



Modulární systém užitkových nástaveb pro autonomní vozidlo

Diplomová práce

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T010 – Konstrukce strojů a zařízení
Autor práce: **Bc. Tomáš Hrbek, DiS.**
Vedoucí práce: Ing. Robert Voženílek, Ph.D.





Zadání diplomové práce

Modulární systém užitkových nástaveb pro autonomní vozidlo

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Hrbek, DiS.**
Osobní číslo: S18000244
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Konstrukce strojů a zařízení
Zadávací katedra: Katedra vozidel a motorů
Akademický rok: **2018/2019**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor používaných nástaveb pro vozidla a jejich uchycovacích systémů.
2. Navrhněte vhodné nástavby pro autonomní vozidlo, které je připravováno na TUL.
3. Navrhněte univerzální uchycovací systém pro zvolené nástavby použitelný u autonomního vozidla.
4. Zpracujte výkresovou dokumentaci pro univerzální uchycovací systém a vybrané užitkové nástavby.
5. Vybrané díly navržené konstrukce pevnostně ověřte.
6. Cílem diplomové práce je využití výsledků na Katedře vozidel a motorů (TUL).

Rozsah grafických prací:

Výkresová dokumentace

Rozsah pracovní zprávy:

50 stran + CD

Forma zpracování práce:

tištěná/elektronická



Seznam odborné literatury:

- [1] PEŠÍK, L.: *Části strojů. 2. díl.* Liberec, TU 2005. ISBN 80-7083-939-2.
- [2] PEŠÍK, L.: *Části strojů. 1. díl.* Liberec, TU 2005. ISBN 80-7083-938-4.
- [3] Firemní podklady.

Vedoucí práce:

Ing. Robert Voženílek, Ph.D.
Katedra vozidel a motorů

Datum zadání práce:

11. února 2019

Předpokládaný termín odevzdání:

11. května 2020

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan

V Liberci 11. února 2019



Ing. Robert Voženílek, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS STAG se shodují.

1.5.2019



Bc. Tomáš Hrbek, DiS.

Modulární systém užitkových nástaveb pro autonomní vozidlo

Anotace

Tato práce se zabývá možnostmi využití autonomního vozidla vyvíjeného na TU v Liberci. V její první části popisují konkurenční prostředí, které zahrnuje dnes již testovaná pracovní autonomní vozidla. Také jsou zde rozebrány nejpoužívanější druhy výměnných nástaveb a jejich uchycovací systémy. Dále pokračuje návrhem a konstrukčním řešením vyměnitelné nástavby, na které navazuje návrh univerzálního uchycovacího systému. Poslední část této diplomové práce tvoří zamyšlení a nastínění možného využití a směřování pracovního autonomního vozidla.

Klíčová slova: autonomní vozidlo, vyměnitelná nástavba, uchycovací systém

Modular system of utility superstructures for autonomous vehicle

Annotation

This diploma thesis deals with possibilities of using autonomous vehicle developed at TU in Liberec. The first part describes competitive environment, which includes already tested operational autonomous vehicles. Also, there are discussed the most used types of swap bodies and their attachment system. Further, the thesis continues with proposal and structural solution of exchangeable superstructures, followed by a proposal of universal gripping system. The final part of this diploma thesis contains reflection and indication of possible use and directioning of operational autonomous vehicle.

Key words: autonomous vehicle, exchangeable swap bodies, gripping system

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Robertu Voženílkovi, Ph.D. za cenné a užitečné rady při zpracování této práce a také za poskytnutí důležitých informací a pomoc při konstrukční práci a prováděných výpočtech. Dále děkuji kolektivu firmy WTtech.CZ s.r.o. za velmi cenné rady a pomoc při konstrukční práci na této diplomové práci. Jmenovitě děkuji majiteli firmy WTtech.CZ s.r.o. panu Ing. Vojtěchu Mrázovi za možnost používat firemní software, ve které tato diplomová práce vznikala.

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: General Motors SURUS [35]	15
Obrázek 2.2: Honda 3E-D18 [34]	16
Obrázek 2.3: Volvo HX2 [33]	17
Obrázek 2.4: Continental Bee [32].....	18
Obrázek 3.1: Užitková komunální vozidla s valníkem	19
Obrázek 3.2: Užitková komunální vozidla se sklápěčem.....	20
Obrázek 3.3 Užitková komunální vozidla s cisternovou nástavbou	21
Obrázek 3.4: Kontejnerový nosič.....	22
Obrázek 3.5: Vyvážecí technika	23
Obrázek 3.6: Skříňové nástavby	24
Obrázek 3.7: Speciální nástavby	24
Obrázek 4.1: Rám vozu FIAT DUCATO s úchyty pro přidělení nástavby [17]	25
Obrázek 4.2: Uchycení valníkové nástavby na vozidlo FIAT DUCATO [17]	26
Obrázek 4.3: Uchycení pomocí čepů	26
Obrázek 4.4: Výměnná plošina	27
Obrázek 4.5: Kontejnerová nástavba.....	29
Obrázek 5.1: Centrální nosná podstava	32
Obrázek 5.2: Rám centrální nosné podstavby.....	34
Obrázek 5.3: Protiskluzová foliová překližková deska [9].....	35
Obrázek 5.4: Upevňovací lišta Airline [10].....	36
Obrázek 5.5: Zajišťovací prvek Airline [11]	36
Obrázek 5.6: Působení sil na rám.....	39
Obrázek 5.7: Okrajové podmínky	40
Obrázek 5.8: Vytvořená síť rámu.....	41
Obrázek 5.9: Napětí v rámu	41
Obrázek 5.10: Deformace rámu	42
Obrázek 5.11: napětí v tahu	43
Obrázek 5.12: napětí v tlaku	43
Obrázek 5.13: Napětí ve smyku	43
Obrázek 5.14: Zatížení ložné plochy podstavby.....	44
Obrázek 5.15: Napětí v rámové konstrukci zatížené nákladem.....	45
Obrázek 5.16: Deformace rámu	46

Obrázek 5.17: Napětí v tahu	47
Obrázek 5.18: Napětí v tlaku	47
Obrázek 5.19: Napětí ve smyku	47
Obrázek 5.20: Přední a zadní nosná podstava	48
Obrázek 5.21: Rám přední a zadní nosné podstavby	49
Obrázek 5.22: Rám přední a zadní nosné podstavby	50
Obrázek 5.23: Vázací bod VLBG-PLUS 0,63t M8 [12]	51
Obrázek 5.24: Autonomní vozidlo s ložnou plochou.....	51
Obrázek 5.25: Závěs WW BSCH 30-3 [13]	52
Obrázek 5.26: Výměnná valníková nástavba	53
Obrázek 5.27: Rám výměnné valníkové nástavby	54
Obrázek 5.28: Sestava výměnné valníkové nástavby	55
Obrázek 5.29: Sestava výměnné valníkové nástavby	56
Obrázek 5.30: Vazby rámu výměnné valníkové nástavby	56
Obrázek 5.31: Detail okrajových podmínek	57
Obrázek 5.32: Vysíťování rámu.....	57
Obrázek 5.33: Výsledné napětí rámové konstrukce.....	58
Obrázek 5.34: Průhyb rámové konstrukce.....	58
Obrázek 5.35: Napětí v tahu	59
Obrázek 5.36: Napětí v tlaku	59
Obrázek 5.37: Napětí ve smyku	59
Obrázek 5.38: Rám pevné stěny valníkové nástavby	60
Obrázek 5.39: Závěr bočnice BV 10-1 [14]	61
Obrázek 5.40: Záslepka do profilu Z30 [15]	61
Obrázek 5.41: Pevná stěna valníkové nástavby	62
Obrázek 5.42: Rám bočnice	62
Obrázek 5.42: Protikus závěru bočnice BVG 10-A [16].....	63
Obrázek 5.43: Sestava bočnice	63
Obrázek 6.1: Držák otočného zámku	65
Obrázek 6.2: Domek otočného zámku	65
Obrázek 6.3: Otočný zámek.....	67
Obrázek 6.4: Otočný zámek - otevřený stav	68
Obrázek 6.5: Otočný zámek – uzamčený stav	69

Obrázek 6.6: Zatížení otočného zámku	70
Obrázek 6.7: Okrajové podmínky	70
Obrázek 6.8: Síť otočného zámku	71
Obrázek 6.9: Napjatost sestavy otočného zámku.....	71
Obrázek 6.10: Deformace	72
Obrázek 7.1: Valník	73
Obrázek 7.2: Cisterna	74
Obrázek 7.3: Kontejner	74
Obrázek 7.4: Převoz palet.....	75
Obrázek 7.5: Převoz dlouhých nákladů.....	75

Seznam tabulek

Tabulka 5.1: Mechanické vlastnosti lisovaných hliníkových profilů podle DIN1748 [8]

.....31

Seznam symbolů a jednotek

v	rychlost	[km·h ⁻¹]
l	délka	[mm]
m	hmotnost	[kg]
s	stoupání	[%]
α	úhel	[°]
R _m	pevnost v tahu	[MPa]
R _p	pevnost v kluzu	[MPa]
A	tažnost	[%]
HB	tvrdost	[-]
L _o	počáteční délka zkušební tyče	[mm]
S _o	plocha počátečního průřezu tyče	[mm ²]
g	gravitační zrychlení	[m·s ⁻²]
G	tíha	[N]
F _x	síla vodorovná s vozovkou	[N]
F _y	síla kolmá na vozovku	[N]
ε	deformace	[mm]
σ	napětí v tahu	[MPa]
σ_t	napětí v tlaku	[MPa]
τ_s	napětí ve smyku	[MPa]
σ_{RED}	redukované napětí	[MPa]
σ_D	dovolené napětí	[MPa]
b	koeficient bezpečnosti	[-]

Obsah

1	Úvod	13
2	Konkurenční prostředí	14
2.1	General Motors SURUS (Silent Utility Rover Universal Superstructure)	15
2.2	Honda 3E-D18	16
2.3	Volvo HX2.....	17
2.4	Continental Bee.....	18
3	Rozbor používaných nástaveb.....	19
3.1	Valník	19
3.2	Sklápěč	20
3.3	Cisterna.....	20
3.4	Kontejnerový nosič	22
3.5	Vyvážecí a přepravní technika	22
3.6	Skříňová nástavba	23
3.7	Ostatní a speciální nástavby.....	24
3.8	Uchycení pomocí spojovacího materiálu	25
3.9	Uchycení pomocí čepů	26
3.10	Uchycení pomocí otočných zámků	28
4	Návrh nástavby pro autonomní vozidlo	30
4.1	Centrální nosná podstava.....	31
4.1.1	Konstrukce rámu centrální nosné podstavy.....	33
4.1.2	Sestava centrální nosné podstavy.....	34
4.1.3	Upevnění centrální nosné podstavy k vozidlu	37
4.1.4	Pevnostní ověření centrální nosné podstavy.....	38
4.1.4.1	Zatížení rámu výměnnou nástavbou	38
4.1.4.2	Zatížení rámu umístěním nákladu na nosnou plochu.....	44
4.2	Přední a zadní podstava	48
4.2.1	Konstrukce rámu přední a zadní nosné podstavy	49
4.2.2	Sestava přední a zadní nosné podstavy	50
4.3	Výměnná valníková nástavba	52
4.3.1	Podlaha valníkové výměnné nástavby	54
4.3.1.1	Rám podlahy valníkové výměnné nástavby	54
4.3.1.2	Sestava podlahy výměnné valníkové nástavby.....	55

4.3.1.3	Pevnostní ověření rámu podlahy výměnné valníkové nástavby	55
4.3.2	Pevná stěna valníkové výměnné nástavby	60
4.3.2.1	Konstrukce rámu pevné stěny.....	60
4.3.2.2	Sestava pevné stěny	61
4.3.3	Otevíratelná bočnice výměnné valníkové nástavby.....	62
4.3.3.1	Konstrukce rámu bočnice	62
4.3.3.2	Sestava bočnice.....	63
5	Návrh univerzálního uchycovacího systému nástavby	64
5.1	Sestava univerzálního uchycovacího systému	64
5.1.1	Držák otočného zámku.....	64
5.1.2	Domek otočného zámku	65
5.1.3	Otočný zámek	66
5.2	Popis funkce otočného zámku	67
5.2.1	Otočný zámek otevřený.....	67
5.2.2	Otočný zámek uzamčený.....	68
5.3	Pevnostní ověření otočného zámku.....	69
6	Možnosti využití pracovního autonomního vozidla	73
7	Závěr	76

1 Úvod

Stojíme na samém počátku uvedení autonomních vozidel do běžného provozu. Spolu s osobní dopravou začínají autonomní systémy pomalu nacházet uplatnění i v průmyslových a jiných odvětvích jako bezobslužné pracovní stroje.

Na TU v Liberci se takové vozidlo právě rodí a tato práce nastiňuje možnosti a využitelnost tohoto konceptu.

Jedná se o konstrukčně filozofickou práci, která popíše nejpoužívanější druhy výměnných nástaveb pracovních vozidel a používané uchycovací systémy těchto nástaveb. Jejím výsledkem pak bude návrh a technické řešení výměnné nástavby a univerzálního uchycovacího systému.

2 Konkurenční prostředí

Řada světových automobilových lídrů i nezávislých výrobců již pracuje na systémech autonomních vozidel. Velkým tématem je přeprava osob, ale využití těchto nových způsobů přepravy budeme postupně nacházet i v různých průmyslových odvětvích, zemědělství, záchranných složkách, důlním průmysl a jiných.

Tyto systémy jsou nejčastěji řešeny jako modulární podvozkové platformy s možností upevnění jakékoliv nástavby, čímž se stávají univerzálními pomocníky.

Dnes již testovaná autonomní průmyslová vozidla jsou také vybavována alternativními pohony. Jedná se zejména o elektrický pohon napájený bateriemi nebo palivovými články.

Všechna doposud představená vozidla jsou ve fázi prototypů, jedná se vlastně o pojízdné laboratoře.

2.1 General Motors SURUS (Silent Utility Rover Universal Superstructure)

Jeden z největších světových automobilových koncernů pracuje na nákladní platformě nazvané SURUS. Jedná se o autonomně řízený modulární podvozek konstrukčně vycházející z osvědčeného nákladního šasi od GM o rozměrech lodního kontejneru. K pohonu slouží dvojice elektromotorů a jako zdroj elektrické energie slouží palivové články v kombinaci s lithium-iontovými akumulátory, které zajistí dojezd až 640 kilometrů. Automobil má poháněna všechna čtyři kola a pro zlepšení obratnosti říditelné obě nápravy.

Podle General Motors je kromě klasického komerčního využití velkým potenciálem i upotřebení v armádních složkách, čemuž také přizpůsobují nabídku doposud testovaných nástaveb. Jedná se například o přepravu kontejnerů, pojízdného nouzového generátoru elektrické energie, mobilní zdravotní zařízení a jiné.



Obrázek 2.1: General Motors SURUS [35]

2.2 Honda 3E-D18

Také japonská Honda pracuje na autonomním pracovním vozítku. Vozidlo pojmenované 3E-D18 je svou kompaktní velikostí srovnatelné s terénními čtyřkolkami. Je určeno jak na silnice, tak do nezpevněného terénu a pro tyto příležitosti je vybaveno pohonem 4x4. Orientaci v prostoru pro autonomní jízdu zajišťují senzory a GPS sledování což umožňuje i ovládání příkazy prostřednictvím aplikace na chytrém mobilním zařízení (tzv. smartphone). Hnací ústrojím jsou elektromotory napájené snadno vyměnitelným paketem baterií.

Pro svou kompaktnost se dá využívat k přepravě materiálu v těžko dostupném terénu, v zemědělství například pro postřiky polí, sběr ovoce, nebo i v záchranných složkách při hasení lesních požárů. Tyto a další druhy nástaveb jsou připevněny k podvozku pomocí dvojice univerzálních kotevních lišt.



Obrázek 2.2: Honda 3E-D18 [34]

2.3 Volvo HX2

Dalším zástupcem autonomních pracovních užitkových vozidel je již druhá generace prototypu nazvaného HX2 vyvíjeného značkou Volvo. Jedná se o terénní dvounápravový sklápěč s možností řízení obou náprav a pohonem všech čtyř kol. I zde je použit čistě elektrický pohon prostřednictvím tří elektromotorů s bateriemi, kde dva slouží k pohybu vozidla a třetí k obsluze hydraulického sklápěcího systému.

Koncept HX2 je momentálně nejbližší komerčnímu využití. Automobilka Volvo již zahájila testovací provoz několika vozidel ve skutečných podmínkách.



Obrázek 2.2: Volvo HX2 [33]

2.4 Continental Bee

Nejen světové automobilky se angažují na poli autonomních přepravních vozidel. Do tohoto sektoru se chystá i společnost Continental se svým konceptem Bee. Jedná se zatím jen o ideový prototyp a vizi společnosti o přepravě nákladu v rušných městech. Na rozdíl od ostatních prototypů se tedy nejedná o terénní vozidlo ale čistě silniční autonomní automobil.

Také zde se počítá s pohonem elektromotorem s uvažovanou dojezdovou vzdáleností okolo 350 km a výměnnými bateriovými bloky. Pro snadnou manévrovatelnost v městské zástavbě je možno kola natáčet nezávisle na sobě až o 90°, aby se vozidlo mohlo otočit i na velmi malém prostoru.

Continental počítá jak s přepravou nákladu, tak i s uzpůsobením pro přepravu osob.



Obrázek 2.4: Continental Bee [32]

3 Rozbor používaných nástaveb

Využitelnost a směřování konceptu samoříditelného vozu předurčují jeho technické vlastnosti, kterými jsou rozměry plošiny pro uchycení nástavby, nosnost konstrukce podvozku, rychlost jízdy, dojezdová vzdálenost a možnost pohybovat se v lehkém terénu. Dle mého názoru se svými vlastnostmi nové autonomní vozidlo vyvíjené na Technické univerzitě v Liberci nejvíce uplatní v komunálních službách, zemědělství, lesnictví, ale jeho možné využití vidím i v průmyslových odvětvích nebo převozu nákladu na krátké vzdálenosti.

Právě v komunálních službách využívaná víceúčelová vozítka jsou svými parametry nejvíce příbuzná našemu konceptu a tak se především na varianty a využitelnost nástaveb užitkové komunální techniky v této kapitole zaměřím.

3.1 Valník

Valník je nejjednodušším provedením nástavby. Skládá se z rovné podlahy a bočnic. Bočnice bývají nejčastěji sklopné nebo odnímatelné, mimo bočnice přední ve směru jízdy, ta je většinou řešená jako pevná. Valníková nástavba umožňuje nakládání vozidla shora jeřábem, případně ze tří stran po sklopení bočnic vysokozdvihným vozíkem. Tato varianta také umožňuje zakrytování ložní plochy plachtou, která bývá natažena na odnímatelné konstrukci, aby mohlo být stejné vozidlo používáno jak s plachtou, tak bez ní. Valníková nástavba se používá k přepravě zboží, různého materiálu atd.[1]



a)



b)

Obrázek 3.1: Užitková komunální vozidla s valníkem, a) elektromobil GOUPIL G4 [30],
b) užitkové vozidlo LADOG G129 N20 [31]

3.2 Sklápěč

Základní tvar je podobný valníkové nástavbě. Je to vana s rovným dnem a s možností sklopení bočnic. Zásadní rozdíl proti valníku je v možnosti celou nástavbu i s naloženým materiálem sklopit a materiál vysypat mimo automobil. Díky tomu je sklápěč předurčen k dopravě sypkého materiálu.

Sklopná nástavba je spojena s podvozkem automobilu sklopným mechanismem. Díky tomuto mechanismu je možné celou sklopnou nástavbu i s naloženým materiálem sklopit a materiál vysypat. Bočnice korby, která je vpředu ve směru jízdy, je vždy pevná. [2]

Běžná provedení sklápěčů jsou:

- Jednostranný sklápěč
- Dvoustranný sklápěč
- Třístranný sklápěč



a)



b)

Obrázek 3.2: Užitková komunální vozidla se sklápěčem, a) elektromobil GOUPIL G5 [28], b) užitkové vozidlo MULTICAR M27 [29]

3.3 Cisterna

Cisternovou nástavbou se rozumí mobilní nádrž na tekutiny nebo sypké látky. Nádrže mohou být plastové, sklolaminátové nebo vyrobeny z kovu (ocelový žárově zinkovaný plech, nerezová ocel nebo hliník). Celá cisternová nástavba je buď uchycena přímo na rám podvozku vozidla a nebo disponuje samostatným rámem, v takovém případě je dle potřeby cisternová nástavba libovolně odnímatelná.

Tato nástavba může sloužit buďto samostatně, například pro distribuci pitné vody, ale často se používá v kombinaci s dalším příslušenstvím komunálního vozidla.

Některé druhy příslušenství pro cisternovou nástavbu:

- Kropící nebo mycí lišta vpředu vozidla
- Válcový silniční zametač
- Kropící rameno



a)



b)



c)

Obrázek 3.3 Užitková komunální vozidla s cisternovou nástavbou, a) užitkové vozidlo MULTICAR M27 cisterna s mycí lištou [27], b) užitkové vozidlo MULTICAR M27 válcový silniční zametač [27], c) užitkové vozidlo MULTICAR M30 FUGO kropící rameno [27]

3.4 Kontejnerový nosič

V komunální technice často užívaná varianta nástavby. Takzvané rolovací kontejnery jsou užívány například na svoz odpadu. Nástavba je realizována prostřednictvím ližin pevně připevněných na rám vozidla a rolen. Na vozidle je instalován hydraulický hákový systém, který kontejner uchytí, vytáhne na podvozek a společně s nájezdovými trny zajistí.

Dalším druhem kontejnerového nosiče je přepravní kontejner. Tato varianta používá uzavřené kontejnery o standardizovaných rozměrech, což urychluje, zjednodušuje a zpřehledňuje dopravu obsahu kontejneru. Zároveň přepravní kontejner umožňuje stohování a tím šetří prostor při uskladnění. Takový kontejner se na vozidlo nakládá pomocí jeřábů nebo mobilních nakladačů. K upevnění kontejneru k vozidlu se používají kotevní otočné trny, pro které jsou tyto druhy kontejnerů uzpůsobeny.



a)



b)

Obrázek 3.4: Kontejnerový nosič, a) MULTICAR M27 – hákový nosič kontejnerů [24], b) TATRA 815 KLAUS KM – přepravník kontejnerů [25]

3.5 Vyvážecí a přepravní technika

V lesnictví se k odvozu vytěženého sortimentu na shromaždiště využívá lesnické vyvážecí nástavby tzv. vyvážecky. Tato je realizována buď jako přípojné vozidlo, nebo je přímo součástí rámu vyvážecího vozidla. Dále se sortiment ze shromaždiště překládá na přepravní techniku, která má shodnou nástavbu, ale místo terénního podvozku používá podvozek silniční.

Nástavba je velmi jednoduchá a tvoří jí rám s řadou příčníků, na které jsou připevněny klanice¹.



a)

b)

Obrázek 3.5: Vyvážecí technika, a) ALSTOR 833 – vyvážecí souprava[22], b) přívěs AGAMA pro přepravu dřeva [23]

3.6 Skříňová nástavba

Automobil se skříňovou nástavbou je nákladní nebo dodávkový automobil, který má montovanou samostatnou skříň na univerzálním podvozku. Skříň tvoří celek funkčně i vizuálně oddělený od kabiny pro řidiče. [3]

Skříň montovaná na univerzální podvozek má rovnou podlahu, do které nezasahují blatníky, pevnou, nesnímatelnou střechu a bočnice. Bočnice jsou rovné, hladké, často ze sendvičových panelů. V pravé bočnici mohou být další jednokřídlé dveře. Zadní čelo zabírají dvoukřídlé dveře, roleta nebo zvedací plošina. Uvnitř skříně, v podlaze, bočnicích i stropu je dostatek úchyťů pro připevnění nákladu. [3]

Některá odvozená provedení skříňové nástavby:

- Izotermická skříň
- Mrazírenská nástavba
- Pojízdna dílna
- Mobilní radiostanice
- Přepravník osob
- Přepravník koní

¹ Opěrné postranní tyče vozu.



a)

b)

Obrázek 3.6: Skříňové nástavby, a) MULTICAR M25 skříň [20], b) PIAGGIO MAXXI - IZO skříň [21]

3.7 Ostatní a speciální nástavby

Na šasi vozu je možné kromě konvenčních a nejčastěji používaných nástaveb připevnit i nástavby speciální úzkoprofilově zaměřené. Často se jedná o různé deriváty konvenčních nástaveb vozidel upravených speciálně na přání zákazníka dle druhu využití. Speciální nástavby jsou uplatňovány v záchranných složkách, jako jsou hasičské nebo sanitní vozy, ale uplatnění samozřejmě nacházejí i v běžném komerčním využití. Samostatnou kapitolou by mohli být nástavby určené pro armádní účely.



a)

b)

Obrázek 3.7: Speciální nástavby, a) LINDNER UNITRAC - hasičská nástavba [18], b) BALKANCAR ET20 - zdvihací plošina [19]

Uchycovací systémy nástaveb

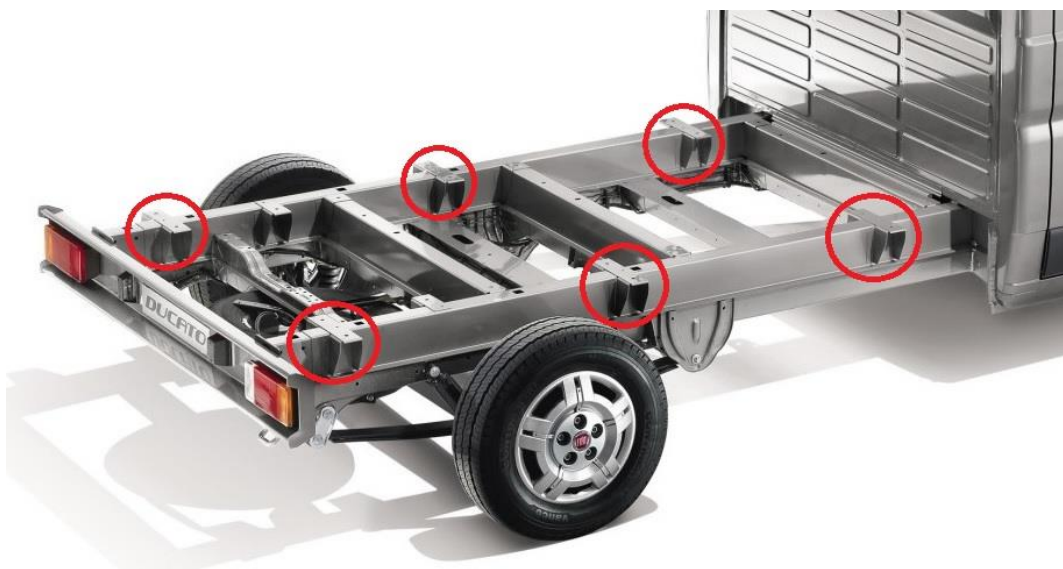
Uchycovací systémy nástaveb slouží pro pevné spojení nástavby s rámem neboli šasi vozidla. Některé z těchto systémů umožňují velmi snadno a rychle na vozu nástavby měnit, čehož se často využívá například u komunálních vozidel, kdy jedno vozidlo může dle ročního období vykonávat různé funkce dle zvolené nástavby².

3.8 Uchycení pomocí spojovacího materiálu

Nástavba se většinou sestává z vlastního nosného rámu, který je ustaven na šasi vozidla, a pomocí úchytů jsou tyto rámy společně připevněny dostatečně dimenzovaným spojovacím materiálem.

Toto řešení je velice jednoduché a umožňuje výměnu nástavby dle potřeby, ale pro svou pracnost není vhodné k velmi častým výměnám, proto se spíše používá pro stálé upevnění jedné nástavby jako skříň nebo valník.

Na obrázku 4.1 vidíme šasi vozu uzpůsobené pro pevné spojení s rámem nástavby pomocí šroubů, kde úchyty jsou vyznačeny červenými kroužky, a na obrázku 4.2 je v červených kroužcích vyznačeno samotné přichycení valníkové nástavby k rámu automobilu.



Obrázek 4.1: Rám vozu FIAT DUCATO s úchyty pro přidělení nástavby [17]

² Například v letním období automobil může sloužit jako kontejnerový nosič a v zimním období po změně nástavby jako sypač inertních materiálů.



Obrázek 4.2: Uchycení valníkové nástavby na vozidlo FIAT DUCATO [17]

3.9 Uchycení pomocí čepů

Tento druh uchycení podobně jako předchozí typ využívá jako nosnou část nástavby rám vozidla. Na nosné části šasi vozu jsou zajišťovací pouzdra a na rámové konstrukci samotné nástavby jsou zajišťovací čepy. Je možná i obrácená konstrukce s pouzdry v rámu nástavby a čepy na šasi.

Samotné zajištění probíhá pomocí hydraulické posouvací a jisticí jednotky. Hydraulická jednotka přesune nástavbu do zajištěné polohy a uzamkne se, tím se čepy vsunou do pouzder a celá nástavba je pevně zajištěna na vozidle viz obr. 4.3a a 4.3b.



a)

b)

Obrázek 4.3: Uchycení pomocí čepů, a) výměnný systém CTS VS s odstavnými heverovými opěrami [4] b) zajišťovací pouzdra a čepy v rámu[4]

Nástavbové uchycovací systémy s čepy posunované a zajišťované pomocí hydraulických jednotek jsou převážně používány pro těžší nástavby. Pro lehčí nástavby se používá obdobný systém, ale zajištění provádí přímo obsluha, pomocí pojistných elementů viz obr. 4.4a a 4.4b.



a)

b)

Obrázek 4.4: Výměnná plošina, a) Výměnná plošina E140TJV ROTHLEHNER na podvozku MULTICAR FUMO 4x4[5] b) Manuální zajišťovací elementy nástavby E140TJV[5]

Těchto systémů uchycení se využívá v případech časté změny zvoleného druhu nástavby na vozidle a tím se přispívá k rozsáhlé variabilitě daného vozu.

Samotná nástavba se na šasi automobilu transportuje buď jeřábem, což vyžaduje nutnost pořízení takového zařízení, anebo je samotná nástavba vybavena heverovými odstavnými podpěrami, které mohou být výsuvné buď manuálně, nebo hydraulicky ve spojení s hydraulickým okruhem vozu viz obr. 4.3a a 4.4a. Pod takto uzpůsobenou nástavbu na podpěrách vozidlo najede, nástavba se spustí na jeho rám a poté se zajistí dle postupu popsáno výše v této kapitole.

Takovýmto nástavbám se říká nástavby výměnné neboli swap body nástavby. Konstrukce takovýchto nástaveb je upravena evropskou normou EN 283, EN 284 a EN 452.

3.10 Uchycení pomocí otočných zámků

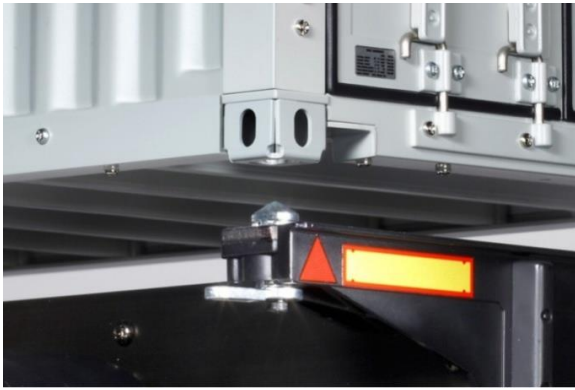
Uchycení pomocí otočných zámků se nejčastěji využívá pro kontejnerové nástavby. Tento systém je velice univerzální a dovoluje použití kombinované dopravy³, popřípadě měnit velmi snadno a rychle jednotlivé (např. sezónní) nástavby a tím využívat jediné vozidlo pro více druhů prací.

Jak již bylo zmíněno systém uchycení pomocí otočných zámků je nejčastěji využíván pro kontejnerové nástavby, které se využívají pro přepravu nákladu na velké vzdálenosti. Kontejner je standardizovaná přepravní jednotka. Jedná se o technicky přesně standardizovaný a unifikovaný předmět, který by se dal charakterizovat jako velká, pevná a uzavřená přepravka technicky uzpůsobená ke stohování do několika vrstev nad sebou [6].

Standardizované rozměry kontejnerů a jejich technická unifikace zjednodušují, zpřehledňují, urychlují a zlevňují překládku zboží mezi různými druhy dopravních prostředků, například ze specializovaných kontejnerových lodí na speciální kontejnerové železniční vagóny nebo z kontejnerových železničních vozů na nákladní automobily atd., i jinou manipulaci s většími objemy přepravovaného zboží, což zefektivňuje přepravu. Díky standardizovaným rozměrům je možné kontejnery stohovat v několika vrstvách nad sebou a vhodně používat i speciální standardizovanou manipulační techniku (např. speciální kontejnerové jeřáby, specializovaná vysokozdvíhací vozidla apod.) [6].

Samotný otočný zámek je tvořen pevnou a otočnou částí, kde pevná část zámku je připevněna k rámu vozidla a pomocí otočné části se kontejner zajistí. Výměnná nástavba je vybavena rohovými fixačními prvky, které jsou součástí její nosné konstrukce. Tyto rohové prvky jsou také standardizovány pro možnost použití nástaveb různých výrobců. Nástavba s rohovými prvky se umístí na otočné zámkové a poté se otočným aretačním elementem zámku zajistí, jak vidíme na obrázku 4.5a. Zámkové lze ovládat mechanicky nebo pneumaticky.

³ Přeprava na více druzích dopravních prostředků (automobilová, lodní nebo kolejová doprava)



a)



b)

Obrázek 4.5: Kontejnerová nástavba, a) Otočný zámek a rohový fixační prvek kontejnerové nástavby [26] b) TATRA T815-790R39 s kontejnerovou nástavbou [7]

4 Návrh nástavby pro autonomní vozidlo

Návrh nástavby pro autonomní vozidlo byl rozdělen do jednotlivých montážních celků, které dohromady tvoří užitečnou nosnou část autonomního vozidla navrhovaného a vznikajícího na TU v Liberci. Tyto celky tvoří totožná přední a zadní nosná podstava, centrální nosná podstava s univerzálním uchycovacím zařízením a samotné jednotlivé druhy nástaveb dle určení účelu vozidla. V rámci této diplomové práce bylo navrženo několik druhů těchto nástaveb jako demonstrace možností, potenciálu a všestranné využitelnosti vznikajícího pracovního autonomního vozidla. Jeden druh možné implementace nástavby na vozidlo je rozpracován detailněji a spolu s ostatními celky, které dohromady tvoří nástavbovou část vozu, představím a popíšu v dalších kapitolách níže.

Základní požadované parametry na vozidlo a její nástavbu, ovlivňující konstrukci a dimenzování jednotlivých celků, vycházejí ze zadání celého projektu:

- Konstrukční rychlost vozidla: $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- Hmotnost vozidla: 2500 kg
- Požadovaná nosnost vozidla: 1000 kg
- Stoupavost vozidla: 12 %
- Vozidlo určené pro jízdu na zpevněné vozovce a lehkém terénu

Požadavkem je dbát při nosnosti 1000 kg na co nejnižší možnou váhu nástavby, aby byla co možná nejvyšší užitná hmotnost vozidla, což znamená nejvyšší možná hmotnost přepravovaného nákladu. Další výhodou redukce hmotnosti je vyšší dojezdová vzdálenost v nezatíženém stavu vozu, jelikož vozidlo je poháněno elektromotory a bateriový set je již definován.

Pro splnění tohoto požadavku jsem jako konstrukční materiál rámových konstrukcí zvolil hliníkovou slitinu EN AW-6060 T66 (AlMgSi0,5 F22), což je běžně dostupný materiál určený pro výrobu různých profilů. Mechanické vlastnosti tohoto materiálu jsou uvedeny v tabulce 5.1 a ostatní vlastnosti materiálu jsou popsány níže.

Tabulka 5.1: Mechanické vlastnosti lisovaných hliníkových profilů podle DIN1748 [8]

	Pevnost v tahu [MPa]	0,2% mez kluzu [MPa]	Tažnost ⁴		Tvrdość HB ⁵
			A ₅	A ₁₀	
EN AW-6060 T66 (AlMgSi0,5 F22)	≥215	≥160	≥12	≥10	70

Základní charakteristika:

- Odolnost proti korozi - tato hliníková slitina v „normálních“ atmosférických podmínkách dobře odolává korozi, ale pro lepší odolnost a vzhled jsou všechny rámové díly eloxovány. [8]
- Svařitelnost - dobře svařitelná všemi běžnými postupy svařování (především technikou MIG a TIG). Oblast svárů se doporučuje vhodně tepelně zpracovat (rozpuštěním žíháním a vytvrzením) pro docílení původní pevnosti. [8]
- Obrobitelnost - hliníková slitina AlMgSi0,5 F22 je ve stavu vytvrzení EN AW-6060 T66 dostatečně až dobře obrobitelná. [8]

Veškerý mnou použitý hutní materiál pro jednotlivé rámové konstrukce je vybrán ze sortimentu firmy ALUPA s. r. o..

4.1 Centrální nosná podstava

Tato část konstrukce tvoří nosnou podlahu nástavbové části autonomního vozidla. Podlaha slouží sama o sobě jako nosná pro možnou přepravu nákladu a k tomuto účelu je po stranách osazena kotvícími lištami pro možnou aretaci převáženého materiálu.

Centrální nosná podstava je zároveň vybavená čtyřmi kotvícími body (jeden v každém rohu), pro uchycení různých druhů výměnných nástaveb, dle momentálního požadavku na vozidlo.

⁴ A₅ měřená délka pro určení pružnosti $L_0=5,65\sqrt{S_0}$ A₁₀ měřená délka pro určení pružnosti $L_0=11,3\sqrt{S_0}$
⁵ směrná hodnota Pro profily s vymezeným kruhem o průměru >250 mm pružnost obnáší A₅≥8% a A₁₀≥10%

Tento celek je tvořen svařovaným rámem z hliníkové slitiny (viz popis materiálu v tabulce 5.1), na který jsou upevněny překližkové desky, tvořící pak samotnou nosnou podlahu.

Tato podstava je vhodně umístěná uprostřed mezi koly vozidla a tím tvoří zakrytí rámu vozu.

Její celkové rozměry jsou následující:

- Délka: 1800 mm
- Šířka: 1720 mm
- Výška: 150 mm

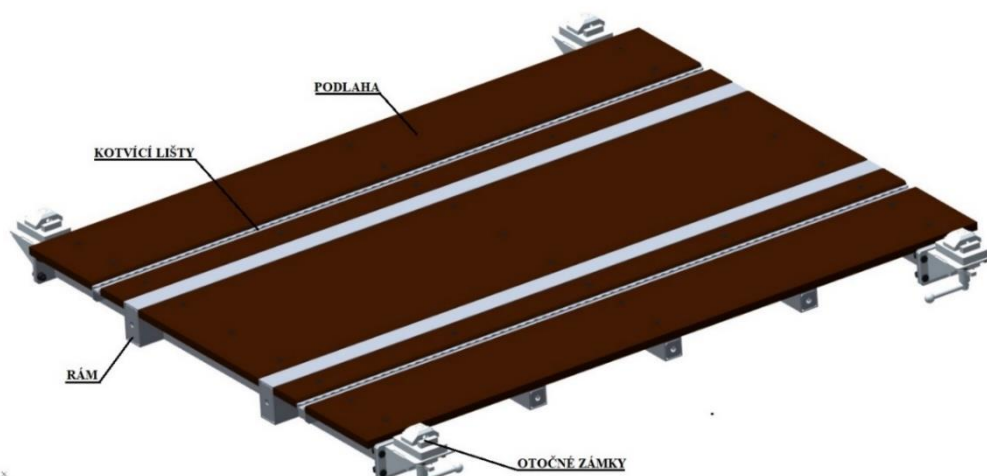
Rozměry ložné plochy:

- Délka: 1800 mm
- Šířka: 1430 mm
- Výška nákladové hrany: 801 mm

Rozteč kotevních bodů výměnných nástaveb:

- Délka: 1600 mm
- Šířka: 1590 mm

Všechny výše uvedené parametry jsou patrné z příložené výkresové dokumentace, která je součástí příloh této diplomové práce. Jednotlivé části jsou ukázány na vizualizaci (obrázek 5.1).



Obrázek 5.1: Centrální nosná podstava

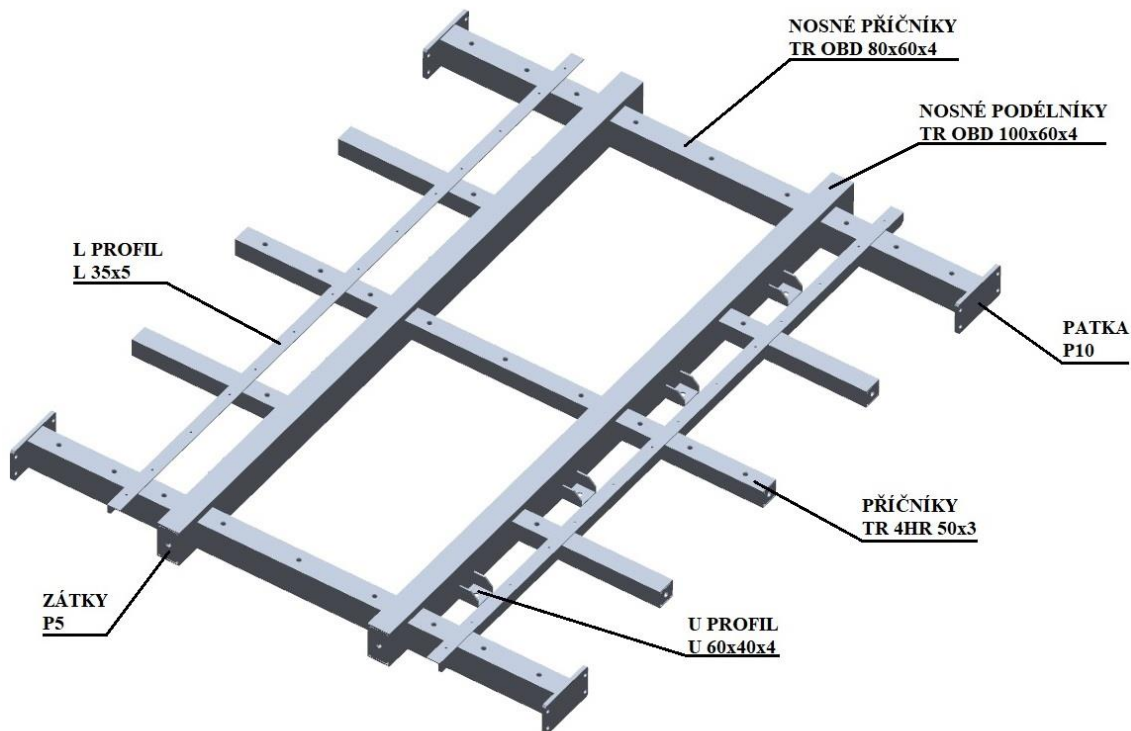
4.1.1 Konstrukce rámu centrální nosné podstavy

Rámová konstrukce centrální nosné podstavy je tvořena hlavními nosnými díly, což jsou dva podélníky z obdélníkových trubek o rozměrech TR OBD 100x60x4. Tyto podélníky jsou nejen hlavní částí rámu, ale také hlavní nosnou částí celé výměnné nástavby. Jäckly jsou pomocí laserového řezání profilů vyřezány tak, aby do nich bylo možné vložit hlavní příčné profily o rozměrech TR OBD 80x60x4 a tyto společně zavařit. Podélníky jsou zamýšleny jako nosné pro otočné zámky výměnných nástaveb, takže na jejich konci jsou navařeny patky o tloušťce 10 mm, které jsou zhotovené prostřednictvím laserového vypalování plechů. Dále jsou k podélníkům přivařené čtvercové trubky o rozměrech TR 4HR 50x3 sloužící jako podpory a zároveň uchycení překližkových desek tvořící podlahu. Jeden podélník stejného rozměru je také přivařen doprostřed rámu, aby zabránil průhybu překližkových podlahových desek a zároveň i on slouží k jejich uchycení k rámu. Do všech otevřených konců jednotlivých profilů jsou vloženy a navařeny zátky z hliníkového plechu o tloušťce 5 mm pro zvýšení tuhosti samotných profilů. Přes podélníky jsou ještě vloženy a vyvařeny dvě tyče o profilu L 35x5, které slouží k uchycení kotvících lišt centrální nosné podstavy. Tyto tyče byly také nejdříve pomocí laserového řezacího stroje vhodně upraveny. Profil L byl zvolen pro jeho lepší tuhost a pevnost, než kdybychom volili obyčejnou plochou tyč. Na spodní části rámu jsou také navařeny krátké U profily o rozměru U 60x40x4 s předvrtaným otvorem, které dále slouží k upevnění nosného rámu k rámu autonomního automobilu.

Po svaření celého rámu následuje obrobení, které spočívá v rozvrtání rámu v místech příčniců (viz příložená technická dokumentace), kde se vyvrtají díry se zahloubením pro hliníkové nýtovací matice se zahloubenou hlavou. Dále se obrobí postranní patky, kde vzniknou díry pro šrouby a tím možnost uchycení držáku otočného zámku pro uchycení výměnné nástavby. Také jsou rozvrtány díry pro šrouby v L profilech určené pro připevnění kotvících lišt.

Celý rám je navržen jako symetrický, takže při montáži na vozidlo není nutné dbát smyslu směru jízdy vozidla.

Rám centrální nosné podstavy s popisem jednotlivých dílů vidíme na příložené vizualizaci na obrázku 5.2.



Obrázek 5.2: Rám centrální nosné podstavy

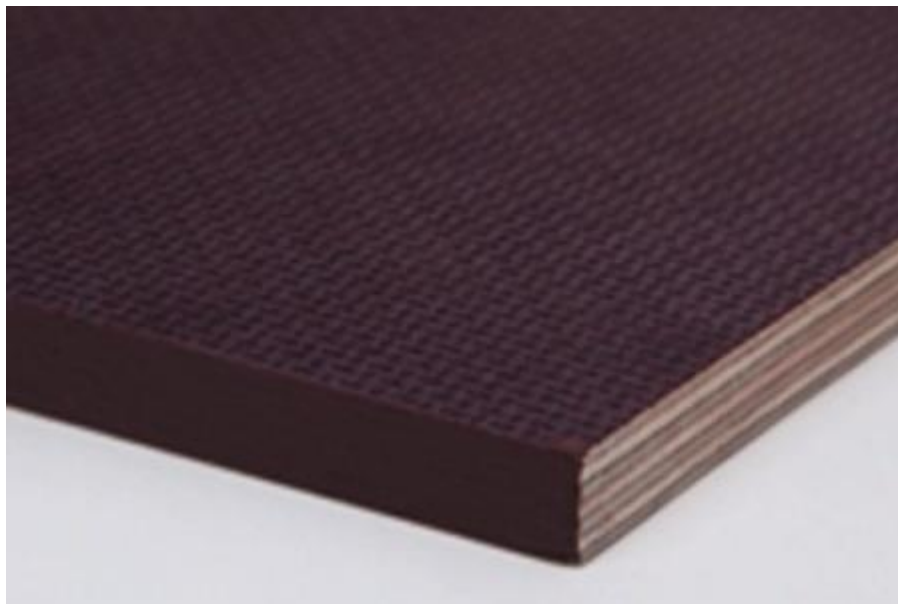
4.1.2 Sestava centrální nosné podstavy

Ve svařeném rámu jsou připraveny díry, do kterých jsou roznýtovány hliníkové nýtovací matice sloužící jako upevňovací body překližkových desek tvořících nosnou podlahu podstavy. Nýtovací matice jsem použil od firmy SIMAF CZ s.r.o. a jejich obchodní označení je 31/S8B-40FRU.

Na rám jsou poté překližkové desky připevněny šrouby se zápusťnou imbusovou hlavou DIN 7991 A o vhodné délce M8x30. Výrobce ani dodavatele běžného spojovacího materiálu uvádět nebudu, protože se nejedná o speciální sortiment a tudíž je běžně dostupný v každém specializovaném obchodě.

Samotné překližkové desky jsou vybrány ze sortimentu firmy KAPLAN s.r.o. a jedná se o foliové překližky o tloušťce 21 mm. Spodní strana desky je potažena hladkou folií a vrchní strana je upravena protiskluzovou folií. Materiál překližkové desky jsem zvolil topol, který po zpracování na překližkovou desku vyniká dobrými mechanickými vlastnostmi, jako je vysoká pevnost, houževnatost, pružnost při zachování nízké

hmotnosti. Desky jsou samozřejmě voděodolné. Tyto překližky jsou prodávány jako desky o rozměrech 2500 mm x 1250 mm a z těchto desek jsou dle požadavku vyřezány jednotlivé části o rozměrech 2x 1800 mm x 100 mm, 2x 1800mm x 260 mm a jedna deska o rozměru 500 mm x 1800 mm. Struktura desek viz obrázek 5.3.



Obrázek 5.3: Protiskluzová foliová překližková deska [9]

Do rámu, respektive skrz L profily, které jsou součástí rámu a jsou opatřeny dírami, jsou prošroubovány rovné hliníkové kotvící lišty sloužící k upevnění nákladu. Upevňovací lišta Airline šířky 34 mm a výšky 9,6 mm je dodávána v délce 3000 mm a pro naše účely byla zkrácena na délku centrální nosné podstavy, tudíž na 1800 mm. Dodavatelem upevňovacích lišt Airline je firma ALU-SV CZ s.r.o..

Lišta se dodává nerozvrtná, takže je třeba jí obrobít a to vyvrtáním děr se zahloubením pro šrouby, které byly zvoleny DIN 7991 A o rozměru M5x16 a dále byly použity samojistící matice se silonovou vložkou DIN 982 M5 a podložky DIN 125 A 5,3. Rozteč děr vyvrtaných v hliníkové kotvící liště dle dodavatele, pro zachování únosnosti, musí být v rozmezí 150 - 200 mm, což bylo splněno. Jak použitá lišta vypadá, je vidět na obrázku 5.4.



Obrázek 5.4: Upevňovací lišta Airline [10]

Samotným kotvicím elementem je tzv. zajišťovací prvek s okem Airline o rozměrech výška 61 mm a průměr kotevního oka 34 mm vyrobený z oceli. Únosnost každého oka je 500 kg.

Počet použitých kotevních prvků pro každou lištu není omezen, je tedy libovolný. Ukázka zajišťovacího prvku Airline viz na obrázku 5.5.



Obrázek 5.5: Zajišťovací prvek Airline [11]

Z boku jsou k rámu také uchyceny ocelové držáky otočných zámků pro upevnění výměnné nástavby, jak je patrné z obrázku 5.1. Každý ze čtveřice držáků je k hliníkovému rámu upevněn čtveřicí šroubů se šestihrannou hlavou DIN 933 M10x35, utaženy maticí DIN 934 M10 s použitím ploché podložky DIN 125 A 10,5 a zajištěny pojistnou podložkou DIN 127 B 10,2.

Otočnému zámku a jeho držáku se budu věnovat popisem v kapitole **6 Návrh uchycovacího systému nástavby**.

4.1.3 Upevnění centrální nosné podstavy k vozidlu

Upevnění centrální nosné podstavy k vozidlu je navrženo obdobně jako již popsané upevnění v kapitole **4.1 Uchycení pomocí spojovacího materiálu**. K rámu centrální nosné podstavy jsou přivařeny na každé straně čtyři U profily s vyvrtanou dírou. Podobné řešení by mělo být vytvořeno jako protikus i na rámu vozidla. Podstava je tedy umístěna na rám vozidla, kde dosedne podélnými profily rámu centrální nosné podstavy na rám vozidla. Také U profily dosednou na své protikusy a pomocí šroubů (4 šrouby M12 na každé straně) se centrální nosná podstava pevně přichytí k rámu autonomního automobilu a tím s ním vytvoří jeden celek.

V dalším postupu vývoje autonomního pracovního vozidla by se celý rám nosné podstavy s upevňovacími body výměnné nástavby mohl integrovat do rámu vozu a vytvořit tak jeden celek. Takové řešení by mohlo přinést vyšší tuhost rámu vozidla, dále redukovat jeho hmotnost a celý komplet konstrukčně zjednodušit.

Díky použití lehkých a pevných materiálů při konstrukci se podařilo vytvořit velmi lehkou, ale robustní a pevnou platformu vážící 75,6 kg. Tato váha se započítává do hmotnosti samotného vozidla, která činí 2500 kg a neubírá zbytečně užitnou část ze stanovené nosnosti 1000 kg.

4.1.4 Pevnostní ověření centrální nosné podstavy

Součástí zadání této diplomové práce bylo nejen jednotlivé části nástavby a uchycení autonomního vozidla navrhnout a zkonstruovat, ale vybrané celky i pevnostně ověřit.

Pro pevnostní ověření byl použit výpočtový software PTC Creo Simulate, který je součástí 3D parametrického konstrukčního programu PTC Creo Parametric 4.0 M040, ve kterém byla vytvořena veškerá konstrukční řešení.

Samotnou FEM analýzu podstavy jsem rozdělil na dvě části. První je analýza rámu zatíženého výměnnou nástavbou a druhá analýza vychází ze zatížení rámu při využití ložné plochy samotné podstavy.

Jednotlivé jízdní stavy vozidla jsou:

- brzdění (akcelerace)
- jízda nakloněným svahem
- průjezd zatáčkou
- přejezd nerovností
- kombinace výše uvedených.

Každý z těchto jízdních stavů má vliv na zatížení vozidla. V průběhu vzniku této diplomové práce nebyly některé parametry vznikajícího vozidla známy. Známou vlastností vozidla je stoupavost, vycházející ze specifikace pohonů (elektromotorů) vozidla.

Veškeré výpočty jsem tedy prováděl v jízdním stavu jízdy nakloněným svahem při maximální stoupavosti při rovnoměrně rozloženém a ukotveném nákladem, což znamená, s těžištěm stále ve stejném místě.

4.1.4.1 Zatížení rámu výměnnou nástavbou

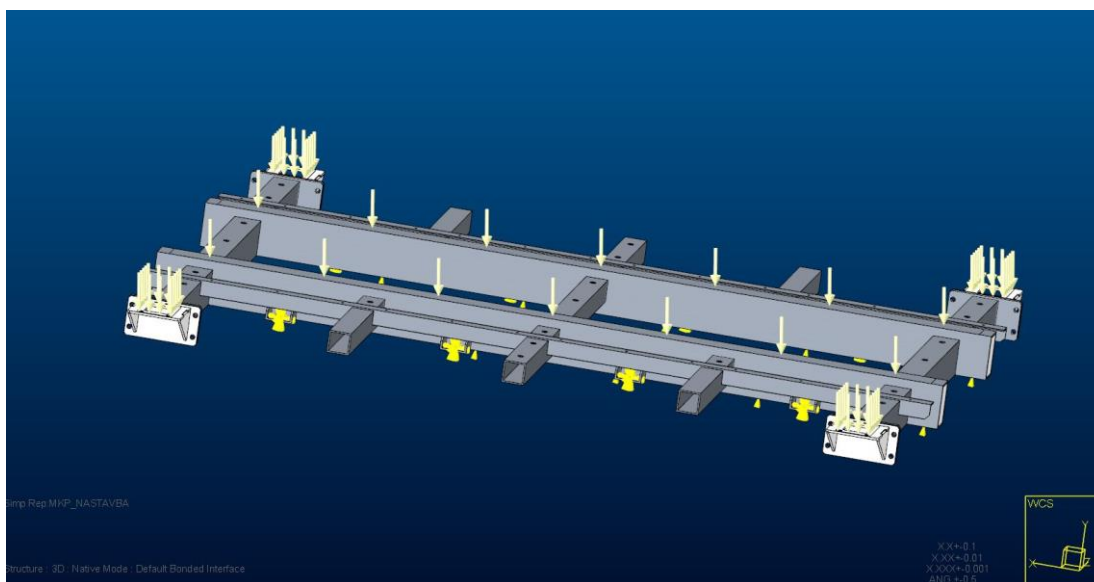
Zde je uvažováno, že k rámu centrální nosné podstavy je připevněna výměnná nástavba, která je zatížena nákladem. Dle zadání je maximální zatížení 1000 kg, což je hodnota výměnné nástavby společně s nákladem.

Vlastností vozidla je stoupavost 12%, což je po přepočtu na úhel stoupání $\alpha=6,84^\circ$ a to jsem zaokrouhlil na $\alpha=7^\circ$.

Maximální zatížení $m=1000$ kg přepočítáme na tíhu G působící na rám při gravitačním zrychlení $g=9,81$ $m \cdot s^{-2}$, pak je $G=9810$ N.

Při jízdě vozidla do kopce tuto sílu rozložíme do směru vodorovného a kolmého k vozovce. Získáme tak zatěžující síly působící na rám ve směru vodorovném s vozovkou $F_x=1195,5$ N a ve směru kolmém na vozovku $F_y=9736,9$ N.

Působíštěm těchto sil budou hlavní podélníky rámu podstavy, jelikož rámová konstrukce nástavby na těchto podélnících leží. Současně je také místem působíště těchto sil plocha uchycení otočných zámků připevňujících nástavbu k rámu podstavy. Vše je patrné z obrázku 5.6.

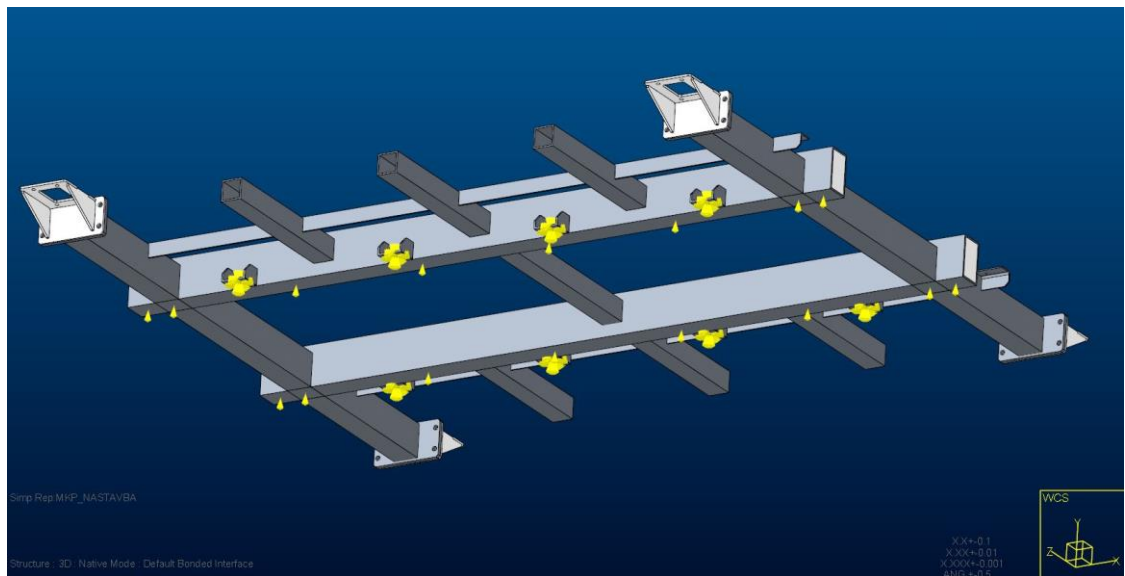


Obrázek 5.6: Působení sil na rám

Rámová konstrukce podstavy je uchycena k rámu vozidla. Vytváří se tak vazby, které tvoří okrajové podmínky pro výpočet. Hlavní podélník rámu podstavy leží na rámu vozidla, a tudíž zamezuje pohybu ve směru kolmém na vozovku.

Další vazbou jsou uchycovací body, prostřednictvím kterých je rám pevně spojen s rámem vozidla. Tyto body tvoří pevnou vazbu ve všech směrech pohybu.

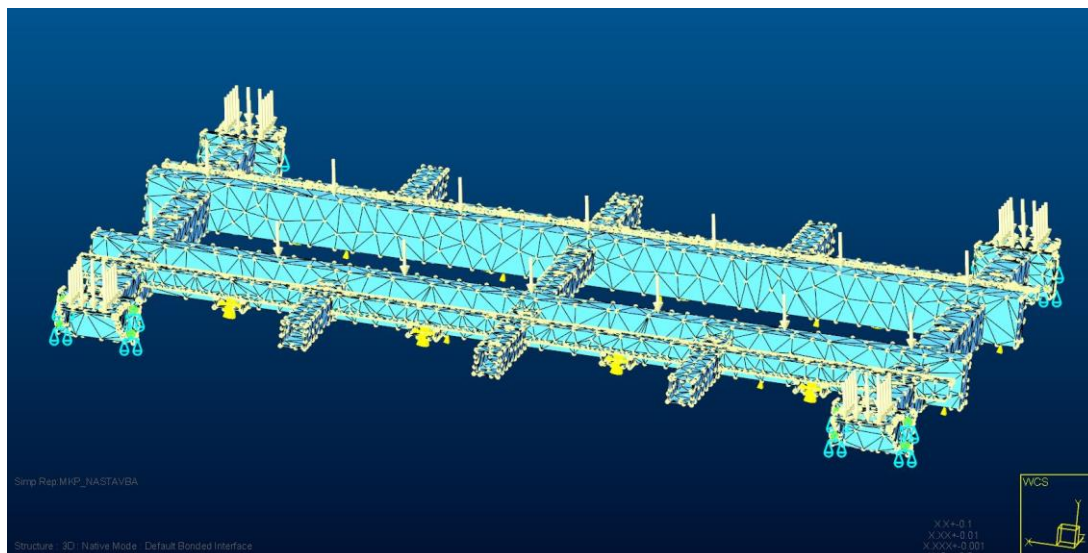
Okrajové podmínky viz na obrázku 5.7.



23 Obrázek 5.7: Okrajové podmínky

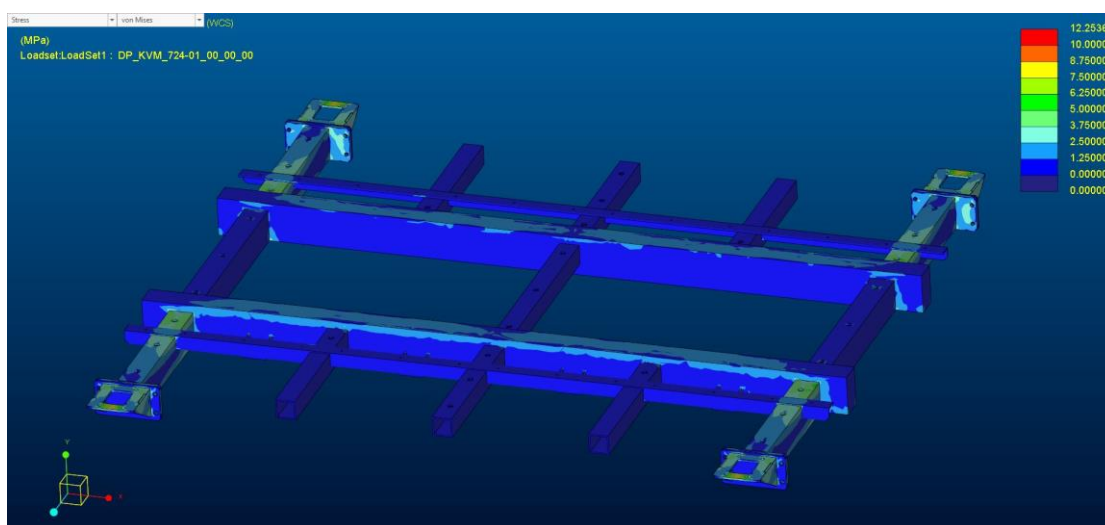
Po zadání zatížení a okrajových podmínek je potřeba provést takzvanou „mesh“, tedy vysíťování počítané sestavy, kde je každý díl rozdělen na malá jednoduchá trojrozměrná tělesa (v tomto případě jsou nastaveny tzv. tetrahedrony⁶). Na obrázku 5.8 vidíme vysíťování rámu podstavy.

⁶ Obecný čtyřstěn, jehož stěny tvoří čtyři obecné trojúhelníky.



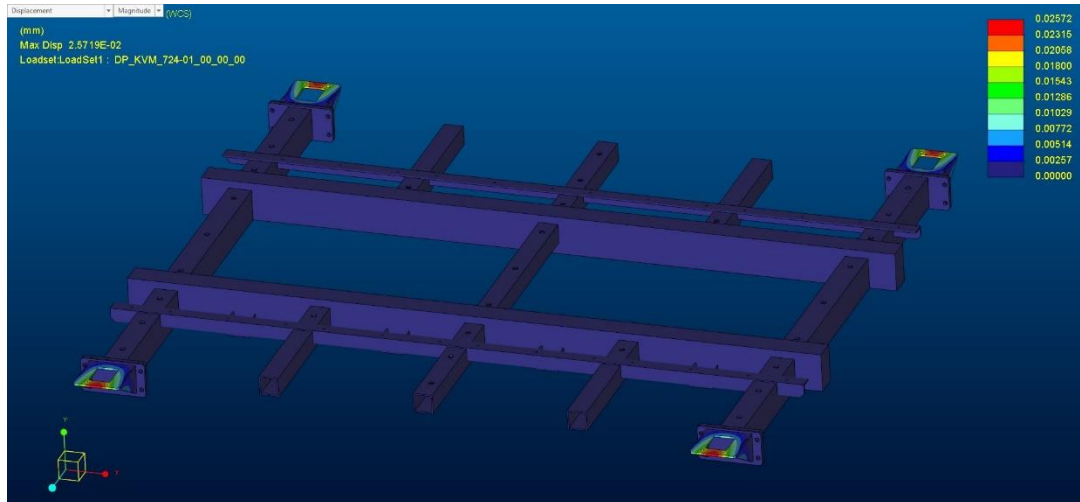
Obrázek 5.8: Vytvořená síť rámu

Pro samotný výpočet stavu napjatosti je volena hypotéza HMH (ve výpočtovém programu označovaná jako von Mises) a výsledek výpočtu pak vidíme na obrázku 5.9, z něhož je zřejmé, že rámová konstrukce podstavy maximální zatížení od nástavby bez problému vydrží, protože špička napětí je 12,25 MPa. Toto maximální napětí je patrné především v místech upevňovacích bodů výměnné nástavby. Tyto držáky jsou konstruovány jako ocelové svařence a tudíž vydrží zatížení mnohonásobně vyšší.



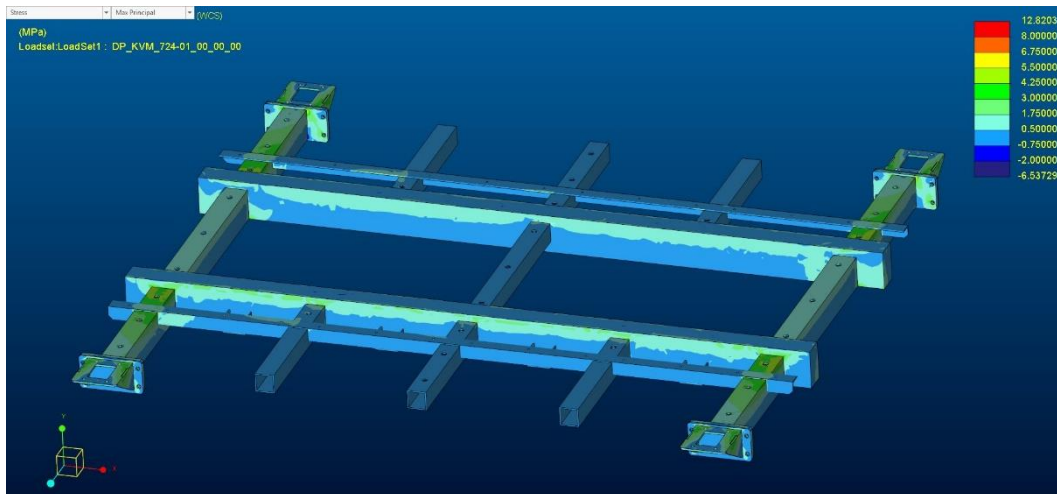
Obrázek 5.9: Napětí v rámu

Rámová konstrukce se jeví i velice tuhá, protože deformace rámu jsou pouze minimální a to nejvíce v místech upevnění nástavby. Hodnota maximální deformace činí 0,025 mm. To je však patrné z přiloženého obrázku 5.10.

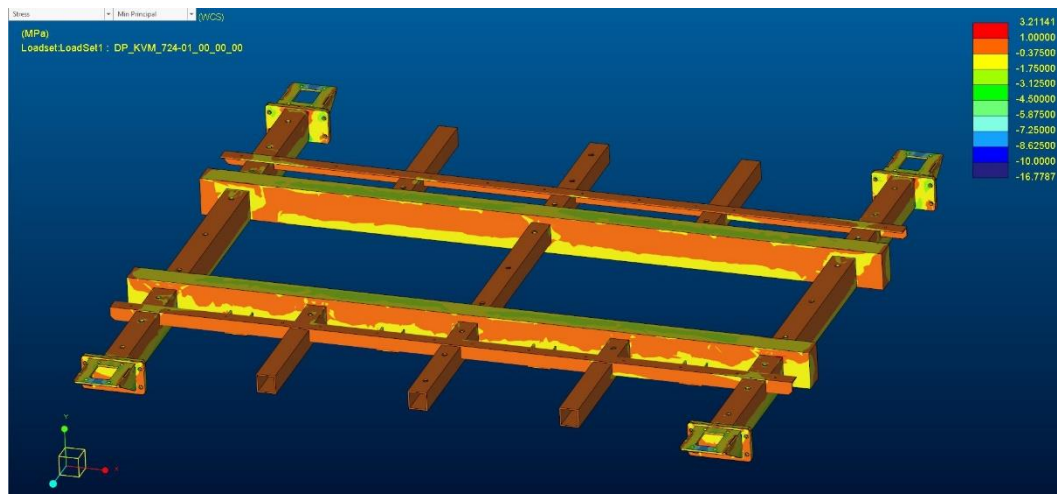


Obrázek 5.10: Deformace rámu

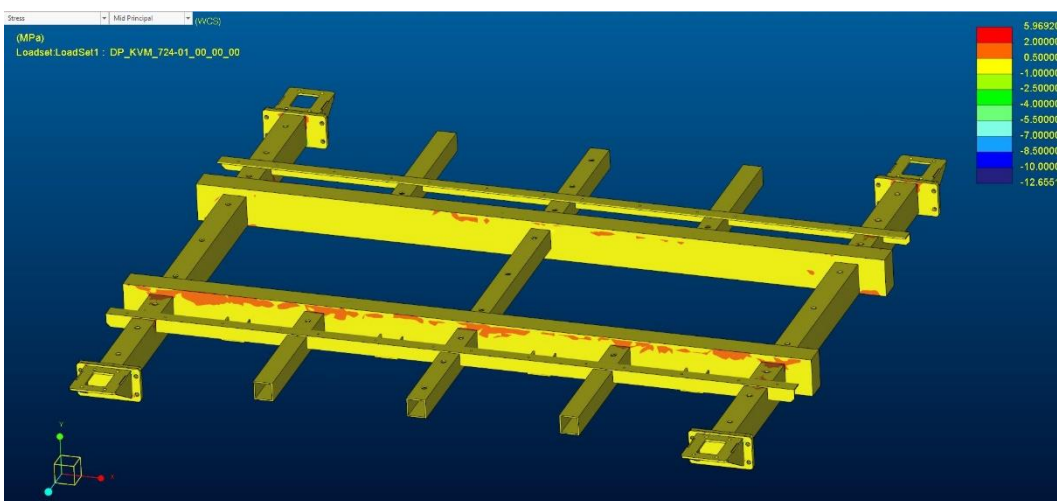
Jelikož se jedná o hliníkovou konstrukci, je dobré hypotézou HMM porovnat s výpočty hlavních směrů napětí, kterými jsou tah, tlak a smyk. I při těchto výpočtech konstrukce pevnostně s výraznou bezpečností vyhovuje. Na obrázcích 5.11, 5.12 a 5.13 jsou ukázány výpočty v hlavních směrech napětí.



Obrázek 5.11: napětí v tahu

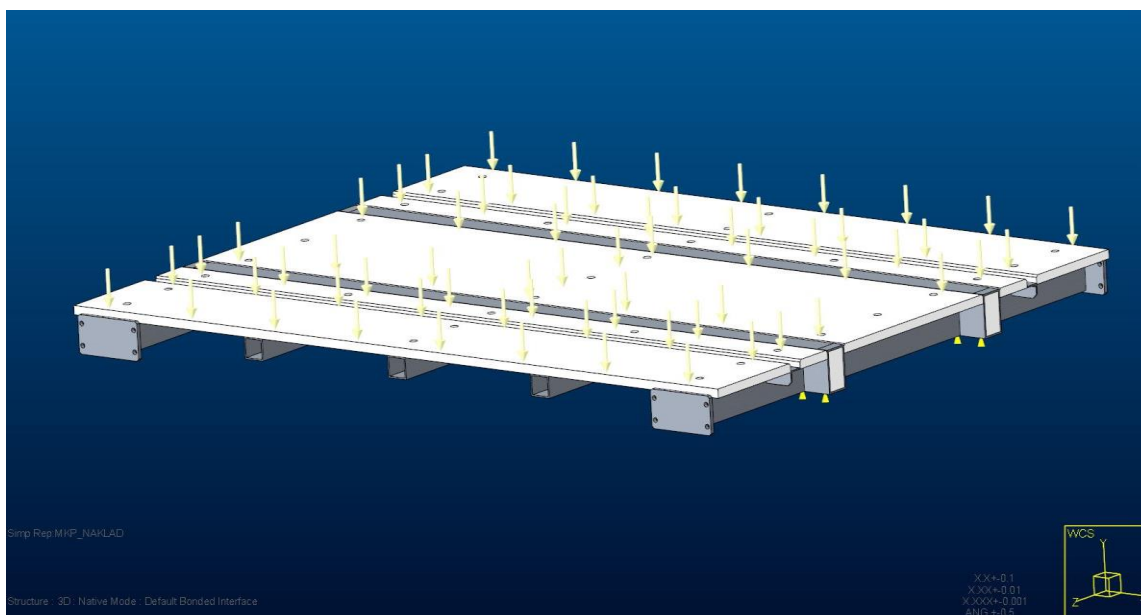


Obrázek 5.12: napětí v tlaku



Obrázek 5.13: Napětí ve smyku

4.1.4.2 Zatížení rámu umístěním nákladu na nosnou plochu



Obrázek 5.14: Zatížení ložné plochy podstavy

Při zatížení rámové konstrukce centrální nosné podstavy od nákladu umístěného na nosné ploše tvořené překližkovými deskami uvažuji zatížení jako spojité po celé ploše. Velikost tohoto zatížení je shodná se zatížením popsáním v předchozí kapitole, jen působí se změní. Jelikož je působí se spojitého zatížení na nosné ploše podstavy, na rámové konstrukci toto zatížení působí na všech příčných rámových profilech, na které je podlahová deska připevněna. Jelikož samotné podlahové překližkové desky napomáhají svou pevností k celkové tuhosti rámové konstrukce, rozhodl jsem se výpočet provést včetně těchto deskových dílů. Samozřejmě s definováním rozdílných materiálů ve výpočtovém softwaru. Spojité zatížení je vidět na následujícím obrázku 5.14.

Vazby (okrajové podmínky) jsou stejné jako v předchozím výpočtovém případě, jsou popsány v předešlé kapitole a viditelné na obrázku 5.7.

Vysítování (tzv. „mesh“) probíhá také stejným způsobem jako v předešlém výpočtovém příkladu a je patrné z obrázku 5.8.

Výsledný výpočet napjatosti vidíme na obrázku 5.15 a pro jeho realizaci byla stejně jako v předešlém výpočtu použita hypotéza HMH.

Výsledné napětí vychází vyšší než v případě zatížené od výměnné nástavby. Špička napětí dosahuje hodnoty $\sigma_{RED}=78.1$ MPa a dle předpokladu tyto špičky

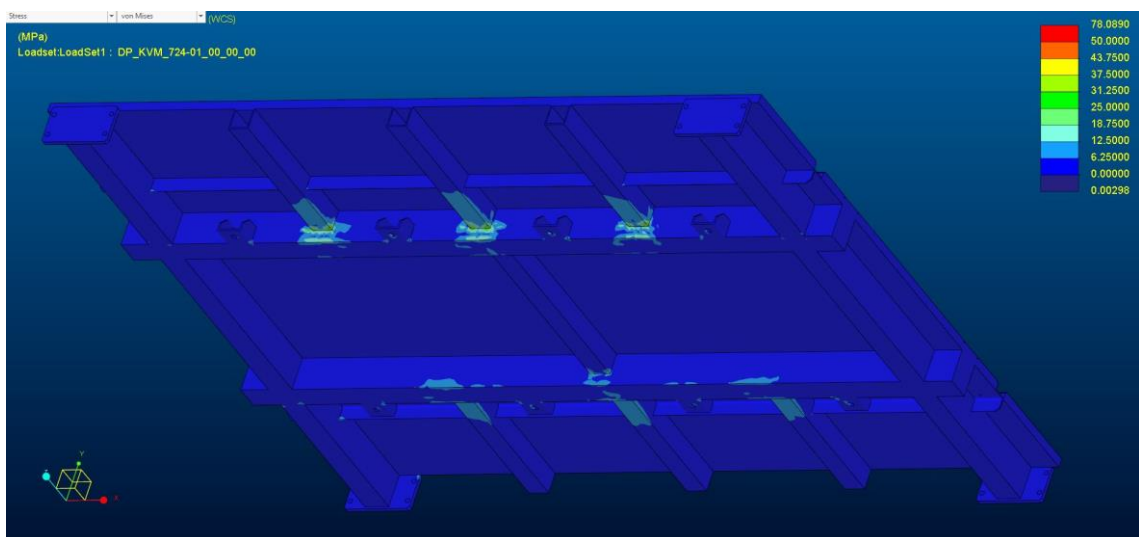
pozorujeme v místech uchycení podpěrných příčnickových profilů k hlavním nosným podélníkovým profilům. Tyto příčníky se chovají jako vetknuté nosníky.

Tato konstrukce stále vykazuje bezpečnost $b > 2$, což plyne z porovnání redukovaného napětí s napětím dovoleným použité hliníkové slitiny.

V dalším vývoji bych navrhnul opatření pro zvýšení pevnosti rámové konstrukce. Tato opatření by mohla spočívat ve vyztužení samotných příčných nosníků pomocí vhodně umístěných žebér vyrobených jako výpalky z hliníkového plechu vhodné tloušťky.

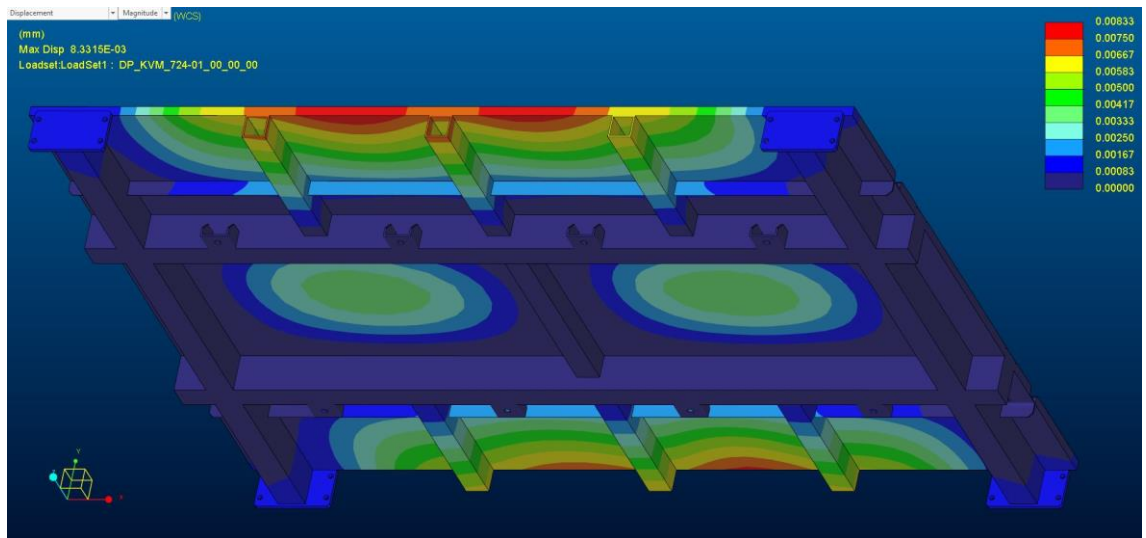
Další možností, u které bych očekával snížení celkového napětí v inkriminovaných místech, by bylo svázání příčných nosníků vhodně umístěným podélním nosníkem, který by byl navařen k volným koncům nosníků a připevněn k hlavním příčným nosníkům. Tím by se z příčných nosníků na jedné straně vetknutých a na druhé volných staly nosníky vetknuté na obou svých koncích a pevnost by se výrazně zlepšila.

Samozřejmě těmito opatřeními díky přidání dalšího materiálu se bude zvedat hmotnost celé rámové konstrukce.



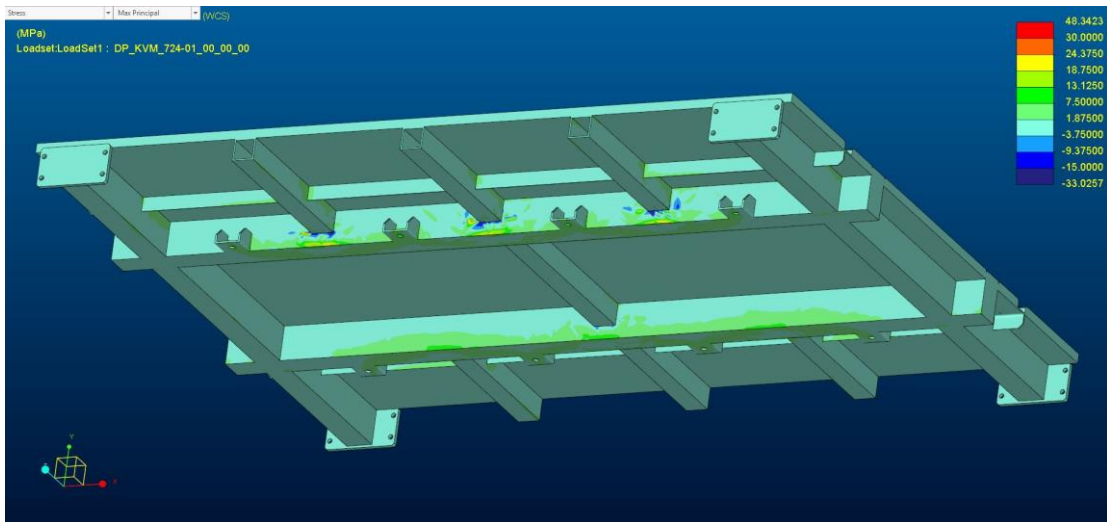
Obrázek 5.15: Napětí v rámové konstrukci zatížené nákladem

Deformace rámové konstrukce s překližkovou podlahou je po spojitém zatížení nákladem dle očekávání nejvyšší na okrajích celé sestavy. Jak ale vidíme na přiloženém obrázku 5.16, drží se maximum deformace na velmi příznivé, až zanedbatelné hodnotě 0.008 mm.

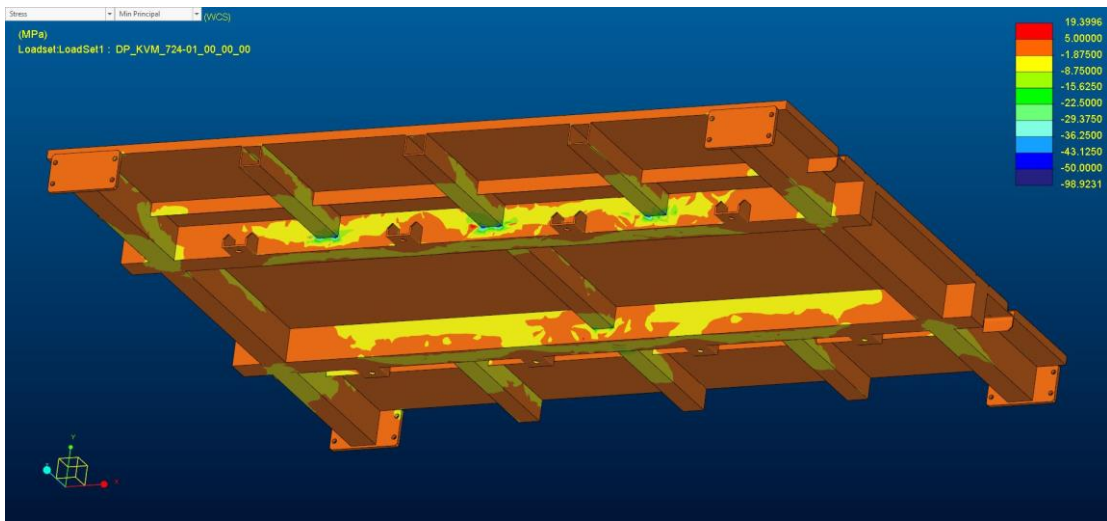


Obrázek 5.16: Deformace rámu

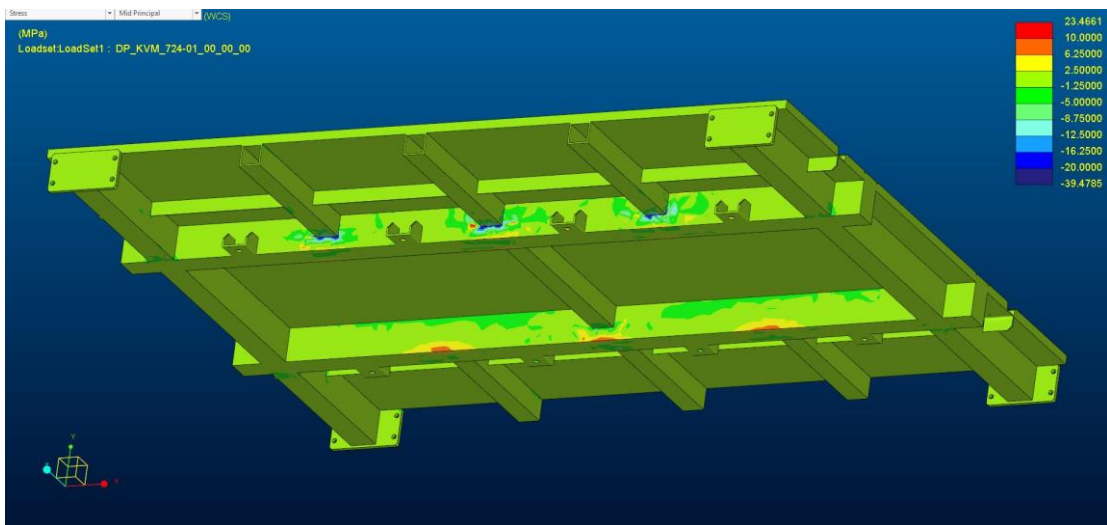
Pro porovnání přikládám výsledky namáhání v hlavních směrech napětí, viz obrázek 5.17, 5.18 a 5.19.



Obrázek 5.17: Napětí v tahu



Obrázek 5.18: Napětí v tlaku



Obrázek 5.19: Napětí ve smyku

4.2 Přední a zadní podstava

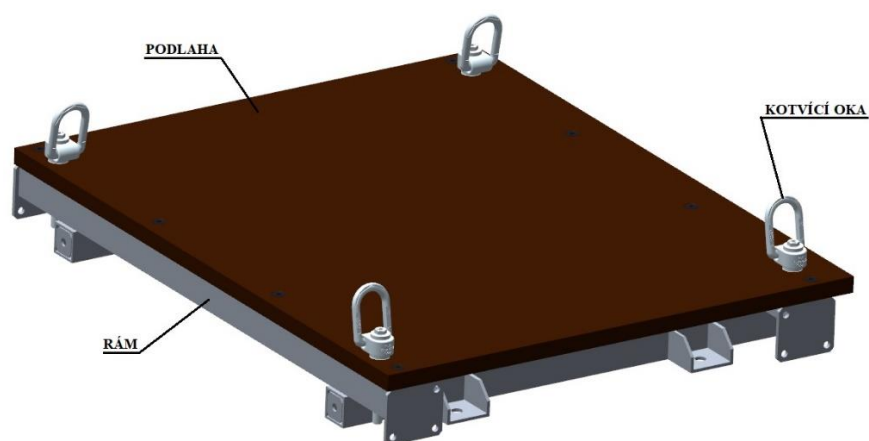
Tato část tvoří přední a zadní zakrytování rámu vozidla, ale zároveň slouží jako nosná podlaha navazující na podlahu centrální nosné podstavy. Vozidlo díky této přední a zadní části bude schopno převážet i dlouhý náklad. Po přimontování je celková délka ložné plochy vozidla 3120 mm.

Přední a zadní podstavy jsou totožné a dají se tedy libovolně zaměňovat.

Tyto podstavy jsou nezávislé na prostřední části podstavy a nejsou s ní ani jakkoliv spojené. Bylo tak učiněno z důvodu možnosti rychlé demontáže přední a zadní části proto, že se nacházejí nad pohonem (elektromotory přední a zadní nápravy) vozidla. V případě potřeby, poruchy a následné opravy je možné podstavu jednoduše a rychle odmontovat a umožnit tím snadný přístup k pohonu vozidla.

Samotné uchycení těchto podstav k vozidlu je realizováno stejným způsobem jako u centrální nosné podstavy, tedy vhodně uzpůsobenými U profily navařenými na samotný rám podstavy. Tyto upevňovací plochy dosednou na rámovou konstrukci vozidla, která je vybavena protikusy a posléze se rám podstavy s rámem vozidla k sobě upevní čtyřmi šrouby M12 (na každém boku podstavy jsou dva šrouby).

Jednotlivé části tvořící celek přední a zadní podstavy jsou zobrazeny na vizualizaci obrázku 5.20.



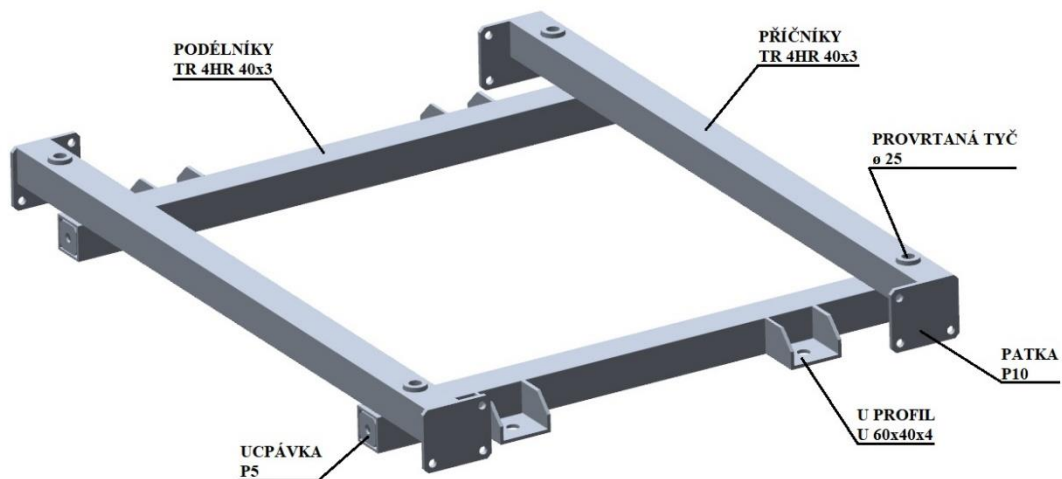
Obrázek 5.20: Přední a zadní nosná podstava

4.2.1 Konstrukce rámu přední a zadní nosné podstavy

Rám podstavy je jednoduchý a je tvořen dvojicí podélníků z čtvercové trubky o rozměru TR 4HR 40x3, na které jsou umístěny dva příčné tyče o stejných rozměrech polotovaru. Tyto čtvercové trubky jsou vzájemně svařeny. Na kraje obou příčnicků jsou navařeny patky o tloušťce materiálu 5 mm, které jsou vyrobeny pomocí laserového vypalování. Tyto patky budou sloužit jako uchycení blatníků vyrobených z kompozitu. U okrajů příčných čtvercových trubek jsou vyvrtány díry, do kterých jsou vsazeny a ovařeny trubky. Tyto trubky jsou vyrobeny z tyče o průměru 25 mm (byla použita kruhová tyč, protože výrobci hutního materiálu nenabízí trubku o požadovaných rozměrech). Do těchto trubek se při montáži sestavy bude vkládat mezikus pro uchycení kotvícího oka a tato trubka rámovou konstrukci v místě uchycení ok vyztužuje. Na spodní straně podélných čtvercových tyčí jsou navařeny U profily o rozměru U 60x40x4, které jsou stejné jako na rámové konstrukci centrální nosné podstavy a také slouží k upevnění podstavy k rámu vozidla. Volné konce čtvercových trubek jsou opatřeny ucpávkami o tloušťce 5 mm, které slouží k uzavření profilu a tím zlepšují jeho tuhost.

Celý rám je stejně jako všechny ostatní vyroben z hliníkové slitiny EN AW 6060 T66, jejíž mechanické vlastnosti jsou vyspecifikovány v tabulce 5.1.

Rámová konstrukce přední a zadní podstavy viz obrázek 5.21.



Obrázek 5.21: Rám přední a zadní nosné podstavy

4.2.2 Sestava přední a zadní nosné podstavy

Rámová konstrukce je opatřena dírami se zahloubením, do kterých jsou vloženy a zanáty nýtovací matice 31/S8B-40FRU. Do svařených trubek v rámu jsou vloženy speciální šrouby sloužící jako mezikus pro upevnění kotvicích ok. Tento speciální šroub je vyroben z konstrukční oceli S235RJ (ČSN 11 375) s následnou povrchovou úpravou brynýrováním. Tento šroub má tělo se závitem M12, kulatou hlavu ve které je vytvořen vnitřní závit M8. Speciální šroub je připevněn samojistící maticí se silonovým kroužkem DIN 982 M12 a je opatřen podložkou DIN 125 A 13. Speciální šroub ukazuje obrázek 5.22.



Obrázek 5.22: Rám přední a zadní nosné podstavy

Na rámovou konstrukci je položena překližková deska o tloušťce 21 mm vyrobená z topolového dřeva. Její rozměry jsou 660 mm x 814 mm. Deska je k rámu přišroubována šrouby se zápusťnou hlavou DIN 7991 A o rozměru M8x30.

Na speciální šrouby upevněné k rámu se přišroubuje čtveřice vázacích bodů (kotvicí oka) VLBG-PLUS 0,63t M8 od firmy RUD Ketten Rieger & Dietz GmbH. Upevnění vázacích bodů je pomocí šroubů M8, které jsou dodávány se samotnými vázacími body. Únosnost každého vázacího bodu je 630 kg. Ukázka sklopného otočného vázacího bodu viz na obrázek 5.23.

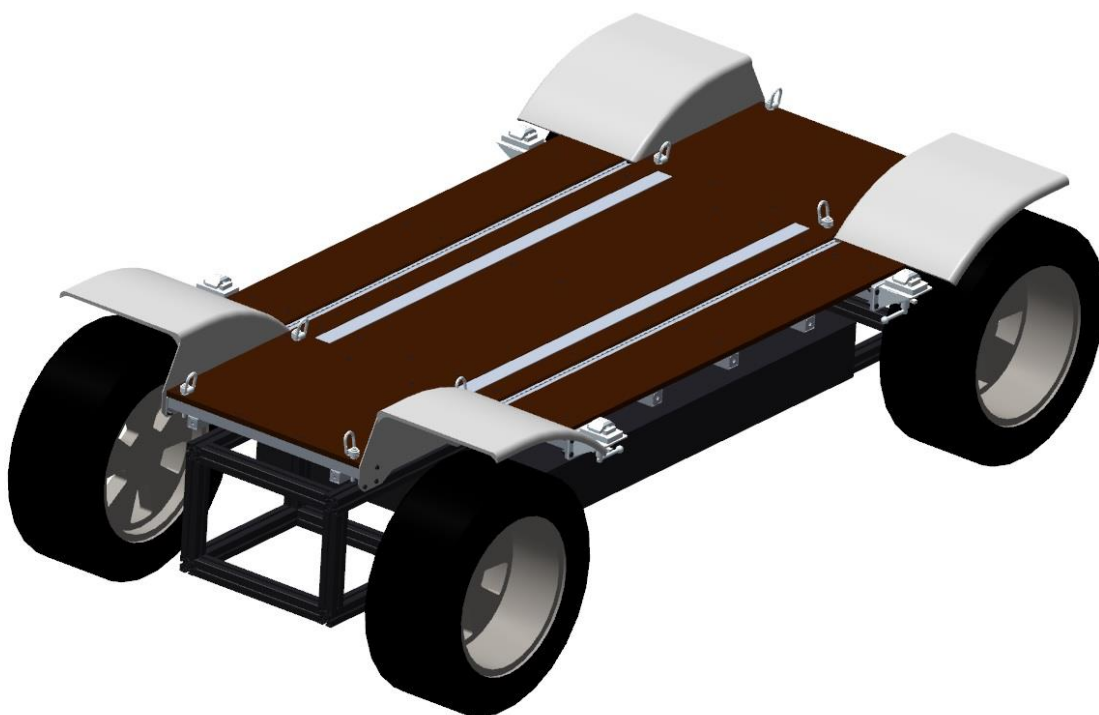
Kromě vázacích bodů lze použít i klasický vázací šroub s okem DIN 580 se závitem M8.



Obrázek 5.23: Vázací bod VLBG-PLUS 0,63t M8 [12]

Na rámovou konstrukci lze připevnit pomocí šroubů a matic o velikosti M10 kompozitové blatníky.

Prozatimní celkový vzhled autonomního vozidla s ložnou plochou vidíme na následující vizualizaci (obrázek 5.24).



Obrázek 5.24: Autonomní vozidlo s ložnou plochou

4.3 Výměnná valníková nástavba

Pro demonstraci využitelnosti autonomního vozidla, jsem vybral valníkovou nástavbu, kterou jsem dále rozpracoval. Konstrukce, pevnostní kontrola a sestavy jednotlivých částí této nástavby jsou popsány v následujících kapitolách.

Valník disponuje ložnou plochou 1620 x 1640 mm, výška nákladové plochy valníku je 941 mm a celkové rozměry valníkové výměnné nástavby jsou 544 x 1720 x 1760 mm.

Celková sestava výměnné valníkové nástavby je tvořena podlahou s rámem, do které je zasunuta pevná přední a zadní stěna. Přední a zadní stěny jsou shodné a každá je k rámové konstrukci podlahy uchycena šroubem DIN 933 M6x50 a pojistnou maticí DIN 982 M6 s podložkou DIN 125 A 6,4 aby bylo zabráněno vysunutí stěn.

Podlaha tvoří samostatnou část valníkové výměnné nástavby. Rámová konstrukce podlahy je opatřena kotvícími domky, které zapadají do otočných zámků a tvoří tak upevňovací člen nástavby. O tomto dílu se budu více zmiňovat v kapitole **6 Návrh uchycovacího systému nástavby**. Tyto domky jsou k rámu podlahy připevněny každý čtveřicí šroubů DIN 933 M10x35 a zajištěny maticí DIN 934 M10 s pojistnou podložkou DIN 127 B 10,2 a podložkou DIN 125 A10,5.

Boční stěny jsou výklopné a také obě stejné, tudíž záměnné. Pro výklopný systém byl zvolen nerozebíratelný závěs WW BSCH 30-3 od firmy WINTERHOFF GmbH. Zvolený závěs je ukázán na obrázku 5.25.



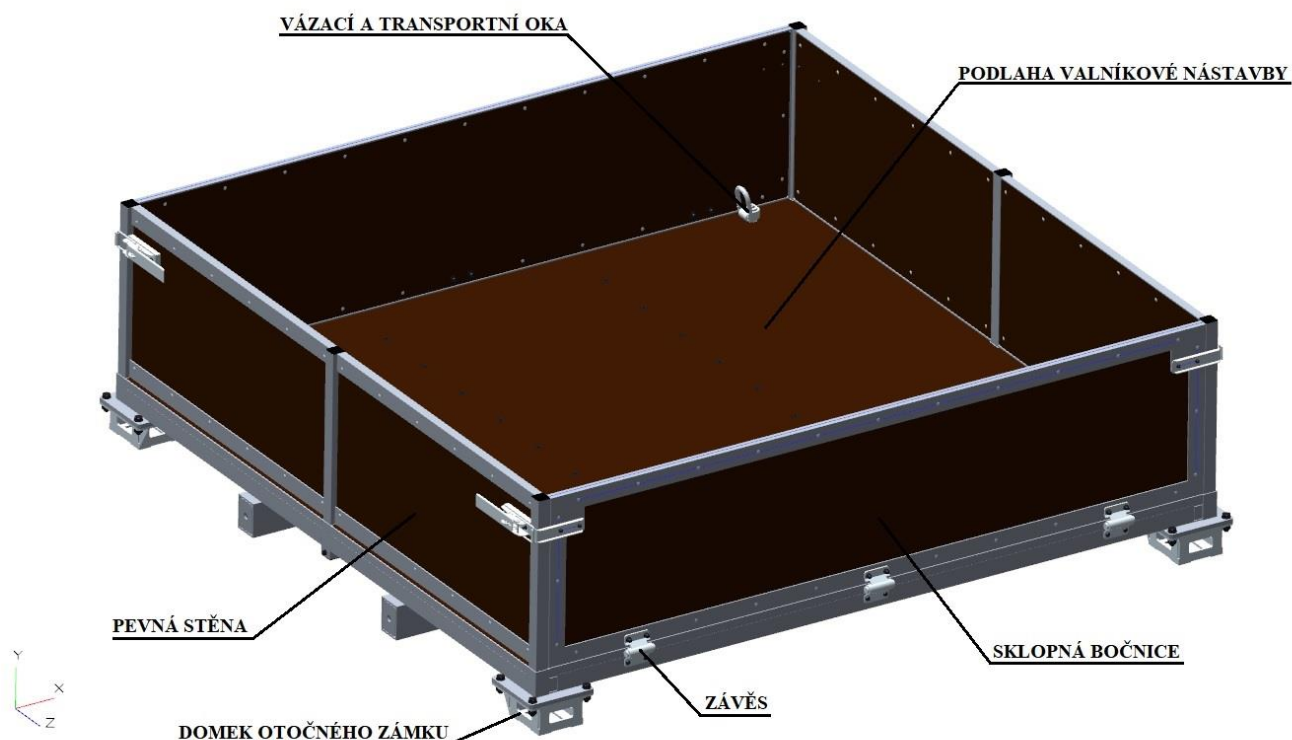
Obrázek 5.25: Závěs WW BSCH 30-3 [13]

Tento závěs je k bočnici přidělán dvojicí šroubů s oblou hlavou ISO 7380 M6x35 a pojištěn samojisticí maticí DIN 982 M6. Hlava šroubu směřuje do nákladového prostoru, proto byla zvolena oblá hlava, aby bylo zabráněno případnému poškození přepravovaného nákladu. Šroub je opřen o dřevěnou výplň bočnice a pod hlavou tohoto šroubu je umístěna velkoplošná podložka DIN 9021. K pevné části valníku, tedy k rámu podlahy, je závěs připevněn také dvojicí šroubů ISO 7380 M6x12.

Jako u přední a zadní nosné podstavky je i podlaha valníku vybavena vázacími body, které slouží k upevnění přepravovaného nákladu. V tomto případě mají tyto vázací body ještě funkci transportních ok při možné výměně nebo manipulaci s valníkovou nástavbou. Oka jsou šroubem M8 zašroubována do speciálního šroubu, stejně jako v případě nosné podstavky.

Hmotnost celé výměnné valníkové nástavby je 101,8 kg, což je hmotnost spadající do celkové nosnosti vozidla, která činí 1000 kg. Z toho vyplývá, že užitečná hmotnost, při využití této nástavby, pro převoz nákladu je **898,2 kg**.

Vizualizaci celé sestavy valníkové výměnné nástavby ukazuje obrázek 5.26.



Obrázek 5.26: Výměnná valníková nástavba

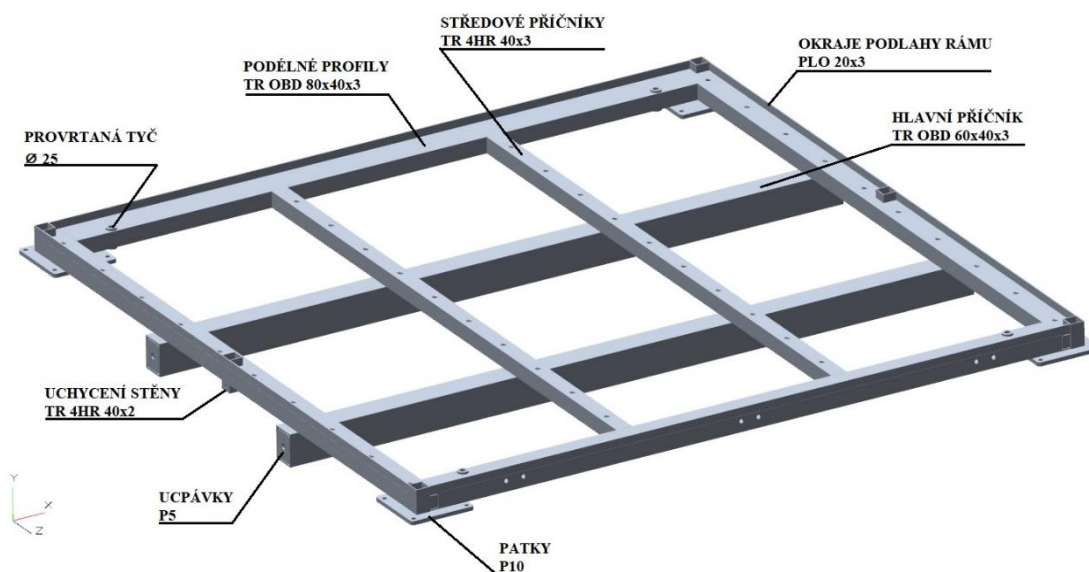
4.3.1 Podlaha valníkové výměnné nástavby

Rám podlahy je tvořen dvěma hlavními podélnými nosníky, které dosednou na podélné nosníky centrální nosné podstavy, tím tvoří hlavní nosnou část této nástavby a prostřednictvím těchto nosníků je přenášeno zatížení na rám centrální nosné podstavy.

4.3.1.1 Rám podlahy valníkové výměnné nástavby

Jak jsem již výše zmiňoval, rámovou konstrukci podlahy tvoří dva podélné nosníky o rozměru TR OBD 80x60x4 . Na ty jsou poleženy a přivařeny dva hlavní příčnickové profily TR OBD 60x40x3, které jsou pomocí laserového řezacího stroje vhodně uzpůsobeny pro vložení a profilů TR 4HR 40x2 sloužících pro upevnění pevných stěn valníku. Ke koncům hlavních podélníků jsou přivařeny podélníky TR OBD 80x40x3 a společně tvoří půdorys podlahy valníku. Do těchto profilů jsou navařeny, stejně jako u rámu přední a zadní nosné podstavy, trubky pro zpevnění a vytvoření uchycení kotvicích bodů a tyto profily také slouží pro uchycení závěsů bočnic. Doprostřed jsou ještě přivařeny dva menší příčnický TR 4HR 40x3 sloužící jako podpěra a zároveň ukotvení překližkové podlahy. Na profily, tvořící půdorys podlahy, jsou po stranách navařeny ploché tyče PLO 20x3, které chrání překližkovou podlahu. Zespodu této konstrukce jsou přivařeny patky pro uchycení domků otočných zámků. Tyto patky o tloušťce 10 mm jsou vyrobeny laserovým vypalováním stejně jako ucpávky o tloušťce 5 mm umístěné a navařené na volné konce hlavních nosných podélných profilů.

Po svaření celé rámové konstrukce podlahy valníkové nástavby je potřeba rám obrobit. Což spočívá ve vyvrtání děr s kuželovým zahloubením pro nýťovací matice.

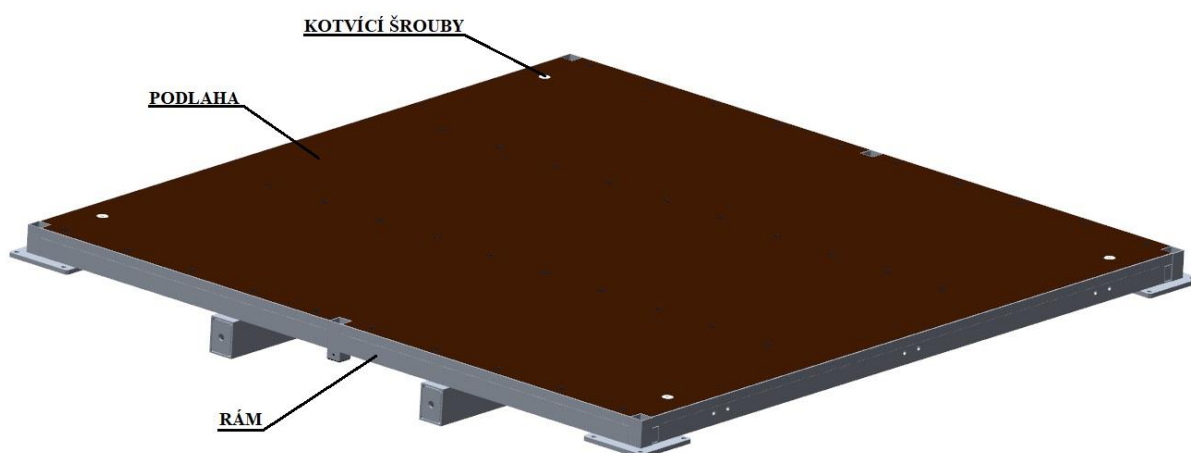


Obrázek 5.27: Rám výměnné valníkové nástavby

4.3.1.2 Sestava podlahy výměnné valníkové nástavby

Sestava podlahy výměnného je tvořena z nosného rámu, který byl popsán v předchozí kapitole. Do předem připravených děr se zahloubením jsou nanýtovány hliníkové nýtovací matice 31/S8B-40FRU a v bocích rámu jsou použity hliníkové nýtovací matice 31/S6B-40FRU. K rámu jsou připevněny speciální kotvící šrouby, stejní jako v případě přední a zadní nosné podstavy, které jsou utaženy samojistící maticí DIN 982 M12 s podložkou DIN 125 A13. Na rámovou konstrukci jsou položeny dvě překližkové desky o tloušťce 21 mm, které jsou k rámu uchyceny šrouby se zapuštěnou hlavou DIN 7991 A M8x35.

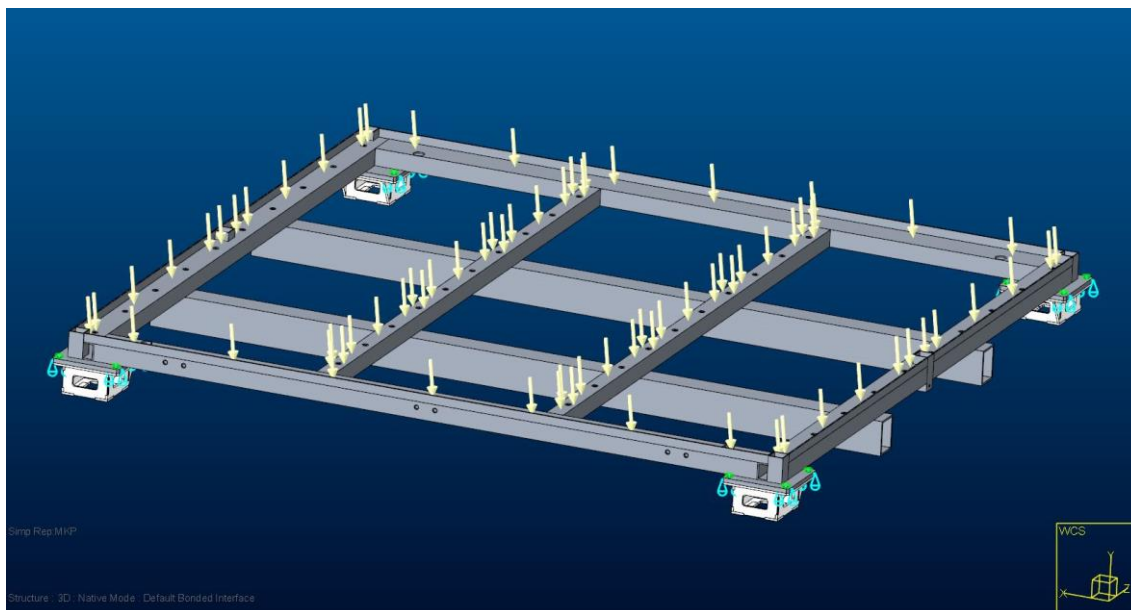
Tuto sestavu reprezentuje následující obrázek 5.28 a podrobná technická dokumentace, která je přílohou této diplomové práce.



Obrázek 5.28: Sestava výměnné valníkové nástavby

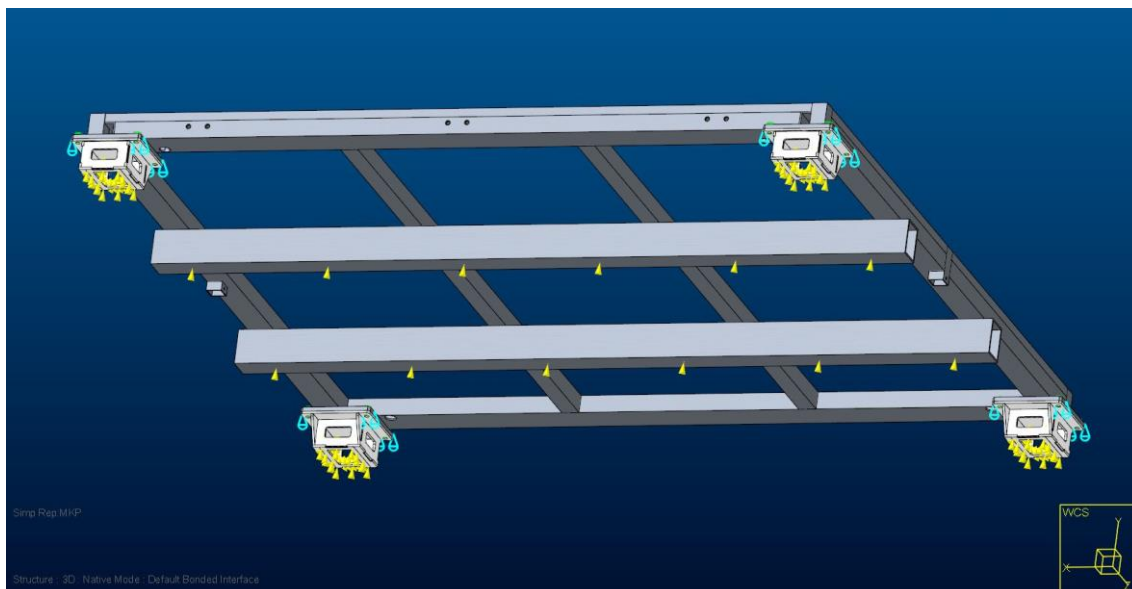
4.3.1.3 Pevnostní ověření rámu podlahy výměnné valníkové nástavby

Zatížení podlahy valníkové nástavby od nákladu je řešeno jako spojitě zatížení na celou plochu této podlahy. Velikost a smysl zatížení je shodný jako v předešlých případech. Místy působení zatížení jsou stykové plochy rámové konstrukce a dřevěných desek podlahy (viz obrázek 5.29).



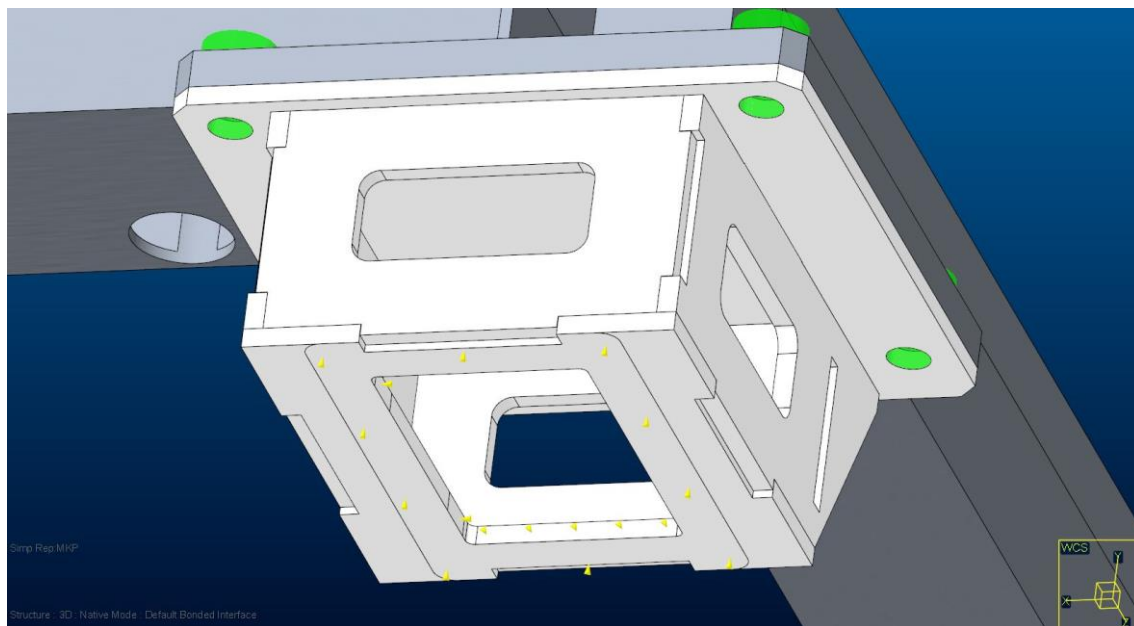
Obrázek 5.29: Sestava výměnné valníkové nástavby

Rám valníku je upevněn na rámové konstrukci podstavy, hlavní podélné profily obou ráků na sebe dosednou a tím vytvoří vazbu ve směru kolmém k vozovce. Tyto vazby jsou patrné z obrázku 5.30.



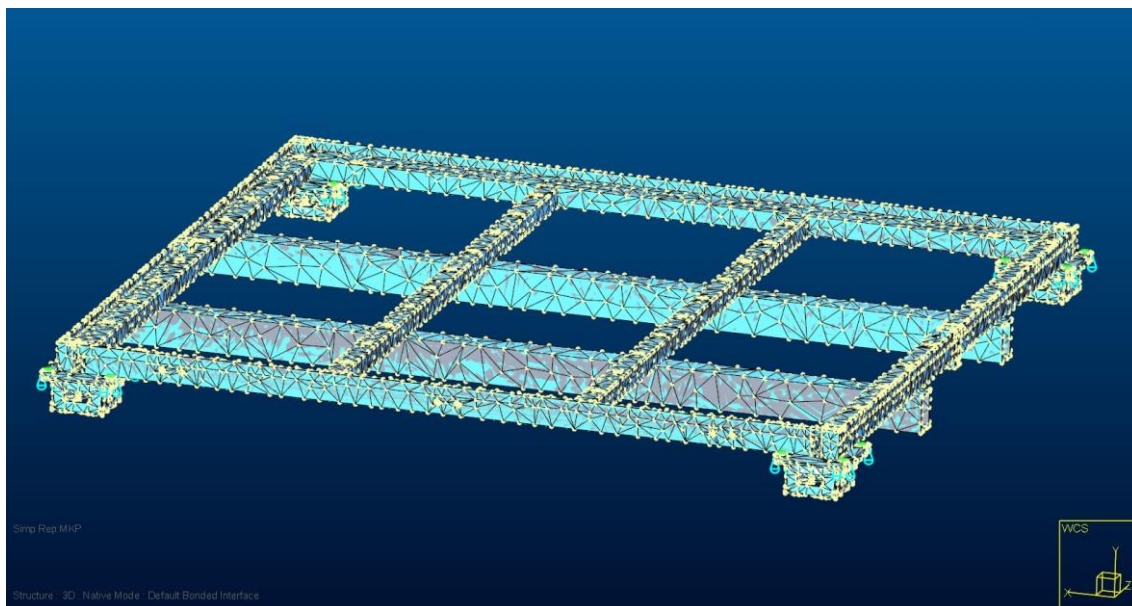
Obrázek 5.30: Vazby rámu výměnné valníkové nástavby

A na obrázku 5.31 je detail vazeb vzniklých na domcích otočných zámků. Tam je ve směru kolmém na vozovku vazba od dosedací plochy otočného zámku. Ve směru vodorovném ve směru jízdy, při stoupání nebo klesání, se domek opře o plochu otočného zámku a stejný případ nastane i ve směru vodorovném k vozovce a kolmém ke směru jízdy v případě bočního náklonu vozidla.



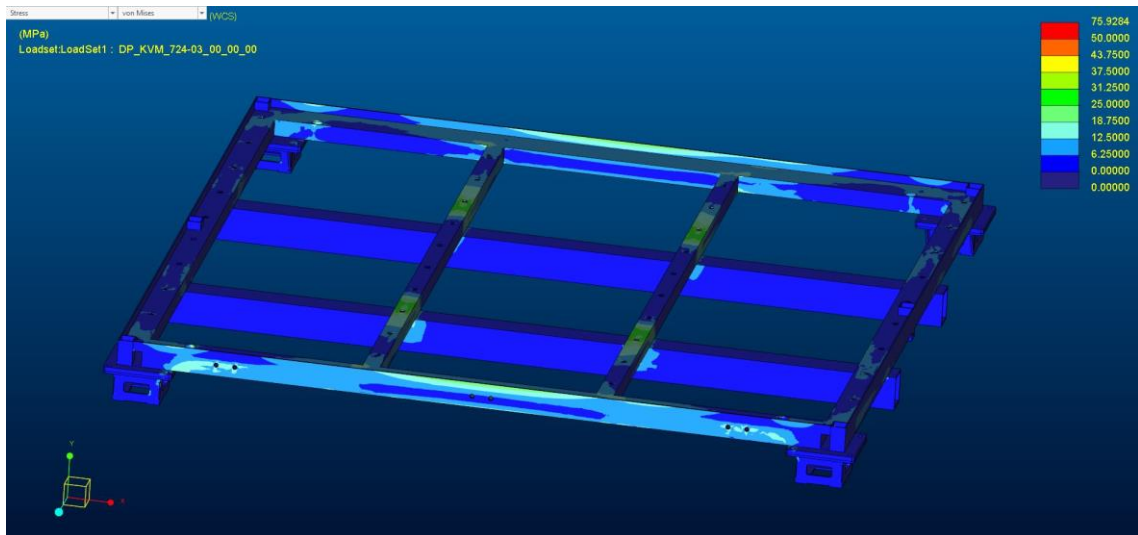
Obrázek 5.31: Detail okrajových podmínek

Po definování zatížení a zavazbení počítaného rámu je potřeba provést vysítování (tzv. „mesh“), kterou vidíme na obrázku 5.32.



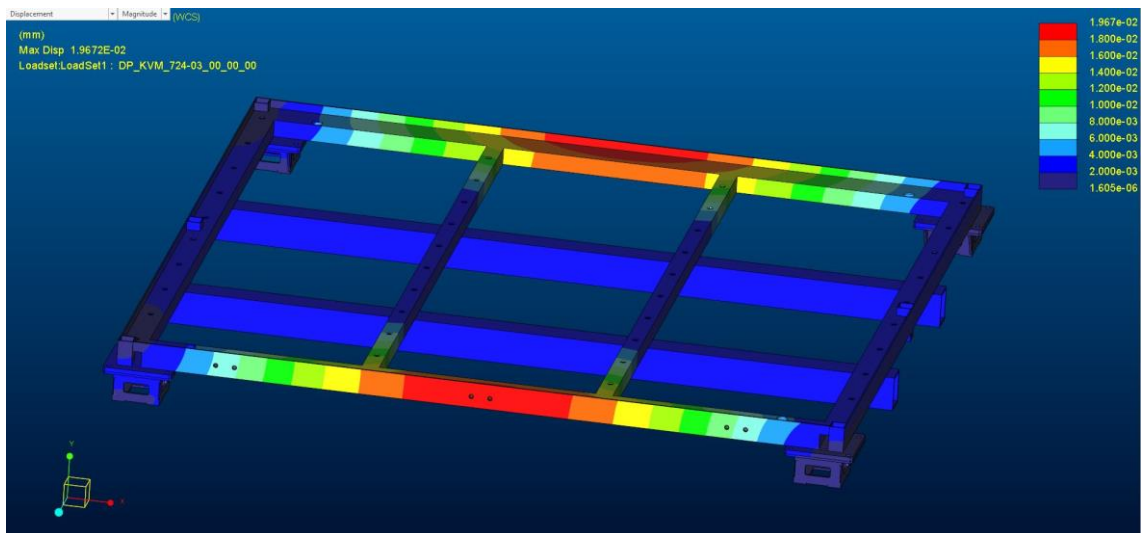
Obrázek 5.32: Vysítování rámu

Pro výpočet napjatostí soustavy je stejně jako v předešlých případech aplikována hypotéza HMM. Z výsledků výpočtu plyne, že nejvíce namáhaným místem je střed rámové konstrukce v okolí děr pro nýtovací matice. Jmenovitě maximum napětí je 75.9 MPa. Po montáži podlahových desek, bude toto napětí vycházet příznivěji. Výsledek napětí v rámové konstrukci vidíme na obrázku 5.33.



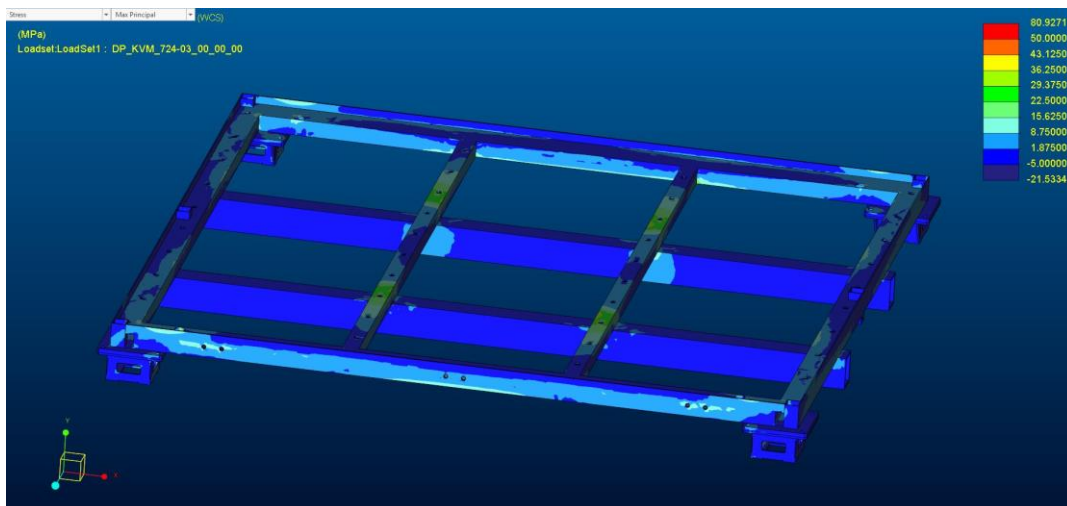
Obrázek 5.33: Výsledné napětí rámové konstrukce

Průhyb je dle očekávání nejvyšší ve středu konstrukce v místech podélníků podlahy. Jeho maximální hodnota činí 0,02 mm jak je patrné z obrázku 5.34.

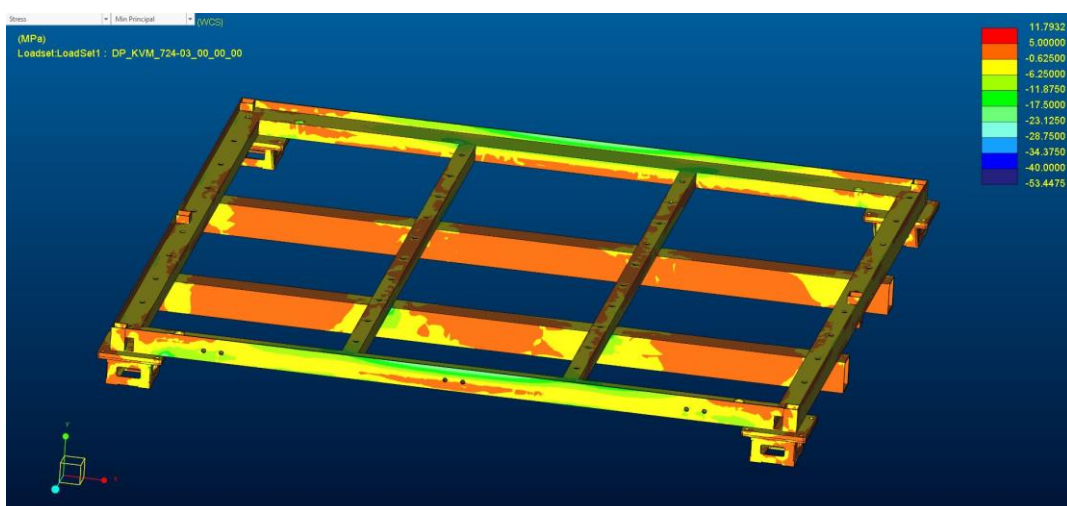


Obrázek 5.34: Průhyb rámové konstrukce

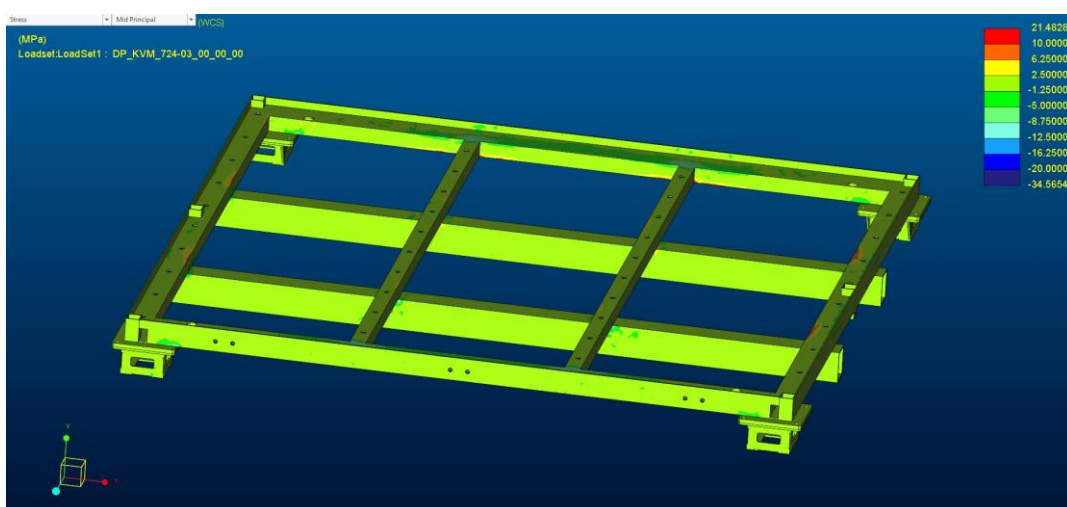
Pro porovnání, stejně jako v předchozích výpočtových případech, přikládám výsledky v hlavních směrech napětí, viz obrázky 5.35, 5.36 a 5.37.



Obrázek 5.35: Napětí v tahu



Obrázek 5.36: Napětí v tlaku



Obrázek 5.37: Napětí ve smyku

4.3.2 Pevná stěna valníkové výměnné nástavby

Tato stěna je nasunuta do rámové konstrukce podlahové části valníkové nástavby a přichycena k ní jak je popsáno na začátku kapitoly 5.3 **Výměnná valníková nástavba**.

Pevná stěna je umístěna vepředu a vzadu celé nástavby a je pro obě místa shodná.

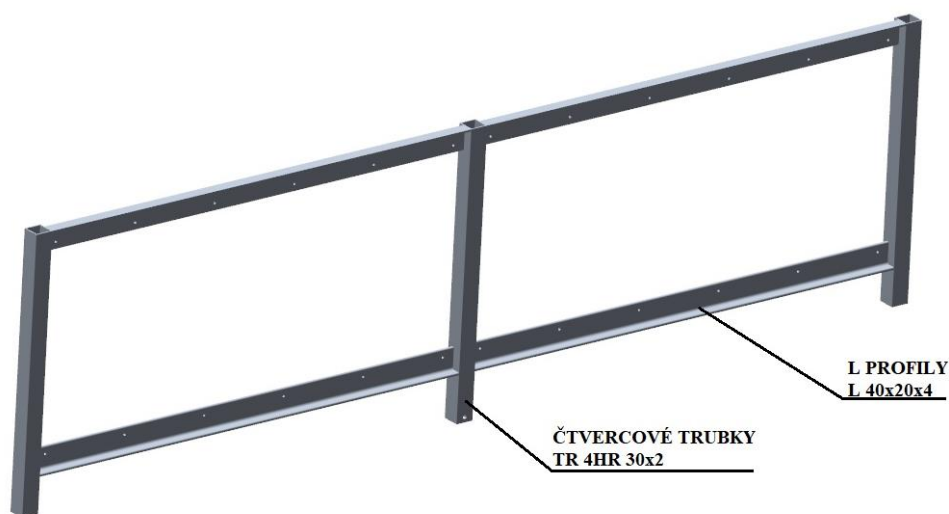
Výška stěny po montáži činí 400 mm.

4.3.2.1 Konstrukce rámu pevné stěny

Rám konstrukce je jednoduchý svařenec tvořený postranními čtvercovými trubkami z polotovaru TR 4HR 30x2 a delší středovou čtvercovou trubkou o stejném polotovaru. Ke čtvercovým trubkám jsou přivařeny tyče profilu L a rozměru L 40x20x4.

L profily slouží k upevnění dřevěných výplní rámové konstrukce a jsou tak vhodně obrobena vyvrtanými dírami pro nýty.

Svařenec rámu stěny ukazuje obrátek 5.38.



Obrázek 5.38: Rám pevné stěny valníkové nástavby

4.3.2.2 Sestava pevné stěny

Do rámové konstrukce jsou vloženy překližkové desky o tloušťce 15 mm vyrobené z topolového dřeva a tvořící tak pevnou stěnu. Tyto desky jsou k rámu upevněny trhacími nýty DIN 7337 o rozměru 25x4 a materiálu Al/St. Na straně překližkové desky je pod hlavu nýtu umístěna velkoplošná podložka DIN 9021 4,3.

Na stěnu je také přišroubován šrouby ISO 7380 M5x40 a pojištěn samojistící maticí DIN 982 M5 mechanismus závěru bočnice s pojistkou BV 10-1 od firmy WINTERHOFF GmbH (viz obrázek 5.39).

Otevřené konce čtyřhranných tyčí jsou zaslepeny plastovými záslepkami do profilu Z30 dodávané firmou ZABI CZECH s.r.o. (viz obrázek 5.40).

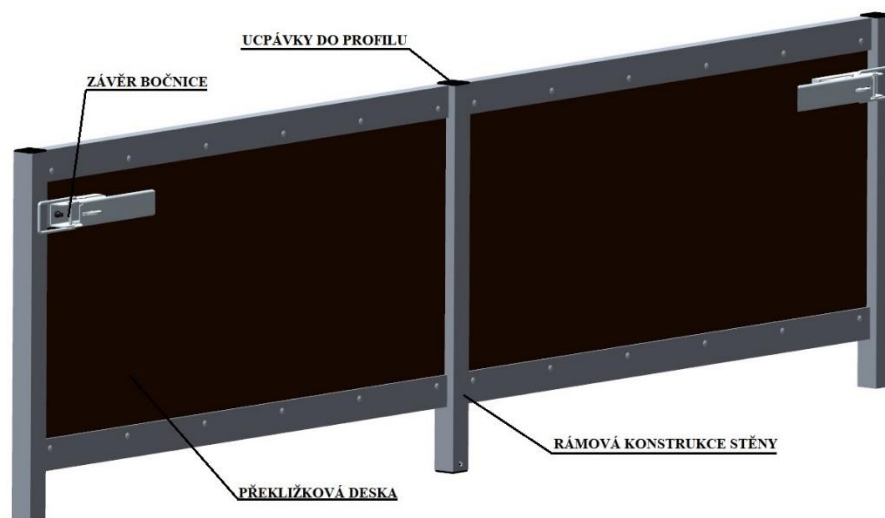


Obrázek 5.39: Závěr bočnice BV 10-1 [14]



Obrázek 5.40: Záslepka do profilu Z30 [15]

Celková vizualizace pevné stěny výměnné valníkové nástavby je zobrazena na obrázku 5.41.



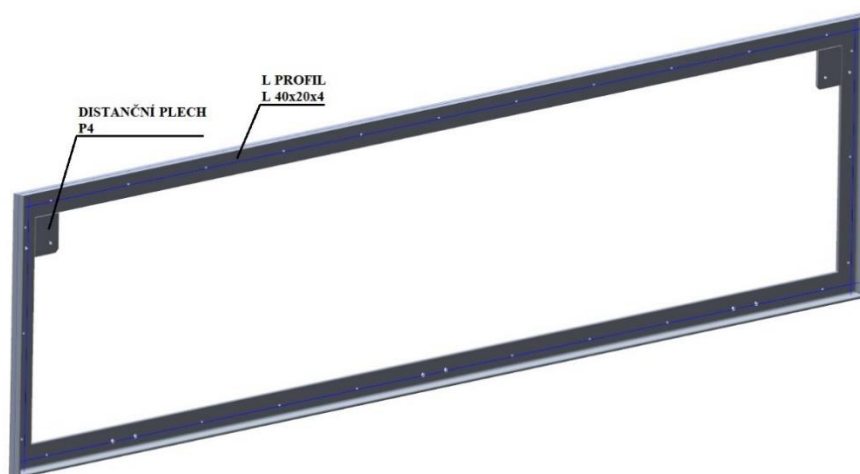
Obrázek 5.41: Pevná stěna valníkové nástavby

4.3.3 Otevíratelná bočnice výměnné valníkové nástavby

Bočnice je postranní odklopná stěna valníkové nástavby a jak již bylo zmíněno v kapitole 5.3 Výměnná valníková nástavba, jsou bočnice uchyceny k rámu podlahy pomocí závěsů.

4.3.3.1 Konstrukce rámu bočnice

Rámová konstrukce je tvořena dvěma podélnými a dvěma příčnými tyčemi o profilu L a polotovaru L 40x20x4. K horním rohům jsou ještě přivařeny hliníkové plechy o tloušťce 4 mm, sloužící pro upevnění protikusu závěru bočnice (viz obrázek 5.42).



Obrázek 5.42: Rám bočnice

4.3.3.2 Sestava bočnice

Bočnici tvoří již popisovaný rám, do kterého je vložena překližka o tloušťce 15 mm z topolového dřeva. Deska je k rámu přinýtována trhacími nýty DIN 7337 o rozměru 25x4 a materiálu Al/St. Na straně překližkové desky je pod hlavu nýtu umístěna velkoplošná podložka DIN 9021 4,3.

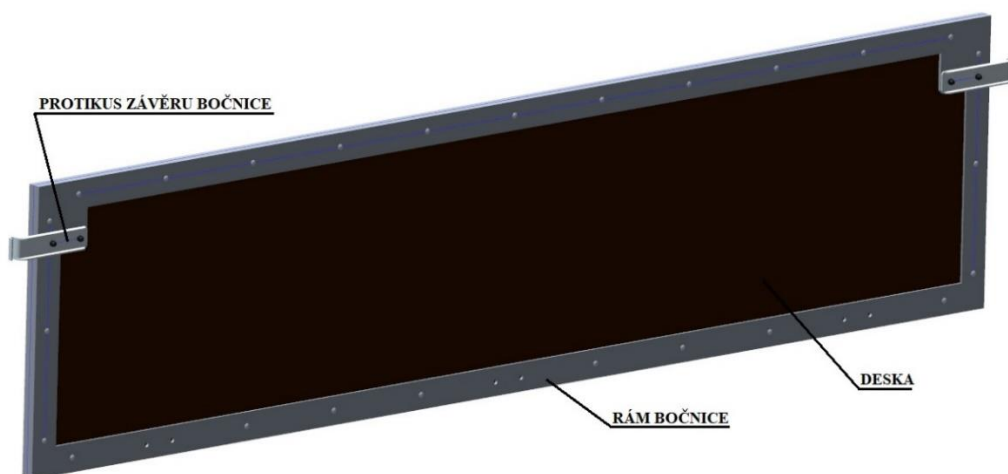
Dále je k bočnici přišroubován pomocí šroubů se zakulacenou hlavou ISO 7380 M5x30 a matice DIN 982 M5

protikus závěru bočnice BVG 10-A od firmy WINTERHOFF GmbH, který zároveň slouží jako pevný doraz bočnice. Ten vidíme na obrázku 5.42.

Na obrázku 5.43 vidíme vizualizaci kompletní bočnice valníkové nástavby.



Obrázek 5.42: Protikus závěru bočnice BVG 10-A [16]



Obrázek 5.43: Sestava bočnice

5 Návrh univerzálního uchycovacího systému nástavby

Univerzální uchycovací systém nástavby je tvořen třemi hlavními částmi. Jsou to držák otočného zámku, otočný zámek a domek otočného zámku.

Univerzálnost tohoto systému spočívá v tom, že je možné uchycovací systém připevnit na jakoukoliv výměnnou nástavbu.

5.1 Sestava univerzálního uchycovacího systému

Držáky otočných zámků jsou přišroubovány k bočním patkám centrální nosné podstavy, jak jsem již psal v kapitole **5.1.3 Sestava centrální nosné podstavy**.

Na tento držák je usazen otočný zámek, který je s držákem sešroubován šrouby DIN 933 M8x20 zajištěný pojistnými podložkami DIN 127 B 8,1 a podložkami DIN 125 A 8,4.

Tyto dvě části, tedy držák otočného zámku a samotný otočný zámek tvoří neodnímatelnou část uchycovacího systému, která je součástí vozidla.

Druhá část a to část z vozu odnímatelná, je utvořena domkem otočného zámku, který je pevně spojen s výměnnou nástavbovou částí. Upevnění domku otočného zámku jsem popsal v kapitole **5.3 Výměnná valníková nástavba**.

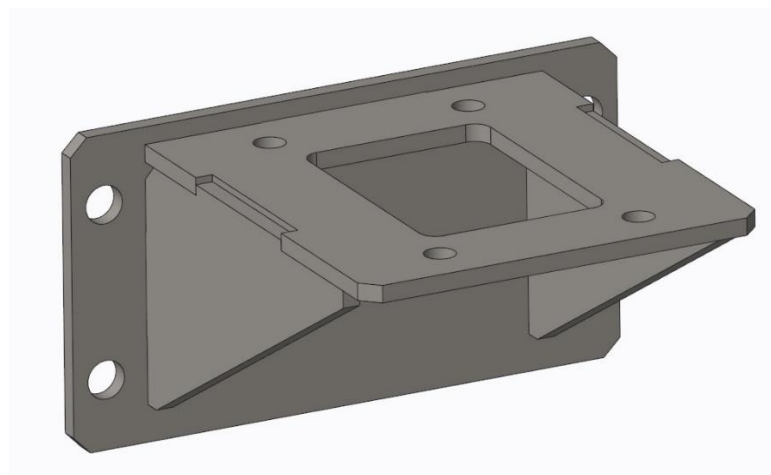
5.1.1 Držák otočného zámku

Držák otočného zámku je navržen jako svařenec ocelových plechů materiálu S355J2C+N (ČSN 11 523) o tloušťce 5 mm. Každý díl svařence je opatřen tzv. zámečky, které zapadají do protikusů, a tím je jasně definovaná poloha každého dílu této sestavy. Každý díl je vyroben laserovým vypalováním.

Po svaření je doporučeno tento svařenec žíhat ke snížení pnutí.

Po očištění je celá sestava opatřena povrchovou úpravou práškovým lakováním, tzv. komaxit. Barva laku je zvolena RAL 9005 (černá lesklá).

Svařenec vidíme na obrázku 6.1.



Obrázek 6.1: Držák otočného zámku

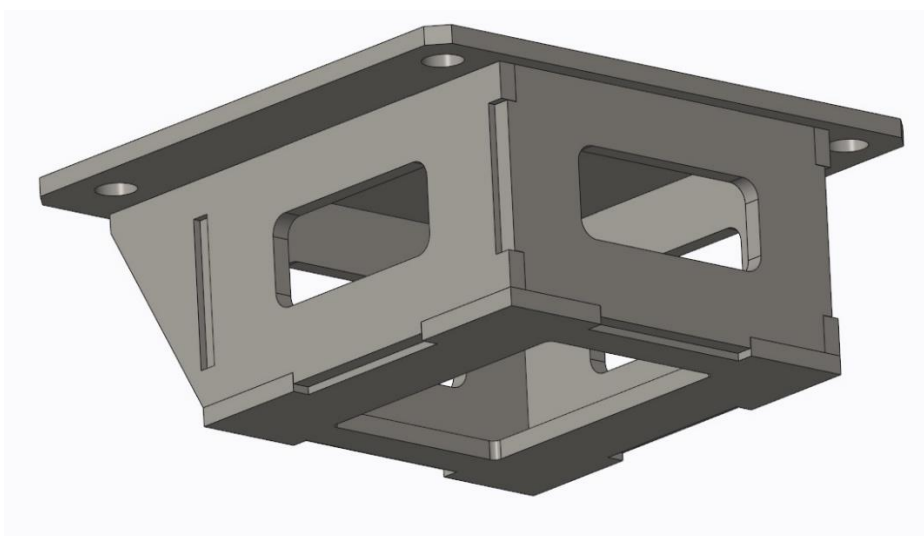
5.1.2 Domek otočného zámku

Domek otočného zámku je podobně jako držák otočného zámku vyhotoven jako svařenec. I zde je použito zámků v každém dílu a jednotlivé díly vyrobené taktéž laserovým vypalováním mají stejný polotovar plech o tloušťce 5 mm a materiálu S355J2C+N (ČSN 11 523).

Po svaření je doporučeno tento svařenec žíhat ke snížení pnutí.

Po očištění je celá sestava opatřena povrchovou úpravou práškovým lakováním, tzv. komaxit. Barva laku je zvolena RAL 9005 (černá lesklá).

Svařenec zobrazuje obrázek 6.2.



Obrázek 6.2: Domek otočného zámku

5.1.3 Otočný zámek

Otočný zámek se skládá z několika do sebe vložených součástí. Všechny díly jsou vyrobeny z materiálu S235RJ (ČSN 11 375). Základní částí je podložka, vyrobená frézováním, která má uprostřed přesnou díru pro pohyb šroubu zámku. Na spodní dosedací ploše je podložka opatřena čtveřicí děr se závity pro uchycení otočného zámku k držáku otočného zámku. Uvnitř spodní části je vyfrézován kužel, sloužící pro opření a dotažení matice. Na horní dosedací ploše jsou dva výstupky se sražením sloužící jako drážka zámku.

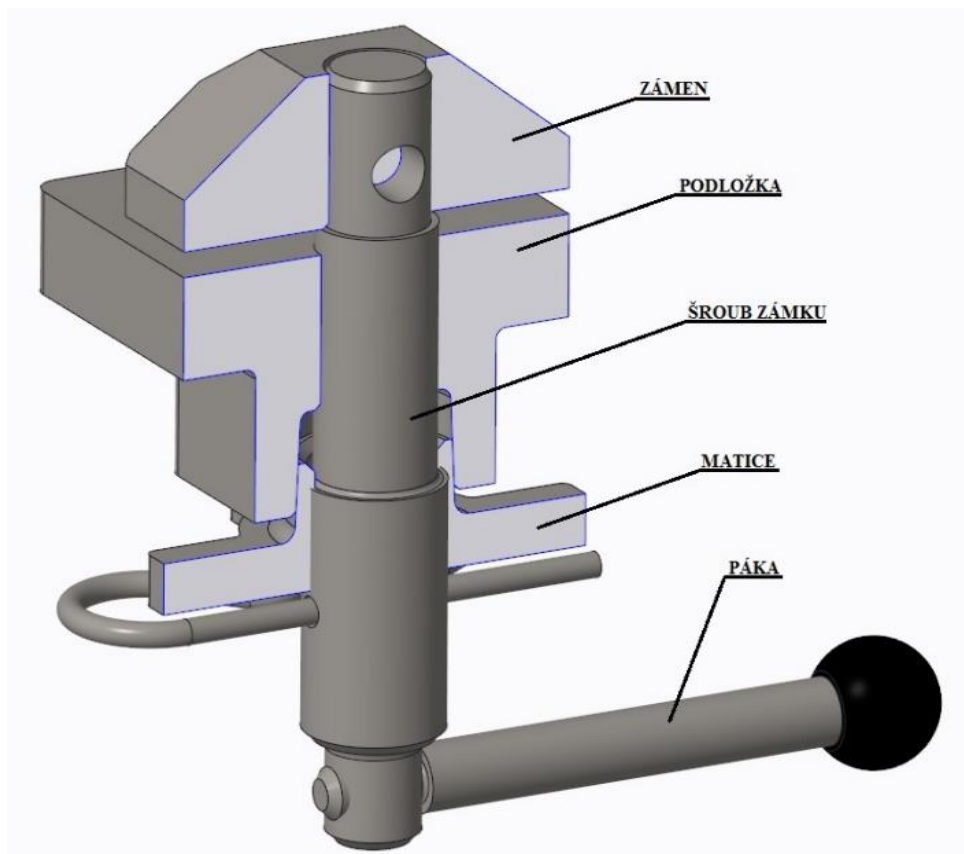
Jak již bylo zmíněno, skrz podložku je prostrčen šroub zámku, což je manipulační hřídelka se závitem. Ta je ve své horní části lícována se zámkem a se samotným zámkem pak sešroubována šroubem DIN 912 M10x40 12.9. Ve středové části je hřídel uzpůsobena, při zamykání nebo odemykání zámku, pro pohyb v podložce. Ve spodní části hřídele je vyříznut závit pro upevňovací matici a díra pro pojistnou závlačku DIN11024 $\varnothing 6$ po utažení matice. Na úplném konci šroubu zámku je vyvrtána díra se závitem pro zašroubování manipulační páky.

Samotný zámek je vyfrézovaná přesná kostka se sražením, zapadající do drážky v podložce a uchycena ke šroubu zámku, jak jsem popsal v předchozím odstavci.

Matice zámku slouží k upevnění zámku v zamknuté poloze a je osazena kuzelem, který se opře o vyfrézovanou kuželovou plochu podložky. V matici je samozřejmě vyříznut závit.

Poslední částí je manipulační páka, která je na obou koncích opatřena závity. Jeden konec se zašroubuje do šroubu zámku a na druhý konec se našroubuje plastová koule KBB 28/M8.

Vizualizace otočného zámku je pro lepší představu na obrázku 6.3 zobrazena v částečném řezu.



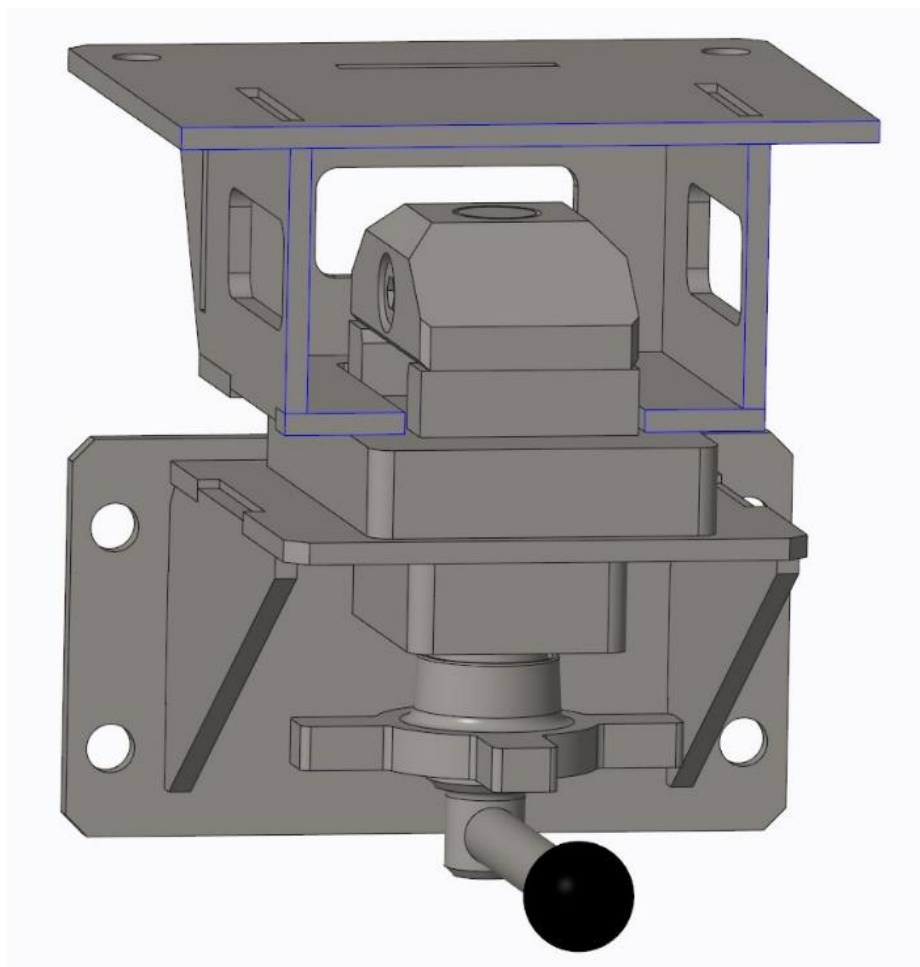
Obrázek 6.3: Otočný zámek

5.2 Popis funkce otočného zámku

5.2.1 Otočný zámek otevřený

Zámek leží na drážce a tvoří tak kužel pro nasunutí domku otočného zámku. Matice zámku je povolena a pojistná závlačka odstraněná.

Otočný zámek v otevřeném stavu je v částečném řezu znázorněn na obrázku 6.4.



Obrázek 6.4: Otočný zámek - otevřený stav

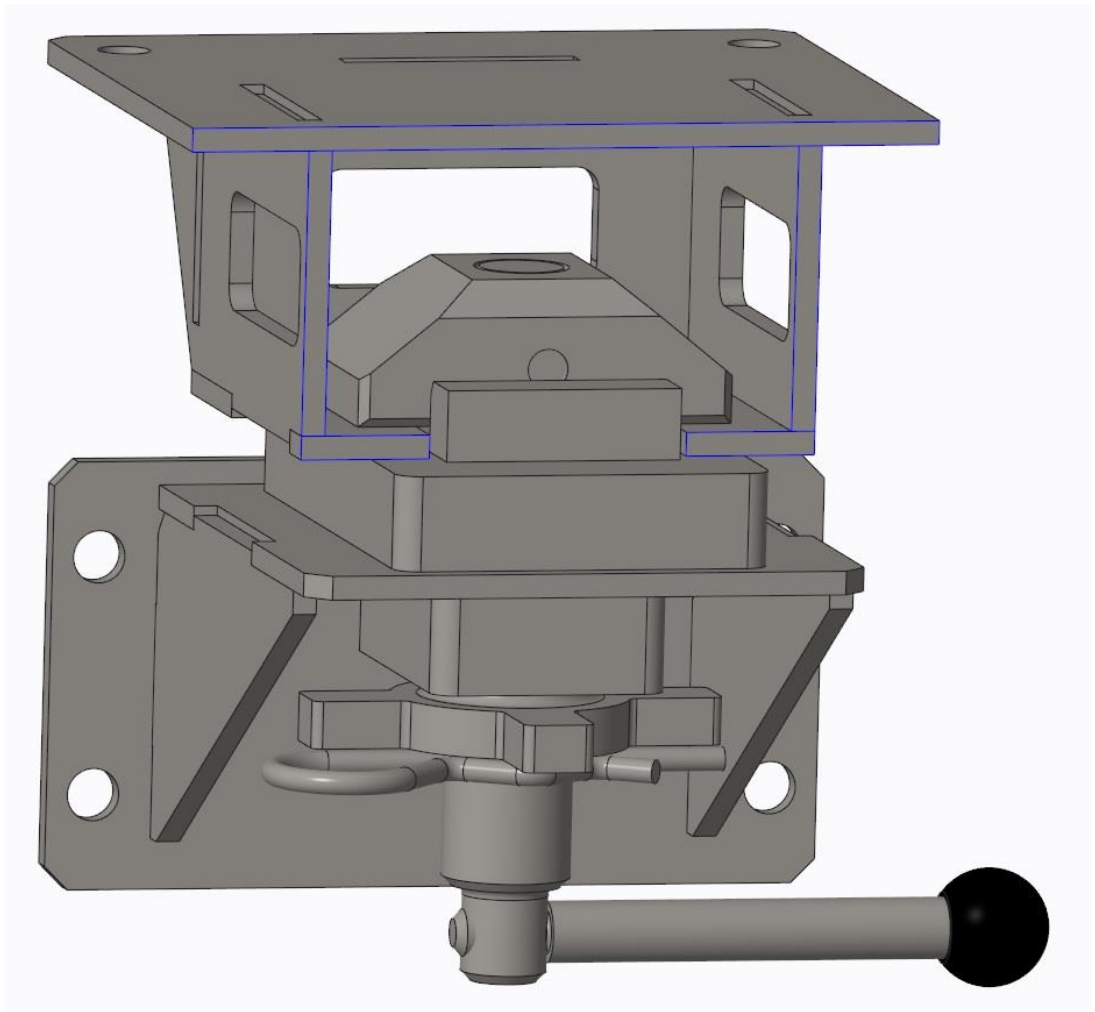
5.2.2 Otočný zámek uzamčený

Po dosednutí výměnné nastavby, respektive domku otočného zámku na dosedací plochu samotného zámku, je zámek uzamčen a tím je výměnná nastavba zajištěna proti pohybu.

Uzamčení samotné probíhá tak, že obsluha automobilu pomocí manipulační páky otočí zámek o 90° a ten zapadne do drážky v podložce. Poté se utáhne matice zámku a zajistí se pojistná závlačka.

V případě potřeby výměny nastavby se odemčení provede stejným způsobem. Odjistí se závlačka, vyšroubuje matice zámku a manipulační pákou se zámek nadzvedne a položí na výstupky drážky podložky.

Otočný zámek v uzamčené poloze v částečném řezu je na obrázku 6.5



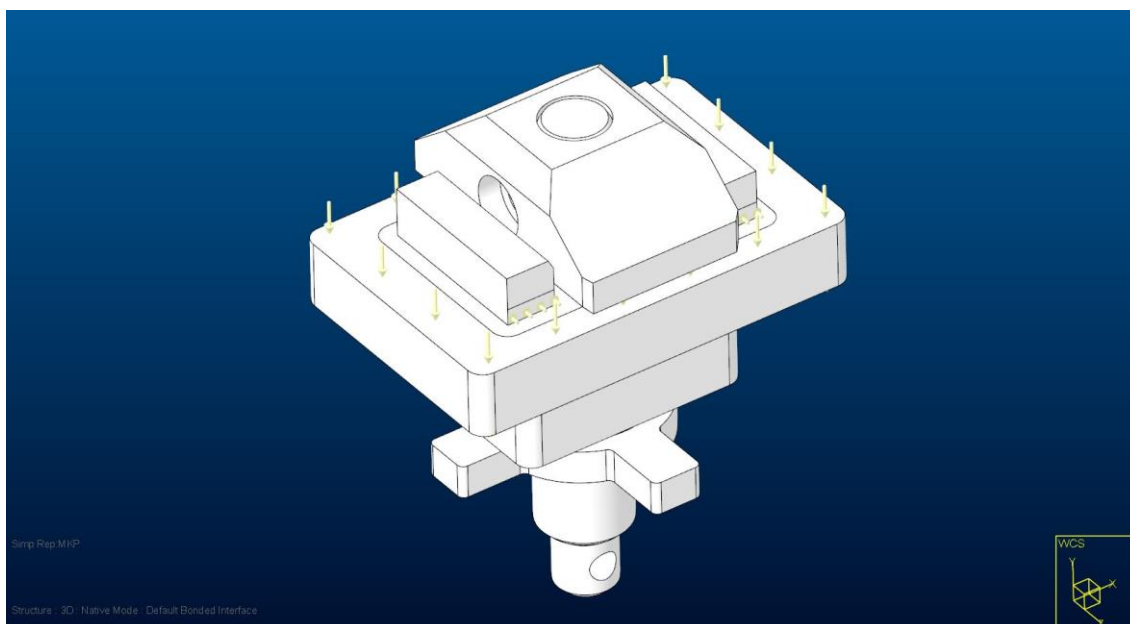
Obrázek 6.5: Otočný zámek – uzamčený stav

5.3 Pevnostní ověření otočného zámku

Otočný zámek je zatížen uvažovaným zatížením, které je $\frac{1}{4}$ zatížení nástavby, jelikož zámky jsou na vozidle čtyři. Skutečné zatížení bude ještě nižší, protože se podstatná část tíhy nástavby a nákladu rozdělí na nosné profily.

Působišťem zatížení otočného zámku bude část podložky, na kterou dosedá domek otočného zámku připevněný k výměnné nástavbě. Při jízdě do kopce se okraj otvoru domku opře o drážky podložky otočného zámku a tím jí také zatíží. To samé se stane při bočním náklonu vozidla.

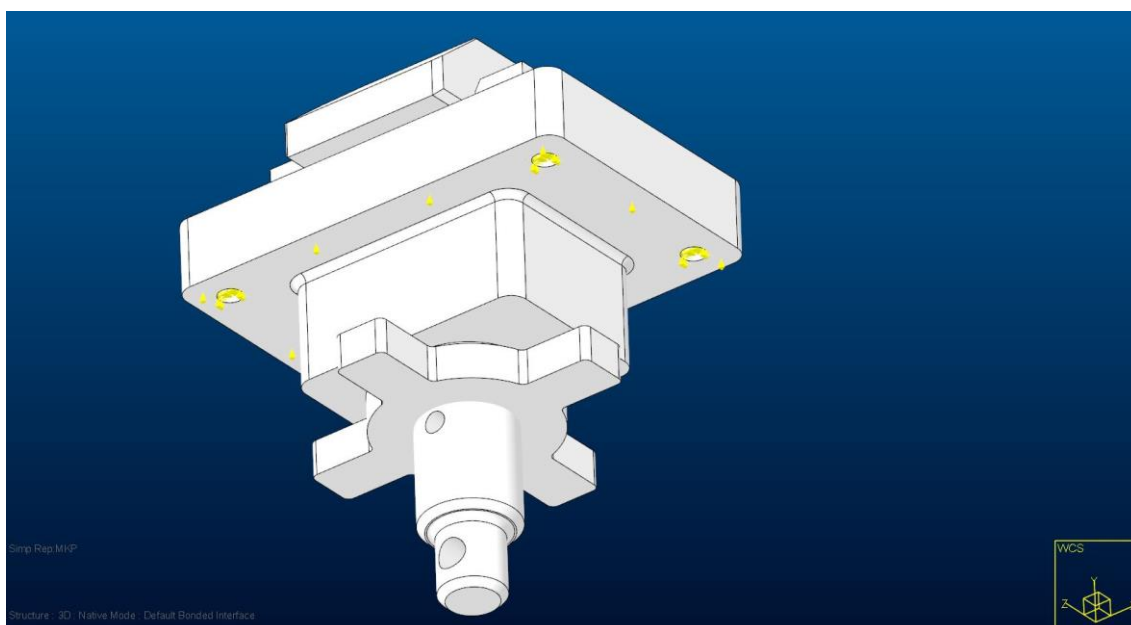
Zatížení otočného zámku je ukázáno na obrázku 6.6.



Obrázek 6.6: Zatížení otočného zámku

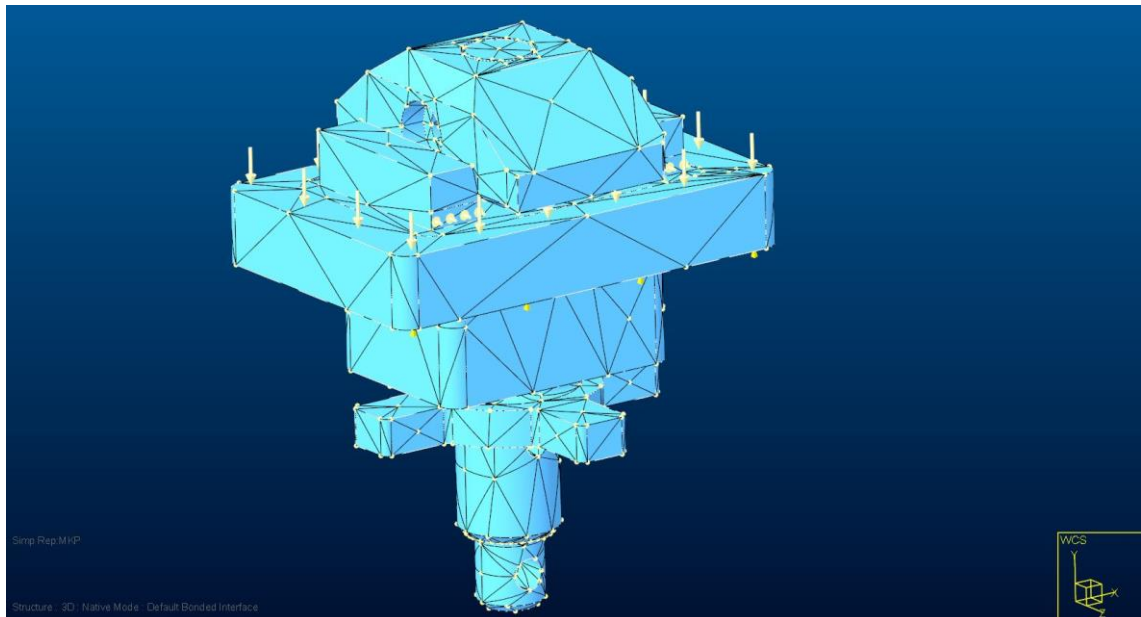
Vazby tvořící okrajové podmínky vychází z upevnění otočného zámku k držáku otočného zámku. Ten je na držák položen, tudíž ve stykových plochách zámku a držáku je vazba ve směru vertikálním. Podložka zámku je k držáku přišroubovaná, takže v upevňovacích bodech jsou pevné vazby ve všech směrech pohybu.

Okrajové podmínky pro výpočet otočného zámku jsou vidět na obrázku 6.7.



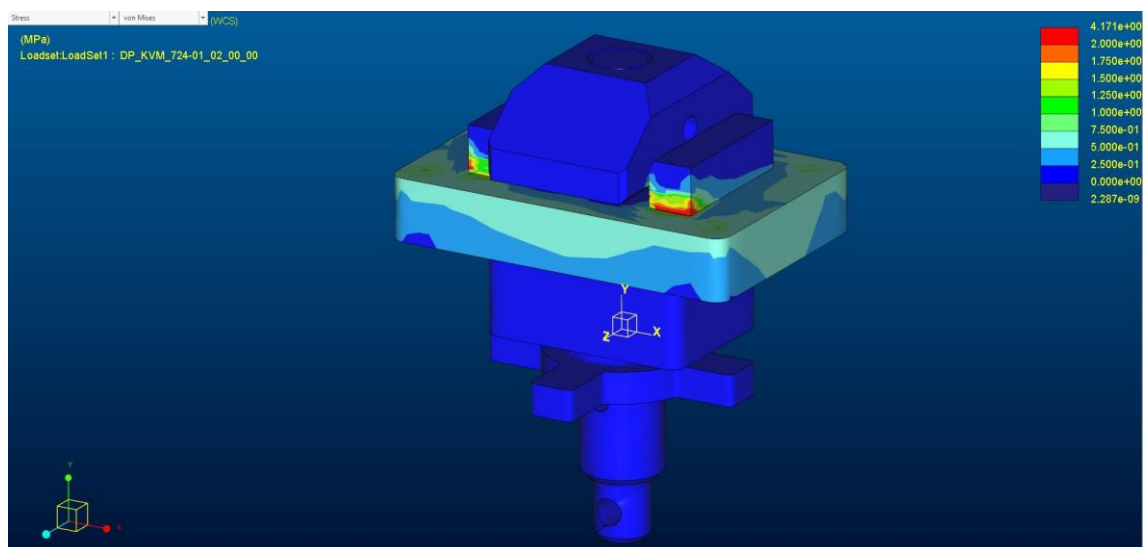
Obrázek 6.7: Okrajové podmínky

Následně je pro přípravu výpočtu potřeba provést vysíťování („mesh“) celé počítané sestavy. Toto převedení soustavy na jednoduchá prostorová tělesa vidíme na obrázku 6.8.



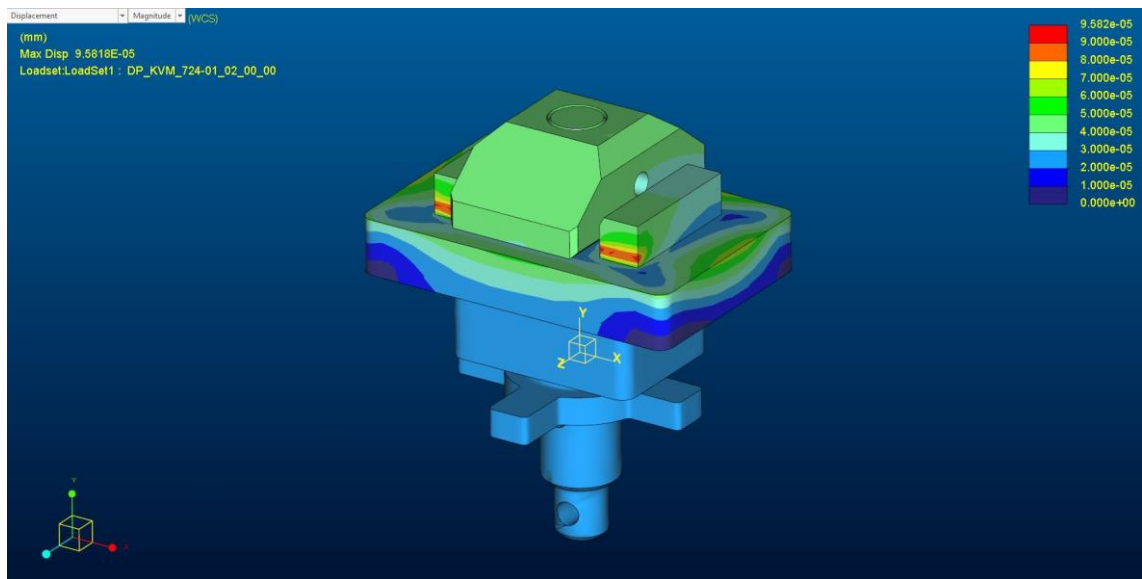
Obrázek 6.8: Síť otočného zámku

Výsledek výpočtu napjatosti vidíme na obrázku 6.9, ze kterého je patrné, že nejvíce namáhaná jsou místa styku podložky a domku otočného zámku místa styku podložky s domkem otočného zámku, který přenáší zatížení od nástavby. Maximum zatížení je přesto velmi nízké a to 4,2 MPa.



Obrázek 6.9: Napjatost sestavy otočného zámku

Deformace sestavy otočného zámku není skoro patrná a je zanedbatelná. Její výsledek vidíme na obrázku 6.10.



Obrázek 6.10: Deformace

6 Možnosti využití pracovního autonomního vozidla

Díky univerzálnímu uchycovacímu systému je možné velmi snadno a rychle změnit výměnnou nástavbu vozidla. Vozidlo tak můžeme využívat dle momentální potřeby a nástavby libovolně měnit. Například různé sezonní práce tak zvládne jediné vozidlo, což snižuje náklady a zvyšuje produktivitu autonomního vozidla.

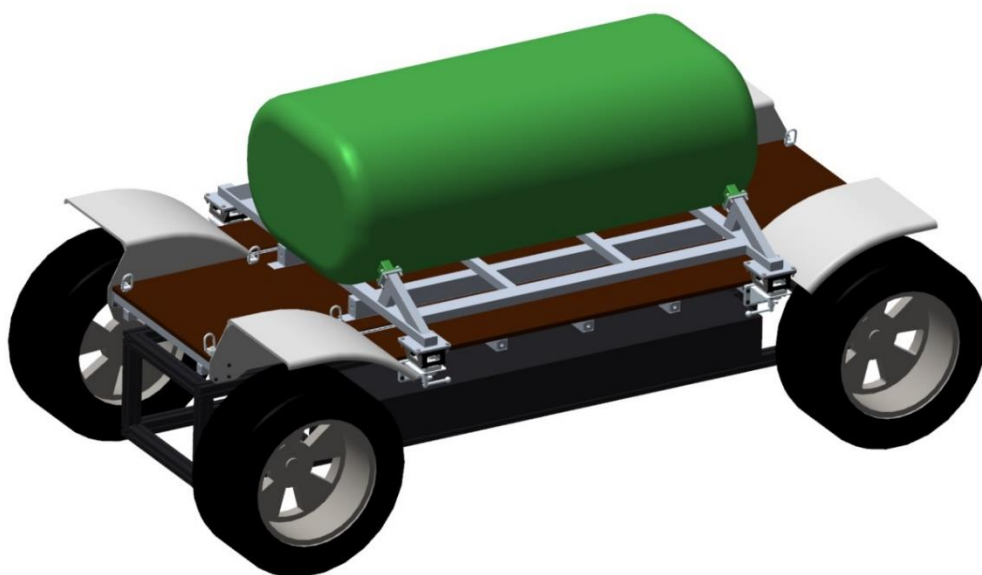
Některé možnosti využití vozidla nastíním na následujících obrázcích.

Na obrázku 7.1 je už výše popisované vozidlo s valníkovou nástavbou. Tato nástavba má všestranné využití v komunální technice, při přepravě materiálu, v zemědělství a dalších mnoha odvětvích.



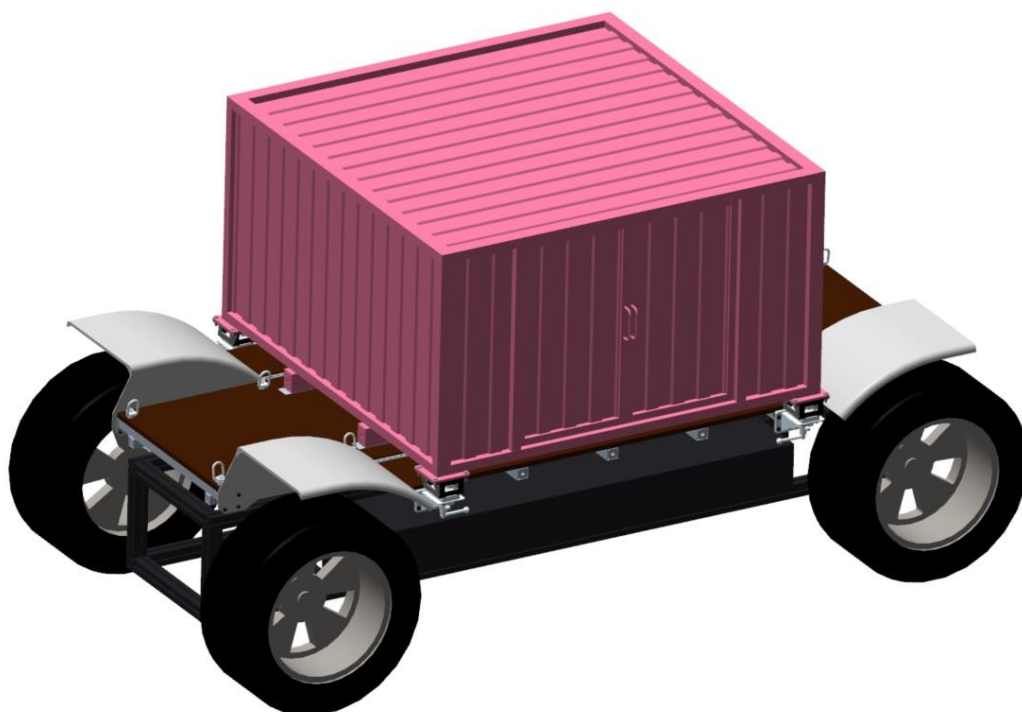
Obrázek 7.1: Valník

Na obrázku 7.2 je další typ možné výměnné nástavby a to sice cisterna. Ta sama není díky omezené nosnosti vozidla nikterak objemná, ale přesto by v kombinaci s autonomním vozidlem byla výborně využitelná v zemědělství a zejména v sadařství pro různé postřiky.



Obrázek 7.2: Cisterna

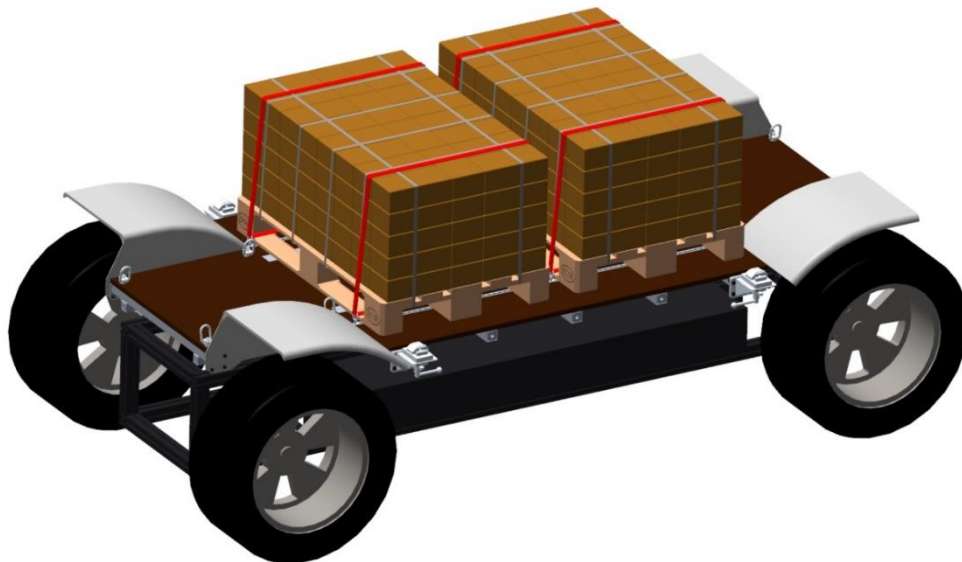
Poslední možností výměnné nástavby, kterou představím na vizualizaci obrázku 7.3, je nástavba kontejnerová. Ta nachází využití v přepravě jakéhokoliv nákladu. Její využití ve spojení s autonomním vozidlem vidím v záchranných složkách jako hasičský nebo zdravotnický kontejner pro přepravu záchranného materiálu.



Obrázek 7.3: Kontejner

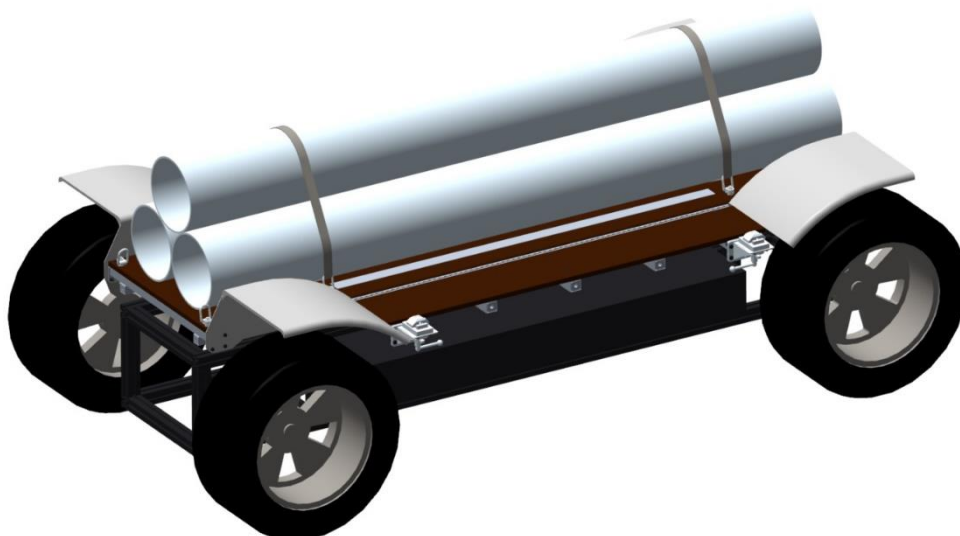
Jak jsem již dříve popisoval, vozidlo nemusí pracovat jen ve spojení s výměnnou nástavbou, ale je možné využít i ložní plochy samotné podstavy. K tomuto účelu jsou podstavy vybaveny kotvícími lištami s oky a samostatnými vázacími oky.

Na obrázku 7.4 vidíme možnost využití ve stavebnictví, kde se na centrální nosnou podstavu pohodlně vejdou dvě palety se stavebním materiálem. K uvázání materiálu jsou zde využity kotvící lišty s oky.



Obrázek 7.4: Převoz palet

Na poslední vizualizaci (obrázek 7.5) je další možnost využití vozidla bez nástavby. Tady je využito předních a zadních kotvících ok pro upevnění dlouhých nákladů.



Obrázek 7.5: Převoz dlouhých nákladů

7 Závěr

V dnešních dnech probíhá intenzivní vývoj na poli autonomních vozidel. Jejich využití se nebude omezovat jen na osobní dopravu, ale začnou se uplatňovat i jako pracovní a přepravní vozidla. Samoříditelná vozidla tak mohou již brzy změnit celý dnešní svět.

V této práci jsem vypracoval návrh konceptu vyměnitelné nástavby autonomního pracovního vozidla a univerzálního uchycovacího systému. Tento návrh jsem rozpracoval do konstrukčního řešení, podpořeného pevnostními výpočty.

Dále by se tento koncept mohl ubírat cestou co největší nezávislosti na obsluze. Již při hledání konceptu univerzálního uchycovacího systému, který je momentálně plně manuální, byl zohledněn předpoklad dalšího vývoje tohoto systému a možnost jednoduché úpravy na systém plně automatický s využitím elektromotorů a řídicích počítačových systémů. Univerzální uchycovací systém by bylo možné vybavit snímači detekujícími přítomnost výměnné nástavby a tím by bylo možno upravovat jízdní režim vozidla při různých jízdních stavech.

Prostor nad předním a zadním pohonem, který je v návrhu zakrytý nosnou podstavou, by bylo možné po jednoduché konstrukční úpravě, v případě potřeby, využít i pro uchycení bočních nástaveb, jako například radlice, naviják a jiné. Tím by vozidlo získalo další možnosti ve své využitelnosti.

Jak tato práce ukazuje, možností pro využití pracovního autonomního vozidla je nespočet a tento koncept má potenciál se dále rozvíjet a nacházet nová uplatnění svého využití.

Literatura

- [1] WIKIPEDIA. *Valník* [online]. [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Valník>
- [2] WIKIPEDIA. *Sklopěč* [online]. [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sklopěč>
- [3] WIKIPEDIA. *Skříňový automobil* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Skříňový_automobil
- [4] CHARVÁT CTS. *Výměnné nástavby* [online]. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.charvat-cts.cz/produkty/vymenne-systemy>
- [5] ROTHLEHNER pracovní plošiny. *Plošina E140TJV* [online]. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.rothlehner.cz/nstavba/plosina-e140tjv-podvozek-multicar-52t-snimatelna-nstavba/>
- [6] WIKIPEDIA. *Kontejner* [online]. [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Kontejner>
- [7] TATRA TRUCKS. *Tatra Force* [online]. [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <https://www.tatra.cz/nakladni-automobily/produktovy-katalog/force-t-815-7>
- [8] ALUNET. *Hliníkové profily* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <http://www.alunet.cz/ENAW-6060>
- [9] DŘEVOOBCHOD LIŠKA. *Protiskluzová překližka* [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <http://www.drevoobchod-liska.cz/120-prekližka>
- [10] ALU-SV CZ. *Lišta upevňovací Airline 3000mm* [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: https://www.alu-sv.com/cs/zbozi.ep/4000037_listy-upevnovaci/23000066_lista-upevn.-airline-rovna-3000mm/
- [11] ALU-SV CZ. *Prvek zajišťovací Airline 500kg* [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: https://www.alu-sv.com/cs/zbozi.ep/4000037_listy-upevnovaci/234_prvek-zajistovaci-airline-500kg/
- [12] RUD. *VLBG-PLUS Load ring, metric thread* [online]. [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <https://www.rud.com/en/products/sling-lashing-systems/sling-systems/lifting-points/detail/vlbg-plus-load-ring-metric-thread.html>

- [13] RÁJ PŘÍVĚSŮ. *Pant bočnic WW BSCH 30-3, nerozebíratelný* [online]. [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <https://www.rajprivesu.cz/Pant-bocnic-WW-BSCH-30-3-nerozebiratelny-d1596.htm>
- [14] VAPP. *Závěr bočnic – přezka BV 10-1 (bez protikusu, s pojistkou)* [online]. [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.vapp.cz/produkt/zaver-bocnic-prezka-bv-10-1-bez-protikusu-s-pojistkou>
- [15] ZABI CZECH s.r.o.. *Pojezdová, kladky a posuvné brány. Záslepka do profilu* [online]. [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: https://www.zabi.cz/zaslepka-30?gclid=EAIaIQobChMIpY_23PL04QIVCijTCh1z-A31EAQYASABEGLDqfD_BwE
- [16] VAPP. *Závěr bočnic – protikus BVG 10-A rovný* [online]. [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.vapp.cz/produkt/zaver-bocnic-protikus-bvg-10-a-rovny>
- [17] MOTORTEC. *Ducato Dvoukabina* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.motortec.cz/fiat-uzitkove/fiat-professional-ducato-dvoukabina/>
- [18] POŽÁRY.CZ. *Horská cisterna Unitrac/Rosenbauer* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/34646-horska-cisterna-unitrac-rosenbauer/>
- [19] INREKO PLOŠINY SERVIS. *Plošina PK14-7 na podvozků Balcancar ET20* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.inrekaplosinyservis.cz/plosina/pk14-7.html>
- [20] BAZOŠ.CZ. *Multicar M24* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://auto.bazos.cz/inzerat/103645723/Multicar-M24-25koupim-vraknebo-jen-doklady-bezstkdepozit.php>
- [21] AUTOPIAGGIO. *Maxxi - izo skříň* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://autopiaggio.cz/modely-2/uzitkova-vozidla-ctyrkolova/porter-maxxi/maxxi-izo-skrin/>
- [22] MARY AGRI. *Mini porteur 8x8* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <https://www.mary-agri.fr/mat%C3%A9riel-forestier/mini-porteur-8x8/>
- [23] AGAMA a.s.. *Točnicové přívěsy* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <https://www.agama-as.cz/Tocnicove-privesy>
- [24] AUTOSAS. *Kontejnery pro Multicar* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <http://www.autosas.cz/cs/kontejnery>

- [25] MINISTERSTVO OBRANY. *Armáda dodala nepotřebnou municí Iráku* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <http://www.mocr.army.cz/informacni-servis/zpravodajstvi/armada-darovala-nepotrebnou-munici-iraku--120517/>
- [26] HOBBY STATION. *Tamiya 1/14 40ft 3-Axle Maersk Container Semi-Trailer* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <https://hobbystation.co.nz/tamiya-40ft-3-axle-maersk-container-semi-trailer-for-tamiya-1-14-r-c-tractor-truck-56326/>
- [27] MULTICARMORAVA. *Multicar vodní cisterna* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <https://www.multicarmorava.cz/prodej/nastavby-na-vozidla-multicar/multicar-vodni-cisterna/>
- [28] BREEZCAR. *Goupil G5* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: https://www.breezcar.com/vehicule/goupil_g5-plateau
- [29] MULTICARMORAVA. *MULTICAR M27 Euro V* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <https://www.multicarmorava.cz/prodej/vozidla-multicar-od-a-do-z/multicar-m27-euro-v/>
- [30] POLARIS-GOUPIL. *Goupil G4* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <https://polaris-goupil.cz/goupil-g4/>
- [31] KOBIT. *Užitkové vozidlo LADOG G129 N20* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <https://www.kobit.cz/produkty-uzitkove-vozidlo-ladog-g129-n20-detail-213>
- [32] UNCRACE. *Continental Bee concept vehicle* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <https://uncrate.com/continental-bee-concept-vehicle/>
- [33] AUTO.CZ. *Volvo CE testuje autonomní elektrické sklápěče v reálných podmínkách* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/volvo-ce-testuje-autonomni-elektricke-sklapece-v-realnych-podminkach-124721>
- [34] HICONSUMPTION. *Honda 3E-D18 Smart ATV* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <https://hiconsumption.com/2018/01/honda-3e-d18-smart-atv/>
- [35] HYBRID.CZ. *SURUS: vodíkový podvozek pro robotická nákladní auta* [online]. [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/surus-vodikovy-podvozek-pro-roboticka-nakladni-auta>

Přílohy

Příloha 1: Diplomová práce v elektronické podobě na CD

Příloha 2: Výkresová dokumentace

Příloha 1:

Obsah přiloženého CD:

- Diplomová práce v elektronické podobě ve formátu .pdf
- CAD Modely výměnných nástaveb a uchycovacího systému autonomního vozidla vytvářené v softwareu PTC Creo Parametric 4.0 M040
- Výkresová dokumentace ve formátu .pdf

Příloha 2:

<i>Název:</i>	<i>Číslo dokumentu:</i>
AUTONOMNÍ VOZIDLO TUL	dp_kvm_724-00_00_00_00
PLATFORMA	dp_kvm_724-01_00_00_00
RÁM	dp_kvm_724-01_01_00_00
OTOČNÝ ZÁMEK	dp_kvm_724-01_02_00_00
PODLOŽKA	dp_kvm_724-01_02_00_01
ZÁMEK	dp_kvm_724-01_02_00_02
ŠROUB ZÁMKU	dp_kvm_724-01_02_00_03
PÁKA	dp_kvm_724-01_02_00_04
MATICE	dp_kvm_724-01_02_00_05
UCHYCENÍ	dp_kvm_724-01_03_00_00
PLATFORMA MALÁ	dp_kvm_724-02_00_00_00
RÁM	dp_kvm_724-02_01_00_00
VALNÍK	dp_kvm_724-03_00_00_00
PODLAHA	dp_kvm_724-03_01_00_00
RÁM	dp_kvm_724-03_01_01_00
UCHYCENÍ NÁSTAVBY	dp_kvm_724-03_02_00_00
BOČNICE	dp_kvm_724-03_03_00_00
BOČNICE OTEVÍRACÍ	dp_kvm_724-03_04_00_00