

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Design průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Designová studie tramvajového vozu

Autor: **Jan MAŘÍK**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jiří STANĚK, CSc.**

Akademický rok 2011/2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan MAŘÍK**
Osobní číslo: **S11B0382P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Design průmyslové techniky**
Název tématu: **Designová studie tramvajového vozu**
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:

Provést přehled současného stavu a trendů ve vývoji tramvají. Vypracovat designovou studii tramvajového vozu s ohledem na ergonomii a samotné uspořádání. Při návrhu akceptovat legislativní požadavky pro tento druh vozidel. Návrh vlastní varianty řešení (možné varianty), vyhodnotit optimální variantu a zhotovit 3D virtuální model.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Historický vývoj
2. Rešerše současného stavu a výhled do budoucna
3. Legislativní požadavky na tramvajové vozy
4. Vypracování vlastní designové studie tramvajového vozu
5. Zhotovení 3D modelu
6. Zhodnocení a závěr práce

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

DOSTÁL, J., HELLER, P. Kolejová vozidla I. Plzeň: ZČU, 2010

HELLER, P., DOSTÁL, J. Kolejová vozidla II. Plzeň: ZČU, 2009

VLK, F. Stavba motorových vozidel. Brno: Nakladatelství VLK, 2003

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

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.**
Fakulta strojní
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Petr Heller, CSc.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




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

V Plzni dne 19. září 2011

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Mařík	Jméno Jan	
STUDIJNÍ OBOR	B 2341 „Design průmyslové techniky“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Staněk, CSc.	Jméno Jiří	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Designová studie tramvajového vozu		

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	70	TEXTOVÁ ČÁST	49	GRAFICKÁ ČÁST	21
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce je zaměřena na designový návrh tramvajového vozu. V práci jsou zohledněny základní technické a ergonomické požadavky kladené na tento druh vozidel, které mají vliv na finální podobu vozu. Cílem práce je moderní tramvajový vůz pro urbanistické prostředí.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Tramvaj, interiér, exteriér, design, 3D model, CATIA V5R19</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Mařík	Name Jan	
FIELD OF STUDY	B 2341 „Industrial design“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Staněk, CSc.	Name Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design study of tram vehicle		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2012
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	70	TEXT PART	49	GRAPHICAL PART	21
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis is focused on the design layout model of the tram vehicle. The thesis reflected the basic technical and ergonomic requirements for this type of vehicles, which have the influence on the final form of the vehicle. The aim result of this work is a modern tram vehicle for the urban environment.
KEY WORDS	Tram, interior, exterior, design, 3D model, CATIA V5R19

Obsah

1	Úvod	6
2	Historický vývoj tramvajových vozidel	7
3	Přehled současného stavu	10
3.1	Výhody a nevýhody současného stavu	10
3.2	Druhy modulů.....	11
3.3	Výhled do budoucna.....	13
4	Koncepce článkových nízkopodlažních tramvajových vozidel.....	14
5	Návrh exteriéru a interiéru.....	16
5.1	Exteriér	16
5.2	Interiér	18
6	Základní konstrukční požadavky pro návrh exteriéru a interiéru.....	19
6.1	Exteriér	19
6.1.1	Vnější a vnitřní rozměry	19
6.1.2	Skříň vozidla	19
6.1.3	Východy.....	20
6.2	Interiér	21
6.2.1	Přístup k provozním dveřím.....	21
6.2.2	Ulička	21
6.2.3	Sedadla pro cestující a prostor pro sedící cestující	22
6.3	Obrysy pro tramvajová vozidla	23
6.4	Výpočet vybočení vozidla v oblouku koleje	27
6.4.1	Výpočet vnějšího vybočení tramvajového vozu	27
6.4.2	Výpočet vnitřního vybočení tramvajového vozu.....	28
7	Popis základních částí tramvaje.....	29
7.1	Základní rozměry tramvajového vozu:.....	29
7.2	Podvozky	31
7.3	Výhled z vozidla.....	32
7.4	Zrcátka a kamerový systém	33
7.5	Vstupní dveře.....	34
7.6	Informační panely.....	36

7.7	Kabina řidiče.....	37
7.8	Uspořádání interiéru	38
7.8.1	Varianta č. 1 – Základní uspořádání	38
7.8.2	Varianta č. 2 – Informační panel.....	40
7.9	Tyče a madla.....	42
8	Technicko-ekonomické zhodnocení	43
9	Závěr.....	44
10	Použité zdroje.....	45

Seznam obrázků

Obr. 1-	Koňka - 1895 [11].....	7
Obr. 2 -	Presidents' Conference Committee Car [11].....	8
Obr. 3 -	Tatra RT6N1 [110]	9
Obr. 4 -	Možné kombinace modulů [9].....	12
Obr. 5 -	Nesprávná kombinace podvozků [10]	12
Obr. 6 -	Možné provedení modulů	13
Obr. 7 -	Variabilní změna šířky.....	13
Obr. 8 -	Varianta 1 [4].....	14
Obr. 9 -	Varianta 2 [4].....	14
Obr. 10 -	Varianta 3 [4].....	14
Obr. 11 -	Varianta 4 [4].....	15
Obr. 12 -	Varianta 5 [4].....	15
Obr. 13 -	Varianta 6 [4].....	15
Obr. 14 -	Varianta 7 [4].....	15
Obr. 15 -	Varianta 8 [4].....	15
Obr. 16 -	Varianta 9 [4].....	15
Obr. 17 -	Přístup k provozním dveřím	21
Obr. 18 -	Ulička.....	21
Obr. 20 -	Vzdálenost mezi sedadly	22
Obr. 19 -	Hloubka a výška sedáku	22
Obr. 21 -	Obrys vozidla v přímé koleji [18].....	24
Obr. 22 -	Obrys vozidla v oblouku koleje [18]	25
Obr. 23 -	Obrys vozidla při přechodu z přímé koleje do oblouku koleje [18].....	25
Obr. 24 -	Obrys tramvajového vozu.....	27
Obr. 25 -	Boční pohled.....	29
Obr. 26 -	Přední pohled.....	29
Obr. 27-	Pohled z perspektivy.....	30

Obr. 30 - Snížení vzepětí oblouku nad tětivou [14]	31
Obr. 28 - Jednoosý podvozek [14]	31
Obr. 29 - Krajiní podvozek [13].....	31
Obr. 31 - Boční okna	32
Obr. 32 - Čelní sklo	32
Obr. 33 - Panoramatická střecha	33
Obr. 34 - Zpětné zrcátko a kamera	33
Obr. 35 – Vstupní dveře v uzavřené poloze	34
Obr. 36 - Vstupní dveře v otevřené poloze	35
Obr. 37 - Vstupní dveře s vysunutou plošinou.....	35
Obr. 40 - Multimediální informační panely	36
Obr. 38 - Přední informační panel.....	36
Obr. 39 - Rozmístění informačních panelů	36
Obr. 41 - Kabina řidiče.....	37
Obr. 42 - Palubní pult.....	37
Obr. 44 - Komunikační panel	38
Obr. 43 – Varianta č. 1	38
Obr. 45 - Sedačky v základní poloze.....	39
Obr. 46 - Sedačky ve sklopené poloze	39
Obr. 49 - Informační logo čtvrtého článku.....	40
Obr. 47 - Informační kiosek	40
Obr. 48 - Varianta č. 2.....	40
Obr. 50 - Čtvrtý článek - varianta č. 1	41
Obr. 51 - Čtvrtý článek - varianta č. 2.....	41
Obr. 53 - Automat na jízdenky	42
Obr. 52 - Rozmístění tyčí	42

Seznam tabulek

Tab. 1 - Rozměry východů [16]	20
Tab. 2 - Hodnoty rozšíření v oblouku koleje [17].....	26

Přehled použitých zkratk a symbolů

r	[mm]	poloměr oblouku
k	[mm]	poloviční šířka obrysu vozidla
p	[mm]	rozvor podvozků (dvounápravová vozidla $p = 0$)
q	[mm]	poloviční rozvor podvozku (dvounápravová vozidla $q = 0$)
b	[mm]	vzdálenost vyšetřovaného bodu povrchu vozidla od podélné osy vozidla
e	[mm]	poloviční vzdálenost otočných čepů (dvounápravové vozidla = 1/2 rozvoru)
δ_a	[mm]	rozšíření vnější části průjezdného průřezu v oblouku
δ_i	[mm]	rozšíření vnitřní části průjezdného průřezu v oblouku
d	[mm]	maximální radiální posuv otočného čepu ze střední polohy po vyčerpání všech možných vůlí při statické poloze
d_a	[mm]	poměrná vůle $d_a = \frac{d}{e}$
l_0	[mm]	vzdálenost vyšetřovaného bodu povrchu vozidla od roviny příčného řezu v místě otočného čepu
l_s	[mm]	vzdálenost vyšetřovaného bodu povrchu vozidla od roviny příčného řezu vozidla procházejícího středem vzdálenosti otočných čepů (dvounápravová vozidla = středem rozvoru)

Poděkování

Velmi rád bych tímto odstavcem poděkoval všem lidem, kteří mě během celého studia a doby strávené při zpracování této bakalářské práce podporovali. Poděkování patří především konzultantovi Doc. Ing. Petru Hellerovi, CSc. a vedoucímu mé bakalářské práce Doc. Ing. Jiřímu Staňkovi, CSc. za poskytnutí cenných a odborných rad, trpělivost a ochotu.

Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům, za podporu během celého mého studia.

1 Úvod

Tramvajové vozy jsou dnes nedílnou součástí běžného života v městském prostředí. Tramvaje zajišťují dopravu cestujících prostřednictvím vlastního tramvajového pásu, který není součástí pozemní komunikace, a proto není závislý na okolní dopravní situaci. Z tohoto důvodu tramvaje poskytují snazší průjezdnost městem a rychlejší přepravu cestujících v dopravních špičkách s možností častých zastávek. Požadavky kladené na tramvajové vozidlo se značně liší a velmi záleží na požadavcích budoucího provozovatele.

Cílem této bakalářské práce je designová studie tramvajového vozu s důrazem na rozvržení a ergonomii. Práce obsahuje historické ohlédnutí na počátky a vývoj tramvaje. Dále se zaměřuje na základní technické a ergonomické požadavky kladené na tento druh vozidla. Návrh zobrazuje tramvaj pro jednosměrný provoz s přibližnou kapacitou 40 až 60 sedících cestujících.

Výsledkem této práce je 3D model tramvajového vozu zpracovaný na základě všech požadavků a poznatků uvedených v této bakalářské práci, který by splňoval nejnovější trendy v oblasti přepravy osob.

Introduction

The tram vehicles are today an integral part of every-day life in the urban environment. Trams provide the passengers transport by their own tram line, which is not part of the road and therefore is not dependent on the surrounding traffic situation. Therefore trams provide easier and faster passability of passengers during rush hours with the possibility of frequent stops. The tram vehicle requirements are significantly different and dependent on the requirements of the future provider.

The aim of this thesis is design study of a tram vehicle with the emphasis on the layout and ergonomics. The thesis includes a historical review at the beginnings and development of the tram. It then focuses on the essential technical and ergonomics requirements for this type of vehicle. The design shows a tram for one-way traffic with an approximate capacity of 50 to 60 sitting passengers.

The result of this work is 3D model of the tram vehicle developed on the basis of all knowledge and requirements specified in this thesis. The model should satisfy the newest trends in the passengers transport.

2 Historický vývoj tramvajových vozidel

Během více než sta let provozu tramvají prošla jejich konstrukce složitým vývojem. Koněspřežné dráhy, tzv. koňky musely být co nejlhčí. Konstrukce vycházela z jednoduchého rámu z ocelových profilů, na kterém byla postavena jednoduchá dřevěná vozová skříň. V některých případech upravená tak, že se dalo po strmých točitých schodech vystoupit z plošiny na střechu, kde byla umístěna další sedadla. Takto upraveným vozům se říkalo „Imperiál“. Uspořádání sedadel ve vozech se značně lišilo. Nejstarší americké vozy vycházely ještě z dostavňkových karosérií. Později se přešlo na podélné lavice, ale vyskytovaly se také vozy s příčnými sedadly a podélným průchodem uprostřed. Na horním patře „Imperiálů“ bývaly podélné lavice umístěny v ose vozu, zády k sobě. Nástup a výstup z vozu byl zajištěn na obou čelech vozu, kde byly vytvořeny relativně prostorné otevřené plošiny. Tyto plošiny zároveň sloužily jako stanoviště kočího. Vzhledem k poměrně malé provozní rychlosti vozu (maximálně 15 km/h), byly vstupy chráněny pouze řetízky. Z důvodu snadného průjezdu obloukem a překonávání případných výškových rozdílů měly vozy rozvor kolem 1,5 až 2 metrů a průměr kol kolem 800 mm.



Obr. 1- Koňka - 1895 [11]

První vozy pro provoz parní tramvaje byly velice podobné vozům koňky. Protože u nich nebyly tak přísné požadavky na jízdní odpor, bývaly větší s delším rozvorem a pomalu se volil menší průměr kol (už od 600 mm). Díky odpadnutí nutnosti ovládat z vozu tažná zvířata se začaly vyskytovat první uzavřené tramvaje. Pro uzavření vozů se začaly využívat různé konstrukce kovových mřížek. Ani první elektrické tramvaje se však od vozů koňky příliš nelišily.

V období mezi první a druhou světovou válkou se hledaly nové cesty v konstrukci tramvajových vozidel. V první řadě se projevila snaha o minimalizaci časových ztrát v provozu. To vedlo k zavedení vratných smyček, čímž odpadl posun vozů související se změnou směru na koncových stanicích. Z toho vyplynula možnost začít stavět jednosměrné vozy, které díky odstranění jednoho stanoviště pro řidiče poskytly větší obsaditelnost a pohodlí cestujícím. Postupným vývojem se také zlepšovaly pracovní podmínky pro řidiče, který musel po celou dobu jízdy stát. U novějších vozů se začaly objevovat uzavřená stanoviště vybavená sedačkou. Pro zvýšení bezpečnosti se objevily první systémy dálkového ovládání dveří a požadavky na zvyšování rychlosti vedly k vývoji čtyřnápravových vozů. Vrcholem předválečného vývoje se staly americké tramvaje PCC (Presidents' Conference Committee Car), které do značné míry ovlivnily i poválečnou produkci tramvajů.



Obr. 2 - Presidents' Conference Committee Car [11]

Od dvacátých let byla postupně opouštěna výroba vozových skříní ze dřeva. Výhoda dřevěných konstrukcí spočívala v poměrně jednoduché výrobě, opravě a přestavbě. Nevýhoda spočívala při nehodách, kdy se dřevo snadno lámalo a tříštilo. Proto se postupně přešlo na kovové konstrukce, jejichž kostra byla zpočátku nýtována a později svařována z ocelových válcovaných profilů. Dále byly použity tvarové karosářské díly lisované z plechu. Období po druhé světové válce znamená ústup od stavby dvounápravových tramvají. Místo vlečných vozů se zavádějí motorové vozy dvou a tří, výjimečně i více-článkové. Zvyšuje se konstrukční rychlost tramvají a s postupující integrací městských dopravních systémů vznikají první více-systémové vozy. V osmdesátých letech se objevily první moderní konstrukce, které poskytují alespoň část podlahové plochy ve výšce 350 mm nad temenem kolejnice. V dnešní době jsou již v provozu tramvaje 100% nízkopodlažní.



Obr. 3 - Tatra RT6N1 [110]

3 Přehled současného stavu

V současné době jsou tramvaje vyráběny jako více-článková nízkopodlažní vozidla, kdy užitná plocha nízkopodlažní části vozidla začíná od 36% celkové délky až po 100% nízkopodlažní tramvaje. Jako standardní výška podlahy u nízkopodlažních vozů byla zvolena hodnota 350 mm nad temenem kolejnice. Základním konstrukčním směrem je modulová stavba vozidla, která umožňuje větší variabilitu řešení a tím pádem větší možnost individualizace podle přání budoucího zákazníka.

Nízká výška podlahy má dva základní efekty:

- Zpřístupnění a usnadnění cestování městské hromadné dopravy osobám se sníženou pohyblivostí (osoby s tělesným postižením, nemocné osoby, senioři a malé děti) a přepravu osob s kočárkem. Nízkopodlažní tramvaje usnadňují cestování přibližně 30% populace, která má problémy s nástupem do starších (vysoko-podlažních) vozidel.
- Zvýšení cestovní rychlosti, kdy zkrácení času potřebného pro nástup cestujících je nejlevnějším způsobem ke zvýšení samotné cestovní rychlosti. Díky kratším časům se zvyšuje atraktivita veřejné hromadné dopravy.

3.1 Výhody a nevýhody současného stavu

Výhody:

- Vyšší přepravní kapacita – ve srovnání s autobusem a trolejbusem
- Nízká spotřeba energie na jednotku přepravní práce
- Větší pohodlí
- Snazší průjezdnost města – v době dopravní špičky, koleje jsou vedeny mimo silniční provoz
- Nižší provozní náklady – možnost kratších intervalů v době snížených přepravních nároků
- Možnost zvýhodnění oproti jiným městským dopravním prostředkům
- Minimální hluk
- Ekologický provoz

Nevýhody:

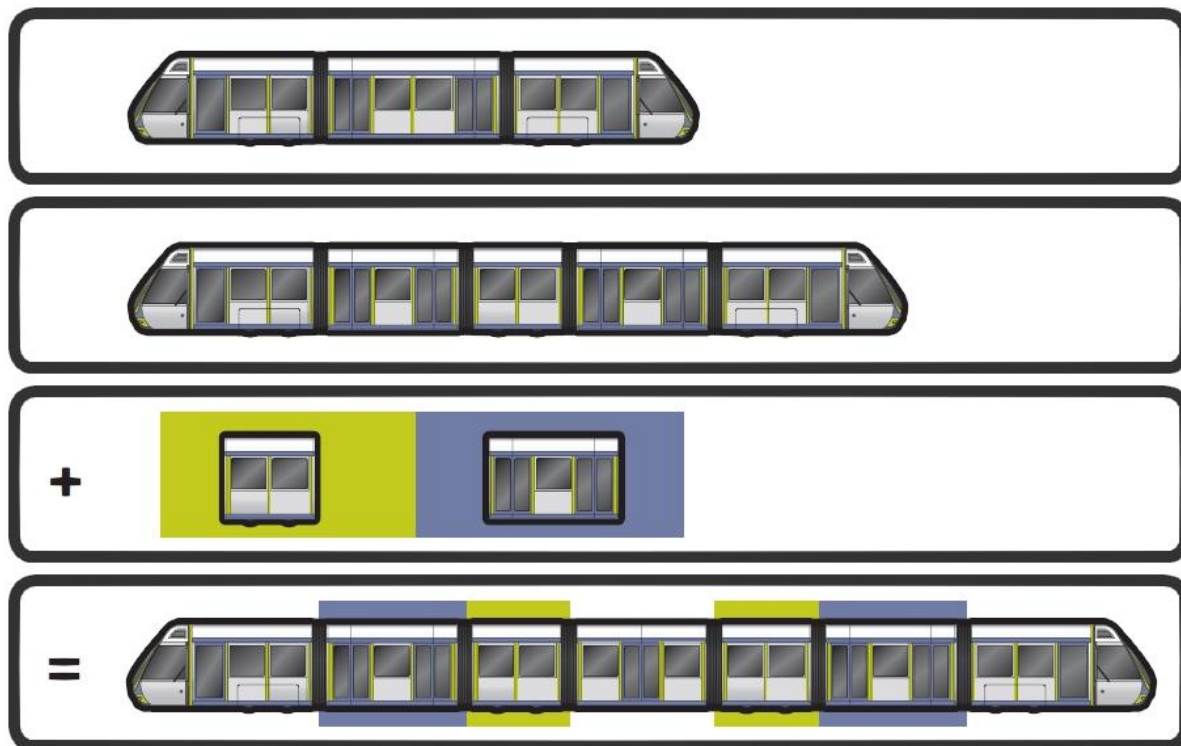
- Špatná manévrovatelnou (omezená koleje) – v případě nehody nebo jiné překážky kolaps tramvajové dopravy
- Větší hmotnost a setrvačnost
- Vyšší vstupní náklady na provoz – pořizovací cena, vybudování tratě, měnírny a vozovny
- Nutná úprava terénu pro kolejovou dopravu – klesání, stoupání, možnost bezpečného nástupu a výstupu cestujících
- Závislá trakce – zastavení provozu při výpadku napájení
- Trakční vlastnosti za zhoršených povětrnostních podmínek
- Vhodná pro středně velká města a velkoměsta (nad 100 000 obyvatel)

3.2 Druhy modulů

V případě potřeby je možné „jednoduše“ změnit vzhled již použité tramvaje při její modernizaci. Vzhled tramvaje tvoří přední a zadní čelo tramvaje, které udává základní charakter tramvaje. Dále závisí na samotné koncepci tramvaje, tedy jestli se jedná o samotný tramvajový vůz, tříčlankové, pěti-člankové nebo sedmi-člankové vozidlo. Skříň jednotlivých článků jsou tvořeny jako skládačka (Obr. 4), svařována z lehké ocelové konstrukce, která je chráněna antikorozií úpravou. Čela tramvaje jsou laminátová a ke skeletu tramvaje přichycena pomocí pružného lepicího tmelu.

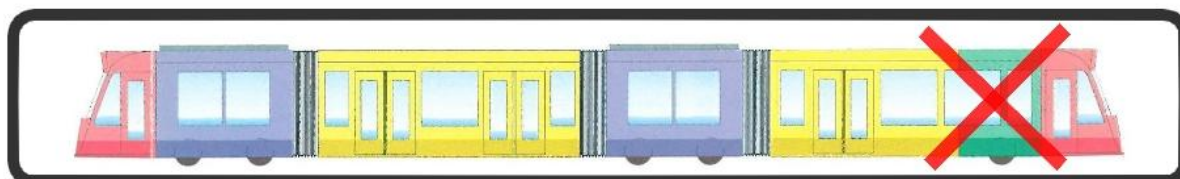
Druhy modulů:

- Modul kabiny řidiče
- Modul článků s podvozkem
- Modul zavěšeného mezičlánku
- Modul zadního čela



Obr. 4 - Možné kombinace modulů [9]

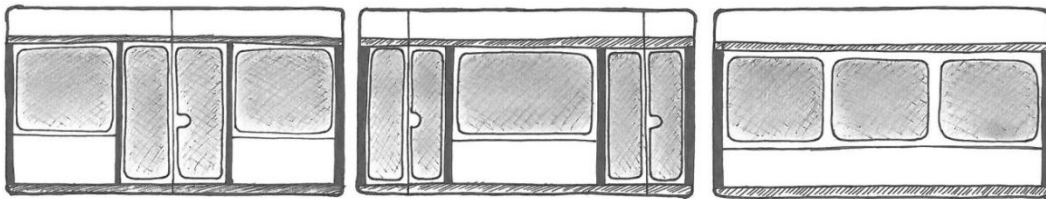
Kombinace modulů a jejich následné skládání do jednotného celku je dále závislé na použitém podvozku, kdy není možné skládat různorodé podvozky dle své libosti. Nesprávná kombinace je znázorněna na obr. 5, kde je zobrazeno použití dvouosých podvozků na prvním a středním článku a následné použití jednoosého podvozku na posledním článku. Tato varianta není vhodná z hlediska rozložení hmotnosti na jednotlivé nápravy.



Obr. 5 - Nesprávná kombinace podvozků [10]

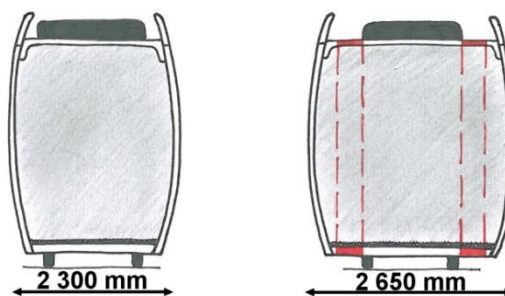
3.3 Výhled do budoucna

- Ergonomická kabina řidiče
- Různý výběr zakončení čela (přední a zadní) tramvaje – udává vzhled a charakter pro jednotlivá města
- Modulární konstrukce článku (různé provedení a uspořádání modulů – změna vzhledu, snadná výměna předního nebo zadního modulu, bez nutnosti dlouhé odstávky vozidla při nehodě)



Obr. 6 - Možné provedení modulů

- Variabilní změna šířky



Obr. 7 - Variabilní změna šířky

- Velká okna, široké uličky a panoramatický výhled ze zadních článků tramvaje
- Plně klimatizované prostředí řidiče a prostoru pro cestující
- Dobrá přístupnost pro kompletní údržbu podvozku
- Snížení hlučnosti tramvajové soustavy
- Rekuperace kinetické energie – úspora trakční energie až o 30%
- Použití baterií pro provoz bez vedení (použití jenom pro kratší úseky)
- Snížení podlahy pro usnadnění nástupu osobám na invalidním vozíku
- Maximální možný podíl nízké podlahy
- Minimalizace překážek v prostoru pro cestující

4 Koncepce článkových nízkopodlažních tramvajových vozidel

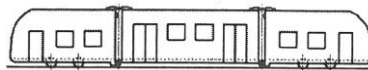
Díky neustálému vývoji nízkopodlažních vozidel od 80. let 20. století, kdy se ve světě začaly objevovat první nízkopodlažní tramvaje, se utvořilo několik konstrukčních variant. Důležitou součástí jednotlivých variant je podvozek, který je trakční nebo běžný. Dále je můžeme rozdělit podle stupně volnosti pod skříní v horizontálním směru.

Z tohoto hlediska dělíme podvozky:

- a) *Otočný* – pod skříní, pokud se směrových oblouků týká zcela volně otočný
- b) *Neotočný* – svázan se skříní tak, aby se mohl směrově vychylovat o 1° až 2°, aby při nájezdu do oblouku řídící síla na nabíhající, dvojkolí narůstala pozvolna. Na přímém úseku tratě nekopíruje nerovnosti tratě. V oblouku se podvozek natáčí současně se skříní.

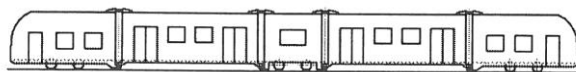
Z důvodů výhledu do budoucna, kdy budou postupně upřednostňovány varianty 100% nízkopodlažní je následující rozdělení zaměřeno pouze na tyto varianty.

- 1) *Tříčlávková tramvaj* se dvěma krajními články s neotočnými nízkopodlažními podvozky.



Obr. 8 - Varianta 1 [4]

- 2) *Pětičlávková tramvaj* se třemi neotočnými podvozky – neotočné podvozky jsou pod dvěma krajními články a pod krátkým středním článkem. Dva články (druhý a čtvrtý) jsou zavěšené.



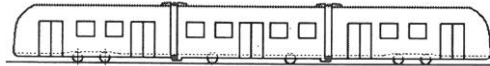
Obr. 9 - Varianta 2 [4]

- 3) *Vícečlávková tramvaj* s jednonápravovými podvozky umístěnými v portálu mezi články.



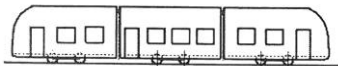
Obr. 10 - Varianta 3 [4]

- 4) *Tříčlávková tramvaj* se dvěma krajními články na otočných podvozcích, střední článek na dvou jednonápravových podvozcích. Krajní články jsou svým zadním koncem nesené na středním článku.



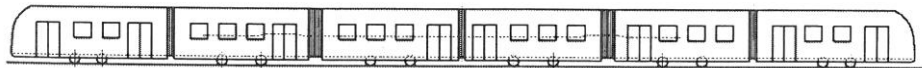
Obr. 11 - Varianta 4 [4]

- 5) *Tříčlávková tramvaj* se třemi neotočnými podvozků pod každým článkem (Brémská tramvaj).



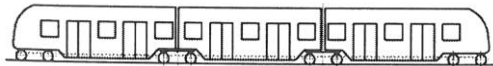
Obr. 12 - Varianta 5 [4]

- 6) *Tříčlávková tramvaj* se dvěma otočnými podvozků pod čelem a dvěma otočnými podvozků pod kloubovým spojením článků.



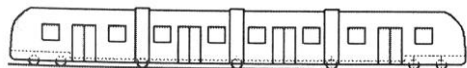
Obr. 13 - Varianta 6 [4]

- 7) *Čtyřčlávková tramvaj* se dvěma trakčními otočnými podvozků pod krajními články a běžnými jednonápravovými podvozků mezi články.



Obr. 14 - Varianta 7 [4]

- 8) *Šestičlávková tramvaj* tvořená třemi dvojicemi kloubově spojených článků s neotočnými podvozků pod každým článkem.



Obr. 15 - Varianta 8 [4]

- 9) *Sedmičlávková tramvaj* se dvěma neotočnými trakčními podvozků pod krátkými krajními články, dvěma krátkými podvozkovými moduly s neotočnými podvozků a třemi delšími nesenými moduly.



Obr. 16 - Varianta 9 [4]

5 Návrh exteriéru a interiéru

Cílem této bakalářské práce je navržení moderního tramvajového vozu, který by zajišťoval nadstandardní komfort během přepravy cestujících. Důležitým faktorem je už samotný vzhled, který určuje hlavně čelo tramvaje. Z toho důvodu byla velká pozornost věnována návrhu čelní části tramvaje.

Základní požadavky vlastního návrhu:

- Jednosměrný provoz
- Menší rozměry tramvaje 20 000 až 25 000 mm (celková délka)
- Ulehčení nástupu osobám na invalidním vozíku
- Snadný průchod vozidlem – 100% nízkopodlažní
- Světelná pohoda cestujících (prosklení vozidla)
- Komfort cestujících – klimatizace, rozmístění sedaček

5.1 Exteriér

Náčrt (BP KKS 05 - 1) zobrazuje pohled na čelo tramvaje. Inspirací pro tento náčrt byl design vysokorychlostních vlaků, který se vyznačuje výrazně zkoseným čelem. Přední části dominuje velké čelní sklo, které začíná těsně, nad krytem spřáhla. Čelní sklo nezasahuje do stran a postupně přechází až na střechu tramvaje. V A Sloupcích jsou umístěny integrované přední světlomety ve tvaru stékající kapky. Na boku tramvaje navazují na velké čelní sklo přes široké A sloupky boční okna řidiče, která svým tvarem postupně přechází na velikost bočních oken v prostoru pro cestující. Z důvodu velkého zkosení, které se nehodí pro podmínky v městské hromadné dopravě a které zbytečně ochuzuje část prostoru pro řidiče a cestující byla tato varianta zamítnuta hned na začátku.

Náčrt (BP KKS 05 - 2) zobrazuje pohled na čelo tramvaje. Řešení navazuje na design předešlého návrhu, s tím rozdílem, že bylo odebráno výrazné zkosení a čelo tramvaje je kolmé. Čelní sklo jemně zasahuje do zaoblených A sloupků, kde se v dolní části postupně zužuje. V horní části čelního skla je umístěn přední informační panel. Prostor mezi zúženým čelním sklem a A - sloupkem vyplňuje kryt oddělených světlometů, které jsou vyplněny čtyřmi kruhovými světlomety. Kryt světlometů se směrem dolů rozšiřuje a na konci přechází v kryt spřáhla tramvaje. Boční okna jsou jednoduchého obdélníkového tvaru a mají mezi sebou úzké sloupky.

Náčrt (BP KKS 05 - 3) zobrazuje podobnou koncepci jako předešlý návrh. A – sloupek postupně přechází z boční strany v čelní plochu a utváří tak masku tramvaje. V zaoblení tohoto přechodu jsou umístěny tři kruhové světlomety. Přední informační panel je opět umístěn v horní části, kde je dobře čitelný a díky velikosti čelního skla nebrání ve výhledu z pozice řidiče tramvaje. Střechu tramvaje vyplňuje výrazné zaoblení, které v sobě ukrývá elektrickou výzbroj tramvaje. Čelo tramvaje tím dostává nezaměnitelný vzhled. Pro lepší výhled z kabiny řidiče jsou po stranách tramvaje umístěny externí kamery válcovitého tvaru.

Náčrt (BP KKS 05 - 4) zobrazuje pohled na čelo tramvaje. Nejvýraznější změnou oproti předchozím návrhům je zde umístění externích informačních panelů. Čelní sklo v horní části postupně přechází ve střechu. Z pravé strany ve směru jízdy je v horní části situovaný přední informační panel, který tak jemně vystupuje z čelního skla. Boční informační panel je situován nad boční okno a tím nebrání výhledu cestujících z tramvaje.

Náčrt (BP KKS 05 - 5) zobrazuje pohled na čelo tramvaje s výraznějším vybráním pod předním oknem, které vytváří menší schod. Čelní okno navazuje na přední vybrání a směrem nahoru se rozšiřuje a postupně přechází do boční části tramvaje. Stejně jako čelní okno se pomalu rozšiřuje A – sloupek, na který navazuje boční trojúhelníkové okno řidiče. Boční okno je v dolní části vybaveno menší větracím okénkem. Přední informační panel je umístěn ve vyříznuté horní části čelního skla a nebrání tak výhledu z vozidla. Dvojice kruhových předních světlometů na každé straně je umístěna pod A – sloupkem. Mezi světlomety se nachází kryt spřáhla, který svým tvarem zrcadlově navazuje na tvar čelního skla. Prostor pro cestující je od kabiny oddělen B sloupkem, na kterém jsou umístěny čtyři oddělené směrovky. Boční okno je v horní části rozšířeno o informační panel, který tak nezasahuje do prostoru pro cestující.

Náčrt (BP KKS 05 - 6) zobrazuje pohled na čelo tramvaje a tvarově navazuje na předchozí návrh. Přední část tramvaje je tvořena velkým čelním sklem, které přes tenké A – sloupky přechází v boční okénka řidiče. Ty jsou vyvedeny ve tvaru lichoběžníku. V horní části čelního skla je umístěn přední informační panel. Na dolní vrchol lichoběžníku navazuje trojice zakřivených směrovek, které tvoří pomyslnou šipku. Mezi přechodem čelního skla a bočního okna jsou umístěny tři kruhové světlomety, které se postupně zužují.

Náčrt (BP KKS 05 - 7) je modifikací předchozích variant. Snaha byla o co největší zaoblení všech hran čela a přechodů mezi jednotlivými částmi tramvaje. Čelní sklo je oproti předchozí variantě v dolní části zvýšené. V tomto prostoru se nachází integrované kruhové světlomety, vždy jeden na každé straně, které jsou v dolní části opsány diodovými světlomety denního svícení. V úrovni světlometů navazují boční okna řidiče, která postupným obloukem přecházejí v okna cestujících. Z důvodů velkého počtu zaoblení jednotlivých částí, která by byla složitá na výrobu a tím prodražila celkovou cenu, bylo od toho návrhu odstoupeno.

Náčrt (BP KKS 05 - 8) zobrazuje tramvaj oválného půdorysu. Dominantou přední části je protáhle čelní sklo, které nezasahuje do bočních stran tramvaje. Dolní část okna postupně přechází v menší vybrání, které lemují dvojice oválných diodových světlometů na každé straně. Horní část okna je vyplněna informačním panelem, který nezasahuje do zorného pole řidiče a nenarušuje výhled z tramvaje. Boční okno kabiny řidiče je rozděleno na dvě menší okna. První větší, který zlepšuje výhled z vozu a druhé menší, které je určeno pro větrání kabiny řidiče.

Náčrt (BP KKS 05 - 9) navazuje na předchozí náčrt. Tramvaj je oválného tvaru s protáhlým čelním oknem. Čelní okno po okrajích trojúhelníkovitě přechází v boční stranu tramvaje. Na boční straně na čelní okno zrcadlově navazuje boční okno, které je doplněno dvěma menšími okénky v horní a dolní části. Sloupky mezi okny vizuálně utvářejí kříž, který je v dolní části vyplněn trojicí oválných diodových světlometů. Z důvodu složitosti výroby a omezeného výhledu řidiče bylo od tohoto návrhu odstoupeno.

5.2 Interiér

Náčrt (BP KKS 05 - 10) zobrazuje místo pro řidiče tramvaje. Cílem bylo vytvoření jednoduchého a funkčně uceleného prostoru, který by splňoval veškeré požadavky ohledně bezpečnosti a ergonomie prostředí. Hlavní částí kabiny je středově umístěná sedačka řidiče, díky které jsou veškeré ovladače v optimálním rozložení vzhledem k poloze řidiče. V přední části je umístěn velký a přehledný ovládací palubní pult. Pult je složen ze tří velkých dotykových obrazovek, přes které jsou zobrazovány veškeré informace o průběhu cesty a zároveň slouží k ovládání tramvaje. Pult je umístěn tak, aby byl dobře čitelný, ale zároveň neomezoval výhled z vozu. Po pravé straně z pozice řidiče je umístěn doplňkový výklopný displej, který může dodatečně zobrazovat další potřebné informace. Za sedačkou je umístěna prosklená mezistěna, která je z pravé strany vybavena posuvnými dveřmi, které je možno uzamknout. Po stranách mezistěny jsou široké sloupky, které je možno využít dále jako místo pro elektronické zařízení, lékárníčku či hasicí přístroj. Dolní část palubní desky je možno využít pro zlepšení komfortu řidiče tramvaje, kde může být umístěna lednička nebo mikrovlnná trouba. Po obvodu palubní desky jsou umístěny menší kruhové výdechy ventilace určené pro ofukování čelního skla nebo vytápění prostoru kabiny.

Náčrt (BP KKS 05 - 11) zobrazuje pohled do interiéru cestujících. Původním záměrem bylo vytvoření jednoduchého prostoru, který by svým pojetím navazoval na kabinu řidiče a navozoval cestujícím pocit vzdušnosti interiéru. Nad samostatnými okny jsou umístěny podélné informační panely pro zobrazování informací během cesty. Na informační panely navazuje pás menších podélných oken, která částečně tvoří panoramatickou střechu, díky které do prostoru proniká větší množství světelného záření. Strop je tvořen dvojicí rovnoběžných pásů světel, která jsou jemně odsazená. Mezerou vzniklou díky odsazení oken proniká do prostoru cestujících čerstvý vzduch z ventilace. Sedačky interiéru jsou koncipovány ve stylu 2 + 2, který není moc vhodný pro průchod cestujících. Prostor pro osoby na invalidním vozíku nebo kočárek je umístěn naproti vstupním dveřím, kde je zajištěna nejlepší průchodnost interiéru. Tyče jsou v interiéru uspořádány tak, aby splňovaly veškeré požadavky na ně kladené a zároveň nezabírala mnoho prostoru pro cestující. Ukotvení tyčí je provedeno pomocí bočnice a podlahy tramvaje. Vstupní prostory jsou vybaveny prosklenými zástěnkami.

6 Základní konstrukční požadavky pro návrh exteriéru a interiéru

V této bakalářské práci jsou uvažovány pouze technické požadavky určené pro Českou republiku. Z hlediska výroby tramvajových vozidel existuje mnoho dalších norem, které jsou vytvořeny na základě státní příslušnosti, např. německá norma pro tramvajová vozidla BOStrab. Dále jsou v práci uvažovány legislativní požadavky převzaté ze Směrnice evropského parlamentu a rady 2001/85/ES určené pro městské autobusy, které jsou svojí funkcí velmi blízká, ale nejsou obsaženy v normě pro tramvajová vozidla.

6.1 Exteriér

6.1.1 Vnější a vnitřní rozměry

Podle normy ČSN 28 1300 je největší šířka vozidla stanovena hodnotou 2 650 mm. Šířku vozidla smějí přesahovat sklopné části vnějších zpětných zrcátek nebo směrová světla tramvaje. Dveře tramvaje v otevřené poloze smějí přesáhnout obrys vozidla maximálně o hodnotu 250 mm. V zavřené poloze nesmějí přesáhnout obrys tramvajové vozu. Maximální statická síla působící mezi dvojkolím nebo dvojicí protilehlých kol a kolejnicí ve svislém směru je 110 kN, tedy 11 tun.

Největší délka tramvajového vozu je stanovena:

- u samostatného vozu včetně spřáhel 18 000 mm
- u spřažené soupravy nebo kloubového vozidla včetně spřáhel 40 000 mm

Největší výška včetně sběračů v nejnižší pracovní poloze je 3 700 mm. Výška v prostoru pro cestující je stanovena na minimální hodnotě 1 950 mm, kdy v ose vnější řady sedadel může být snížena na hodnotu 1 800 mm. V těchto prostorech se mohou nacházet záchytná zařízení, pro vyšší bezpečnost cestujících během jízdy, pod podmínkou, že minimálně narušují pohyb cestujících v prostoru tramvajového vozu.

6.1.2 Skříň vozidla

Při konstrukci skříně vozidla je bezpečnost cestujících a řidiče na prvním místě. Bezpečnost musí být zajištěna vlastní konstrukcí skříně a zároveň uložení skříně na podvozcích musí zajistit minimální přenos vibrací a hluku. Skříň vozidla musí být schopna přenést bez trvalých deformací vodorovnou sílu působící v ose vozidla v rovině spodku o velikosti 200 kN. Přední a zadní čelo tramvaje musí být konstruováno tak, aby bylo schopno pohltit deformační energii, nebo musí být vybaveno předním a zadním nárazníkem. Každé vozidlo nebo samostatný článek musí být opatřen dostatečným počtem únikových východů. Únikové východy musí být rovnoměrně rozmístěny po obou bocích vozidla a zřetelně označeny nápisem „Nouzový východ“.

Počet nouzových východů je závislý na maximálním obsazení vozidla:

- šest NV, při N_{\max} do 100 cestujících
- osm NV, při N_{\max} od 100 do 180 cestujících
- deset NV, při N_{\max} nad 180 cestujících

6.1.3 Východy

Umístění východů

Provozní dveře musí být umístěny na straně vozidla, která je blíže krajnici ve směru jízdy tramvajového vozu, ve kterém bude provozován. V případě obousměrného vozu jsou jednotlivé dveře rozděleny zrcadlově po obou stranách vozu. Východy musí být umístěny tak, aby jejich celkový počet na každém z obou boků byl přibližně stejný a vhodně rozmístěný po celé délce vozidla. To zaručuje rychlý a pohodlný nástup cestujících.

Minimální rozměr východů

Jednotlivé druhy východů musí splňovat minimální rozměry uvedené v tabulce.

			Poznámky	
Provozní dveře	Otvor dveří	Výška [mm]	1 950	
		Šířka [mm]	Jednoduché dveře: 650	
			Dvojdílné dveře: 1 300	Tento rozměr lze snížit na 100 mm, pokud se měří v úrovni držadel
Nouzové dveře	Plocha [mm ²]		400 000	Do této plochy musí být možné vepsat obdélník (500 x 700) mm
Únikové okno umístěno v zadním článku vozidla. Pokud výrobce nezajistí únikové okno minimálních rozměrů, které jsou předepsány výše.			Do otvoru únikového okna musí být možné vepsat obdélník 359 mm vysoký a 1 550 mm široký. Rohy obdélníku mohou být zaobleny tak, že poloměr zaoblení nepřesáhne 250 mm.	

Tab. 1 - Rozměry východů [16]

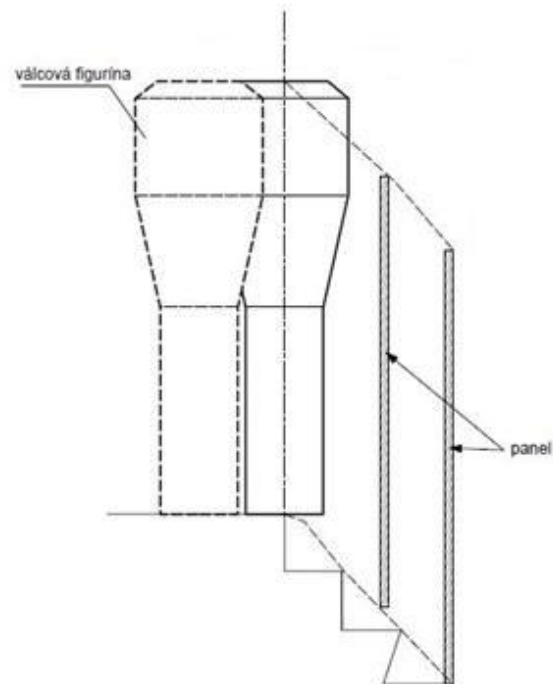
Technické požadavky na provozní dveře

Stojící vozidlo musí mít všechny provozní dveře snadno otevíratelné zevnitř i z vnějšku vozidla. Tato podmínka neplatí, pokud je vozidlo v pohybu. Dveře se mohou otevřít až po zastavení vozidla a jejich odblokování řidičem. Všechny dveře otevírající se směrem do vnitřního prostoru vozidla musí být zkonstruovány tak, aby jejich pohyb za normálních podmínek použití nebyl v žádném případě příčinou zranění cestujících. V případě potřeby musí být namontována ochranná zařízení. Ovladače nebo zařízení určená pro otevírání provozních dveří z vnějšku i vnitřku musí být zřetelně označena a umístěna ve výšce 1 000 mm až 1 500 mm nad zemí (nebo horním povrchem podlahy) a ne dále než 500 mm od dveří. Toto opatření se nevztahuje na ovládání umístěné v prostoru pro řidiče.

6.2 Interiér

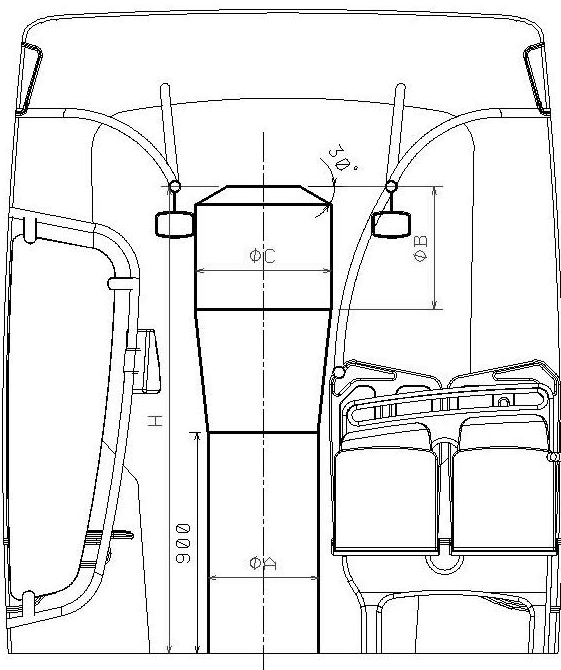
6.2.1 Přístup k provozním dveřím

Volný prostor rozprostírající se uvnitř vozidla od boční stěny, ve které jsou namontovány dveře, musí umožnit volný průchod svislého obdélníkového panelu (Obr. 17). Tento panel se skládá ze dvou obdélníků spojených dohromady. První obdélník je 400 mm široký a 700 mm vysoký, nad kterým je symetricky umístěn druhý panel, který je široký 550 mm a vysoký 1 100 mm. Dvojdílný panel je udržován rovnoběžně s otvorem dveří a posouvá se z výchozí polohy, ve které je rovina povrchu panelu ve směru do vozidla tečná k nejvzdálenějšímu obrysu otvoru, do polohy, ve které se dotýká prvního schodu. Poté musí být udržován kolmo k pravděpodobnému směru pohybu cestujících.



Obr. 17 - Přístup k provozním dveřím

6.2.2 Ulička



Obr. 18 - Ulička

Ulička tramvajového vozu musí být zkonstruována tak, aby umožňovala volný průchod zkušebnímu zařízení. Zkušební zařízení se skládá ze dvou sousých válců s obráceným komolým kuželem mezi ně vloženým. V uličkách tramvaje mohou být namontovány schody pouze v případě, že šířka schodů není menší než šířka uličky u horního konce schodu.

Rozměry zkušební zařízení:

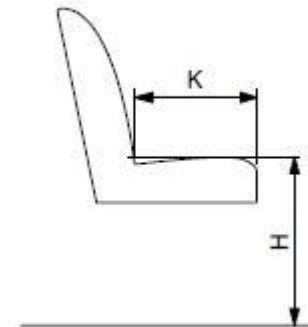
- Průměr dolního válce A = 450 mm
- Průměr horního válce C = 550 mm
- Výška horního válce B = 500 mm
- Celková výška H = 1 900 mm

6.2.3 Sedadla pro cestující a prostor pro sedící cestující

Vzhledem k podélné ose vozidla, mohou být sedadla orientována příčně nebo podélně. Minimální šířka sedadla, měřená od svislé roviny, která prochází středem tohoto místa k sezení, musí být 200 mm. Minimální šířka prostoru, které musí být k dispozici pro každé místo k sezení, měřená od svislé roviny procházející středem tohoto místa k sezení ve výškách od 270 mm do 650 mm nad nestlačeným sedákem, nesmí být nižší než:

- 250 mm u jednotlivých sedadel
- 225 mm u řady sedadel pro dva nebo více cestujících

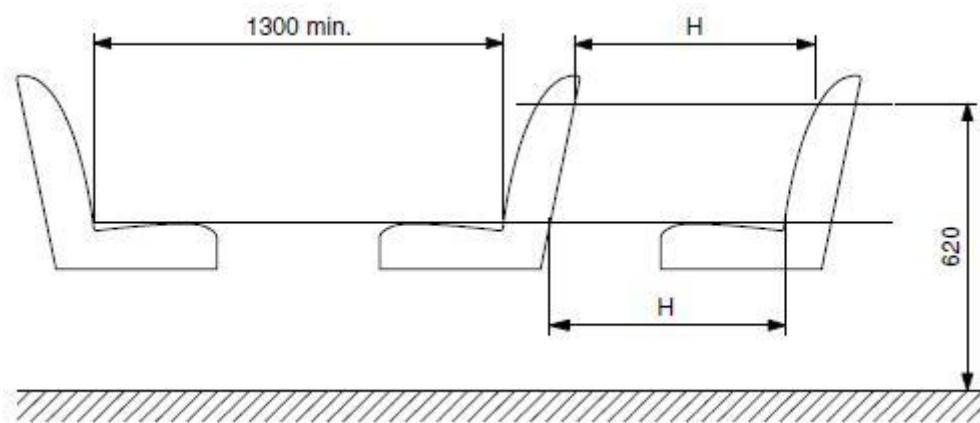
Minimální hloubka sedáku je předepsána na rozměr 400 mm. Výška sedáku nad podlahou ve vozidle musí splňovat takové rozměry, aby vzdálenost mezi podlahou a tečnou vodorovnou k přednímu hornímu povrchu sedáku byla mezi 400 mm a 500 mm. Minimální výška může být maximálně snížena na hodnotu 350 mm v místech, kde do interiéru zasahují podběhy kol.



Obr. 19 - Hloubka a výška sedáku

Vzdálenost mezi sedadly

Mezi sedadly směřujícími stejným směrem nesmí být vzdálenost mezi přední stranou polštářování sedadla a zadní stranou polštářování sedadla před ním, tedy vzdálenost H, která je měřená vodorovně a ve všech výškách nad podlahou mezi úrovní vrcholu sedáku a bodem ležícím 620 mm nad podlahou, menší než 650 mm.



Obr. 20 - Vzdálenost mezi sedadly

6.3 Obrysy pro tramvajová vozidla

Základní vysvětlení jednotlivých pojmů

- *Obrys pro tramvajová vozidla* – jedná se o obrys obrazce v rovině, která je kolmá k ose koleje a vymezuje dovolené vzdálenosti jednotlivých bodů vnějšího povrchu vozidel a jejich součástí od osy obrysu pro vozidla a úrovně temene kolejnice. Obrys se stanovuje tak, že mezi ním a průjezdným průřezem je přiměřená vůle. Obrys pro tramvajová vozidla se skládá ze dvou částí:
 1. Základní část obrysu pro vozidla
 2. Sběračová část obrysu pro vozidla
- *Temeno kolejnice* – nejvyšší bod povrchu hlavy kolejnice. Spojením jednotlivých bodů vzniká rovina valení tramvajového vozu.
- *Osa obrysu pro vozidla* – jedná se o přímku v rovině, která je kolmá k ose koleje. Rovina prochází středem koleje kolmo ke spojnicí temen obou kolejnic a shoduje se s osou příslušného průjezdného průřezu.
- *Základní část obrysu pro vozidla* – jedná se o obrys, který je určen pouze pro jeho odpružené části.
- *Sběračová část obrysu pro vozidla* – jedná se o obrys, který je určen pouze pro sběrač vozidla a do jeho prostoru nesmí zasahovat žádná jiná část vozidla.
- *Spodní vymezení obrysu pro vozidla* – jedná se o minimální vzdálenost povrchu od maximálně zatíženého vozidla (podle schválených technických norem) s největším opotřebením obručí kol od roviny temene kolejnic.
- *Horní vymezení obrysu pro vozidla* – jedná se o maximální výšku prázdného vozidla s novými obručemi od roviny temene kolejnic. Je tvořen horní částí základní části a sběračovou částí obrysu pro vozidla.

Poloha vozidla pro kontrolu obrysu

Při kontrole obrysů tramvajového vozidla se uvažují dvě možné varianty. Jedna varianta je vozidlo, které jede po přímé koleji a druhá varianta je vozidlo jedoucí v oblouku koleje.

- *Vozidlo na přímé koleji* – uvažuje se poloha, kdy vozidlo stojí v klidu na přímé nebo vodorovné koleji bez převýšení. Vozidlo je maximálně rovnoběžně zatížené nebo prázdné, a s novými nebo použitými díly podvozků. Pokud vozidlo splňuje všechny uvedené podmínky, nesmí přesahovat obrys pro vozidla v přímé koleji žádná součást, s výjimkou zpětných zrcátek a směrových světel.
- *Vozidlo v oblouku koleje* – uvažuje se poloha, kdy vozidlo stojí v oblouku koleje při uvažované nejnepříznivější poloze dvojkolí nebo podvozků v koleji při největším přípustném opotřebením kol a kolejnice. Vozidlo je rovnoměrně zatížené maximální přípustnou statickou silou. Osa příčného řezu skříně se uvažuje rovnoběžná s osou obrysu pro vozidla. S výjimkou zpětných zrcátek a směrových světel nesmí v této poloze žádná součást přesáhnout obrys pro vozidla v oblouku koleje.

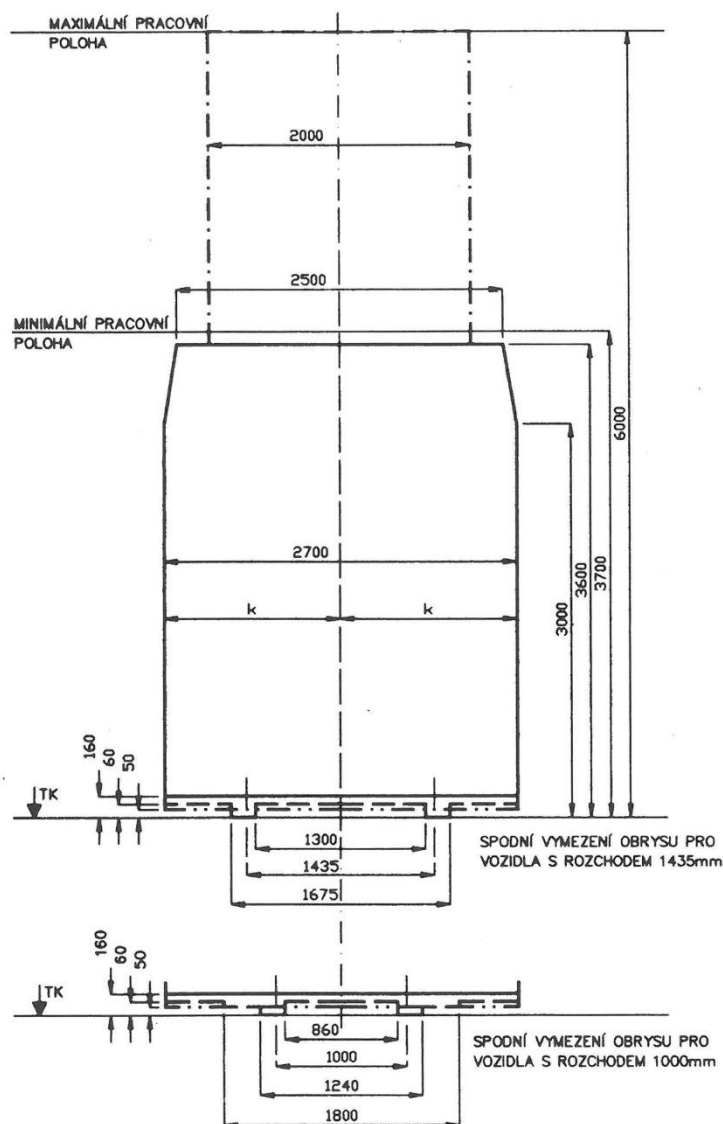
Obrysy pro vozidla

Obrysy jsou konstruována pro vozidla o rozchodech 1 000 mm a 1 435 mm a liší se pouze ve spodním vymezení obrysů. Všechny ostatní rozměry, tedy šířka a výška jsou stejné. Obrysy jsou určeny pro vozidla o maximální šířce 2 650 mm, s výjimkou zpětných zrcátek a směrových světel.

Rozlišujeme tři druhy obrysů pro tramvajová vozidla:

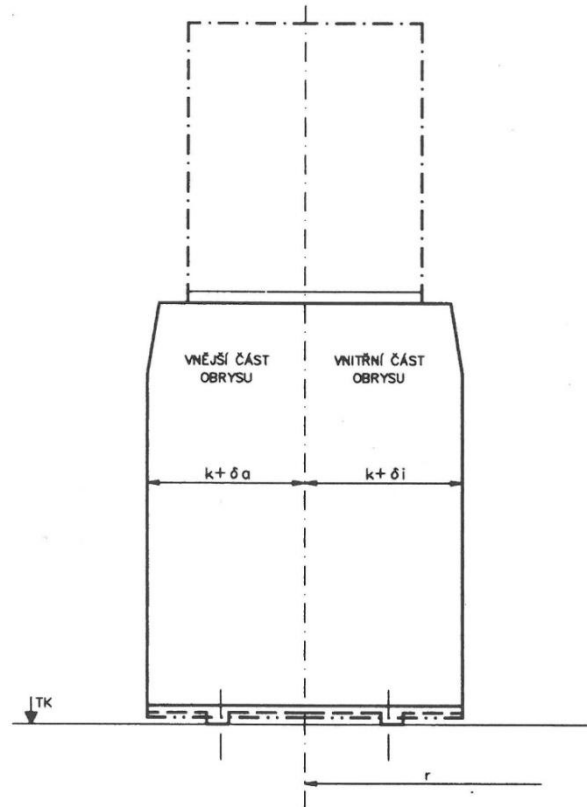
1. Obrys vozidla v přímé koleji
2. Obrys vozidla v oblouku koleje
3. Obrys vozidla při přechodu z přímé koleje na oblouk koleje

1. *Obrys vozidla v přímé koleji* (Obr. 21) platí i pro oblouky, které mají vyšší poloměr než 1 000 m a je stanoven symetricky podle osy obrysu pro vozidla.



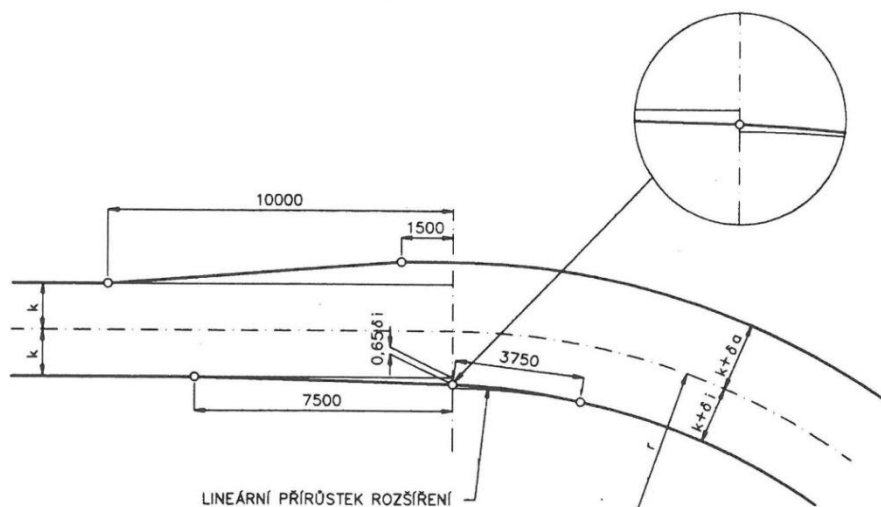
Obr. 21 - Obrys vozidla v přímé koleji [18]

2. *Obrys vozidla v oblouku koleje (Obr. 22) platí pro poloměry oblouků menších než 1 000 m a není symetrický podle osy jako u vozidla v přímé koleji. Šířka v oblouku koleje se zvětšuje o proměnné hodnoty δa a δi s poloměrem oblouku koleje. Tyto hodnoty jsou uvedeny v příslušné tabulce v rozmezí poloměru oblouku od 20 až po 1 000 m. Spodní vymezení obrysu pro vozidla s rozchody kol 1 000 a 1 435 mm jsou stejné jako u vozidla v přímé koleji.*



Obr. 22 - Obrys vozidla v oblouku koleje [18]

3. *Obrys vozidla při přechodu z přímé koleje do oblouku koleje*



Obr. 23 - Obrys vozidla při přechodu z přímé koleje do oblouku koleje [18]

Výpočet vybočení vozidla

- *Vnitřní vybočení vozidla*

$$E_i = \frac{2el_0 - l_0^2}{2r} + d + \frac{p^2}{8r} + b$$

- *Výpočet maximálního vnitřního vybočení*

$$E_{id} = k + \delta_i$$

- *Vnější vybočení*

$$E_a = \sqrt{\left(\frac{r^2 + b^2 + l_s^2 - q^2 - e^2 + e^2 \cdot d_a^2 + 2 \cdot l_s \cdot d_a \cdot \sqrt{r^2 - q^2}}{2 \cdot b \cdot \sqrt{r^2 - q^2 - e^2} \sqrt{1 - d_a^2}} \right) - r}$$

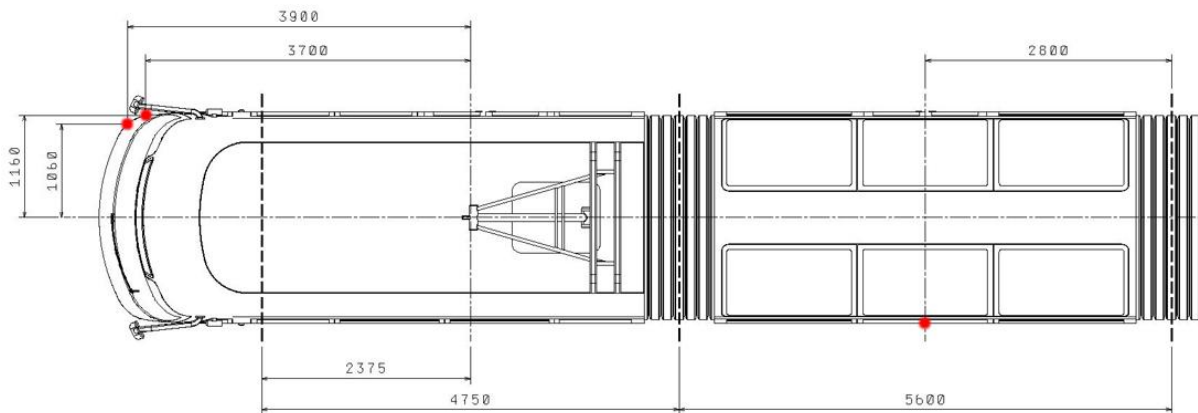
- *Výpočet maximálního vnějšího vybočení*

$$E_{ad} = k + \delta_a$$

Poloměr oblouku osy koleje r [m]	Rozšíření vnější části průjezdného průřezu v oblouku d _a [mm]	Rozšíření vnitřní části průjezdného průřezu v oblouku d _i [mm]
20	650	310
22	600	280
25	530	235
30	440	185
35	380	150
40	330	125
45	290	105
50	260	85
75	165	35
100	115	10

Tab. 2 - Hodnoty rozšíření v oblouku koleje [17]

6.4 Výpočet vybočení vozidla v oblouku koleje



Obr. 24 - Obrys tramvajového vozu

6.4.1 Výpočet vnějšího vybočení tramvajového vozu

Pro výpočet vnějšího vybočení byly uvažovány dva body, které se nachází na čele skříňe vozidla a jsou vyznačeny na obrisu vozidla. Poloměr projížděného oblouku je 20 m.

Vyšetřovaný vnější bod číslo 1.:

$r =$	20 m	$q =$	0,94 m
$b =$	1,16 m	$e =$	2,375 m
$l_s =$	3,7 m	$d =$	0,044 m

$$E_a = \sqrt{(r^2 + b^2 + l_s^2 - g^2 e^2 + e^2 \cdot d_a^2 + 2 \cdot l_s \cdot d_a \cdot \sqrt{r^2 - q^2} + 2 \cdot b \cdot \sqrt{r^2 - q^2 - e^2} \cdot \sqrt{1 - d_a^2}) - r}$$

$$E_a = \sqrt{\left(20^2 + 1,16^2 + 3,7^2 - 0,94^2 - 2,375^2 + 2,375^2 \cdot 0,01853^2 + 2 \cdot 3,7 \cdot \left(\frac{0,044}{2,375} \right) \cdot \sqrt{20^2 - 0,94^2} + 2 \cdot 1,16 \cdot \sqrt{20^2 - 0,94^2 - 2,375^2} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{0,044}{2,375} \right)^2} \right) - 20}$$

$$E_a = 1,3838m$$

Výpočet maximálního vnějšího vybočení

$$E_{ad} = k + \delta_a$$

$$E_{ad} = 1,35 + 0,65$$

$$E_{ad} = 2m$$

Podmínka vnitřního vybočení

$$E_a < E_{ad}$$

$$1,3838m < 2m$$

Vyšetřovaný vnější bod číslo 2.:

$r =$	20 m	$q =$	0,94 m
$b =$	1,06 m	$e =$	2,375 m
$l_s =$	3,9 m	$d =$	0,044 m

$$E_a = \sqrt{(r^2 + b^2 + l_s^2 - g^2 e^2 + e^2 \cdot d_a^2 + 2 \cdot l_s \cdot d_a \cdot \sqrt{r^2 - q^2} + 2 \cdot b \cdot \sqrt{r^2 - q^2 - e^2} \cdot \sqrt{1 - d_a^2}) - r}$$

$$E_a = \sqrt{\left(20^2 + 1,06^2 + 3,9^2 - 0,94^2 - 2,375^2 + 2,375^2 \cdot 0,01853^2 + 2 \cdot 3,9 \cdot \left(\frac{0,044}{2,375} \right) \cdot \sqrt{20^2 - 0,94^2} + 2 \cdot 1,06 \cdot \sqrt{20^2 - 0,94^2 - 2,375^2} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{0,044}{2,375} \right)^2} \right) - 20}$$

$$E_a = 1,3247m$$

Výpočet maximálního vnějšího vybočení

$$E_{ad} = k + \delta_a$$
$$E_{ad} = 1,35 + 0,65$$
$$E_{ad} = 2m$$

Podmínka vnějšího vybočení

$$E_a < E_{ad}$$
$$1,3838m < 2m$$

Podmínka splněna, rozměr skříně vyhovuje normě ČSN 28 0337

6.4.2 Výpočet vnitřního vybočení tramvajového vozu

Pro výpočet vnitřního vybočení byl vybrán bod nacházející se uprostřed druhého článku vozidla, vyznačeny na obrysu vozidla.

$$E_i = \frac{2e \cdot l_s - l_s^2}{2r} + d + \frac{p^2}{8r} + b$$

$$E_i = \frac{5,6 \cdot 2,8 - 2,8^2}{2 \cdot 20} + 0,044 + \frac{0^2}{8 \cdot 20} + 1,2$$

$$E_i = 1,44m$$

Výpočet maximálního vnitřního vybočení

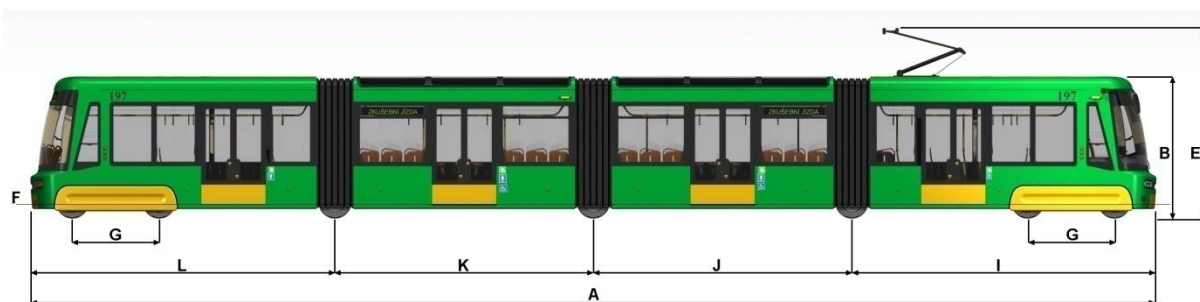
$$E_{id} = k + \delta_i$$
$$E_{id} = 1,35 + 0,31$$
$$E_{id} = 1,66m$$

Podmínka vnitřního vybočení

$$E_i < E_{id}$$
$$1,44m < 1,66m$$

Podmínka splněna, rozměr skříně vyhovuje normě ČSN 28 0337

7 Popis základních částí tramvaje



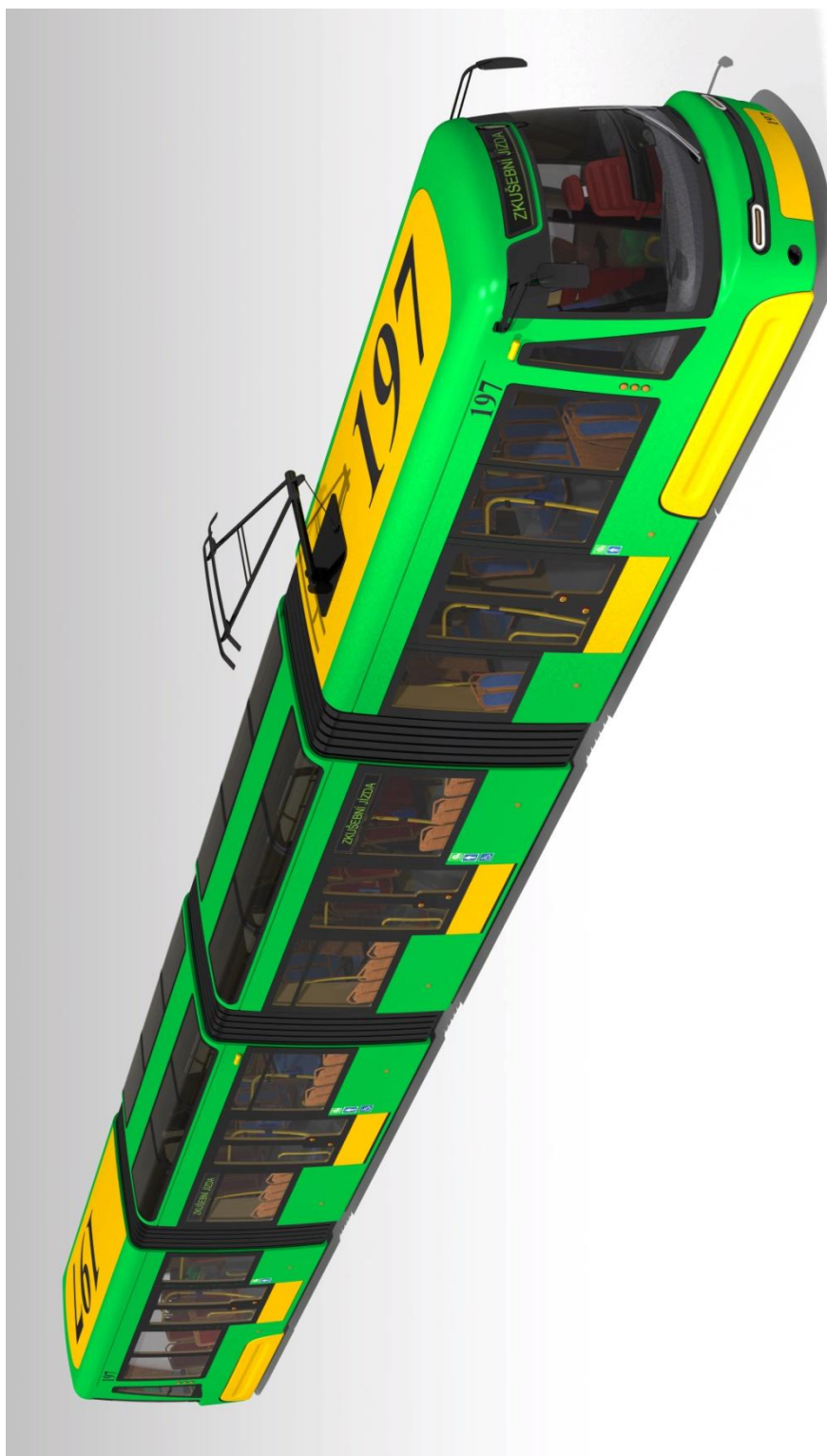
Obr. 25 - Boční pohled

7.1 Základní rozměry tramvajového vozu:

A	Délka	24 400	[mm]
B	Výška	3 040	[mm]
C	Šířka	2 400	[mm]
D	Šířka se zrcátky	2 760	[mm]
E	Výška přes sběrač	3 700 – 6 000	[mm]
F	Výška podlahy nad TK	300	[mm]
G	Rozvor krajních článků	1 880	[mm]
H	Rozchod koleje	1 435	[mm]
I	Délka I článku	6 600	[mm]
J	Délka II článku	5 600	[mm]
K	Délka III článku	5 600	[mm]
L	Délka IV článku	6 400	[mm]



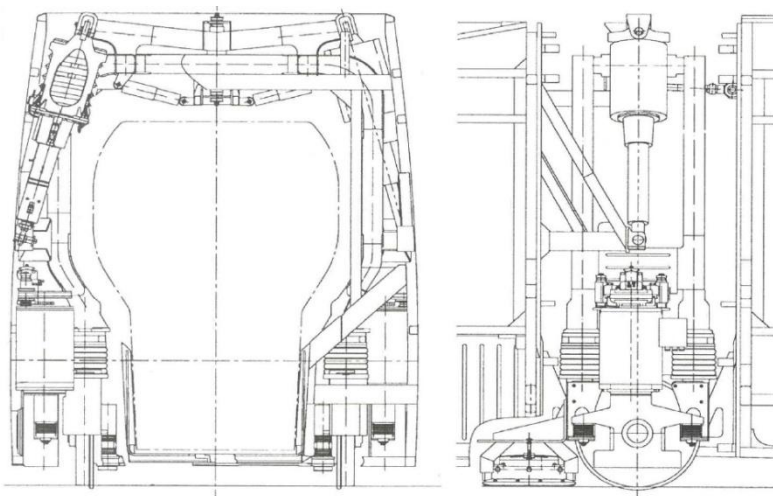
Obr. 26 - Přední pohled



Obr. 27- Pohled z perspektivy

7.2 Podvozky

K pohonu vozu jsou mezi jednotlivými články použity jednoosé podvozky (Obr. 28), na kterých spočívá portálový rám s pojezdy. Rozteč portálů, na kterých jsou pružně zavěšeny jednotlivé články, činí 5 600 mm. Na prvním a čtvrtém článku jsou dále použity dvouosé plně otočné trakční podvozky (Obr.



Obr. 28 - Jednoosý podvozek [14]

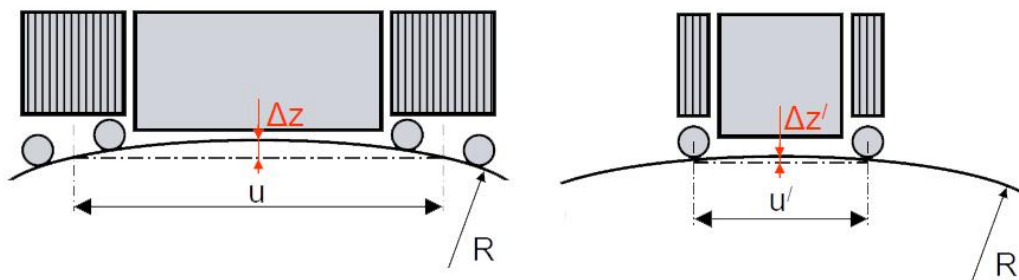
29). Podvozky jsou umístěny co nejvíce ke kraji jednotlivých článků. Každé kolo krajních podvozků je poháněno vlastním nábojovým motorem a výkonu 46kW. Jednoosé podvozky jsou poháněny vertikálně zabudovanými motory, které nejsou umístěny pod podlahou, ale za bočním krytem. Výkon jednoosých podvozků je 80kW. Technologie pohonu umožňuje šetřit elektrickou energii rekuperací kinetické energie při brzdění zpět na využitelnou elektrickou energii



Obr. 29 - Krajní podvozek [13]

Výhodou zkrácení vzdálenosti podvozků z obvyklých 9 až 11 m na 5 až 6 m a použití jednoosých podvozků mezi články má za následek snížení vzepětí oblouku nad tětivou. Díky tomuto opatření lze snížit výšku podlahy z tradiční hodnoty 350 mm na hodnotu 200 mm. Nevýhodou použití pouze jednoosých podvozků oproti klasickým

konceptům, je rozložení hmotnosti na jednotlivé nápravy, kdy z důvodu menšího celkového množství je vyšší.



Obr. 30 - Snížení vzepětí oblouku nad tětivou [14]

7.3 Výhled z vozidla



Obr. 31 - Boční okna

Pro zajištění světelného komfortu cestujících je velká část plochy bočnic tramvaje vyplněna panely oken. Okna začínají ve výšce 880 mm a končí ve výšce 2120 mm nad podlahou tramvaje. Díky těmto rozměrům poskytují dostatečný výhled nejen pro osoby sedící, ale zároveň pro osoby stojící. Jedná se o jednoduchá skla, zasklená lepením pomocí tmelu. Tato metoda zaručuje úplnou vodotěsnost a dokonalý vnější vzhled tramvaje. Jak vyplynulo ze zkušeností ostatních výrobců, přestože je tramvaj plně klimatizována, je zároveň vybavena okny s horní výklopnou částí určenou pro větrání. Tyto okna jsou rovnoměrně rozložena po obou stranách tramvaje. Výklopná část je v zavřené a otevřené poloze zajištěna pomocí pružin v krajních polohách a dovoluje vyklopení o 30°.

Čelní sklo prvního článku je zaskleno bezpečnostním vrstveným sklem determálním, které je pro lepší těsnost vybaveno pryžovým těsněním podél okna. Vrstvené tónované determální sklo je tvořeno jednou nebo několika fóliemi PVB. Tyto vrstvy zajišťují protihlukovou izolaci a ochranu proti ultrafialovému záření. Zároveň čelní sklo zadržuje tepelné záření a tím zabraňuje nadměrnému zahřívání interiéru.



Obr. 32 - Čelní sklo

Z důvodu lepšího rozložení hmotnosti je elektrická výzbroj umístěna na střeše prvního a čtvrtého článku, kde se nachází dvouosé trakční podvozky. Pro lepší světelný komfort cestujících je druhý a třetí článek vybaven částečně panoramatickou střechou. Ta je tvořena třemi podélnými okny na každé straně článku, mezi kterými vede tunel široký 600 mm pro vedení kabeláže tramvaje a zároveň slouží jako základna pro ukotvení stropu s nutným větráním a osvětlením tramvaje. V případě nehody a převrácení tramvajové vozu můžou plnit funkci nouzových východů. K rozbití oken slouží bezpečnostní kladívka, která jsou rovnoměrně rozmístěna na sloupcích tramvaje. Kladívka jsou upevněna lankem s navíjecím zařízením k zajištění proti krádeži. Panoramatická střecha je pro lepší tepelný komfort vybavena technologií Magic Sky Control [12], která umožňuje po stisknutí příslušného ovladače, průhledná okna ztmavit. Magic Sky Control využívá fyzikálních principů deskových kondenzátorů, kdy kondenzátory prochází elektrický proud, částice se rozestoupí a sklo se zprůhlední. Po přerušení dodávky elektřiny se částice rovnoměrně rozmístí po celé ploše díky působení gravitace a okno se opět zatmaví. Díky tomu okna tepelně izolují a brání prostupu UV a infračervenému záření. Nevýhodou panoramatické střechy je nutnost častého čištění z důvodu znečištění od spadlého uhlíku ze sběrače.



Obr. 33 - Panoramatická střecha

7.4 Zrcátka a kamerový systém

Tramvajové vozidlo je vybaveno dvojicí vnějších zrcátek s elektrickým ovládáním a vyhříváním. Pro lepší přehlednost je tramvaj dodatečně vybavena trojicí kamer. První dvě jsou umístěny na prvním článku a další je umístěna na třetím článku pro lepší přehled o dění v zadní části tramvaje. Tramvaj je dále vybavena kamerovým systémem, který monitoruje vnitřní prostor. Kamery jsou umístěny vždy nad vstupními dveřmi a zaručují dokonalý přehled během nastupování a vystupování. Záznam se zobrazuje na monitorech umístěných v horní části kabiny řidiče tak, aby nerušily výhled z vozidla a zároveň byly dobře vidět z pozice řidiče.



Obr. 34 - Zpětné zrcátko a kamera

7.5 Vstupní dveře

Tramvaj je vybavena čtyřmi dvoukřídlymi vstupními dveřmi, vždy jedny na každém článku. Jedná se o dveře předsvuné s elektrickým mechanismem otevírání, s možností ručního nouzového otevření. Křídla dveří jsou tvořena svařovaným rámem z Al profilů, vyplněna bezpečnostním sklem a po okrajích vybavena pryžovým těsněním pro dokonalou těsnost. Bezpečnostní sklo je do rámu dveří vloženo lepením pomocí tmelu. Ovládání dveří je zajištěno nezávisle na sobě z pozice řidiče nebo pomocí dvojice dotykových tlačítek ve výšce 880 mm respektive 1160 mm nad podlahou tramvaje. Dveře jsou ve spodní části barevně odlišeny pro usnadnění nástupu a výstupu cestujících.

Technické parametry:

- Šířka dveří 700 mm
- Výška dveří 2200 mm
- Průchozí šířka 1300 mm



Obr. 35 – Vstupní dveře v uzavřené poloze

Pro usnadnění nastupování osobám na invalidním vozíku jsou dveře druhého a třetího článku vybaveny elektricky výsuvnou plošinou, která je umístěna pod podlahou a nezasahuje do prostoru pro cestující. Tato plošina o rozměrech 900x600x20 mm je vyrobena ze slitiny hliníku, která vyniká svou pevností při zachování nízké hmotnosti. Vrchní část plošiny je opatřena protiskluzovým povrchem z pryže. Maximální přípustný sklon nájezdové plošiny je 12° a dovolené zatížení 400 kg. Plošina je při vysouvání doprovázena akustickým signálem a vybavena mechanismem, který v případě kontaktu s překážkou zastaví její pohyb.



Obr. 36 - Vstupní dveře v otevřené poloze



Obr. 37 - Vstupní dveře s vysunutou plošinou

7.6 Informační panely

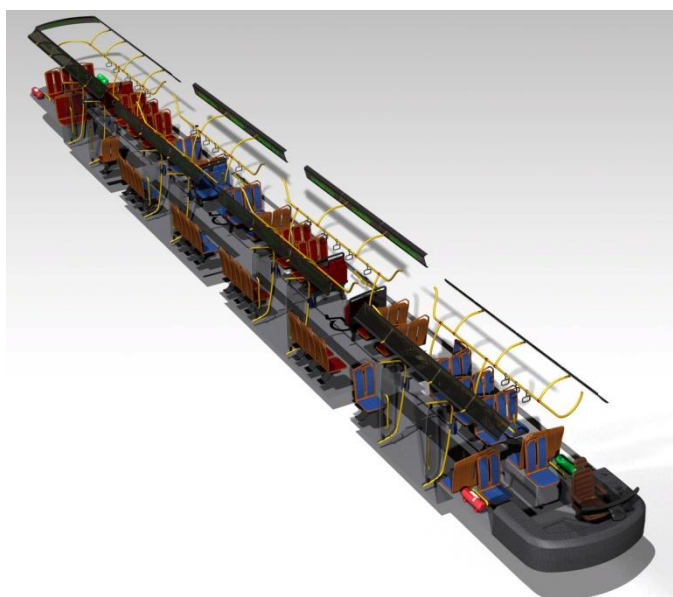
Informační panely jsou dnes nedílnou součástí dopravních prostředků hromadné dopravy. Z toho důvodu je tramvaj vybavena čtyřmi externími panely, které jsou umístěny vždy po jednom na každém článku. Dva větší (Obr. 38) jsou umístěny v horní části prvního a posledního článku a zobrazují číslo linky a finální zastávku. Informace jsou dobře čitelné i na



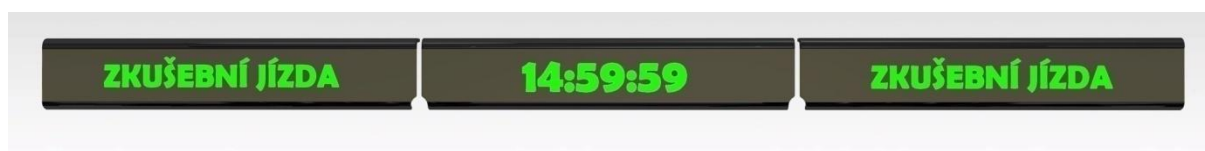
Obr. 38 - Přední informační panel

větší vzdálenosti pro cestující čekající na zastávce. Samotné panely nenarušují výhled z vozidla. Další dva jsou umístěny na druhém a třetím článku a informují cestující na zastávce o aktuální a nadcházející zastávce.

Pro cestující jsou v prostoru interiéru umístěny multimediální informační panely (Obr. 40), které jsou instalovány v horní polovině a kopírují obvod celé tramvaje. Panely střídavě zobrazují cílovou a následující stanice a další základní informace jako je čas nebo venkovní teplota. Zároveň můžou být použity pro reklamní sdělení, které postupně projede celou tramvaj. Jedna se o transparentní OLED (Organic light emitting diode) displeje, které umožňují zobrazit informace s až 80% průhledností světla. Díky průhlednosti panely napomáhají k pocitu vzdušnosti interiéru.



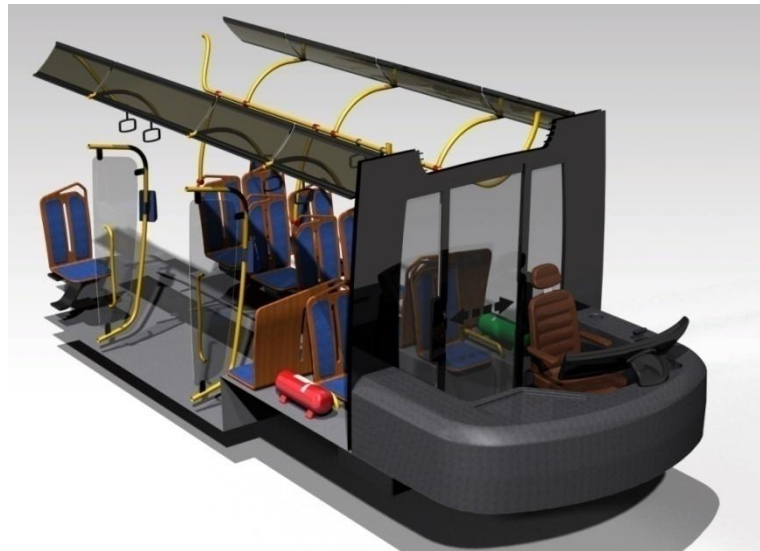
Obr. 39 - Rozmístění informačních panelů



Obr. 40 - Multimediální informační panely

7.7 Kabina řidiče

Jedním z nejdůležitějších bezpečnostních prvků tramvaje je řidič. Stanoviště řidiče je od prostoru pro cestující odděleno pomocí mezistěny s posuvnými dveřmi (Obr. 41). Mezistěna a posuvné dveře jsou zhotoveny z Al profilů, které jsou z větší části prosklené. Dveře se posouvají pomocí lineárního vedení, které je umístěno v horní a dolní části a zajišťuje posuvný pohyb křídla dveří. Dveře jsou vybaveny madly vždy po jednom na každé straně a zámek pro zajištění dveří. Šířka dveří je 660 mm, což splňuje základní požadavek na minimální rozměr vstupních dveří. Výškový rozdíl mezi podlahou cestujících a stanovištěm řidiče je řešen pomocí schodu. Schod je vysoký 200 mm a hluboký 300 mm, což splňuje požadavky na rozměry schodů, které činí 120 – 250 mm, respektive minimální hloubka 200 mm.



Obr. 41 - Kabina řidiče

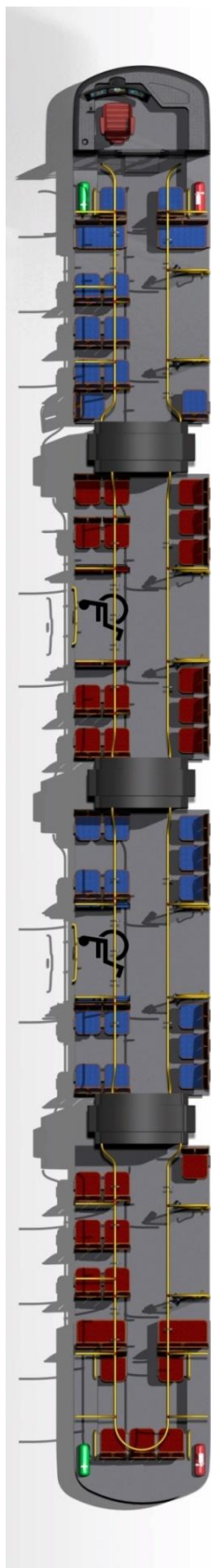


Obr. 42 - Palubní pult

V tramvaji je použita plně odpružená sedačka s nastavitelnou opěrkou. Opěrka umožňuje nastavení přesně podle představ řidiče, pro uvolnění těla. Sedačka dále dovoluje velký rozsah otáčení pro

maximální volnost pohybu. Oproti původnímu návrhu je sedačka jemně vychýlena z podélné osy, z důvodu usnadnění vstupu do kabiny. Před sedačkou se nachází palubní pult (Obr. 42), který je umístěn v ergonomicky optimální poloze tak, aby nebránil výhledu z vozu. Na palubním pultu se nachází centrální monitor, který zobrazuje veškeré aktuální provozní informace. Vedle centrálního monitoru jsou umístěny další dva, na kterých se nachází ovladače pro ovládání tramvajového vozu. Po levé straně ve směru jízdy se nachází páka, přes kterou je regulována rychlost vozu. V horní části kabiny se nachází trojice monitorů, které slouží pro kontrolu nástupu a výstupu a dění v tramvaji.

7.8 Uspořádání interiéru



Obr. 43 – Varianta č. 1

Při návrhu uspořádání interiéru bylo dbáno na bezpečnost a pohodlí cestujících. Pro lepší rozložení hmotnosti na jednotlivé nápravy a umožnění pohybu cestujících byla zvolena koncepce sedaček 2 + 1. Jednotlivé návrhy zobrazují možné uspořádání sedaček a tyčí, kdy minimální požadovaný rozměr mezi sedadly byl zvolen 720 mm. Dále se zaměřuje na další možné využití prostoru pro osoby na invalidním vozíku nebo osob s kočárky.

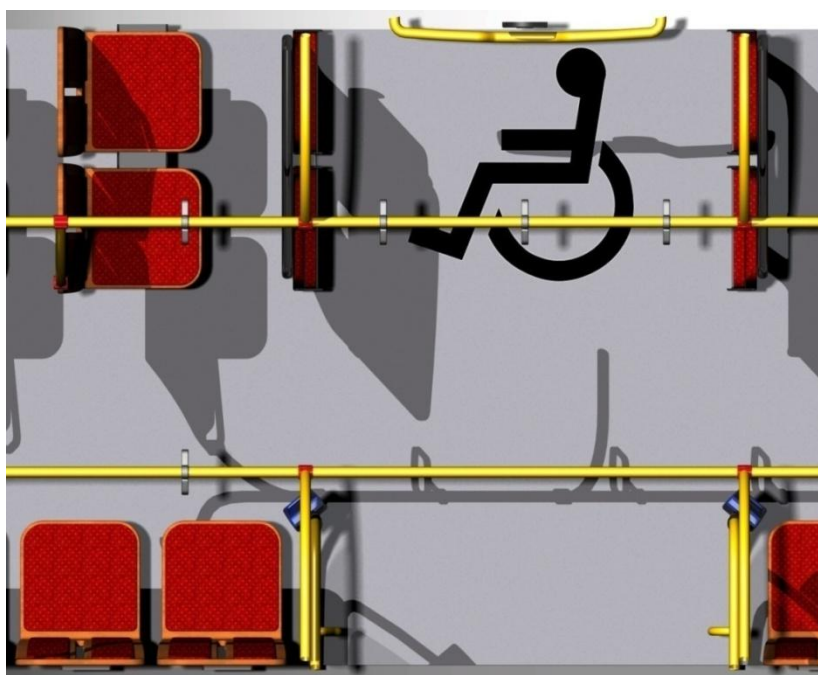
7.8.1 Varianta č. 1 – Základní uspořádání

Tato varianta zobrazuje základní uspořádání rozmístění sedaček tramvaje. Sedačky jsou po celé délce vozu tramvaje v poměru 2 + 1. Druhý a třetí článek poskytují prostor pro osoby na invalidním vozíku nebo osoby s kočárkem. Tento prostor o rozměrech 1 640 x 900 mm je umístěn naproti vstupním dveřím a je dále vybaven komunikačním panelem (Obr. 44), který je umístěn ve střední části pod lištou okna. Na panelu jsou umístěna dvě tlačítka a mikrofon. První tlačítko slouží pro zastavení a upozornění řidiče o výstupu a druhé slouží ke komunikaci s řidičem.

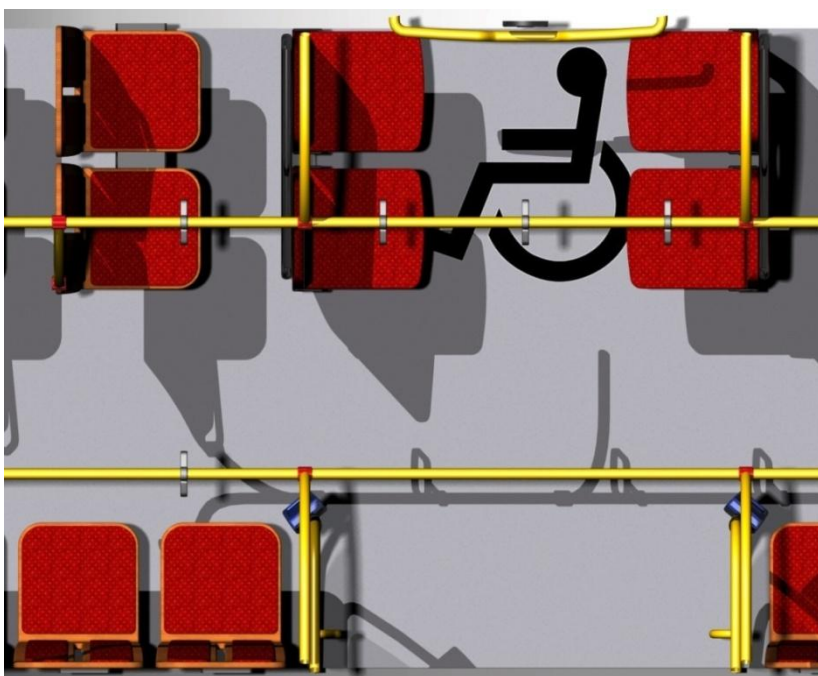


Obr. 44 - Komunikační panel

Z důvodu omezené uličky v místě, kde do prostoru pro cestující zasahují krajní podvozky, jsou na těchto místech použity lavice. Tyto lavice mohou být použity pro matky s dítětem nebo osoby se sníženou pohyblivostí. V posledním článku je na místě podvozku vytvořen oddělený salónek, který z důvodu omezeného prostoru není dostatečně využit. Hlavní nedostatek je v nevyužitém prostoru za zadními sedačkami. V prvním a posledním článku jsou umístěny lékárničky a hasicí přístroje. Výsledný počet míst k sezení je 52, která mohou být dále rozšířena o 8 sklopných sedaček (vždy po 4 sedačkách v každém článku) umístěných v prostoru pro invalidní vozík (Obr. 45 a 46).



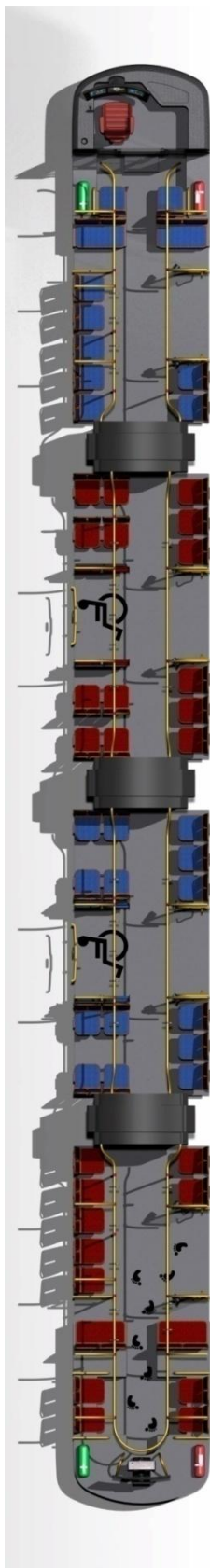
Obr. 45 - Sedačky v základní poloze



Obr. 46 - Sedačky ve sklopené poloze

7.8.2 Varianta č. 2 – Informační panel

Tato varianta se od základní varianty liší uspořádáním sedaček prvního a posledního článku. Příčné sedačky byly nahrazeny podélnými. Maximální počet míst k sezení byl snížen o dvě sedačky na výslednou hodnotu 50 míst. Díky tomu byla zvýšena průchodnost prvního a čtvrtého článku a zároveň se zvýšila přepravní kapacita stojících cestujících. Hlavní změny nastaly v posledním tedy čtvrtém článku, kdy byla snaha o lepší využití prostoru za zadními sedačkami. Původní myšlenka směřovala k vytvoření prostoru pro stojící cestující. Z této myšlenky bylo záhy odstoupeno ze dvou hlavních důvodů. První je omezená výška, která činí 1 800 mm mezi podlahou a centrálním osvětlením. Druhý důvod byl možný kontakt mezi cestujícími na sedačkách sousedících s daným prostorem a nečistotami v zimním období, kdy se na podlaze udržuje nečistota. Proto byla vytvořena varianta, kdy v zadní části je umístěn informační kiosek (Obr. 47). Informační kiosek poskytuje cestujícím základní připojení k internetu a umožňuje vyhledávání navazujících spojů, informace o městě nebo vyhledávání různých historických památek a zajímavostí. Volné plochy u zadních sedaček lze využít pro odložení batohu a tašek s nákupy. Takto vybavená tramvaj je od ostatních tramvají odlišena velkým informačním logem (Obr. 49) umístěným na boku posledního článku.



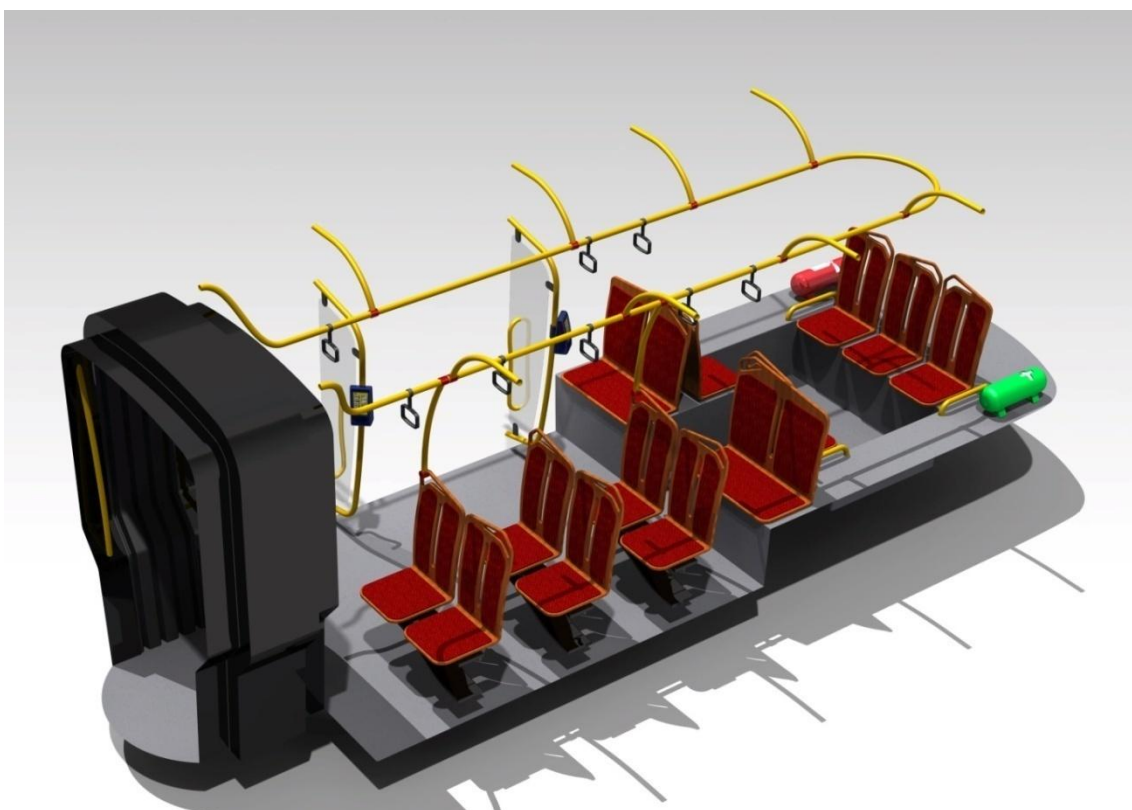
Obr. 48 - Varianta č. 2



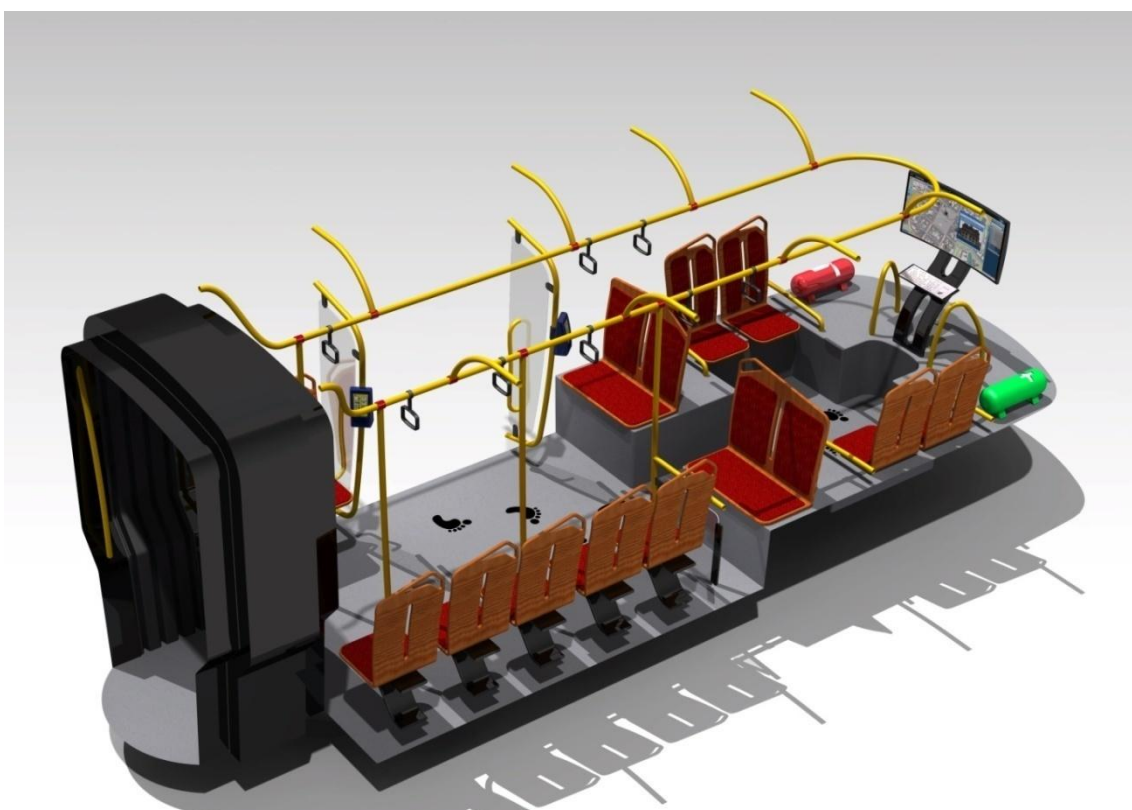
Obr. 47 - Informační kiosek



Obr. 49 - Informační logo čtvrtého článku



Obr. 50 - Čtvrtý článek - varianta č. 1



Obr. 51 - Čtvrtý článek - varianta č. 2

7.9 Tyče a madla

Tyče jsou zkonstruovány a namontovány tak, aby nepředstavovaly žádné nebezpečí zranění pro cestující ve vozidle. Vodorovné tyče se skládají vždy z jedné nosné tyče, která je připevněna na začátku a na konci článku tramvaje. Vodorovné přídržné tyče jsou v první variantě vyztuženy menšími tyčemi, které jsou střídavě připevněny k bočnici tramvaje a k sedačkám cestujících.



Obr. 52 - Rozmístění tyčí

Díky tomuto opatření není žádná tyč připevněna k podlaze a prostor zůstává volný pro snazší údržbu. Tyče jsou vyrobeny z materiálu 11 373 a jsou opatřeny kontrastní barvou. Druhá varianta se od první liší opět v prvním a čtvrtém článku, kde jsou z důvodu umístění vodorovných sedaček příčné tyče připevněny k podlaze. V prostoru dveří jsou po obou stranách umístěny prosklené zástěnky, které slouží jako ochrana přilehlých sedaček a zároveň jsou na nich umístěny automaty na jízdenky. Po celé délce vozu jsou vodorovné tyče ve výšce 1 900 mm a jsou vybaveny madly pro snížení výšky tyče. Průměr tyčí je 40 mm. Mezera mezi zábradlím a přilehlou částí autobusu je minimálně 40 mm široká.



Obr. 53 - Automat na jízdenky

8 Technicko-ekonomické zhodnocení

V dnešní době, kdy se tramvajová doprava stala nedílnou součástí každého většího města, se kladou stále větší požadavky na kvalitu daného výrobku. Kvalita výrobku není dána pouze vlastními parametry, ale záleží také na ekonomickém hledisku. Z toho důvodu musíme při konstrukčním nebo designovém návrhu brát v potaz poměr mezi kvalitou produktu a ekonomickou stránkou. Tedy poskytnout produkt, který předčí konkurenci technickou vyspělostí, kvalitou a zároveň nezapomíná na ekonomickou stránku věci.

Tramvajový vůz byl navržen s důrazem na maximální pohodlí cestujících během cesty. Z toho důvodu byla navržena koncepce s dvěma krajními otočnými podvozky a třemi jednoosými podvozky, která zaručuje 100% nízkou podlahu ve výšce 300 mm po celé délce vozu s možností snížení druhého a třetího článku na hodnotu 200 mm. Komfortu cestujících dále přispívá velké prosklení a optimálně rozložený interiér, vybavený klimatizační jednotkou a multimediálními informačními panely po celé délce tramvaje. Tramvaj dále nabízí částečně panoramatickou střechu druhého a třetího článku, která vylepšuje optimální světelnou pohodu cestujících.

Základní parametry tramvajové vozu (základní uspořádání):

• <i>Uspořádání</i>	Jednosměrná	
• <i>Rozchod</i>	1 435	[mm]
• <i>Délka</i>	24 400	[mm]
• <i>Šířka</i>	2 400	[mm]
• <i>Výška</i>	3 020	[mm]
• <i>Podíl nízké podlahy</i>	100	[%]
• <i>Maximální výkon</i>	644	[kW]
• <i>Maximální rychlost</i>	60-80	[km/h]
• <i>Počet sedadel</i>	52+8	
• <i>Počet míst pro stojící cestující 8os./m²</i>	182	
• <i>Celkový počet cestujících</i>	242	
• <i>Hmotnost prázdného vozu</i>	30 000	[kg]
• <i>Hmotnost obsazeného vozu</i>	46 940	[kg]
• <i>Maximální hmotnost na nápravu</i>	6 706	[kg]

Technická vybavenost tramvaje se neomylně promítne do celkové ceny. Konkurenceschopnost produktu na trhu je ovlivněna i cenou produktu, kdy záleží na možnostech a požadavcích budoucího zákazníka. Celkové náklady na výrobu lze snížit použitím univerzálních dílů, které nabízejí externí dodavatelé nebo model ochudit o některé postradatelné prvky výbavy. Další nedílnou součástí je hustota servisní sítě, která zaručuje vysoký standard záručního a pozáručního servisu a dodávek náhradních dílů.

9 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření designové studie, která splňuje nejnovější trendy v oblasti dopravy cestujících.

V průběhu vypracování celé této práce byly postupně splněny všechny vytyčené body zadání. Bakalářská práce byla uvažována jako zjednodušený návod k návrhu tramvajového vozu. Prvním krokem je pohled do historie, kde je v obecné rovině nastíněn vývoj od počátku až do současnosti v oblasti dopravy cestujících. V dalším kroku byla provedena rešerše současného stavu ve výrobě tramvajových vozů se zamyšlením nad možným zlepšením do budoucna. Následuje sjednocení jednotlivých legislativních a konstrukčních požadavků, které jsou kladeny na tramvajové vozy. Legislativní požadavky se liší podle země provozování, proto byly uvažovány pouze požadavky stanovené pro Českou republiku.

Po této části bylo přistoupeno k vlastnímu návrhu. Hlavním cílem bylo usnadnění nástupu a výstupu, a zlepšení komfortu cestujících během cesty. Proto byla zvolena neobvyklá varianta uspořádání podvozků, kde jsou použity jednoosé podvozky mezi jednotlivými články a dvěma dvouosými podvozky umístěných na krajních člancích. Takto zvolené uspořádání využívá výhody jednoosých podvozků a kratších článků, kdy je možné snížit celkovou výšku podlahy druhého a třetího článku. Díky použití krajních dvouosých podvozků je částečně odstraněna nevýhoda jednoosých podvozků, tedy menší maximální přípustné hmotnosti vozidla. Další výhodou je menší vnikání podvozků do prostoru pro cestující. Byly navrženy dvě varianty interiéru, které se výrazně liší pouze v uspořádání prvního a čtvrtého článku. Hlavní nevýhodou krajních článků je menší využití prostoru v zadní části, kde do prostoru vnikají podvozky. Z toho důvodu byla navržena varianta s informačním kioskem, která zajímavým způsobem řeší tento problém a zároveň nabízí další stupeň výbavy pro modernizaci současných tramvají. Interiér tramvaje je moderně navržen a nezapomíná na dopravu osob na invalidním vozíku. Pro tyto účely jsou v tramvaji umístěny dvě plochy, které nabízejí dostatek prostoru pro jeden invalidní vozík a jeho otáčení nebo dva kočárky. Prostory jsou dále vybaveny panelem pro snazší komunikaci s řidičem a čtveřicí sklopných sedaček. Pro lepší optickou pohodu jsou tyto články dále vybaveny částečně panoramatickou střechou s možností rychlého ztmavení. Nedílnou součástí je plně klimatizované prostředí a multifunkční monitory po celé délce vozu.

Pro správné posouzení finálního návrhu by bylo nutné uvedení daného produktu do provozu, kde by se prokázaly jednotlivé klady a nedostatky. Zároveň by se ukázala konkurenceschopnost produktu ve velmi silné konkurenci zavedených výrobců.

Výsledný model byl narýsován v programu CATIA V5R19. Celý model byl modelován pomocí ploch.

10 Použité zdroje

1. KNIŽNÍ PUBLIKACE

- [1] VLK, F. *Stavba motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství VLK, 2003
- [2] DOSTÁL, J, HELLER, P. *Kolejová vozidla I*. Plzeň: ZČU, 2010
- [3] HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla II*. Plzeň: ZČU, 2009
- [4] HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla III*. Plzeň: ZČU, 2011
- [5] CHUNDELA, L. *Ergonomie*. Praha: ČVUT, 2005

2. INTERNETOVÉ ZDROJE

- [6] <http://www.skoda.cz>
- [7] <http://www.pragoimex.cz>
- [8] <http://www.inekon.cz>
- [9] <http://www.alstom.com>
- [10] <http://www.mobility.siemens.com>
- [11] <http://cs.wikipedia.cz>
- [12] <http://www.auto.cz>
- [13] <http://technet.idnes.cz>
- [14] <http://sdp-cr.cz>
- [15] <http://czechdesign.cz>

3. OSTATNÍ ZDROJE

- [16] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/85/ES*
- [17] *Průjezdne průřezy tramvajových tratí ČSN 28 0318*
- [18] *Obrysy pro tramvajová vozidla ČSN 28 0337*

4. POUŽITÝ SOFTWARE

Catia V5R19
Adobe Photoshop CS2
Photo Filtre

11 Seznam příloh

Příloha č. 1 – Ergonomie

Příloha č. 2 – Náčrty

Příloha č. 3 – Rendery 3D modelu - Exteriér

Příloha č. 4 – Rendery 3D modelu - Interiér

PŘÍLOHY

- Příloha č. 1 Ergonomie
- Příloha č. 2 Náčrty
- Příloha č. 3 Rendery 3D modelu - Exteriér
- Příloha č. 4 Rendery 3D modelu - Interiér

PŘÍLOHA č. 1

Ergonomie

Ergonomie

Ergon = práce
Nomos = zákonitost, zákon, pravidlo

Znamená humánní vytváření a uspořádání pracovišť, při respektování lidského činitele. Ergonomie je interdisciplinární systémový vědní obor, který komplexně řeší činnost člověka i jeho vazby s technikou a prostředím. Je ovlivňována širokým záběrem technických a vědních oborů, mezi které patří antropologie, fyziologie, hygiena, psychologie, stejně jako design. Dalšími aspekty jsou geometrické podmínky, mikroklima (teplota, vlhkost), hluková pohoda a také stimulace psychické pohody. Tedy estetika, která má za následek vyvolání žádaného, většinou pozitivního smyslového vjemu. Cílem ergonomie je optimalizovat psychofyzickou zátěž jedince a zajistit tak rozvoj jeho osobnosti. Ergonomie je součástí aktivní bezpečnosti strojů, tedy bezpečnosti, která aktivně zamezuje nehodám.

Ergonomie pracoviště řidiče

Trvale pohodlné sezení není samozřejmostí, proto je třeba navrhnout ergonomicky vhodnou polohu. V historii projektování pracoviště řidiče používali výrobci různorodé pohyblivé šablony, které získaly označení „Oskary“. Proporce těchto šablon se často lišily a hlavní rozměry se u každého výrobce značně odlišovaly. Pro sjednocení rozměrů, vznikla v šedesátých letech v USA na základě rozsáhlých antropologických šetření jednotná, mezinárodně používaná kreslicí šablona a pro měření v reálném prostředí figurína. Figurína umožňuje přímé odečtení všech důležitých úhlových a délkových hodnot (SAE J 826, ČSN 30 0725). Rozměry šablony a figuríny vycházejí v základním nastavení z 50% kumulativní četnosti výskytu populace řidičů (Gaussova křivka). Tyto normy udávají kromě toho nastavení pro 10% a 90% četnosti, z toho můžeme volit seřizovací rozsah sedadla, aby vyhovoval 80% populace, vyloučením 10% nejnižších a 10% nejvyšších řidičů.

Ovládací prvky a dosažitelnost

Pro optimální a bezpečné ovládání stroje uživatelem je důležité, aby ovladače byly rozděleny dle jejich důležitosti. Tedy řešení, aby člověk co nejrychleji a nejpohodlněji uvedl v činnost daný ovladač. Dalším důležitým aspektem je rozlišení různých nebo podobných ovladačů, tedy zamezení případného stisknutí nesprávného ovladače. Samotné ovládání musí vyhovovat lidem různého věku a také osobám tělesně postiženým. Podmínky dosažitelnosti ovladačů, obsluhovaných horními pažemi jsou pro potřebné velikostní skupiny řidičů definovány pomocí plochy, která je vymezena krajními dosažitelnými body v celém operačním prostoru příslušné ruky.

Ergonomie optická a výhled z vozu

Pro stanovení optimální podmínek ve vztahu k příslušným kumulativním četnostem zorných bodů podnikli v USA rozsáhlý fotogrammetrický průzkum. Ten měl za následek vyšetření tvarů a polohy obálek paprsků dělicích rozptylová pole zorných bodů ve zvolených procentuálních poměrech. Tento průzkum umožnil exaktním způsobem projektovat podmínky výhledu pro zvolený procentuální podíl řidičů. Jmenovitě stanovení mezního úhlu výhledu, plochy přístrojové desky zakryté věncem a sloupek volantu, podmínky stínění světelných zdrojů proti vzniku reflexů na čelním skle.

Ergonomie v případě nehody

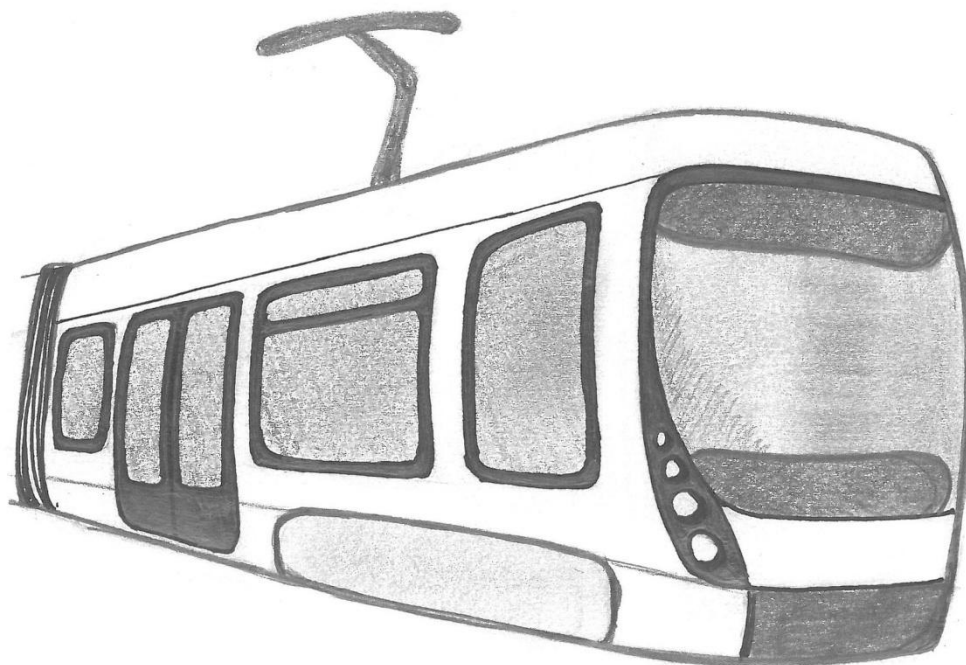
V případě nehody jde především o záchranu života a zdraví, tedy toho nejdůležitějšího. Z hlediska ergonomie je velmi důležité v případě havárie odstranit natrvalo nebo pro danou chvíli veškeré prvky, které mohou svým chováním ohrozit osoby používající daný stroj. V případě dopravního prostředku to znamená odstranění ostrých hran. Dále máme legislativní normy, které nám určují minimální přípustné poloměry v interiéru dopravního prostředku. Menší poloměr znamená větší tlak, který v případě nehody působí na plochu těla. Interiér se velmi odvíjí z mezních hodnot pro jednotlivé části těla, které určují výsledný tvar. Dalším kritériem je příprava na neřízený pohyb cestujících za působení setrvačných sil. Setrvačná síla je zdánlivá síla, která nás v případě nehody vrhá ve směru nárazu. Síla roste se čtvercem rychlosti, to znamená, že pokud se rychlost zvýší dvakrát, setrvačná síla bude v případě nárazu působit na těleso čtyřnásobně.

PŘÍLOHA č. 2

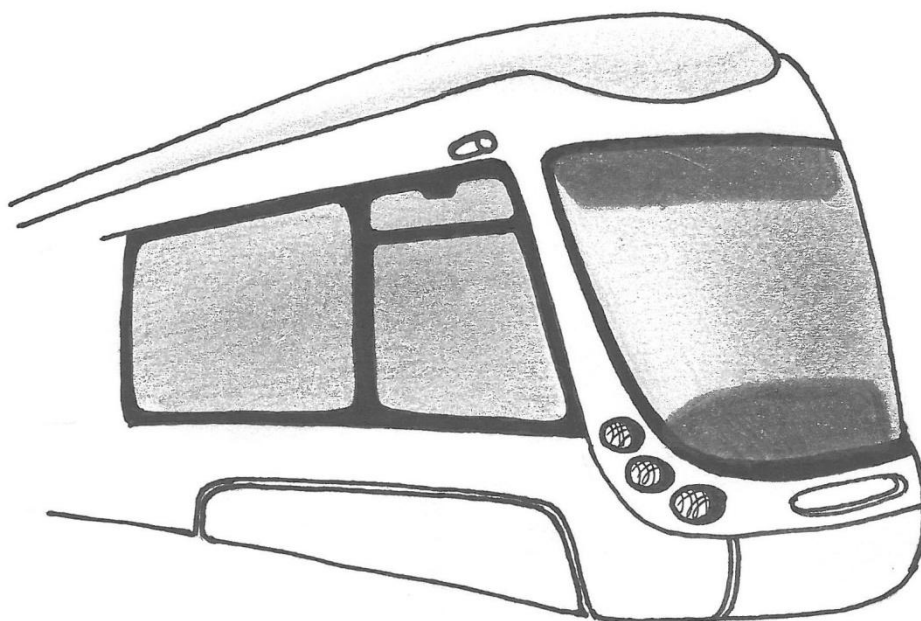
Náčrty



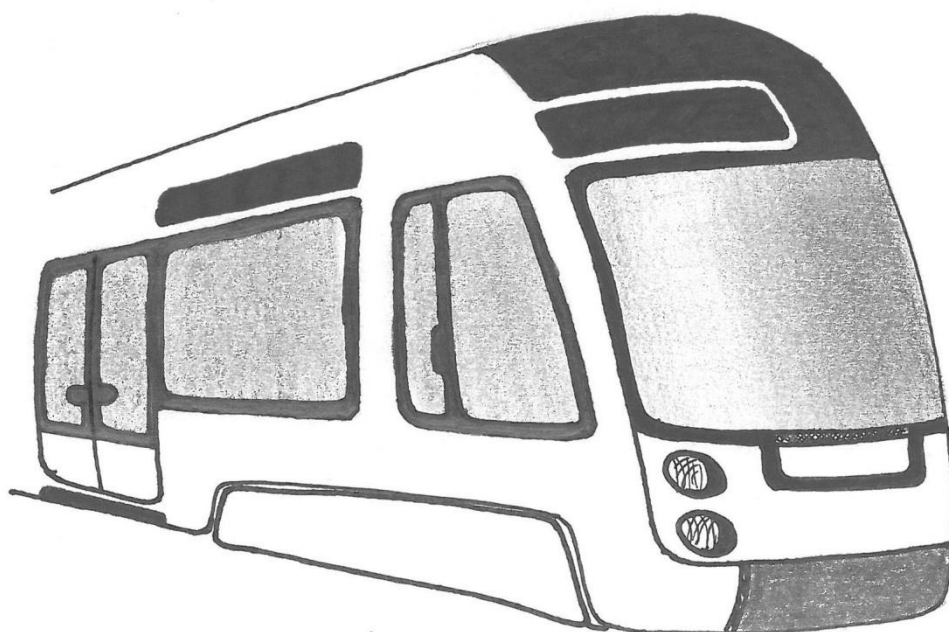
BP KKS 05 - 1



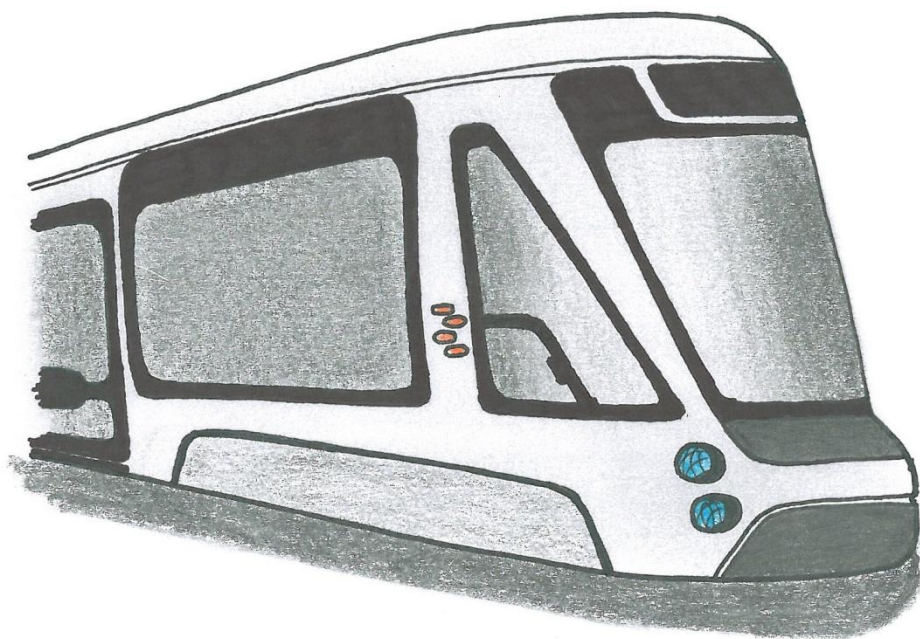
BP KKS 05 - 2



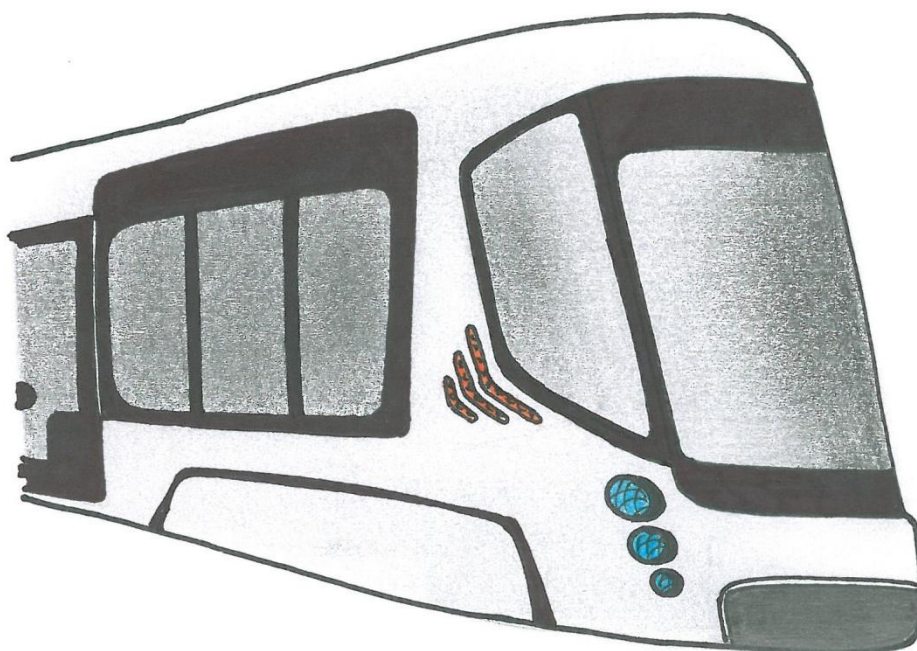
BP KKS 05 - 3



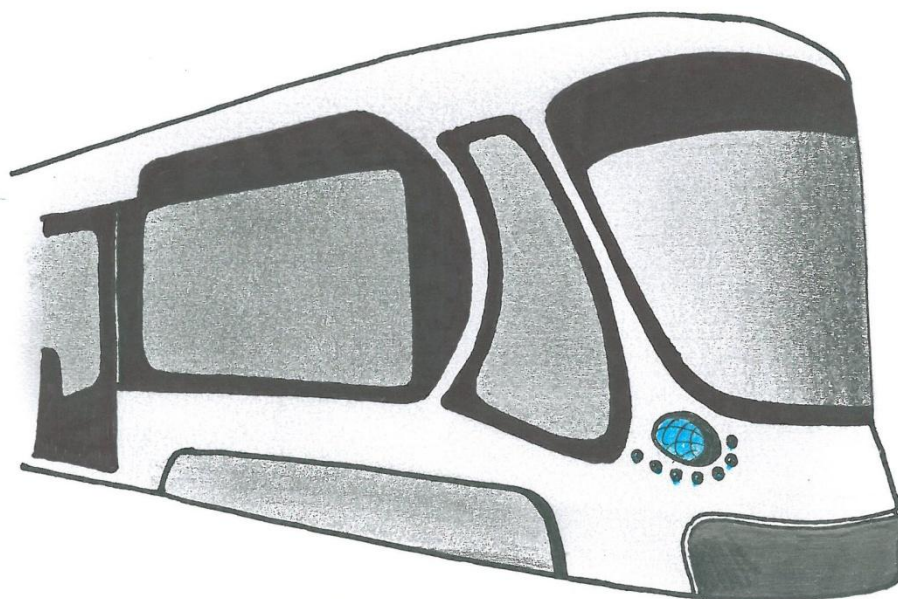
BP KKS 05 - 4



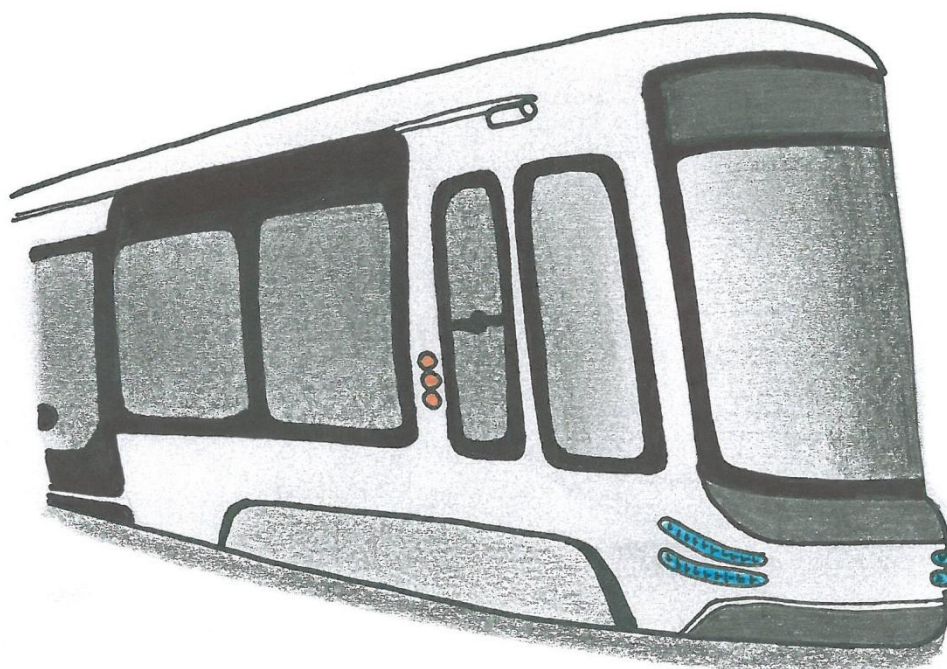
BP KKS 05 - 5



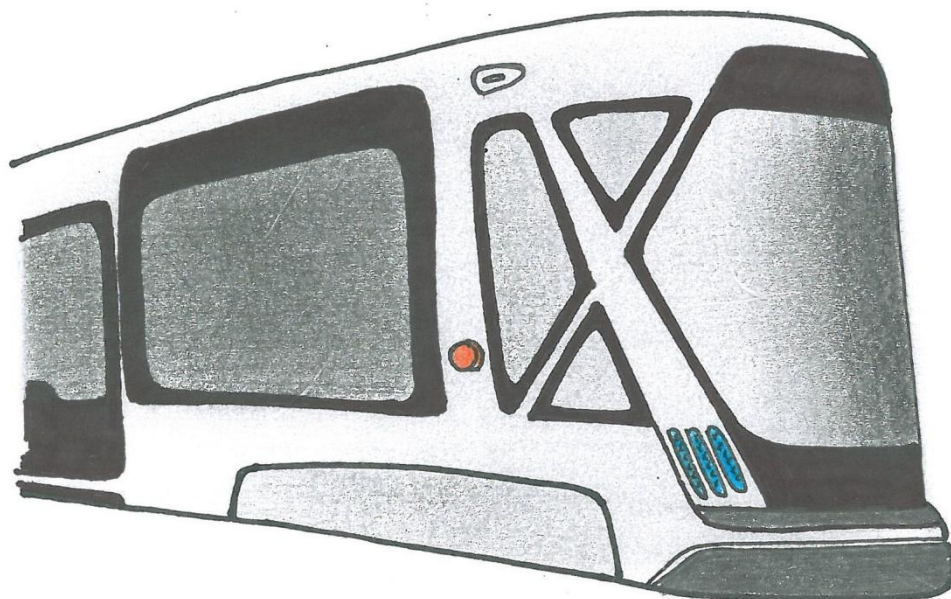
BP KKS 05 - 6



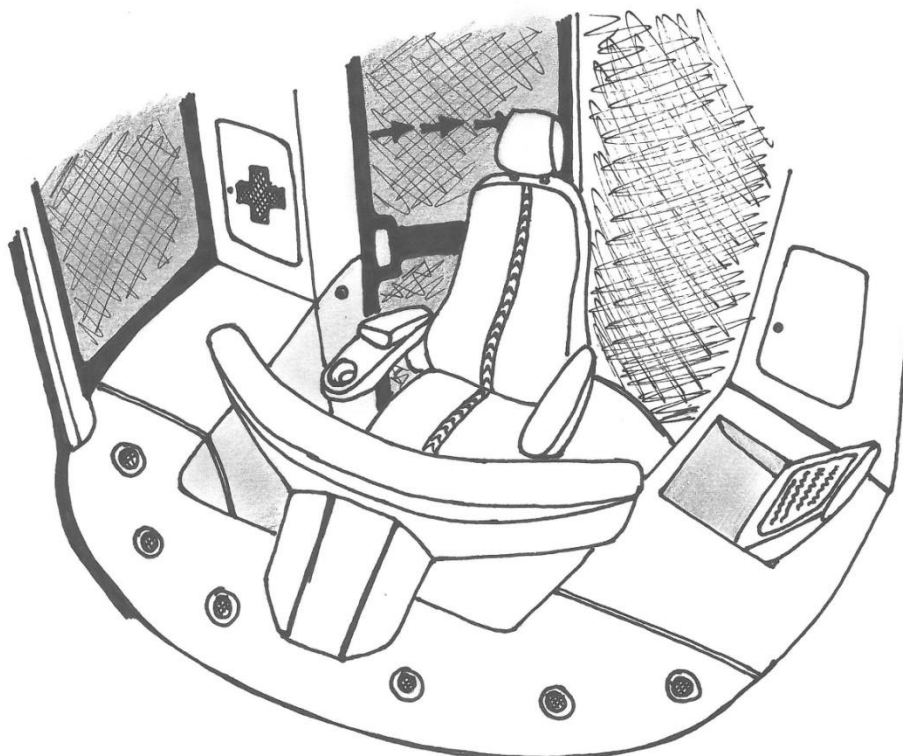
BP KKS 05 - 7



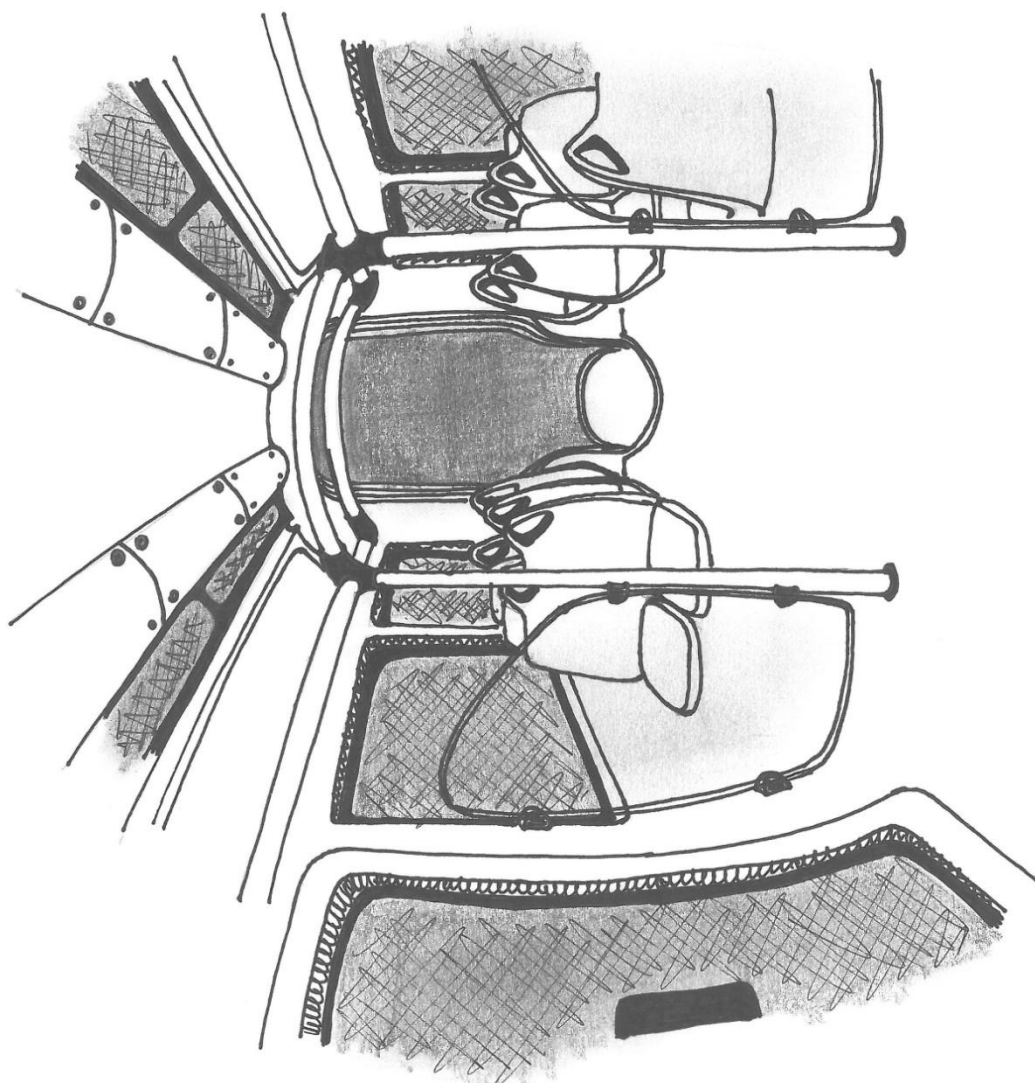
BP KKS 05 - 8



BP KKS 05 - 9



BP KKS 05 - 10



BP KKS 05 - 11

PŘÍLOHA č. 3

Rendery 3D modelu - Exteriér



Obr. 54 - barevná kombinace č. 1



Obr. 55 - Barevná kombinace č. 2



Obr. 56 - Barevná kombinace č. 3



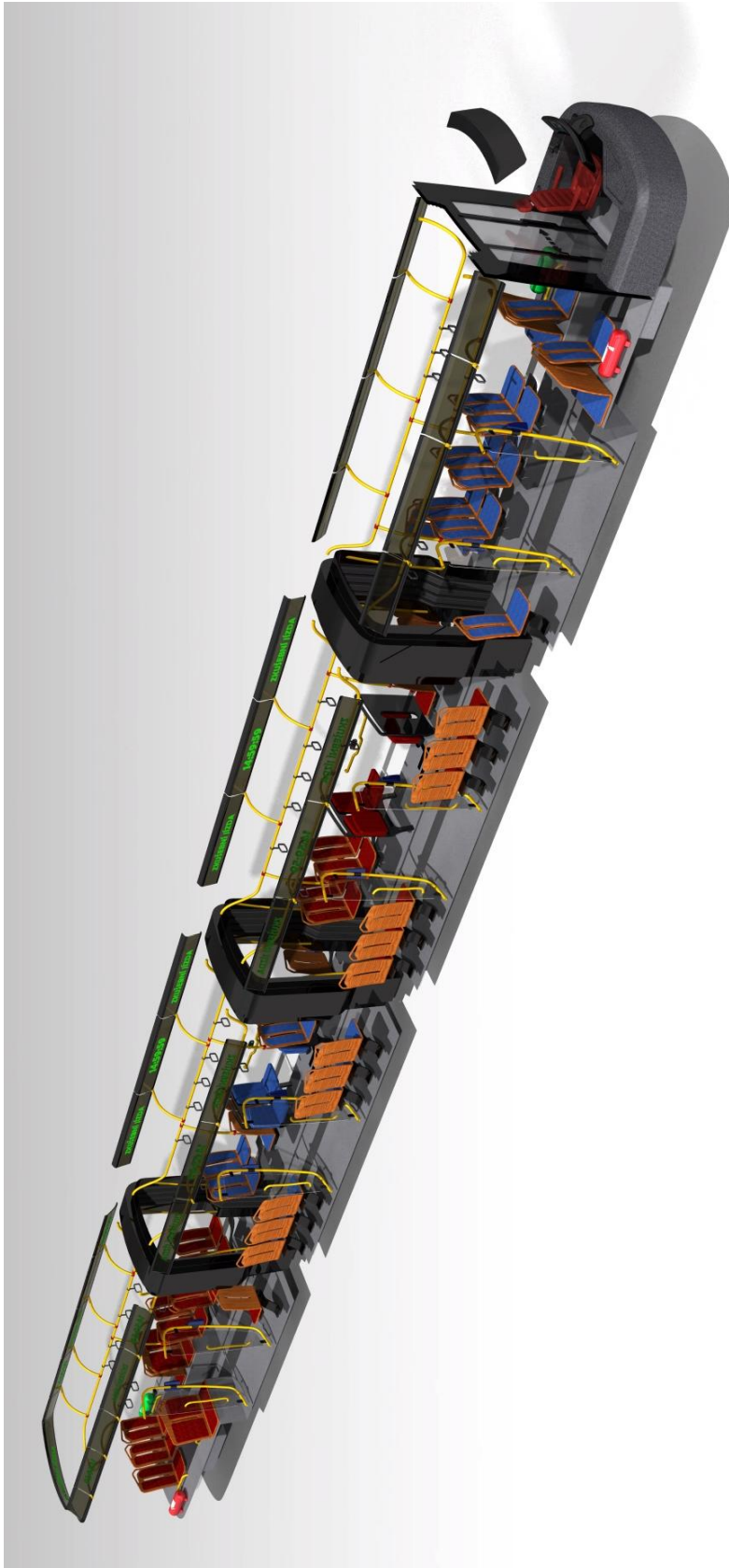
Obr. 57 - Barevná kombinace č. 4



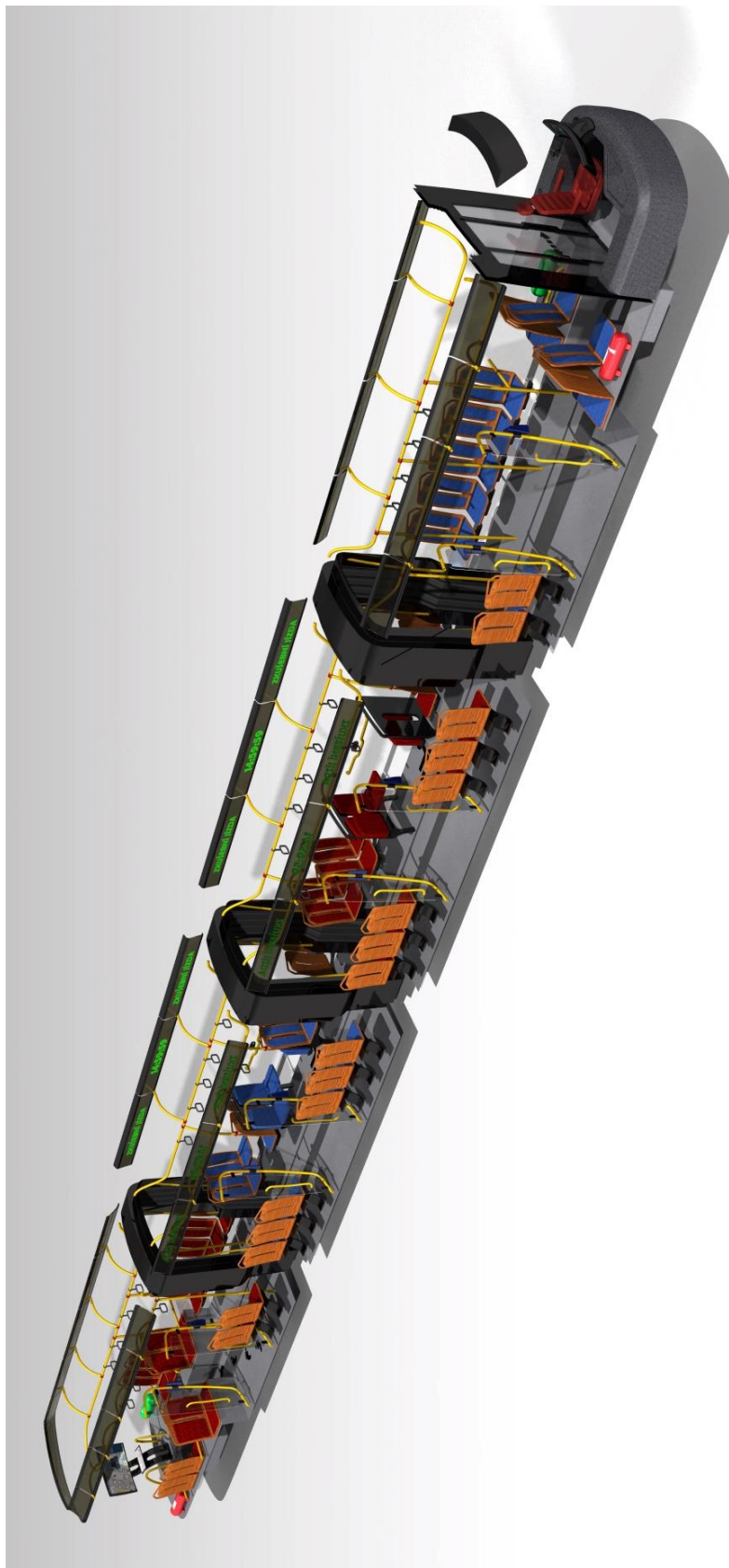
Obr. 58 - Zadní pohled

PŘÍLOHA č. 4

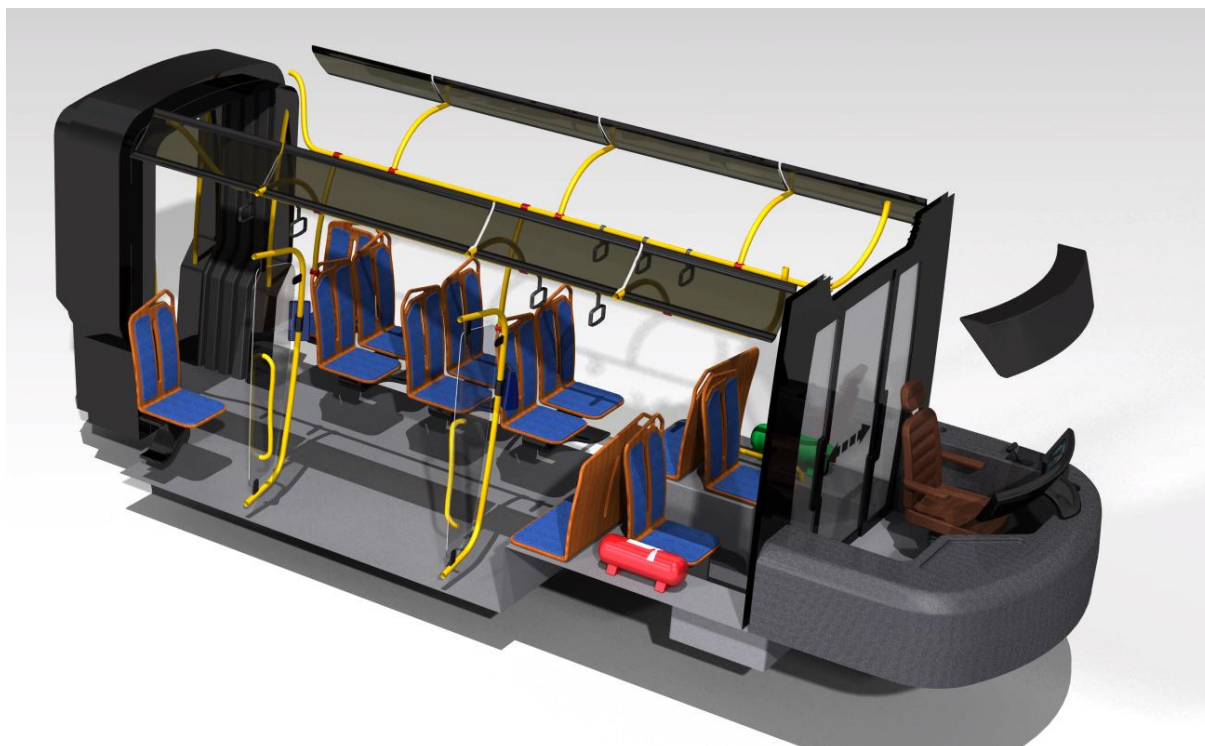
Rendery 3D modelu - Interiér



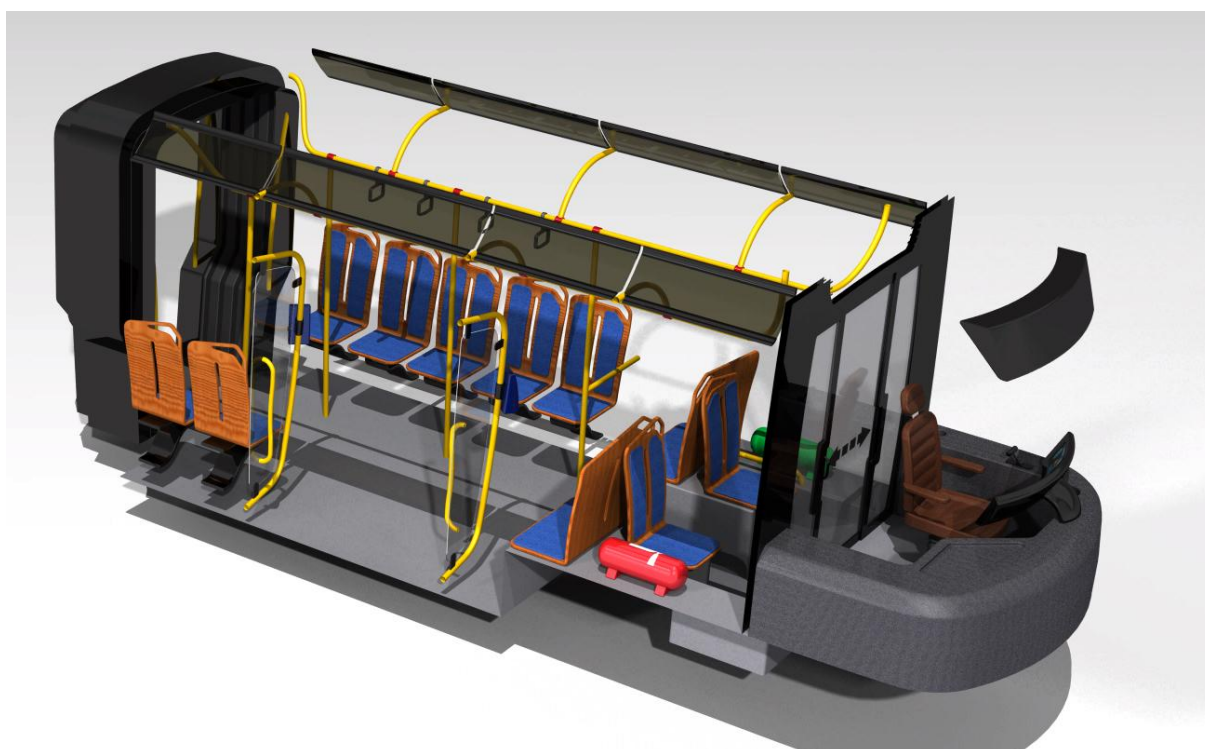
Obr. 59 - Interiér - varianta č. 1



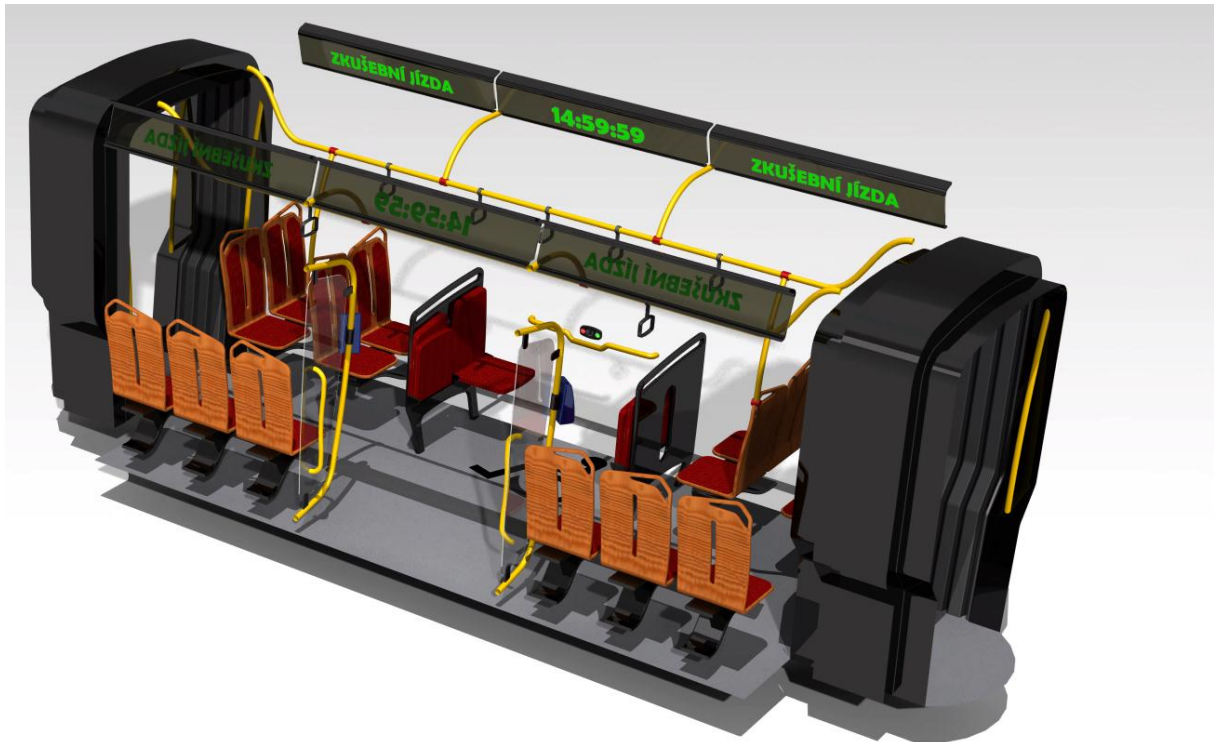
Obr. 60 - Interiér - varianta č. 2



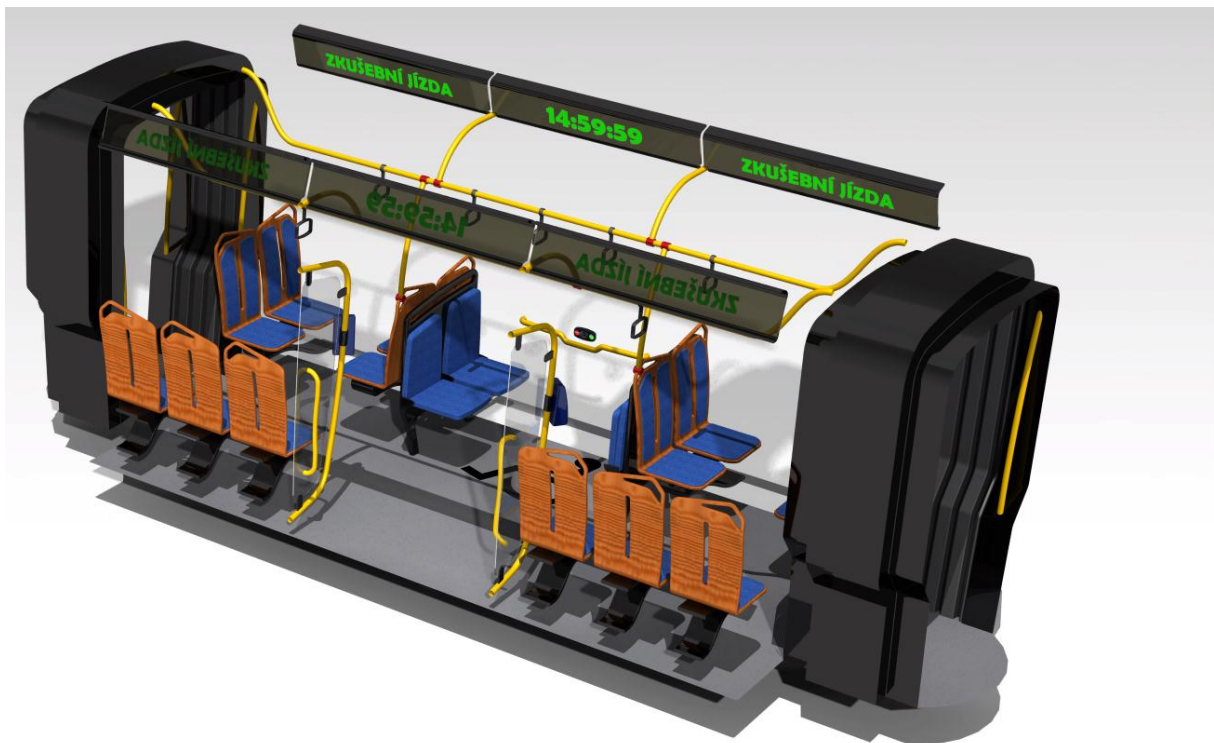
Obr. 61 - První člunek - varianta č. 1



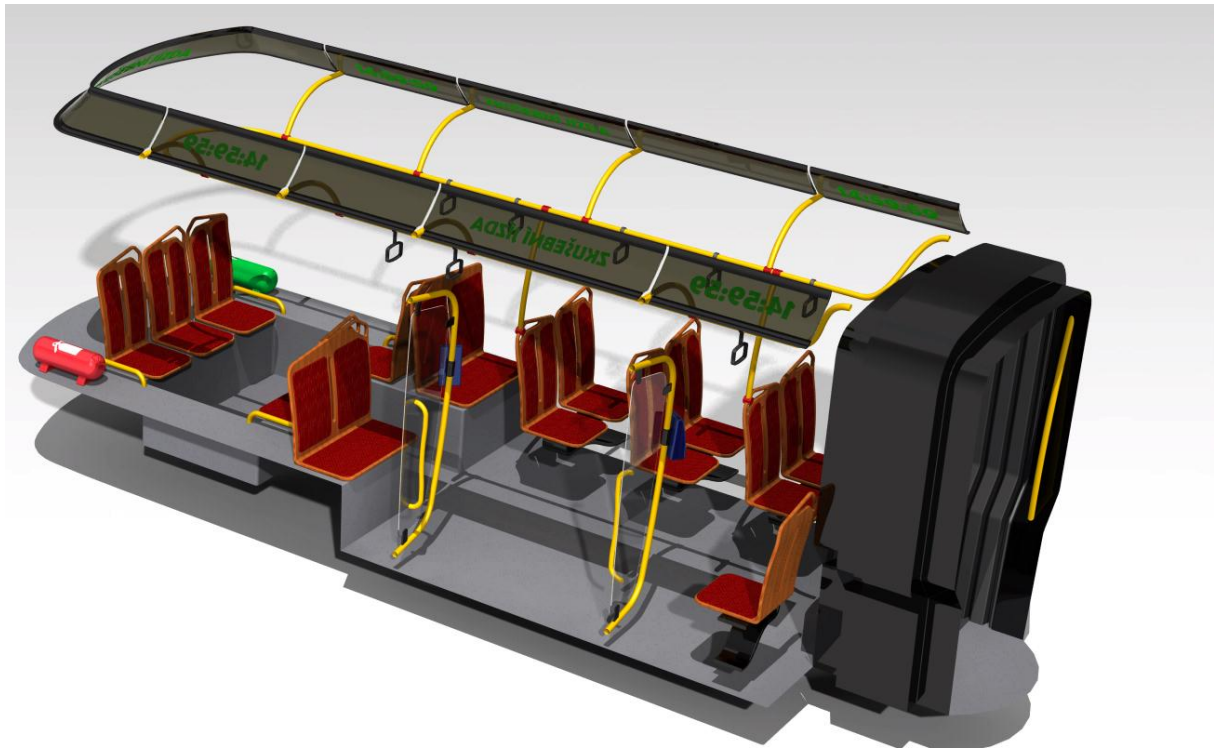
Obr. 62 - První člunek - varianta č. 2



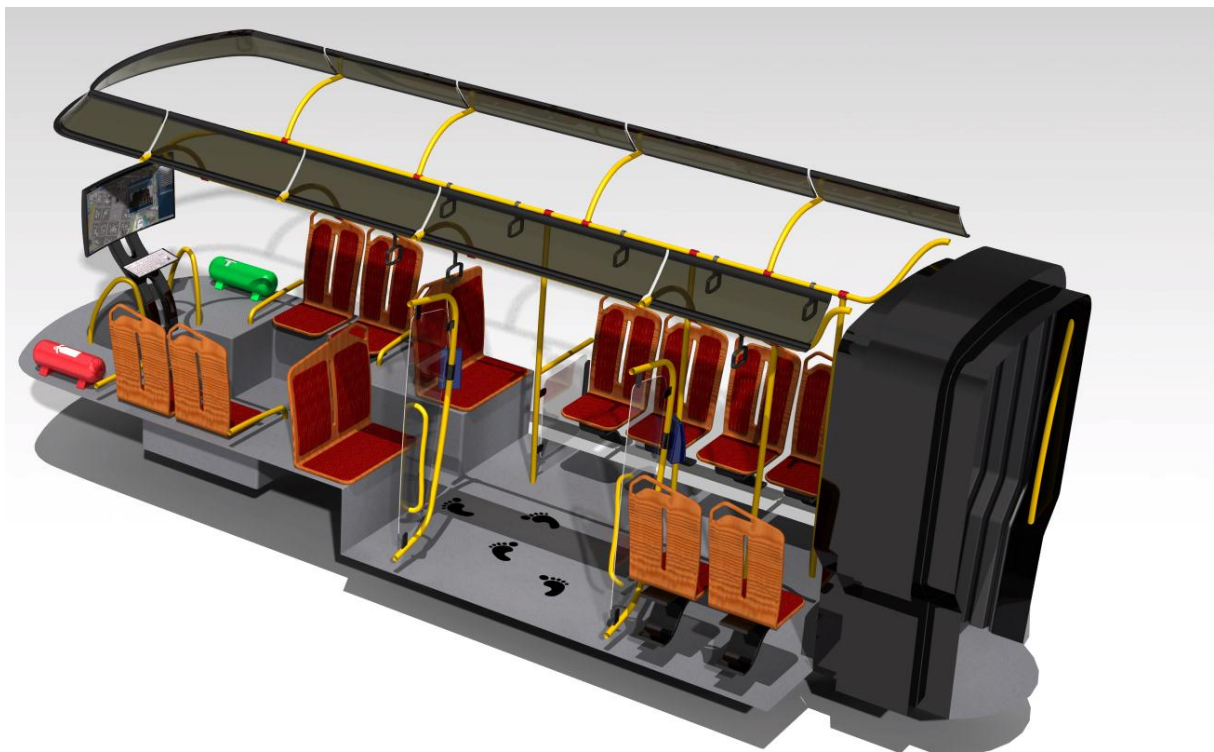
Obr. 63 - Druhý článek



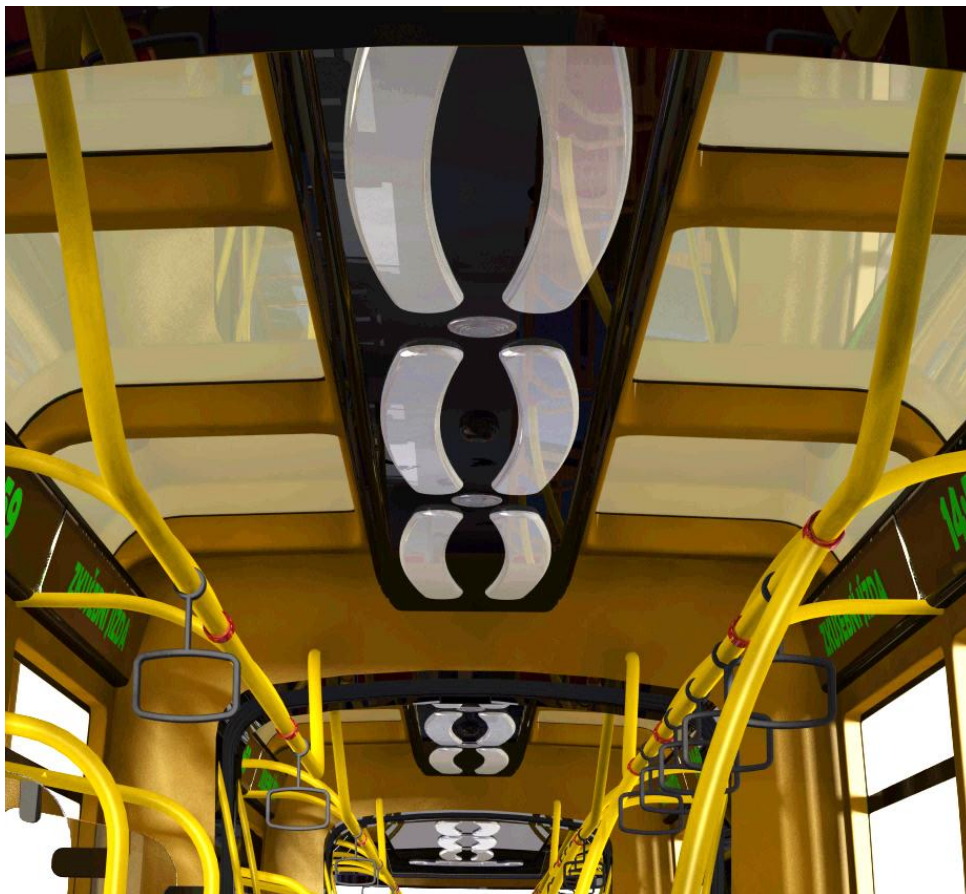
Obr. 64 - Třetí článek



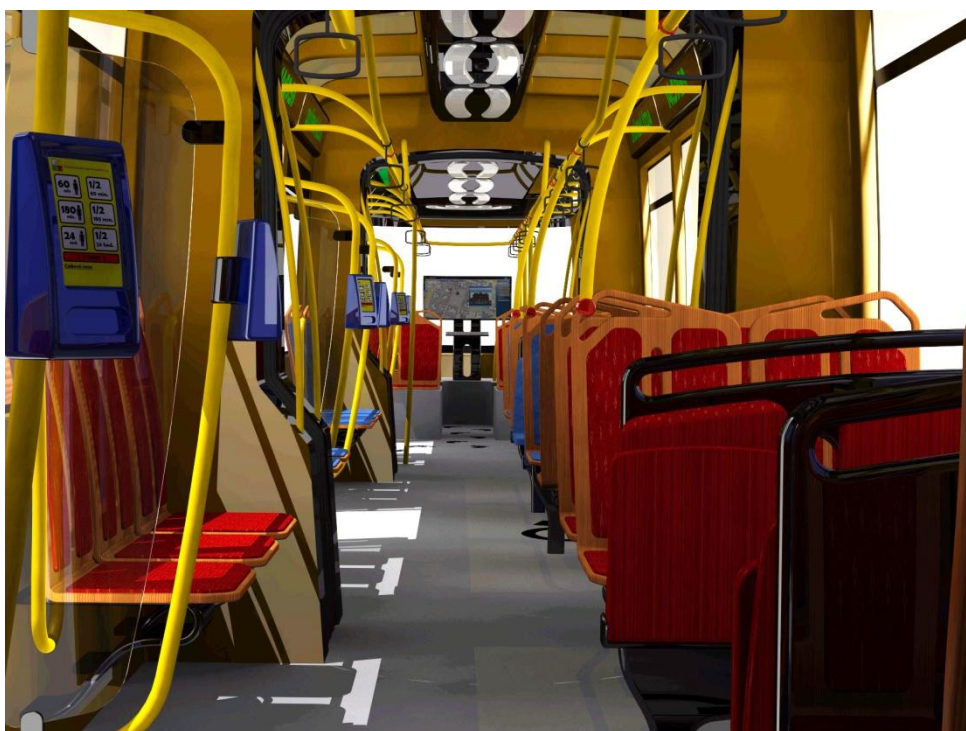
Obr. 65 - Čtvrtý článek - varianta č. 1



Obr. 66 - Čtvrtý článek - varianta č. 2



Obr. 67 - Osvětlení



Obr. 68 - Vnitřní pohled