



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN MĚSTSKÉHO ELEKTROBUSU

DESIGN OF AN URBAN ELECTRIC BUS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Kučera

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Bc. Tomáš Kučera**
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce: **doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Design městského elektrobusu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Využití alternativního pohonu v silniční dopravě má logicky největší opodstatnění právě v městské hromadné dopravě. Projekce alternativního–elektrického systému pohonu do výtvarně technické koncepce městského elektrobusu se stane zdrojem inspirace a ukáže možný vývoj designu ve sledované oblasti do budoucna.

Typ práce: vývojová – designérská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Hlavním cílem práce je navrhnout koncepční design městského autobusu na elektrický pohon s pohotovostní hmotností do 10 tun. Hlavní použité materiály budou kov a plast, vozidlo určené pro velké přepravce bude vyráběno v sériové produkci.

Díličí cíle diplomové práce:

- definovat progresivní technologie potencionálně vhodné pro realizaci elektrobusu,
- navrhnout originální design a technicky progresivní koncepci,
- zpracovat prostorový model navrženého designu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske–studium–ukonceni/>

Seznam doporučené literatury:

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

JOHNSON, Michael. Problem solved: how to recognize the nineteen recurring problems faced in design, branding and communication and how to solve them. 2nd ed. New York: Phaidon, 2012. ISBN 9780714864730.

LIDWELL, William a Gerry MANACSA. Deconstructing Product Design. Massachusetts: Rockport Publishers, 2008. ISBN 1592537391.

MORRIS, Richard. The fundamentals of product design. Lausanne: AVA, c2009. ISBN 9782940373178.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2004. ISBN 0-465-05135-9.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob a Young Yun KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

THOMPSON, Rob. Prototyping and low-volume production. New York: Thames & Hudson, 2011. ISBN 0500289182.

TICHÁ, Jana a Jan KAPLICKÝ. Future systems. Praha: Zlatý řez, 2002. ISBN 80-901562-6-6.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

-Návrh konceptu elektrického autobusu za pomoci analýz pro zjištění momentálních trendů v hromadné dopravě.

-Integrace elektronických zrcátek pro zvýšení bezpečnosti, využití čistě elektrických komponent bez emisí, použití lidar senzoru zabudované ve světlech, čištění vzduchu

-Návrh designu elektrobusu po stránce designu, technologie výroby a ergonomie, výroba fyzického modelu a plakátů.

-Práce přináší vhled do současných trendů v hromadné dopravě, a nabízí řešení integrací do designu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Design, elektrický autobus, elektrobus, alternativní pohon, ekologie

ABSTRACT

-Design of a conceptual bus using results to determine current trends in public transport.

-Integration of electronic mirrors to increase safety, use of clean electrical components without emissions, use of lidar sensor built into the lights, air purification

-Electric bus design in terms of design, production technology and ergonomics, production of a physical model and posters.

-Work brings insight into current trends in public transport, and offers solutions for integration into design.

KEYWORDS

Design, electric bus, electric-powered bus, alternative source, ecology

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Kučera, T. Design městského elektrobusu. Brno, 2020, 61 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu Ladislavu Křenkovi za to, že mě dovedl ke zdárnému konci studia a celé své rodině za podporu, při těchto nelehkých letech.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

ABSTRAKT	6
KLÍČOVÁ SLOVA	6
ABSTRACT	6
KEYWORDS	6
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	8
PODĚKOVÁNÍ	10
PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE	10
OBSAH12	
1 ÚVOD	15
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	16
2.1 Historický přehled	16
2.2 Designérská analýza	17
2.3 Technická analýza	23
2.3.1 Technické specifikace vozidel	23
2.3.2 Regulace Evropské unie	25
2.3.3 Elektrický autobus	26
2.3.4 Baterie	26
2.3.5 Nabíjení	27
2.3.6 Chlazení baterií	28
2.3.7 Elektromotory	29
2.3.8 Elektronická zrcátka	30
2.3.9 Čištění vzduchu	31
2.3.10 Integrovaný lidar v LED světlech	32
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	33
3.1 Analýza problému	33
3.2 Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše	35
3.3 Cíl práce	36
3.4 Cílová skupina	37

3.5	Základní parametry a legislativní omezení	38
3.6	Použité výrobní technologie, možný trh a cena	38
4	VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	39
4.1	Varianta 1	39
4.2	Varianta 2	40
4.3	Varianta 3	41
5	TVAROVÉ ŘEŠENÍ	42
6	KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	44
6.1	Popis	44
6.2	Rozměrové řešení	44
6.3	Vnitřní mechanismy a komponenty	45
6.4	Materiálové řešení	46
6.5	Technologie	47
6.6	Ergonomie	50
6.6.1	Rozložení interiéru	50
6.6.2	Sedačky	52
6.6.3	Informační systém	53
6.6.4	Pozorovací úhly	54
6.7	Bezpečnost a hygiena	54
6.8	Udržitelnost	55
7	BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	56
7.1	Logotyp a grafická značka	56
7.1.1	Grafická značka	56
7.1.2	Logo	57
7.1.3	Barevné provedení	57
7.2	Barevné řešení	58
8	DISKUZE	60
8.1	Psychologická funkce	60
8.2	Ekonomická funkce	60
8.3	Sociální funkce	60

9	ZÁVĚR	61
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	62
11	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	67
12	SEZNAM PŘÍLOH	69

1 ÚVOD

Dobrý design u hromadné dopravy ovlivňuje chování zákazníků, což má poté přímo/nepřímo dopad na počet cestujících. S rostoucím počtem lidí stoupají nároky na dopravu, na kvantitu ale i na kvalitu služeb, které veřejná doprava poskytuje. Mnoho lidí stále volí dopravu osobním automobilem, tím roste riziko nehody, zvyšuje se znečištění a přetěžují dopravní komunikace. Cesta městskou hromadnou dopravou přitom bývá mnohdy rychlejší a odpadá starost s hledáním parkovacího místa. Správně vyřešená síť veřejné dopravy, s vozy nabízející dostatečný komfort pro cestující, může tuto skutečnost změnit. Ve velkých městech proto vznikají vyhrazené jízdní pruhy pro autobusy. Zvýšení atraktivity tohoto způsobu dopravy je klíčové pro zlepšení dopravní situace ve městech a jeho dopadu na životní prostředí.

Existuje vícero typů hromadné dopravy, jsou to například autobusy, tramvaje, trolejbusy a metro. V současnosti jsou čím dál, tím víc populární elektrické autobusy. Počet těchto vozů ve městech neustále roste. Největší množství přibývá na čínském trhu a v Evropě jich najdeme nejvíce v Nizozemsku. Tento nárůst přináší revoluci v městské dopravě a zároveň se proměňuje energetický průmysl. Klasický autobus totiž spotřebuje až šestkrát více paliva než běžný automobil.

Cílem této diplomové práce je design elektrického autobusu, který přinese rozvoj v oblastech ekologie, ergonomie, ekonomie, ale i bezpečnosti. Celkový design elektrického autobusu je řešen primárně s ohledem na nejnovější technologie, požadavky pasažérů a na charakter dnešních měst.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Historický přehled

První zmínky o elektrických vozidlech jsou již od 19. století. Auto poháněné elektrickým proudem s obsazením až 6 pasažérů a s maximální rychlostí 13,3km/h bylo vyrobeno v Americe, poháněly ho 24 článků umístěných pod předním sedadlem. Dojezd vozidla byl cca 161 km, než potřeboval znovu dobít. Po tomto vynálezu rostla poptávka po tomto alternativním pohonu až do roku 1900. Auta na elektřinu byla preferována před konvenčními pohony vzhledem k potřebě manuálního startování a nelehké údržbě, stejně jako silný zápach a znečištění z výfukových plynů. Brzy na to však byly benzínové motory vylepšeny, manuální start nahradil elektrický startér a auta s tímto pohonem se stala dostupnější.

Kolem roku 1935 elektrické automobily ze silnic úplně vymizely až do roku 1970, kdy udeřil nedostatek pohoných hmot, jejichž ceny raketově stouply. Elektrická auta pořád zůstávaly v pozadí vlivem nespolehlivosti a nízké účinnosti jejich motorů. Až do roku 1990, kde si začala získávat zpět svou popularitu vzhledem ke stoupajícímu zájmu o životní prostředí.

Elektrické autobusy však mají jen krátkou historii. První hybridní autobus byl vyroben v Anglii roku 1980 kde je testovali jako náhradu za stárnoucí „double deckery“.

[1]

2.2 Designérská analýza

Sor NS 12 electric

Jedná se o elektrický autobus české výroby v provozu u nás a na Slovensku. Firma Sor byla založena 1991 a zabývá se vývojem, výrobou, prodejem a servisem autobusů. [2]



Obr. 2-1 Sor NS 12 electric [3]

Designerské řešení

Oblé tvarování přední části autobusu může evokovat u cestujících bezpečné a příjemné cestování. Naproti tomu, světlomety umístěny ve spodní části masky, díky své četnosti tento pocit narušují. Vozidlo nepůsobí na první pohled přátelsky ale moderní tvarosloví jej odlišuje od konkurence.

Ergonomické řešení

Autobus o rozměrech 12000 * 3200 * 2550 (délka, výška, šířka) s kapacitou 29-35 sedících. Je osazeno třemi dveřmi a poskytuje nástupní výšku 340 mm. Sloupek v přední straně lehce omezuje zorný úhel řidiči. [4]

Tvarové a kompoziční řešení

Autobus působí vyváženě a celkový dojem je harmonický. Čisté křivky přecházející v plochy nejsou nijak zvlášť narušeny dalším tvarováním. Sloupek předělující přední a boční část kopíruje trend křivky ubíhající kolem kol až dozadu.

Škoda PERUN HE

Firma Škoda Electric je to dceřiná firma Škoda Transportation a zabývá se výrobou pohonů, trolejbusů a elektrobusů. Dodává především pro český a slovenský trh. [5]



Obr. 2-2 Škoda Perun HE [6]

Designerské řešení

Škoda Perun je postavena na platformě Solaris Urbino electric. Stylizace masky autobusu působí nezvykle, přesto ale přívětivě. Malá členitost ploch a jednoduché barevné pojednání vytváří příjemný dojem.[7]

Ergonomické řešení

Místo pro dobíjení ze stanice na střeše rozbíjí celkový tvar autobusu, který je velice podobný jako u Perunu HP, lépe rozmístěné komponenty však umožnily odebrat většinu hmoty ze střešní části. Celkové rozměry činí 12000 * 3250 * 2550 mm (délka, výška, šířka) poskytuje 27 míst k sezení. [8]

Tvarové a kompoziční řešení

Minimální tvarování přední masky a vozu jako celku, dodává pocit celistvosti. Křivka jdoucí z přední části do boku je však narušena zelenými nadběhy kolem kol neobvyklého tvaru, které se nadále neopakují.

Mercedes-Benz eCitaro

Vozidlo pochází z dílny německé firmy Mercedes-Benz založené roku 1926. Vyrábí celou škálu dopravních prostředků, která zahrnuje auta, dodávky, nákladní vozidla a autobusy. Mercedes eCitaro byl oceněn za komfort na exhibici Busworld Europe 2019 [9]



Obr. 2-3 Mercedes-Benz eCitaro [10]

Designerské řešení

Vůz působí futuristickým dojmem. K vizuálnímu členění pohledových ploch dochází zejména díky rámu karoserie s prodlouženou přídí s deformačním prvkem. Expresivní výraz masky je podtržen jemně klenutým předním sklem.

Ergonomické řešení

Základní, jedno kloubový autobus má rozměry 12135 * 3400 * 2550 (délka, výška, šířka) se dvěma nebo třemi dveřmi. Liší se pak zejména počtem míst k sezení, který je u dvoudveřové varianty o tři vyšší, tedy 29. Nástupní výška je 320 mm. [11]

Tvarové a kompoziční řešení

Vozidlo působí dobře jako celek. Moderní řeč tvarů vypovídá o využití alternativní pohonné jednotky. Charakteristický detail tvarování nadběhů kole se opakuje na přední straně a na části střechy.

ADL Enviro200EV

Největší Britský výrobce autobusů vyrábí čistě elektrický vůz na platformě Čínského výrobce BYD. Společnost založená roku 2004 má ve svém portfoliu jedno, i dvoupatrové autobusy. [12]



Obr. 2-4 ADL Enviro200 EV [13]

Designerské řešení

Světlá a barevnost jsou charakteristická pro dopravu v Británii. Minimální tvarování boku je výrazně narušeno na střeše přidanými komponenty.

Ergonomické řešení

Dostupný ve třech délkových variantách, na kterých závisí počet míst k sezení. 10,2 m / 25, 10,8m / 36 a 12 m / 38. Podle délky je možné zvolit počet dveří u nejkratšího jsou paradoxně 2 na pevno zatímco u větších si můžeme volit mezi 1 a 2. Autobus má rozdílnou nástupní výšku ve předu 340 mm a vzadu 335.[14]

Tvarové a kompoziční řešení

Zahnuté sklo rozšiřuje řidiči rozhled na obě strany a plynule přechází na informační tabuli. Tvarování přední masky je společné pro většinu produkce společnosti ADL. Celkově působí staticky a bylo by třeba poohlédnout se po moderním tvarování.

Yutong U12

Autobus Čínské firmy Zhengzhou Yutong Group Co., Ltd. Společnost působí od roku 1963 a má ve svém portfoliu desítky tuctových modelů až do předchozího roku kdy Yutong U12 vyhrál cenu za design a ekologii na Busworld Europe 2019. [15]



Obr. 2-5 Yutong U12 [16]

Designerské řešení

Přiznaný tvar rámu šedou plochou rozděluje jednotlivé plochy vozidla. Trend minimálního tvarování je narušen na boční straně, kde se nachází linie jdoucí rovnoběžně s vozem a kopírující tvar kol. I přesto se jedná o velice zdařilé a moderní tvarosloví.

Ergonomické řešení

Rozměry vozidla činí 11970 * 3180 * 2550 mm (délka, výška, šířka). Na tuto velikost je vybaven třemi dveřmi plné velikosti. Nabízí 25 míst k sezení plus sedadlo řidiče. Jsou v něm vymezeny dvě místa pro přepravu hendikepovaných a je osazen třemi informačními tabulemi viditelnými zvenčí. [17]

Tvarové a kompoziční řešení

Na celé karoserii dochází jen k minimálnímu tvarování. U vozidla na elektrický pohon je to žádoucí a působí i elegantně. Dominantou jsou světlá oblého tvaru propůjčující autobusu neutrální výraz. Vozidlo jako celek vyvolává pocit, že je vybaveno všemi současnými technickými vymoženostmi.

VAN HOOL Exqui.City18 Fuel Cell

Výherce hlavní ceny Busworld Europe 2019 mění úhel pohledu na slovo autobus. Kombinuje ducha kolejové a silniční dopravy. Firma Van Hool pochází z Belgie a byla založena 1947. [18]



Obr. 2-6 Van Hool Exqui.city 18 fuel cell [19]

Designerské řešení

Bourá meze mezi silniční a kolejovou dopravou, je jedinečný, ale vyvolává nepatřičný pocit, že něco takového na komunikace nepatří. Při jiné barevnosti, úpravě přední masky a sundání krytů kol by ho však přijali i do konzervativnějších měst.

Ergonomické řešení



Obr. 2-7 Exqui.city 18 alternativní [20]

Prolínání mezi dopravami se projevuje i na ergonomii. Vyrábí se ve dvou variantách. První, skládající se z dvou částí o rozměrech 18610 * 3300 * 2550 mm (délka, výška, šířka) a 46 místy k sezení a druhá ze tří částí což autobus prodlužuje na 23820 mm celkové délky a tím zvyšuje kapacitu míst k sezení na 62 míst. [21]

2.3 Technická analýza

2.3.1 Technické specifikace vozidel

Škoda Perun HE



Obr. 2-8 Škoda Perun HE [21]

tab. 2-1 Technické specifikace Perun He

Škoda Perun HE		
Velikost pneumatik	275/70 R22.5	
Baterie	Li-pol	Kapacita 222 kWh
Nabíjení	Konektor	Ze stanice
Doba nabíjení		
Dojezd	150 km	
Pohotovostní hmotnost	12,8 t	
Motor	Asynchronní 160 kw	
Nominální napětí	420 V	

Mercedes-Benz eCitaro



Obr. 2-9 Mercedes-Benz eCitaro [22]

tab. 2-2 Technické specifikace eCitaro

Mercedes-Benz eCitaro			
Velikost pneumatik	275/70 R22.5		
Baterie	NMC	6-12	25/33 kWh
	Polovodičové	4-7	63 kWh
Nabíjení	Nabíjecí konektor	Stření pantograf	
Doba nabíjení			
Dojezd	150 km		
Pohotovostní hmotnost	13.5 t		
Motor	2x Hub motor v zadní nápravě 125 kW		
Nominální napětí	400 V		

2.3.2 Regulace Evropské unie

Schvalování autobusů a autokarů-Směrnice 2001/85/EC

Navrhovaný autobus spadá do kategorie 2 ze směrnice 2001/85/EC Třída 1: Městský autobus.

Příklady omezení dány směrnicí:

- Musí být přístupné pro lidi s omezenou mobilitou
- Konstrukce s místy na stání umožňující frekventovaný pohyb cestujících
- Hloubka sedáku nejméně 350 mm

Rozšiřující-Směrnice 2007/46/EC

Příklady omezení:

- Elektronická kontrola stability
- Denní svícení

Rozměr a váha-Směrnice 2002/7/EC

Maximální délka 13,5 m pro vozy s dvěma nápravami

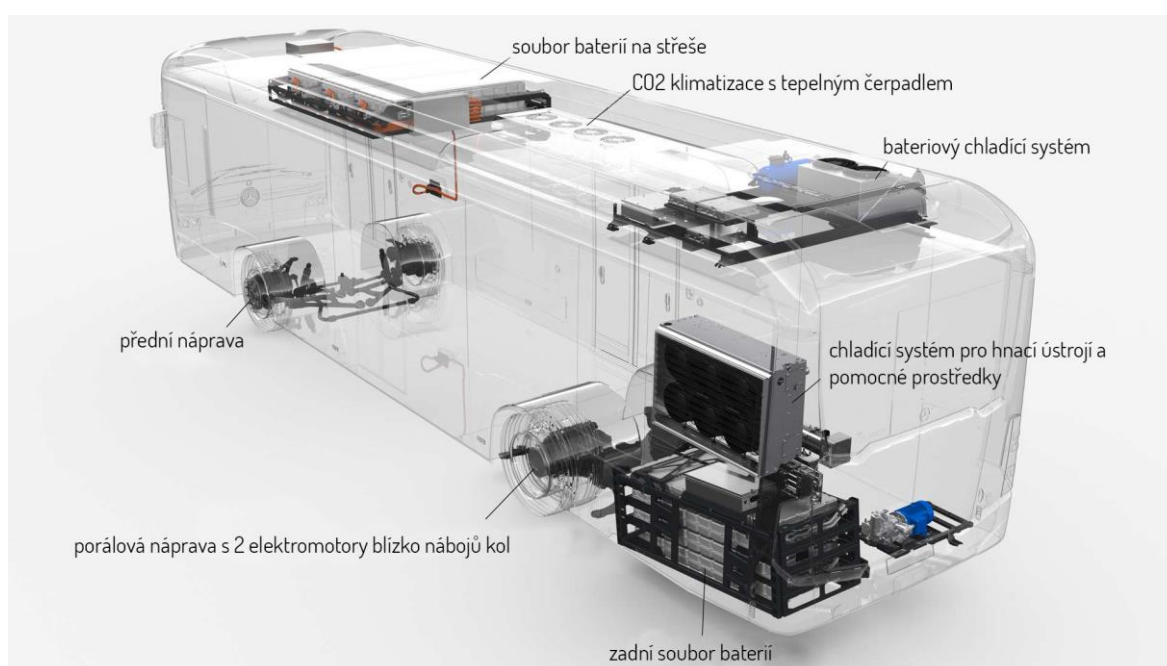
Maximální šířka 2,55 m

2.3.3 Elektrický autobus

Elektrobusesy si své baterie vezou s sebou na palubě nebo jsou napájeny z externího zdroje. Jejich nevýhodou je vliv chladného počasí na efektivitu vozidla. Pohyb ve městech je složen zejména z brždění a zrychlování, elektrobuses může tuto kinetickou energii znovu uložit do baterií.

Při konstrukci vozu je nutné dbát i na jeho váhu, tudíž využít lehké kovy v hlavní kostře. Nižší váha znamená menší zátěž na komponenty jako jsou například brzdy a kola a nižší nárok na spotřebu energie.

Baterie však vyžadují větší údržbu než diesellové motory, a proto je třeba vozy pravidelně dobíjet a kontrolovat. Dnes tomu napomáhá k tomu určený software. Ke komunikaci autobusu s dobíjecí stanicí se používá stejný protokol jako u osobních vozů ISO 15118.



Obr. 2-10 rozložení vnitřních komponent Mercedesu eCitaro [23]

2.3.4 Baterie

Lithiové dobíjecí baterie poprvé spatřily světlo světa v roce 1970. Dnes se běžně používají pro malou elektroniku, v dopravě a roste popularita využití v armádě a leteckém průmyslu.

Baterie přesouvá lithiové ionty z negativní elektrody na kladnou během vybíjení, proces funguje obráceně při nabíjení. Mají vysokou kapacitu, žádný paměťový efekt a moc se samy nevybíjejí. Obsahují hořlavý elektrolyt, takže v případě poškození článku nebo nesprávného nabíjení může dojít ke vznícení. V autobusech se nejčastěji používají LFP (Lithium-železo fosfát) akumulátory. Jejich bezspornou výhodou je bezpečnost (odolnost

vůči tepelnému úniku) a schopnost dodávat vysoký proud při špičkových odběrech.

Druhy nepoužívanějších Li-ion baterií

Lithium Cobalt Oxide (LCO)

Lithium Nickel Cobalt Aluminium (NCA)

Lithium Iron Phosphate (LFP)

Lithium Manganese Oxide (LMO)

Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (NMC)

[24]

2.3.5 Nabíjení

Nabíjení přes noc s nízkým výkonem

Autobusy jsou nabíjeny staticky přes noc v garáži. Tento typ si vyžaduje velké a těžké baterie. Je vhodný pro vozy s větším dojezdem 100-250 km. Nabíjení trvá od 2 do 10 hodin.

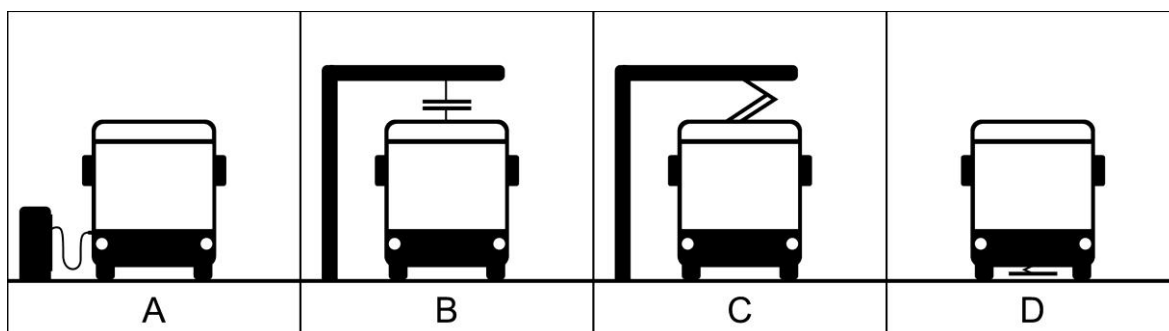
Příležitostné nabíjení

Autobusy se můžou dobíjet na každé konečné stanici, přes pantograph nebo zástrčku. Minimalizuje to počet baterií a tím i jejich váhu. Nabíjecí výkon činí obvykle 150 až 600 kW a nabije vozidlo v rádech několika minut. Limituje to dojezd, který dosahuje 100 km. Toto řešení je dražší ale čím dál populárnější

Kombinované dobíjení

Využití obou výše zmíněných metod, dobíjení přes noc v garáži s nízkým výkonem a příležitostné dobíjení na zastávkách nebo konečné, což zvyšuje životnost baterií.

Druhy dobíjení baterií



Obr. 2-11 Evropské standardy dobíjení [25]

tab. 2-3 Evropské standardy dobíjení

Druhy zapojení	A Konektor	B Střešní pantograf	C Dobíjení ze stanice	D Podpodlahové ACD
Komunikační	ISO 15118-2 Ed1	ISO 15118-2 Ed2		
Elektrický	IEC 61851-1 IEC 61851-21-2 IEC 61851-3			
	ISO 17409 Ed1	IEC 61851-23-1 ISO 17409 Ed2		
Mechanický	IEC 62196-3 Konfigurace FF	prEN50696 Konfigurace xx	prEN50696 Konfigurace yy	prEN50696 Konfigurace zz

[26]

2.3.6 Chlazení baterií

Na trhu jsou dostupné 4 druhy chlazení, chlazení vzduchem, fázovou změnou struktury materiálu, chladící ploutve a kapalně chlazení.

Fázově proměnný materiál

Dokáže absorbovat teplotu změnou skupenství z pevného na kapalně, je omezen pouze na absorpci tepla, neumí jej přenášet. Vzhledem k ději probíhajícímu při absorpci je použití omezené, a tedy pro elektrická vozidla nevhodné.

Chladící ploutev

Zvětšují plochu potřebnou pro předávání tepla. Teplo je z baterií přenášeno pomocí vedení tepla a do vzduchu jeho prouděním. Dokázaly by splnit požadavky pro chlazení baterií, ale přidávají až 40 % extra váhy což je pro elektrická vozidla nevhodné.

Vzduchové chlazení

Vzduch proudící kolem baterií je ochlazuje a odnáší teplo jinam. Je to jednoduché ale ne velice efektivní řešení. Další nevýhodou je omezené využití pro vozidla operující ve vyšších teplotních podmínkách.

Kapalinové chlazení

Mají největší tepelnou konduktivitu stejně tak tepelnou kapacitu. Tento typ i přes nevýhody jako únik kapaliny nebo pozdější recyklaci jednotky, protože glykol může být nebezpečný pro životní prostředí, je momentálně nejvíce rozšířeným řešením. Kapalinové chlazení se dále dělí na přímé a nepřímé.

Přímé

Baterie jsou v přímém kontaktu s chladicí kapalinou. Tento typ chlazení je zatím ve fázi vývoje a žádná vozidla na trhu jej nepoužívají. Jeho dosažení je obtížnější, protože chladicí kapalina musí mít ideálně žádnou nebo nízkou vodivost. Tyto látky jsou zatím v ranných etapách vývoje.

Nepřímé

Tím že se baterie nedostávají do přímého kontaktu s kapalinou, je tento způsob o něco méně efektivní. Kapalina se pohybuje v trubkách obehnaných kolem článků. Trubky jsou náchylné na kvalitu chladicí kapaliny vzhledem k faktu, že nečistoty obsažené v kapalině můžou trubky opotřebovávat. [27]

2.3.7 Elektromotory

Elektromotory přeměňují elektrickou energii na energii mechanickou. Jejich účinnost se pohybuje mezi 75-90 %. Každý takový motor skládá z nepohyblivé části, statoru a pohyblivé, rotoru. Při průchodu elektrického proudu vinutím statoru a rotoru vznikají dvě magnetická pole, které na sebe vzájemně působí tak, že rotor otáčí.

tab. 2-4 Druhy elektromotorů

druh proudu	stejnoseměrné		střídavé	
zapojení vinutí statoru a rotoru	sériové	derovační		
druh napájecího proudu			jednofázové	třífázové
vzájemné působení magnetických polí			synchroní	asynchronní

Střídavý asynchronní motor

Jedná se o nejrozšířenější elektromotor. Tok energie mezi statorem a rotorem je zprostředkován pomocí elektromagnetické indukce. Jeho výhodou je vysoká spolehlivost díky jednoduché konstrukci.

Brzdění protiproudem

změna smyslu otáčení magnetického pole statoru vytváří moment působící proti směru otáčení rotoru. Přepnutím dochází k mechanickému namáhání izolace vinutí statoru. Vzniká velké teplo v rotoru.

Brzdění generátorické

Lze použít pouze v případě, že pomocí frekvenčního měniče můžeme změnit frekvenci otáčení. Vyrobenou energii můžeme vracet zpět do sítě nebo akumulátoru. Jedná se o nejhospodárnější způsob brzdění.

Dynamické brzdění

odpojením statorového vinutí od sítě a napojením na zdroj stejnosměrného napětí dojde k brzdění. Účinný pouze při vyšších otáčkách, při nízkých musí být motor dobrzděn mechanicky. Vzniká menší teplo než u brzdění protiproudem.

Frekvenční měnič

Synchronní a asynchronní motory mají otáčka vázané na frekvenci napájecího proudu. Ze sítě získáváme proud o stálé frekvenci, který prochází měničem, kde dojde k jeho změně. Dělí se na přímé a nepřímé.

Přímé

Stejnoseměrný proud se rovnou mění na střídavý

Nepřímé

Nejprve usměrní proud na stejnosměrný, který je spínacími prvky přerušován, aby vznikl střídavý o žádané frekvenci. [28]

2.3.8 Elektronická zrcátka

Autobusy začínají používat elektrická zrcátka místo zrcadel, což sebou přináší mnohé výhody. Kamery dokáží kompenzovat špatné osvětlení, nebo oslnění světlem zapřičiněného jiným vozidlem.



Obr. 2-12 Elektrická zrcátka ADL [29]

Zachovávají si viditelnost za všech podmínek, softwarově odstraňuje kamy nebo špínu z čoček zatímco nahřívání dokáže odstranit led nebo zamlžení. Vrchní kamera snímá normální obraz a spodní širokoúhlý. Operátorům zredukuje risk poškození zrcátek a zvyšuje bezpečnost lidí kolem.

Zobrazovací monitor se nachází na A sloupku a jeho jas se upravuje automaticky aby poskytl co nejlepší viditelnost jak ve dne, tak v noci.



Obr. 2-13 Zobrazovací monitor [30]

2.3.9 Čištění vzduchu

Technologie vyvinutá ve spolupráci s Pall Aerospace ke sbírání škodlivých částic ze vzduchu pomocí filtru a tří větráků, kterými vzduch prochází. Je navržen aby odstranil 99.5% těžkých částic bez negativního dopadu na pasažéry.



Obr. 2-14 Čištění vzduchu [31]

Na zkušebním sto denním provozu dokázal nasbírat 65g částic ze vzduchu. A dokázal pročistit 3.2 milionu kubických metrů městského vzduchu. Autobus by tedy teoreticky dokázal za den nasbírat necelý gram nečistot. Ve městě Brně podle ročenky DPMB za rok 2019 byl denní průměr vypravených vozů ve špičce až 233. Takový počet vozů by dokázal za den nasbírat 151.45g těžkých částic a za rok 55kg v jednom městě.

2.3.10 Integrovaný lidar v LED světlech

Firma SiLC Technologies ve spolupráci s Varroc Lighting Systems vyvíjí chip integrovatelný do světel vozidel. Tato technologie je zvaná „Smart Vision“. Poskytuje 20x80° zorného pole na světlo. Sensor dokáže detekovat výšku, šířku, vzdálenost, odrazuschopnost, rychlost a světelnou polarizaci objektů. To může značně zvýšit bezpečnost dopravních prostředků a snížit riziko nehody.



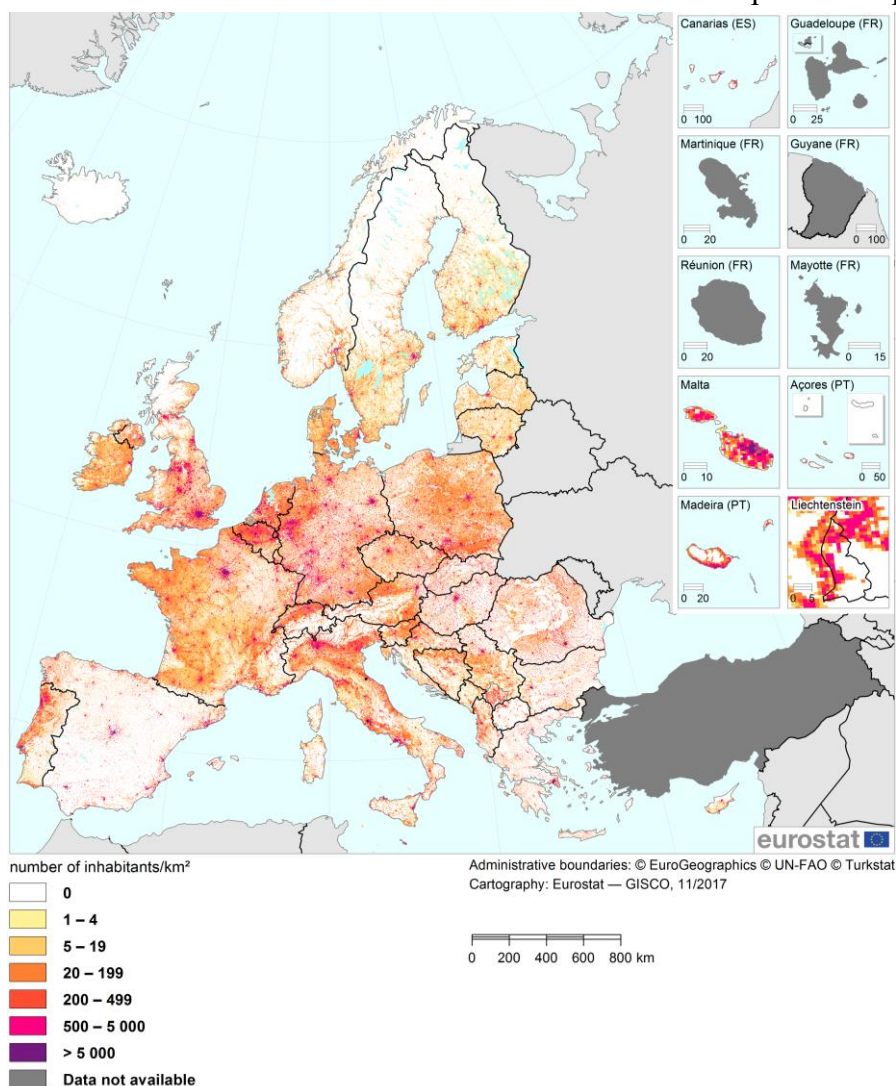
Obr. 2-15 Integrovaný lidar v LED světlech [32]

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3.1 Analýza problému

Efektivní a atraktivní autobusová infrastruktura je klíčová pro každé město. Integrace a implementace elektrických vozidel je příležitost redefinovat a zlepšit rozhraní mezi autobusovou dopravou a městskou infrastrukturou. To může velmi přispět ke snadnějšímu a bezpečnějšímu přístupu k tomuto druhu dopravy a tím zlepšit vnímání autobusů ve městech.

Lidé se stěhují za práci a lepšími příležitostmi do velkých měst jak ukazuje mapa JRC, Eurostat z roku 2011. Více lidí ve městech znamená větší potřebu se přepravit.



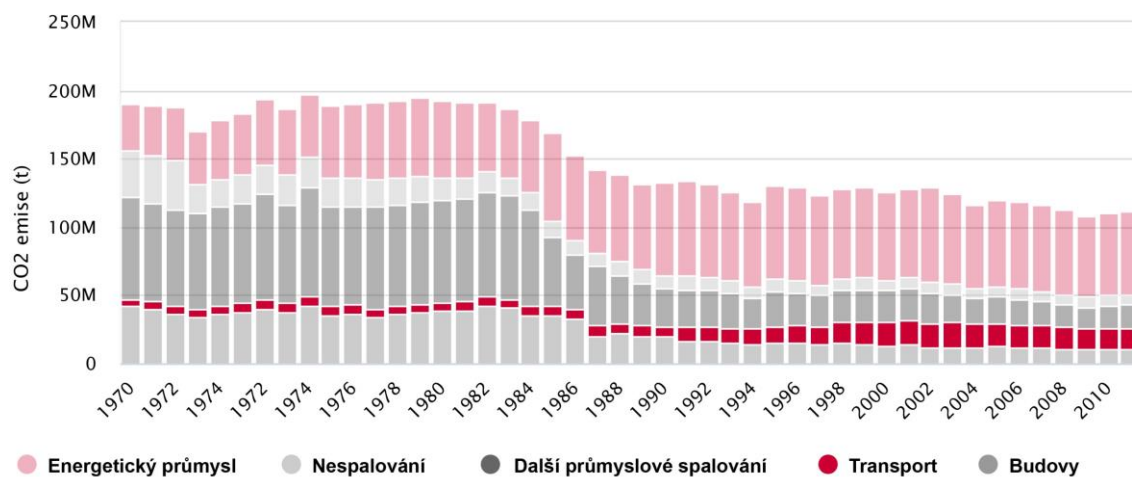
Obr. 3-1 mapa JRC [33]

Obnovení autobusové flotily je z marketingového hlediska důležité jak pro města, tak pro dopravce. Poukazuje to na jejich moderní přístup a na fakt, že se zajímají o blaho svých zákazníků.

Elektrický autobus je možným inovativním cestovním prostředkem. Zlepšuje podmínky pro cestující a image města. Jedná se o moderní urbanistický objekt obohacující krajinu.

Doprava v české republice byla od roku 2005 do 2011 zodpovědná za konstantních 14% celkového znečištění skleníkovými plyny. Například v roce 2011 to činí 15 420 110 t emisí.

CO2 emise České Republiky ročně (t)



Obr. 3-2 CO2 emise ČR [34]

Energetický průmysl však značně převyšuje znečištění pramenícího z dopravy. V roce 2011 se jedná o 54% a to je 60 806 870 t.

[35]

3.2 Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše

Autobusy s tradičními pohony si žádají četné tvarování z hlediska funkčnosti. Nové sestavení komponentů nám však nabízí volné pole působnosti. Čisté autobusy, jak z hlediska pohonu a dalších komponent, ale také v tvarosloví karoserie.

Elektrická doprava (vyhovuje)zatím sedí více k tramvaji nebo metru, přílišné kombinování tvarování může být na škodu. Co mají však společné? Transport velkého počtu lidí z místa na místo a jistý ekologický aspekt kombinující počet přepravených na vozidlo, typ pohonu a snížení vytižení silnic.

Navržená jedinečnost městského autobusu by měla plynout z minimálního tvarování karoserie. Maximální využití místa daného základním geometrickým tělesem, ze kterého vychází je dána charakteristikou autobusu. Nejedná se o aerodynamický objekt podtrhující rychlost přepravy ale spíše o vozidlo, na které se můžete spolehnout.

Velká města omezují přístup automobilů do svých center což má za následek alternativní způsob dopravy, a tedy mikromobilitu a veřejnou dopravu. Výhodou autobusu nad jinými prostředky hromadné dopravy je jeho volnost pohybu, která není vázaná na komunikaci, na které je provozována.

Evropská unie podporuje a bude nadále podporovat obnovu a elektrifikaci autobusových linek členských států. Elektrická vozidla jsou trendem, který pokračuje, ale stále se neseťkal s rapidním nárůstem podpory hlavně z hlediska recyklace baterií.

Rozměrově jsou analyzované autobusy kolem dvanácti metrů a jejich pohotovostní hmotnosti přesahují dvanáct tun. Obecně je vrchní výše těchto parametrů dána směrnicí Evropské unie 2002/7/EC, která omezuje délku dvounápravového autobusu na 13,5m a jeho šířku na 2,55 m. Zadání specifikuje hranici pohotovostní hmotnosti 10 t. V závislosti na délce se pak bude jednat o vozidlo do 12 m.

Tvarování autobusu je velice specifické. Některé značky se pokouší prolnout kolejovou a silniční dopravu, což má za následek tram-bus jako u Van Hool Exqui.city. Dynamické křivky vlaků a tramvají mají své opodstatnění z hlediska rychlosti cestování a specifické dráze omezené kolejištěm, ale dá se také spojit s počtem přepravených lidí, který je u tohoto druhu dopravy větší. Autobus, jako účastník silničního provozu by si měl zachovat svou integritu hranatějším tvarováním, které maximalizuje užitý prostor a působí stabilně a bezpečně.

Počet míst k sezení se liší v řádech jednotek, záleží na využití vnitřních prostor. Místo pro přepravu hendikepovaných nebo kočárků nejde na jejich úkor omezit.

Nástupní výška je přímo svázaná s komfortem cestujících, nezáleže na věku, pohlaví, nebo hendikepu. U většinové produkce se pohybuje kolem 350 mm. Ty nejlepší autobusy snižují tento rozměr až na 320 mm.

Díky stále rostoucímu znečištění, si mnoho zúčastněných stran začíná uvědomovat důležitost čisté veřejné dopravy. Ale také výroby čisté energie.

3.3 Cíl práce

Cíle jsou vyvozeny z požadavků všech zúčastněných stran, požadavků Evropské unie a na základně provedených analýz.

- Vytvořit jedinečný a nepřehlédnutelný design. Navyšující hodnotu a atraktivitu městu.
 - zachování plošného tvarování

- Zvýšit komfort z cestování pro všechny uživatele veřejné dopravy včetně hendikepovaných.
 - nástupní výška 320 mm nebo nižší
 - plošina pro nástup hendikepovaných
 - zvýšení počtu míst k sezení
 - zlepšení podmínek pro cestující

- Zlepšit kvalitu žití ve městech, snížením znečištění a hluku produkovaného dopravními prostředky.
 - použitím kvalitních a ekologických komponent
 - využití materiálu pohlcujícího vibrace na rám a karoserii

- Rozměry určené v závislosti na váhovém omezení 10 t a dojezd do 100 km
 - Délka autobusu do 11.5 m
 - Volba vhodné technologie baterií a jejího dobíjení

3.4 Cílová skupina

Požadavky jednotlivých cílových skupin, které se dostanou do kontaktu s produktem.

Občané

- snížení hluku v ulicích
- méně znečištění, čistší vzduch
- redukce skleníkových plynů

Operátoři a orgány veřejné dopravy

- dosáhnout snížení emisí určeného Evropskou unií
- zlepšení ovzduší
- snížení dopravního vytížení, správně naplánovanou linkou
- lepší služby pro cestující
- zvýšení image města
- redukce ceny sociálního zabezpečení díky lepší životním podmínkám

Výrobci

- stimuluje trh s elektrobusy
- vytváří pracovní pozice
- zvyšuje korporátní image díky čistému řešení

Řidiči

- méně vibrací
- Komfortní ovládání dopravního prostředku

Cestující

- Méně hluku ve vozidle
- Snížení vibrací
- zvýšení kvality komfortu z jízdy a celkového zážitku z dopravy

[36]

3.5 Základní parametry a legislativní omezení

Rozměrové řešení určuje směrnice Evropské unie 2002/7/EC, která stanovuje maximální délku pro vozidlo se dvěma nápravami na 13,5 m a šíře 2,55 m. Zadání diplomové práce omezuje pohotovostní hmotnost autobusu na 10 t.

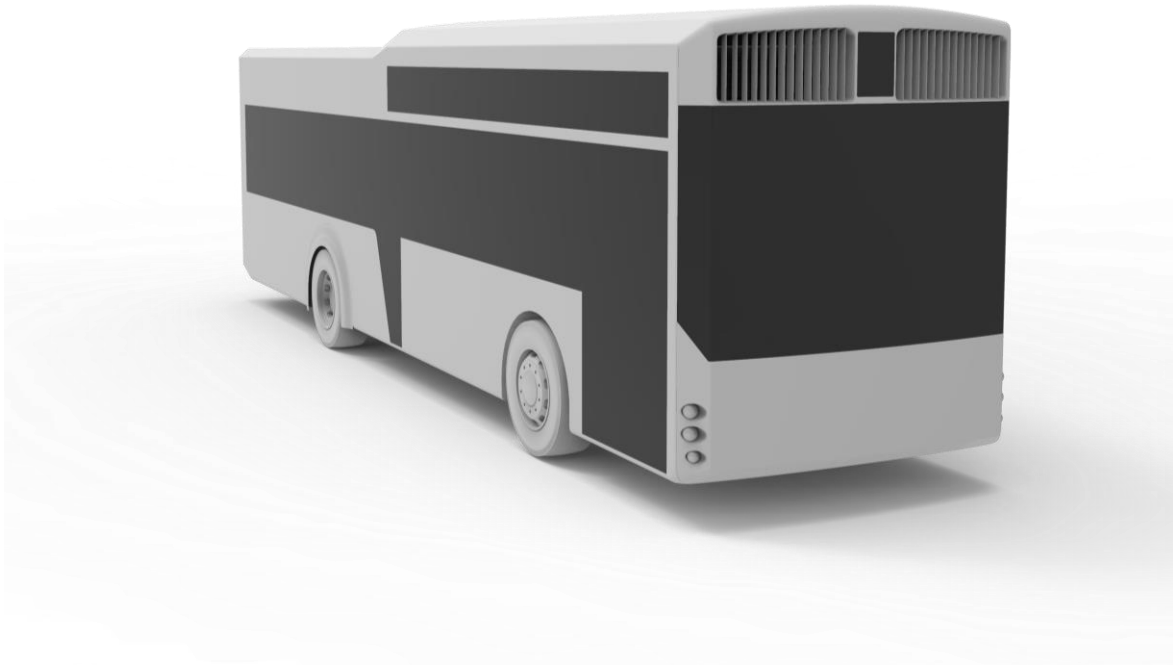
3.6 Použité výrobní technologie, možný trh a cena

Svařovaný rám a krytování, obě z kompozitních materiálů můžou snížit výrobní náklady a zvýšit komfort pro všechny uživatele vozidla. Elektrický autobus má obecně až o polovinu větší pořizovací náklady, ale provozní náklady spojené jsou čtyřikrát nižší než u vozu s konvenčním pohonem. Cena za opravy je také nižší.

Odhadovaná prodejní cena je 13 000 000Kč s živostností 10 let. Počet vyrobených kusů za rok činí 600 kusů. Provozní investice činí 140 000 Kč ročně, což může být až šestkrát méně než u autobusu se spalovacím pohonem.

4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

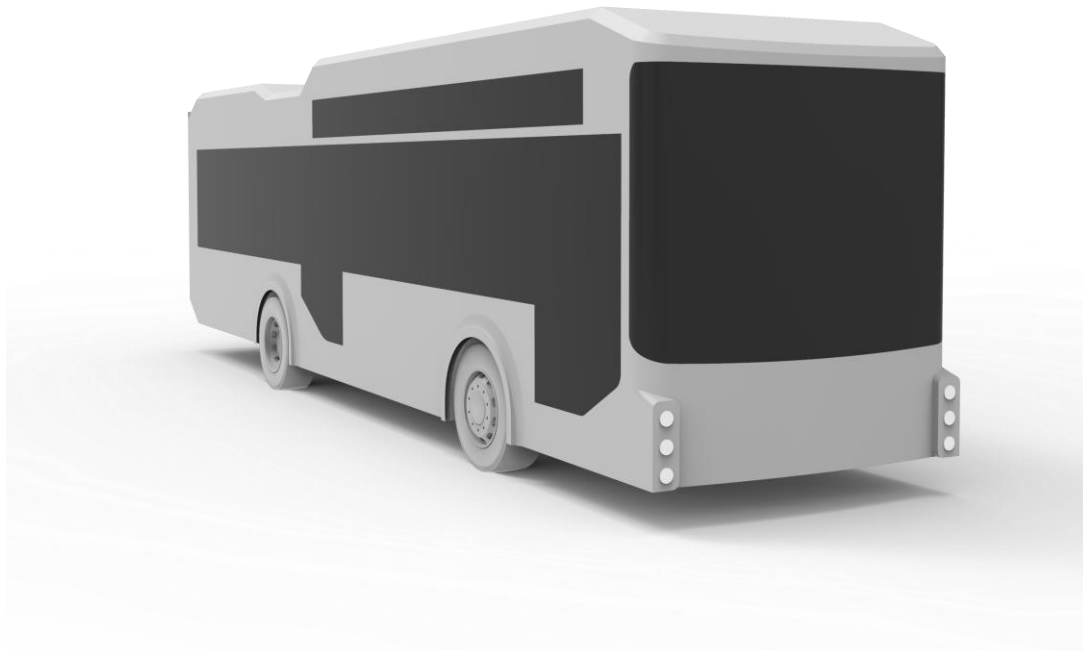
4.1 Varianta 1



Obr. 4-1 Varianta 1

Dominantou této varianty je zvýšená střešní část zakončená robustním sáním a místem pro číslo spoje v jeho středu. Sání slouží ke sbírání těžkých částic, kterých je ve městech mnoho. Plošené tvarování je narušeno jemným zkosením táhnoucí se po celé délce stroje. Boční strany jsou rovné až na vypouknutí u zadního kola, které je však z hlediska minimalizace obrysového rozměru nežádoucí. Informační tabule na boku autobusu slouží k rychlému přehledu zastávek konkrétní linky a zobrazování dalších informací, nebo reklamy. Autobus je osazen dvěma dvěřmi pro usnadnění nástupu a výstupu cestujících. Velké přední sklo končí v polovině výšky informační tabule a postrádá monitor pro zobrazování konečné na který vůz míří.

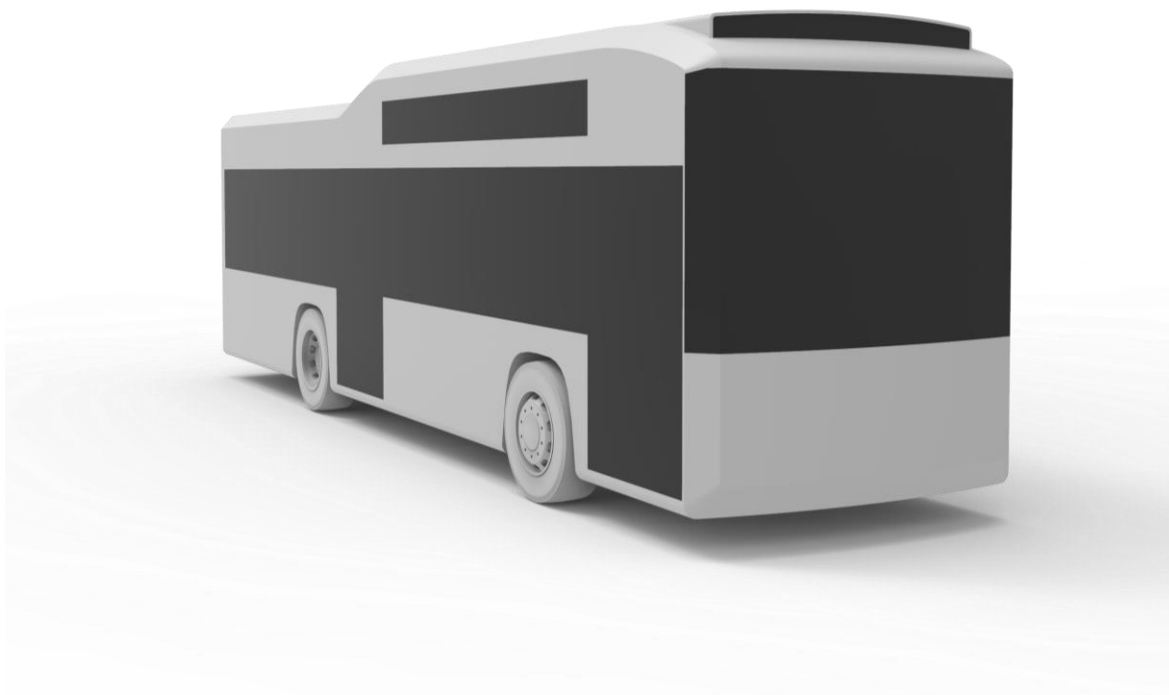
4.2 Varianta 2



Obr. 4-2 Varianta 2

Druhá varianta nahrazuje zaoblení zkosením. I přes to že je vůz hranatý, jeho výraz působí přívětivě. Snaha u přední masky je vytvořit příjemné. Prvek informační tabule je i zde, a je taktéž rozdělen na informace na předním skle, a pak výčet zastávek z boku. Zvýšená zád' I příd' dodává autobusu hmyzí vzezření. Přední sklo Je mírně prohnuté a je zakončeno rádiusem do A sloupku. Tvarování boční strany u podběhů kol je ve skutečnosti nerealizovatelné. Světla na prodloužených místech vytváří deformační zonu pro bezpečnost řidiče.

4.3 Varianta 3



Obr. 4-3 Varianta 3

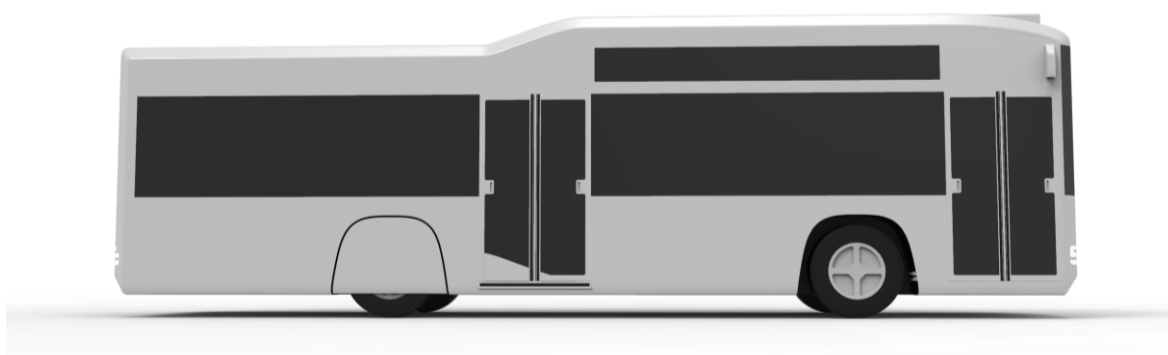
I třetí varianta sdílí informační pás na straně. Největší změna se odehrává na přední straně, kde rozměrné sklo je ohnuto v téměř ostrém uhlu, které dodává vozu futuristický vzhled. Je zahnuté na obou stranách a jeho výroba by byla finančně nákladná. Poskytuje však řidiči velký rozhled z kabiny, na vozovku i na zastávku, ke které se blíží. Minimalizuje tak mrtvé zorné úhly, které také zmenšují pravděpodobnost nehody. Tato varianta kombinuje jak zaoblení, tak hrany.. Ukazatel konečné zastávky je na předním skle zprostředkovan ve formě LED monitoru, na kterém je zřejmé jeho rozdělení do bodů, z dálky se však slívají do celistvé plochy. Autobus má zvýšenou příď pro uložení přídatných baterií a klimatizace.

5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ



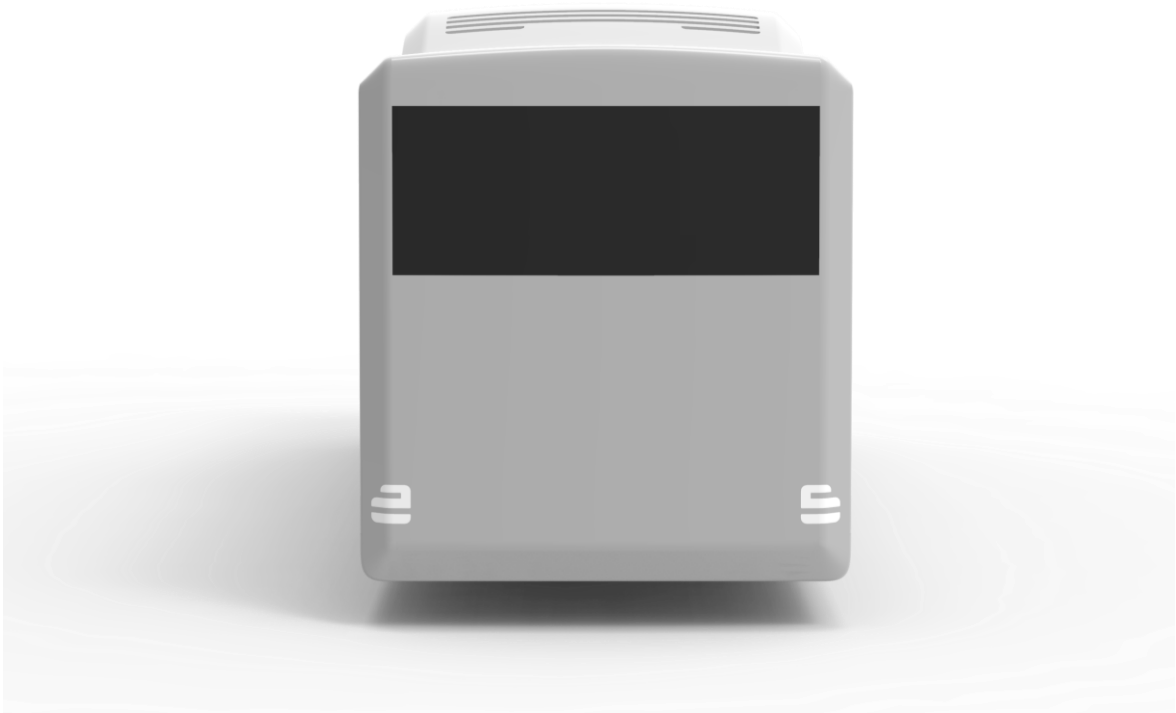
Obr. 5-4-1 Perspektivná pohled

Tvar prostředku pro veřejnou dopravu by měl svým tvarem evokovat bezpečnost, stabilitu a spolehlivost. Jako nejpraktičtější, se jeví kvádr pro jeho prostorovou efektivitu, minimalizaci nákladů na výrobu a psychologii působení tohoto tvaru.



Obr. 5-2 Levý bok s detaily

I přes fakt, že je přední strana vypouklá, pro maximalizaci zorného úhlu z kabiny řidiče, pohled z boku si zachovává siluetu kvádra o délce dosahující deset a půl velikostí standardních typů kol. Rozměrové omezení s přihlédnutím na pohodlnou přepravu skupin i jednotlivců a k místu pro přepravu prostředků nebo postižených určuje 28 míst k sezení pro cestující.

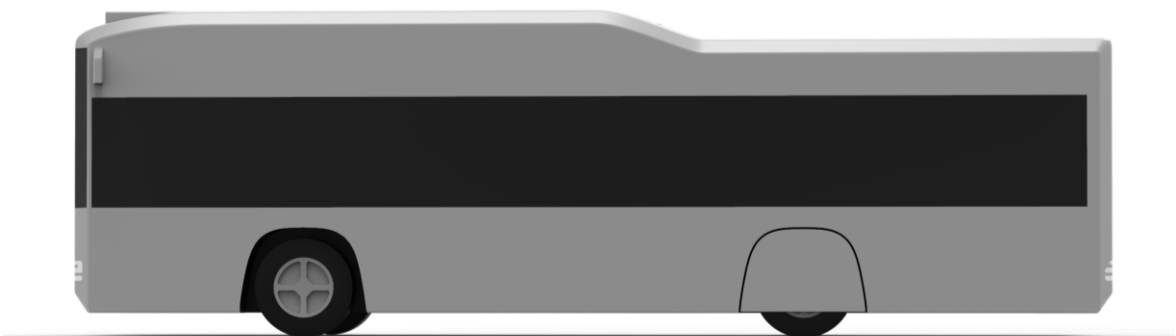


Obr. 5-3 Pohled zezadu

Skla jsou všechny stejně vysoká, vzadu dochází k zatmavení větší části okna pro komfort cestujících. Tvarování patrné na obou stranách je lemováno světlením LED pro indikaci otevírání a zavírání dveří, aby cestující věděl za jak dlouho autobus odjede.

Dominantním prvkem je tabule pro zobrazení cílových stanic autobusu, která by se ve speciálních případech dala využít k reklamě.

Zakřivení skla autobusu je patrnější na pohledu zepředu. Dominující LED světlo přejímá tvar všude přítomných rádiusů a vytváří tak další charakteristiku, tohoto veřejného prostředku.



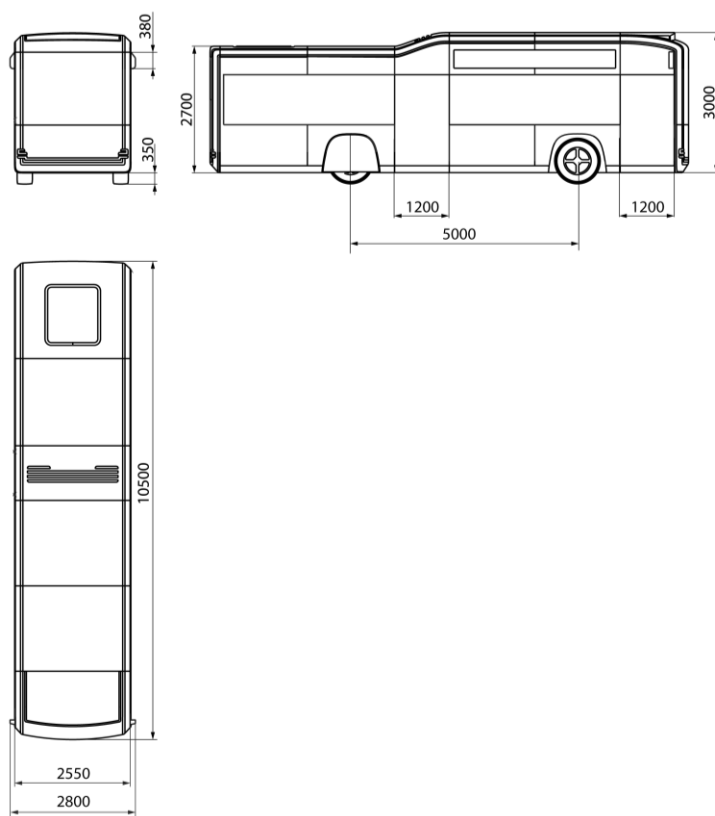
Obr. 5-4 Pohled zleva

6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

6.1 Popis

Krytování autobusu je z kompozitního materiálu Litecore který pohlcuje vybrace a tím zlepšuje zážitek z cestování, stejně jako materiál rámu Bondal, který má také dobré absorpční vlastnosti

6.2 Rozměrové řešení



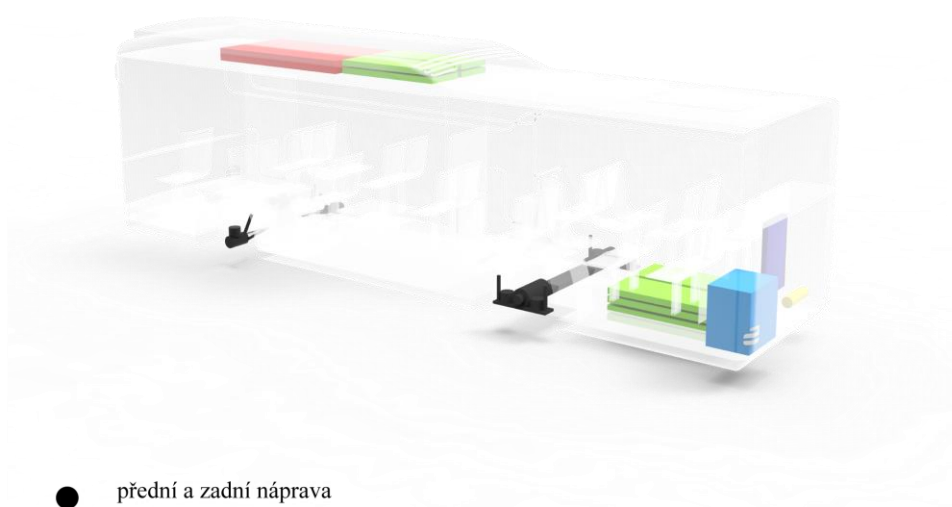
Obr. 6-1 Rozměry

I přes fakt, že se jedná o konceptní návrh, rozměrově a technologicky respektuje současná řešení. Materiály a technologie jsou vybrány s vyhlídkou do budoucnosti 2-3 roky. Na předměty jako váha, bezpečnost, výrobitelnost, dojezd a cena je kladen zvláštní důraz.

Výsledná délka vozu 10,5 m pro maximalizaci míst k sezení definuje počet dveří na dvě, obě jsou dvoukřídlá a mají šířku 1,2m. Tento počet umožňuje cestujícím pohodlný nástup I výstup bez vzájemného omezení.

Šířka 2,55m se váže na použité nápravy a na omezení dané Evropskou regulí. Výška 3m v nejvyšším místě a 2,7m v nejnižším nabízí dostatečné místo na stání i v zadní části.

6.3 Vnitřní mechanismy a komponenty



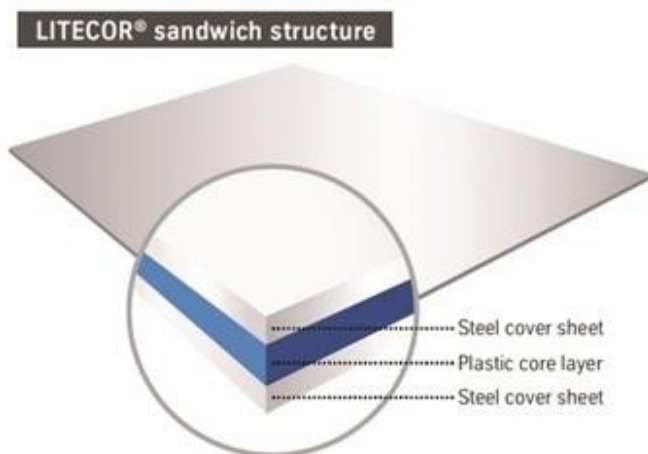
- přední a zadní náprava
- chlazení hnacího ústrojí a baterií
- baterie
- palubní počítač
- tepelné čepadlo
- klimatizace

Obr. 6-2 Rozložení komponent

6.4 Materiálové řešení

Rám-Litecor

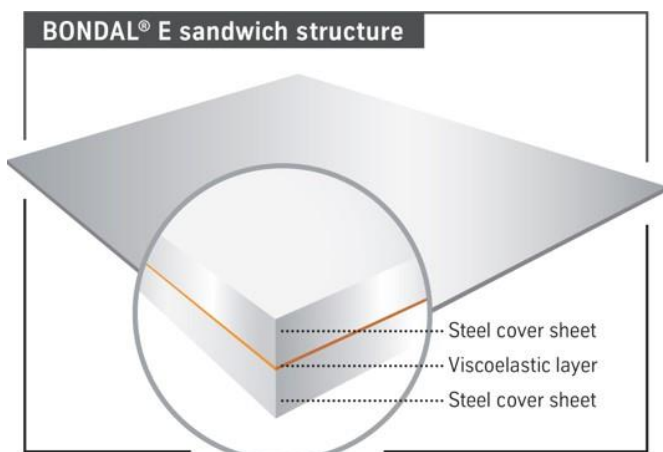
Sendvičový materiál od firmy Thyssenkrupp skládající se z dvou vrstev kovu a plastového jádra. Testy od Euro NCAP prokázaly větší houževnatost materiálu než u klasické oceli. Méně materiálu je potřeba k zhotovení rámu stejné pevnosti, to znamená že bude rám lehčí. Plastová vrstva potlačuje hluk a vibrace což má za následek větší komfort pro cestující i řidiče.



Obr. 6-3 Litecor [37]

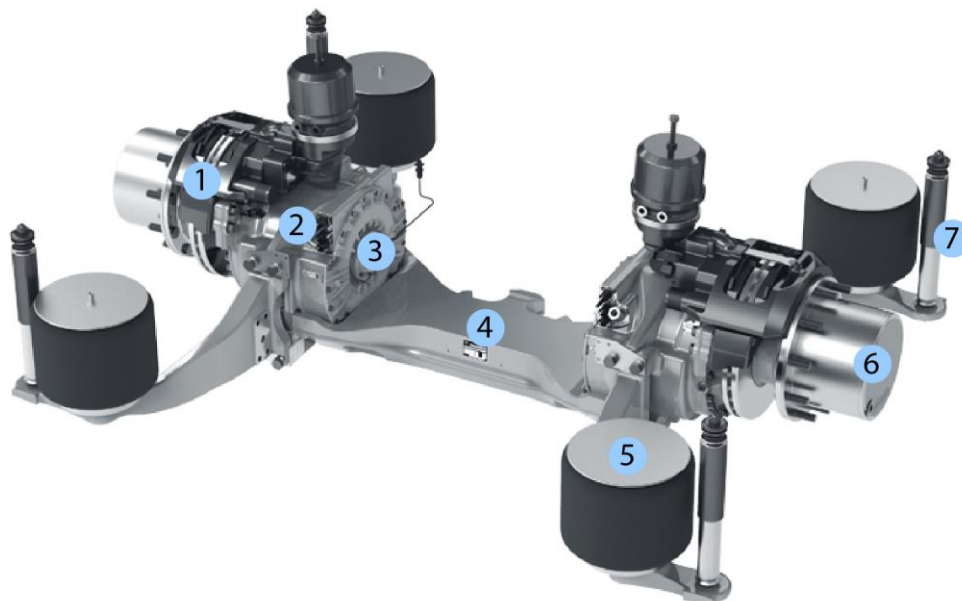
Rám by pak byl ohýbaný a svařovaný. Svařovatelnost materiálu byla již podrobena testům s pozitivním výsledkem.

Karoserie-Bondal



Obr. 6-4 Bondal [38]

Tento materiál pochází také od firmy Thyssenkrupp. viskoelastické jádro je obklopeno dvěma ocelovými pláty. Materiál nabízí vysokou zvukovou izolaci a dokáže rozptýlit zvukové vlny šířící se vzduchem. Redukuje také vibrace to zajistí ještě větší odhlučnění vlivem vibrace rámu.



Obr. 6-7 AxTrax AVE Systém [41]

1. Brzdy (2x)
2. Externí přípojka (2x)
3. Trakční motor (2x)
4. Nápravový most
5. Vzduchová pumpa (4x)
6. Hlava kola
7. Tlumič (4x)

Brzdy

Spojení brzd z hub motory umožňuje regenerativní brzdění zvyšující dojezd elektrobusu.

Kola

Kola podléhají standartu stejně jako pneumatiky. Pro kola platí rozměr 22.5“ x 8.25“ pneumatiky 275/70R22.5.

Řízení

Elektro hydraulické řízení je asistent, který využívá energii elektromotoru místo hydraulické pumpy. Jeho hlavní výhodou je komfort pro řidiče, zajištěný sníženou odezvou řízení na nerovný terén a lehčí manévrovatelnost.

Odezva řízení je přímo vázaná na rychlost, v které se vůz pohybuje. Čím je větší, tím je potřeba vyvinout větší sílu pro zatočení.

Baterie

Zvolené baterie typu NMC s kapacitou 25/33kWh. Celkový počet je 10 článků, každý s obsahem dvanácti prismatických baterií o kapacitě 25/33 Ah. Baterie jsou upevněny za zadní nápravou.

Technologie baterií Innolith neztrácí svou kapacitu počtem nabíjecích cyklů díky anorganickému elektrolytu a při kapacitě dosahující 1 kWh/kg snížit počet baterií až 3x.

Vytápění



Obr. 6-8 Thermo [42]

Pro eliminaci zplodin z dieslem poháněného topení jsem zvolil plně elektrický Thermo 200 od firmy Valeo s tepelným výkonem 20 kW a váhou 15 kg. Rozměry jednotky jsou 578 x 247 x 225 mm. Vyžaduje minimální údržbu a nevydává skoro žádný hluk.



Obr. 6-9 Miba [43]

Chlazení baterií

Správné tepelné hospodářství baterií je jedním z nejdůležitějších faktorů u elektrických prostředků. Pro rychlé nabíjení se stává nezbytnou součástí. Přenos tepla mezi bateriemi a chladičem zprostředkovává systém Flexcooler od Rakouské firmy Miba. Optimálně absorbuje teplo díky blízkému kontaktu s bateriemi a díky své konstrukci nepotřebují žádný vyplňující materiál který normálně předává teplo mezi bateriemi a chladičím systémem.

Nabíjení

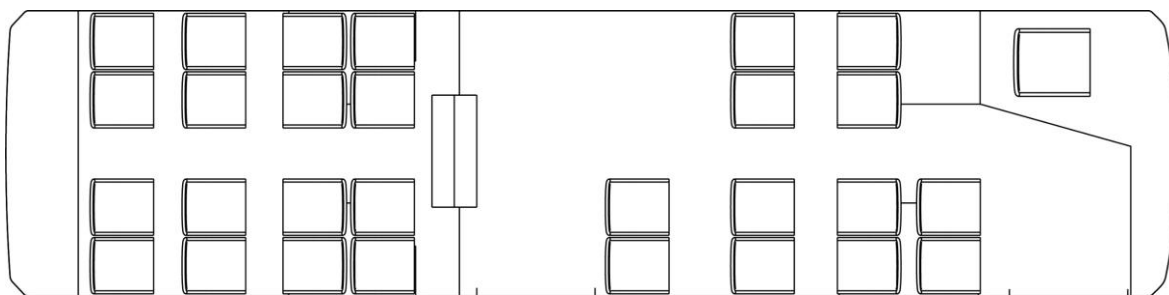
Autobus se dobíjí skrze konektory, které se připojují v levé zadní část. Je schovaný za dvířky které je chrání před externími vlivy.



Obr. 6-10 Nabíjení

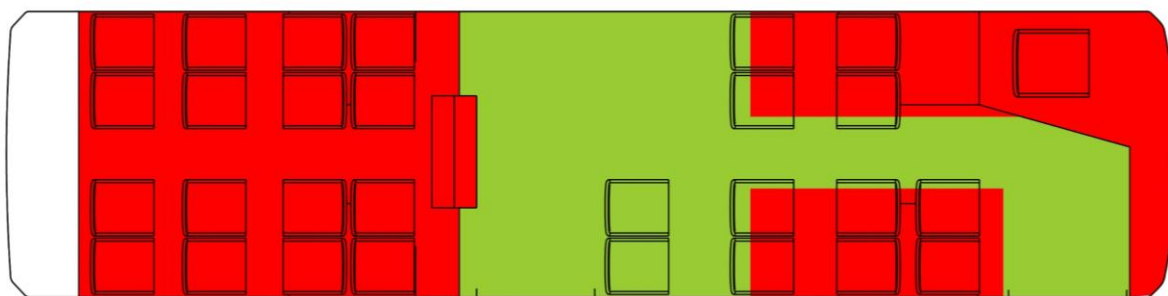
6.6 Ergonomie

6.6.1 Rozložení interiéru



Obr. 6-11 Rozložení sedadel

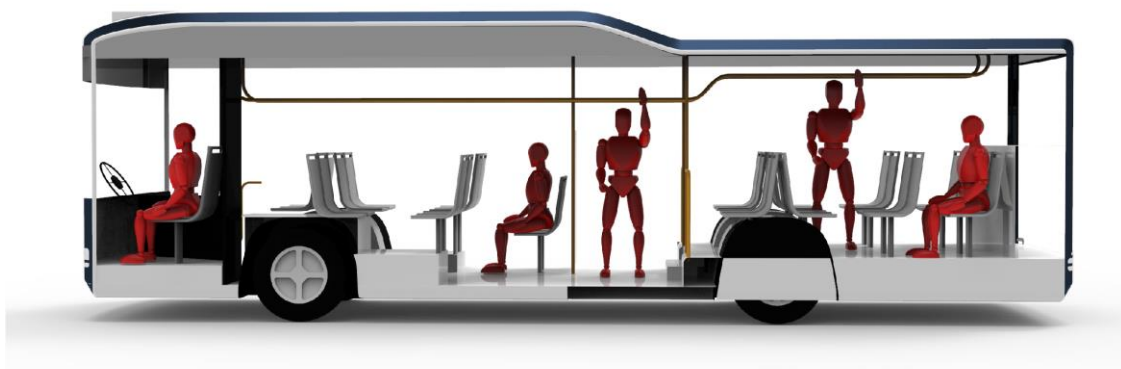
Tato konfigurace nabízí 28 míst k sezení pro cestující plus sedadlo řidiče.. Sedadla mají hloubku 450 mm a na každém je madlo. Prostor pro přepravu hendikepovaných, kočárků nebo rozměrných zavazadel se naachází po vstupu zadními dveřmi. Autobus má dvoje dveře pro nástup a výstup o šířce 1200mm. Ve vozidle je 42 míst ke stání (obsazenost 5os/m²).



Obr. 6-12 Rozložení podlahy

Celková kapacita vozu je 70 osob.

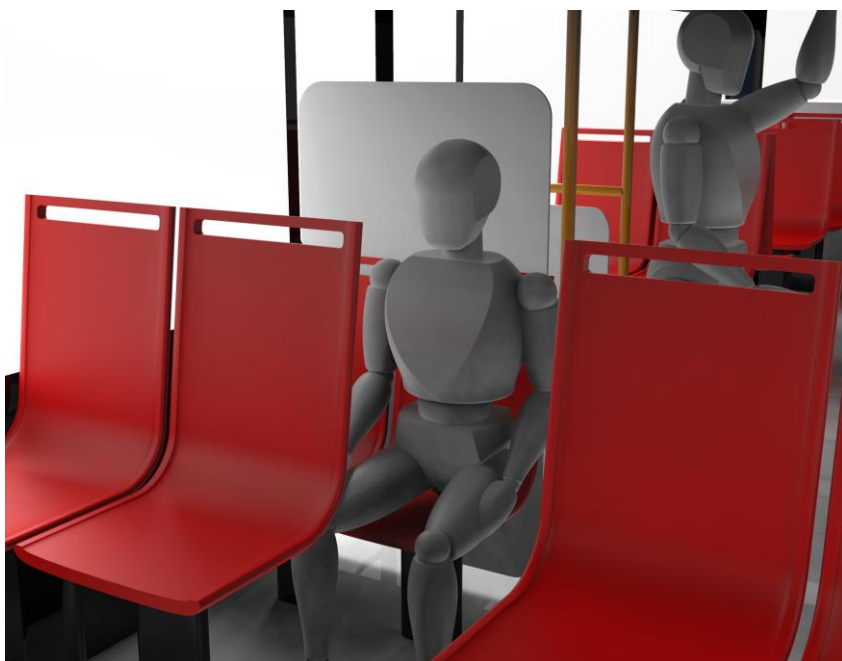
Pro maximalizaci prostoru k sezení byla podlaha na červených místech zvýšena. Do zadní části vedou dva schody o výšce 100 mm každý, zadní část je tedy ve výšce 200 mm, stejně jako v části přední. Výška schodu do 200 mm je z hlediska ergonomie žádoucí.



Obr. 6-13 Pohled s ergony

Autobus je navržen aby splňoval podmínky devadesáti pěti antropometrického výškového percentilu tedy 1880 mm v přední i zadní části. Výška sedadel jej také splňuje. Sedadla jsou ve výšce 495 mm.

6.6.2 Sedačky



Obr. 6-14 vizualizace sedačky s ergonem

Součástí návrhu jsou plastové sedačky jednoduchého tvaru. Jsou jednoduché na údržbu, v případě že by byly sedačky pro cestující studené nebo kluzké je lze potáhnout textýlí. Celá sedačka je mírně prohnutá a mají mírně zvýšené bočnice pro lepší držení těla v sedačce. Opěradlo je skloněno o 8° , má šířku 45cm a jeho výška i s madlem činí 65cm.

6.6.3 Informační systém

Vozidlo je osazeno z vnějšku třemi displeji. Jsou umístěny vně vozidla, což napomáhá čitelnosti zobrazovaných informací oproti hodně rozšířenému za sklem. Přední display zobrazuje číslo spoje a jeho konečnou. Zadní displej zobrazuje pouze číslo spoje pro minimalizaci rozptýlení dalších řidičů.



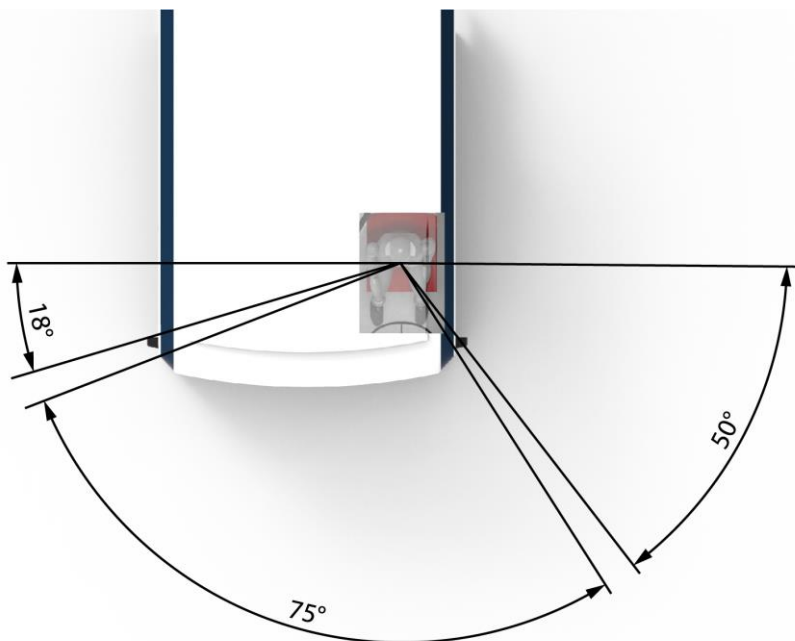
Obr. 6-15 Informační systém

Informační panel na boku je mnohem větší a je umístěn mezi dvěřmi. Slouží k zobrazení zastávek na které autobus jede a přestupních uzlů. To pomáhá v rychlejší orientaci cestujících. Dá se využít i pro zobrazení reklamy nebo dalších informací, jako jsou časy odjezdů, například když je vůz odstaven ve smyčce



Obr. 6-16 Informační panel na boku vozidla

6.6.4 Pozorovací úhly

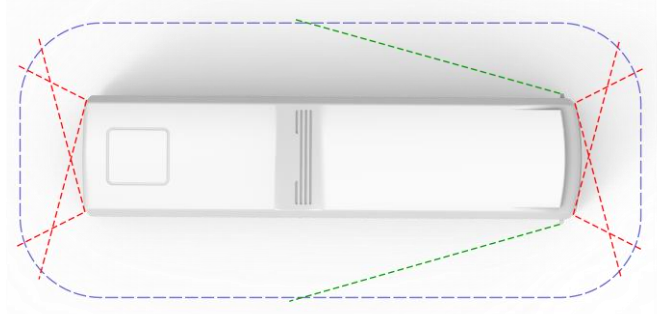


Obr. 6-17 Pozorovací úhel

Velké, klenuté přední okno poskytuje řidiči široký rozhled na vozovku i přes aplikaci A sloupku pro zvýšení pevnosti karoserie. V kombinaci s lidarem ve světlech a elektronických kamer poskytuje dostatečný přehled o vozidle.

6.7 Bezpečnost a hygiena

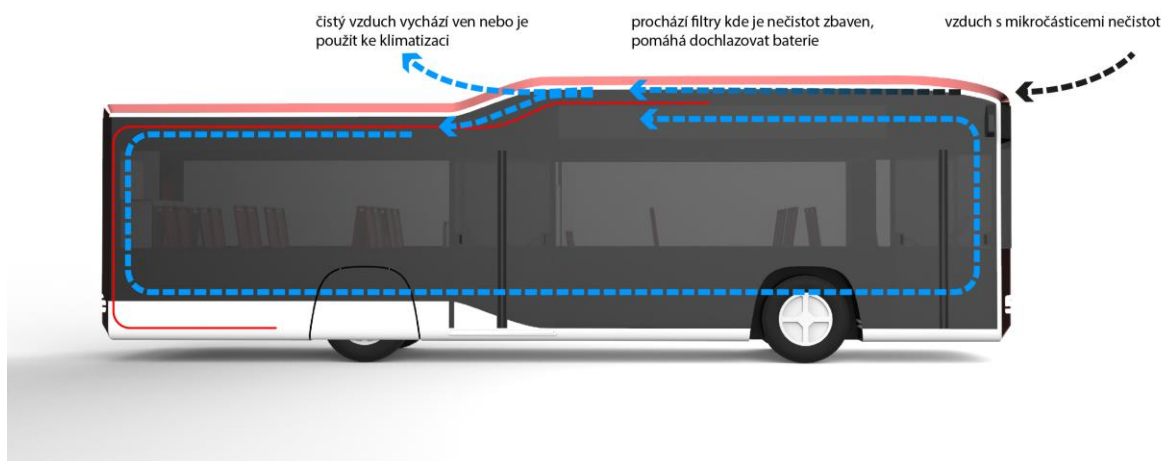
Autobus není vybaven pásy, protože se jedná o městský elektrobus. Bezpečnost zajišťují dvě kamery místo zrcátek které jsou schopny vypočítat vzdálenost objektů od vozidla po stranách. Vepředu a vzadu pak lidar zabudovaný ve světlech, který dokáže snadno detekovat vlastnosti objektů jako je jeho vzdálenost, rozměry a rozlišit o jaký objekt se jedná. Kamery na stranách vozu pak pomáhají dopočítat ostatní informace pro kamery ze zrcátek



Obr. 6-18 Bezpečnost a hygiena

6.8 Udržitelnost

Elektrický autobus využívá ke svému pohonu čisté energie, jeho motor je jednodušší a tedy snadnější na údržbu. Vozidlo čistí městský vzduch který prochází střešním sáním skrze filtry a tři větráky. Proudící vzduch se používá sekundárně k chlazení střešních baterií, případně dá použít jako klimatizace vnitřních prostor.



Obr. 6-18 čištění vzduchu

7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

7.1 Logotyp a grafická značka

TRANSPORTERRA

Obr. 7-1 Logotyp TRANSPORTERRA

Logotyp bez stínování dodává jménu Transporterra pocit stability a bezpečí. Absence části svislic u písmen R a P propůjčuje dynamičnost. Spojením slov Transport a Latinského slova Terra tedy země vzniká zemní transport.

7.1.1 Grafická značka



Obr. 7-2 Grafická značka TRANSPORTERRA

Spojením začátečních písmen do tvaru kopírujícího křivku střechy a zakomponováním ho do kruhu, který symbolizuje naši Planetu vznikl piktogram obličeje s pozdviženým obočím člověka nebo robota. Vyjadřuje tak svoji nebojácnost k nelehkým úkolům, se kterými se vozidlo veřejné dopravy setkává každý den.

7.1.2 Logo



Obr. 7-3 Logo TRANSPORTERRA s kotami

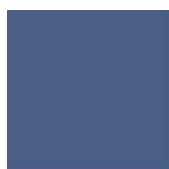
Veškeré rozměry jsou násobky společného jmenovatele a . Křivka loga kopírující tvar střechy je rovnoběžná s výškou verzálky logotypu

7.1.3 Barevné provedení



Obr. 7-4 Logo TRANSPORTERRA barevné

Modrá barva, tedy barva klidu a souladu podtrhuje čistý provoz autobusu Transporterra. Vzbuzuje důvěru v produkt a propůjčuje mu stabilitu. Zvýrazená začáteční písmena jednotlivých slov usnadnění čtení významu v grafické značce.



Obr. 7-5 Barva

CMYK #336699.

RGB (51,102 ,153)

7.2 Barevné řešení

Barevné řešení pomáhá výslednému produktu dotvářet jeho identitu. Špatné řešení může celkově pocit degradovat. Může jím třeba být reklamní polep, který rozbíjí tvář samotného vozidla.



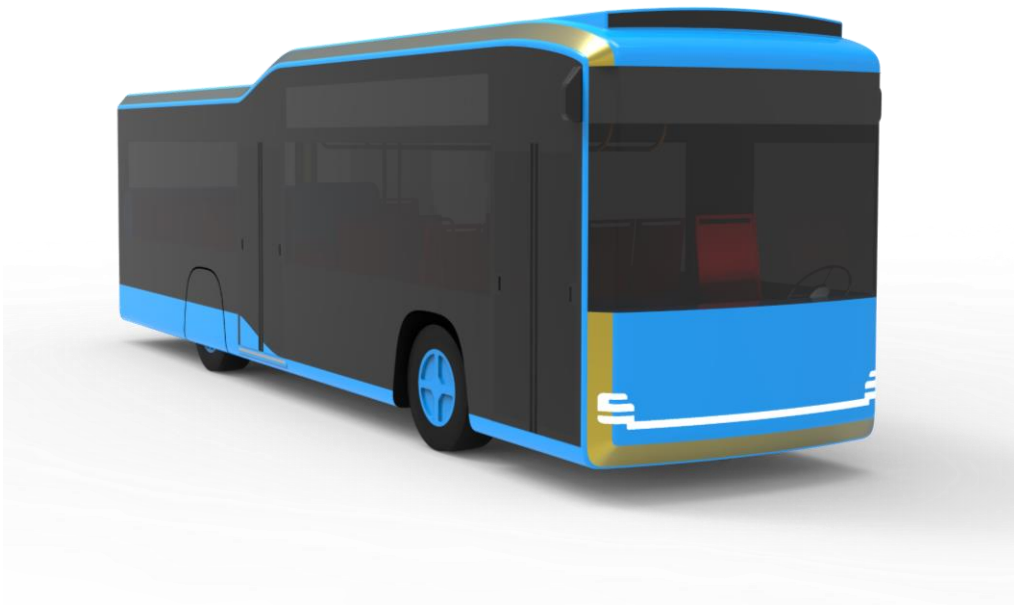
Obr. 7-6 Barevné provedení Bílá/černá s modrým akcentem

Zbarvením pohledových ploch jsem docílil optického rozdělení jednotlivých částí. Základní barva bílá nejlépe vyjadřující čistotu provozu tohoto městského autobusu.

Autobus v barvách logotypu vyzdvihuje elektrický pohon kterým je autobus poháněn. Modrá také podporuje pocit klidu a stability což je u prostředku hromadné dopravy žádoucí.



Obr. 7-7 Barevné provedení město Brno



Obr. 7-6 Barevné provedení město Ostrava

8 DISKUZE

8.1 Psychologická funkce

Prostředky veřejné dopravy by měly být jednoduché, jak tvarováním, tak barevným řešením. Vozidlo má mělo zapadnou do městské infrastruktury a nenarušovat ji. V Transportním designu si můžeme všimnout opakujících se prvků a to zejména pro zlevnění a usnadnění výroby.

Ve svém návrhu jsem se vyhnul agresivnímu tvarování a velké členitosti povrchů. Nejvýraznějším prvkem je sání, které na sebe svým tvarem upozorňuje ale nenarušuje celistvost designu.

8.2 Ekonomická funkce

Pořizovací cena aplikovaných technologií není zanedbatelná, avšak její přínosy mohou do budoucna značně ovlivnit náklady spojené s opravami infrastruktury nebo obecného vlastnictví.

Vytvoření nového produktu nabízí nová pracovní místa v samotné konstrukci stroje jeho údržbě nebo provozu. Dále snižuje náklady na zdravotní péči cestujících a obyvatel měst svojí senzorikou a snížením znečištění ovzduší.

Atraktivní design a možnost řídit takový stroj může přivést nové zaměstnance operátorům a orgánům provozující veřejnou dopravu.

8.3 Sociální funkce

Pohled na veřejnou dopravu se mění, ať s hlediska znečištění, které oproti dopravě osobní, veřejná značně snižuje, tak z důvodu chvíli si odpočnout od věčného stresu za volantem. Využití veřejné dopravy také redukuje nápor na komunikace a dopravního vytížení.

V dnešní době se také pro snížení emisí omezuje vjezd osobních vozidel do centra měst, veřejná doprava se tak může stát rychlou a pohodlnou alternativou pro pohyb v centru města.

9 ZÁVĚR

Výsledkem diplomové práce je vytvoření konceptu elektrického autobusu, který pomáhá zlepšovat kvalitu ovzduší ve městech. Technologie aplikované v návrhu vycházejí ze současných produktů nebo z technologií které se budou brzy aplikovat.

Elektrický autobus jako samotný moc nepřispívá k ekologii vlivem způsobu, jakým se energie pro jeho provoz vyrábí. Dokud se nepřejde na obnovitelný zdroj, který drasticky neovlivňuje životní prostředí jako například spalování, nedají se elektrobusy nazívat čistou dopravou.

Součástí řešení byla analýza trhu z designérského a technického pohledu, která napomohla určit momentální trendy, kterými se veřejná doprava bude nadále ubírat. Využití moderních technologií pak propůjčilo návrhu svojí jedinečnost.

Nosným prvkem se stala technologie čištění vzduchu, která využívá proud vzduchu sekundárně k chlazení baterií a klimatizace interiéru.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. PATELLA, Dominik et al, 2018. *Electric Mobility & Development: An Engagement Paper from the World Bank and the International Association of Public Transport* [online]. World Bank, International Association of Public Transport [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <http://documents.worldbank.org/curated/en/193791543856434540/pdf/132636-EMADv4-web.pdf>
2. Sor, 2020. *O nás* [online]. Česká republika: OG Soft [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://www.sor.cz>
3. Sor Libchavy s.r.o., *SOR Libchavy s.r.o: Produkty - SOR Libchavy s.r.o.* [online]. Česká Republika [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: https://www.sor.cz/wp-content/uploads/2017/10/sor_ns_electric1.jpg
4. Sor Libchavy s.r.o., 2019. <https://www.sor.cz/ens/> [online]. Libchavy: OG Soft [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: https://www.sor.cz/wp-content/uploads/2017/09/EBN_8-95-11_CZ_LoRes.pdf
5. ŠKODA AUTO a.s., 2020. *ŠKODA ELECTRIC a.s.* [online]. Česká republika: Beneš & Michl [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz>
6. Škoda Transportation a.s., 2019. *Škoda Transportation a.s.* [online]. Česká Republika [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/photo-ct-2443-760-546-.jpg>
7. ŠKODA AUTO a.s., 2017. *ŠKODA* [online]. Česká republika: ŠKODA ELECTRIC [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz>
8. Škoda Transportation a.s., 2019. *Škoda Transportation a.s.* [online]. Česká Republika [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/photo-ct-2443-760-546-.jpg>
9. Mercedes-Benz Buses: The standard for buses., 2019. *Mercedes-Benz Buses* [online]. Germany [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz-bus.com/content/dam/mbo/markets/common/models/ecitaro/comfort-and-design/design/images/teaser/ecitaro-teaser-design.jpg>

10. Mercedes-Benz Buses: The standard for buses., 2019. *Mercedes-Benz Buses: The standard for buses*. [online]. Czech Republic: Mercedes-Benz Česká republika [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: https://www.mercedes-benz-bus.com/cs_CZ/buy/services-online/download-product-brochures.html#container_104046757_/content/element_385184368_co

11. VDL Citea LLE nastupuje v nových verzích | Auto.cz, 2001. *Auto.cz - nejlepší jízda na webu: recenze, videa, testy* [online]. Česká Republika [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://img2.auto.cz/img/29/normal690/4742786_autobusy-v0.jpg?v=0

12. New length variants VDL Citea LLE, 2019. *VDL Bus & Coach*[online]. Nizozemí: VDL Bus & Coach bv [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.vdlbuscoach.com/News/News-Library/2016/Nieuwe-lengtevarianten-VDL-Citea-LLE.aspx>

13. Electrive.com, 2013. *Electrive* [online]. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: <https://www.electrive.com/wp-content/uploads/2018/03/byd-midi-bus-k7u-444x222.png>

14. Welcome to BYD Official Site, 2019. *BYD Auto, Build Your Dreams!* [online]. Čína: BYD Company Limited [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: http://bydeurope.com/downloads/eubs_specification/BYD_8_Meters_Electric_bus.pdf

15. Autosport, *Sport.es* [online]. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: <https://estaticos.sport.es/resources/jpg/8/7/1558434453678.jpg>

16. Welcome to BYD Official Site, 2019. *BYD Auto, Build Your Dreams!* [online]. Čína: BYD Company Limited [cit.2019-04-30]. Dostupné z: http://bydeurope.com/downloads/eubs_specification/BYD_12_Meters_Electric_bus.pdf

17. BYD ADL Enviro200EV: Elektrické autobusy pro Londýn | Auto.cz, 2017. *Auto.cz - nejlepší jízda na webu: recenze, videa, testy* [online]. Česká Republika [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://img2.auto.cz/img/29/normal690/4844669_autobusy-v0.jpg?v=0

18. Enviro200EV | Alexander Dennis, 2019. *Home | Alexander Dennis* [online]. Velká Británie: Alexander Dennis [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.alexander-dennis.com/products/single-deck/enviro200ev/>

19. BU-205: Types of Lithium-ion, 2013. *BatteryUniversity* [online]. Cadex Electronics [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: [https://batteryuniversity.com/_img/content/li_4\(1\).jpg](https://batteryuniversity.com/_img/content/li_4(1).jpg)

20. BU-205: Types of Lithium-ion, 2013. *BatteryUniversity* [online]. Cadex Electronics [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: [https://batteryuniversity.com/_img/content/li_6\(1\).jpg](https://batteryuniversity.com/_img/content/li_6(1).jpg)
21. BU-205: Types of Lithium-ion, 2013. *BatteryUniversity* [online]. Cadex Electronics [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion
22. Dober-electric-vehicle-cooling-systems, 2016. *Dober* [online]. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://www.dober.com/electric-vehicle-cooling-systems#electric_vehicle_thermal_management_system
23. King Song 18XL 18" Wheel 1554Wh 2000W Plus Pedal – Flash, 2019. *Flash-ecom* [online]. [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: https://cdn.shopify.com/s/files/1/1185/7794/products/800x800_a6237b76-dc59-4274-9aa0-f7537b294a41_1024x1024.jpg?v=1560759063
24. Evolve GTR Bamboo 2, 2019. *Evolveskateboards* [online]. Australia [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: https://cdn.shopify.com/s/files/1/0150/5168/products/GTR_Carbon_2in1_Main_2048x2048.jpg?v=1574398861
25. Turbo Como, 2019. *Made for riders, by riders. | Specialized.com* [online]. United States [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: <https://www.specialized.com/medias/08-TRBO-650-Como-ProductImage-Desktop.jpg?context=bWFzdGVyfGltYWdlc3wzNzA2NzI8aW1hZ2UvanBIZ3xpbWFnZXMvaGEyL2gzZC85MDM2NDUzMTE3OTgyLmpwZ3wzNTIkYzlmODdhZTNiNzkzYml3M2ZhYWY5ZTZkYTRkNTM1ZGU4ZDIyZTUzNzE3MDM3YmU5YzlmMTVmYmFiMDg2>
26. Independent Front Suspension for Coaches - ZF, 2019. *Zf* [online]. Německo [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: https://www.zf.com/products/en/buses/products_29065.html
27. AxTrax AVE System - ZF, 2019. *Zf* [online]. Německo [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: https://www.zf.com/products/en/buses/products_40128.html
28. AxTrax AVE System - ZF, 2019. *Zf* [online]. Německo [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: https://www.zf.com/products/en/buses/products_40128.html

29. Lehké konstrukce automobilů - sendvičové materiály, 2016. *Home* [online]. Česká republika [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/00006_2016_127_1464355411/sanovec_obr_01.jpg
30. Lehké konstrukce automobilů - sendvičové materiály, 2016. *Mmspektrum* [online]. Česká republika [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/00006_2016_127_1464355411/sanovec_obr_01.jpg
31. How do lithium-ion batteries work? - Explain that Stuff, 2009. *Explain that Stuff* [online]. Velká Británie: Woodford, Chris [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.explainthatstuff.com/how-lithium-ion-batteries-work.html>
32. Induction Motor | Working Principle | Types of Induction Motor | Electrical4U, 2019. *Electrical4U: Electrical & Electronics Engineering Basics* [online]. Velká Británie: Amazon Services LLC Associates Program [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.electrical4u.com/induction-motor-types-of-induction-motor/>
33. Buses sub page; Electric Buses (Page 1), 2001. *Opening Page*[online]. Velká Británie: E & OE. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://citytransport.info/Electbus.htm>
34. Worldmeter: Czech republic (Czechia), 2020. *Worldmeter* [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.worldometers.info/co2-emissions/czechia-co2-emissions/>
35. EeNews: AUTOMOTIVE, 2019. *Eenews* [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.eenewsautomotive.com/>
36. Geostat, 2011. *GEOSTAT population grid 2011* [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:GEOSTAT_population_grid_2011.png
37. Alexander-Dennis. *Alexander-Dennis* [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.alexander-dennis.com/media/news/2018/october/adl-improves-visibility-with-cameras-in-place-of-mirrors/>
38. Dober-electric-vehicle-cooling-systems, 2016. *Dober* [online]. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://www.dober.com/electric-vehicle-cooling-systems#electric_vehicle_thermal_management_system
39. Independent Front Suspension for Coaches - ZF, 2019. *Zf* [online]. Německo [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: https://www.zf.com/products/en/buses/products_29065.html

40. BU-205: Types of Lithium-ion, 2013. *BatteryUniversity* [online]. Cadex Electronics [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: [https://batteryuniversity.com/_img/content/li_4\(1\).jpg](https://batteryuniversity.com/_img/content/li_4(1).jpg)
41. Electrive.com, 2013. *Electrive* [online]. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: <https://www.electrive.com/wp-content/uploads/2018/03/byd-midi-bus-k7u-444x222.png>
42. Electrive.com, 2013. *Electrive* [online]. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: <https://www.electrive.com/wp-content/uploads/2018/03/byd-midi-bus-k7u-444x222.png>
43. Autosport, *Sport.es* [online]. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: <https://estaticos.sport.es/resources/jpg/8/7/1558434453678.jpg>

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1 Sor NS 12 electric [3]	17
Obr. 2-2 Škoda Perun HE [6]	18
Obr. 2-3 Mercedes-Benz eCitaro [10].....	19
Obr. 2-4 ADL Enviro200 EV [13]	20
Obr. 2-5 Yutong U12 [16].....	21
Obr. 2-6 Van Hool Exqui.city 18 fuel cell [19].....	22
Obr. 2-7 Exqui.city 18 alternativní [20]	22
Obr. 2-8 Škoda Perun HE [21].....	23
Obr. 2-9 Mercedes-Benz eCitaro [22].....	24
Obr. 2-10 rozložení vnitřních komponent Mercedesu eCitaro [23].....	26
Obr. 2-11 Evropské standardy dobíjení [25].....	27
Obr. 2-12 Elektrická zrcátka ADL [29].....	30
Obr. 2-13 Zobrazovací monitor [30].....	31
Obr. 2-14 Čištění vzduchu [31].....	31
Obr. 2-15 Integrovaný lidar v LED světlech [32].....	32
Obr. 3-1 mapa JRC [33].....	33
Obr. 3-2 CO2 emise ČR [34].....	34
Obr. 4-1 Varianta 1	39
Obr. 4-2 Varianta 2	40
Obr. 4-3 Varianta 3	41
Obr. 5-4-1 Perspektivná pohled	42
Obr. 5-2 Levý bok s detaily.....	42
Obr. 5-3 Pohled zezadu.....	43
Obr. 5-4 Pohled zleva.....	43
Obr. 6-1 Rozměry	44
Obr. 6-2 Rozložení komponent.....	45
Obr. 6-3 Litecor [37]	46
Obr. 6-4 Bondal [38]	46

Obr. 6-5 Nezávislé přední odpružení RL 82 EC [39]	47
Obr. 6-6 AxTrax AVE Systém [40]	47
Obr. 6-7 AxTrax AVE Systém [41]	48
Obr. 6-8 Thermo [42]	49
Obr. 6-9 Miba [43]	49
Obr. 6-10 Nabíjení	50
Obr. 6-11 Rozložení sedadel.....	50
Obr. 6-12 Rozložení podlahy.....	51
Obr. 6-13 Pohled s ergony.....	51
Obr. 6-14 vizualizace sedačky s ergonem.....	52
Obr. 6-15 Informační systém	53
Obr. 6-16 Informační panel na boku vozidla	53
Obr. 6-17 Pozorovací úhel.....	54
Obr. 6-18 Bezpečnost a hygiena.....	54
Obr. 7-1 Logotyp TRANSPORTERRA	56
Obr. 7-2 Grafická značka TRANSPORTERRA.....	56
Obr. 7-3 Logo TRANSPORTERRA s kotami.....	57
Obr. 7-4 Logo TRANSPORTERRA barevné	57
Obr. 7-5 Barva.....	57
Obr. 7-6 Barevné provedení Bílá/černá s modrým akcentem.....	57
Obr. 7-7 Barevné provedení město Brno.....	58
Obr. 7-8 Barevné provedení Ostrava.....	58

12 SEZNAM PŘÍLOH

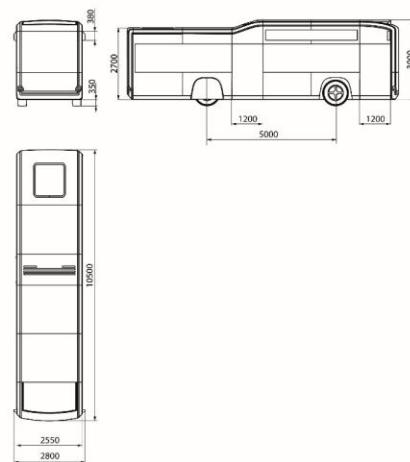
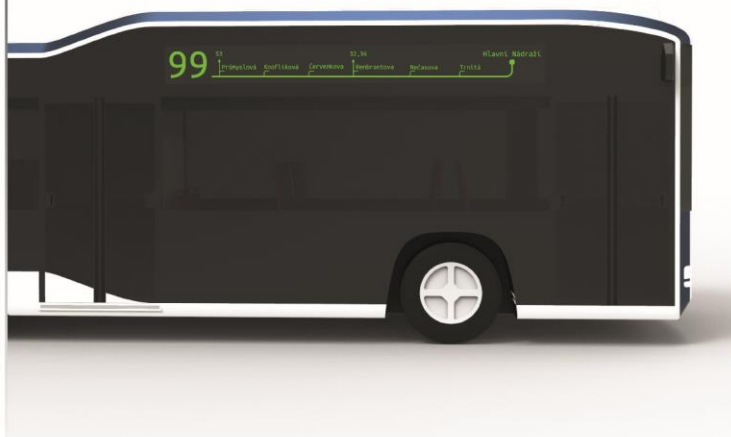
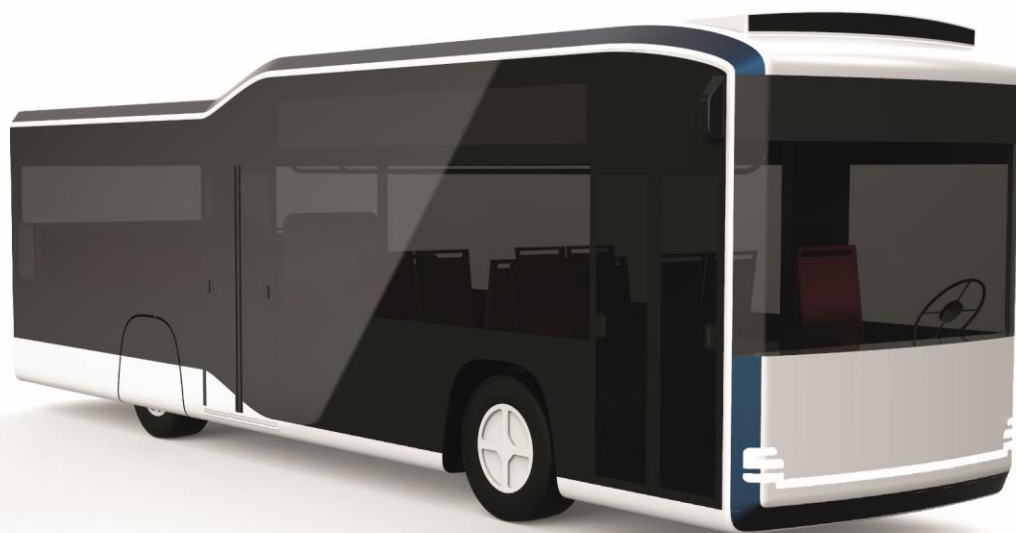
Zmenšený poster sumarizační (A4)

Zmenšený poster designérský (A4)

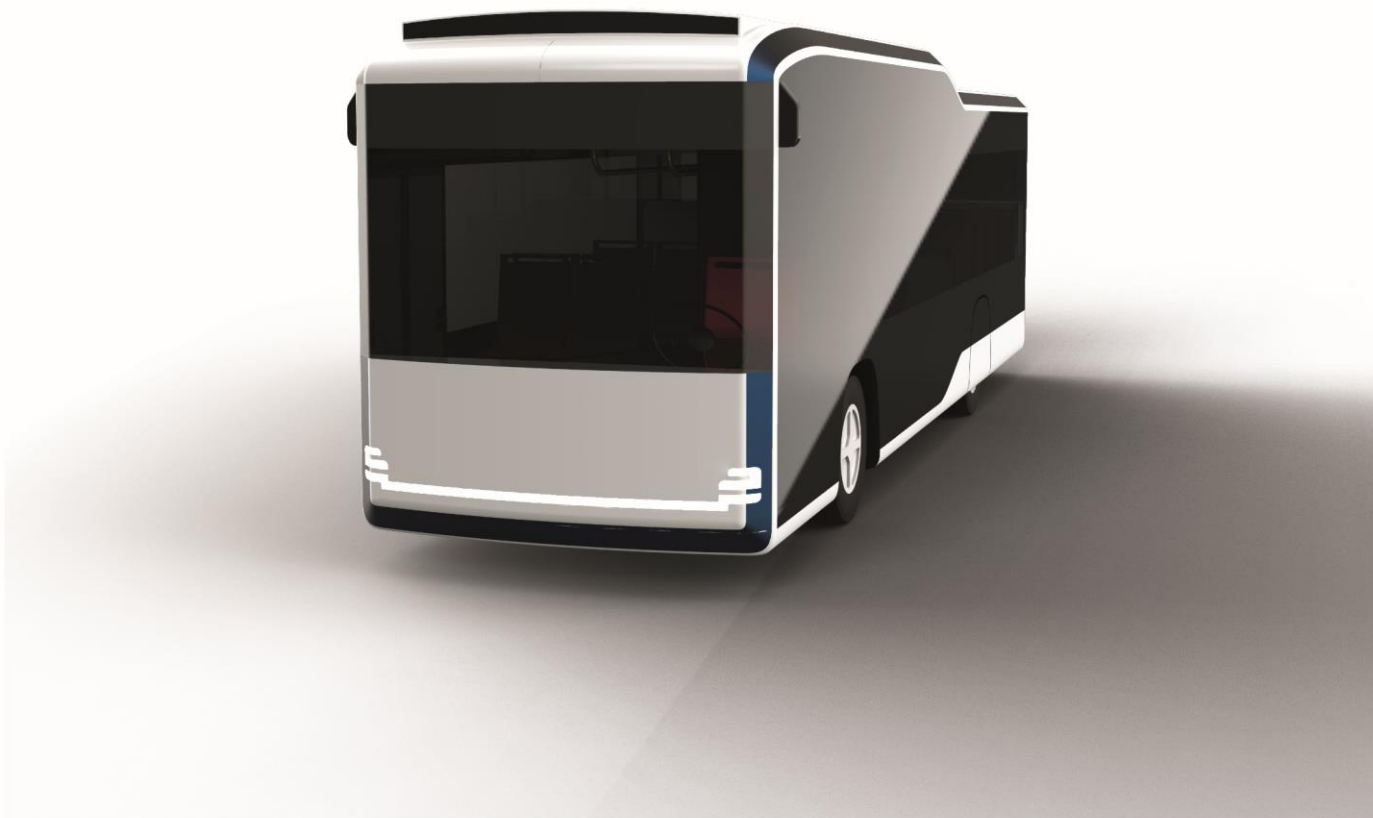
Zmenšený poster ergonomický (A4)

Zmenšený poster technický (A4)

Foto modelu

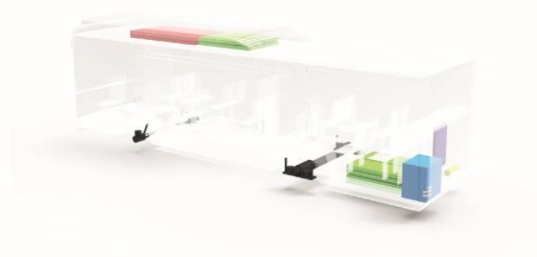
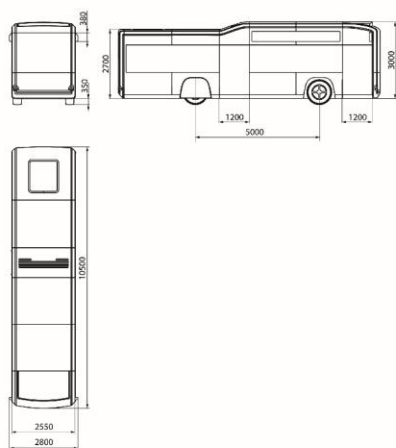
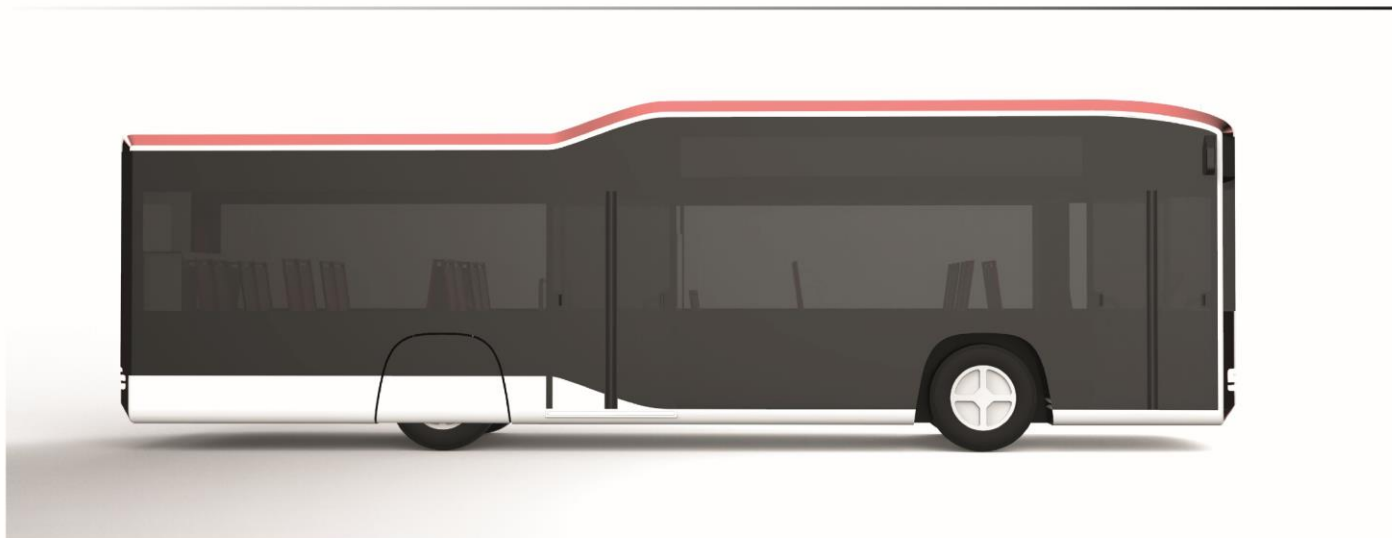


Dobrý design u hromadné dopravy ovlivňuje chování zákazníků, což má poté přímo/nepřímo dopad na počet cestujících. S rostoucím počtem lidí stoupají nároky na dopravu, na kvantitu ale i na kvalitu služeb, které veřejná doprava poskytuje. Mnoho lidí stále volí dopravu osobním automobilem, tím roste riziko nehody, zvyšuje se znečištění a přetěžují dopravní komunikace. Cesta městskou hromadnou dopravou přitom bývá mnohdy rychlejší a odpadá starost s hledáním parkovacího místa.

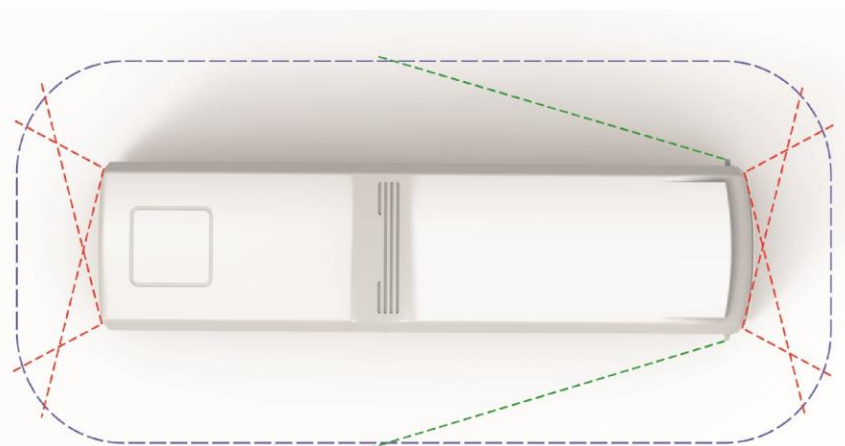


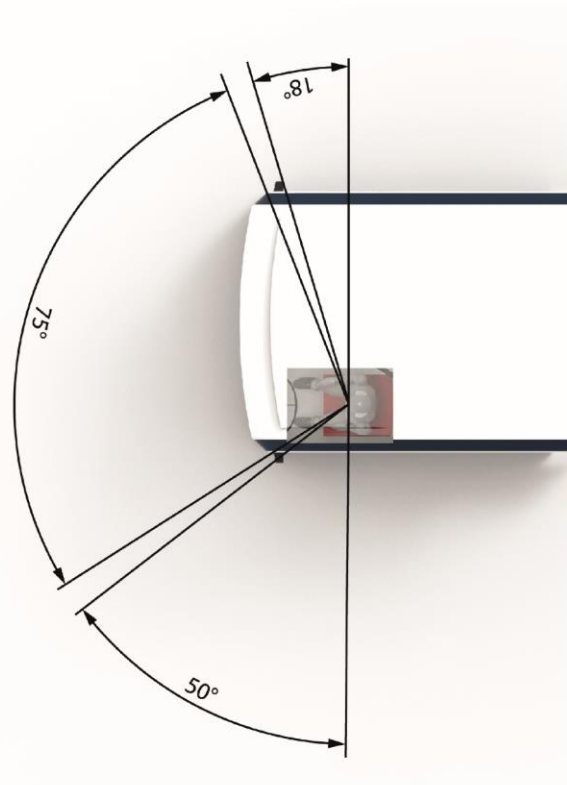
Efektivní a atraktivní autobusová infrastruktura je klíčová pro každé město. Integrace a implementace elektrických vozidel je příležitostí redefinovat a zlepšit rozhraní mezi autobusovou dopravou a městskou infrastrukturou. To může velmi přispět ke snadnějšímu a bezpečnějšímu přístupu k tomuto druhu dopravy a tím zlepšit vnímání autobusů ve městech.





- přední a zadní náprava
- chlazení hnacího ústrojí a baterií
- baterie
- palubní počítač
- tepelné čerpadlo
- klimatizace

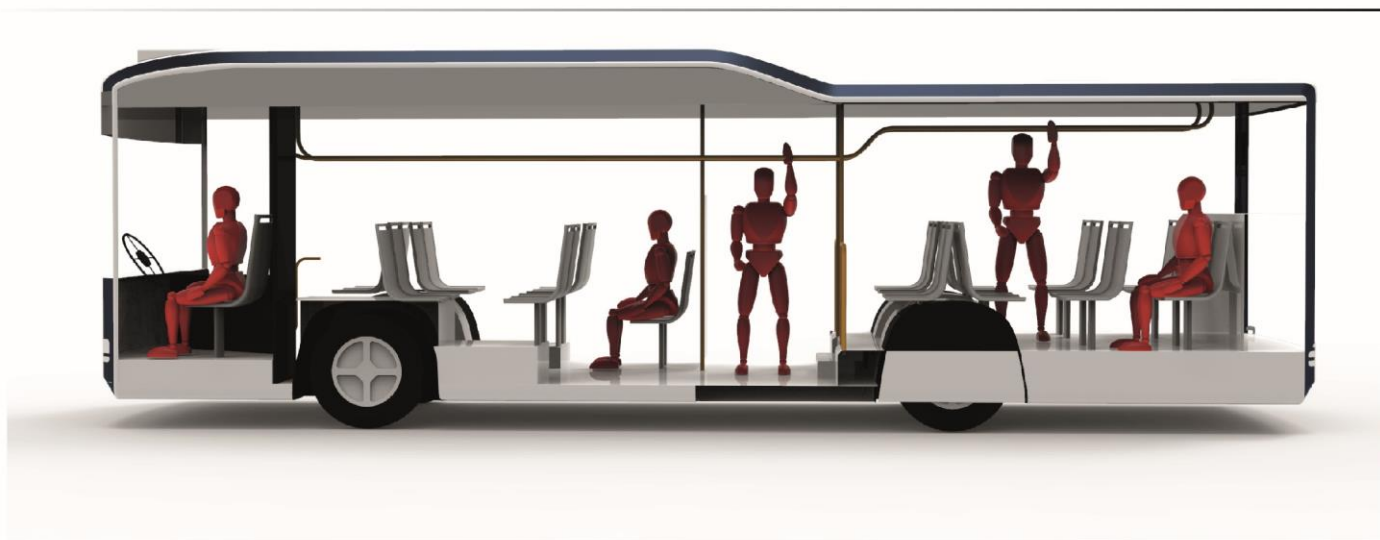




Celková kapacita vozu je 70 osob.

Pro maximalizaci prostoru k sezení byla podlaha na červených místech zvýšena. Do zadní části vedou dva schody o výšce 100 mm každý, zadní část je tedy ve výšce 200 mm, stejně jako v části přední. Výška schodu do 200 mm je z hlediska ergonomie žádoucí.

Autobus je navržen aby splňoval podmínky devadesáti pěti antropometrického výškového percentilu tedy 1880 mm v přední i zadní části. Výška sedadel jej také splňuje. Sedadla jsou ve výšce 495 mm.



DESIGN MĚSTSKÉHO ELEKTROBUSU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Tomáš Kučera / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD., Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2019/20

