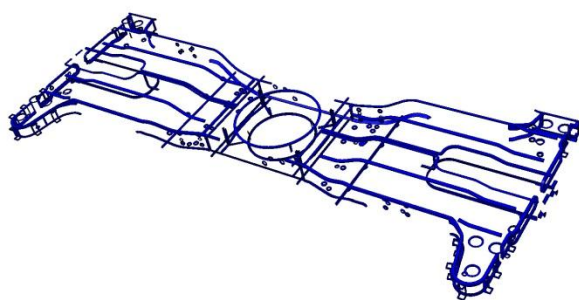
Tabulka 27 – Parametry připojení jednotlivých modulů – optimalizace

Název konstrukčního uzlu	Zatížení od $F_{\dot{s}o} / F_{\dot{s}k}$	$F_{\dot{c}dyn}$ [kN]	$F_{\dot{s}dyn}$ [kN]	σ_{smax} [MPa]	Vyhovuje
Příruba připojení modulu otočného čepu	$F_{\dot{s}k}$	898,7	1,3	18,4	ANO
Dosedací plocha připojení modulu svislých tlumičů	$F_{\dot{s}k}$	17,6	21,3	153,6	ANO
Dosedací plocha připojení modulu podélných tlumičů a příčných nárazek	$F_{\dot{s}k}$	96,2	35,6	113,8	ANO

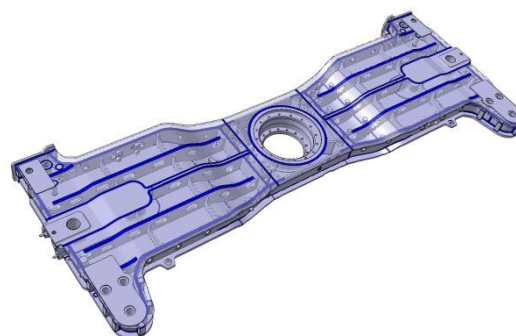
Tabulka 28 – Výsledky výpočtů šroubových spojení na základě optimalizovaných parametrů

4.3.3 MKP výpočet hlavní (společné) části traverzy

Pro výpočet pomocí MKP společné části (tedy tlakové a středové) bylo zapotřebí provést detailní modelování svarů, přičemž koutové svary bez nebo s minimální svarovou mezerou jsou modelově zanedbány na straně vyšší bezpečnosti výpočtu – viz náhledy níže.



88 – Ukázka modelu svarů 1



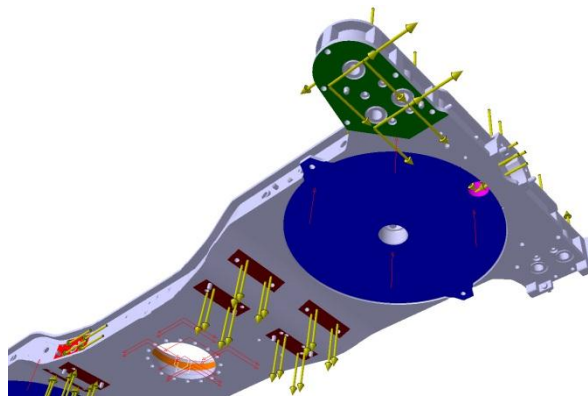
89 – Ukázka modelu svarů 2

V modulech 3D CAD softwaru Catia V5 R21 „Advanced Meshing Tools“ a „Generative Structural Analysis“ bylo provedeno nejprve síťování modelu s použitím čtyřstěnnů o délce hrany 10 mm. Dále byl model vystaven působícím zatížením dle kapitoly 4.4.1, s výjimkou:

- zatížení oblasti připojení otočného čepu (zde zafixován pohyb ve směrech x a y)
- zatížení od podpory vzduchovým pružin (zde zafixován pohyb ve směru z)



90 – MKP výpočet traverzy – detail sítě



91 – MKP výpočet traverzy – ukázka zatížení a fixování modelu

Obsáhlejší popis MKP výpočtu traverzy včetně detailní specifikace zatížení a snímků výsledků je předmětem Přílohy č. 1.

Pro posouzení výsledků MKP analýzy je dle normy ČSN EN 13749 zavedeno tzv. využití prvku U :

$$U = \frac{\sigma_c \cdot S_2}{R_m},$$

kde σ_c představuje zjištěné napětí (v případě MKP analýzy Von Misesovo napětí), R_m pak představuje mez pevnosti materiálu. S_2 je bezpečnostní součinitel, který lze dle normy uvažovat $S_2 = 1,5$, pokud není dohodnuto jinak. Vzhledem k zanedbanému zatížení od zkušebního tlaku vzduchu sekundárního vypružení je dle kapitoly 4.4.1 navýšen tento součinitel o 25 %, tedy konečná hodnota $S_2 = 1,88$. Průměrná hodnota R_m předpokládaného typu oceli pro konstrukci společné části – S355NL – je $R_m = 500$ MPa.

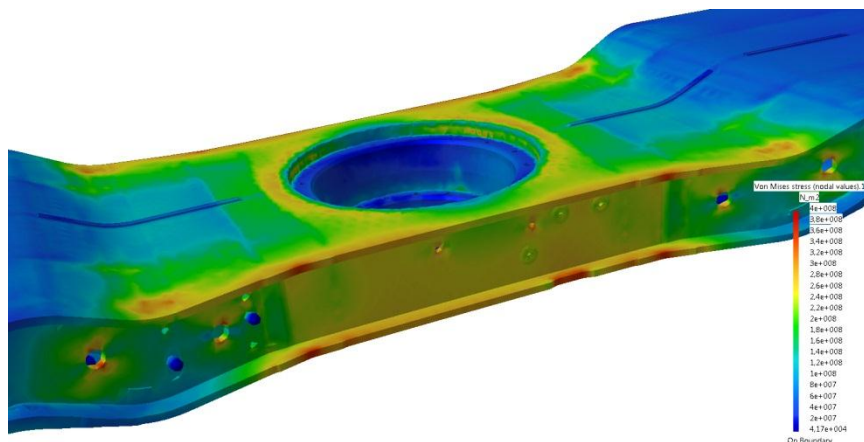
Pro využití prvku musí platit vždy:

$$U \leq 1,$$

$$\sigma_c \leq 270 \text{ MPa}$$

Uvedená nerovnost je hodnotícím kritériem pro posouzení MKP výpočtu.

Pro modulární traverzu bylo pomocí MKP analýzy na několika místech zjištěno maximální napětí $\sigma_c = 399$ MPa – viz snímek níže (kompletní zobrazení výsledků viz Příloha č. 1).



92 – Nejvíce namáhaná místa modulární traverzy "NIM"

S přihlédnutím k provedení MKP výpočtu pro nejméně příznivou kombinaci výjimečného zatížení a zároveň pro nejvíce zatíženou modifikaci modulární traverzy s uvažováním zvýšeného koeficientu bezpečnosti S_2 lze považovat výsledky analýzy za velmi dobré. Pro optimalizaci konstrukce na zmenšení napětí σ_c na hodnotu $\sigma_c \leq 270$ MPa lze navrhnout následující opatření:

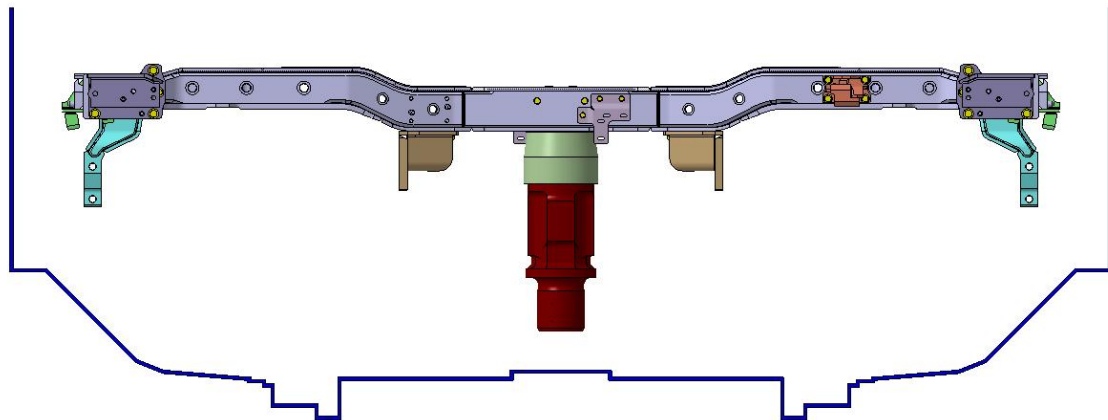
- rozšíření spodní i horní pásnice ve směru x na místech s vyšší vypočtenou hodnotou σ_c
- zvětšení tloušťky plechů v těchto oblastech min. o 5 mm (pásnice, stojiny, příruba)
- přidání dodatečných výztuh mezi pásnicemi a stojinami
- odstranění všech ostrých tvarových přechodů v těchto oblastech

Pokud by další krok výpočtu po uvedené optimalizaci nevedl ke zlepšení, bylo by nutné použít v nejvíce exponovaných místech materiál s vyšší mezí pevnosti R_m , případně v těchto místech nahradit konstrukci svařovanou z plechů výkovky s plynulými přechody a většími tloušťkami stěn.

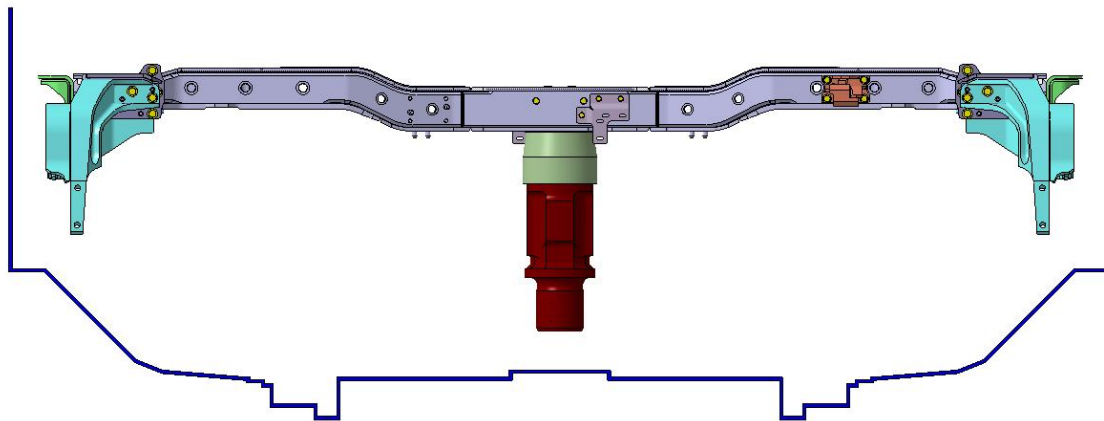
4.3.4 Kontrola příčných rozměrů ve vztahu ke kinematickým obrysům GI2 a DE2

Vztažná linie kinematického obrysu GI2 dle normy ČSN EN 15273 je v oblasti podstatně pro posouzení všech modifikací modulární traverzy náročnější, než vztažná linie kinematického obrysu DE2. Proto lze při posouzení uvažovat pouze kinematický obrys GI2 a bude tím zároveň zajištěna způsobilost i pro DE2. Nejmenší rozdíly vztažné linie kinematického obrysu a navržených konstrukčních obrysů jsou:

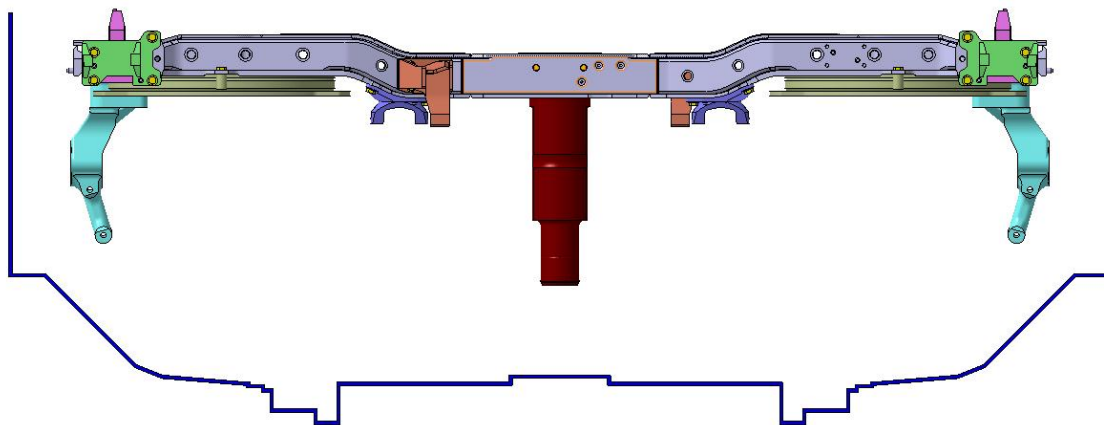
- pro 10Ev 145,5 mm – vyhovuje
- pro 10Ev2 75 mm – vyhovuje
- pro „NIM“ 172,5 mm – vyhovuje



93 – Rozměry traverzy pro 10Ev ve vztahu ke kinematickému obrysu GI2



94 – Rozměry traverzy pro 10Ev2 ve vztahu ke kinematickému obrysu GI2



95 – Rozměry traverzy pro „NIM“ ve vztahu ke kinematickému obrysu GI2

5 Zhodnocení a závěr

5.1 Zhodnocení návrhu modulární traverzy

Navržená modulární traverza vykazuje dle Přílohy č. 2 efektivitu 82 %. V kontextu se srovnávanými hlavními příčnicí (65 %, 63 % a 61 %) došlo k podstatnému zlepšení. To je dáno především vyhovujícími konstrukčními vlastnostmi z hlediska požadavků na hlavní i asistující funkce (účinky) k provozu. Téměř v plném rozsahu byly splněny veškeré požadované provozní funkce včetně kompatibilit s podvozky jednotek 10Ev, 10Ev2 a soupravy „NIM“. Pouze pro konstrukční skupinu rozvodů vzduchu v případě modifikace traverzy pro „NIM“ bylo na základě rozboru rozhodnuto o nesplnění požadavku modularity koncepce v plném rozsahu s přihlédnutím k argumentům uvedených v kapitole 4.1.3.

Modulární stavba s sebou nese vždy v malém nebo větším rozsahu množství kompromisů, které je třeba s ohledem na zachování kompatibility přijmout. V případě, že by nebyly původní hlavní příčnicí pro konkrétní typy vozů hodnocené podle kompatibility ve vztahu k jiným podvozkům (když pro tento účel samozřejmě nebyly konstruovány), hodnocení by mohlo ukázat jejich efektivitu shodnou nebo i výrazně vyšší, než navržená modulární traverza. Jako kompromis lze označit např. objem tlakové části uvnitř traverzy, který je u současného hlavního příčnicí pro „NIM“ vyšší přibližně o 20 % oproti modulární traverze. Dalším takovým příkladem mohou být například předpokládané hmotnosti jednotlivých modifikací:

- $m_{10Ev} \cong 815$ kg
- $m_{10Ev2} \cong 850$ kg
- $m_{„NIM“} \cong 1015$ kg

V případě 10Ev a 10Ev2 se jedná o mírný nárůst hmotnosti, v případě příčnicí pro „NIM“ je zde ale naopak předpokládaná výrazná úspora hmotnosti (cca 500 kg). Dále také zavedením vyššího počtu šroubových a čepových spojení klesá u modulární traverzy oproti srovnatelnému hlavnímu příčnicí pevnost a tuhost systému, musí tak být aplikována související opatření. Předpokládané výrobní náklady jednotlivých modifikací modulární traverzy lze odhadovat taktéž oproti současným řešením (alespoň v počátcích zavedení) vyšší.

Všechny tyto a další (ne však výrazně omezující) nevýhody modulární traverzy jsou však velkoryse vyváženy nespornými kvalitami zavedení pružného systému modulární koncepce, která má za následek za předpokladu jejího optimálního nastavení výrazné urychlení a zefektivnění předvýrobních procesů. V případě návrhu jakýchkoliv modifikací na původním nebo vzniku kompletně nového typu podvozku bude vždy hlavní část traverzy připravena a modifikovány budou jen moduly, kterých se inovace podvozku dotýká. Přínosy modulární koncepce budou dále citelné i v oblasti řízení výroby, kdy bude možné rozložit poptávku jednotlivých modulů na větší množství dodavatelů pro zajištění vyšší výrobní stability (např. v případě náhlého výpadku nebo zpoždění dodávky od jednoho dodavatele) a také zajištění cenově nejvíce optimálního (s vyhovující kvalitou) nákupu jednotlivých modulů, a to nezávisle na sobě. Dále pak při případné technologické výrobě a montáži většího množství různých produktů najednou, které by počítaly s modulární traverzou, by bylo možné operativně zaměňovat společné části nebo i jednotlivé moduly mezi různými produkty tak, jak by to vyžadoval aktuální harmonogram výroby.

Závěrem hodnocení je vhodné poukázat i na přínos návrhu v případě, že nebude v technické praxi plně využit. V případě návrhu nových typů podvozků může být ke koncepci modulární traverzy v různé vysoké míře přihlédnuto a její jednotlivé aspekty mohou být dále převzaty.

5.2 Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout modulární traverzu pro různé podvozky ŠKODA, tento cíl byl splněn v plném rozsahu.

V teoretické části práce byly nejprve analyzovány a klasifikovány jednotky (obecně) se zaměřením na jejich současné podvozky, dále byl objekt analýzy směřován k podvozkům s využitím traverzy pro rozhraní podvozku a skříně vozidla. Další kapitoly v textu podrobně charakterizovaly podvozky s využitím traverzy pro jednotky a soupravy ŠKODA. Teoretickou (rešeršní) část práce zakončil teoretický základ modulární koncepce.

V aplikační části práce byla započata realizace konstrukčního návrhu v souladu s hlavními pilíři EDS. Následovala specifikace požadavků na TS modulární traverza s hodnocením současných produktů dle metodiky VDI, návrh provozního transformačního procesu v součinnosti s výsledným návrhem funkční struktury. Na základě následujícího návrhu orgánové struktury TS byly specifikovány pomocí morfologické matice tři varianty, z nichž neoptimálnější (na základě zjednodušeného ohodnocení) byla vybrána k dalšímu postupu návrhu.

V navazující části konstrukčního procesu byla specifikována předběžná hrubá stavební struktura TS, na základě 3D dat byly jednotlivé konstrukční uzly charakterizovány. Podrobný návrh úplné stavební struktury TS pro všechny tři modifikace byl realizován ve 3D CAD softwaru Catia V5 R21 s využitím různých vhodných modulů. Byly předběžně specifikovány materiály, obrábění a svařování a podrobněji popsána jednotlivá konstrukční a technologická řešení. Výsledky návrhu úplné stavební struktury byly podrobeny následným procesům:

- pevnostní výpočet navržené modulární traverzy (její společné části) dle normy ČSN EN 13749 se zohledněním ČSN EN 12663-1, ČSN EN 15085-3, DVS 1612
- výpočet šroubových a čepových spojení připojených modulů
- kontrola příčných rozměrů ve vztahu ke kinematickým obrysům GI2 a DE2 dle ČSN EN 15273

Pro pevnostní výpočet pomocí MKP byla specifikována jednotlivá výjimečná statická zatížení dle norem, při specifikaci byly brány v potaz referenční hmotnosti dle ČSN EN 15663. Výsledky byly interpretovány v textu práce, podrobná charakteristika použitých zatížení pro výpočet a jednotlivé detailní náhledy výsledků jsou součástí Přílohy č. 1. Na základě výsledků byly navrženy dodatečné úpravy pro snížení napětí. Šroubové a čepové spoje byly zkontrolovány pro stejná zatížení ve dvou krocích – před a po jejich optimalizaci na základě zjištěných hodnot.

TS modulární traverza byl ohodnocen a toto podrobné hodnocení na základě specifikovaných požadavků je obsahem Přílohy č. 2. Tuto přílohu doplňuje v závěru slovní hodnocení a rozbor vlastností a užitných parametrů návrhu.

Výstupem diplomové práce jsou typové výkresy pro jednotlivé modifikace modulární traverzy se zástavbovými daty, výkres detailu a sestavný výkres doplněný o kusovník pro zvolený modul.

Použitá literatura

- [1] SIEMENS AG. bogies-catalog-en. *SIEMENS*. [Online] 1996-2016. [Citace: 7. prosinec 2016.] <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/sitecollectiondocuments/en/rail-solutions/components-and-systems/bogies-catalog-en.pdf>.
- [2] ALSTOM. Alstom Bogies Catalogue. *ALSTOM - Bogies*. [Online] 2015. [Citace: 10. prosinec 2016.] <http://www.alstom.com/cs/products-services/product-catalogue/rail-systems/components/bogies/>.
- [3] Bombardier Transportation. FLEXX LOAD BOGIES. *BOMBARDIER*. [Online] 2008. [Citace: 28. prosinec 2016.] <http://www.bombardier.com/content/dam/Websites/bombardiercom/supporting-documents/BT/Bombardier-Transportation-Bogies-FLEXX-Load.pdf>.
- [4] Stadler Rail Group. FLIRT. *STADLER*. [Online] 2016. [Citace: 19. listopad 2016.] https://www.stadlerrailcom-live-01e96f7.s3-eu-central-1.amazonaws.com/filer_public/49/85/498583b2-6184-4f03-9943-80b8c6d8eb9e/frex0711e.pdf.
- [5] ŠKODA TRANSPORTATION, a.s. Firemní databáze, 3D data, výkresová a technická dokumentace – upraveno. 2017.
- [6] HOSNEDL, S. *Obecné strojní části I*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2012. ISBN 978-80-261-0261-8.
- [7] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra I*. Brno : Computer Press, 1999.
- [8] ŠKODA TRANSPORTATION, a.s. ELEKTRICKÁ JEDNOTKA REGIOPANTER. *ŠKODA*. [Online] 2016. [Citace: 18. listopad 2016.] <http://skoda.cz/cs/produkty/elektricke-jednotky/jednopodlazni-elektricka-jednotka/>.
- [9] SIEMENS AG. Electric Multiple Unit Desiro EMG 312, Slovenia. *SIEMENS*. [Online] 2011. [Citace: 27. prosinec 2016.] <https://www.mobility.siemens.com/apps/references/index.cfm?z=1&do=app.detail&referenceID=639&IID=1>.
- [10] Wikipedia. Alstom Coradia Duplex. *Wikipedia - The free encyclopedia*. [Online] [Citace: 28. prosinec 2016.] https://hu.wikipedia.org/wiki/Alstom_Coradia_Duplex.
- [11] Bombardier Transportation. Double-Deck Coaches - Germany. *BOMBARDIER*. [Online] 2016. [Citace: 28. prosinec 2016.] <http://www.bombardier.com/en/transportation/projects/project.double-deck-germany.html?f-region=middle-east-and-africa>.
- [12] ŠKODA TRANSPORTATION. ELEKTRICKÉ JEDNOTKY. *ŠKODA*. [Online] 2016. [Citace: 31. prosinec 2016.] <http://www.skoda.cz/cs/produkty/elektricke-jednotky/>.
- [13] HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla II*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2009. ISBN 978-80-7043-641-7.
- [14] —. *Kolejová vozidla I*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2010. ISBN 978-80-7043-960-9.
- [15] —. *Kolejová vozidla III*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2011. ISBN 978-80-261-0028-7.

- [16] POHL, R., NOVOTNÝ, C. *ŽELEZNIČNÍ VOZIDLA II - Uspořádání a stavba*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02690-6.
- [17] —. *ŽELEZNIČNÍ VOZIDLA I. - Uspořádání a stavba*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02622-1.
- [18] POHL, R., NOVOTNÝ, C., HEJZLAR, L. *ŽELEZNIČNÍ VOZIDLA III - Příklady řešení a užití*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-02856-9.
- [19] HOSNEDL, S. *Systémové navrhování technických produktů*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2012. ISBN 978-80-261-0125-3.
- [20] SCHAFMEISTER, R. Drehgestell eines FLIRT beim Tag der Offenen Tür am 15.08.2009 im Eurobahn Betriebswerk Hamm-Heessen. *BAHNBILDER.DE*. [Online] 15. červen 2010. [Citace: 8. března 2017.] <http://www.bahnbilder.de/bild/deutschland~e-triebswagen--94-80--~br-0-428-stadler-flirt-4-teilig/415338/drehgestell-eines-flirt-beim-tag-der.html>.
- [21] ČSN EN 13749. *Železniční aplikace - Dvojkolí a podvozky - Metoda specifikování konstrukčních požadavků na rámy podvozků*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [22] ČSN EN 12663-1+A1. *Železniční aplikace - Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel - Část 1: Lokomotivy a vozidla osobní dopravy (a alternativní metoda pro nákladní vozy)*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [23] ČSN EN 15663. *Železniční aplikace – Definice referenčních hmotností vozidla*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [24] DVS 1612. *Gestaltung und Dauerfestigkeitsbewertung von Schweißverbindungen an Stählen im Schienenfahrzeugbau*. Berlin : Deutsches Institut für Normung E.V. (DIN), 2014.
- [25] ČSN EN 15085-3. *Železniční aplikace - Svařování železničních kolejových vozidel a jejich částí - Část 3: Konstrukční požadavky*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008.
- [26] ČSN EN 15273-2. *Železniční aplikace - Průjezdne průřezy tratí a obrysy vozidel - Část 2: Obrysy vozidel*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.

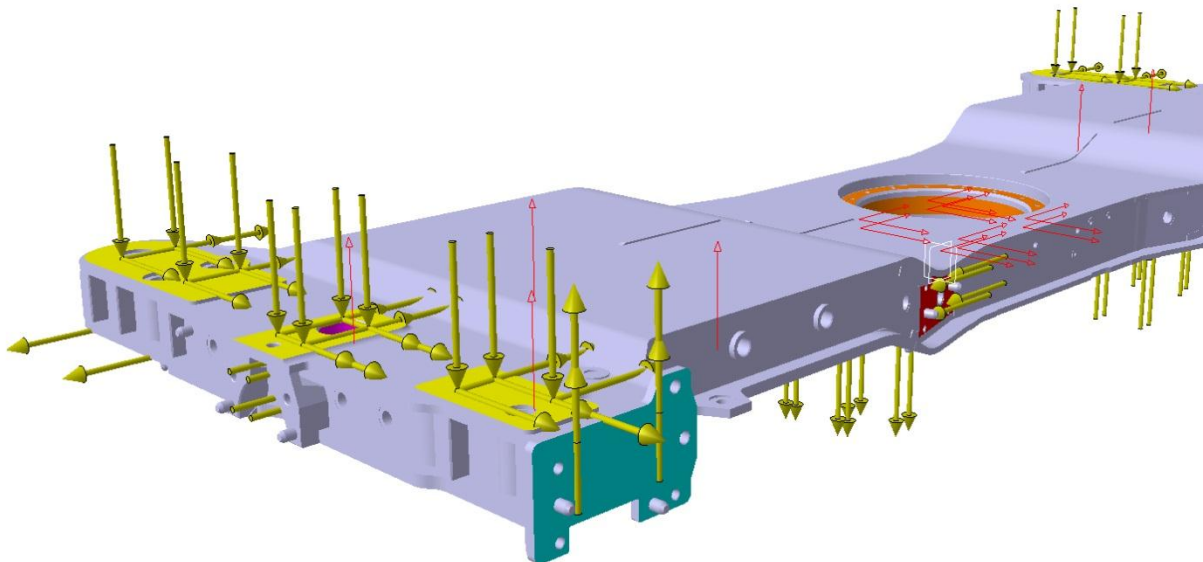
PŘÍLOHA č. 1

MKP výpočet – specifikace použitých okrajových podmínek a detailní náhledy výsledků

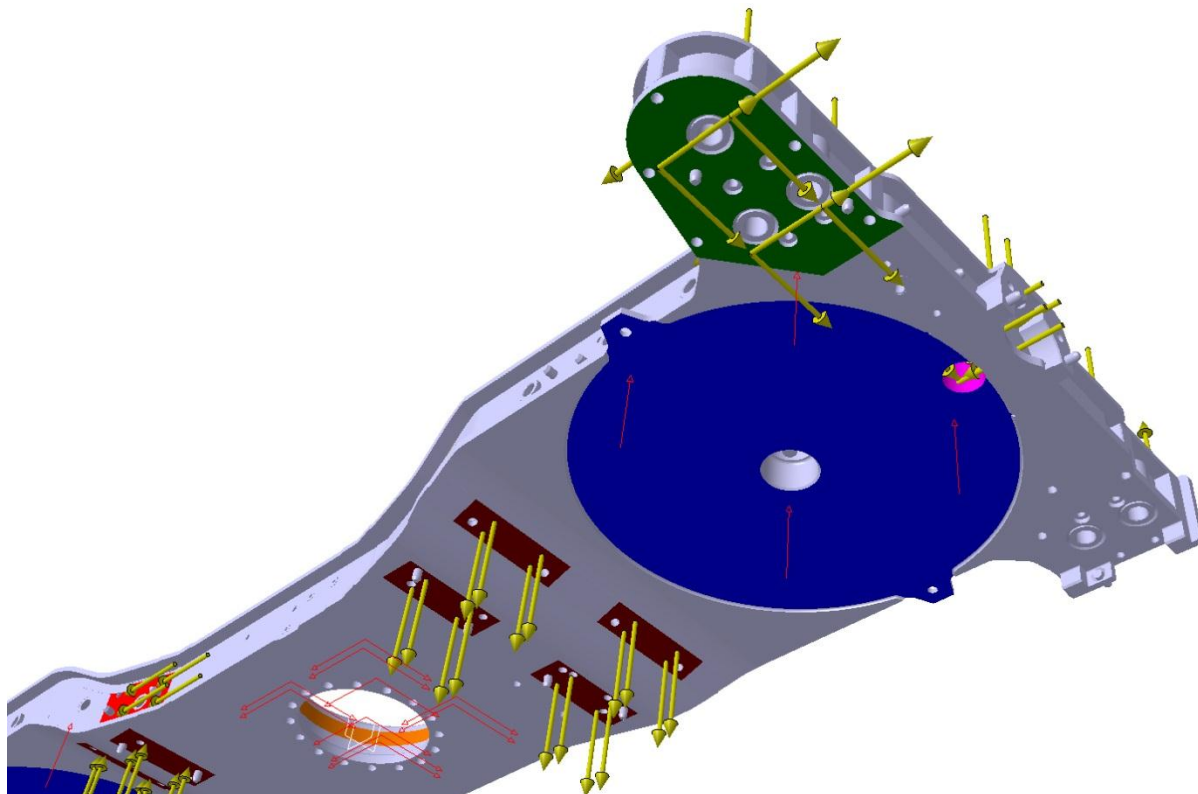
Na model traverzy byla aplikována tato zatížení a fixace (dle kapitoly 4.4.1):

1. Žlutě značené plochy – oblasti dosedacích ploch skříně vozidla, aplikovány síly F_x , F_y a F_z rozpočítané poměrově dle obsahu dosedacích ploch, příčné a podélné síly jsou zmenšené o polovinu s zjednodušujícím uvažováním přenesení 50 % sil spojovacími čepy
2. Růžově značené plochy – oblasti spojovacích čepů, aplikovány síly o velikosti 50 % zmíněných sil F_x a F_y v bodě 1 přepočítané na jeden čep
3. Azurově značené plochy – oblasti připojení modulu svislých tlumičů, aplikovány síly F_{o1} ve směru z
4. Červeně značené plochy – oblasti připojení modulu příčných tlumičů, aplikovány síly F_{o3} ve směru osy tlumiče
5. Oranžově značené plochy – oblasti připojení modulu otočného čepu, aplikovány fixace ve směrech x a y
6. Modře značené plochy – oblasti modulu pneumatických měchů, aplikovány fixace ve směru z
7. Hnědé plochy – oblasti zatížené od modulu torzních stabilizátorů, na dosedací plochy aplikováno zatížení F_{zt} na každé straně v opačném smyslu, rozpočítané na počet ploch
8. Zeleně značené plochy – oblasti zatížené od modulu podélných tlumičů v kombinaci se zatížením od příčných narážek, aplikovány síly F_{o2} ve směru osy tlumiče a síly F_y od dorazu na příčnou narážku

Na následujících snímkách jsou síly a směry jejich působení značeny žlutými šipkami, fixace červenými šipkami.

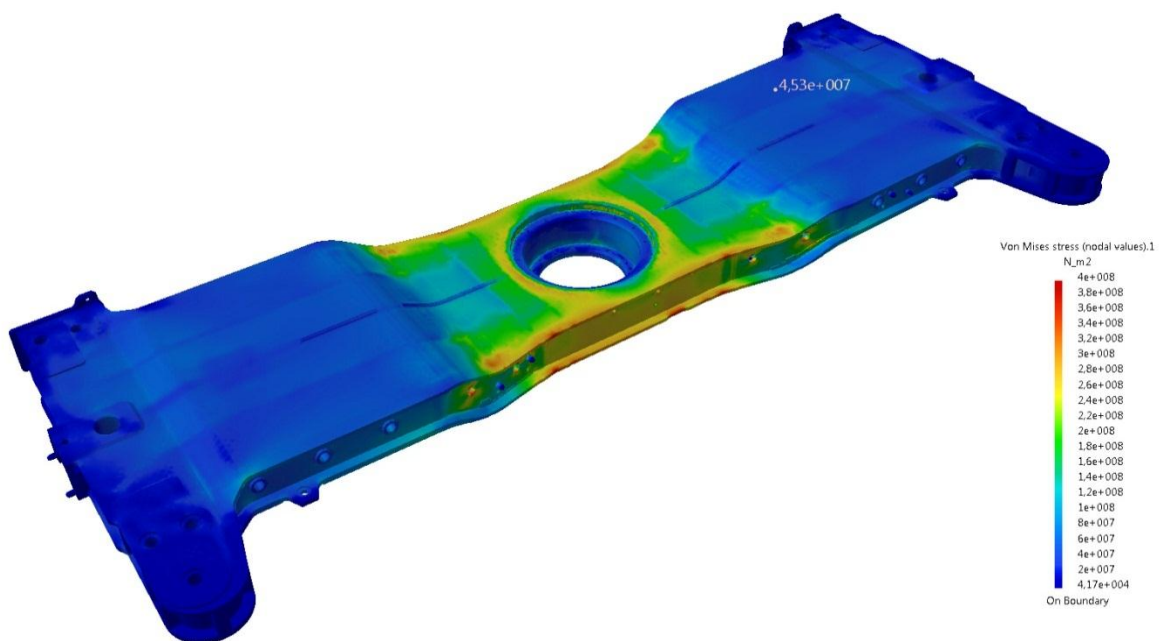


96 – Aplikované síly a fixace na model traverzy 1

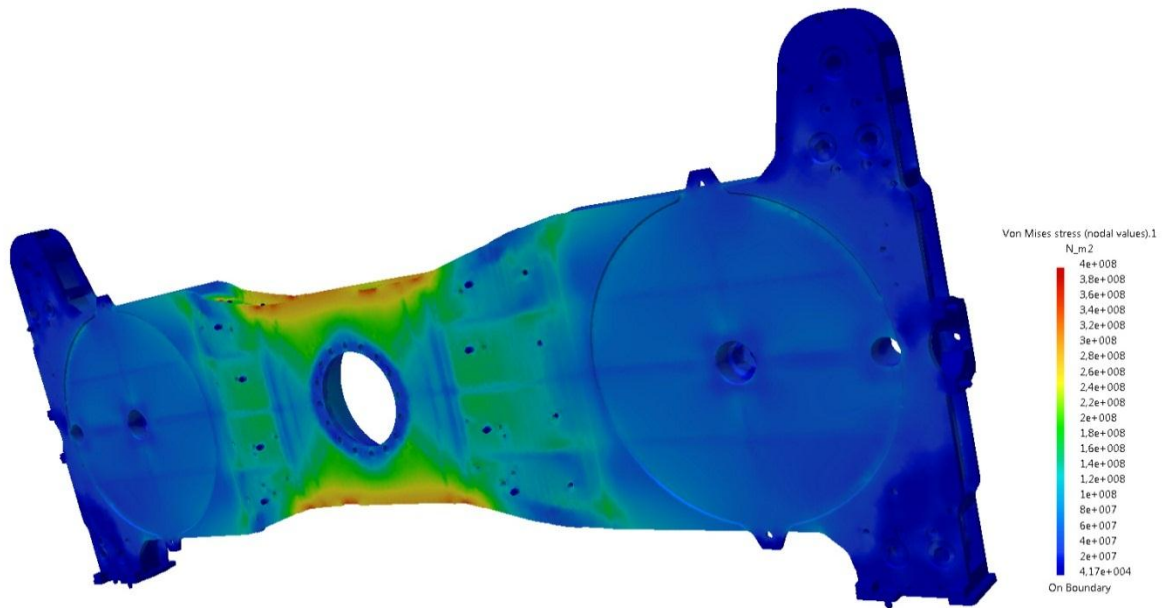


97 – Aplikované síly a fixace na model traverzy 2

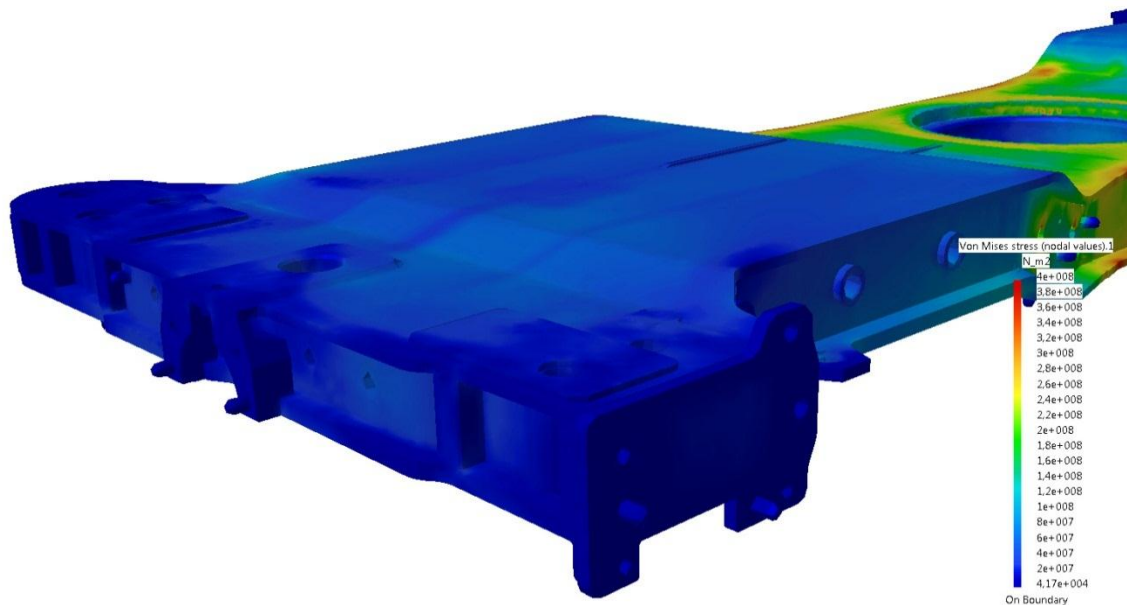
Následují snímky s výsledky provedené MKP analýzy, které se již obejdou bez dalších komentářů, textová interpretace výsledků a jejich zhodnocení je součástí kapitoly 4.3.3.



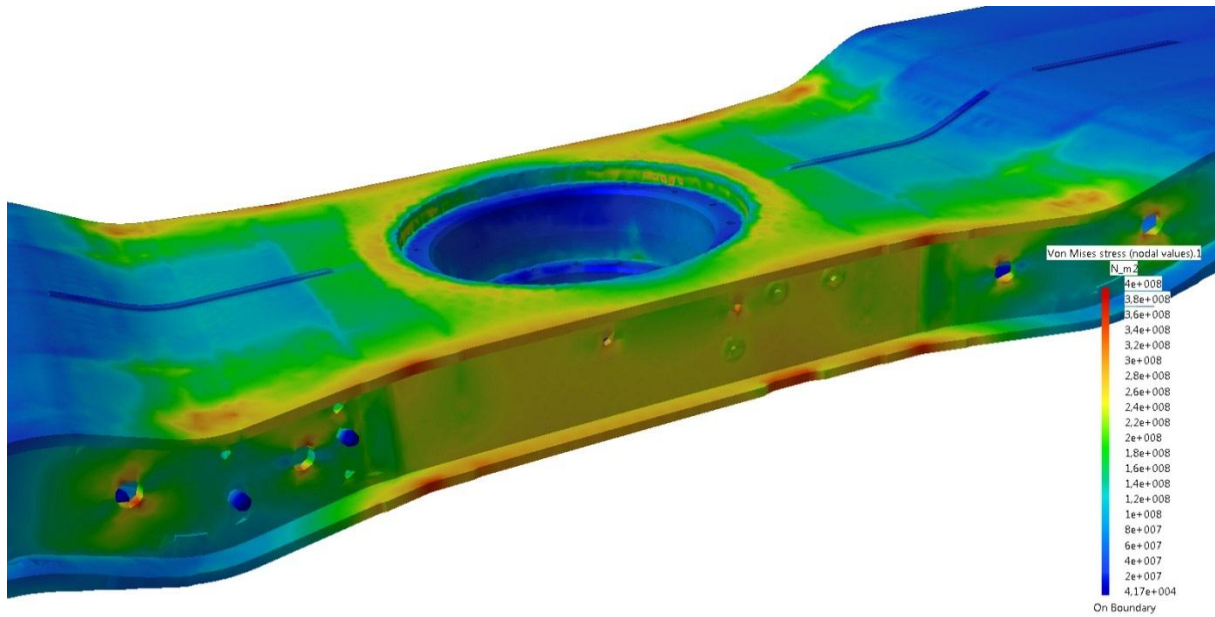
98 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 1



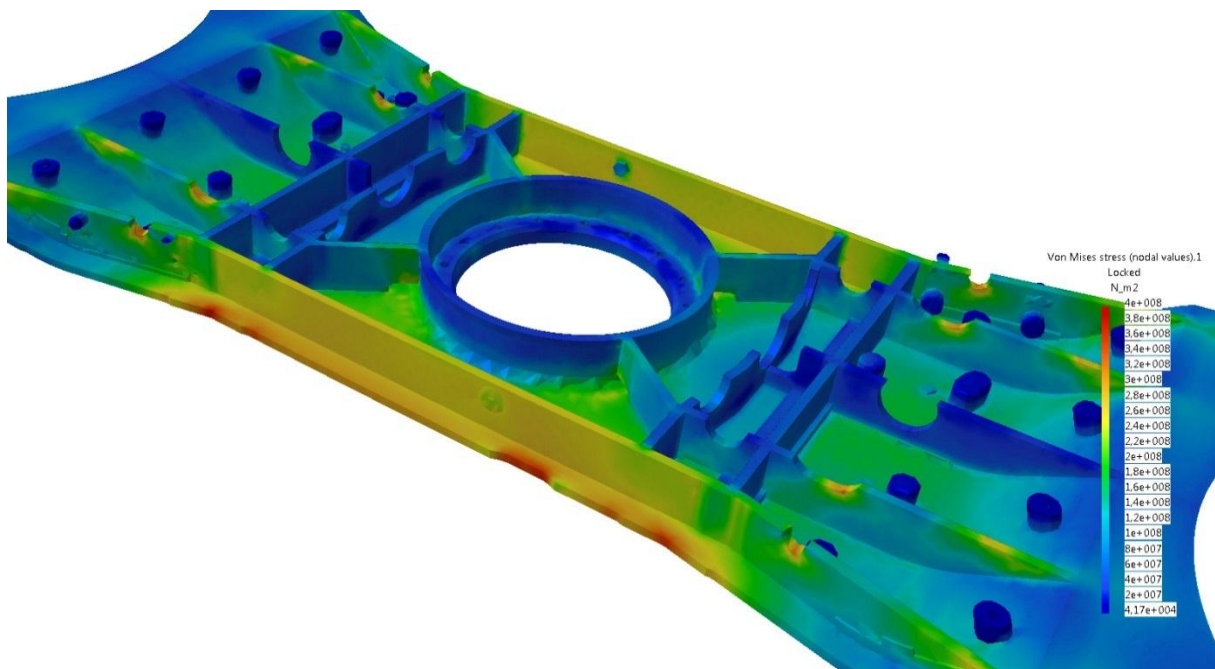
99 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 2



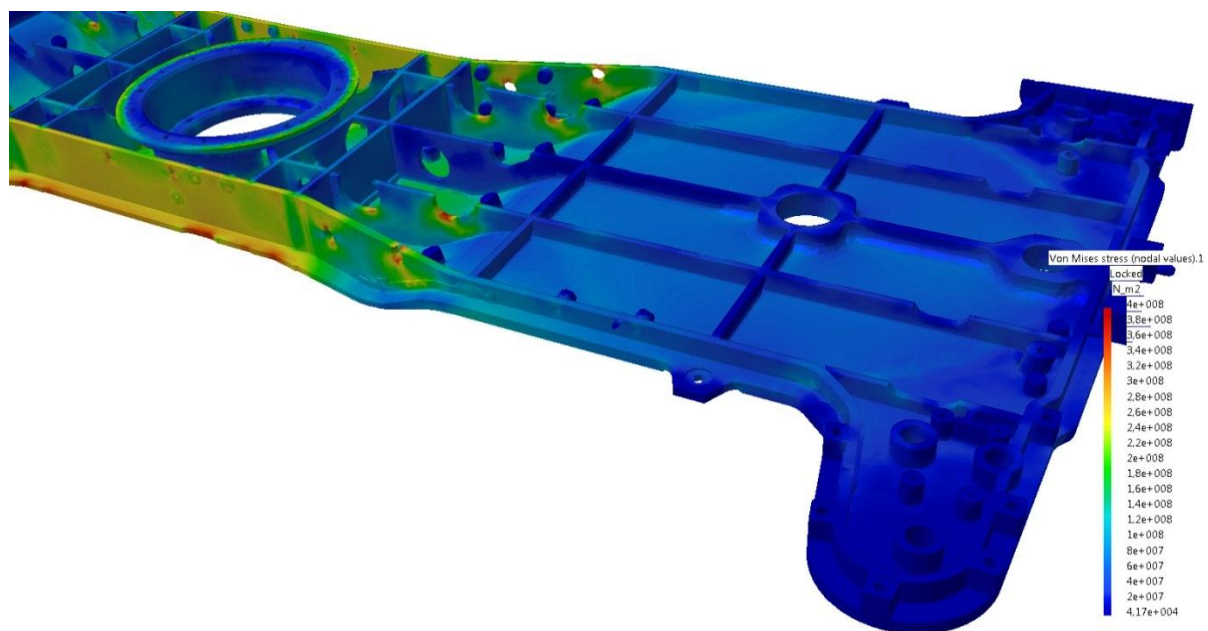
100 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 3



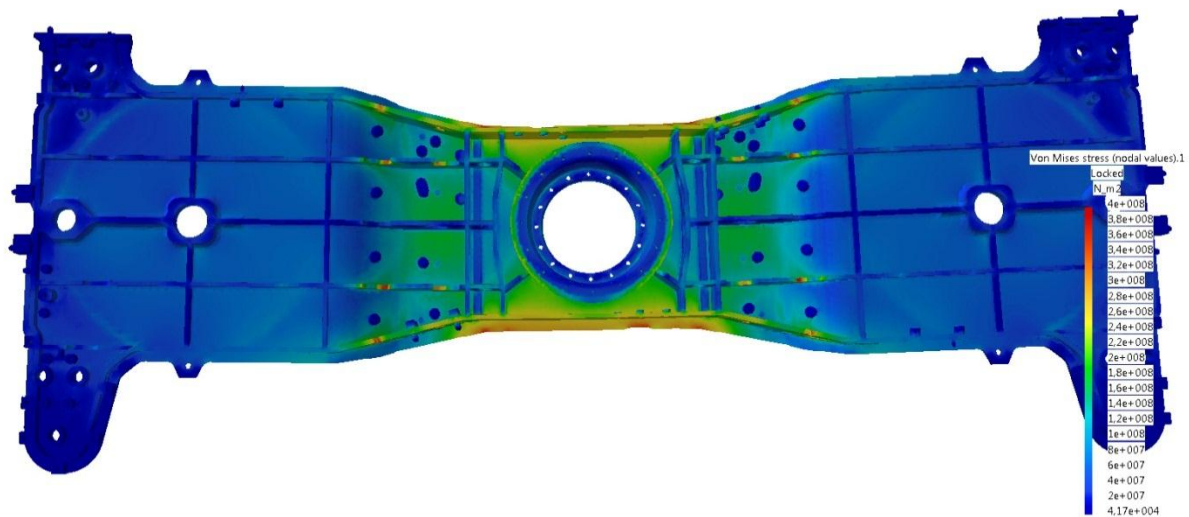
101 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 4



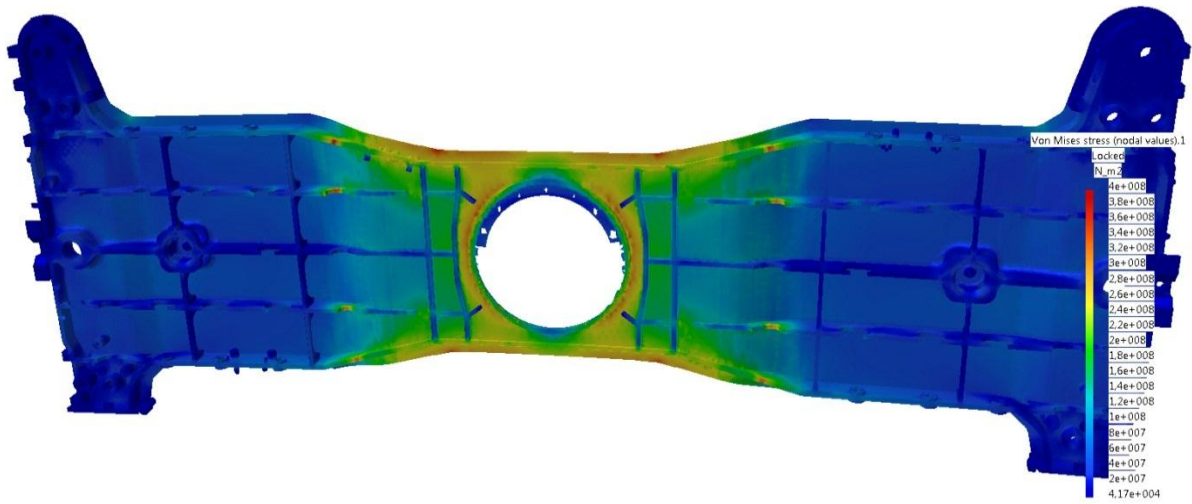
102 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 5



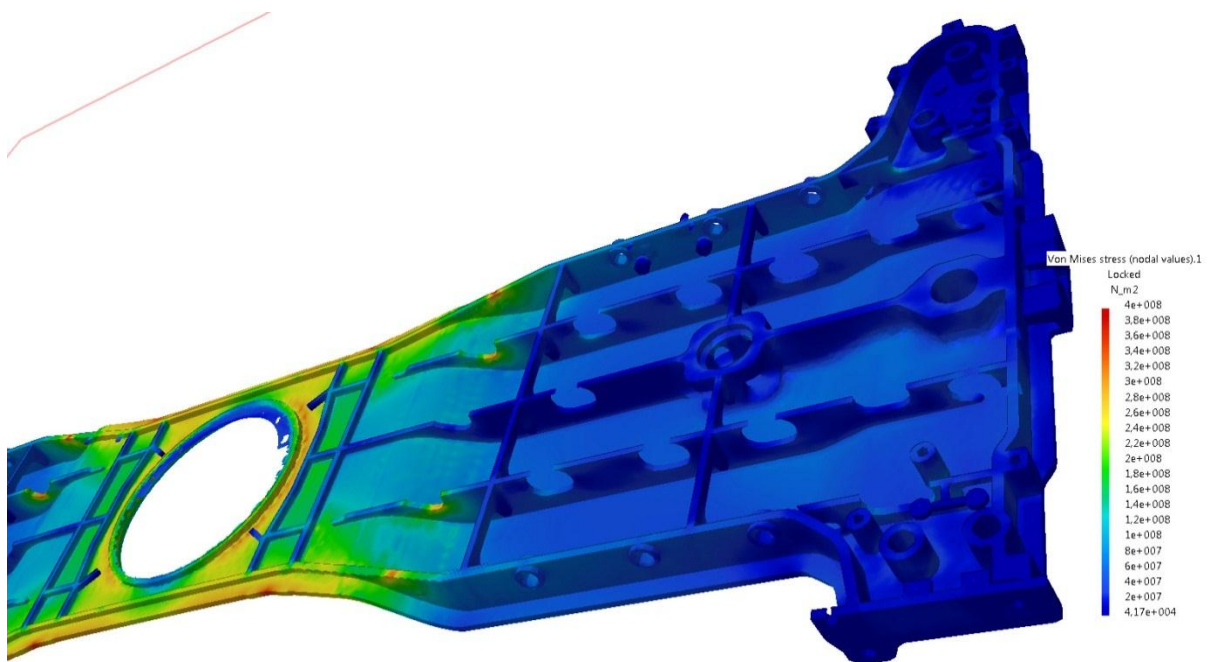
103 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 6



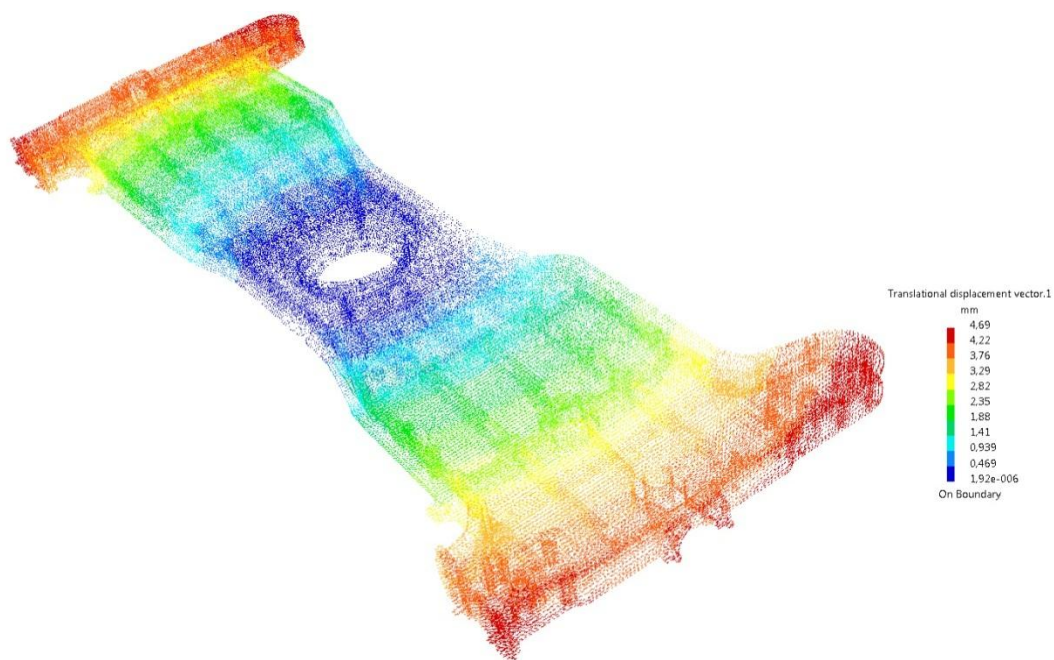
104 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 7



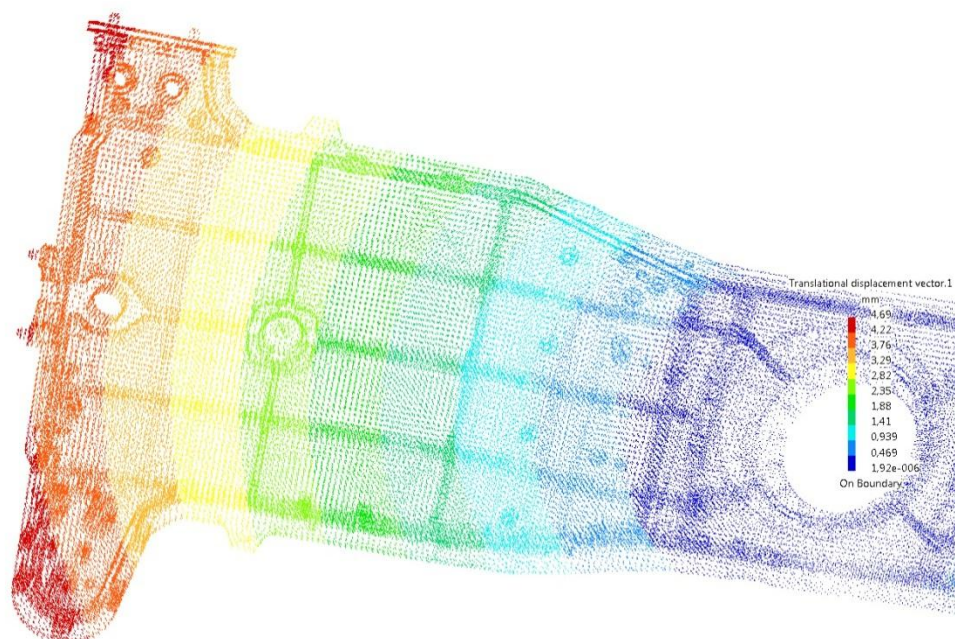
105 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 8



106 – Výsledky MKP analýzy – Von Misesovo napětí 9



107 – Výsledky MKP analýzy – posuvy (maximum 4,7 mm) 1



108 – Výsledky MKP analýzy – posuvy (maximum 4,7 mm) 2

PŘÍLOHA č. 2

Ohodnocení navrženého TS dle specifikovaných požadavků v kapitole 3.2

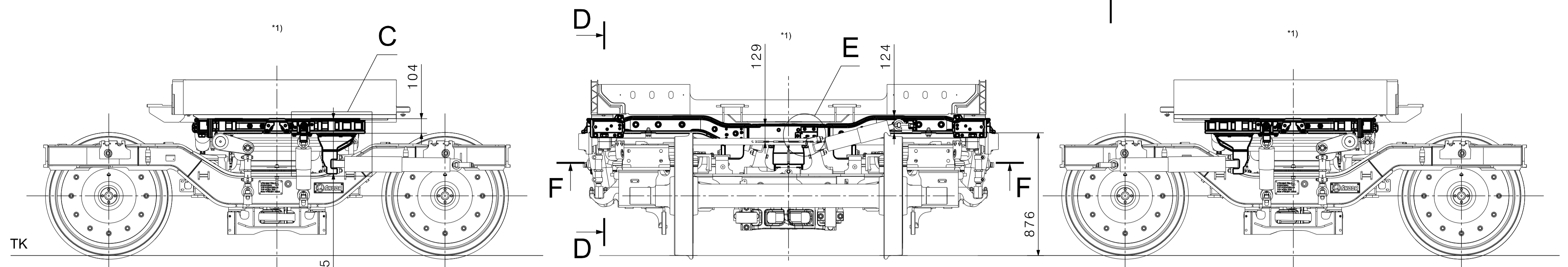
<i>Požadavky technické a technologické na TS</i>		<i>Požadovaná hodnota charakteristiky</i>	<i>Váha (1-4)</i>	<i>MODULÁRNÍ TRAVERZA</i>
POŽADAVKY NA REFLEKTIVNÍ VLASTNOSTI TS				
<i>Požadavky na hlavní i asistující funkce (účinky) k provozu:</i>				
Spojení s rámem podvozku	otočný čep - hlavní průměr $d_{1\check{c}}$ x délka $l_{1\check{c}}$	220 x 720 mm, variabilně 180 x 717 mm	3	4
	otočný čep - spojení s traverzou	příprava pro lisování, variabilně jeden celek	3	4
	sekundární vypružení	pneumatické měchy	4	4
	připojení sekundárního vypružení - mechanická část	kompatibilní	3	4
	připojení sekundárního vypružení - pneumatická část	kompatibilní	3	4
	připojení příčných tlumičů - dvojice tlumičů poblíž středu traverzy	kompatibilní, dvojice šroubů na konzolách	3	4
	připojení podélných tlumičů - dvojice tlumičů po stranách traverzy	kompatibilní, dvojice šroubů na konzolách	3	4
	připojení svislých tlumičů - dvojice tlumičů po stranách traverzy	kompatibilní, dvojice šroubů na konzolách	3	4
	příprava pro uchycení příčných nárazek	kompatibilní	3	4
	připojení torzního stabilizátoru	kompatibilní, čtveřice šroubů na každé straně	3	4
Spojení se skříní vozidla	typ spojení 1	dvojice čepů po stranách traverzy, umístění kompatibilní	3	4
	parametry spojení	$l_{2\check{c}}, d_{2\check{c}}$ kompatibilní	2	4
	typ spojení 2	čtveřice pojistných šroubů, umístění kompatibilní	3	4
	parametry spojení	šrouby M30	2	4

Požadavky technické a technologické na TS		Požadovaná hodnota charakteristiky	Váha (1-4)	MODULÁRNÍ TRAVERZA
Pomocný vzduchojem pneumatického vypružení	objem tlakové části uvnitř traverzy	maximální	3	3
	tlakotěsnost	zkušební tlak vzduchu $p_f = 1 \text{ MPa}$	4	4
	připojení tlakového potrubí	kompatibilní	1	2
vnější rozměry – ve vztahu k vozidlu		kompatibilní	3	4
vnější rozměry – ve vztahu k okolí vozidla		dle vztažné linie kinematického obrysu GI2, současně DE2 dle ČSN EN 15273-2	4	4
Požadavky ostatní k provozu:				
životnost	po dobu životnosti vozidla (min. 40 let)		4	4
provozní náklady	minimální		3	4
údržba	minimální, jednoduchá		2	3
hmotnost	co nejnižší, optimálně méně než 800 kg		4	2
případné opravy	snadno proveditelné		3	3
prostředí použití	exteriér, podvozek kolejového vozidla		3	4
Požadavky k předvýrobním procesům a k výrobě:				
nároky na předvýrobní procesy (konstrukční, technologické a organizační)	minimalizovány		3	2
efektivní využití materiálu	maximalizováno		3	3
smontovatelnost	vždy zaručena		4	4
způsob výroby	nenáročný		3	3
možnost výrobních a montážních chyb	minimalizována		3	2
vhodnost pro sériovou výrobu	maximální		3	4
nároky na vybavenost výrobní základny	minimalizovány		2	1
Požadavky k distribuci:				
manipulace	snadná		2	3
stohovatelnost	umožněna		2	1

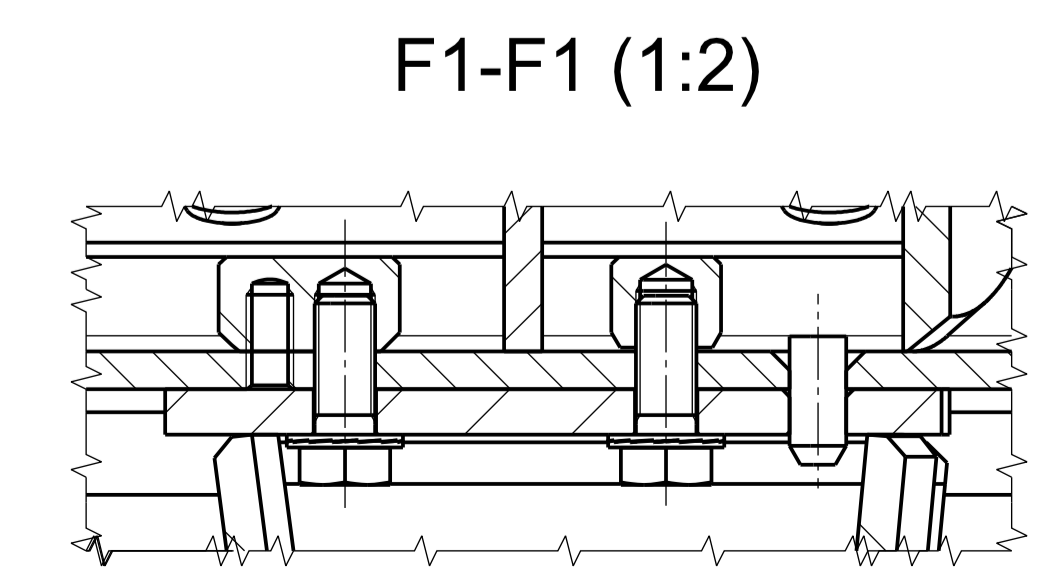
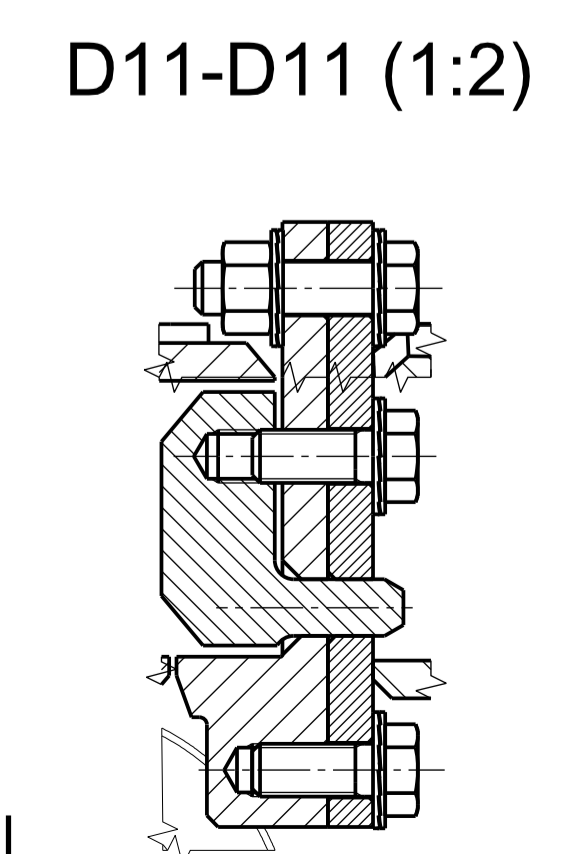
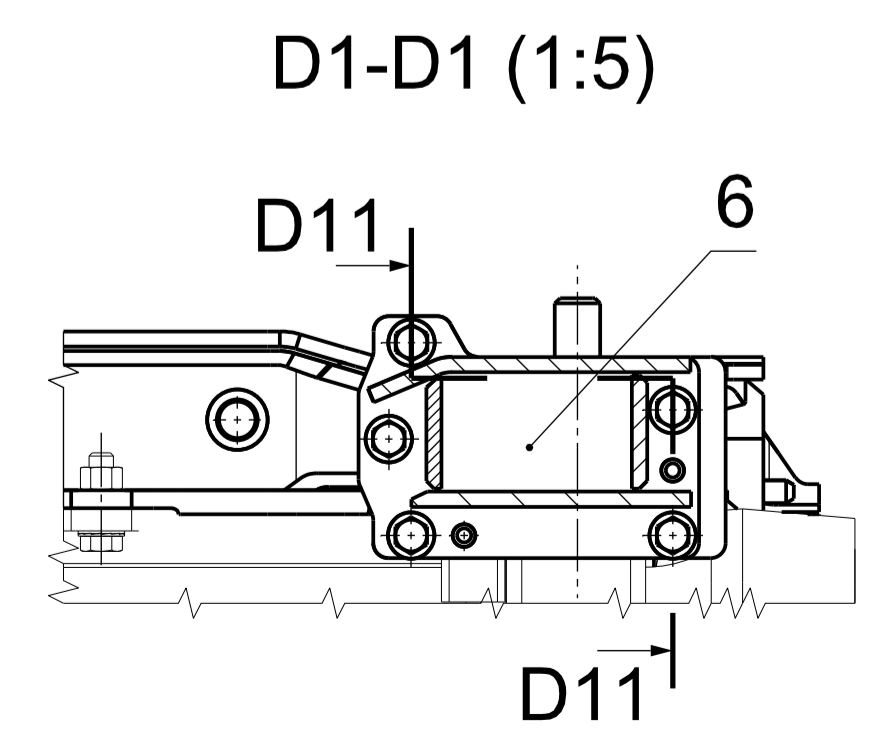
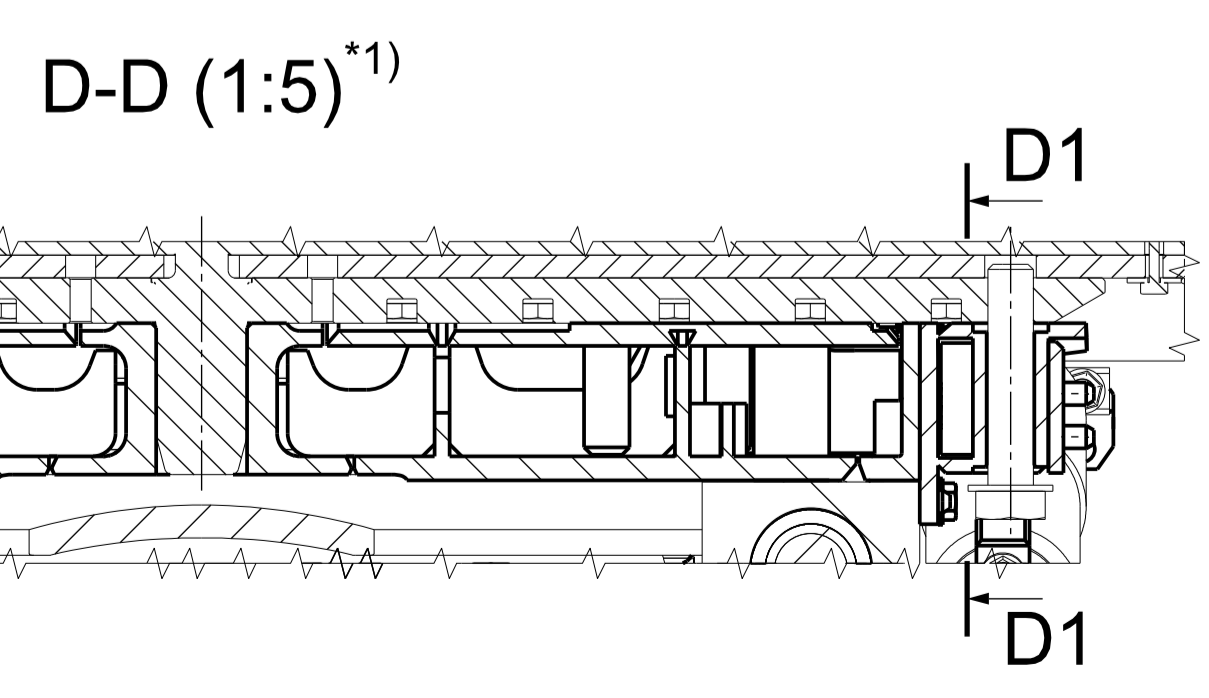
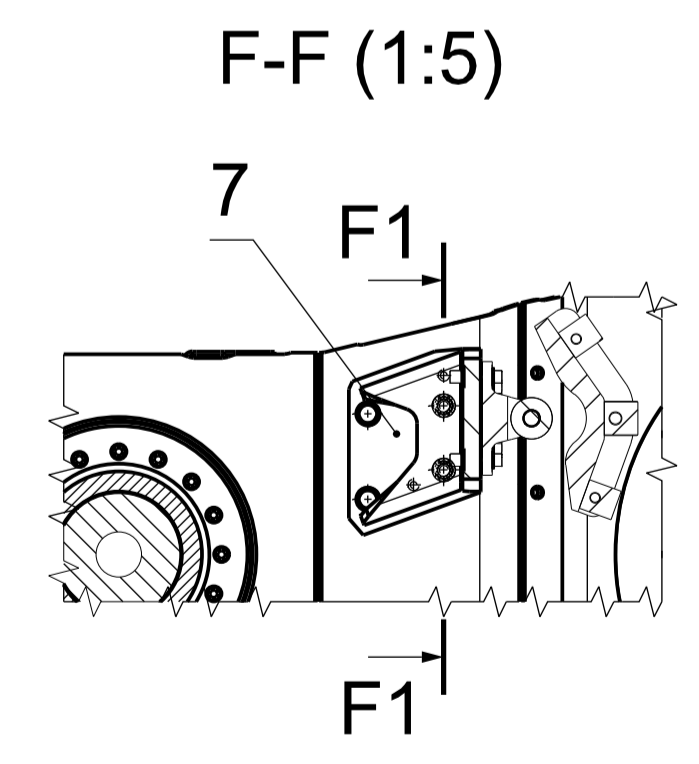
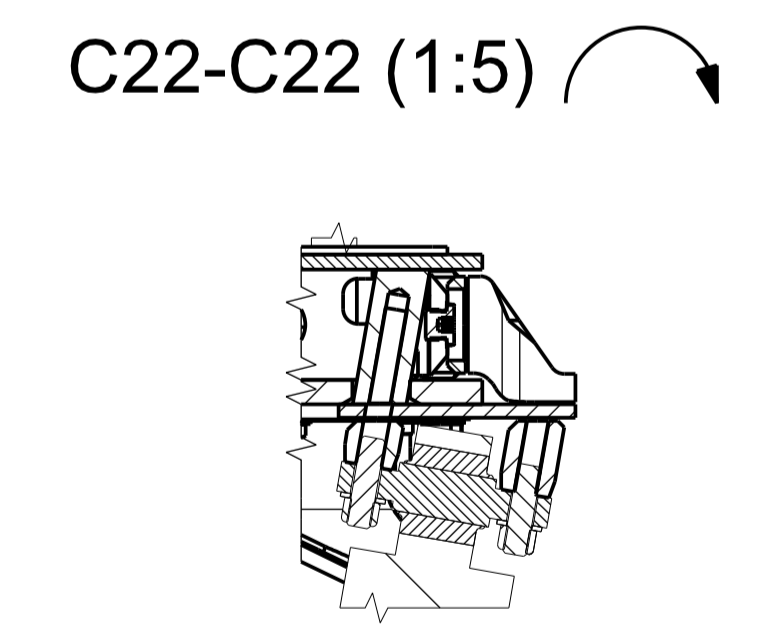
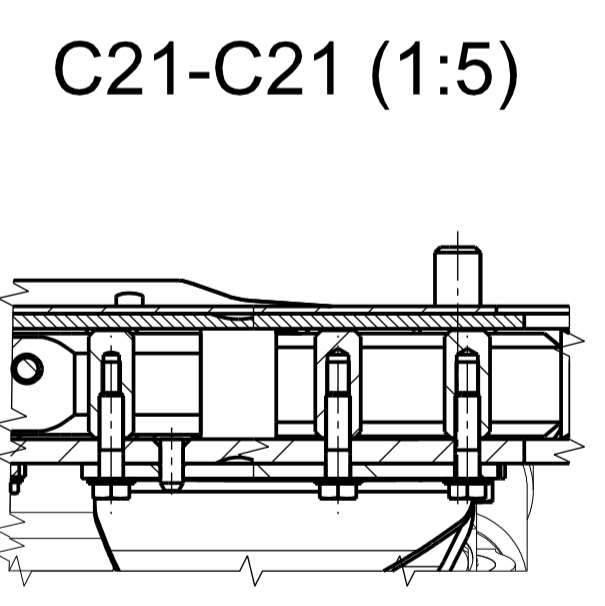
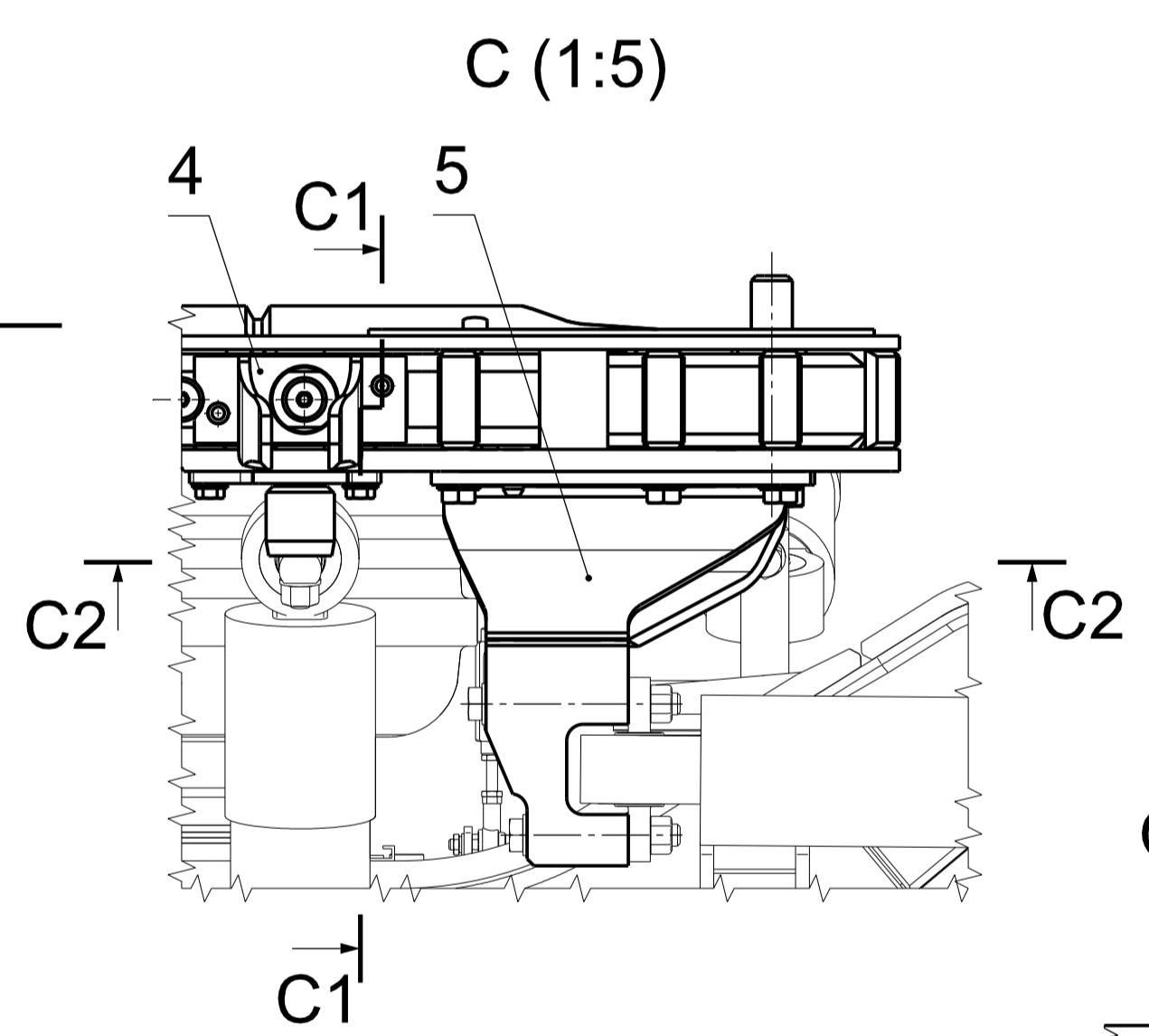
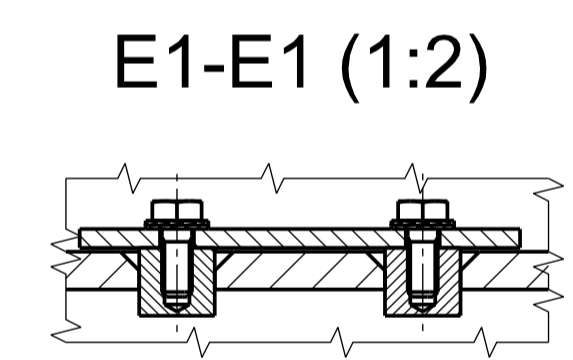
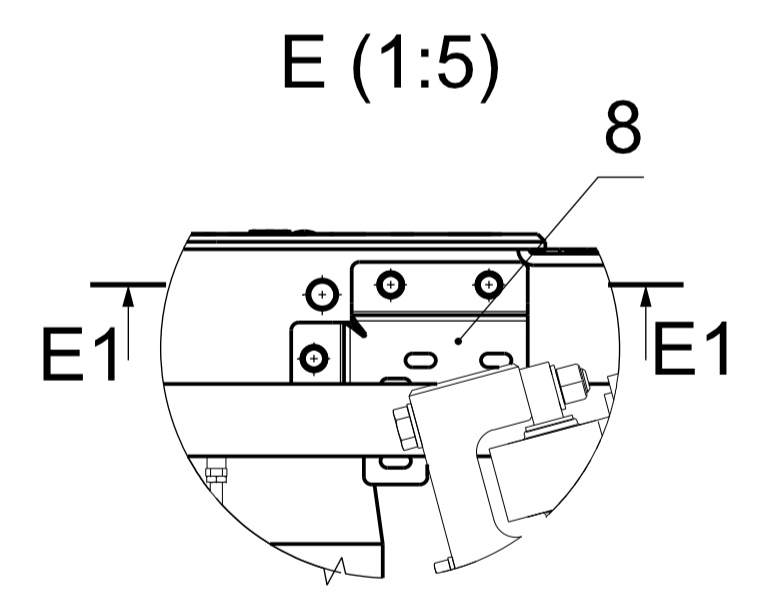
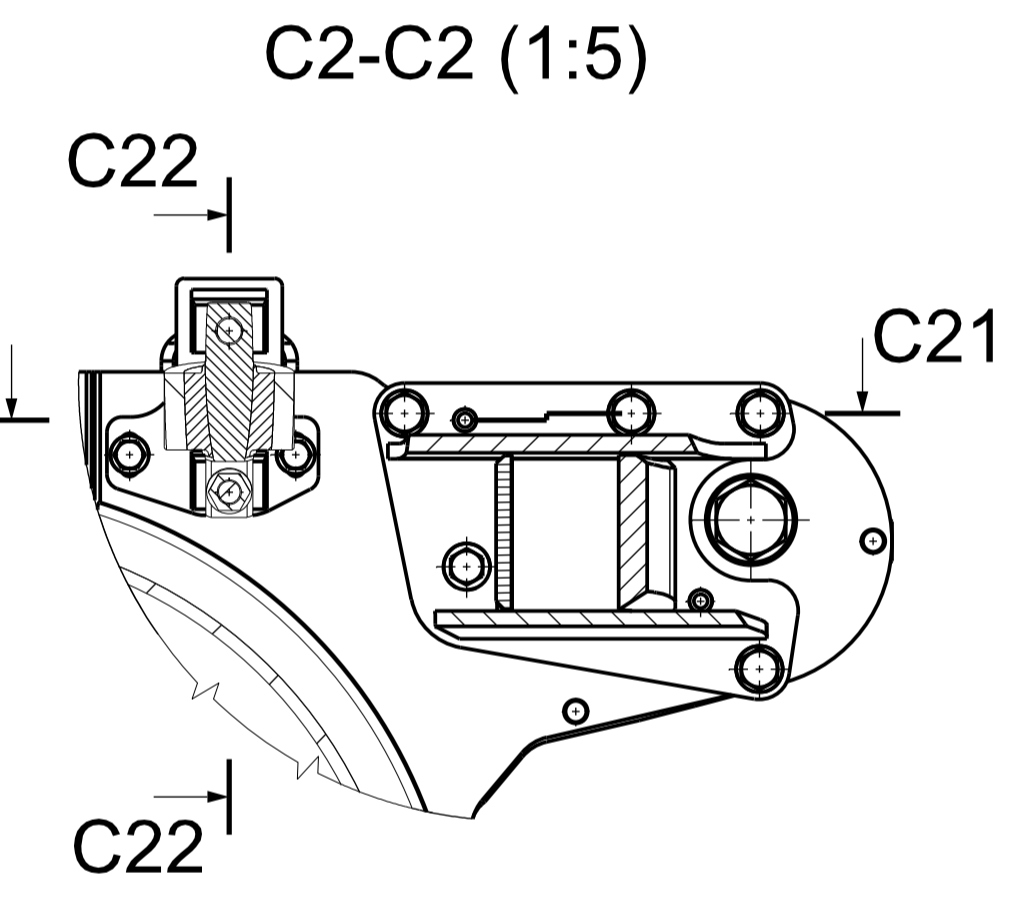
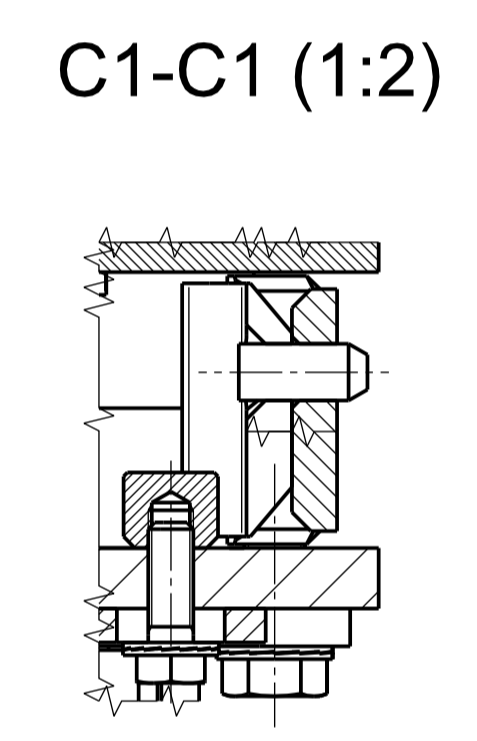
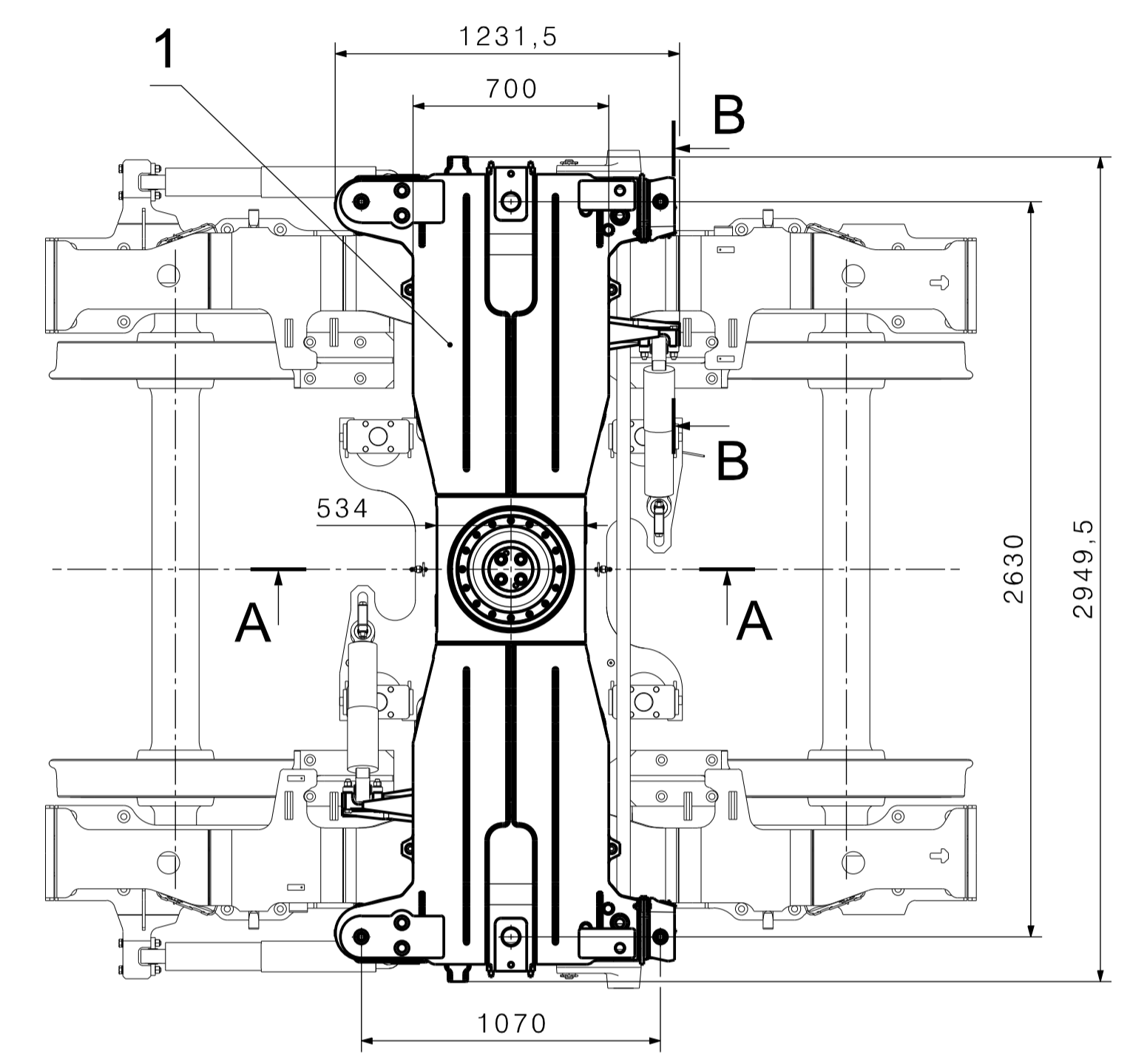
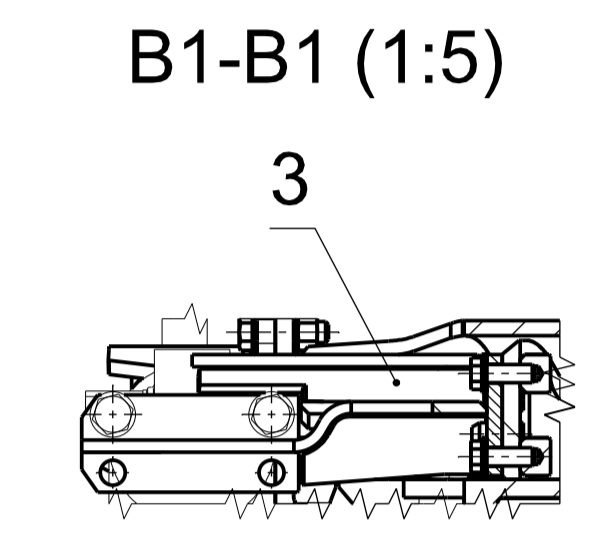
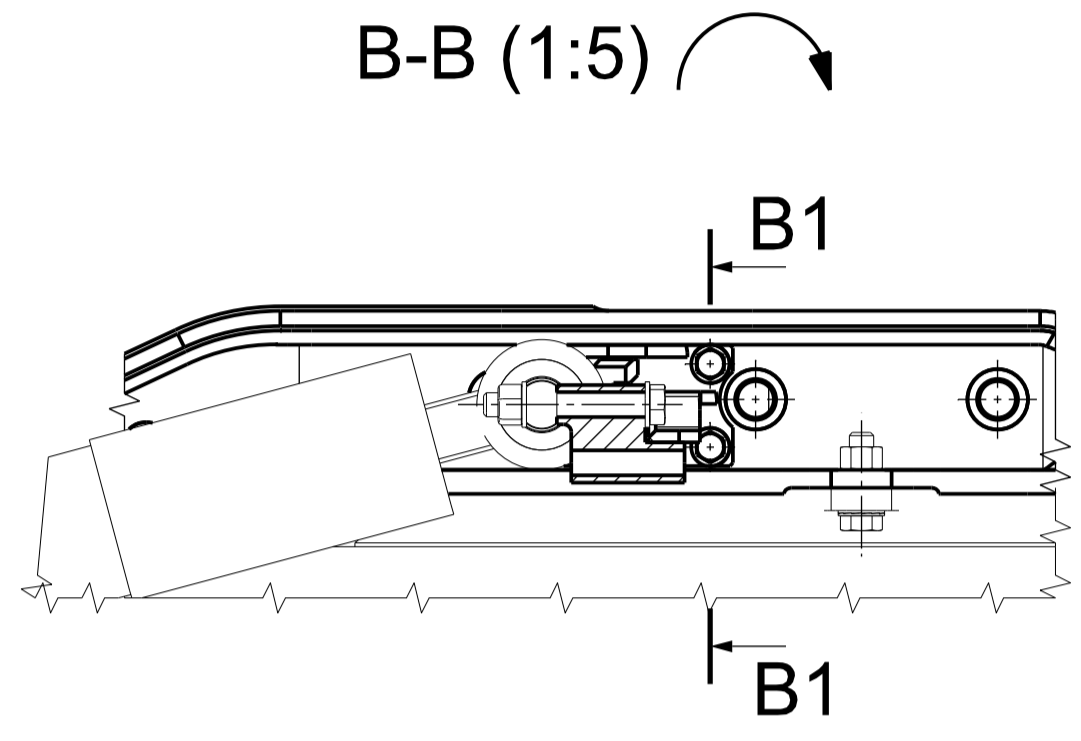
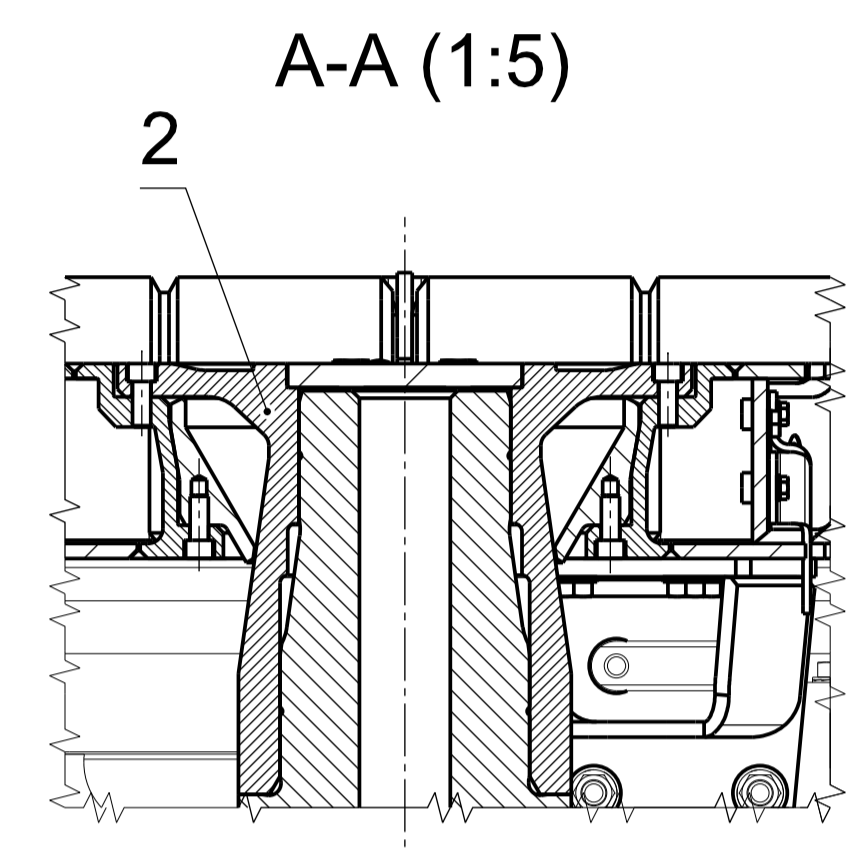
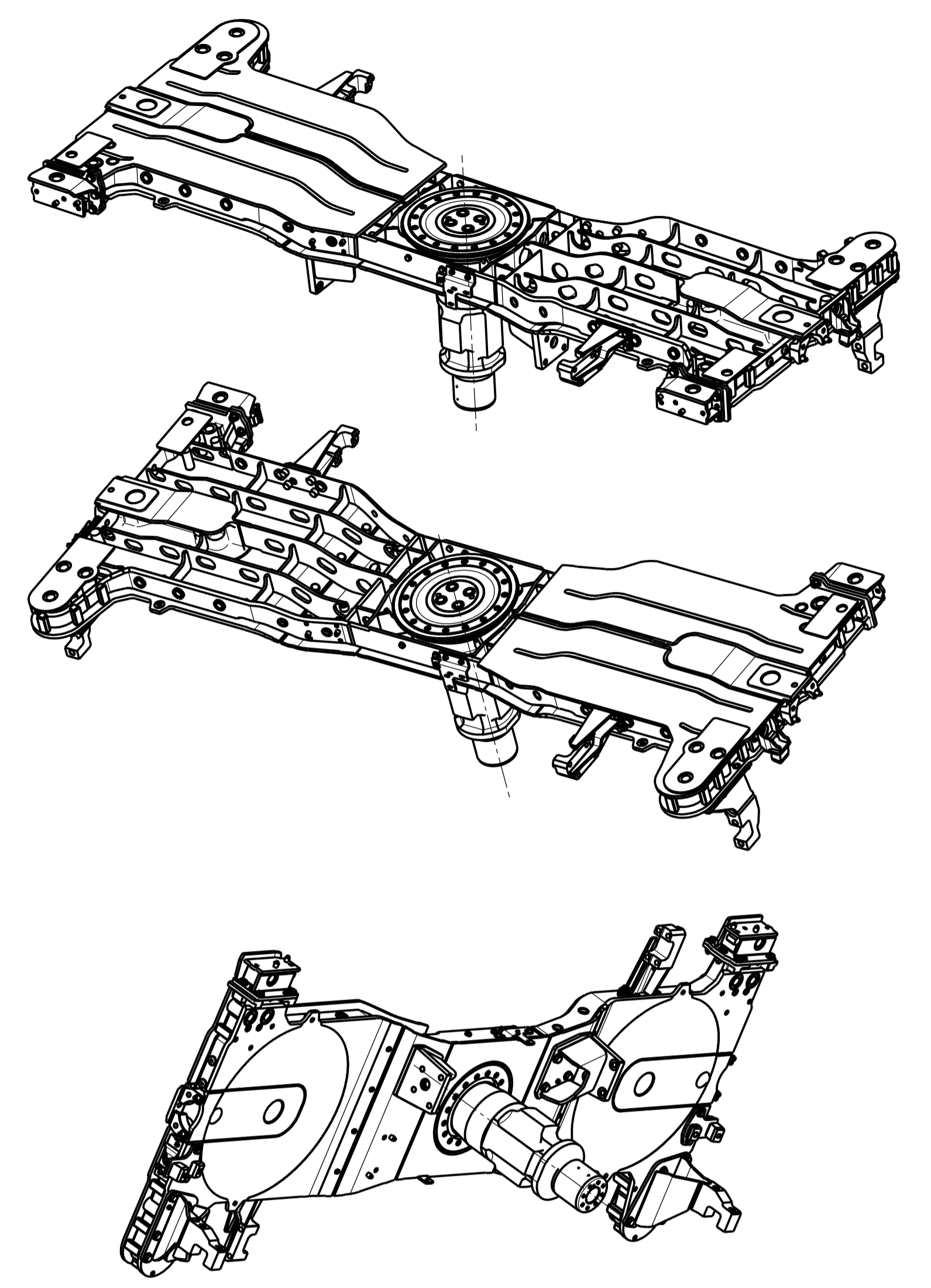
<i>Požadavky technické a technologické na TS</i>	<i>Požadovaná hodnota charakteristiky</i>	<i>Váha (1-4)</i>	<i>MODULÁRNÍ TRAVERZA</i>
<i>Požadavky k likvidaci:</i>			
recyklovatelnost	maximální	3	3
<i>Požadavky k věcnému (manaž.) řídicímu systému předvýrobních, výrobních a povýrobních procesů:</i>			
automatizace výroby dílů	maximální	3	3
podíl lidské práce při výrobě komponent	minimální	2	2
podíl lidské práce při montáži	minimální	2	2
dědičnost konstrukce	maximální	4	3
počet rozdílných dílů / prvků	minimalizován	4	3
počet rozdílných použitých technologií a technologických postupů	minimalizován	3	2
přestavitelnost na konkrétní typ podvozku	rychlá a jednoduchá	4	4
konkurenceschopnost k produktům na trhu	maximální	3	3
<i>Požadavky k člověku a životnímu prostředí:</i>			
bezpečnost při provozu	zaručena	3	4
vzhled	uspokojivý – pokud možno čistě navazující tvarové linie, vyhovující barevné provedení a stupeň lesku v závislosti na konkrétním určení	3	3
<i>Požadavky k aktivnímu (reaktivnímu) materiálovému a energetickému prostředí:</i>			
ekologičnost materiálů	vysoká	3	3
ekologická nezávadnost při všech etapách životního cyklu	dodržena	3	3
spotřeba energie (při všech etapách životního cyklu)	minimální	2	2
<i>Požadavky k aktivnímu (reaktivnímu) informačnímu okolí:</i>			
soulad návrhu s normami	ČSN EN 13749, ČSN EN 12663-1+A1, ČSN EN 15663 a DVS 1612	4	4

<i>Požadavky technické a technologické na TS</i>	<i>Požadovaná hodnota charakteristiky</i>	<i>Váha (1-4)</i>	<i>MODULÁRNÍ TRAVERZA</i>
Požadavky k odbornému a informačnímu systému:			
výrobní a montážní dokumentace	přehledná a jednoznačná, v souladu s příslušnými podnikovými předpisy a směrnicemi	3	3
Požadavky k ekonomickému a časovému (manaž.) řídicímu systému předvýr., výrobních a povýr. procesů:			
výsledná cena produktu	co nejnižší	3	2
celková doba výroby	minimalizována	3	3
POŽADAVKY NA REAKTIVNÍ VLASTNOSTI TS			
Požadavky na obecné konstrukční vlastnosti a chování TS:			
odolnost proti poškození	maximální	3	3
pevnost a tuhost	optimální dle skutečného rozložení napětí	3	2
korozní odolnost	maximální	3	3
omyvatelnost	snadná, čištění běžnými přípravky	3	3
POŽADAVKY NA DESKRIPTIVNÍ VLASTNOSTI TS			
Požadavky na elementární konstrukční vlastnosti:			
spojovací prvky	kompatibilní	3	3
povrchové úpravy	vyhovující	3	3
funkční principy	provázané	3	4
VYHODNOCENÍ			
Celkem:		176	189
Vážené body:		704	577
Efektivita [%]:		100	82

Tabulka 29 – Hodnocení TS modulární traverza



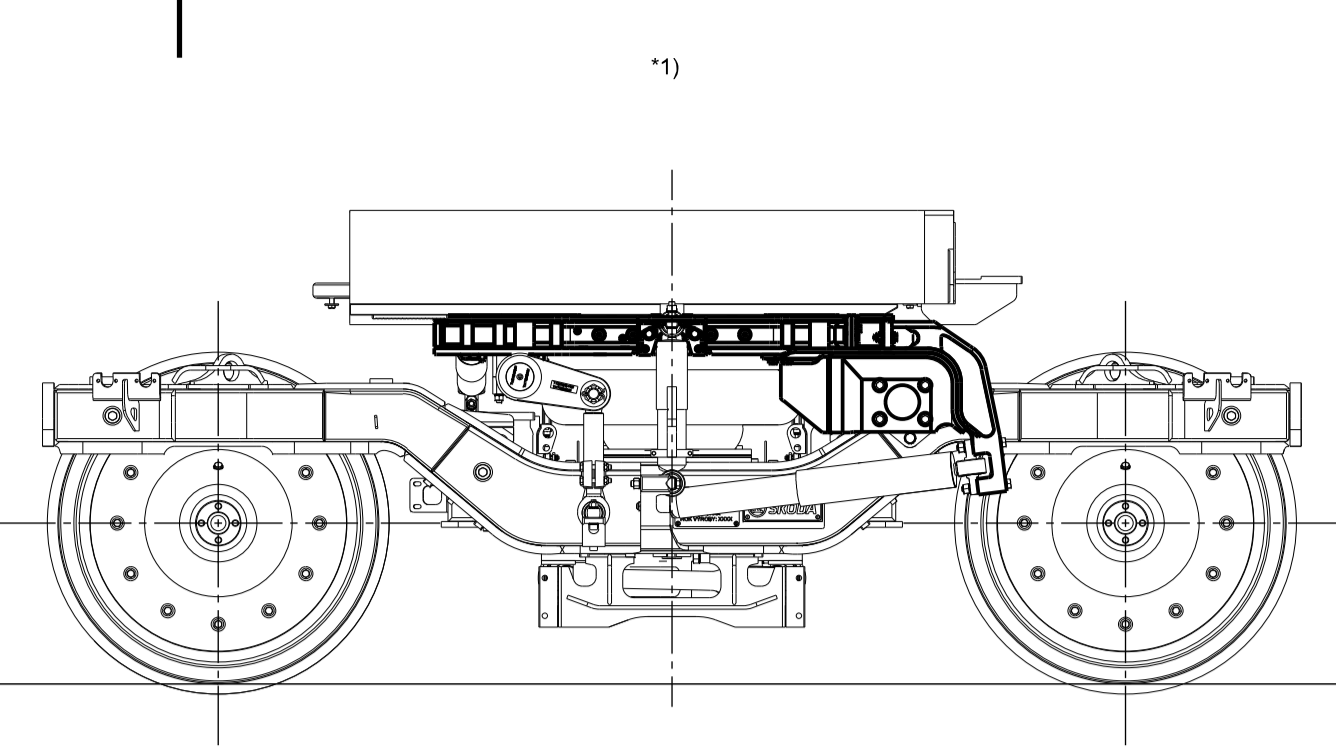
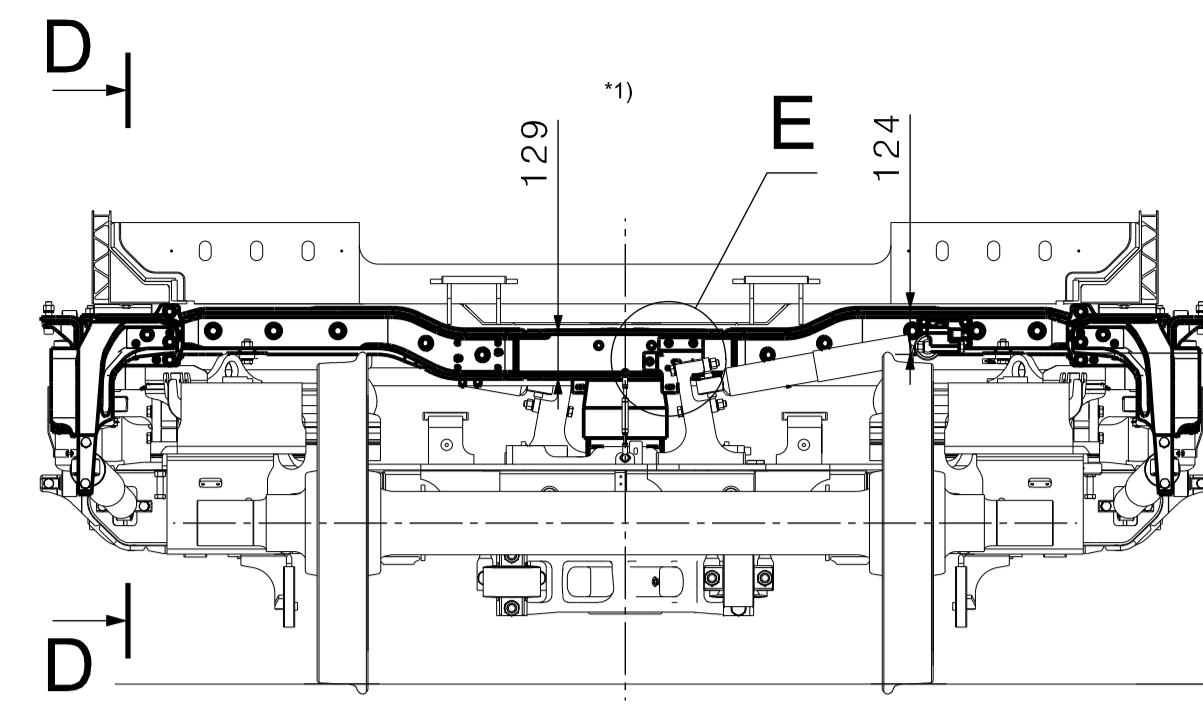
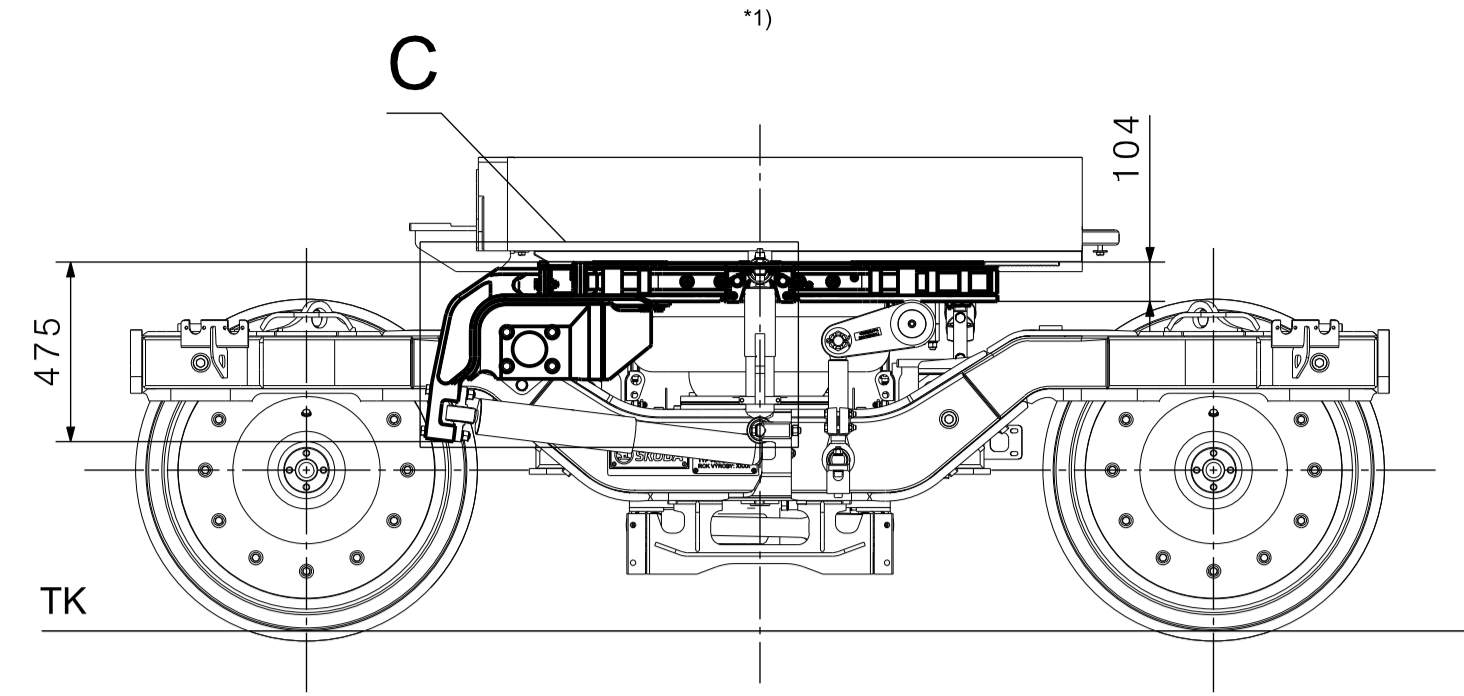
AXONOMETRICKÉ POHLEDY (1:15)
BEZ OKOLÍ A ČÁSTI HORNÍCH PÁSNIC



POHLEDY OZNAČENÉ *1) KRESLENY VČETNĚ ČÁSTI SKŘÍNĚ VOZIDLA

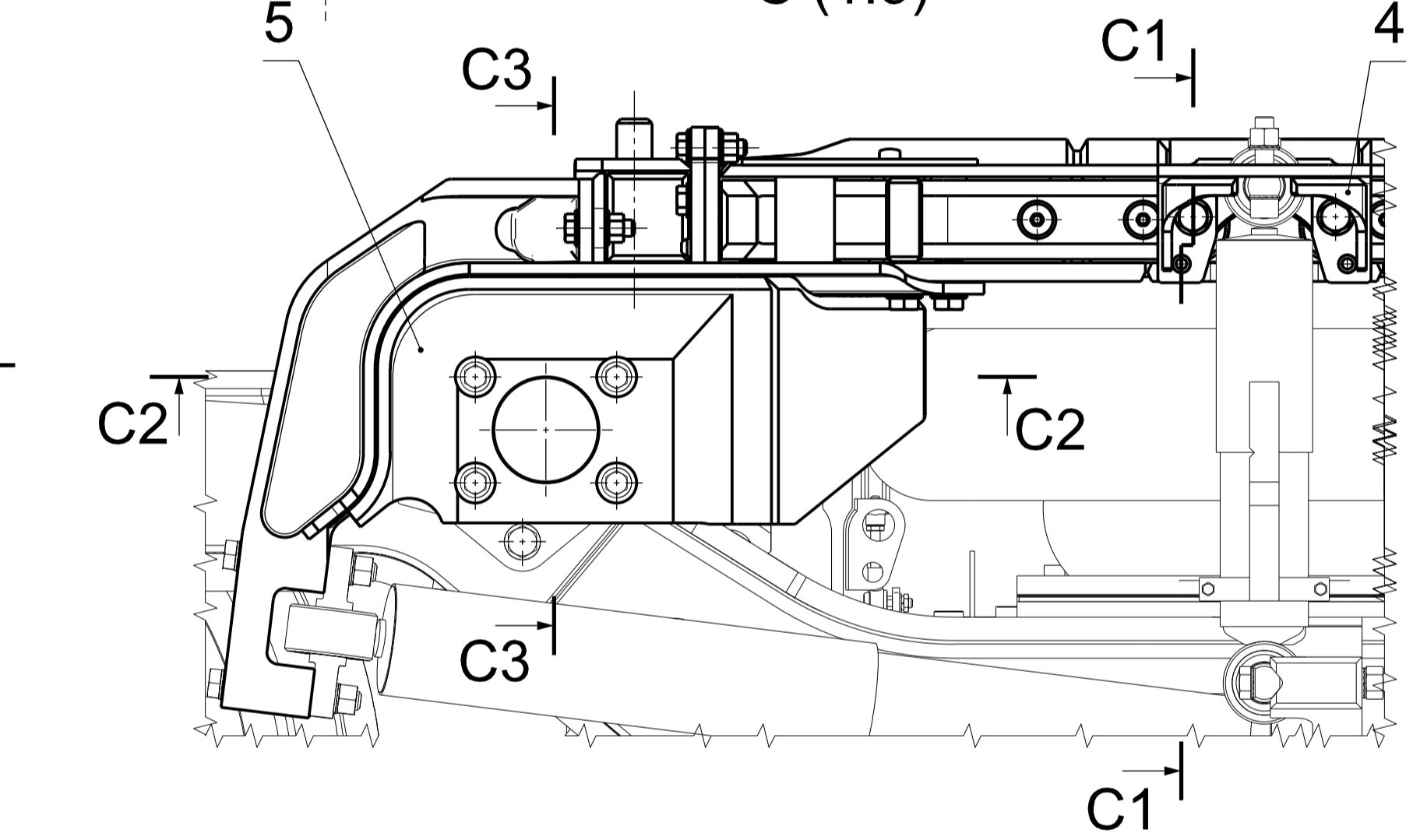
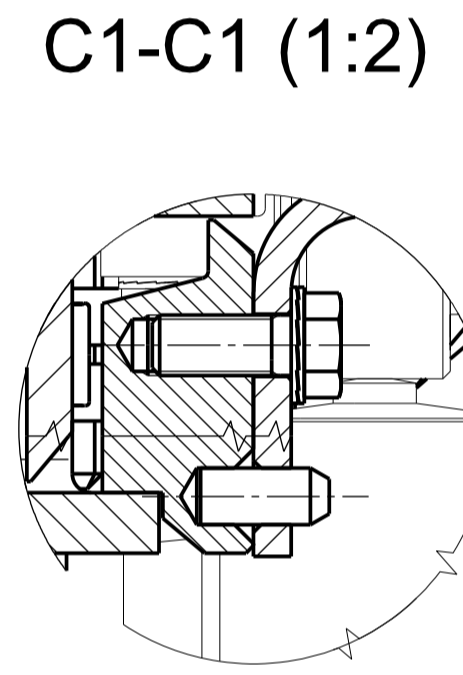
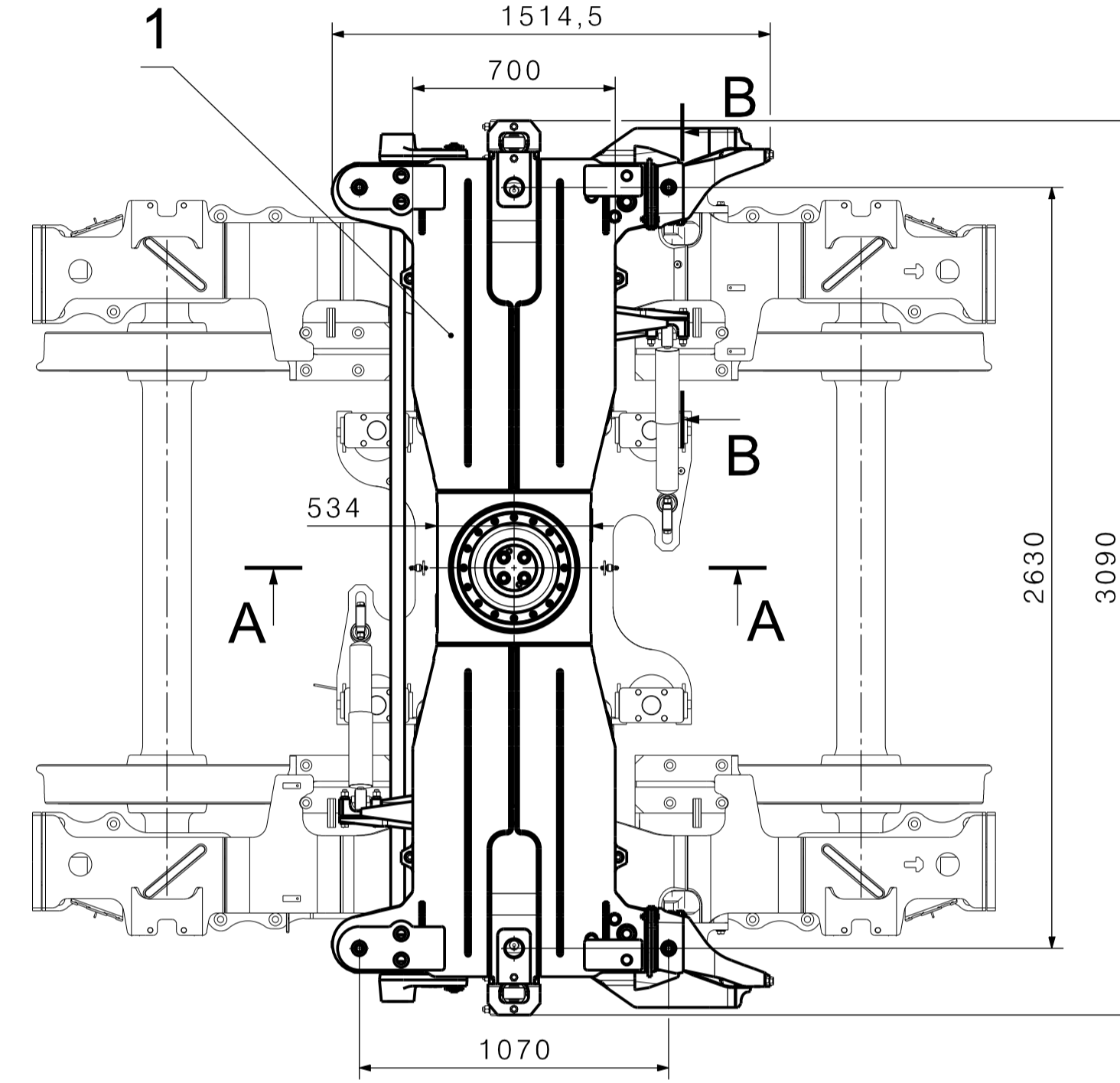
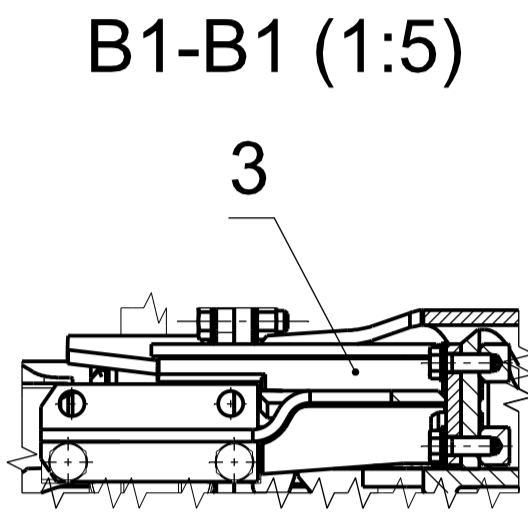
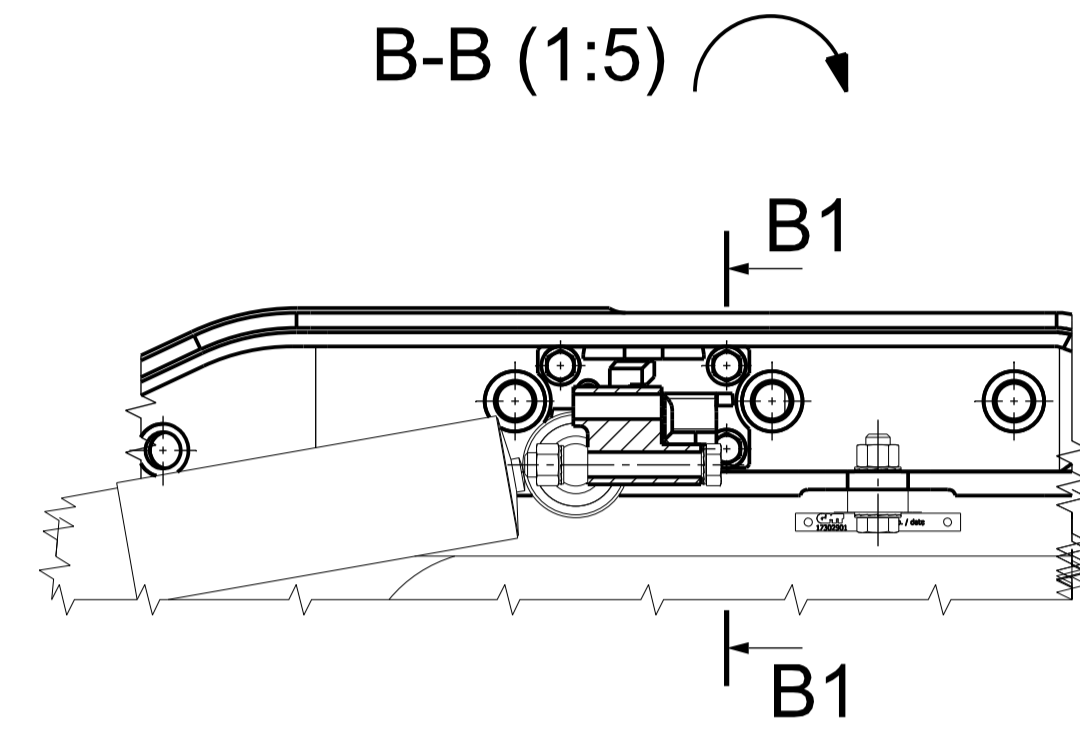
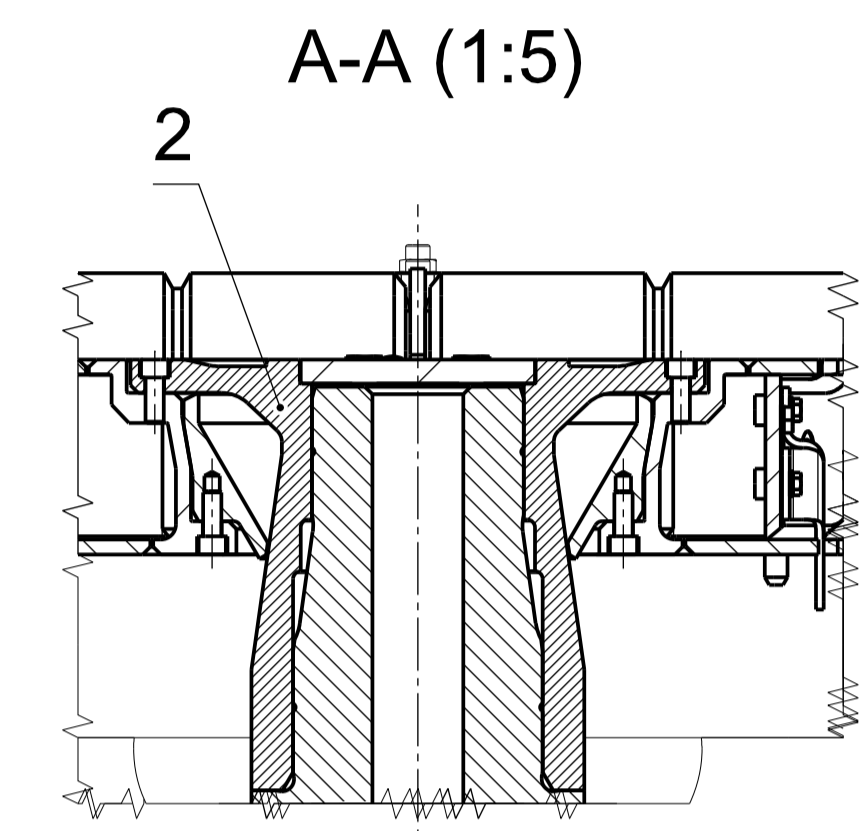
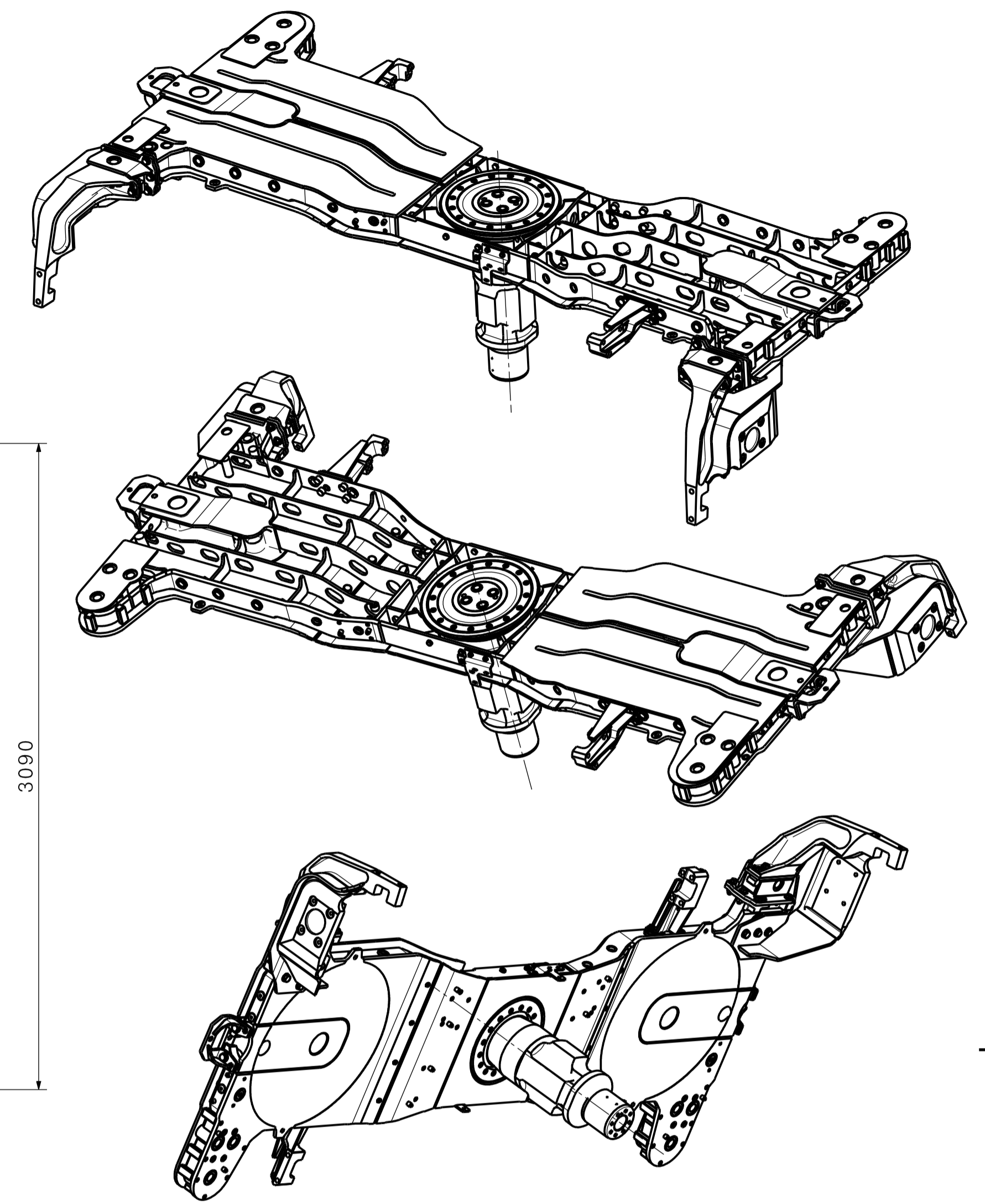
POZICE	MNOŽSTVÍ [ks]	NÁZEV
8	2	MODUL ROZVODŮ VZDUCHU 10EV, 10EV2
7	2	MODUL PŘÍČNÝCH NARÁŽEK 10EV
6	2	MODUL REDUKCE 10EV, 10EV2
5	2	MODUL PODÉLNÝCH TLUMIČŮ 10EV
4	2	MODUL SVISLÝCH TLUMIČŮ 10EV
3	2	MODUL PŘÍČNÝCH TLUMIČŮ 10EV, 10EV2
2	1	MODUL OTOČNÉHO ČEPU 10EV, 10EV2
1	1	SPOLEČNÁ ČÁST

Ind. / Pos. / Popis změny / Description of Change	Provedl/Issued	Schválil/Approv.	Dat./Date
Norma / Standard	ISO 8015 / EN ISO 13920 BF	ISO 13715	ISO 1302:2002
Polotovary / Raw Product	815		
Materiál výchozí / Default material	Materiál konečný / Final material		
TOP / Tech Deliv. Cond.			
Vypracoval / Drawn	PROCHÁZKA	31.5.2017	Provedení / Version
Průzkoušel / Checked			Form. / Note
Schválil / Approved			Sestava/Assembly
Formát / Size	A1	Měř. / Scale	1:20
List / Sheet No.	1	Listů / Sheets	1
Název / Title	MODULÁRNÍ TRAVERZA - 10EV		Index
	ZČU - FST - KKS		.00
	Číslo výkresu / Drawing No.		DP01

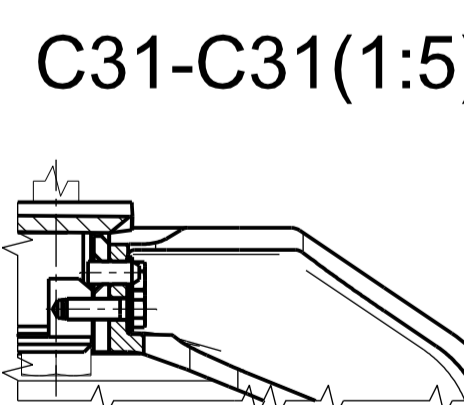
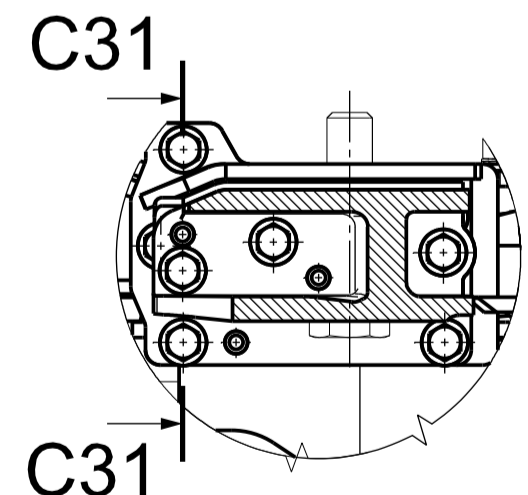
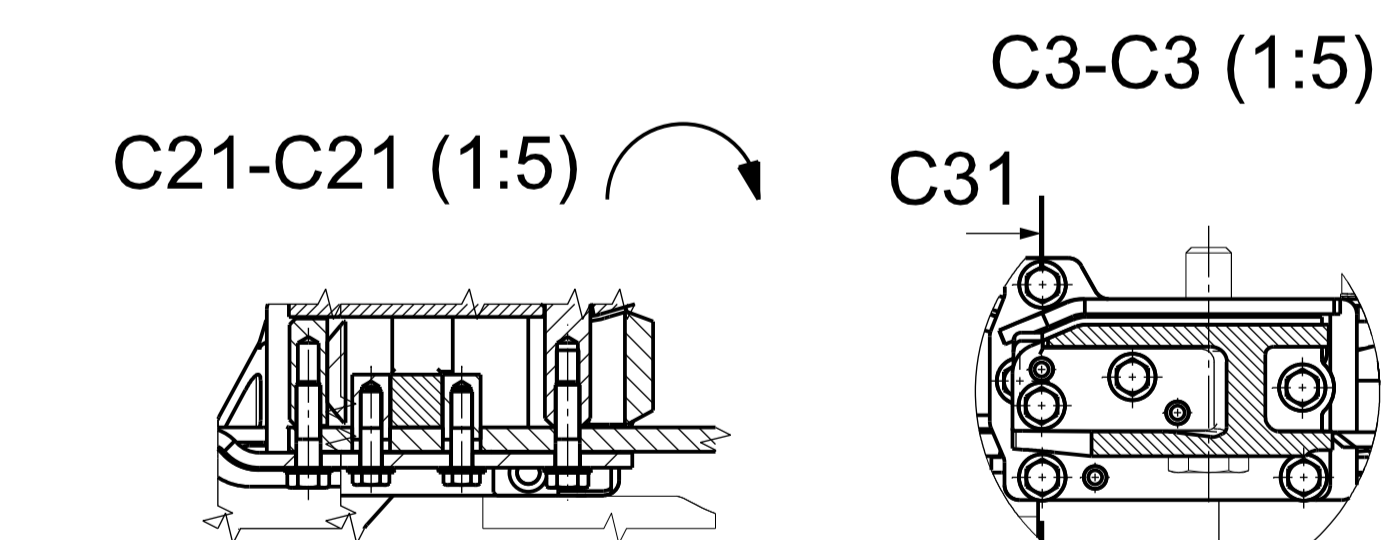
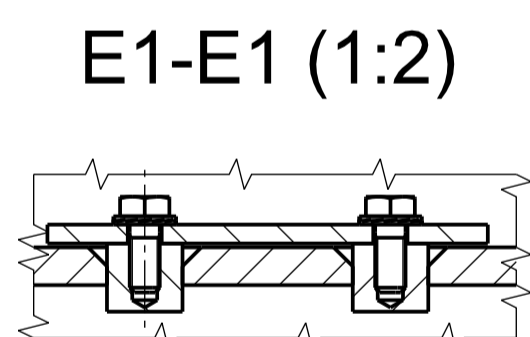
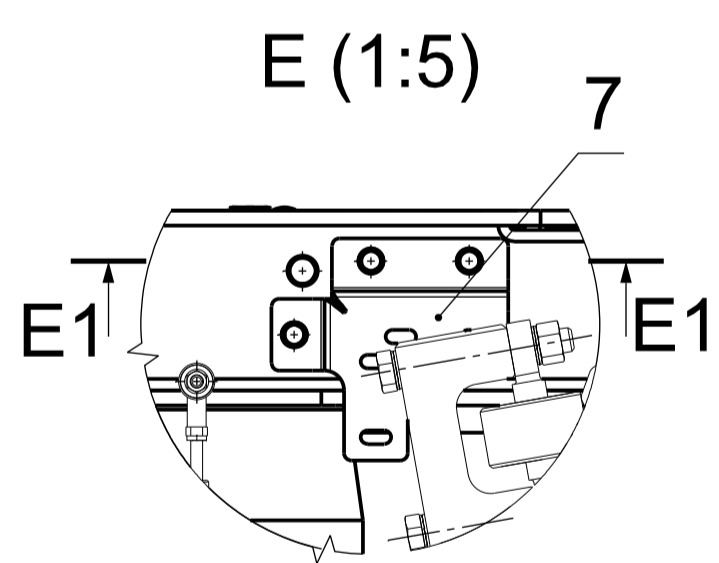
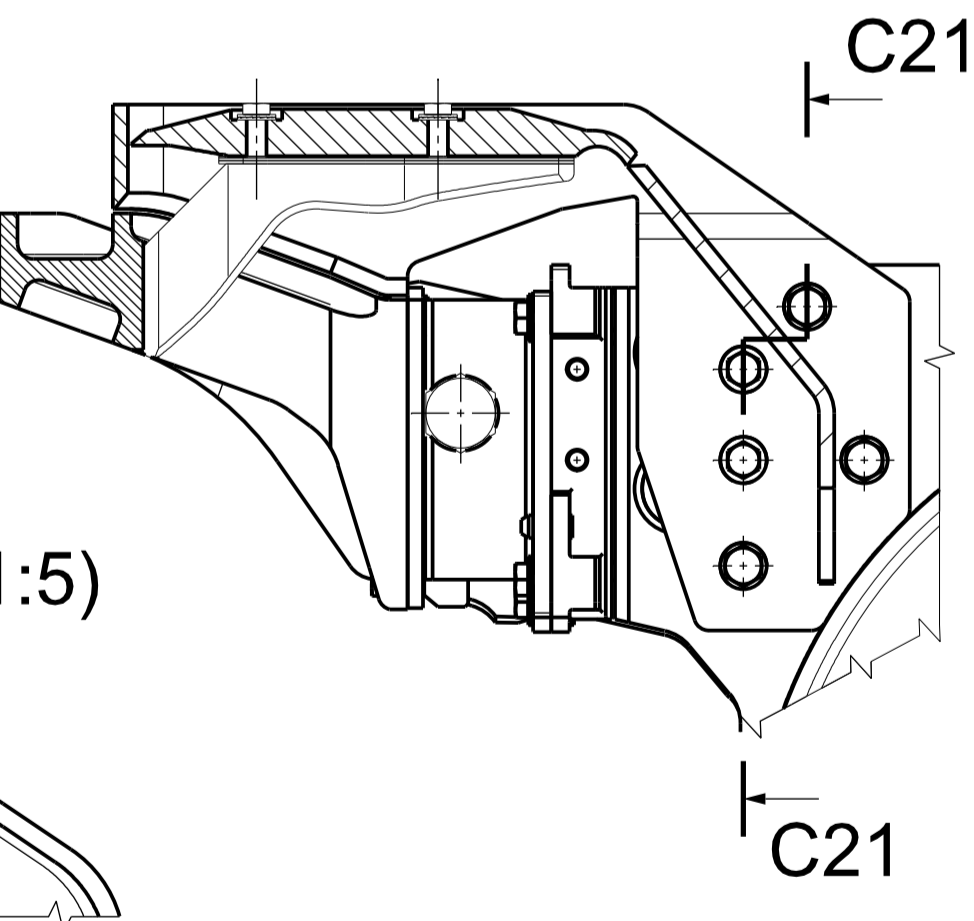


AXONOMETRICKÉ POHLEDY (1:15)

BEZ OKOLÍ A ČÁSTI HORNÍCH PÁSNIC

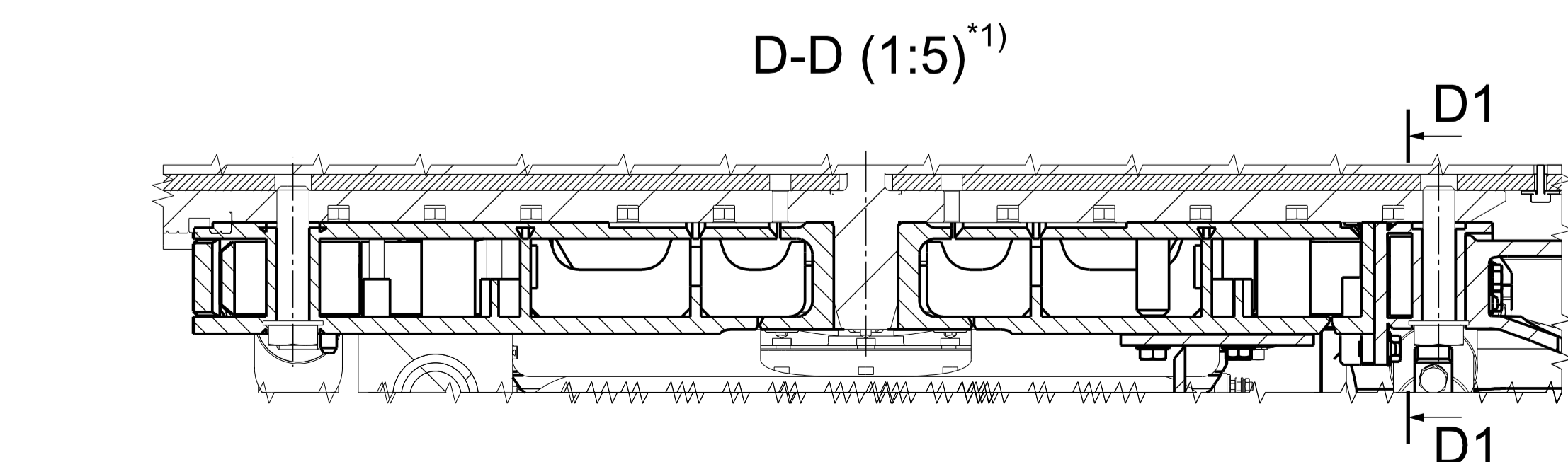
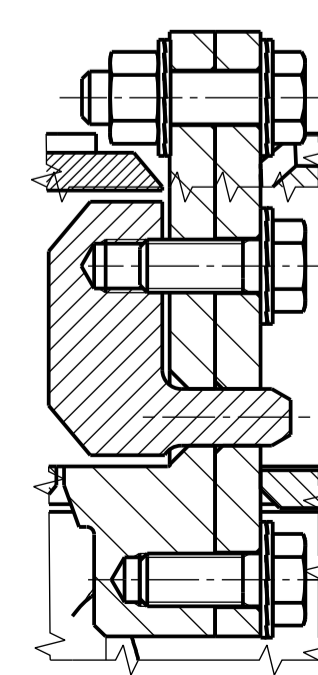
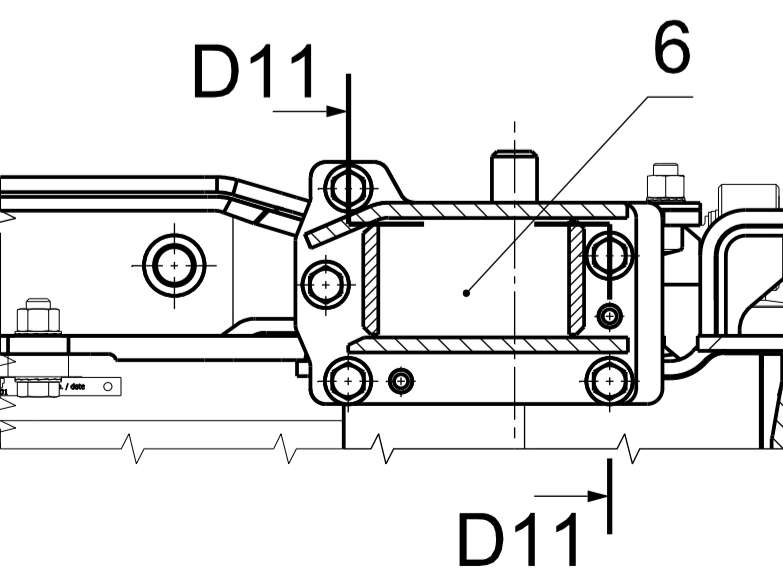


C2-C2 (1:5)



D1-D1 (1:5)

D11-D11 (1:2)



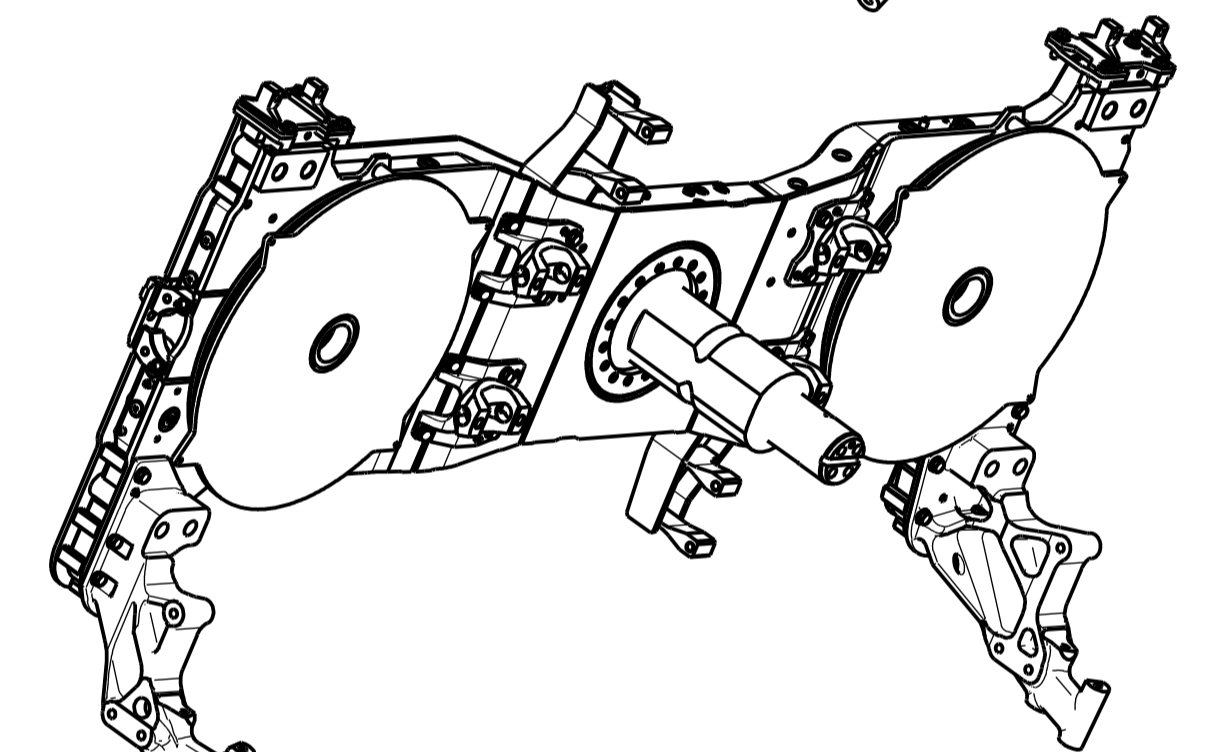
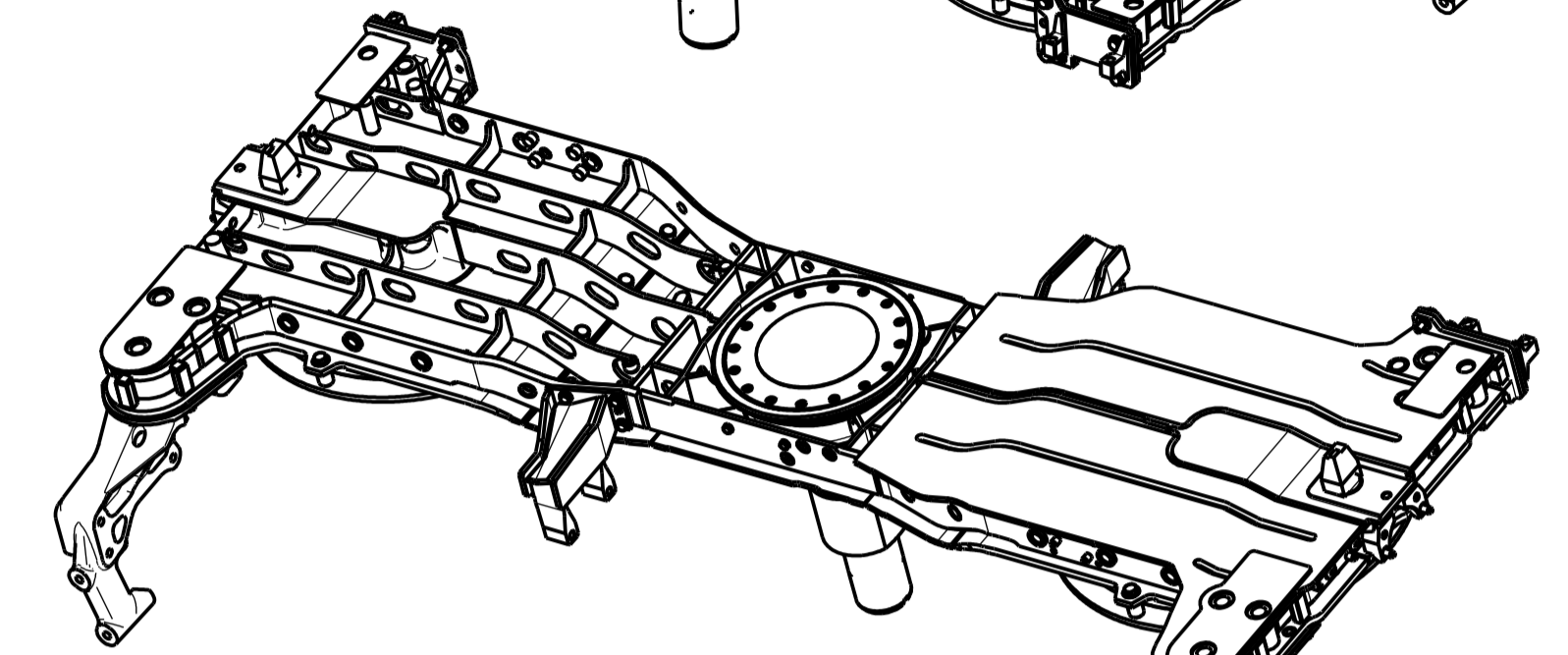
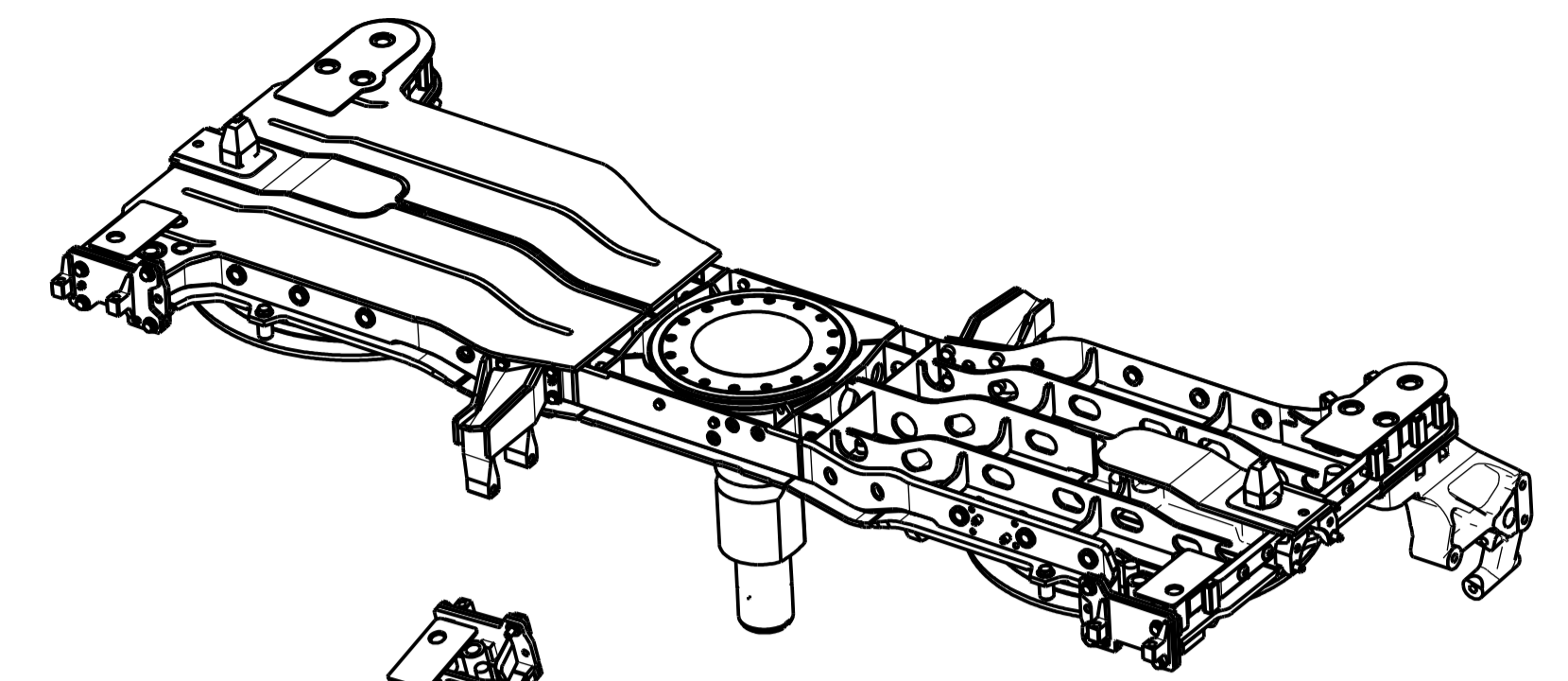
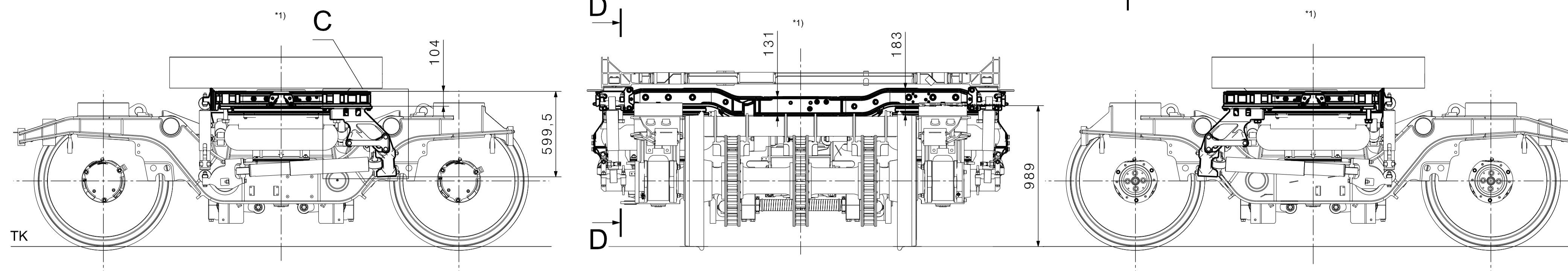
POHLEDY OZNAČENÉ *1) KRESLENY VČETNĚ ČÁSTI SKŘÍNĚ VOZIDLA

POZICE	MNOŽSTVÍ [ks]	NÁZEV
7	2	MODUL ROZVODŮ VZDUCHU 10EV, 10EV2
6	2	MODUL REDUKCE 10EV, 10EV2
5	2	MODUL PODÉLNÝCH TLUMIČŮ A PŘÍČNÝCH NARÁŽEK 10EV2
4	2	MODUL SVISLÝCH TLUMIČŮ 10EV2
3	2	MODUL PŘÍČNÝCH TLUMIČŮ 10EV, 10EV2
2	1	MODUL OTOČNÉHO ČEPU 10EV, 10EV2
1	1	SPOLEČNÁ ČÁST

Ind. / Pos. / Popis změny / Description of Change	Provedl/Issued	Schválil/Appr.	Dat./Date
Norma Standard	ISO 8015 EN ISO 13920 BF	Unmarked edges	ISO 13715
Polotovary Raw Product	ISO 13715	Neoznačené hrany Unmarked edges	ISO 13715
Materiál výchozí Default material		Materiál konečný Final material	
TOP Tech Deliv Cond.			
Čistá hm. kg Mass netto		Hrubá hm. kg Mass brutto	850
Tolerance/Tolerance	ISO 8015 EN ISO 13920 BF	Neoznačené hrany Unmarked edges	ISO 13715
ISO 13715		ISO 13715	
Drsnost/Roughness	EN ISO 1302:2002		
SPG kód			
Výrob. fáze Prod. phase			S
Vypracoval Drawn	PROCHÁZKA	31.5.2017	Provedení Version
Typ Type			
Přezkoušel Checked			
Schválil Approved			
Formát / Size	A1	Měř. / Scale	1:20
List / Sheet No.	1	Listů / Sheets	1
Název Title	MODULÁRNÍ TRAVERZA - 10EV2		
	TYPOVÝ VÝKRES		
ZČU - FST - KKS	Číslo výkresu / Drawing No.	DP02	Index .00

AXONOMETRICKÉ POHLEDY (1:15)

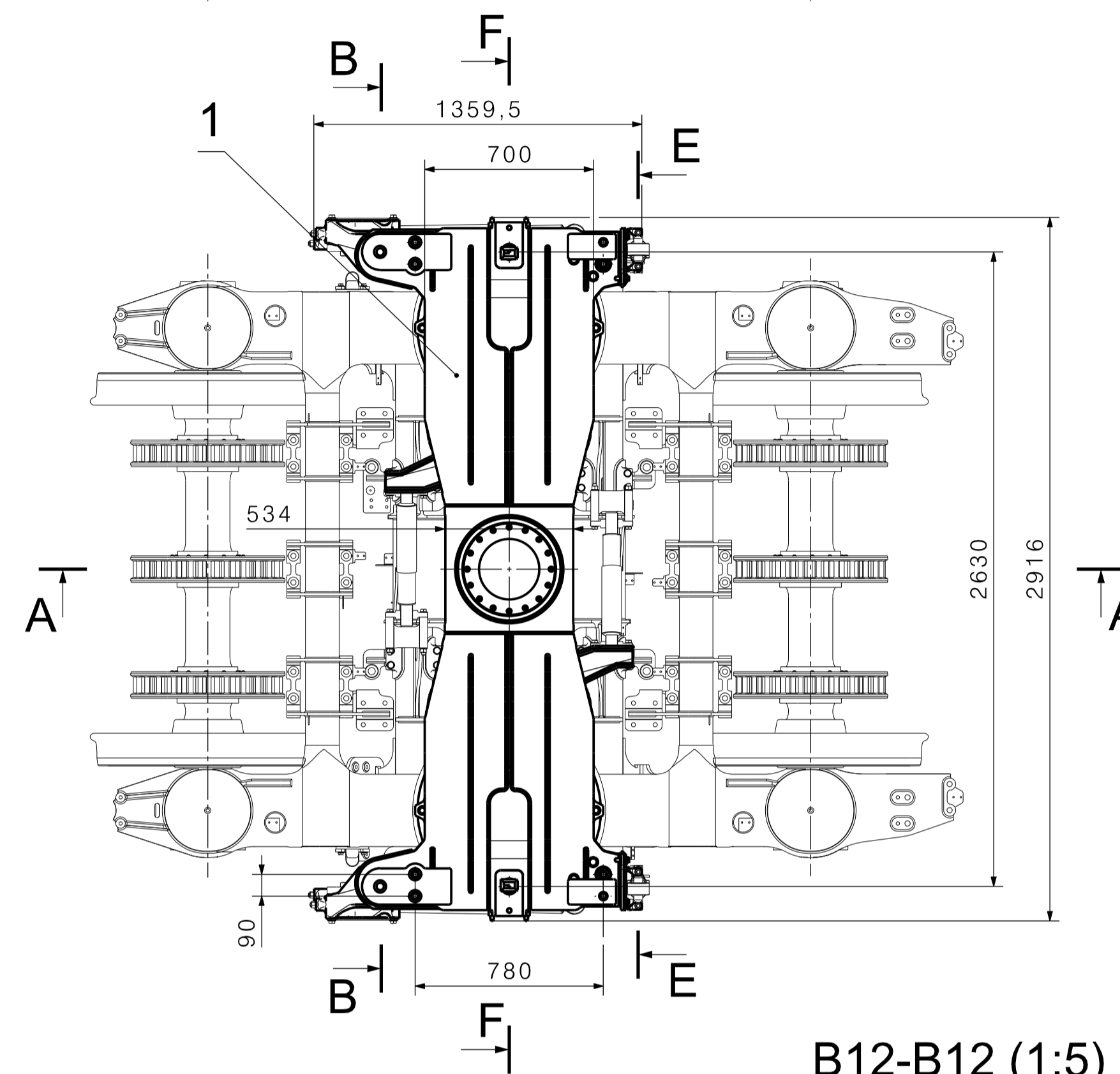
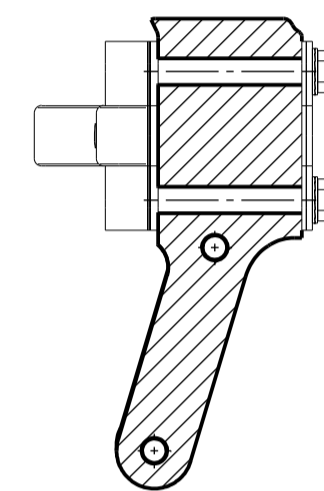
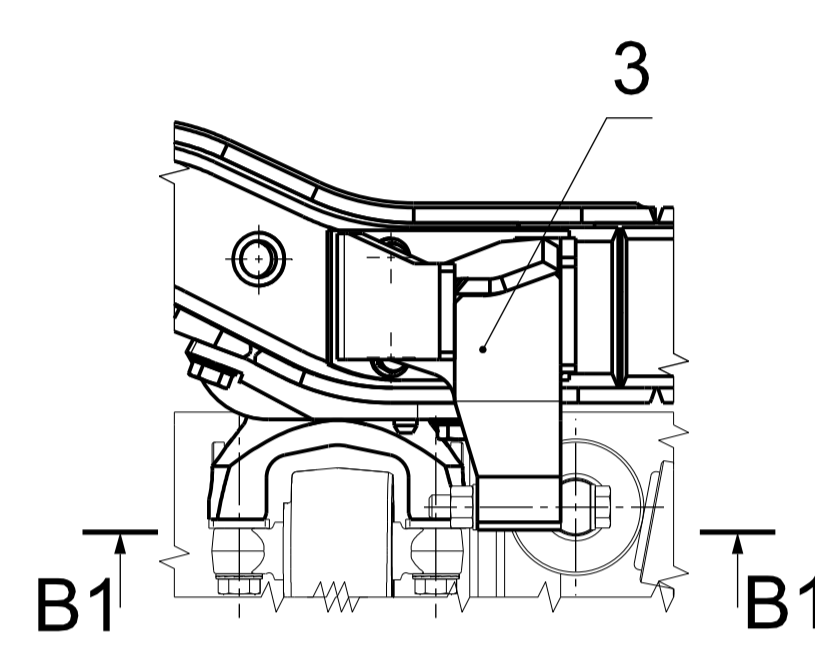
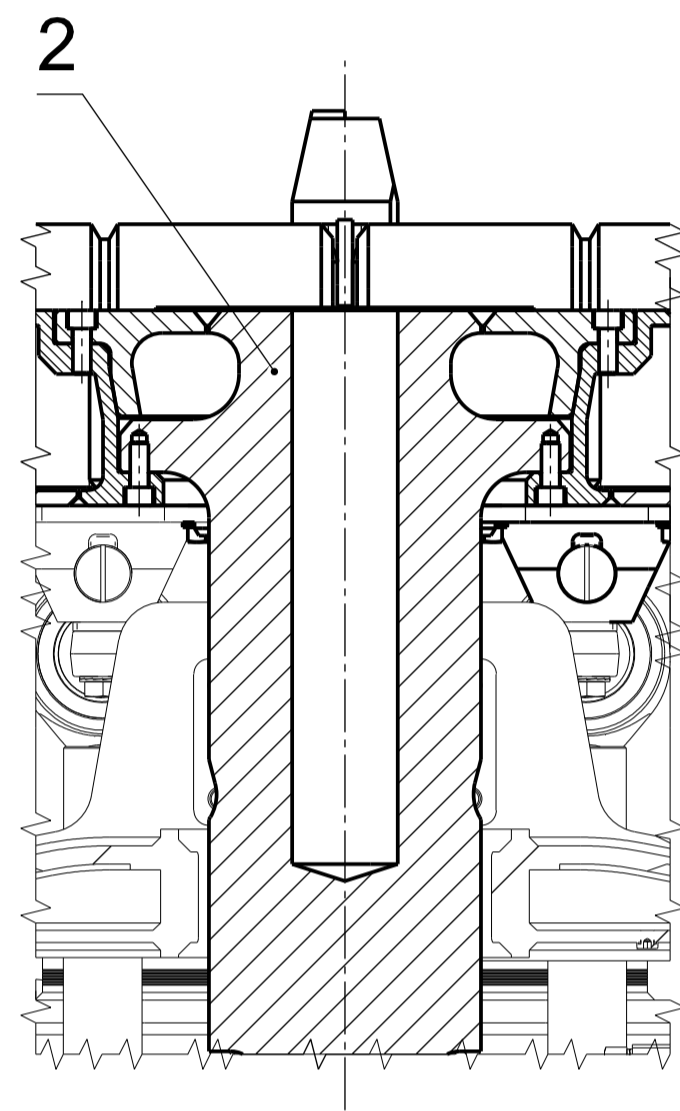
BEZ OKOLÍ A ČÁSTI HORNÍCH PÁSNIC



A-A (1:5)

B-B (1:5)

C1-C1 (1:5)

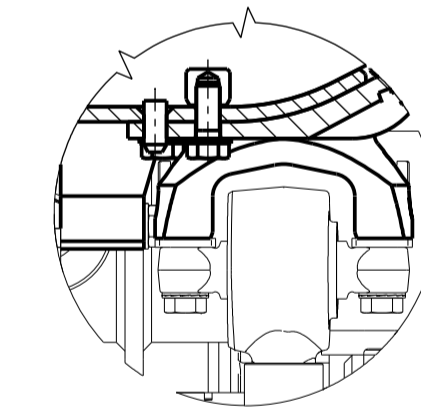
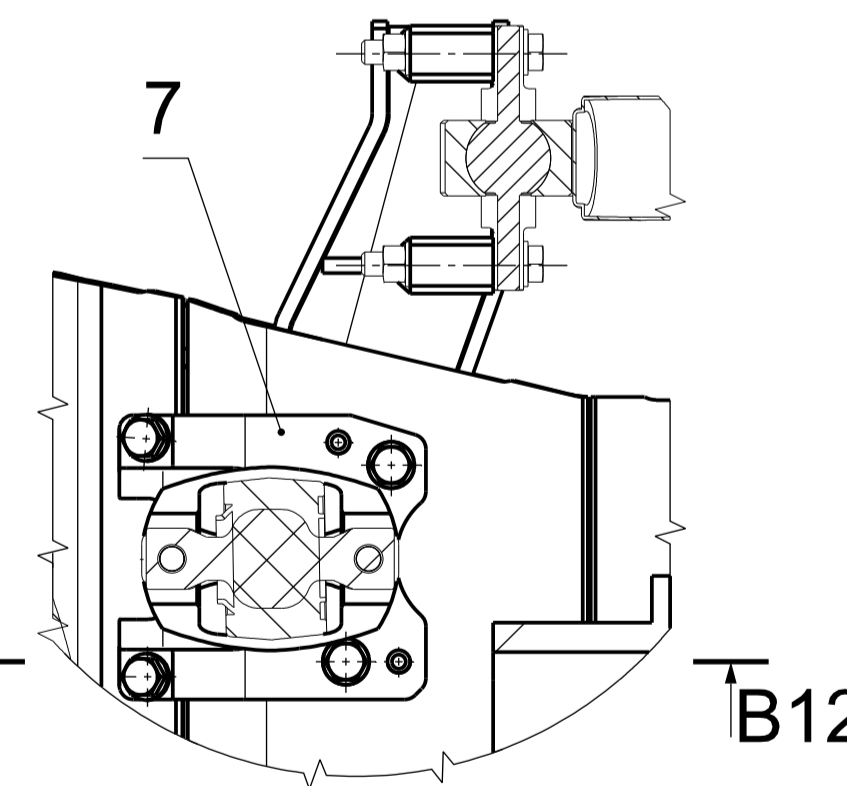
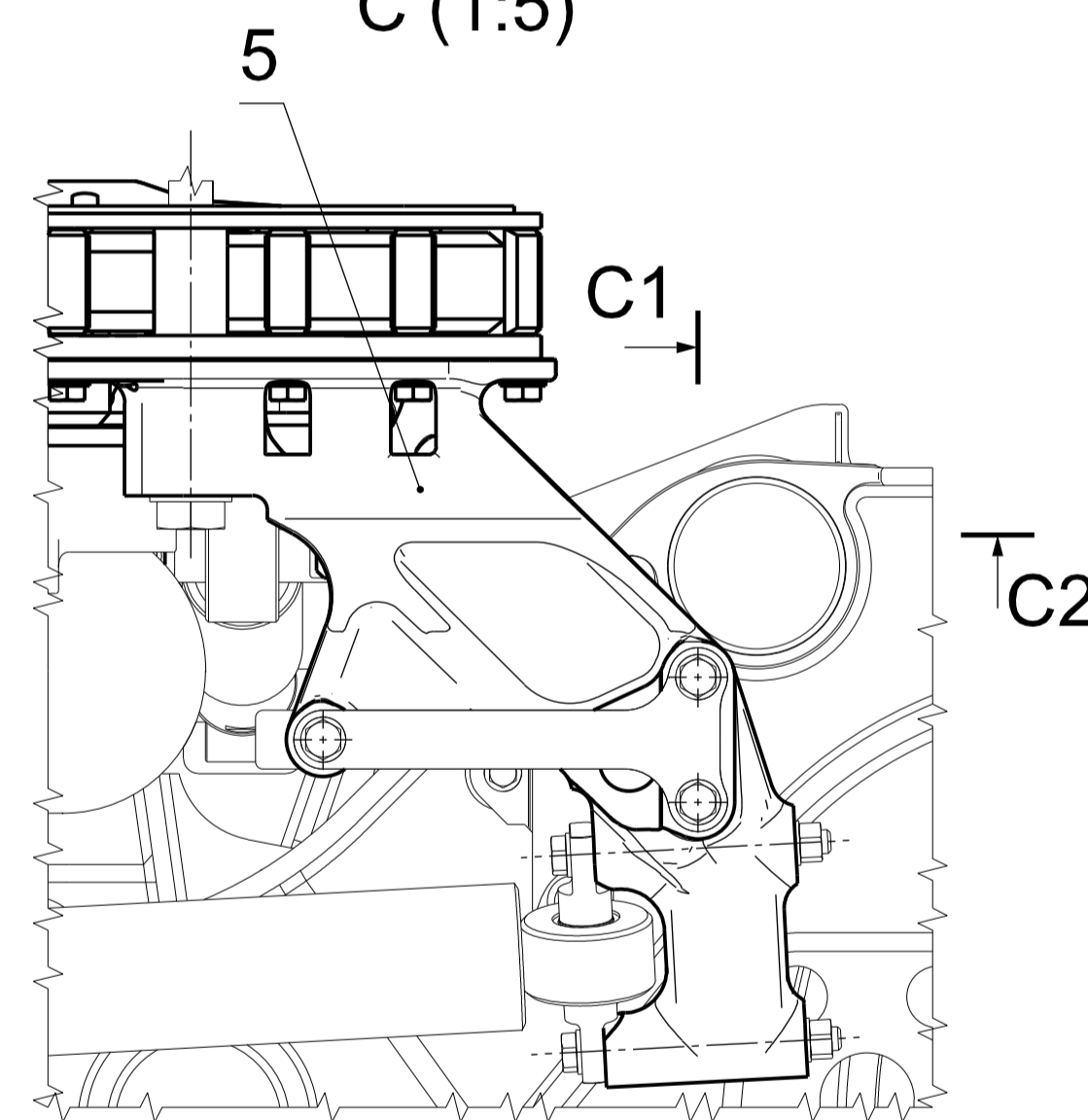
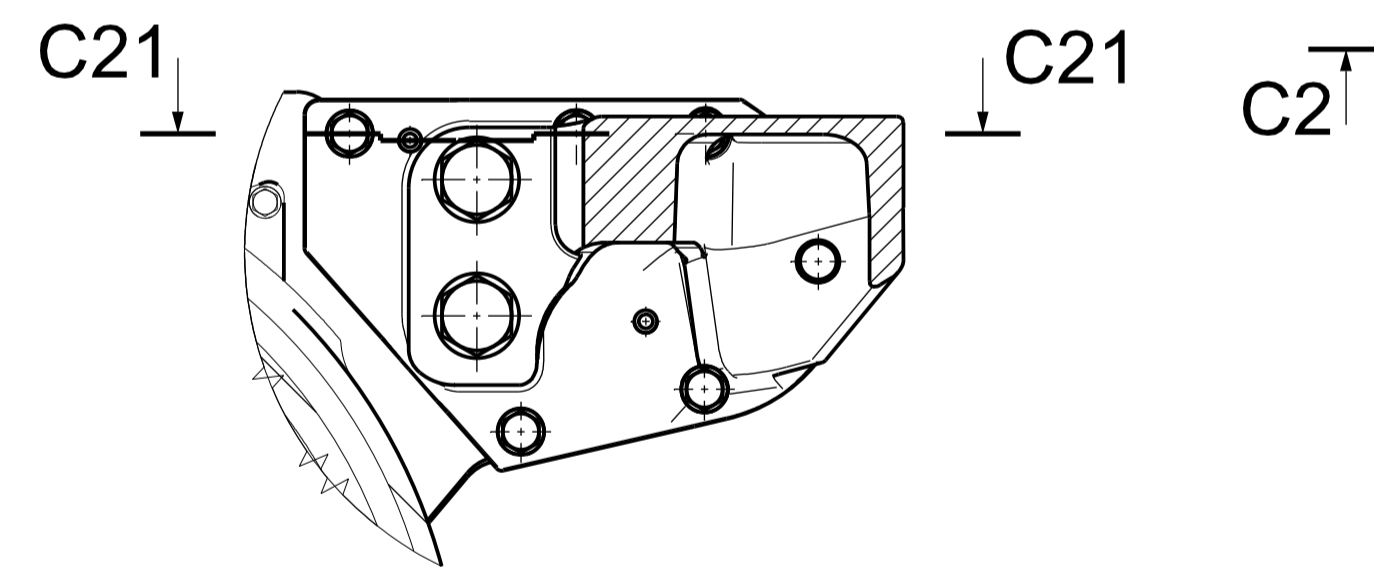


C2-C2 (1:5)

C (1:5)

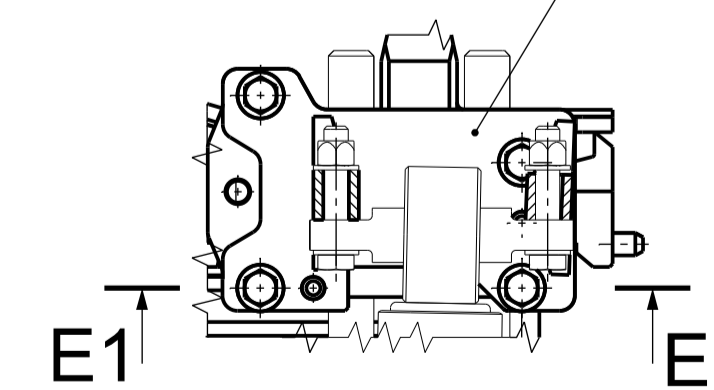
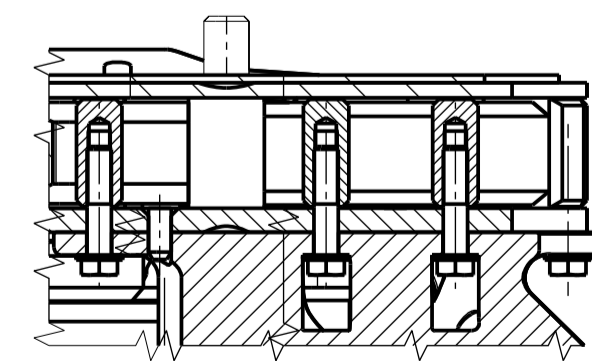
B1-B1 (1:5)

B12-B12 (1:5)



C21-C21 (1:5)

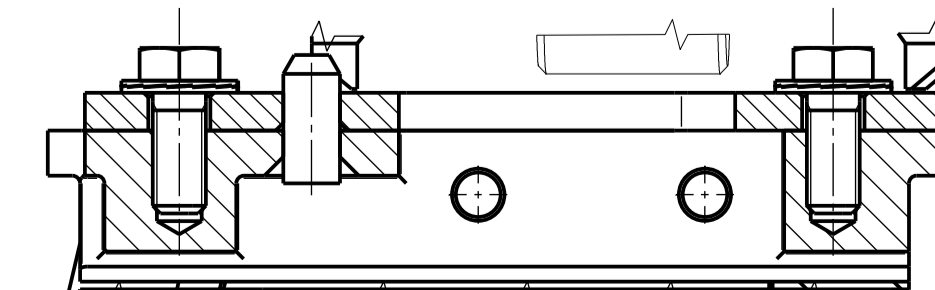
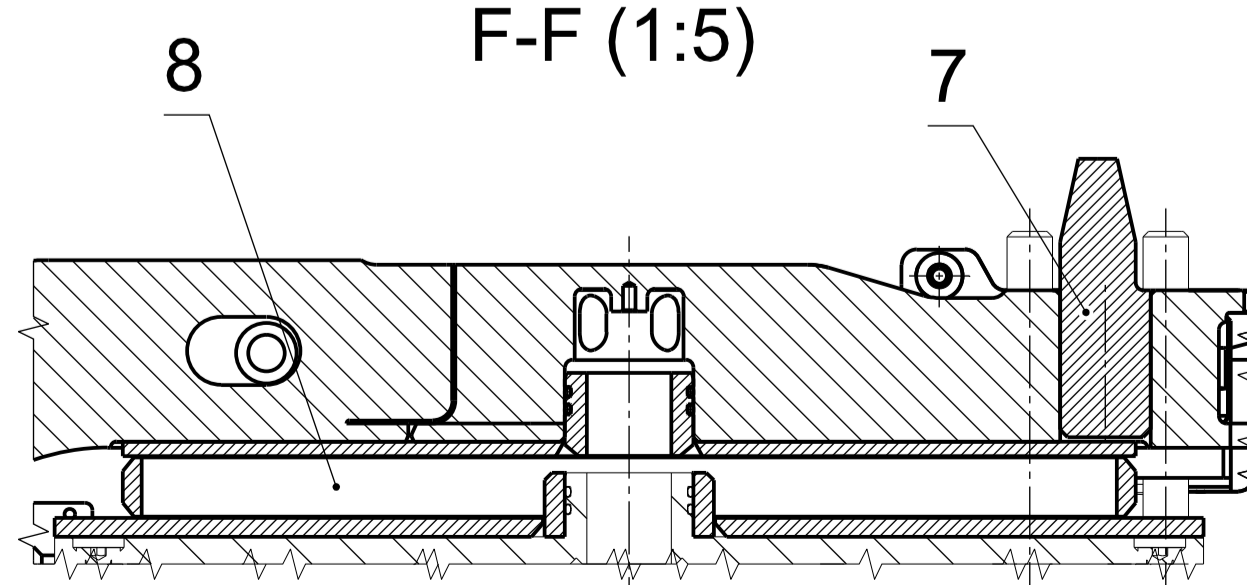
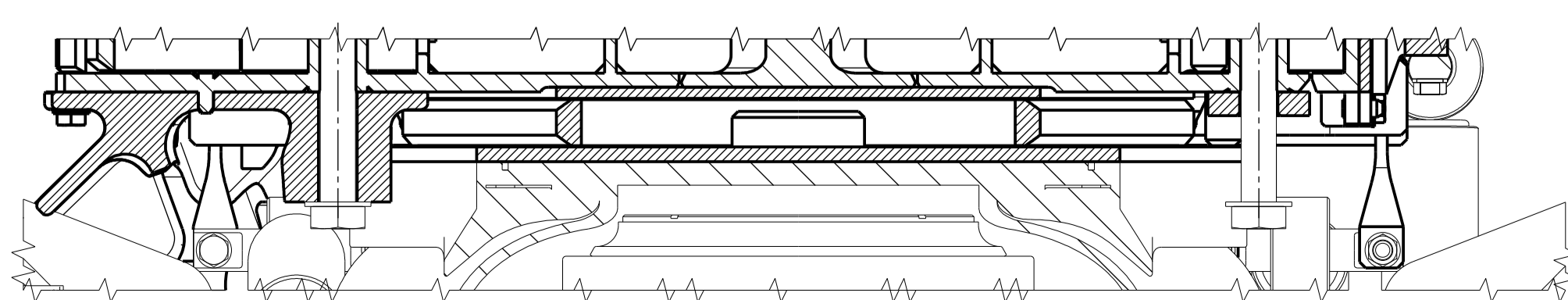
E-E (1:5)



D-D (1:5)*1)

F-F (1:5)

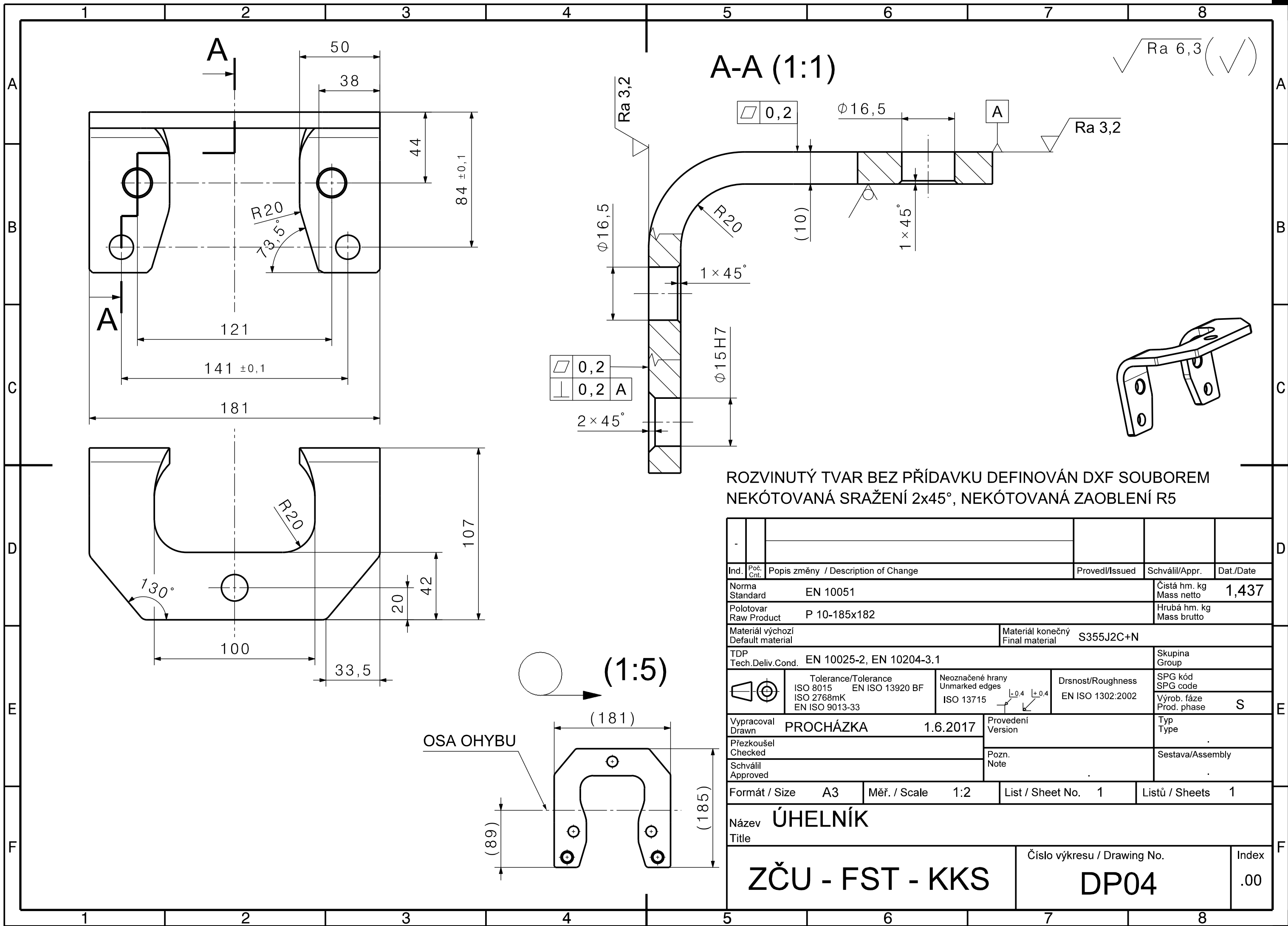
E1-E1 (1:2)



POHLEDY OZNAČENÉ *1) KRESLENY VČETNĚ ČÁSTI SKŘÍNĚ VOZIDLA

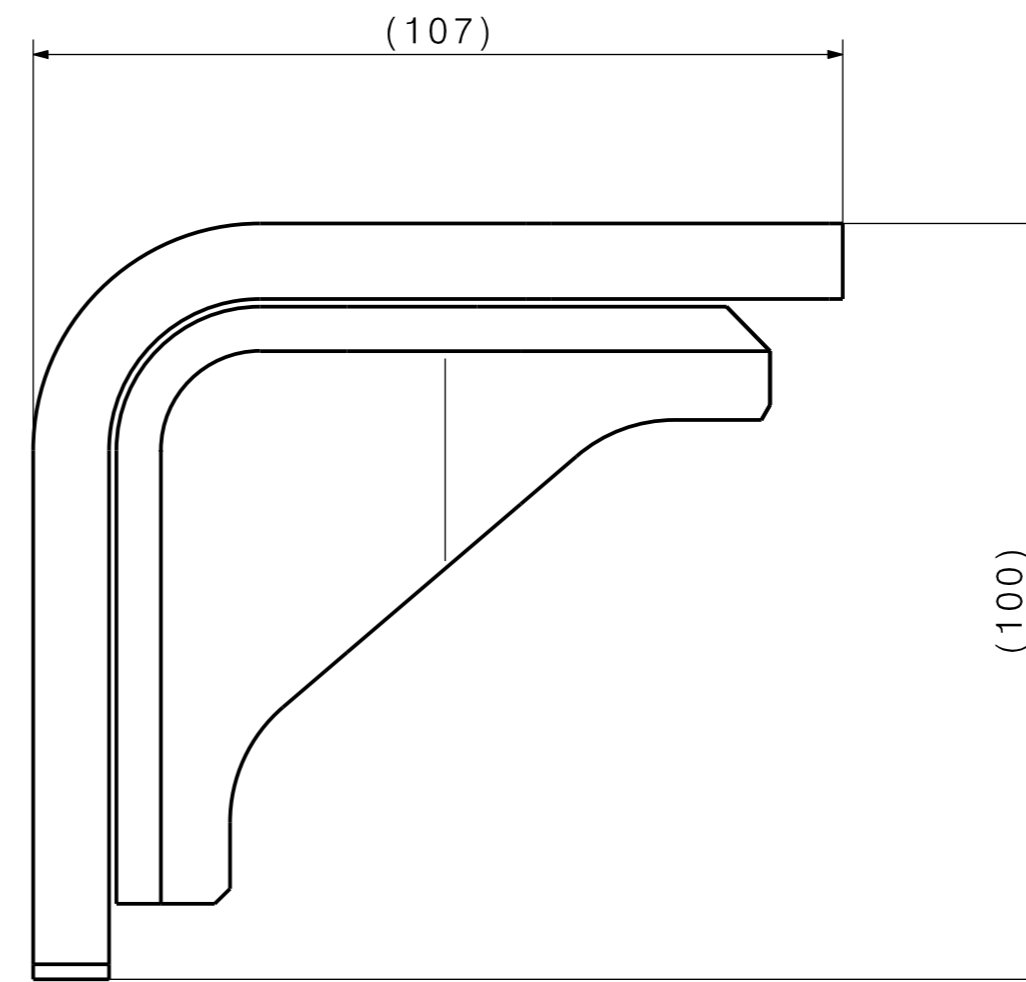
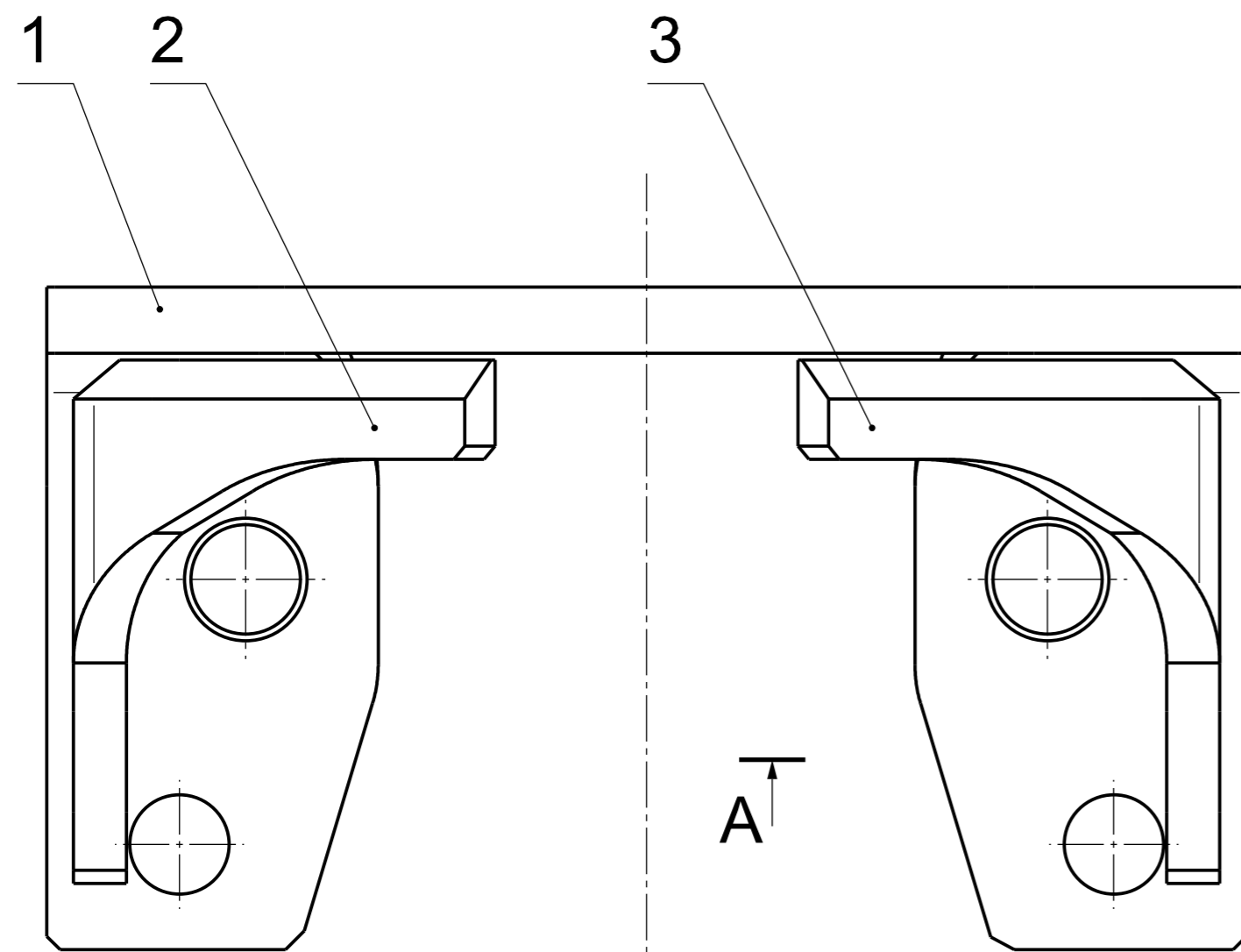
POZICE	MNOŽSTVÍ [ks]	NÁZEV
8	2	MODUL REDUKCE PNEUM. PRUŽIN NIM
7	2	MODUL SPOJENÍ PODVOZKU SE SKŘÍNÍ NIM
6	4	MODUL TORZNÍCH STABILIZÁTORŮ NIM
5	2	MODUL PODÉLNÝCH TLUMIČŮ A PŘÍČNÝCH NARÁŽEK NIM
4	2	MODUL SVISLÝCH TLUMIČŮ NIM
3	2	MODUL PŘÍČNÝCH TLUMIČŮ NIM
2	1	MODUL OTOČNÉHO ČEPU 10EV, 10EV2
1	1	SPOLEČNÁ ČÁST

Ind. / Pos. / Popis změny / Description of Change	Provedl/Issued	Schválil/Appro.	Dat./Date
Norma / Standard	Cistá hm. / kg	Skupina / Group	
Polotovary / Raw Product	Hrubá hm. / kg	SPG kód / SPG code	
Materiál výchozí / Default material	Materiál konečný / Final material	Výrob. fáze / Prod. phase	
TDP / Tech Deliv. Cond.	Tolerance/Tolerance	Neoznačené hrany / Unmarked edges	Drsnost/Roughness
	ISO 8015	ISO 13715	EN ISO 1302:2002
	EN ISO 13920 BF	ISO 13715	EN ISO 1302:2002
	ISO 2768mK	ISO 13715	EN ISO 1302:2002
	EN ISO 9013-33	ISO 13715	EN ISO 1302:2002
Vypracoval / Drawn	PROCHÁZKA	Verze / Version	Typ / Type
1.6.2017			
Prozradil / Checked		Pozn. / Note	Sestava/Assembly
Schválil / Approved			
Formát / Size	A1	Měř. / Scale	1:20
List / Sheet No.	1	Listů / Sheets	1
Název / Title	MODULÁRNÍ TRAVERZA - NIM		Index
ZČU - FST - KKS		Číslo výkresu / Drawing No.	DP03
			.00

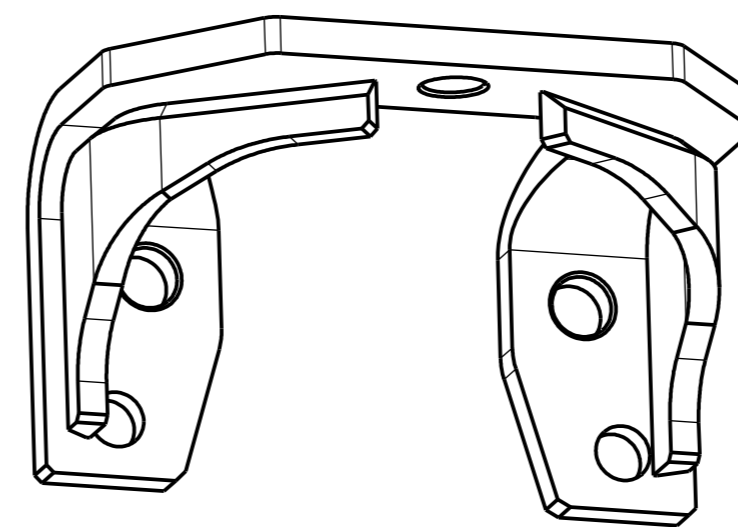
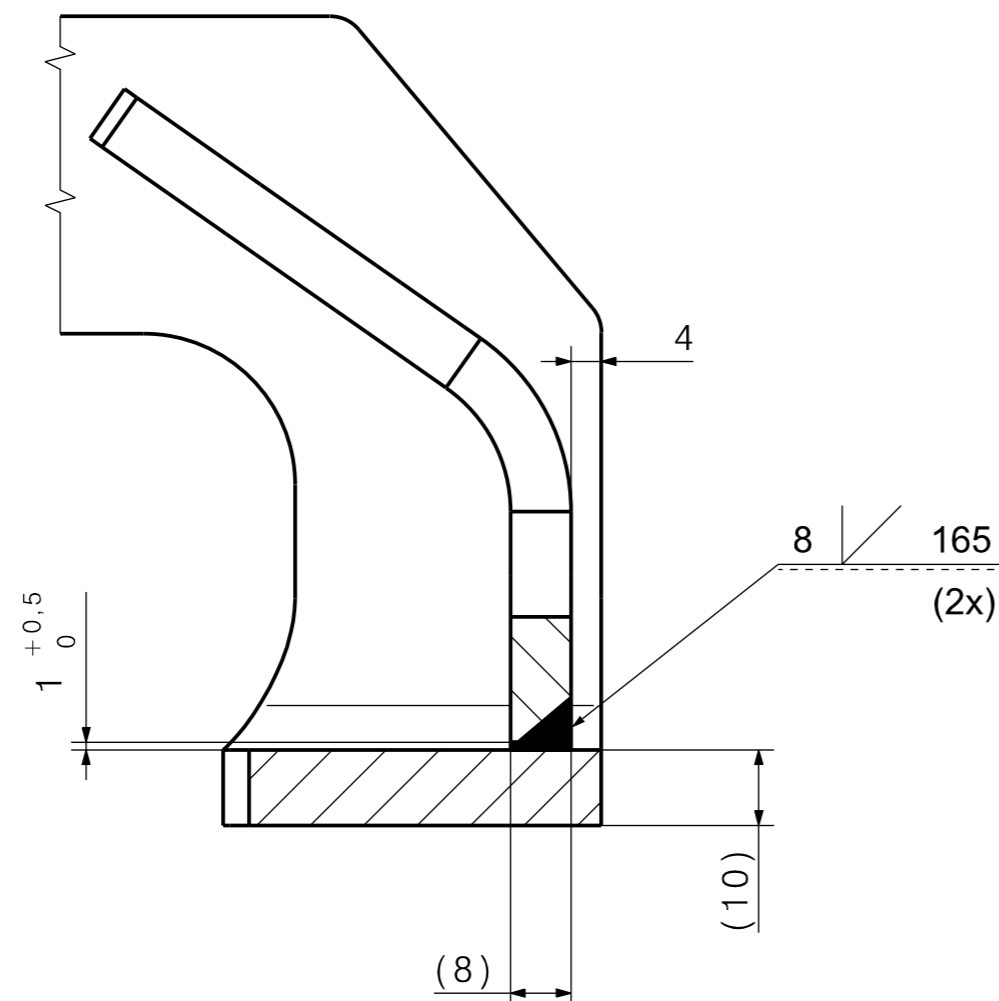


ROZVINUTÝ TVAR BEZ PŘÍDAVKU DEFINOVÁN DXF SOUBOREM
NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 2x45°, NEKÓTOVANÁ ZAOBLENÍ R5

Ind.	Poř. Cnt.	Popis změny / Description of Change	Provedl/Issued	Schválil/Appr.	Dat./Date
Norma Standard EN 10051			Čistá hm. kg Mass netto		1,437
Polotovar Raw Product P 10-185x182			Hrubá hm. kg Mass brutto		
Materiál výchozí Default material			Materiál konečný Final material S355J2C+N		
TDP Tech.Deliv.Cond. EN 10025-2, EN 10204-3.1				Skupina Group	
	Tolerance/Tolerance ISO 8015 EN ISO 13920 BF ISO 2768mK EN ISO 9013-33		Neoznačené hrany Unmarked edges ISO 13715	Drsnost/Roughness EN ISO 1302:2002	SPG kód SPG code
					Výrob. fáze Prod. phase S
Vypracoval Drawn PROCHÁZKA		1.6.2017	Provedení Version		Typ Type
Přezkoušel Checked		Pozn. Note		Sestava/Assembly	
Schválil Approved					
Formát / Size A3		Měř. / Scale 1:2	List / Sheet No. 1	Listů / Sheets 1	
Název Title ÚHELNÍK			Číslo výkresu / Drawing No.		Index
ZČU - FST - KKS			DP04		.00



A-A



SVAŘOVÁNÍ DLE EN 15085-CL 1
 TŘÍDA PROVEDENÍ SVARU CP C2
 STUPEŇ JAKOSTI DLE EN ISO 5817 C
 SVAŘENO 135 EN ISO 14341-A-G 42 3 M21 3Si1

POZICE	MNOŽSTVÍ [ks]	HMOTNOST [kg]	NÁZEV
3	1	0,205	STOJINA PRAVÁ
2	1	0,205	STOJINA LEVÁ
1	1	1,437	ÚHELNÍK

Ind. / Číslo		Popis změny / Description of Change		Provedl/Issued	Schválil/Appr.	Dat./Date	
Norma Standard						Cistá hm. kg Mass netto	1,847
Polotovary Raw Product						Hrubá hm. kg Mass brutto	
Materiál výchozí Default material				Materiál konečný Final material			
TDP Tech. Deliv. Cond.		Skupina Group					
		Tolerance/Tolerance ISO 8015 EN ISO 13920 BF ISO 2768mK EN ISO 9013-33		Neoznačené hrany Unmarked edges ISO 13715		Drsnost/Roughness EN ISO 1302:2002	
						SPG kód SPG code Výrob. fáze Prod. phase S	
Vypracoval Drawn		PROCHÁZKA		1.6.2017		Provedení Version	
Přezkoušel Checked						Typ Type	
Schválil Approved						Sestava/Assembly	
Pozn. Note							
Formát / Size		A2		Měř. / Scale		1:1	
List / Sheet No.		1		Listů / Sheets		1	
Název Title MODUL SVISLÝCH TLUMIČŮ 10EV2 - SVAŘENEC							
ZČU - FST - KKS						Číslo výkresu / Drawing No. DP05	
						Index .00	