

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta strojní

Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel



KONSTRUKČNÍ STUDIE SOUPRAVY AUTONOMNÍHO METRA PRO PRAHU

DESIGN STUDY OF AN AUTONOMOUS METRO UNIT FOR
PRAGUE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE 2023

Studijní program:

Strojírenství

Studijní obor:

Konstruování podporované počítačem

Vedoucí práce:

doc. Ing. Kolář Josef, CSc.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Duba** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **482384**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**
Studijní program: **Strojírenství**
Studijní obor: **Konstruování podporované počítačem**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Konstrukční studie soupravy autonomního metra pro Prahu

Název bakalářské práce anglicky:

Design study of an autonomous metro unit for Prague

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte:

1. Rešerši na téma: Řešení souprav metra.
2. Popis stupňů automatizace souprav a zabezpečovacích systémů metra v Praze.
3. Návrhovou studii skříně vozu autonomního metra s řešením nouzového výstupu na boční lávku.
4. Typový výkres čelního a vloženého vozu v měřítku 1:50 .
5. Průvodní technickou zprávu a výkres 3D modelu představku vozu s nouzovým výstupem.

Seznam doporučené literatury:

Odborné časopisy, firemní literatura, patentová literatura, normy.

Skripta ČVUT:

KOLÁŘ, J.: Teoretické základy konstrukce kolejových vozidel

ŠÍBA, J.: Kolejová vozidla II,

ŠÍBA, J.: Kolejová vozidla II - pojezd

MARUNA, Z., HOFFMANN, V., KOULA, J. KROUPOVÁ, Z.: Metodika konstruování kolejových vozidel - osobní a nákladní podvozky

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Josef Kolář, CSc. ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **19.04.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **12.07.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2023**

doc. Ing. Josef Kolář, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Oldřich Vítek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

Jméno autora:	Ondřej Duba
Název práce:	Konstrukční studie soupravy autonomního metra pro Prahu
Anglický název:	Design study of an autonomous metro unit for Prague
Rozsah práce:	95 stran 167 obrázků 2 přílohy
Akademický rok:	2022/2023
Ústav:	12 120 – Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Studijní program:	Strojírenství – Konstruování podporované počítačem
Vedoucí práce:	doc. Ing. Kolář Josef, CSc.
Klíčová slova:	autonomní, souprava, metro, Praha, konstrukční, studie, vozová, skříň, nouzový, výstup, mezivozový, představek
Key words:	autonomous, unit, metro, Prague, design, study, car, body, emergency, exit, intercar, vestibule

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zaměřuje na vypracování návrhu soupravy autonomního metra pro plánovanou pražskou linku =D=. Skládá se z rešerše vozidel metra a městských drah, historického vývoje souprav metra a zabezpečovacích zařízení v Praze. Dále se zabývá návrhem vozidla metra pro automatický provoz s řešením nouzového výstupu na trať a jeho konstrukčnímu provedení.

ABSTRACT

The bachelor's thesis focuses on the elaboration of the design of an autonomous metro unit for the planned =D= line of Prague's metro. It consists of a survey of metro units and urban railways vehicles, the historical development of metro units and train protection systems in Prague. It also deals with the design of a metro vehicle for automatic operation with a solution of an emergency exit onto the track and its construction.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou na téma: “Konstrukční studie soupravy autonomního metra pro Prahu” vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu zdrojů, jenž tvoří jednu z posledních kapitol této práce.

V Praze dne: 07. 07. 2022

Ondřej Duba

PODĚKOVÁNÍ

Velice děkuji panu *doc. Ing. Josefu Kolářovi, CSc.* za odbornou konzultaci v rámci problematiky provozu, návrhu, konstrukce, vybavení a historie kolejových vozidel metra a městských drah.

Děkuji panu *Ing. Jiřímu Tonarovi* za podrobný popis systému ACB-M1 u vozů E_{cs} a přiloženou fotodokumentaci ze svého osobního archivu.

Děkuji členům facebookového online fóra „*MILUJU METRO*“ za často obohacující diskuse na téma městských rychlodrah a jejich zařízení.

POUŽITÉ ZKRATKY

Uvedení v souladu se sousledností práce.

Zápis ve formátu: zkratka, slovní rozvedení, [dodatečná informace, země původu]

- ABB Asea Brown Boveri [SWE/CHE]
- LHB Linke-Hofmann-Busch [od r. 2009 Alstom Transport Deutschland, DE]
- CFL Carel Fouché Languépin [od 1989 součástí Alstom, FR]
- CEM Compagnie Électro-Mécanique [od r. 1983 součástí Alstom, FR]
- CAF Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles [FR]
- DTW Doppeltriebwagen – nedělitelná dvouvozová souprava
- SGP Simmering-Graz-Pauker [od r. 2009 Siemens AG Austria, AUT]
- AEG Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft AG [DE]
- O&K Orenstein & Koppel [zánik v r. 1999, DE]
- WU Waggon Union [též DWM – Deutsche Waggon und Maschinenfabrik, od r. 2021 součástí Alstom, DE]
- ММЗ Мытищинский машиностроительный завод [Mytiščinský strojírenský závod, od r. 1992 Метровагонмаш, RU]
- MBM Метровагонмаш [Metrovagonmaš, RU]
- ЛВЗ Ленинградский вагоностроительный завод им. И. Е. Егорова [Leningradský strojírenský závod I. E. Jegorova, od r. 1995 Вагонмаш, RU]
- VM Вагонмаш [Vagonmaš, bankrot v r. 2013, RU]
- КВБЗ Крюківський вагонобудівний завод [Kryukivský strojírenský závod, UA]
- Мо.Мо Modular Metro [v rámci Siemens Mobility, nyní projekt Inspiro]
- ŽZO Železniční Zkušební Okruh [součástí Výzkumného Ústavu Železničního – VUZ, poblíž obcí Velim a Cerhenice, ČR]
- ЗРЭПС Завод по ремонту электроподвижного состава [Oprávérenský závod elektrických kolejových vozidel, RU]
- DOZZ Дálkového Ovládaní Zabezpečovacího Zařídění [častěji DOZ]
- ASDŘ-D Automatický Systém Dispečerského Řízení – Dopravní
- EPV Elektro-Pneumatický Ventil

Ostatní zkratky jsou uvedeny přímo v textu práce s případným vysvětlením.

OBSAH

1. ÚVODEM.....	1
2. ROZDĚLENÍ VOZIDEL METRA A MĚSTSKÝCH DRAH	2
2. 1. Těžká tramvaj / Light rail / Stadtbahn (vybrané případy)	2
2. 2. Městská rychlodráha / S-Bahn	4
2. 3. Monorail / Alweg.....	6
2. 4. Lehké metro	7
2. 5. Těžké metro	8
2. 6. Automatické metro	12
3. SOUPRAVY PRAŽSKÉHO METRA.....	13
3. 1. R1	13
3. 2. E _{cs} (81-709).....	17
3. 2. 1. ACB-M1	20
3. 3. 81-71 (81-717.1/714.1)	24
3. 4. 81-71M (2Mt / 3Mt / 4Mt)	30
3. 4. 1. Praha inspirací ve světě.....	35
3. 5. M1	37
4. ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ PRAŽSKÉHO METRA	42
4. 1. ARS.....	42
4. 1. 1. Traťová část.....	42
4. 1. 2. Mobilní část	43
4. 2. PA 135.....	45
4. 2. 1. Stacionární část.....	45
4. 2. 2. Traťová část.....	45
4. 2. 3. Mobilní část	46
4. 3. LZA.....	48
4. 3. 1. Stacionární / traťová část	48
4. 3. 2. Mobilní část	48
4. 4. Staniční zabezpečovací zařízení	50
5. NÁVRH AUTONOMNÍHO VOZU METRA	51
5. 1. Problematika automatického provozu a jeho zabezpečení.....	51

5. 1. 1.	Nástupištní bariéry	51
5. 1. 2.	Zabezpečovací systém	52
5. 2.	Návrh podoby vozu automatického metra	54
5. 2. 1.	Návrh rozměrů vozové skříně a jejích prvků.....	54
5. 2. 2.	Návrh tvaru obrysu vozové skříně	55
5. 2. 3.	Pracovní model vozidla	58
5. 2. 4.	Kontrola průjezdu obloukem	60
5. 3.	Návrh mezivozového představku s nouzovým výstupem	62
5. 3. 1.	Inspirace ze zahraničního provozu	62
5. 3. 2.	Modelování nouzového výstupu	64
5. 3. 3.	Modelování dalších komponent mezivozového představku	67
5. 3. 4.	Postup evakuace na boční lávku v tunelu metra	69
5. 4.	Návrh čelního představku pro autonomní provoz.....	73
5. 5.	Návrh hlavní části vozové skříně	75
5. 6.	Finální model soupravy autonomního metra	77
5. 6. 1.	Sestava čelního a vloženého vozu	77
5. 6. 2.	Finální podoba pětivozové soupravy.....	78
6.	ZÁVĚR PRÁCE.....	82
7.	ZDROJE A PRAMENY PRÁCE	83
8.	SEZNAM OBRÁZKŮ SE ZDROJI.....	88
9.	SEZNAM PŘÍLOH.....	95

1. ÚVODEM

Se stále postupujícím vývojem nových technologií a pracovních příležitostí je pochopitelné, že se lidé čím dál tím více přesouvají do větších měst. Individuální doprava osobními automobily však často bývá problematická, ba i nepříjemná, protože jejich narůstající počet v některých oblastech často převyšuje kapacity užívaných komunikací a parkovacích stání. S poměrně elegantním způsobem dopravy, která se z přeplněných ulic velkoměsta přesunula pod povrch, přišli poprvé inženýři a stavitelé v Londýně, kde vznikly vůbec první základy městské podzemní dráhy, tedy metra.

Moji práci věnuji samotným kolejovým vozidlům, které provoz v metru zajišťují. Podíváme se na rozdělení vozidel metra a městských drah, ukážeme si historický vývoj jednotlivých souprav v Praze, společně se zabezpečovacími zařízeními, a budeme se zabývat otázkou návrhu nové automatické soupravy bez strojvedoucího, která by odpovídala vhodným aspektům provozu budoucí a již rozestavěné linky =D= pražského metra.

Bakalářská práce, zejména její teoretická část v podobě rešerše, je kompilát mnoho různých informačních pramenů, které byly vybrány a vlastní psanou formou sděleny autorem práce. Odkazy na jednotlivé zdroje jsou pak umístěny na samotných koncích odstavců nebo jednotlivých podkapitol. Jejich seznam je tradičně vypsán na konci práce. Zdroje obrázků jsou pro větší přehlednost uvedeny v seznamu obrázků a jejich číslo odpovídá vždy číslu použitého obrázku.



Obrázek 1: Autor ve voze #2429 (MM3 81-714.1) při jedné z historických jízd

2. ROZDĚLENÍ VOZIDEL METRA A MĚSTSKÝCH DRAH

2. 1. Těžká tramvaj / Light rail / Stadtbahn (vybrané případy)

Koncepce těžkých tramvají, které jsou schopny provozu ve standardní nebo lehce upravené běžné městské síti a zároveň na speciálních úsecích, není ve světě žádnou nezvyklostí. Jedná se o efektivní ekonomické řešení pro městskou hromadnou dopravu měst s menším počtem obyvatel, avšak s důležitým přepravním potenciálem, řádově 20 000 až 100 000 cestujících za den, kde se nevyplatí uplatnit jiné provedení metra nebo městské železnice. Vozidla mají zpravidla vyšší trakční výkony než běžné městské tramvaje a jsou dvou nebo vícedílné. K odběru proudu z trolejového vedení slouží pantograf, případně častěji polopantograf. V případě potřeby vyšší přepravní poptávky se jednotky spojují do vícečlenných souprav. Výška podlahy nad temenem kolejnice závisí na okolnostech infrastruktury sítě. V některých systémech se počítá s vyššími nástupišti, a to i v úrovněových úsecích, tedy v ulicích města. Soupravy tak mohou být z pohledu cestujících nízkopodlažní, ale výška nad temenem kolejnice je značně větší oproti konvenčním tramvajím. [1], [2], [3]



Obrázek 2: Bombardier Flexity Swift U5-25, Frankfurt nad Mohanem, Německo



Obrázek 3: Siemens P2000, Los Angeles, USA

V jiných případech se jedná o klasické tramvaje, které ve vybraných izolovaných úsecích, někdy i pod zemským povrchem, jezdí vyššími rychlostmi. Kromě některých evropských měst za zmínku rozhodně stojí provoz v ruském Volgogradu, kde konvenční městské tramvaje na jedné lince jezdí zčásti v podzemí. Tomuto způsobu dopravy se vžil název „metrotram“, doslovně metrotramvaj, a je to zajímavá kombinace dvou městských dopravních konceptů. Obdobně tramvaje využívají smíšeného nebo přestavbou již zaniklého provozu těžké železnice, jako například v německém Karlsruhe nebo Saarbrücken. V tomto případě jde o robustnější „vlakotramvaje“ či „tram-trainy“. [4], [5], [6]



Obrázek 4: Tatra T3SU, Volgograd, Ruská federace



Obrázek 5: Škoda 06T Elektra, Cagliari, Itálie

Posledním typem, kterým bych se rád v této kategorii zabýval, jsou vozidla, která jsou schopna provozu s proměnnou výškou nástupiště. To je umožněno speciální úpravou dveří s výsuvnými plošinami a schůdky. Běžně tento princip v provozu funguje tak, že u vysokých nástupišť zůstává plošina vysunuta v úrovni podlahy vozu a umožňuje bezbariérový přístup. Ve stanicích a zastávkách s nízkým nástupištěm se zasouvá do konstrukce vozové skříně a odkrývá přístupové schůdky dveří. Nevýhodou je pochopitelně nesoudržnost bezbariérového přístupu, nicméně je tento postup výhodný při rozšiřování již existujících konvenčních tramvajových tratí o nové rychlodrážní úseky. [7], [8], [9]



Obrázek 6: Duowag/ABB M8C, Bielefeld, Německo



Obrázek 7: Alstom/LHB TW2000, Hannover, Německo

Light rail je velmi rozšířený v západní Evropě, zejména v Německu, Jižní Americe, USA a v některých asijských městech. [2], [10]

2. 2. Městská rychlodráha / S-Bahn

Tyto pojmy jsou poměrně složitě uchopitelné, poněvadž často popisují různé provozy najednou. V zásadě záleží na tom, o jaké oblasti právě pojednáváme. Můžeme obecně předpokládat, že tyto sítě často zasahují i mimo hranice města a jsou důležitými spojnicemi příměstských oblastí a zároveň poskytují výrazně rychlejší cestování než jiné typy městské dopravy. Vozidla pro tyto účely se však velmi různí. Z mého pohledu a pozorování je toto určení nejobtížnější například v Německu, neboť se domnívám, že druhy kolejové dopravy v této části Evropy značně převyšují většinu zemí na globální úrovni. Dovolím si německý S-Bahn rozdělit do čtyř různých kategorií. První z nich jsou vozidla tzv. Stadtbahnu (těžké tramvaje), o kterých bylo pojednáno v předchozí podkapitole. Druhou kategorií jsou vlaky, zejména jednotky, příměstské dopravy, které sice na linkách S působí, nicméně jsou od začátku projektované a konstruované pro osobní železniční dopravu a jejich maximální rychlost může přesáhnout i 100 km/h. Vozidla mohou být závislé i nezávislé trakce, ale upřednostňují se elektrické soupravy díky svým lepším trakčním vlastnostem a tedy i zkrácením provozního intervalu. [11]



Obrázek 8: Bombardier Talent 2 (DB BR 442), Jena Paradies, Německo



Obrázek 9: Vagonka Studénka EM 475.1 (ČD 451/051), Český Brod, Česká republika

V třetí kategorii nalezneme taková vozidla, která jsou provozována na klasické příměstské železnici, ale jejich koncepce se blíží podobě těžkého metra. To je často patrné z většího počtu širokých dveří pro urychlení toku cestujících a jejich výška nad temenem kolejnice je výrazně větší z důvodu vysokých peronů. Soupravy tohoto typu jsou nejčastěji provozovány v systémech větších měst s hustší železniční sítí a vyšší přepravní poptávkou. Kromě Německa je tento způsob městské hromadné dopravy hojně realizován například na území Japonska, kde je obtížné rozlišit tyto provozy od provozů metra. [12], [13], [14]

Metro-North v americkém New Yorku provozuje na tratích s trolejovým vedením i přívodní kolejnicí dlouhé soupravy, které umožňují změnu napájecí soustavy v daných úsecích za jízdy po volbě strojvedoucím. [15], [16]



Obrázek 10: Alstom/Bombardier/Adtranz/ABB DB BR 423, Mnichov, Německo



Obrázek 11: CFL/CEF/Alstom Z6100, Cité du Train, Francie

Závěrečnou kategorií jsou jednotky příměstských drah, které nejen že sdílejí řadu konstrukčních podobností se soupravami metra, ale zároveň je jejich provoz oddělen od klasické železnice. Důvodem je většinou odlišné provedení napájecího systému a kratší interval mezi jednotlivými spoji, které by tak konvenční železniční dopravě na společné trati překážely. Pro přívod elektrické energie ze sítě mají vozy instalovány sběrače proudu na podvozcích a odběr je uskutečněn pomocí přívodní kolejnice. Tímto způsobem jsou napájeny především nejstarší typy provozů, které se již neplatí dovybavit trolejovým vedením, například v Berlíně. V Hamburku mají některé jednotky instalovány i polopantografy pro provoz na novějších sdílených úsecích se sítí 15 kV/16 2/3 Hz. [13], [17], [18]



Obrázek 12: Stadler/Siemens DB BR 483/484, Berlín, Německo



Obrázek 13: Bombardier/LHB DB BR 474.3/874.3, Hamburg, Německo

2. 3. Monorail / Alweg

„Jednokolejky“ a Alwegy jsou poměrně nevšední systémy městské hromadné dopravy, které se kromě klasického provozu v některých případech používají také jako urychlení přesunu cestujících v zábavních parcích, v periferiích letišť a v dalších obdobných oblastech. Jedná se o levnější typ městské dráhy, která dobře kopíruje reliéf města a díky nadzemní koncepci nepřekáží pouličnímu provozu. Nevýhodou je často nižší rychlost než u ostatních příkladů městských systémů, jednotky také zpravidla nebývají zvláště dlouhé. Monoraily jsou ve většině případů závěsné, tedy soupravy se pohybují zavěšené na kolejnici, obdobně jako kabina lanové dráhy na laně. Tento systém se v Evropě nachází například v německém Wuppertalu a v Drážďanech. Soupravy Alweg obepínají vodící traťové těleso a pohybují se zpravidla pomocí soustavy pneumatik. V zábavních parcích jsou k vidění ve vybraných městech USA a v pravidelném provozu především v asijských zemích jako je Čína a Japonsko. [19], [20], [21]



Obrázek 14: Vossloh Kiepe GTW Generation 15, Wuppertal, Německo



Obrázek 15: Mitsubishi 5000系電車 (Řada 5000), Kamakura/Fujisawa, Japonsko



Obrázek 16: Instamin AG EPS, Moskva, Rusko



Obrázek 17: Scomi Rail SUTRA, Kuala-Lumpur, Malajsie

2. 4. Lehké metro

Vozidla lehkého metra jsou menšími a lehčími alternativami pro vybudování méně nákladné městské podzemní dráhy. Uplatňují se ve větších městech do 500 000 obyvatel nebo jako doplňkový systém těžkého metra pro obsluhu některých méně vytížených periferií města a mohou zastávat také provoz na těžkých linkách. Soupravy odebírají proud z troleje nebo přírodních kolejnic a v některých případech mají pneumatiky. Navzdory menší ceně oproti těžkému metru bývají systémy lehkého metra často automatizovány, což značně navyšuje jejich pořizovací cenu. Na druhou stranu automatizace zjednodušuje provoz a zvyšuje jeho plynulost. Veřejnost označení „lehké metro“ čas od času používá v kontextu systémů light rail/těžké tramvaje podle zvyklostí v daném regionu. V zásadě se však jedná o rozdílný systém popsany o pár podkapitol výše. Soupravy lehkého metra jsou obvykle průchozí a dvou až čtyřvozové, s možností spojení více jednotek dohromady. [22], [23]



Obrázek 18: AnsaldoBreda/Firema AMT 11÷22 (Serie 10), Janov, Itálie



Obrázek 19: MBM 81-740.1/741.1 "Rusič", Moskva, Ruská federace



Obrázek 20: Bombardier B07, Londýn DLR, Spojené království



Obrázek 21: Siemens VAL 208, Lille, Francie

2. 5. Těžké metro

Klasické řešení městské hromadné dráhy, která je nejčastěji budována jako podzemní s možnými povrchovými nebo i nadzemními úseky. Tohoto řešení využívají metropole nad 1 000 000 obyvatel. Výměna cestujících probíhá velmi rychle díky vysokému počtu dveří a poměrně krátkému intervalu v rozmezí 1,5 – 3 minuty mezi jednotlivými vlaky ve špičce. Ve světě se standartně v tunelech jezdí rychlostí 80 km/h, ale některé dráhy jsou navrhované i pro 100 km/h. Na estakádách a mostech je to zpravidla 60 km/h. Klasickou koncepcí je odběr stejnosměrného napětí 625, 750, 825 a 1000 V z přírodní kolejnice, jejíž provedení se může lišit podle potřeb zákazníka. Trolejové vedení je méně často používáno a jeho výhodou je vyšší bezpečnost v prostoru kolejiště, jedná se však o nákladnější řešení. Toto provedení má v oblibě například španělský výrobce kolejových vozidel CAF. [24], [25], [26], [27]

Vývoj vozidel těžkého metra je velmi zajímavý. Zpočátku byly v Londýně provozovány soupravy, které byly složeny z řídicích motorových vozů a vložených tažených vozů, což bylo výrazně efektivnější než původní parní provoz. Se zvyšujícím se růstem dopravní poptávky se objevil problém s trakčními vlastnostmi těchto vlaků a je to důvod, proč podobné soupravy v žádném metru již nevidíme, na rozdíl od konvenční železnice. Nejjednodušší cestou z tohoto problému bylo naprojektovat takové vozidlo metra, které se bude moci vyrábět ve vysokých počtech a zároveň může být libovolně spojeno do souprav podle vytížení provozu. To prakticky znamená, že každý jeden vůz musí být schopen vlastní jízdy a musí mít kromě elektrické výzbroje i zabezpečovací zařízení, pokud je vyžadováno. Obousměrné vozy metra jsou známé především z USA a tento koncept převzalo i Rusko, které jedno stanoviště nahradilo rozšířením prostoru salónu pro cestující. [28], [29], [30], [31]



Obrázek 22: La Brugeoise serie II, Buenos Aires, Argentina



Obrázek 23: MM3 E, Moskva, Rusko

V Německu se ujal koncept nedělitelných dvoudílných souprav (DTW – Doppeltriebwagen), které se v případě potřeby spojují do delších vlaků. Jeden vůz však nemůže pojíždět bez druhého, poněvadž elektrická a pneumatická výzbroj se mezi obě vozidla dělí. Nejčastěji je v jednom voze například kompresor a ve druhém baterie, což jsou dva z dílčích komponentů pro provoz samostatného vozu. V anglické terminologii se těmto jednotkám říká také „married pair“, tedy „manželský pár“, což zdůrazňuje jejich nedělitelnost v provozu. Zajímavé je, že u většiny těchto jednotek byl zaveden podobný systém řízení a strojvedoucí z Mnichova jsou schopni obsluhovat například norimberské soupravy. Na rozdíl od obousměrných vozů výše se dvoudílné jednotky uplatňují do dnešních dnů. Důvodem je nižší pořizovací cena a hmotnost na jeden vůz v kombinaci s vysokou flexibilitou provozu. Ostatně se stejného principu využívá v lehkém metru nebo systémech light rail. [32], [33], [34]



Obrázek 24: SGP Typ U_{2V}, Vídeň, Rakousko



Obrázek 25: ABB/Adtranz/AEG/O&K/Siemens/WU BVG F76E, Berlín, Německo



Obrázek 26: Ovládací pult vozu SGP Typ U, Vídeň, Rakousko



Obrázek 27: Ovládací pult vozu ABB/AEG/O&K/Siemens/WU BVG A3L92, Berlín, Německo

S nárůstem počtu nových cestujících ve stále se rozšiřujících metropolích vznikl problém s úsporou místa, protože obousměrné vozy i dvoudílné jednotky mají v soupravě nadbytečný počet stanišť strojvedoucího, což značně snižuje jejich přepravní kapacitu. Při zachování stejných trakčních výkonů byl přijat koncept vložených motorových vozů bez kabiny, které měly mít pouze řídicí prvky pro nouzové řízení nebo posun v depu, které bylo vhodně schováno před zraky cestujících v zakrytovaných prostorách. Vložené vozy nemusí být vybaveny ani zabezpečovacím zařízením, což vede ke snížení nákladů a hmotnosti. Přestavba čelních vozů na vložené odstraněním kabiny není také neobvyklé řešení a často je můžeme vidět především ve východním světě, například v Kyjevě. Soupravy jsou dělitelné a vozy se v případě potřeby oprav nebo údržby dají vyměňovat. Modernizace a rozsáhlé generální opravy hrají rovněž důležitou roli, poněvadž se často upřednostňují před nákupem nových nákladných jednotek. [31], [35]



Obrázek 28: MBM 81-717.5II/714.5II, Petrohrad, Rusko



Obrázek 29: Kawasaki R62, New York, USA



Obrázek 30: MM3/JIB3/KB3 E-KM (81-7080/7081/7081-01), Kyjev, Ukrajina



Obrázek 31: MM3/MBM 81-717.4/714.4 (modernizace), Sofie, Bulharsko

Po vyřešení problematiky prostoru pro cestující vyvstal na povrch nový trend, který spočíval v radikálním snížení hmotnosti. Novější soupravy se téměř nerozpojovaly a výrobní společnosti začaly inovovat do systémů modulárních vlaků, které si zákazník může složit dle svých potřeb. S použitím nových prvků regulace výkonu a novější elektrické výzbroje je výhodnější jednotlivé vozy předurčit daným aplikacím. Vznikají tak vozy kompresorové, bateriové a zákazník má na výběr počet hnacích vozů a jejich umístění v soupravě. Důraz na bezpečnost není opomíjen a v nových vlacích běžně nalezneme kompresorové vozy dva, aby při selhání jednoho mohl pracovat druhý a jednotku zabezpečil pro nouzové dojetí do stanice. Hojně se začíná využívat rekuperace energie při elektrodynamickeém brždění, což sníží spotřebu elektrické energie v síti. [36], [37]



Obrázek 32: CAF UT600, Bilbao, Španělsko



Obrázek 33: Siemens Mo.Mo Typ V (V-wagen, v/V), Vídeň, Rakousko



Obrázek 34: Siemens Mo.Mo MX3000, Oslo, Norsko



Obrázek 35: Siemens Inspiro Sofia, Sofie, Bulharsko

2. 6. Automatické metro

Tato podkapitola může ve své podstatě zahrnovat všechny typy městské rychlodráhy popsané výše, nicméně v praxi se setkáváme s automatizovaným provozem spíše těžkého a lehkého metra. To je zejména proto, že se toto provedení výhodně uplatňuje především v provozech, kde je nutné spolehlivě odbavit velký počet cestujících v krátkých časových intervalech. Čím je provoz vytíženější, tím je náchylnější také na chyby, především lidského charakteru. Samotné náklady na vybudování automatického metra jsou kvůli použitým systémům vyšší než systémy klasické koncepce. Stále větším trendem je instalace nástupištních bariér a dveří, které zabraňují pádu člověka do kolejiště. V Budapešti se osvědčil systém speciálních snímačů, které při pádu komunikují s bezpečnostním systémem a zastavují přibližující se soupravu. Vozidla automatického metra vycházejí nejčastěji z modulárních souprav těžkého nebo lehkého metra. Jsou vybaveny řídicími prvky pro nouzovou jízdu nebo posun a stanoviště strojvedoucího je nahrazeno rozšířením salónu pro cestující, kteří mají jedinečnou příležitost sledovat trať před sebou. Budapešťské soupravy Alstom a nový vídeňský projekt **X-Wagen** od Siemens mají „odnímatelné“ stanoviště strojvedoucího. To je z důvodu předčasného pořízení vlaků před samotným zahájením provozu automatické linky. Po zprovoznění trasy se stanoviště ze soupravy vyjme nebo zakryje a souprava se stává automatickou. Pražská linka =D= by mohla být řešena obdobným způsobem, kdy nové soupravy budou smíšeně jezdit také na zatím neautomatizované lince =C=. [38], [39], [40]



Obrázek 36: Siemens Typ X (X-wagen), Vídeň, Rakousko



Obrázek 37: Alstom Metropolis AM4-M4, Budapešť, Maďarsko

3. SOUPRAVY PRAŽSKÉHO METRA

3. 1. R1



Obrázek 38: ČKD Tatra R1 na zkušební trati depa Kačerov, Praha, Československo

Původní plány pražského metra spočívaly ve vybudování tratí podpovrchové tramvaje, které by byly zároveň napojeny na klasickou povrchovou síť hlavního města. V roce 1967 bylo však od tohoto návrhu upuštěno a místo toho rozhodnuto o vybudování nezávislé sítě podzemních drah. Díky této skutečnosti bylo zapotřebí zajistit buďto licenční výrobu vozidel ze SSSR nebo výrobu domácích, ke které bylo nakonec přikloněno. Této doposud, pro československý průmysl, netradiční úlohy se ujmuly závody ČKD Tatra Smíchov v čele s vedoucím konstruktérem *Ing. Antonínem Honzíkem*. Vývojová skupina neoficiálně navštívila v roce 1968 berlínský U-Bahn za účelem získání důležitých koncepčních poznatků pro výrobu domácích dvoudílných jednotek DTW, která se měla spojovat až do šestivozových souprav. V říjnu 1970 byl dokončen první prototyp a v březnu roku 1971 následovala jednotka druhá. První samostatná jízda proběhla 05. 05. 1971. Již o dva měsíce dříve, 21. 03. 1971, bylo však podepsáno usnesení o dovozu ruských vozidel E_{čs}, které bylo kromě politického zaměření umocněno také nedostatečnou kvalifikací, malými technickými nedostatky a

možnými výrobními problémy jednotek R1. „Erjedničky“ také zprvu nesplňovaly zásady protipožární odolnosti stanovené Hlavní správou požární ochrany Ministerstva vnitra, což bylo kvůli některým hliníkovým a zejména laminátovým povrchům, například střechy, které zajišťovaly nižší hmotnost soupravy. Tyto neduhy byly však odstraněny již v roce 1971 na základě továrních úprav. Celková hmotnost ale narostla, což by vedlo k nutnému vyztužení Nuselského mostu, čemuž chtěl konstruktérský tým pochopitelně předejít. Jak víme, tomuto opatření jsme se stejně v Praze nakonec nevyhnuli.



Obrázek 39: Plakát elektrické výzbroje ČKD s návrhem jednotky R1

Přestože bylo jasné, že R1 v Praze jezdit nebudou, tak se ČKD ustavičně snažila projekt dokončit a nabídnout jej na export. Prvním potencionálním zákazníkem byla bratislavská rychlodráha na sídliště Petržálka a zájem projevila také egyptská Káhira. Velká rána pro projekt R1 byla kolize obou prototypových jednotek na zkušební trati depa Kačerov dne 12. 01. 1972. Odbrzděná jednotka se samovolně dala do pohybu a narazila do druhé odstavené soupravy. Při tomto incidentu byl vážně zraněn Ing. Honzík, který se právě nacházel ve stojící soupravě. Nehoda však konstruktérský tým nezastavila a ze dvou nepoškozených vozů R1 a sestavila dvoudílnou jednotku **R2**, která byla kromě vyztužené střechy také vybavena střešními pantografy pro zkušební jízdy na ŽZO u Cerhenic. Zkoušky byly dovršeny v roce 1974, přičemž měl vývoj pokračovat předsériovou produkcí, ověřovacími jízdami a následným nabídnutím jednotky zákazníkům.



Obrázek 40: Nehoda na zkušební trati depa Kačerov



Obrázek 41: ČKD Tatra Smíchov R2 na ŽZO Cerhenice

Absence československé rychlodráhy vhodné pro ověření provozu, a tím pádem nezáměr potencionálních zákazníků, společně s neschopností splnění výrobní kapacity v závodech ČKD Tatra Smíchov vedly k odstavení soupravy R2. V roce 1977 byla jednotka prodána do Technického muzea v Brně a o 4 roky později byla vystavena v muzejním areálu v Líšni. Její osud byl naplněn sešrotováním, které bylo provedeno roku 1986. Ze soupravy se dochoval pouze jeden podvozek na Vysoké škole dopravy a spojov v Žiline, který byl bohužel před 14 lety také zlikvidován. Jednotku R1 připomíná model v měřítku 1:10 v Muzeu MHD ve Střešovicích. Neúspěch jednotek velice ranil *Ing. Antonína Honzika*, který se projektu vášnivě věnoval. V roce 1994 byl ale v důchodovém věku přizván do závodů ČKD, kde společně s *doc. Ing. arch. Patrikem Kotasem* a jeho týmem zkonstruovali novou soupravu metra typu M1 pro linku =C=. [41], [42], [43]



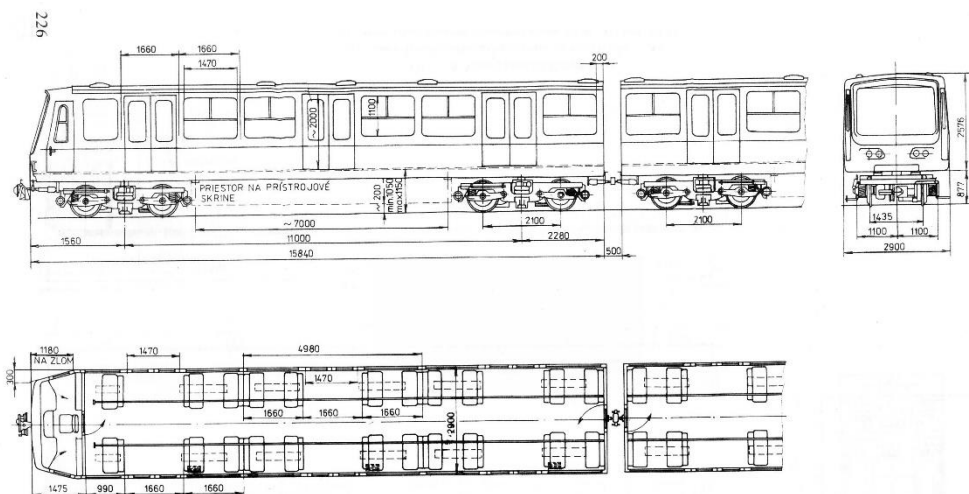
Obrázek 42: Maketa R1 (1:10) ve střešovickém muzeu



Obrázek 43: Ing. Honzík u výroby vozů M1

Výrobce:	ČKD Praha
Rok dodání:	1971
Počet náprav:	2 x 4
Počet trakčních motorů:	2 x 4
Výkon motoru [kW]:	8 x 84
Délka vozu přes spřáhla [mm]:	16 240
Vzdálenost otočných čepů podvozků [mm]:	11 000
Rozvor podvozků [mm]:	2 100
Šířka vozu [mm]:	2 900
Výška vozu [mm]:	3 500
Max. rychlost [km/h]:	80
Hmotnost [kg]:	2 x 23 000
Počet dveří pro cestující:	2 x 3
Šířka dveří [mm]:	1470
Počet míst k sezení:	2 x 44
Počet míst k stání:	2 x 168
Max. obsaditelnost:	2 x 212
Vůz s řídicí kabinou:	2
Vložený vůz bez řídicí kabiny:	-
Ucelená vlaková jednotka:	ano
Počet vozů vlakové jednotky:	2

[41]



Obr. 5.7. Prototyp
typový výkres vozové jednotky typ R 1 (výrobce o. p. ČKD Praha).

Obrázek 44: Technický výkres prototypové soupravy R1

3. 2. E_{čs} (81-709)



Obrázek 45: Třívozová historická souprava E_{čs} ve stanici Budějovická =C=, 08. 05. 2022

Po rozhodnutí vlády o nákupu sovětských vozů pro pražské metro byly pro výrobu vybrány Mytiščinské strojírenské závody (MM3), které měly zkušenost s konstruováním vozidel řady E již od roku 1959. Rodina těchto vozů je velmi obsáhlá a vozy se v podstatě liší především instalací stále novější elektrické a trakční výzbroje. Praze byla nabídnuta varianta EЖ1, která byla do hlavního města dopravena na prezentaci, v podobě vozu ev. č. 5443, v roce 1973. Verze EЖ jezdila také v exportní variantě pod označením Ev v Budapešti. Ve stejném roce začínají MM3 vyrábět novou variantu **EЖ3**, která je vůbec jako první opatřena zabezpečovacím zařízením ARS, má lépe řešený řídicí pult strojvedoucího a výkonnější trakční motory. Okamžitě se podle požadavků Prahy a Budapešti začíná vyrábět také v exportních verzích E_{čs} a Ev3. [46], [47]



Obrázek 46: MM3 EЖ1 (#5443) na prezentační stojánce, Výstaviště Holešovice, 1973



Obrázek 47: MM3/LIB3 EЖ3-PY1/EM-508T-PY1, Moskva, Rusko

Provoz byl zahájen otevřením prvního úseku I.C pražského metra dne 09. 05. 1974 z Kačerova na Florenc a byl prováděn třívozovými soupravami. V následujících letech se s postupem navýšení dopravní poptávky přešlo na provoz čtyřvozový (srpen 1975) a následně pětivozový (únor 1979), což je standartní a nejvyšší možný počet vozů, který pražské metro umožňuje s délkou nástupišť 100 metrů. Vozy E_{cs} byly do Prahy dodány ve třech sériích. První série z roku 1973 se skládala z 50 vozů (ev. č. 1001 – 1050) a slavnostně zahájila provoz naší podzemky. Roku 1975 byla dodána doplňková vozidla pro rozšíření na čtyřvozový provoz (ev. č. 1051 – 1070). Vozy pozbývaly zabezpečovací zařízení ARS, tachograf, radiostanici i vlakový rozhlas (instalovány byly pouze reproduktory v salónu pro cestující). V podstatě šlo o jakýsi kompliment vložených vozů. Kabina strojvedoucího odstraněna sice nebyla, nicméně se jednalo o ekonomicky výhodnější řešení. U některých vozů se zaslepovaly nepotřebné reflektory, které později sloužily jako náhradní díly. Třetí a poslední várka vozů E_{cs} byla do Prahy dodána roku 1976 (ev. č. 1071 – 1085) s kompletní výbavou pro provoz. Série se od sebe lišily pouze v malých detailech, například v rozdílu polohy ovládacích prvků pomocníka strojvedoucího nebo dřevěného orámování oken, které bylo postupně u první série nahrazeno hliníkovým.


 Obrázek 48: Přetah prvních vozů E_{cs} do depa Kačerov (#1004)


Obrázek 49: Vložený vůz #1040 se zaslepenými reflektory, Háje =C=, 1994



Obrázek 50: Interiér vozu #1083



Obrázek 51: Klasické žárovkové osvětlení

E_{cs} obsluhovaly pouze trasu =C=, protože jejich trakční výkony nesplňovaly požadavky pro trasu =A= a pro trasu =B= se od samého začátku počítalo s výkonnějšími vozy 81-71. Soupravy se z pravidelného provozu začaly stahovat v devadesátých letech, kdy započaly práce na projektu soupravy M1. Poslední souprava vyjela v sestavení vozů ev. č. 1076+1027+1054+1067+1083 dne 29. 06. 1997, ale kvůli poruše dveří na voze #1054 byla po dvou hodinách předčasně odstavena. V důsledku opravy závady byla nasazena zpět na poslední kolo svého oběhu. Z celkové várky 85 vozů E_{cs} se dochovalo pouze 5 (resp. 4) vozidel. Vůz #1009 byl umístěn v Dopravním muzeu ve Střešovicích, kde si jej návštěvníci mohou prohlédnout na vyžádání personálu v budově oprav historických vozidel. Pro zachování tradice historického provozu byla sestavena historická souprava z vozů ev. č. 1083+1084+1085, která vyjíždí při příležitosti oslav nebo „zážitkové turistiky“ do pravidelného provozu. Posledním vozidlem je vůz #1031 (1Mt0), který byl odkoupen společností Siemens a přestavěn jako obousměrný, pro napájecí soustavu 1500 V ss s odběrem z troleje a výkonem 560 kW. Byl zkoušen na ŽZO Cerhenice a později se přesunul do fabriky Siemens Wegberg-Wildenrath a jeho osud je od této doby bohužel neznámý.



Obrázek 52: Vůz #1009 ve střešovickém muzeu



Obrázek 53: Zkušební vůz 1Mt0 (#1031), ŽZO Cerhenice



Obrázek 54: Mikulášské jízdy s E_{cs} , =A=, 04. 12. 2022

E_{cs} je dvoupodvozkové vozidlo se čtyřmi nápravami. Každý vůz má jedno čelo s kabinou strojvedoucího a vozy se mohou spřahovat v neomezeném počtu. Vložené vozy se nevyráběly, ale po zkušenostech z provozu byly u vozů mimo konce soupravy odinstalováno veškeré nepotřebné vybavení, včetně zabezpečovače. Konstrukce skříně je provedena z celosvařovaného plechu o tloušťce 2 mm, boční stěny mají okrasné prolisy. Podvozky mají hnané obě nápravy. Trakční motory DK-114A jsou uloženy příčně a spojení s dvojkolím zajišťuje jednostupňová převodovka v poměru 1 : 5,33. Snížení intenzity pohybů mezi skříní a podvozky zaručují hydraulické tlumiče. Brzdový systém se skládá z brzdy elektrodynamické (10 - 80 km/h), pneumatické (0 - 10 km/h + nouzová pro vyšší rychlosti) a ruční mechanické. Každé kolo je opatřeno dvěma brzdovými špalíky, které jsou zhotoveny na bázi kaučuku. Mnoho sovětského elektronického vybavení bylo nahrazeno výrobky tuzemské produkce. Jednalo se zejména o radiostanici, rychloměr, vlakový rozhlas apod. Vůz je vybaven přirozeným náporovým větráním, které zajišťují charakteristické kapsovité větrací otvory na střeše vozidla. Interiér vozu má překližkovou podlahu, která je celá pokrytá linoleem o tloušťce 4 mm. Sezení je podélné s koženkovými lavicemi a pro stojící cestující jsou k dispozici pochromovaná madla. Stěny interiéru jsou obloženy umakartem béžové barvy. [44], [45]

3. 2. 1. ACB-M1

„Automatické cílové brždění“ je unikátní český systém automatického vedení vlaku, který se úspěšně instaloval na pražské vozy E_{cs} . Jeho popis a fotografie ze svého osobního archivu ochotně poskytl **Ing. Jiří Tonar**.

ACB-M1 mělo širokou škálu funkcí jako rozjezd soupravy a automatickou regulaci rychlosti v kombinaci se zabezpečovacím zařízením ARS, zcela automatické zastavení vlaku, obsluhovalo vlakový rozhlas, otevíralo a zavíralo dveře a obsluhovalo pneumatickou brzdu. Strojvedoucí měl ovládání systému vcelku ergonomicky umístěné na pravé straně řídicího pultu vedle páky pneumatického brzdiče a pohybem palce na potenciometru mohl navolit požadovanou rychlost soupravy. ACB operovalo vždy s tou nejnižší rychlostí, která byla buď dána zabezpečovačem ARS, ACB samotným nebo právě přímo strojvedoucím. Funkce zařízení ACB spočívala v řízení rychlosti dle daného programu, který byl dán vzdáleností k místu zastavení a zároveň ve snižování rychlosti v souladu s návěstmi vlakového zabezpečovače ARS. Veškeré pokyny byly do systému předávány pomocí sady snímačů, které byly osazeny před první nápravou čelních vozů a interagovaly s kombinacemi permanentních magnetů umístěných v kolejišti. Ty se nacházely vždy 500 metrů před stanicí (350 m pro stanicí Hlavní nádraží) a jejich přejetí znamenalo start odpočítávání vzdálenosti

do místa zastavení. Reálná ujetá vzdálenost byla měřena snímáním otáček dvojkolí. Ve vzdálenosti 98 metrů před místem zastavení souprava přešla další magnety, které sloužily ke korekci zábrzdné vzdálenosti. Další kombinace umožnily otevření dveří na správné straně, bezproblémový průjezd nepřeklenutelných dělení apod.



Obrázek 55: Snímače vozu #1044, Depo Kačerov =C=, 1994



Obrázek 56: Snímače vozu #1044, Depo Kačerov =C=, 1994

Kromě potenciometru měl strojvedoucí k dispozici také tlačítka následujících funkcí. Zelená kontrolka signalizovala zahájení cílového brzdění (CB) a jeho stisknutí umožňovalo jeho případné zrušení. Červené tlačítko „Stop“ se rozsvěcelo po zavření dveří. Stisk pozdržel zavírání/otevírání a za jízdy aktivoval elektropneumatický brzdící ventil č. 2. Bílé tlačítko „Rozjezd“ oznamovalo ukončení stanicování soupravy a její připravenost k odjezdu. Po stisknutí strojvedoucím se souprava rozjela a tlačítko muselo být stisknuto po dobu ujetí 100 metrů, kdy zhaslo a mohlo být uvolněno. Při jeho předběžném uvolnění došlo opět k vybavení EPV č. 2 a souprava se zastavila.



Obrázek 57: Činnost ACB-M1 při stanicování, 1994



Obrázek 58: Kabina Ecs s ACB-M1, Depo Kačerov, 1987

Modré tlačítko „Výběh“ sloužilo k zadání výběhu a také k samotnému zprovoznění ACB. Jeho stiskem a současným převedení páky řídicího kontroléru do polohy J1 (manipulace) bylo ACB zapnuto. Na obratištích se při přechodu na druhé stanoviště kontrolér vrátil zpět na polohu 0 (výběh). Dále byla na pravé části panelu umístěna také dvě žlutě podsvícená tlačítka, která oznamovala chybu přenosu signálu z permanentních magnetů v kolejišti nebo zabezpečovače ARS. Strojvedoucím jejich stiskem bral informaci na vědomí. Druhou důležitou součástí zařízení ACB byl dvojitý ukazatel rychlosti. Horní část zobrazovala rychlost navolenou strojvedoucím (potenciometr) a pod ní rychlost skutečnou. Dolní část ukazovala řídicí rychlost a skutečnou vzdálenost od místa zastavení. Pod těmito přístroji byl umístěn ještě indikátor „poměrného tahu“, který procentuálně promítal tah či elektrodynamickou brzdu trakčních motorů.

V běžném provozu úkony probíhaly následovně. Po spuštění vlakového rozhlasu došlo k zavření dveří. Pokud nebyly všechny dveře dovřeny, ACB zavírání stále opakovalo. Po zavření se rozsvítilo tlačítko „Rozjezd“ a po jeho stisknutí a přidržení se souprava rozjela. Zhruba po 100 metrech tlačítko zhaslo a mohlo být uvolněno. Souprava pokračovala odpovídající rychlostí až k první sérii magnetů 500 metrů před místem zastavení. S rozsvícením zeleného tlačítka naskočily tzv. „stopy“ na indikátorech vzdálenosti a vlak začal brzdit. Při vjezdu do stanice byla provedena korekce a před zastavením byl sepnut vlakový rozhlas. ACB provedlo kontroly rychlosti a polohy a otevřelo dveře na příslušné straně. [48]

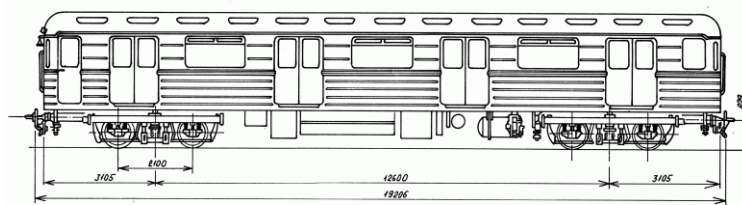
Přesnost zastavení ACB-M1 bylo ± 40 cm, což by vyhovělo i dnešním předpisům.



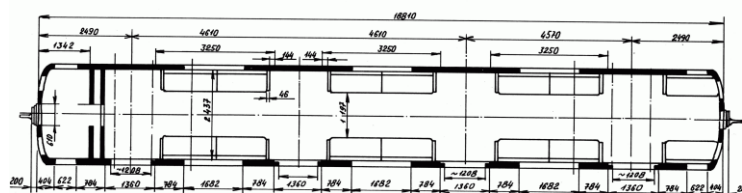
Obrázek 59: Ukazatele rychlosti, zábrzdě vzdálenosti a poměrného tahu (vlevo nahoře), 1987

Výrobce:	Mytiščinský strojírenský závod
Dodávky probíhaly:	1974 – 1977
Evidenční čísla:	1001 – 1085
Historická souprava:	1083 + 1085 + 1084
Ostatní vozy:	1009 (Muzeum), 1031 (1Mt0)
Počet náprav:	4
Počet trakčních motorů:	4
Max. rychlost [km/h]:	80
Maximální konstrukční rychlost [km/h]:	90
Délka vozu přes spráhla [mm]:	19 206
Vzdálenost otočných čepů podvozků [mm]:	12 600
Rozvor podvozků [mm]:	2 100
Šířka vozu [mm]:	2 712
Výška vozu [mm]:	3 662
Počet dveří pro cestující:	2 x 4
Šířka dveří [mm]:	1 300
Průměr dvojkolí [mm]:	780
Výška podlahy nad TK [mm]:	1 280
Výkon motoru [kW]:	4 x 72
Maximální zrychlení [m/s ²]:	1,2
Hmotnost [kg]:	32 500
Počet míst k sezení / stání:	42 / 220
Vůz s řídicí kabinou / bez řídicí kabiny:	ano / ne
Ucelená vlaková jednotka:	ne

[44]



Obrázek 60: Technický výkres vozu E_{cs} (boční pohled)



Obrázek 61: Technický výkres vozu E_{cs} (svrchní pohled)

3. 3. 81-71 (81-717.1/714.1)



Obrázek 62: Historická souprava 81-71 při příležitosti oslav 41 let trasy =A= ve stanici Želivského

S postupem času provozu vozů $E_{\text{čs}}$ a výstavbou nové linky =A= bylo rozhodnuto, že bude zapotřebí obstarat nové vozy pro pražské metro. To vyplynulo především z několika stránkového spisu nedostatků vozů $E_{\text{čs}}$ a požadavků na jejich vyšší trakční výkon z důvodu náročnějších stoupání trasy =A=. Nedostatků si byli vědomi i samotní Rusové a proto již v roce 1973 započali práce na koncepčně novém vozu **typu II** (81-715/716), který byl v malém počtu vyroben ve 3 experimentálních verzích (.1, .2 a .3). Kromě aerodynamického čela a šestiúhelníkového profilu vozové skříně, pro navýšení kapacity, byla největší inovace v oblasti tyristorové-pulzní regulace a rekuperačního brždění. Kvůli technickým komplikacím, nedostatečným plněním protipožárních požadavků a zřejmě i nedostatkem financí byl projekt II v 80. letech ukončen, ale poznatky z jeho vývoje přispěly ke zhotovení nové generace vozů 81-720/721 „Jauza“ a dalších. Potřeba nových vozidel podzemních drah byla vedena více ekonomickou cestou, čímž byla rozsáhlá tovární rekonstrukce vozidel $E_{\text{ж3}}$, kterou velmi urychlila československá poptávka. V roce 1976 byly vyrobeny první předsériové vozy, které měly každý odlišnou barvu vozové skříně. Důvodem různobarevnosti soupravy bylo rozhodování o finální podobě sériové produkce vozidel pro moskevské metro. Souprava měla označení „Kanárek“.



Obrázek 63: Experimentální 81-715.1 (#10001) v Moskvě



Obrázek 64: 81-717/714 "Kanárek", Moskva, 1976

Vozy byly poprvé rozlišeny na motorové řídicí (81-717) a motorové vložené (81-714), což vedlo k navýšení přepravní kapacity. Vozová skříň byla vesměs totožná s vozy typu Еж3. Novým prvkem byla boční světelná signalizace, která měla strojvedoucího jednoduše obeznámit, ve kterém voze zůstaly otevřené dveře, nedošlo k úplnému odbrzdění při zadání pokynu jízdy nebo vznikl nadproud či jiná porucha. Čelo čelního vozu se značně změnilo, protože na rozdíl od vozů rodiny E byly 81-71 vyráběny pro jednočlennou obsluhu. Strojvedoucí tak seděl uprostřed v ose vozu a měl dostatečný přehled o situaci před ním na trati. Řídicí pult prošel také zásadními změnami a nabídl o něco komfortnější obsluhu, než tomu bylo u předešlých typů. Pro běžného cestujícího se toho v zásadě příliš nezměnilo. Uspořádání a design sedadel byl shodný s vozy E_{čs}, pouze tvar jejich bočnic se lehce změnil. Největší změnou byla instalace zářivkového osvětlení namísto žárovkového, které je napojeno na nový statický měnič BPSN-5U2, jehož sekundární část vydává charakteristický (pro někoho nepříjemný) bzučivý zvuk. Podoba obložení interiéru se měnila podle dodávaných sérií v daných letech.



Obrázek 65: Řídicí pult vozu #2504, Depo Zličín



Obrázek 66: Interiér vozu #2213 se zářivkovým osvětlením

Praha byla prvním exportním cílem souprav 81-71. Exportní varianty je snadné odlišit, protože se za označení **81-717/714** dosazovala příslušná číslice podle města, kam byla vozidla dodávána. Naše soupravy dostaly přídomek .1 (**81-717.1/714.1**), následovaly budapeštské 81-717.2/714.2, varšavské 81-717.3/714.3 a sofijské 81-717.4/714.4. Modifikace **81-717.5/717.5** (1987) byla nástupcem starší 81-717/714 a kromě menších designových a praktických změn se lišila především ve vylepšené protipožární ochraně, lepší izolaci vodičů, přidáním svislých madel v salónu pro cestující a méně hlučným statickým měničem o frekvenci 150 Hz (oproti původním 400 Hz). Tato nová verze se promítla také do exportních vozidel, ale jejich označení se nezměnilo. Vozy je od sebe možné rozeznat podle evidenčních čísel a spíše „kosmetických“ detailů. Vzniklo daleko více dalších verzí a subverzí, jejichž popis je ale bohužel nad rámec této bakalářské práce. S počtem 7 409 vyrobených kusů jsou vozy typu MM3 81-717/714 jedním z nejrozšířenějších typů vozidla podzemních městských drah a s jejich provozem se nadále počítá v průběhu 21. století díky rozličným modernizacím a rekonstrukcím ze strany výrobce i uživatelů.



Obrázek 67: MM3 81-717.2/714.2, Budapešť, Maďarsko



Obrázek 68: MM3 81-717.3/714.3, Varšava, Polsko



Obrázek 69: MM3 81-717.4/714.4, Sofie, Bulharsko



Obrázek 70: MVM 81-717.5M/714.5M, Moskva, Rusko

První vozy 81-71 dorazily do Prahy 16. 01. 1978. Celkově bylo do roku 1990 dodáno 507 vozů, z toho 204 81-717.1 a 303 81-714.1. Soupravy byly na počátku čtyřvozové, po dalších dodávkách byl však zaveden standartní provoz pětivozový. Vozy se od sebe vzájemně odlišovaly podle výrobních sérií, což se nejvíce projevovalo v různých odstínech umakartového obložení salónu a počtu okrasných prolisů na bocích vozových skříní. Poslední vozy byly vyrobeny ve standartu novějších 81-717.5/714.5. Podobně jako u vozů E_{čs} se na vozech 81-71 ihned vyměňovalo některé sovětské/ruské vybavení za tuzemské. Jednalo se o mazače kolejnic, brzdové špalky, reflektory, baterii, hlásič, tachograf, radiostanice, úpravu bezpečného chování zabezpečovače ARS a mnohé další. Na jedné soupravě byl úspěšně testován vylepšený elektronický systém automatického cílového brždění **ACB-M2**, který byl však nakonec demontován, protože u něj bylo poruchové automatické otevírání dveří. Velkou rekonstrukcí mezi lety 1985 až 1998 prošly podvozky. Ta byla uskutečněna firmou Škoda Plzeň, která nahradila některé poruchové součásti. Na voze #2129 byl instalován polopantograf a sloužil v Plzni jako napájecí ověřovací vozidlo modernizovaných souprav 81-71M. Vůz #2148 si vzala pod hledáček firma Siemens, která jej upravila na obousměrný, z poloviny jej natřela do nového barevného provedení budoucích 81-71M a testovala na něm novou IGBT výzbroj. Původní 81-71 dojezdily na trase =B= dne 02. 07. 2009. Souprava poslední jízdu ukončila předčasně, protože byla ve stanici Lužiny při stanicování polita barvou a strojvedoucímu byl znemožněn bezpečný výhled z kabiny.



Obrázek 71: Zkušební vůz #2148 s IGBT výzbrojí



Obrázek 72: "Dnes jezdíme naposledy"

Jinak si vozy vysloužily přezdívky „Černá huba“ nebo „Briketa“, kvůli svému kontrastnímu černému čelu v porovnání se staršími vozy E_{čs}. Tři soupravy byly během provozu opatřeny celovozovou lakovanou reklamou ARDO ČR s doplňujícími polepy. Po ukončení reklamní propagace byly polepy sejmuty, nový lak v podání bílé a odstínů modré barvy však vozidlům zůstal.



Obrázek 73: Porovnání nátěrů v simulátoru Metrostroi



Obrázek 74: Vůz #2341 (ex. ARDO), Depo Zličín, 2003

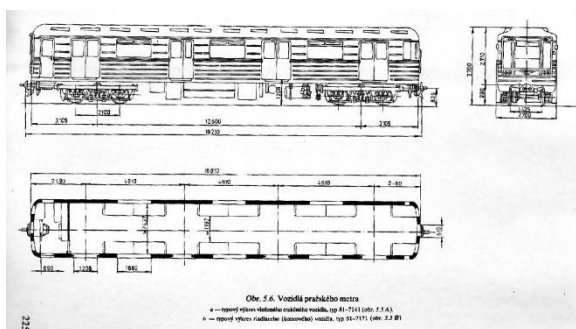
81-71 je jediný typ pražského metra, který obsluhoval všechny tři linky a zároveň šlo o nejpočetnější vozidlo, které provoz v Praze kdy zajišťovalo. Jeho stopa pokračuje dále skrze modernizaci 81-71M. Pro muzejní účely bylo zachováno 6 vozů. Vůz #2374 je vystaven ve střešovickém dopravním muzeu, podobně jako vůz E_{čs} #1009. Dopravní podnik společně se zaměstnanci metra sestavili unikátní historickou soupravu, složenou z vozů ev. č. 2159+2213+2429+2637+2504. Každé z těchto vozidel pochází z odlišné série a cestující si toho může snadno povšimnout například kvůli různě barevným tónům umakartového obložení. Dále se dochovaly 2 vozy. Vůz #2501 byl rozpuštěn a nachází se jako stacionární expozice v Království železnic v Praze. Přední část slouží jako simulátor a zadní část byla přestavěna do podoby vozu E_{čs}, která byla upravena na šatnu pro děti. Druhý je vůz #2395, který vlastní soukromá osoba. [49], [50], [51], [52], [53]



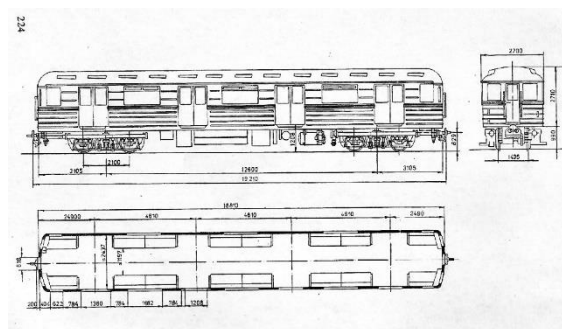
Obrázek 75: Setkání obou historických souprav ve stanici Budějovická =C=, 12. 09. 2021

Výrobce:	Mytiščinský strojírenský závod
Dodávky probíhaly:	1978 - 1990
Ev. č. - 81-717.1:	2101-2199, 2300-2399 a 2500-2504
Ev. č - 81-714.1:	2201-2299, 2400-2499, 2600-2699, 2800-2803
Počet náprav:	4
Počet trakčních motorů:	4
Výkon motoru [kW]:	4 x 110
Max. konstrukční rychlost [km/h]:	90 (~120 - rychlostní rekord)
Max. provozní rychlost [km/h]:	80
Délka vozu přes spřáhla [mm]:	19 206
Vzdálenost otočných čepů podvozků [mm]:	12 600
Rozvor podvozků [mm]:	2 100
Šířka vozu [mm]:	2 712
Výška vozu [mm]:	3 662
Počet dveří pro cestující:	2 x 4
Šířka dveří [mm]:	1 300
Průměr dvojkolí [mm]:	780
Výška podlahy nad TK [mm]:	1 280
Maximální zrychlení [m/s ²]:	1,2
Hmotnost 81-717.1 / 81-714.1 [kg]:	33 500 / 33 000
Počet míst k sezení - 81-717.1 / 81-714.1:	42 / 48
Počet míst k stání - 81-717.1 / 81-714.1:	218 / 233
Vůz s řídicí kabinou:	2
Vložený vůz bez řídicí kabiny:	3
Ucelená vlaková jednotka:	ano - 5 vozů

[50]



Obrázek 76: Technický výkres vozu 81-717.1



Obrázek 77: Technický výkres vozu 81-714.1

3. 4. 81-71M (2Mt / 3Mt / 4Mt)



Obrázek 78: Modernizovaná souprava 81-71M (vlevo) vedle historické soupravy 81-71, Depo Zličín, 04. 06. 2022

Po sametové revoluci bylo zřejmé, že se budoucí nákup nových vozidel pražského metra nebude ubírat východním směrem. Vedení potřebovalo najít náhradu za dosluhující vozy E_{cs} a některé soupravy 81-71 měly také již mnoho najetých kilometrů. Finanční situace však nedovolila nahradit velkou část vozového parku metra a proto bylo přikloněno k následující variantě. Pro trasu =C= měly být pořízeny zbrusu nové soupravy, které by nahradily všechny vozy E_{cs} a zdejší soupravy 81-71 by se přesunuly jinam. Trasy =A= a =B= však provozovaly pouze vozy 81-71 a to v nemalém počtu. I přes občasné nedostatky to byla poměrně spolehlivá a bytelná vozidla a DPP usoudil, že předčasným vyřazením kvůli nákupu nových drahých vozidel by spíše prodělal. Byla tedy zvolena metoda rozsáhlé omlazovací modernizace, která vozům 81-71 měla prodloužit životnost o minimálně dalších 15 let. Úkolu se ujmula tuzemská Škoda Plzeň společně s podnikem ČKD Praha. První souprava byla do Plzně na modernizaci odeslána již 30. 06. 1994 a její rekonstrukce probíhala téměř dva roky. Do Prahy se vrátila zpět 01. 05. 1996 a po jejím příjezdu ihned začalo oživování a doladování některých systémů. Vlastní silou se souprava poprvé rozjela 17. 06. 1996 a první cestující svezla 04. 02. 1998. Na soupravu se namontoval také nový vlakový zabezpečovač Matra PA 135, který byl testován pro budoucí instalaci na lince =C=. Po čase byly vozy poslány zpět do Plzně na repasi do sériové podoby. Při tomto zákroku souprava obdržela nový zabezpečovač LZA a byla jako první vypravěna na linku =A=, kde se nový systém začínal postupně zavádět.

Cílem modernizace bylo, kromě omlazení interiéru, použitých materiálů a celkového vzezření, především snížení hmotnosti vozů, technicky jednodušší a spolehlivější elektrická výzbroj a úspora energie. Hmotnost byla redukována například rozdělením různých činností mezi jednotlivé vozy. Vznikly 3 typy. Vozy **2Mt** jsou motorové řídicí vozy s kabinou strojvedoucího, mobilní částí zabezpečovacího zařízení a akumulátorovými bateriemi. Uprostřed soupravy byl jako třetí hnací vůz řazen **3Mt**, který byl rovněž osazen akumulátorovými bateriemi. Na druhé a čtvrté pozici v soupravě nalezneme hnací vozy **4Mt**, které nesou kompresorové ústrojí. Řazení vlaku je tedy 2Mt+4Mt+3Mt+4Mt+2Mt a souprava je nerozdělitelná díky novým spřáhlům Dellner.



Obrázek 79: Vůz po opískování a lakování, Škoda Plzeň, 2006



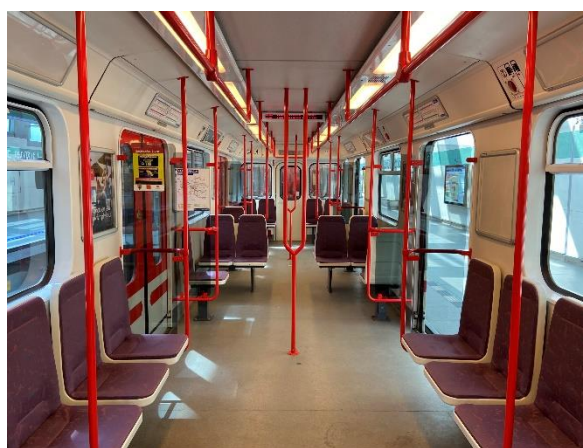
Obrázek 80: Vozy v plzeňské továrně Škoda Group, 2011

Kompletní přeměnou prošlo čelo, kam bylo umístěno jedno velké panoramatické okno a pomocí nových tvarů bylo dosaženo novějšího designu. Podobný osud potkal také interiér, kde původní umakartové obložení nahradil sklolaminát. Sedadla byla nově umístěna příčně a cestující se mohou těšit z nových přídržných madel. Na střeše byly částečně zakryty „kapsy“ náporového větrání a byl odstraněn okrasný dělicí pás na vozové skříni. Velkou proměnou prošel pneumatický systém, který byl značně zjednodušen oproti původnímu řešení a dostal také antikorozi ochranu. Ventily a vzduchojemy byly vyměněny. Ve vozech 4Mt byly instalovány nové šroubové kompresory s asynchronním pohonem. Pneumatický brzdič Westinghouse nahradil český DAKO BSE. Elektrodynamická brzda s rekuperací je značným krokem vpřed. Úspora elektrické energie byla podle některých pramenů až o 40 % vyšší, protože se nemusela plýtvat v topných brzdových odpornících. Podvozky jsou shodné s vozy 81-71 a prošly pouze opravou. Trakční motory DKV-117V prošly rekonstrukcí a jejich napájení je uskutečněno pulzními měniči IGBT, nově také s protiskluzovou a protismykovou ochranou. V salónu je pro cestující k dispozici nový rozhlas a oboustranné informační LED panely, které oznamují například příští stanici, a to

nově i v angličtině. Čelo vozu 2Mt je vybaveno velkým LED-DOT panelem, oznamující cílovou stanici, a jedním menším panelem, který zobrazuje pořadové číslo soupravy. Dveře jsou vybaveny poptávkovým tlačítkem a strojvedoucí si může zvolit, zdali dveře budou otevřeny všechny centrálně nebo tento úkon provedou sami cestující stisknutím tlačítka na dveřích. Pneumatický systém pohybu křídel dveří byl nahrazen elektrickým a po přivření předmětu dojde k otevření a opětovnému zavření. Červená LED indikace oznamuje cestujícím, aby opustili dveřní prostor a děje se tak zevnitř i zvenku soupravy. První dveře čelních vozů se otevírají vždy, aby zajistily bezpečný prostor pohybu hendikepovaným cestujícím a maminkám s kočárky. Pro nevidomé osoby je ve vlaku instalován povelový přijímač společnosti APEX, který komunikuje s osobními vysílači nevidomých a informuje strojvedoucího o jejich stavu.



Obrázek 81: Ovládací pult vozu 2Mt se zabezpečovačem ARS



Obrázek 82: Interiér s kombinovaným uspořádáním sedadel

Nebyly modernizovány pouze soupravy metra, ale také tratě a zázemí samotné. Počítalo se také s instalací novějšího zabezpečovacího zařízení, které by nahradilo, byť spolehlivé, ale jednoduché a na kontroly náročné zařízení ARS. Pro linku =C= byl vybrán osvědčený francouzský systém Matra PA-135. Sedm souprav bylo tímto systémem vybaveno a působily na trase =C= společně s vozy 81-71 a prvními soupravami M1. Poté bylo vedením rozhodnuto, že se tato vozidla přesunou na trasu =B=, kde bylo v provozu původní zařízení ARS. Od roku 2005 bylo těchto sedm souprav přestavěno na typ **81-71MARS** a postupně začaly být nasazovány na výkonech linky =B=. První dvě soupravy mají jedinečný bílý nátěr se dvěma červenooranžovými pruhy a dveřmi v podobném odstínu se směrovými šipkami. Tomuto nátěru se mezi zaměstnanci a fanoušky pražského metra vžilo označení „Sanitka“, protože na rozdíl od ostatních klasických 81-71M vypadají skutečně jako ambulanti vozy. Zbylých 45 modernizovaných souprav představují **81-71BARS**, přičemž 13 vlaků jezdilo

nejdříve bez zabezpečovacího zařízení a následně jím byly dovybaveny s tím, že dopravní podnik v co nejbližší době vypíše výběrové řízení na nový typ zabezpečovače trasy =B=. To se však nestalo a soupravy musely být provizorně vybaveny systémem ARS. Zbylé soupravy jej měly instalován již během modernizace v letech 2006 – 2007 ve Škodě Plzeň. Zařízení se nachází, kvůli svým větším rozměrům, v salónu pro cestující a jeho větrání je vedeno šachtou ze stropního otvoru vozidla. Z tohoto důvodu se mu často říká „udírna“ a některým cestujícím připomíná také lednici. Vozy s „udírnou“ jsou v roce 2023 již poměrně vzácné z důvodu změny zabezpečovacího zařízení trasy =B=, která přechází po vzoru trasy =A= na moderní systém LZA.



Obrázek 83: Zleva: 81-71BARS a 81-71MARS "Sanitka", Depo Zličín =B=



Obrázek 84: "Udírna" s ARS, 81-71BARS

Pro linku =A= pražského metra bylo zvoleno zabezpečovací zařízení LZA. První modernizovaná souprava 81-71M s tzv. „Elzou“ vyjela na tuto linku již v roce 2001 a postupné dodávky probíhaly až do roku 2011. Čelní vozy mají uzpůsobený pult strojvedoucího a místo lokomotivního návěstního opakovače ARS mají v levé části instalovanou dotykovou obrazovku systému ACB-M3, který je součástí zmíněného LZA. Automatické vedení vlaku je tedy v těchto soupravách plně funkční a po stisknutí a podržení tlačítka rozjezdu/souhlasu se souprava rozjede. Tlačítko se pouští zhruba 100 metrů po rozjezdu a pokud se tak stane dříve, vlak sám zastaví, kromě funkcí popsaných výše u ACB-M1 má verze M3 další praktické výhody, například automatické přepínání tlumených světel při vjezdu do stanice.



Obrázek 85: 81-71M odbavuje stanici Můstek na lince =A=



Obrázek 86: Ovládací pult vozu 2Mt se zabezpečovačem LZA

Linka =A= má také své zajímavé soupravy. Při povodních v roce 2002 byly ve stanici Florenc =B= zatopeny 2 soupravy 81-71. Když voda opadla, byly vozy přetaženy do kačerovského depa a rovnou poslány na opravu a modernizaci do Plzně. Soupravy jezdí dodnes a cestující je na trase =A= mohou snadno identifikovat díky modrým dvojnóvkám ≈, které mají čelní vozy ve střešní části vozové skříně. Díky tomuto incidentu se soupravám přezdívá „Ponorky“.



Obrázek 87: Vůz #2339 po opadnutí vody, Florenc =B=, 2002



Obrázek 88: Symbol ≈ typický pro "Ponorky"

Modernizace vozů 81-717.1/714.1 prospěla, celkově je omladila a více přiblížila moderním vozidlům podzemních drah. Z mého úhlu pohledu se jedná o jednu z nejvíce zdařilých a technologicky pokročilých modernizací vlaků 81-71 ve světě a její životnost má být pro pražské výkony prodloužena generálními opravami až do roku 2035. [54], [55], [56], [57]

3. 4. 1. Praha inspirací ve světě

Převážně z ekonomických důvodů a faktu, že původní soupravy 81-71 zatím ještě zcela nezaostávají v přepravních výkonech za novějšími vozidly, se obdobnou cestou vydala řada východních metropolí. Ve velkém počtu případů se ale nemůžeme bavit o čisté modernizaci, spíše vozidla podstupují různým stupňům rekonstrukcí. Nejčastější je omlazení stanoviště strojvedoucího a salónu pro cestující, například instalací studeného osvětlení a „anti-vandalských“ sedadel. Elektrická výzbroj prochází opravami, ale často zůstává beze změn. Vozům tak většinou zůstávají pouze repasované trakční motory a používá se stále odporová regulace výkonu. Design pražských 2Mt/3Mt/4Mt se však ve východním světě zalíbil. Nejvíce podobné jsou soupravy z gruzínské Tbilisi, kam plzeňská Škoda dodala čela. Soupravy tam prochází různými stupni renovace a některé dostávají i novou tyristorovou výzbroj. Nová čela dostávají i starší vozy rodiny E a od modernizovaných 81-717.5/714.5 je možné je odlišit například rozdílnou pozicí dveří mezi salónem pro cestující a kabinou strojvedoucího. Podobnou cestou se vydalo také Baku nebo Jerevan. Do Kyjeva byla dodána jedna souprava typu 81-553.1/554.1/555.1 „Slavutyč“, na jejíž produkci spolupracovala Škoda Transportation a již neexistující CJSC Vagonmaš. Má instalovanou novou elektro-pneumatickou výzbroj a asynchronní trakční motory. V interiéru byly změněny potahy sedadel a v některých vozech i jejich rozmístění. „Slavutyč“ je od roku 2010 odstaven kvůli technickým problémům a nedostatku náhradních dílů z České republiky. [58], [59], [60]



Obrázek 89: JIB3/3PЭИIC 81-717M/714M, Tbilisi, Gruzie



Obrázek 90: VM/Škoda 12Mt/13Mt/14Mt "Slavutyč", Kyjev, Ukrajina

Výrobce:	MM3 / Škoda a.s. Plzeň
Modernizace probíhaly:	1996 (prototyp) - 2011
Ev. čísla - čelní vozy:	3101-3199, 3300-3399 a 3500-3504, 3900-3904 (přestavba vlož. vozů)
Ev. čísla - vložené vozy:	3201-3299, 3400-3499, 3600-3699, 3800-3803
Počet modernizovaných souprav:	93 (po 5 vozech): 41 =A= + 52 =B=
Počet náprav:	4
Počet trakčních motorů:	4
Výkon motoru [kW]:	110
Max. konstrukční rychlost [km/h]:	90
Max. provozní rychlost [km/h]:	80
Délka vozu přes spráhla [mm]:	19 398 (2Mt), 19 210 (3Mt,4Mt)
Rozvor podvozků [mm]:	2 100
Vzdálenost otočných čepů podvozků [mm]:	12 600
Šířka vozu [mm]:	2 712
Výška vozu [mm]:	3 662
Počet dveří pro cestující:	2 x 4
Šířka dveří [mm]:	1 300
Průměr dvojkolí [mm]:	780
Výška podlahy nad TK [mm]:	1 280
Maximální zrychlení [m/s ²]:	1,3
Hmotnost čelních / vložených vozů [kg]:	32 000 / 31 000
Počet míst k sezení - 2Mt:	42 (38 se skříní ARS na =B=)
Počet míst k sezení - 3Mt / 4Mt:	48 / 48
Počet míst k stání - 2Mt:	220 (216 se skříní ARS na =B=)
Počet míst k stání - 3Mt / 4Mt:	218 / 218
Vůz s řídicí kabinou:	2
Vložený vůz bez řídicí kabiny:	3
Ucelená vlaková jednotka:	ano - 5 vozů

[54]

3.5. M1



Obrázek 91: M1A v pravidelném provozu ve stanici Pankrác =C=

V roce 1990 bylo s poslední dodávkou vozů 81-71 rozhodnuto, že pražská podzemka nakupovat ruské vozy znovu nebude. Trasu =C= obsluhovalo velké množství vozů E_{čs}, jejichž pracovní „život“ se pomalu, ale jistě, chýlil ke konci. Dopravní podnik požádal firmu ČKD Tatra, zdali by nemohla předložit návrh nových vozidel. Byly předloženy dva návrhy. První návrh byla souprava s hliníkovou vozovou skříní, která by vyvíjena ve spolupráci s britskou společností Brell. Druhá volba byla stavba vozidel se skříní ocelovou. S ocelovým vlakem přišlo konsorcium Škoda-Siemens-SGP. Komise v roce 2001 zvolila jako vítězné právě toto vozidlo, nicméně po konzultaci se došlo k závěru, že nové soupravy dodá ČKD-AEG-Siemens-SGP. Podepsání kontraktu na výrobu 110 vozů se skříní ze svařovaných hliníkových profilů (švýcarská technologie firmy Alusuisse) proběhlo 19. 07. 1995 a práce začaly záhy potom. Škoda Transportation nabídla nové soupravy projektované společně s petrohradským strojírenským závodem CJSC Vagonmaš, ale porevoluční nálada tomuto projektu pochopitelně nepřála. Po letech se však podobná spolupráce vyplatila a Škoda dodala do Petrohradu 24 souprav 18Mt/19Mt/20Mt (81-556/557/558) „NěVa“ ve 3 modifikacích, které vycházejí z experimentálního vozu 6Mt. [63]

Obdobně jako soupravy 81-71M jsou i M1 nedělitelné pětivozové soupravy. Čelní vozy jsou **M1.1**, které jsou vybaveny kabinou strojvedoucího, zabezpečovacím zařízením, akumulátorovými bateriemi a statickým měničem. Za nimi jsou vozy **M1.2** a nesou kompresory. Vůz **M1.3** je v soupravě uprostřed a je na něm instalován centrální řídicí počítač ZGS. Řazení v soupravě je tedy následující: M1.1+M1.2+M1.3+M1.2+M1.1. V salónu pro cestující jsou příčně umístěná sedadla v uspořádání 1+2 – 2+1. Novější vozy mají sedadla v prostřední části řešena podélně kvůli zvětšení prostoru pro stojící cestující. Čelní vozy pak mají vyhrazená místa pro pasažéry na invalidním vozíku. Podlaha vozu je z nehořlavé překližky a protiskluzového materiálu. Samotná madla ani sedadla na ní nejsou uchycena (místo toho jsou na bočnicích), což značně ulehčuje její úklid. Stropní zářivkové osvětlení je z designových a anti-vandalských důvodů zakryto hliníkovým roštem, stejným jako například v lisabonských soupravách. Zářivky jsou umístěny také nad okny. Dveře mají poptávkové tlačítka a fungují shodně jako u 81-71M, nicméně jsou křídla předsvuná. První dveře čelních vozů se rovněž otevírají vždy.



Obrázek 92: Ovládací pult strojvedoucího ve voze M1.1A



Obrázek 93: Interiér soupravy M1 bez podélného sezení

Povelový přijímač APEX pro nevidomé je na čelních vozech standardně instalován, obdobně jako u vozů 2Mt. Vozy jsou vybaveny náležitou protipožární ochranou jako například hlásiči výskytu otevřeného ohně. Cestující mají také k dispozici několik práškových hasících přístrojů a souprava je co v největší míře vyrobena z nehořlavých materiálů. Cirkulaci vzduchu ve vozech zajišťují stropní agregáty s asynchronními motory a záložními ventilátory. Vzduch poté odchází průduchy ve spodních částech dveří. Kabina strojvedoucího je vybavena vytápěním, pohodlným nastavitelným sedadlem a moderním řídicím pultem s jedním řadičem. Dostatečný výhled poskytuje vypouklé panoramatické sklo.

Pohon zajišťují třífázové asynchronní čtyřpólové motory BASu 5529/4 o trakčním výkonu 160 kW. Jsou osazeny na všech čtyřech nápravách každého vozu a jejich výkon se reguluje pomocí IGBT tranzistorů. Změnou tlaku ve vypružení monoblokových dvojkolí je možné dosáhnout konstantní výšky podlahy s hranou nástupiště při různých hodnotách zatížení. Brzdový systém zahrnuje provozní EDB s rekuperací energie, dobržďovací a záložní elektropneumatickou brzdu a parkovací střadačovou brzdu, která je schopna udržet plně naloženou soupravu na trati ve sklonu 40 ‰. Poloautomatická spřáhla čelních vozů umožňují spřažení s ostatními typy vozidel pražského metra, včetně historických souprav. O design vlaku se postaral *Ing. arch. Patrik Kotas* a na vývoji se rovněž podílel *Ing. Antonín Honzík*. Odhadovaná životnost je 30 let.



Obrázek 94: Jednotky M1 v depu Kačerov, 2021



Obrázek 95: M1B ve stanici Opatov =C= před její rekonstrukcí, 15. 12. 2019

V Praze jezdí dohromady 4 varianty souprav M1, které byly dopravnímu podniku dodávány sériovou výrobou v rozmezí let 1999 - 2009. Vlaky **M1A**, **M1B** a **M1C** se od sebe příliš neliší. Kromě menších “kosmetických“ detailů se vozy různě uspořádáním sedadel v prostředních oddílech, odlišnými zobrazovacími panely na čelech a nejstarší soupravy mají nápadně širší vnitřní pás konstrukce dveří, ve kterém je umístěno poptávkové tlačítko. Verze **M1D** byla dodána v 5 vlacích, které nesou novou elektrickou výzbroj. Cestující je snadno rozpozná podle odlišného zvuku a ve vybraných stanicích si může povšimnout pozměněného tvaru některých kontejnerů pod vozidly. Celkem bylo pražskému metru dodáno 53 souprav M1 a všechny jsou deponovány v kačerovském depu a obsluhují pouze linku =C=. V roce 2011 se objevily závažné problémy na rámech podvozků, které na některých vozech začaly praskat. Bylo odstaveno přibližně šest souprav, u kterých byla prokázána tato závada. DPP si velkou část podvozků opravil sám, výrobce Bombardier dodal 35 nových. Příčinou poškození mělo být nevhodné svařování při výrobě a následné únavové opotřebení. V současné době

jsou podvozky opraveny, nicméně jsou nepřetržitě kontrolovány. Soupravy M1 jsou nyní za polovinou své plánované životnosti a DPP se rozhodl pro jejich postupnou modernizaci. Vlaky zatím podstupují plánovaným opravám stupně N7.



Obrázek 96: Popis opravy stupně N7 na voze #4105 (M1.1A), Příloha ke článku v magazínu DP kontakt 2/2022

Kromě Prahy jezdí vlaky M1 také ve venezuelském městě Maracaibo. Jsou třívozové ve složení M1.11+M1.21+M1.11, s polopantografy pro odběr z trolejového vedení a mají klimatizaci. Celkem bylo vyrobeno 7 souprav M1-MARA v líbivém stříbrno-zeleném nátěru. [61], [62], [64], [65]



Obrázek 97: M1-MARA v čele s vozem #1106



Obrázek 98: Interiér M1-MARA

Výrobce:	ČKD DS, Siemens, AdTranz
Roky dodávek:	1999 - 2009
Evidenční čísla – M1.1:	4101 - 4196
Evidenční čísla – M1.2, M1.3:	4201 - 4299, 4400 - 4444
Počet vyrobených souprav:	53
Počet a výkon trakčních motorů [kW]:	4 x 160
Max. konstrukční rychlost [km/h]:	90
Hmotnost vozů M1.1/M1.2/M1.3 [t]:	27,9 / 25,9 / 25,6
Délka vozu přes spráhla M1.1 / M1.2, .3 [mm]:	19 521 / 19 206
Vzdálenost otočných čepů podvozků [mm]:	12 600
Rozvor podvozků [mm]:	2 100
Šířka vozu [mm]:	2 712
Výška vozu [mm]:	3 670
Počet dveří pro cestující:	2 x 4
Šířka dveří [mm]:	1 300
Průměr dvojkolí [mm]:	850
Výška podlahy nad TK [mm]:	1 150
Maximální zrychlení [m/s^2]:	1.3
Počet míst k sezení/stání - M1.1:	40 (+2) / 242
Počet míst k sezení/stání - M1.2/M1.3:	48 / 252
Maximální napětí při rekuperaci:	950 V
Ucelená vlaková jednotka:	ano - 5 vozů

[61]

4. ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ PRAŽSKÉHO METRA

4.1. ARS

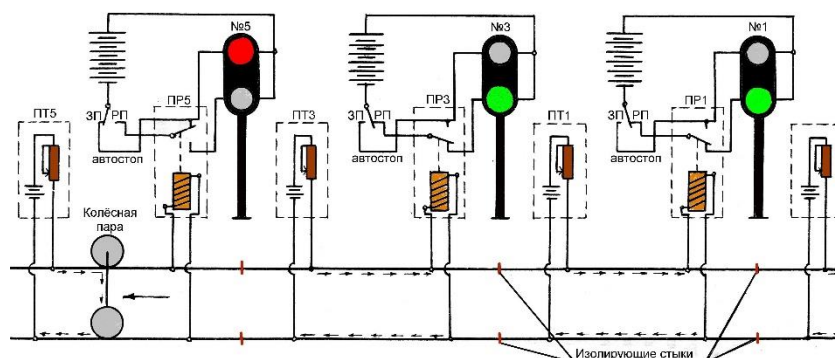
Označení ARS je zkratkou z ruského překladu Автоматическое Регулирование Скорости („automatická regulace rychlosti“). Jedná se o původně sovětský liniový zabezpečovač, který má zajistit bezpečný provoz souprav na celé trase a minimální možný interval 90 s (Praha). ARS zasahuje v mimořádných situacích, jakými jsou mimo jiné zastavení před obsazeným/defektním kolejovým obvodem, před návěstidlem s návěstí "Stůj" (s výjimkou návěstidla "Tabulka s vykřičníkem"), při ztrátě kódu a především při překročení maximální rychlosti v daném traťovém úseku. Informace o jízdě jsou zpracovávány a porovnávány se skutečnou rychlostí soupravy. Zařízení se skládá z traťové a mobilní části a funguje na principu vysílání a přijímání signálů daných frekvencí a intenzit do kolejových obvodů. Ty jsou vysílány proti směru jízdy soupravy.

4.1.1. Traťová část

Sestává z traťových obvodů, do kterých je pomocí generátorů kódovacích kmitočtů (GALS) vyslán střídavý proud o předurčených frekvencích a intenzitách v závislosti na vybuzení rychlostního relé projíždějící soupravou. Jednotlivé případy popisuje tento obrázek:

Frekvence	Max. rychlost	Průsvítka
75 Hz	80 km/h	80
125 Hz	60 km/h	60
175 Hz	40 km/h	40
225 Hz	20 km/h	20
275 Hz	0 km/h	0
bez kódu	-	0
75 – 225 Hz + 275 Hz	Předvěst	P

Obrázek 99: Přiřazení frekvencí k jednotlivým rychlostním limitům a jejich zobrazení na návěstním opakováči



Obrázek 100: Princip funkce zabezpečovače ARS s traťovými návěstidly

Signály zohledňují stav v přidružených traťových úsecích a staničních zabezpečovacích zařízeních. Souhlas je vysílán pouze tehdy, jsou-li traťové obvody před soupravou volné po celé délce její zábrzdne vzdálenosti. Jiné než standartní frekvence jsou považovány za cizí a dochází ke ztrátě signálu. V situaci přijímání více než jednoho signálu vyhodnocuje systém ARS jako signál směrodatný právě vždy ten s nižší hodnotou maximální dovolené rychlosti. Do obvodů je kromě současného vysílání i předvěstní kmitočet, který informuje strojvedoucího o případné změně rychlostního limitu v následujícím traťovém úseku.

4. 1. 2. Mobilní část

Nachází se v čelních vozech a skládá se z přístrojové skříně se stativem, dvou snímacích cívek před první nápravou, dvou osových tachogenerátorů pro měření okamžité rychlosti (2. a 4. náprava) a mobilního návěstního opakováče v horní polovině řídicího pultu strojvedoucího.



Obrázek 101: Snímací cívky vozu 81-717



Obrázek 102: Opakovací návěstidlo

Zabezpečovací zařízení ARS se hojně využívá v ruských a postsovětských systémech metra, především kvůli tomu, že je poměrně jednoduchý a levný, byť s náročnější údržbou. V provozu je poměrně spolehlivý a z tohoto i výše popsaných důvodů je ve východním světě značně oblíbený a jsou jím vybavena i nejnovější vozidla, například moskevského metra. Existují také novější varianty jako je ku příkladu APC-АЛС «Днепр» („Dněpr“), který nabízí dodatečné nadstavby systému.

Kódovací tabulka ARS								
Vysílaný kmitočet (Hz)					Svícení mobilního návěstidla		Význam pro ARS	
75	125	175	225	275	Plná intenzita	Snížená intenzita	Rychlost nyní	Rychlost následná
X					80		80	0
X	+				80	60	80	60
X		+			80	40	80	40
X			+		80		80	0
X				+	80	P	80	80
	X				60		60	0
	X	+			60	40	60	40
	X		+		60	20	60	20
	X			+	60	P	60	>60
		X			40		40	0
		X	+		40	20	40	20
		X		+	40	P	40	>40
			X		20		20	0
			X	+	20	P	20	>20
				X	0		0	>0

X – kmitočet vysílaný z vlastního obvodu
+ – kmitočet vysílaný z předvěstního obvodu

Obrázek 103: Kódovací tabulka systému ARS pro současnou i nadcházející maximální rychlost

V Praze bylo ARS zpočátku instalováno zprvu na všech linkách. S postupem času a příchodem modernějších souprav bylo z velké části demontováno a zůstalo pouze na nejmladší trase =B=. Jeho dny se však chýlí ke konci, neboť v současné době prochází linka =B= modernizací a je nově vybavena systémem LZA, podobně jako linka =A=. Ve své podstatě se pouze čeká na dokončení přestavby souprav 81-71BARS/MARS na standart 81-71M, kdy jim bude zabezpečovač ARS odstraněn. I přes svoji poměrnou spolehlivost má tento druh zabezpečovacího zařízení značnou nevýhodu ve formě nízké odolnosti vůči rušení. Zároveň je nekompatibilní s asynchronním pohonem vozidel M1, které mohou právě svým chodem v určitých situacích systém ARS rušit, což je, z důvodu plánu část těchto vozidel na trasu =B= v budoucnu přesunout, nepřijatelné. Tuzemský adaptér pro toto zabezpečovací zařízení mimo jiné umožňoval integraci ACB-M1 (E_{cs}) a ACB-M2 (81-71). [66], [67], [68]

Z historických souprav může systém ARS na lince =B= využívat pouze souprava 81-71, protože souprava E_{cs} má, dle mých informací, demontovanou mobilní část. Systém ARS bude zčásti zachován v budoucí historické soupravě 81-71M.

4. 2. PA 135

„Pilotage automatique PA 135“ je kombinace liniového vlakového zabezpečovače (ATP) a systému automatického vedení vlaku (ATO) od francouzské společnosti Matra Transport International.

ATP (Automatic Train Protection)

Liniový vlakový zabezpečovač, který v závislosti na ostatní zabezpečovací zařízení (např. staniční) kontroluje bezpečnou jízdu vlaku a jeho bezpečnou vzdálenost od ostatních jednotek. Pokud dochází k ohrožení bezpečnosti, například překročením maximální povolené rychlosti, ATP jednotku bez zásahu strojvedoucího zastaví. Systém dále mimo jiné kontroluje návěstidla, otevírání dveří na příslušné straně nástupiště, zpětný pohyb vlaku atd.

ATO (Automatic Train Operation)

Označení pro systém automatického vedení vlaku (AVV). Značně zvyšuje komfort strojvedoucího, neboť za něj přebírá veškeré funkce vyjma obsluhy vlakového rozhlasu, dveří, režimu reflektorů a pokynu souhlasu k jízdě.

PA 135 se skládá z traťové, stacionární a mobilní části, které jsou následně popsány.

4. 2. 1. Stacionární část

Obstarávají je staniční skříně, které jsou umístěny reléových místnostech a přichází do nich informace z traťového a staničního zabezpečovače a také z dálkového ovládání zabezpečovacího zařízení DOZZ / ASDŘ-D, které vypovídá o okamžicích odjezdu vlaků, jejich pohybu v mezistaničních úsecích a povolení k průjezdu stanice. Informace jsou po analýze vyslány modulovaným vysokofrekvenčním signálem do traťové části PA 135.

4. 2. 2. Traťová část

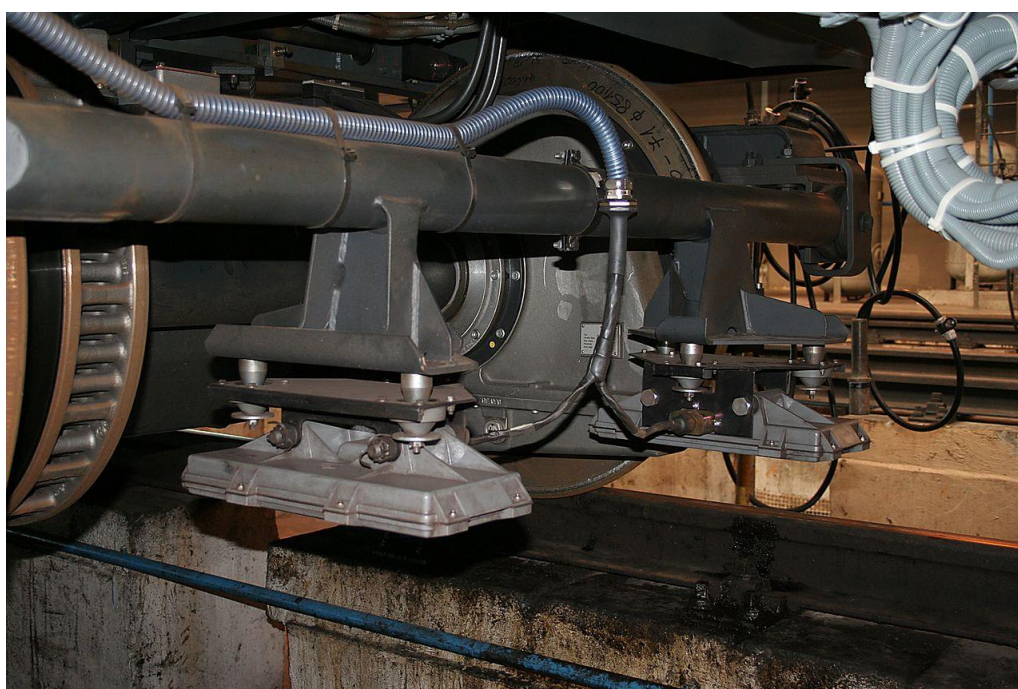
Je tvořena tzv. programovým pásem, kterému se často přezdívá „koberec“, o šířce 165 mm. Je umístěn mezi vodícími kolejnicemi, vždy v konstantní vzdálenosti od jedné z nich, častěji u pravé, pokud okolnosti nedovolují jinak. Jedná se o krytý anténní systém, instalovaný na všech obratových, provozních a odstavných kolejích linky =C=. Dále je z poloviny umístěn na obou mezitrasových spojkách k trasám =A= a =B=.



Obrázek 104: "Koberec"(viditelný u bližší vodící kolejnice) ve stanici Hlavní nádraží =C=

4. 2. 3. Mobilní část

Nachází se na čelních vozech soupravy. Ty mají poněkud netradičně umístěny dva vysokofrekvenční snímače za čtvrtou nápravou, které pás na pravé nebo levé straně snímají. Následuje dešifrování potřebných informací a jejich zpracování pomocí ovládacího rozhraní pro ATP/ATO.



Obrázek 105: Snímače programového pásu systému PA 135 na voze M1.1

Kromě snímačů jsou součástí mobilní části také čidla pro měření rychlosti, vlakového rozhlasu, tlačítek bdělosti a dalších pro provoz důležitých prvků. Zároveň umožňuje provoz v několika režimech, které si strojvedoucí volí dedikovaným přepínačem. To je však možné pouze při zabrzděném stavu vlaku.

RAV - Režim Automatického Vedení (francouzsky: PA)

Nejvyšší možný stupeň automatizace systému PA 135. Vedle systému ATP je v plném provozu ATO, které přebírá kontrolu nad jízdou vlaku. Strojvedoucí ovládá vlakový rozhlas, dveře, intenzitu reflektorů a povel k odjezdu ze stanice.

RVZ - Režim Vlakového Zabezpečovače (francouzsky: CMC)

Aktivní je pouze systém ATP, který zajišťuje bezpečnost kontrolou a porovnáváním skutečné rychlosti od limitní v daném úseku tratě, vzdálenosti od vlaku před sebou nebo zajištěním otevření dveří na správné straně ve stanici. Strojvedoucí ovládá soupravu „na ruku“ a provádí ostatní předem zmíněné úkony.

RTB - Režim Tlačítek Bdělosti (francouzsky: CMP)

Ruční ovládání s nutností stisknutí tlačítek bdělosti. Bez ohledu na maximální omezenou úsekovou rychlost dovoluje PA 135 jízdu do 30 km/h.

Mobilní zařízení vypnuto (francouzsky: CML)

Ruční ovládání bez ATP/ATO.

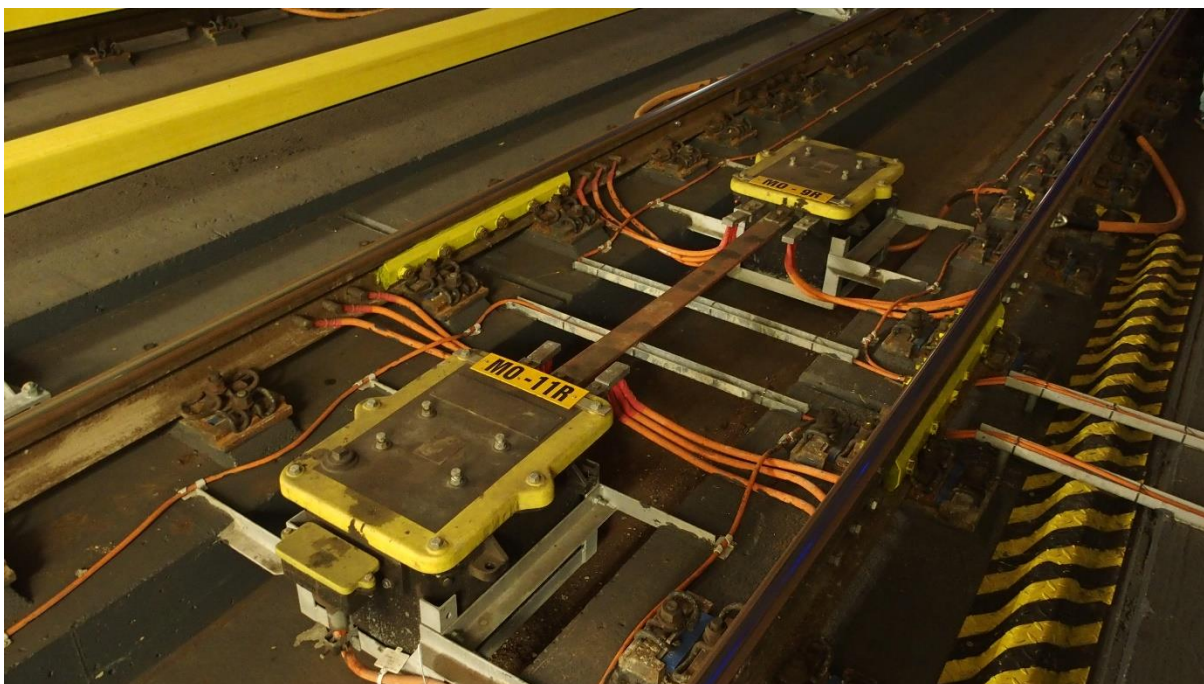
Režimy RAV a RVZ se dají zprovoznit pouze v klidu v tzv. „aktivačních zónách“ (ZR), které jsou zpravidla umístěny na obratech, ve stanicích, odstavných kolejích apod. K nevýhodám PA 135 patří například nemožnost krácení jízdních časů. V klesajících úsecích umožňuje soupravě jízdu do 40 km/h a poté výkon shodí do výběhu, nehledě na možnou vyšší povolenou rychlost, kterou by strojvedoucí mohl dohnat případné zpoždění. Systém Matra tak koná kvůli úspoře energie. Při překročení rychlosti zasahuje aktivací nouzového EPV. Dále není v režimu PA možný pomalý úsekový provoz, například při mimořádné události, a strojvedoucí musí daným místem projet pod režimem CMC a PA aktivovat v následující ZR. Přes zmíněné nedostatky se systém Matra PA 135 v Praze velmi osvědčil. Od testování v roce 1998 se na lince =C= používá spolehlivě dodnes a jsou jím vybaveny všechny vozy M1.1. Byl namontován i na vybrané soupravy 81-71, ale systém provázely značné komplikace, především kvůli částečné nekompatibilitě s trakčním pohonem a elektronikou. V Budapešti se na lince M3 toto propojení ale podařilo, dokonce i u starších vozů Ev3. V Praze byly s PA 135 úspěšné i první soupravy 81-71M, než se přesunuly na trasu =B= jako 81-71MARS. [69], [70], [71]

4.3. LZA

Základem nejnovějšího zabezpečovacího zařízení pražského metra je polský systém SOP-2P (ATP) od Bombardier Transportation ZWUS Katowice a tuzemský ACB-M3 (ATO) vyvinutý společností AŽD Praha s. r. o.

4.3.1. Stacionární / traťová část

V kolejišti se nachází obvodové smyčky vodičů, typicky v oranžovém izolačním pouzdru, které cyklicky vysílají telegramy o rychlostech 1 200 bitů/s a délkou 47 bitů. Je použito dvou frekvencí přenosu a to 37,2 kHz a 36,0 kHz.



Obrázek 106: Smyčkové obvody a stykové transformátory ve stanici Nemocnice Motol =A=

Správný chod smyčkových vodičů zajišťují staniční počítače. Pro bezpečnější přenos a vyhodnocení dat se používají dva nezávislé mikroprocesorové kanály a jejich výstupy se porovnávají na „fail-safe“ komparátoru, a to i pro mobilní část.

4.3.2. Mobilní část

Před první nápravou čelního vozu je lať, která je osazena dvěma snímacími senzory. Ty jsou montovány nad místem, kde se v kolejišti nachází smyčkové vodiče. Počet přenášených informací vlakového zabezpečovače je 30, s povolenými stupni rychlostí: 0 permisivní, 0 absolutní, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 a 80 km/hod. Zároveň jsou přenášeny také kódy pro ACB-M3, jejichž výstupy se zobrazují strojvedoucímu na multifunkčním dotykovém displeji v pravé části ovládacího pultu.



Obrázek 107: Snímače systému LZA před prvním dvoukolím vozem 2Mt



Obrázek 108: Obrazovka s činností ACB-M3 v levé části ovládacího pultu vozu 2Mt

Pokud se strojvedoucí při jízdě přiblíží hranici maximální dovolené traťové rychlosti, systém SOP-2P přestaví pohon do výběhu, případně začne provozně brzdit. Pokud jsou tyto dvě akce neadekvátní, aktivuje nouzovou brzdu. ACB-M3 provádí vedení vlaku aperiodicky, tedy co nejrychleji mění požadovanou rychlost v závislosti na nadcházející dráhu s maximální časovou i energetickou efektivitou. V režimech jízdy se významně neliší od systému PA 135 a zahrnuje tedy **RAV**, **RVZ**, **RTB** i **vypnutou mobilní část**, dokonce v uživatelsky příjemnějším prostředí, zejména v oblasti aktivace. Novinkou je kromě automatického přepínání čelních světlometů také funkce **RBO**. Ta umožňuje bezobslužný obrat soupravy v konečných stanicích. Obdobný systém se úspěšně využívá například ve vídeňském metru.

Obvodové smyčky LZA jsou nenáročné na údržbu a v případě defektu se dají poměrně snadno vyměnit. Systém také umí reagovat na náhlé změny v grafikonu GVD a přizpůsobit tak jízdu soupravy podle potřeb hlavního dispečinku. Na druhou stranu systém neumožňuje provoz s intervalem menším než 90 s a jednotlivé díly a součásti jsou finančně nákladné. I přes to je v plném provozu na trase =A= (od r. 2004) a na trase =B=, zatím paralelně s ARS, které bude v blízké budoucnosti demontováno. Systémem LZA jsou v této době vybaveny pouze soupravy typu 81-71M. [72], [73], [74]

4. 4. Staniční zabezpečovací zařízení

V Praze se používá domácí systém AŽD 71, speciálně upravený pro metro. Jedná se o reléové zařízení, které zajišťuje bezpečný provoz ve stanicích s traťovými větvenými a v periferiích vlakových dep. Ve stanicích Nádraží Holešovice =C= a Ládví =C= je využit podobný elektronický systém s označením ESA 11 M a je ovládán z „jednotného ovládacího pracoviště“ (JOP). Ve stanici Depo Hostivař =A= je instalován systém ESA 11 M+, rovněž od společnosti AŽD Praha. [75], [76]

5. NÁVRH AUTONOMNÍHO VOZU METRA

5. 1. Problematika automatického provozu a jeho zabezpečení

Výstavba nové linky =D= v Praze započala v roce 2021 a její celkové dokončení a zahájení provozu s cestujícími je plánováno na rok 2029. Trasa má být automatická s novým zabezpečovacím zařízením a nástupištními bariérami, které zabrání pádu osob a cizích předmětů do kolejiště. [40]

5. 1. 1. Nástupištní bariéry

Uplatňují se zejména pro automatické provozu, nicméně jejich výskyt není ojedinělý ani v případech konvenční železnice, zejména v Asii. Existuje několik variant, které se používají. První variantou je vybudování celé nástupištní stěny s automatickými dveřmi, která může dosahovat stropu stanice, případně je její výška natolik velká, že ji cestující není schopen lehce překonat. Druhou a ekonomicky přijatelnější variantou jsou nástupištní brány, které běžně dosahují úrovně hlavy nebo hrudi cestujícího a jejich instalace je jednodušší. [77]



Obrázek 109: Nástupištní stěna, Milán M4, Itálie



Obrázek 110: Nástupištní brány, Sofie M3, Bulharsko

Instalace těchto bariér může být ale často problematická. Vedle vysoké pořizovací ceny je také nutno zohlednit možný smíšený provoz nových a starších vlaků, které mají většinou jiné rozmístění a šířku nástupních dveří. Je pravdou, že nástupištní bariéry se zpravidla instalují pro nově otevřené provozu, nicméně jejich zpětné dovybavení starých tras je z hlediska bezpečnosti stále větší trend. S tímto problémem si dopravce poradil například v bulharském hlavním městě. Na vybraných stanicích sofijského metra je na nástupištích instalován jihokorejský systém vertikálního otevírání zvaný **RSD (Rope Screen Door)**, který nahrazuje prosklenou stěnu mechanismem s pružnými kovovými lany, které se při příjezdu soupravy vysouvají vzhůru nad úroveň dveří vlaku. Přesnost zastavení soupravy

není pro tento systém zásadní a výhodou je možnost použití smíšeného vozového parku, tedy vozů MBM 81-740.2(Б)/741.2(Б) a MM3 81-717.4/714.4. [78]



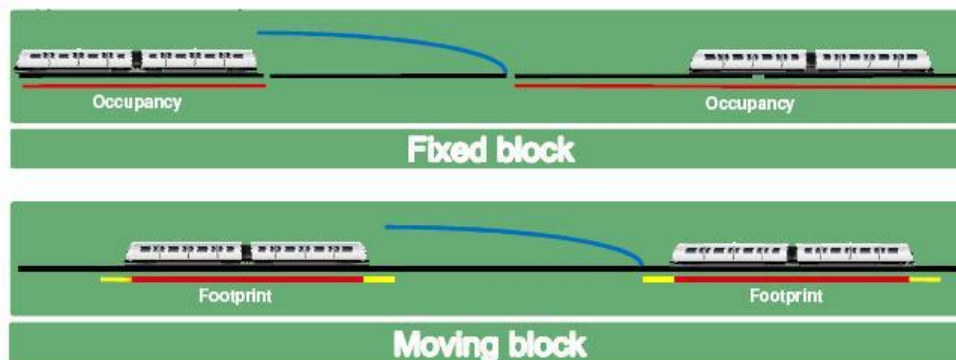
Obrázek 111: RSD a MBM 81-740.2/741.2, Sofie, Bulharsko



Obrázek 112: RSD a MM3 81-717.4/714.4, Sofie, Bulharsko

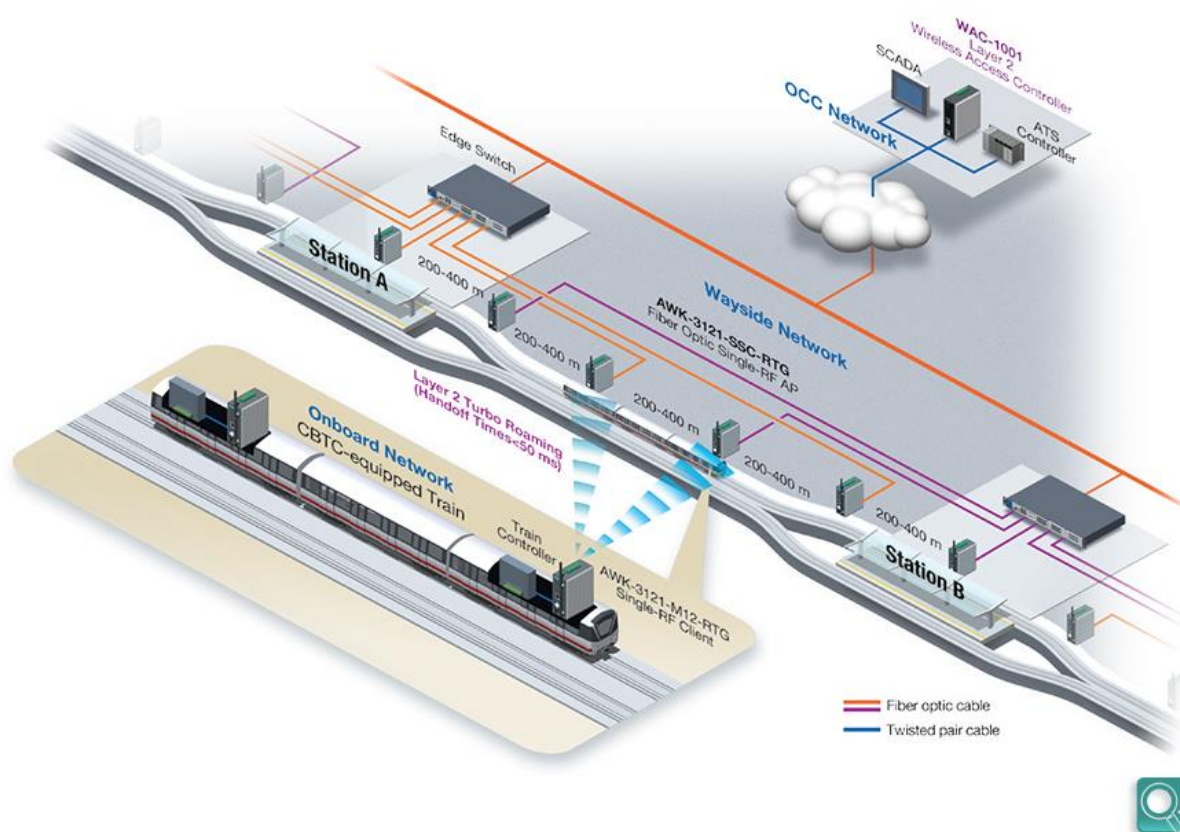
5. 1. 2. Zabezpečovací systém

Automatický provoz vyžaduje vysoký stupeň zabezpečení pohybu souprav. V dnešní době se nejčastěji používají systémy vzájemné komunikace stacionárních a mobilních částí zabezpečovače, založené na snímání okamžité polohy rádiovými signály o vysoké frekvenci nebo indukční smyčkou. Provozní interval je oproti jiným systémům zkrácen na minimum, provoz systému je spolehlivý, nenákladný a flexibilní. Data se mohou přímo ukládat na cloud, kde jsou jednoduše přístupná. Hovoříme o zabezpečovacím zařízení typu **CBTC (Communications-Based Train Control)**, který v provozu využívá principu tzv. *pohyblivého bloku*, namísto bloku pevného, charakteristického pro většinu konvenčních zabezpečovacích zařízení. Trať tak nemusí být rozdělena na jednotlivé úseky s návěstidly, na kterých by se souprava mohla zbytečně zdržovat, ale vlak zanechává při pohybu virtuální stopu, na kterou reagují ostatní jednotky a sami si upravují bezpečnou brzdovou křivku, aby nedošlo ke kolizi.



Obrázek 113: Porovnání funkce pevného (nahore) a pohyblivého bloku CBTC (dole)

Kromě provozních režimů ATP a ATO, které byly více popsány v podkapitole 4. 2. PA 135, otevírá systém CBTC nové přístupy k řízení dopravy, konkrétně systémem **ATS (Automatic Train Supervision)**, tedy automatickým dohledem nad vlaky. Systém zahrnuje funkce neustálého monitorování jednotlivých souprav a jejich přizpůsobování jízdy vůči sobě a ostatním vozidlům, dodržování jízdního řádu a zajištění co nejplynulejšího a nejekonomičtějšího možného provozu. Pokud má zákazník zájem, může si objednat celkový souhrn režimů v podobě systému **ATC (Automatic Train Control)**, například od společnosti ADLINK, který zahrnuje ATP, ATO i ATS. [79], [80], [81]

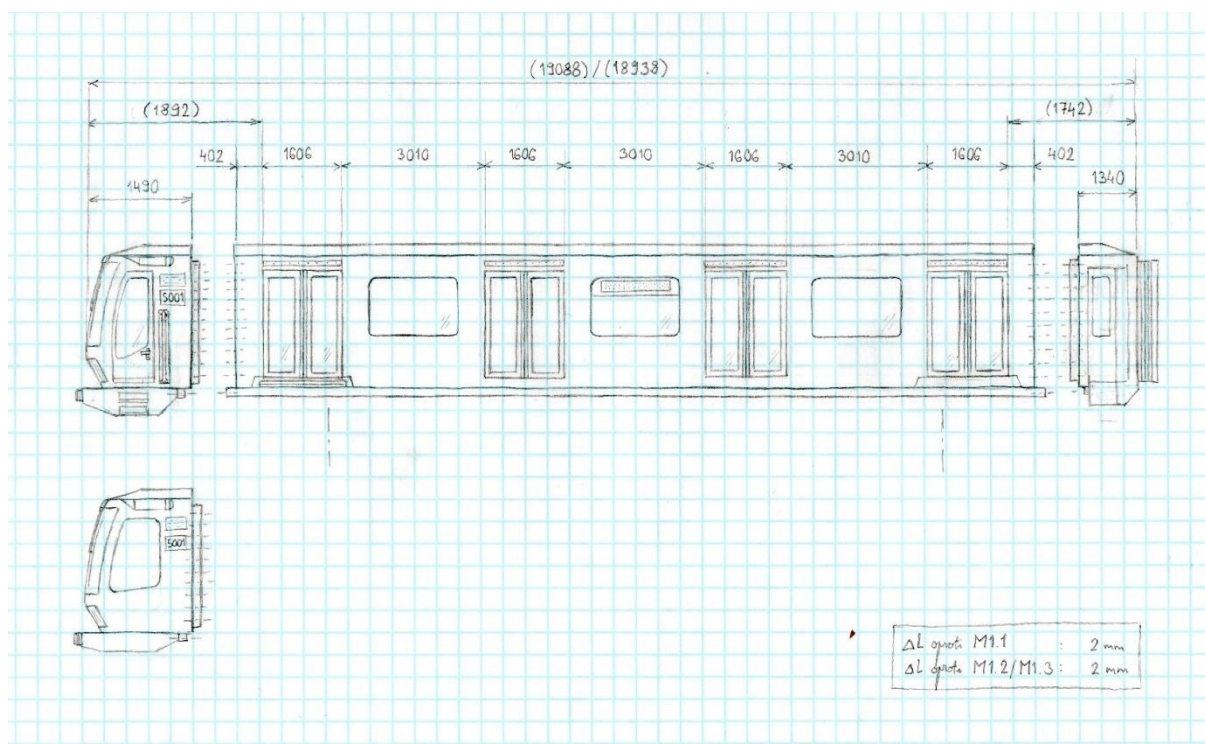


Obrázek 114: Schéma systému CBTC s napojením na cloud od společnosti SPHINX

5. 2. Návrh podoby vozu automatického metra

5. 2. 1. Návrh rozměrů vozové skříně a jejích prvků

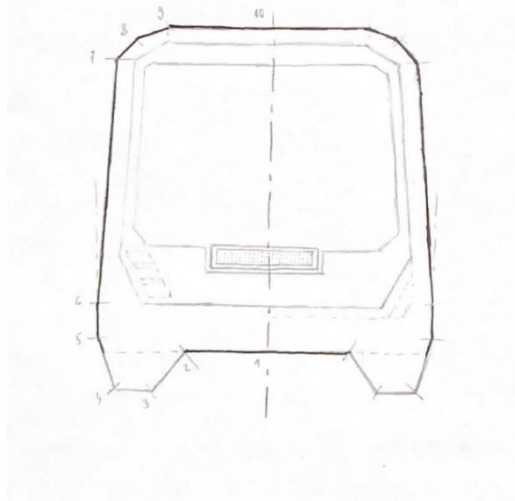
Na samém počátku plánování byla úvaha nové vozidlo co nejvíce přiblížit osvědčené konstrukci souprav Siemens M1. To je také kvůli faktu, že některá nová vozidla budou jezdit na trase =C= pražského metra souběžně s vlaky M1. Zároveň bylo snahou docílit jisté úrovně modularity vozu, která by kromě zjednodušení údržby a redukce finančních nákladů rovněž znamenala otevření trhu pro další potencionální zákazníky, kteří by si soupravu mohli upravit dle vlastních představ. Z tohoto důvodu byla zvolena koncepce jednotného vozu, který může sloužit jako vůz vložený, ale i řídicí s kabinou strojvedoucího nebo rozšířeným salónem pro cestující při zohlednění automatického provozu. To je docíleno odnímatelnými modulárními představky, které se k vozu připojují dle potřeb a přání zákazníka. Není proto potřeba zajišťovat kompletní výrobu nových vozů a servis je rovněž značně zjednodušen a sjednocen. Představek čelního vozu může být vybaven pouze sedadly pro cestující a skrytým záložním řídicím panelem nebo odnímatelnou kabinou po vzoru *Siemens X-Wagen* nebo *Alstom Metropolis AM4-M4*. Ke studii rozměrů byly využity typové výkresy jednotky M1-MARA a jejího příslušenství, včetně spráhel, které pro návrh vozidla ochotně propůjčil vedoucí práce *doc. Ing. Josef Kolář, CSc.*



Obrázek 115: Prvotní návrh podoby vozové skříně s rozměry a modulárními představky

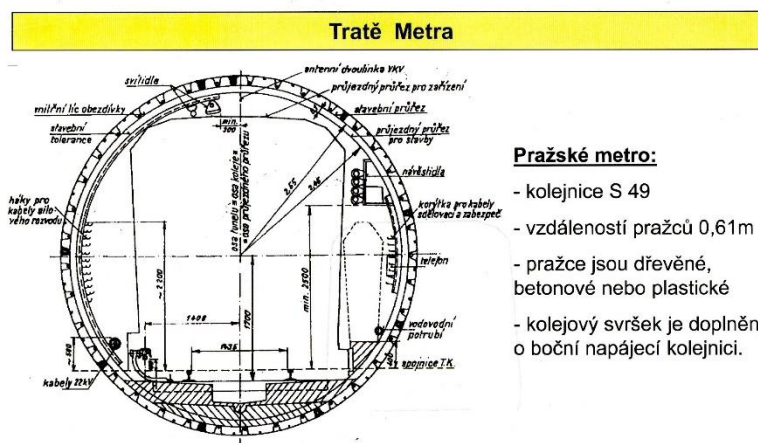
5. 2. 2. Návrh tvaru obrysu vozové skříně

Cílem bylo navrhnout obrys podobný vozidlu M1, ale s modernějším nádechem a profilem. Zvolil jsem lichoběžníkový základní profil, který byl následně dotvarován do finální podoby. Inspirací moderního tvaru vozové skříně s ostrými hranami byly soupravy Siemens V-Wagen, Siemens Inspiro a nová jednotka Škoda 59WE Varsovia pro varšavské metro.



Obrázek 116: Návrh podoby obrysu vozové skříně

Profil bylo nutné ještě opatřit patřičnými rozměry, přičemž zásadní podmínkou bylo dodržení maximálního povoleného průjezdového průřezu tunelem pražského metra, daným normou ČSN 73 7509. [82]

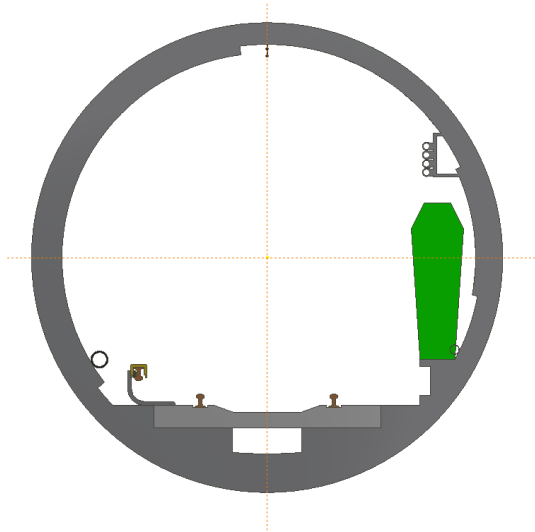


- Pražské metro:**
- kolejnice S 49
 - vzdálenosti pražců 0,61m
 - pražce jsou dřevěné, betonové nebo plastické
 - kolejový svršek je doplněn o boční napájecí kolejnici.

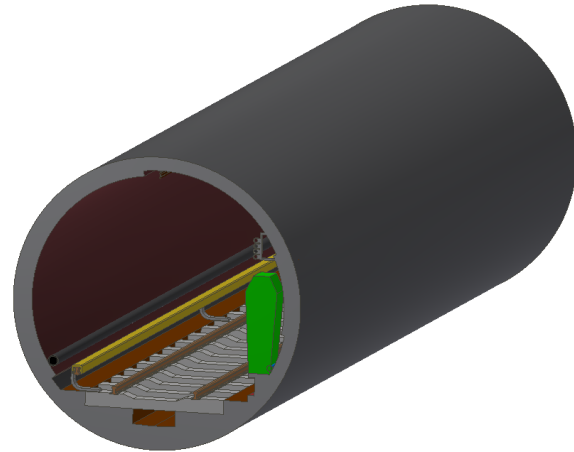
Konstrukce tratě metra se opět skládá z kolejového svršku a spodku. Konstrukce kolejového spodku je odlišná pro povrchové tratě a podzemní tratě. Na povrchových tratích se více blíží konstrukci železničního spodku, neboť musí zajistit stabilitu kolejového svršku i při dlouhotrvajících nepříznivých povětrnostních podmínkách. U podzemních tratí je kolejový spodek tvořen tunelovými konstrukcemi.

Obrázek 117: Průjezdový průřez tunelu metra

Z dostupných studijních podkladů odboru kolejových vozidel jsem průřez vymodeloval v softwaru Autodesk Inventor Professional 2022, aby do něj mohl být později vložen model navrhovaného vozidla.



Obrázek 118: Model průřezu tunelem metra

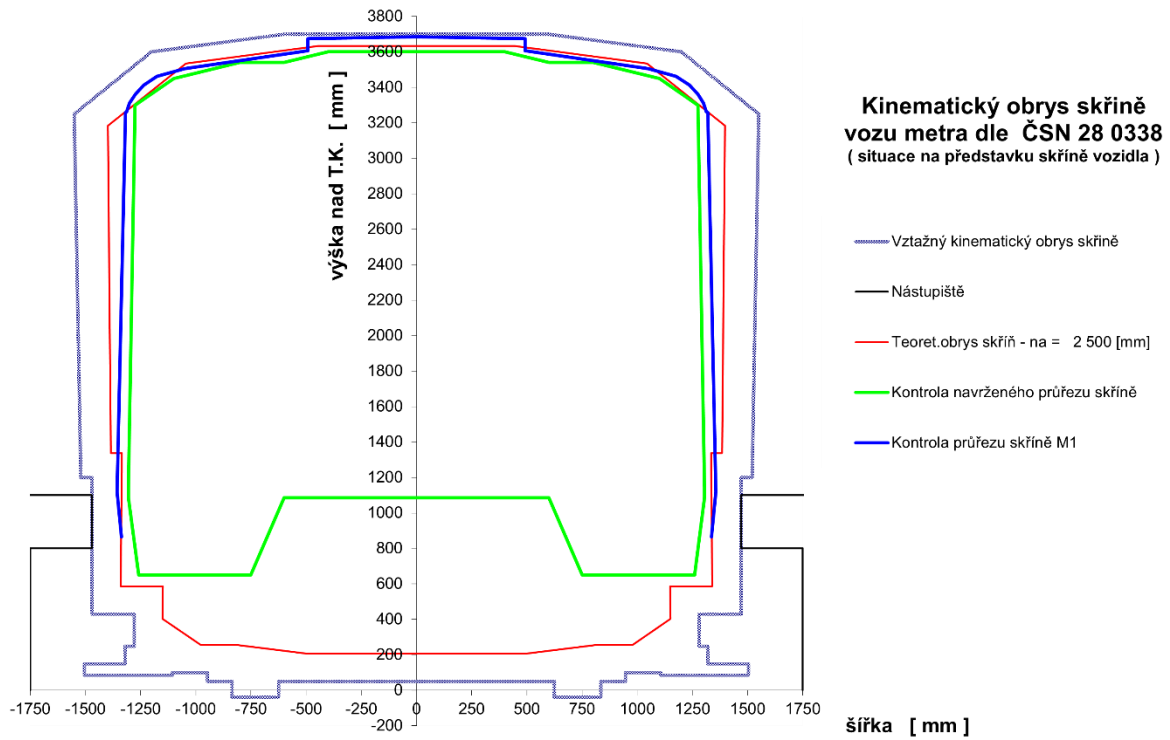


Obrázek 119: Model tunelu pražského metra

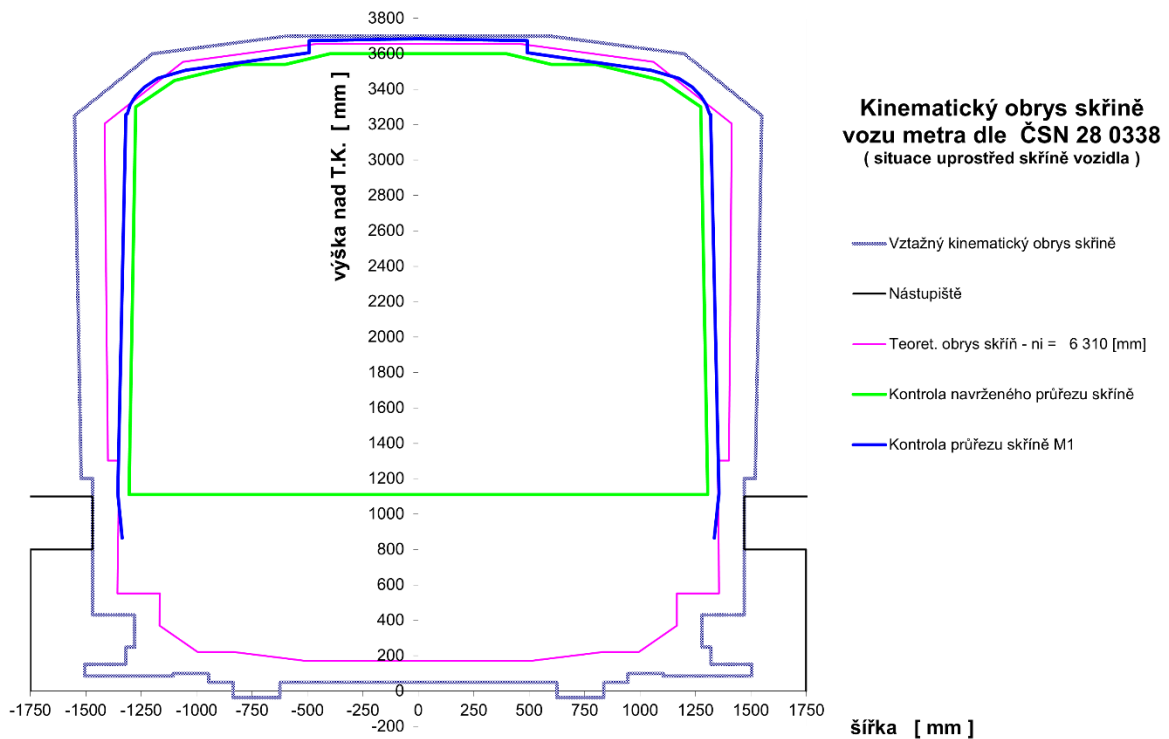
Dále bylo zapotřebí propojit tento model s návrhem vozidla a zvolit vyhovující rozměry vozové skříně v souladu s průjezdným profilem. To bylo provedeno pomocí programu, vytvořeném v prostředí MS Excel vedoucím práce, panem *doc. Ing. Josefem Kolářem, CSc.*, pro výpočet kinematického obrysu vozu metra dle normy ČSN 28 0338. Program byl vytvořen v roce 2002 a sloužil rovněž jako posudek pro soupravu M1, jejíž obrys je také vyobrazen pro případné porovnání.

Výpočet kinematického obrysu vozu metra dle ČSN 28 0338 (dodatečné svislé výchylky - dle návrhu ČSN 28 0312)					
Vypĺňuji se pouze buňky s červeně označenými hodnotami					
Vstupní data výpočtu		Kontrola navrženého průřezu skříně vozidla		Kontrola průřezu skříně vozidla M1	
Délka vozové skříně	$L_s = 19,088$ [m]	výška nad TK	šířka skříně	výška nad TK	šířka skříně
Vzdálenost otočných čepů	$a = 12,600$ [m]	h [mm]	$2.b_{sk}$ [mm]	h [mm]	$2.b_{sk}$ [mm]
Rozvor podvozku	$p = 2,100$ [m]	1085	0	865	2672
Rozchod koleje $e_{kolmax} = 1,465$ m	$e_{kolmax} = 1,455$ [m]	1085	1200	1119	2712
Rozchod dvojkolí $e_{Dv max. opot.} = 1,41$ m	$e_{Dv opot.} = 1,410$ [m]	650	1500	3257	2638
Příčná vůle ve vedení dvojkolí	$q = 0,006$ [m]	650	2518,559	3262	2627
Příčná vůle podvozek - skříně	$w_p = 0,0350$ [m]	1085	2610	3312	2599
Vnější příčná vůle podvozek - skříně v oblouku $R_o = 250$ m	$w_{250} = 0,0350$ [m]	1150	2610	3362	2548
Vnitřní příčná vůle podvozek - skříně v oblouku $R_o = 250$ m	$w_{150} = 0,0350$ [m]	3300	2550	3412	2472
Vnější příčná vůle podvozek - skříně v oblouku $R_o = 150$ m	$w_{150} = 0,0350$ [m]	3450	2200	3462	2351
Vnitřní příčná vůle podvozek - skříně v oblouku $R_o = 150$ m	$w_{150} = 0,0350$ [m]	3540	1600	3506	2100
Výška pólu náklonění vozové skříně nad rovinou T.K.	$h_c = 0,710$ [m]	3540	1200	3606	985
Součinitel náklonu vozové skříně	$s = 0,240$ [-]	3600	800	3615	985
Uhel náklonu vozové skříně	$\tau_0 = 1,000$ [°]	3600	0	3675	985
Vzdálenost vnějšího řezu od roviny otočného čepu podvozku	$n_s = 2,500$ [m]	3600	0	3675	985
Vzdálenost vnitřního řezu od roviny otočného čepu podvozku	$n_i = 6,310$ [m]	3600	0	3685	0
Příčná vzdálenost středů pružin druhotného vypružení	$2w_2 = 1,853$ [m]	Tabulka pro kontrolu průřezu musí být definována ve všech řádcích.			
Stlačení pružin druhotného vypružení na narážku	$s_{z(-)} = 0,056$ [m]	Autor programu :			
Stlačení pružin prvotního vypružení na narážku	$p_{z(-)} = 0,035$ [m]	Ing. Josef KOLÁŘ, CSc.			
Odlehčovací zdvih pružin sekundárního vypružení na narážku	$s_{z(+)} = 0,020$ [m]	C.2002			
Odlehčovací zdvih pružin primárního vypružení na narážku	$p_{z(+)} = 0,025$ [m]				
Tolerance výškového stavění vozové skříně kompenzující ojetí kol	$\Delta h_{rk} = 0,010$ [m]				
Opořebení kola dvojkolí (vztážené na poloměr kola)	$\Delta r_k = 0,040$ [m]				
Minimální poloměr vydatého zaoblení lomu sklonu koleje - sedla	$R_{v1} = 1000$ [m]				
Min. poloměr vypuklého zaoblení lomu sklonu koleje - vrcholu	$R_{v2} = 1000$ [m]				

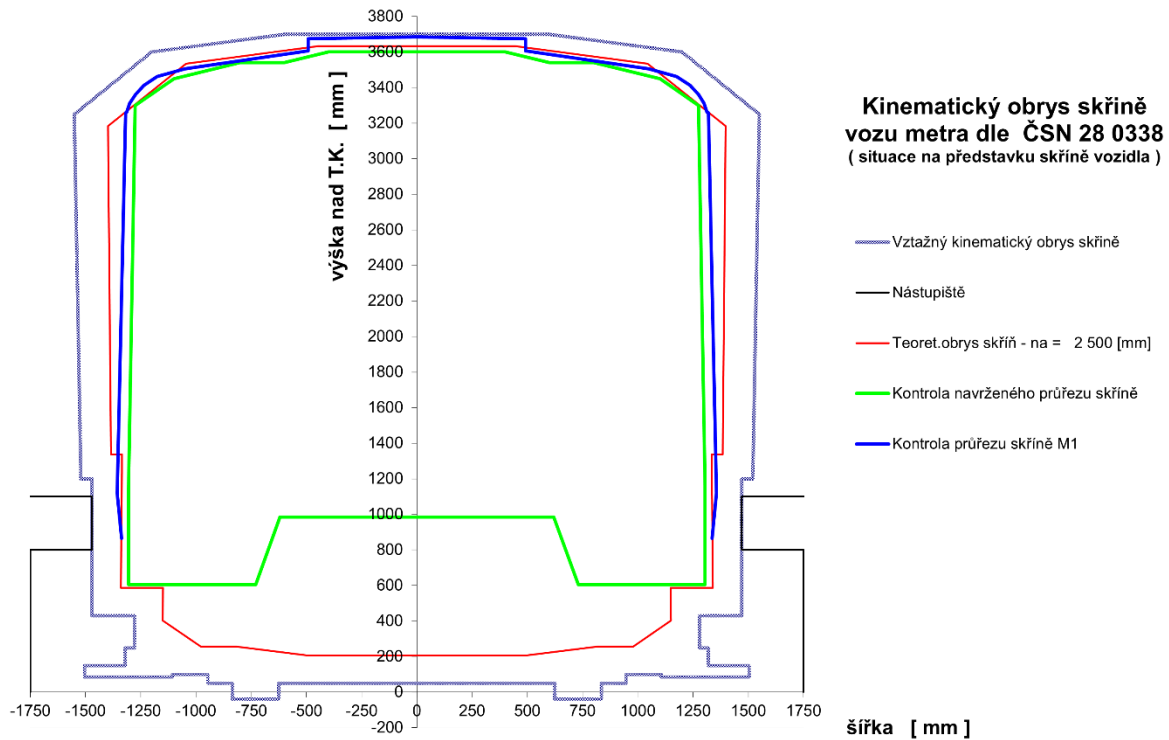
Obrázek 120: Program pro výpočet kinematického obrysu vozu metra dle ČSN 28 0338, MS Excel



Obrázek 121: Kinematický obrys skříně vozu metra – čelní představek



Obrázek 122: Kinematický obrys skříně vozu metra – střed vozu

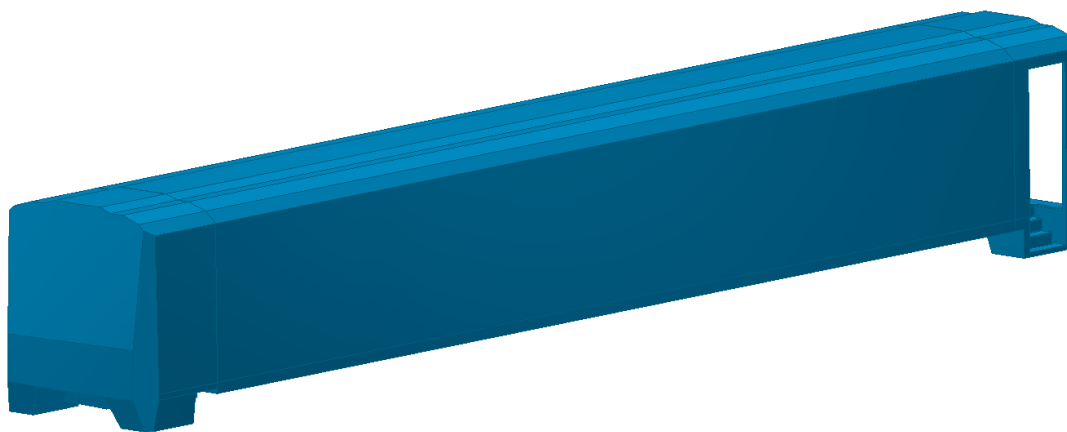


Obrázek 123: Kinematický obrys skříně vozu metra – mezivozový představek

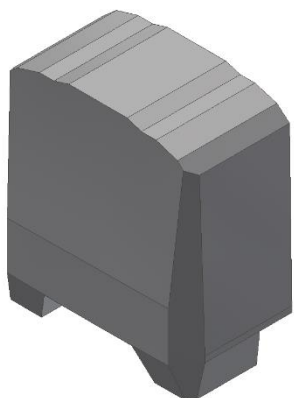
Z obrázků 121 až 123 je vypovídající, že nový návrh nepřesahuje hranici maximálního teoretického obrysu skříně, na rozdíl od některých tvarů soupravy M1. Této problematice jsme se při konzultacích věnovali a byl vytvořen takový návrh, který nedostatům v dodržení povoleného obrysu skříně předchází svými rozměry.

5. 2. 3. Pracovní model vozidla

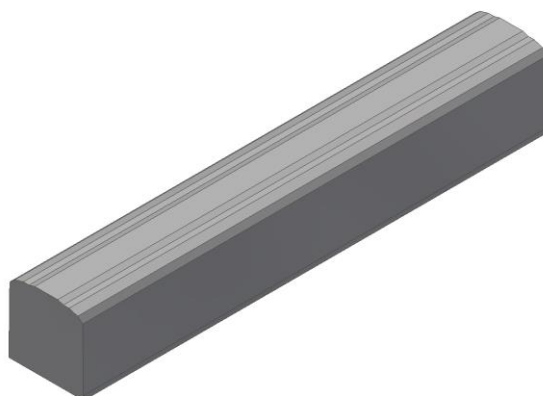
Po návrhu tvaru a rozměrů bylo možné započít s modelováním vozidla v softwaru Autodesk Inventor 2022. Monolitické dílce vozu byly vytvořeny vytažením náčrtu odvozeného z navrženého obrysu. Modelován byl čelní vůz soupravy, složený z čelního představku, samotné hlavní vozové skříně a mezivozového představku, který byl již částečně připraven pro budoucí návrh nouzového výstupu na boční únikovou lávku v tunelu metra. Představky byly zároveň vybaveny tvarovými konzolami, které poslouží k instalaci spřáhel vozidla.



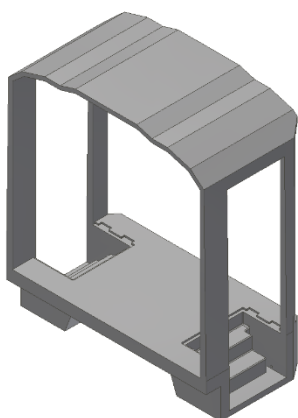
Obrázek 124: Pracovní model čelního vozu s oběma typy představků



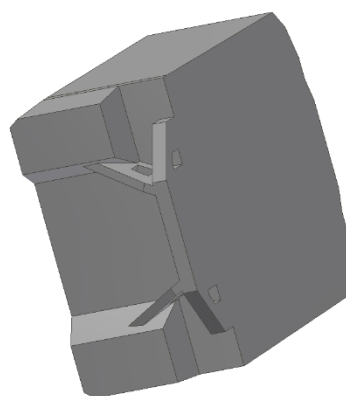
Obrázek 125: Pracovní model čelního představku



Obrázek 126: Pracovní model vozu



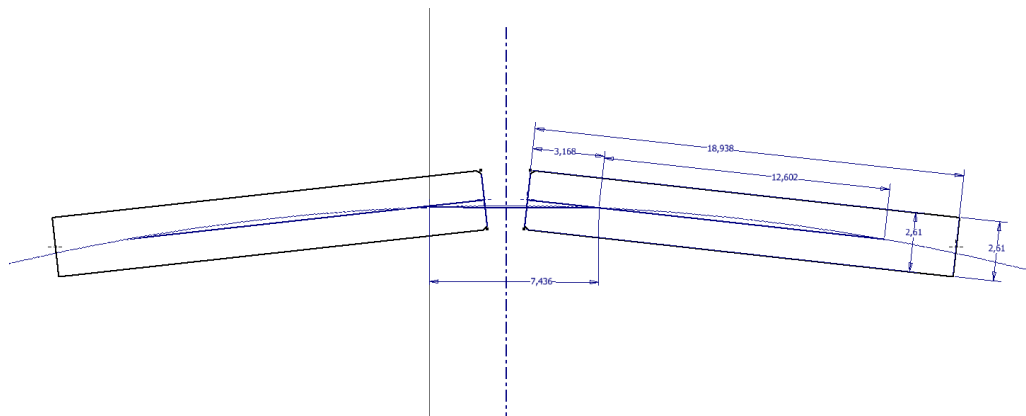
Obrázek 128: Pracovní model mezivozového představku



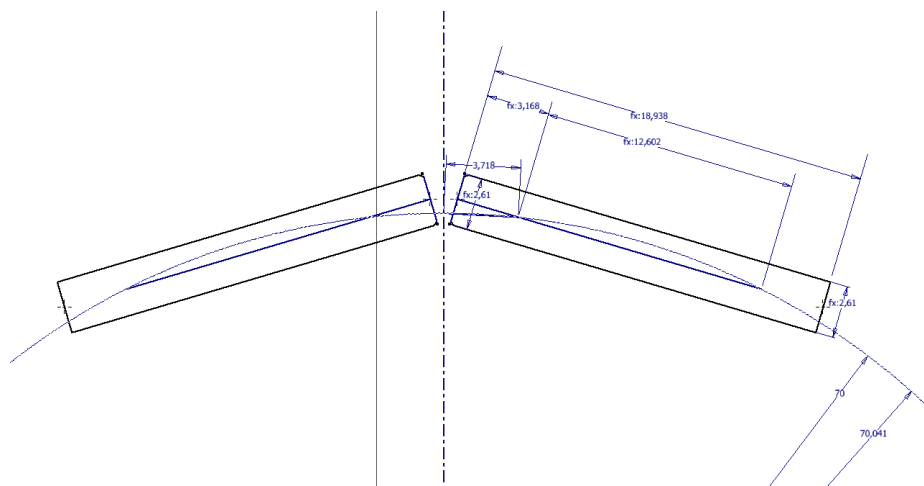
Obrázek 127: Konzole pro uchycení spřáhla

5. 2. 4. Kontrola průjezdu obloukem

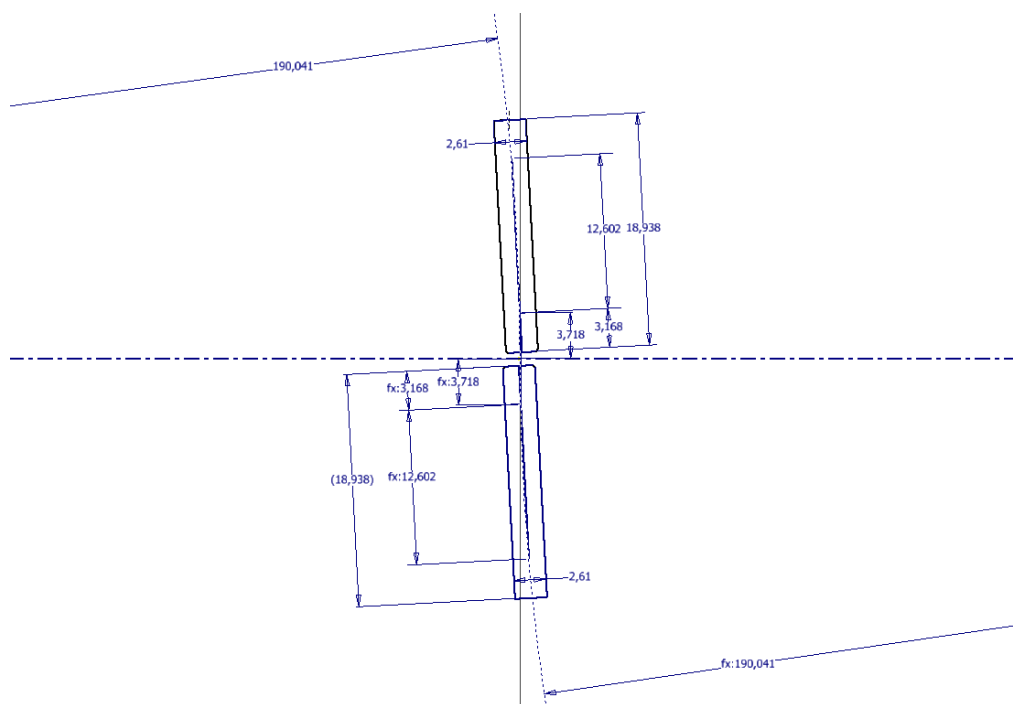
Navržené vozy je dále nutné zkontrolovat z hlediska vybočení koncových představek v obloucích. To je podstatné zejména proto, aby v provozu nedošlo ke vzájemné kolizi jednotlivých čel představek v obloucích. Na rozdíl od jednotek M1 je navrhovaná souprava průchozí a představky mají tudíž plochá čela pro instalaci mezivozových přechodů. Tento problém lze vyřešit zvětšením vzdálenosti vozů od sebe. Při konzultacích jsme se opírali o zrušený projekt nové soupravy pražského metra, jednotku **M2**, která byla rovněž plánována jako průchozí a s větší vzdáleností jednotlivých vozů od sebe, konkrétně 1 100 mm. Tento rozměr byl použit i pro navrhovanou soupravu a kontrola byla provedena v náčrtu programu Autodesk Inventor 2022. Oblouky mají tvar písmen O a S, přičemž byly zohledněny minimální rádiusy, které byly při konzultacích zvoleny jako hodnoty 70 m a 190 m, ke kterým byly následně přičteny příčné vůle ve vedeních dvojkolí a příčné vůle mezi podvozkem a skříní vozidla. Ty v součtu zvětšují hodnotu rádiusu o 41 milimetrů v souladu s normou ČSN 28 0338.



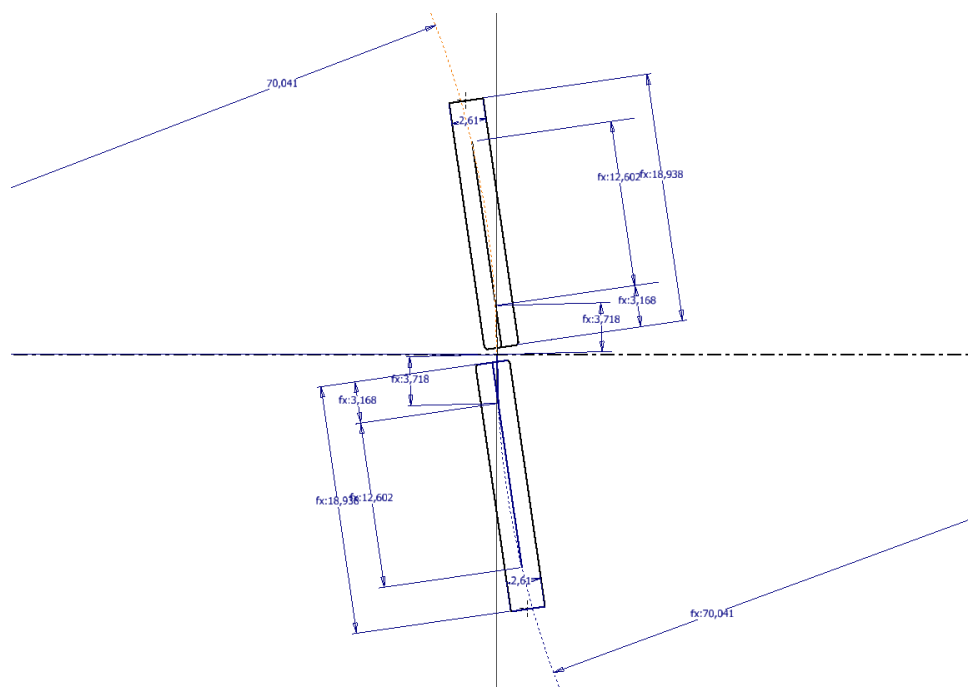
Obrázek 129: Průjezd dvou vozů obloukem tvaru O s rádiusem 190,041 metrů, měřítko 1:1000



Obrázek 130: Průjezd dvou vozů obloukem tvaru O s rádiusem 70,041 metrů, měřítko 1:1000



Obrázek 131: Průjezd dvou vozů obloukem tvaru S s rádiusem 190,041 metrů, měřítko 1:1000



Obrázek 132: Průjezd dvou vozů obloukem tvaru S s rádiusem 70,041 metrů, měřítko 1:1000

Jak je z obrázků 129 až 132 patrné, tak ke kolizi vozů v obloucích nedochází. Pro větší názornost jsou náčrty vytvořeny v měřítku 1:1000, tedy v jednotkách milimetrů. Skutečná velikost v metrech by byla pro práci s náčrtem velice nepohodlná a obtížně zobrazitelná.

5. 3. Návrh mezivozového představku s nouzovým výstupem

5. 3. 1. Inspirace ze zahraničního provozu

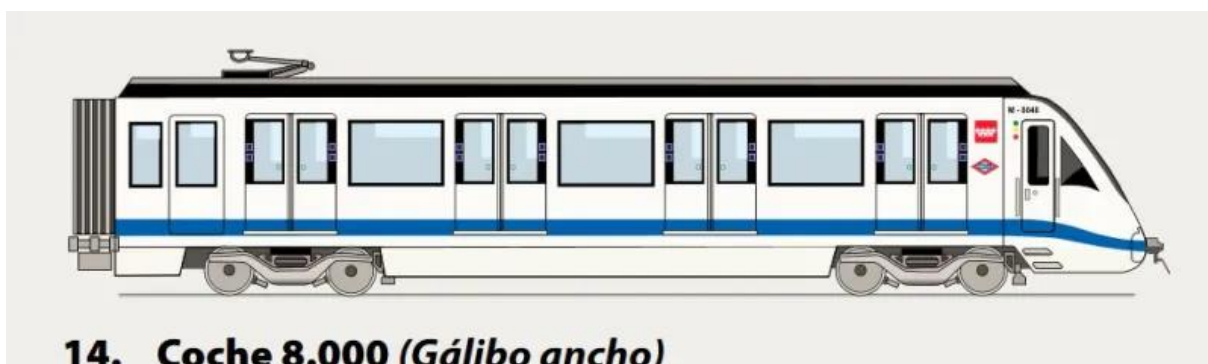
V moderní době se v systémech metra nejčastěji provádí evakuace cestujících na trať prostřednictvím čelních nouzových východů a výklopných lávek. Trať by k tomu měla být ale náležitě připravena, aby cestující neměli při úniku potíže, například s odtokovým kanálem, který se běžně nachází pod pražci a společně s nimi představuje potenciální riziko úrazu. Největší nebezpečí však pochopitelně představuje přírodní kolejnice pod napětím, pokud je v kolejišti přítomna. Její provedení a přístupnost je často zásadním faktorem ovlivňující výskyt incidentů zásahu elektrickým proudem ve stanicích i mimo ně.

Vozidla pražského metra nikdy přímo neřešila otázku evakuace cestujících na traťové úseky mimo stanice. Pokud jednotlivé vozy porovnáme, tak nejjednodušší evakuaci poskytovalo nejspíše vozidlo E_{čs}. Díky pozici stanoviště mimo osu vozu a čelním dveřím mohl být nouzový výstup realizován čelními vozy soupravy. Plynulost a rychlost evakuace však byla značně snížena přítomností kabiny strojvedoucího a její přepážky s dveřmi v každém voze soupravy, zároveň s nepřítomností jakýkoliv schůdků u čelních dveří. Ostatní vlaky pražského metra tento způsob evakuace čelem postrádají, neboť již mají dedikované vložené vozy a čelní vozy jsou osazeny stanovištěm strojvedoucího v ose vozidla. Namísto průchozích dveří byl upřednostněn lepší výhled z kabiny na trať. Soupravy E_{čs} a 81-71 jsou u některých dveří osazeny externími madly a jednoduchými schůdky, které jsou ale nejspíše častěji využívány při údržbě vozů. Nové soupravy tyto prvky nemají, mají pouze obtížně přístupné stupátko u spráhel mezi vozy.

Při konzultacích jsme otevřeli myšlenku dedikovaného bočního nouzového výstupu, který by mohl být v každém voze a jednoduše obsluhovaný cestujícími nebo poučenými pracovníky metra. Výstup by měl být co nejvíce bezpečný a přístupný, což znamenalo se nejvíce výškově i příčně přiblížit únikové lávce v tunelu pražského metra. Zaměřili a inspirovali jsme se únikovými výstupy několika vozidel madridského metra a návrh byl přizpůsoben pražským podmínkám provozu.



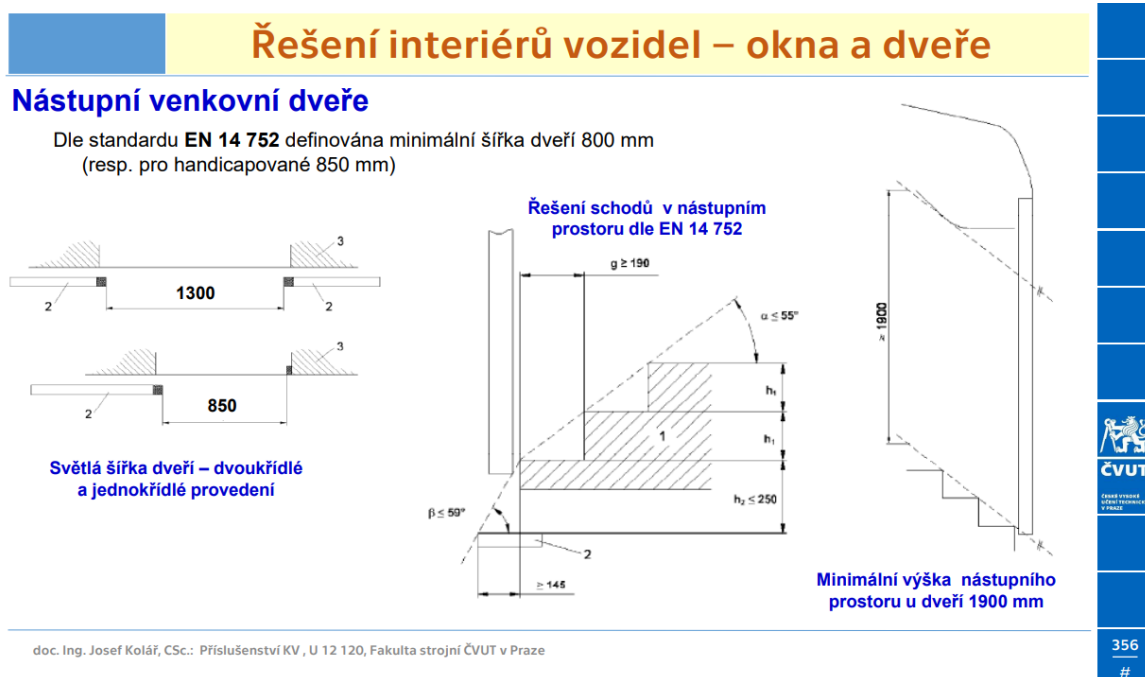
Obrázek 133: Únikový výstup soupravy AnsaldoBreda Serie 9000 BT, Madrid, Španělsko



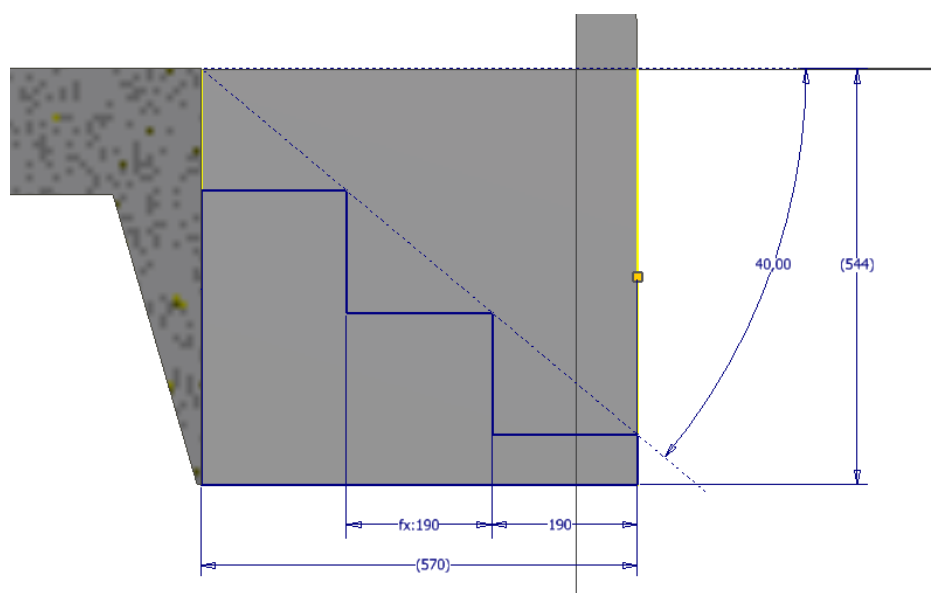
Obrázek 134: Viditelný nouzový výstup za posledními dveřmi u mezivozového přechodu, CAF/Alstom Serie 8000 MT

5.3.2. Modelování nouzového výstupu

Po inspiraci z madrického metra bylo rozhodnuto, že nouzový výstup bude umístěn do mezivozového představku. Jedná se o ekonomicky i prakticky výhodnější řešení v porovnání s komplikovanou instalací mechanismů výklopných schůdků pod některé z běžných dvoukřídlých dveří. Pro lepší výstup na boční lávku bylo nutné navrhnout schodiště, které by pozvolně sestupovalo od úrovně podlahy vozu metra. Toho bylo docíleno použitím normy EN 14 752. [84]

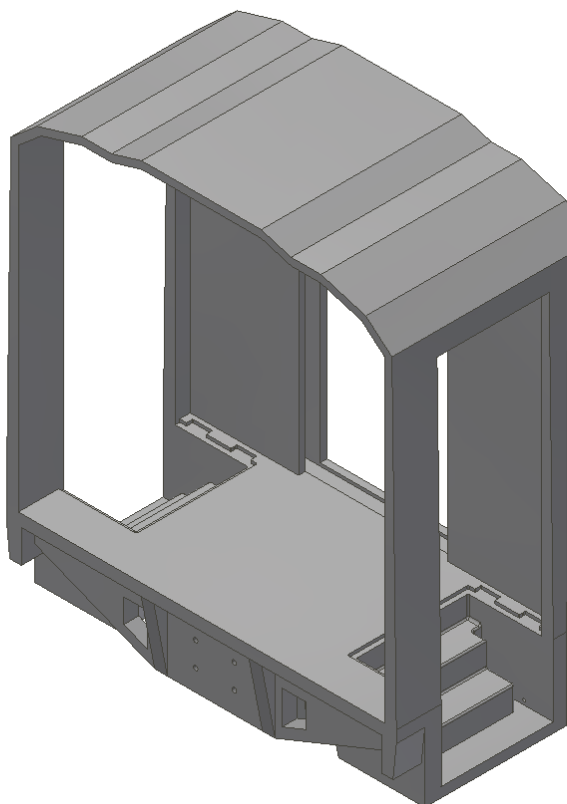


Obrázek 135: Řešení schodů v nástupním prostoru dle EN 14 752



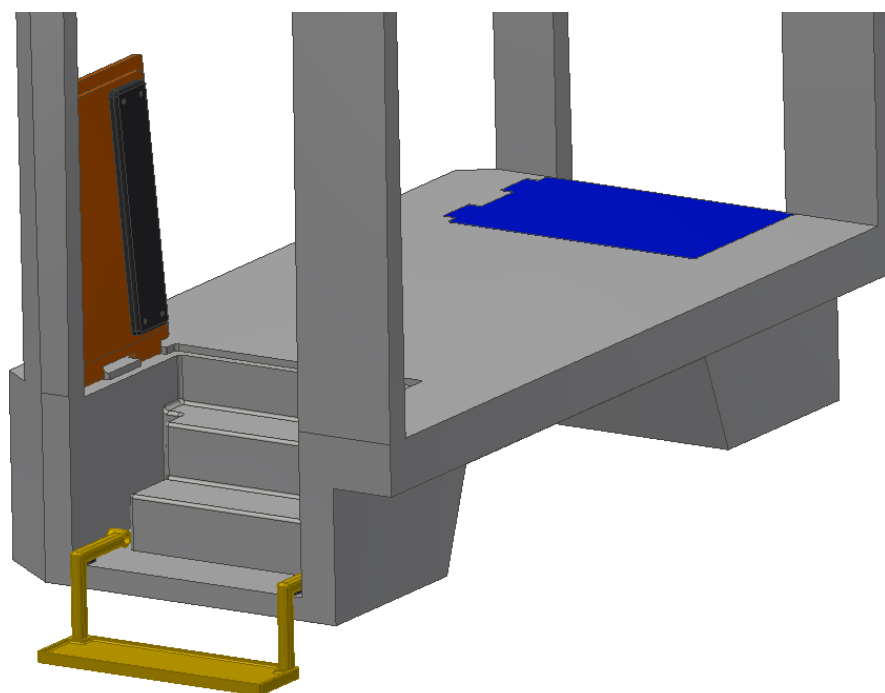
Obrázek 136: Náčrt nouzového schodiště v mezivozovém představku

K zabudování nouzového schodiště slouží tvarová kapsa, která se nachází na obou stranách představku. Nouzový východ je však umístěn pouze na jedné straně, v našem případě na levé vzhledem k orientaci představku vůči vozu samotnému. Schodiště na druhé straně představku je přítomné spíše z důvodu modularity vozidla, kdyby zákazník vůz využíval například pro levostranný provoz. Místo druhého nouzového východu je prostor využít pro instalaci dodatečných sedadel.

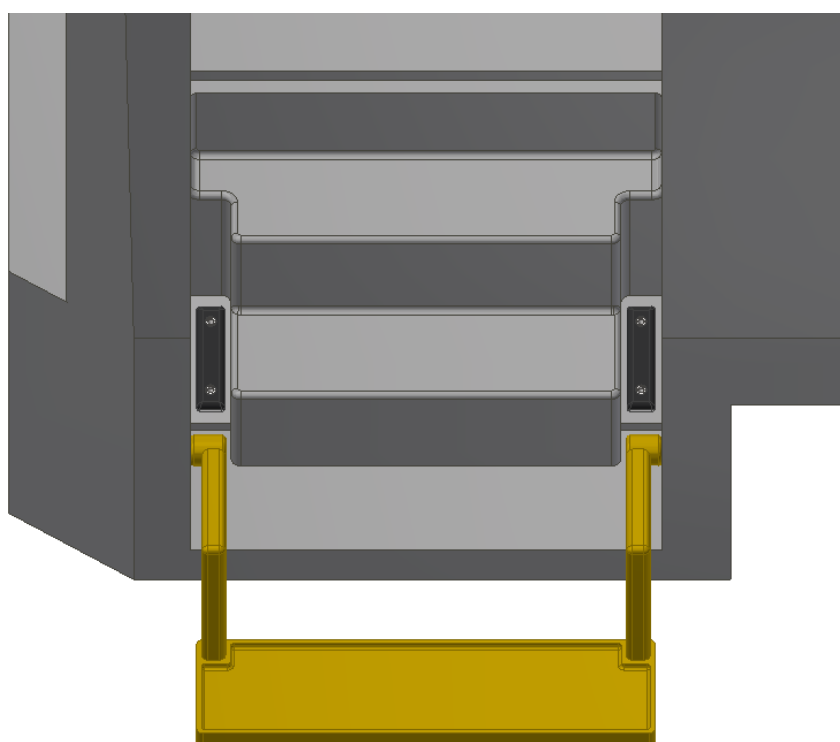


Obrázek 137: Model představku s nouzovými schodišti

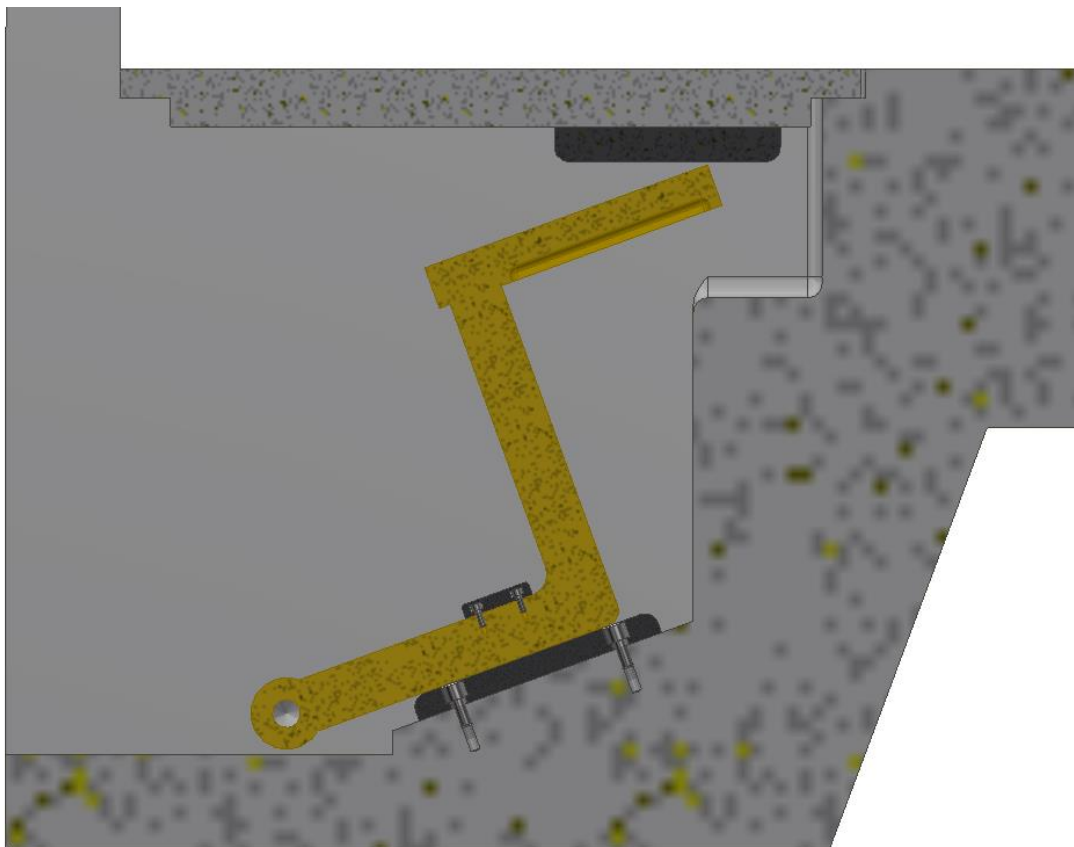
Šíře dveří byla při konzultaci zvolena 750 mm, což se jeví jako největší možný rozměr s ohledem na celkovou konstrukci představku. Boční lávka v tunelu metra svými rozměry znemožňuje pohyb hendikepovaných cestujících na invalidních vozících a proto nouzový výstup nebyl od začátku návrhu takto koncipován. Dále bylo zapotřebí navrhnout výklopný schod, který by zajistil bezpečný výstup na boční lávku, a také vhodné zakrytí schodiště v běžném provozu. Při uvážení různých mimořádných událostí v provozu jsme se s vedoucím práce rozhodli pro jednoduchý mechanický systém, který by nebyl závislý na napájení vozu elektrickým proudem, a mohl být dle pokynů obsluhován přímo cestujícími, kteří by o jeho funkci byli příhodně poučeni. Pozice výklopného schodu i poklopu v podstatě závisí na gravitační síle a gumových dorazech, které jsou instalovány pro útlum komponent při běžném provozu i mimořádných událostech.



Obrázek 138: Nouzový výstup s výklopným schodem a poklopem s gumovým dorazem, vzadu modrý zaslepovací poklop



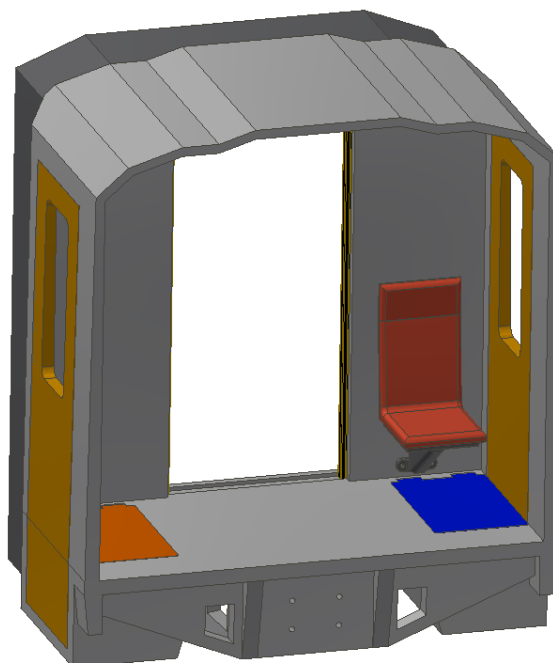
Obrázek 139: Čelní pohled na nouzové schodiště s gumovými dorazy



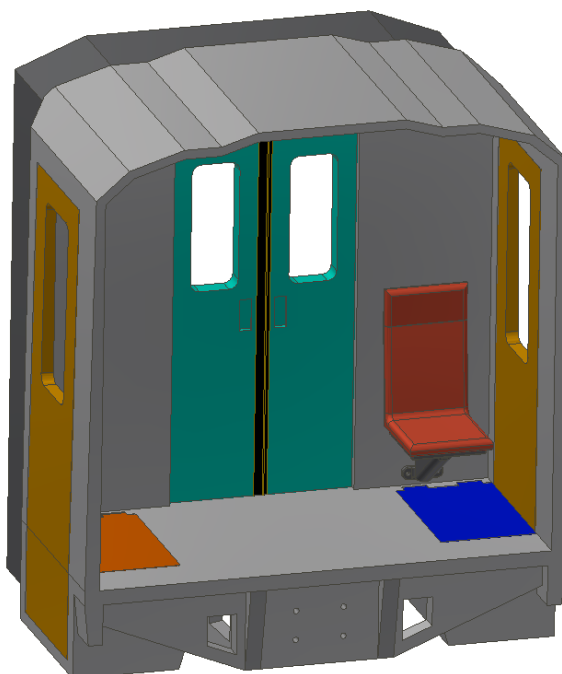
Obrázek 140: Řez nouzovým výstupem s patrnými gumovými dorazy pro tlumení nárazů při běžné jízdě

5. 3. 3. Modelování dalších komponent mezivozového představku

Moderní soupravy metra jsou v nynější době nejčastěji projektovány jako průchozí jednotky. Převážná kapacita je tudíž navýšena a cestující mají větší volnost pohybu. Toto provedení však může vyvolat také jisté obavy, zejména v oblasti protipožární ochrany, kdy se oheň může rychle rozšířit po celé soupravě, zároveň před ním ale cestující mohou rychleji prchat do dalších nezasažených vozů. Právě vytvoření uzavřených požárních sekcí, tedy klasických neprůchozích vozů, bylo důvodem, proč například souprava M1 nebyla projektována jako průchozí, přestože v jiných zemích se ve stejné době průchozí jednotky již hojně zaváděly do provozu. V mém návrhu jsem počítal s oběma postupy. Souprava by standardně měla být průchozí, ale v případě nebezpečí šíření požáru by mělo, buď automaticky nebo pokynem z dispečinku, dojít k uzavření mezivozových průchoďů a započala by evakuace nouzovými východy v každém z vozů. Čela představků byly tedy vybaveny posuvnými dvoukřídlými dveřmi, které tento návrh umožňují. Nevýhodou může být menší šířka dveří z důvodu zástavby, na druhou stranu můžeme na stěnu instalovat například sedadla. [84]



Obrázek 141: Představek s otevřeným mezivozovým přechodem

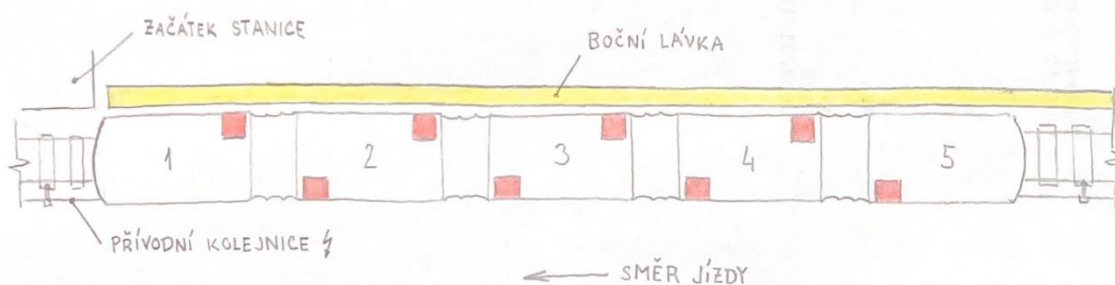


Obrázek 142: Představek s uzavřeným mezivozovým přechodem

K zaslepenému nouzovému východu s nepohyblivými dveřmi bylo instalováno sedadlo pro navýšení kapacity sedících cestujících.

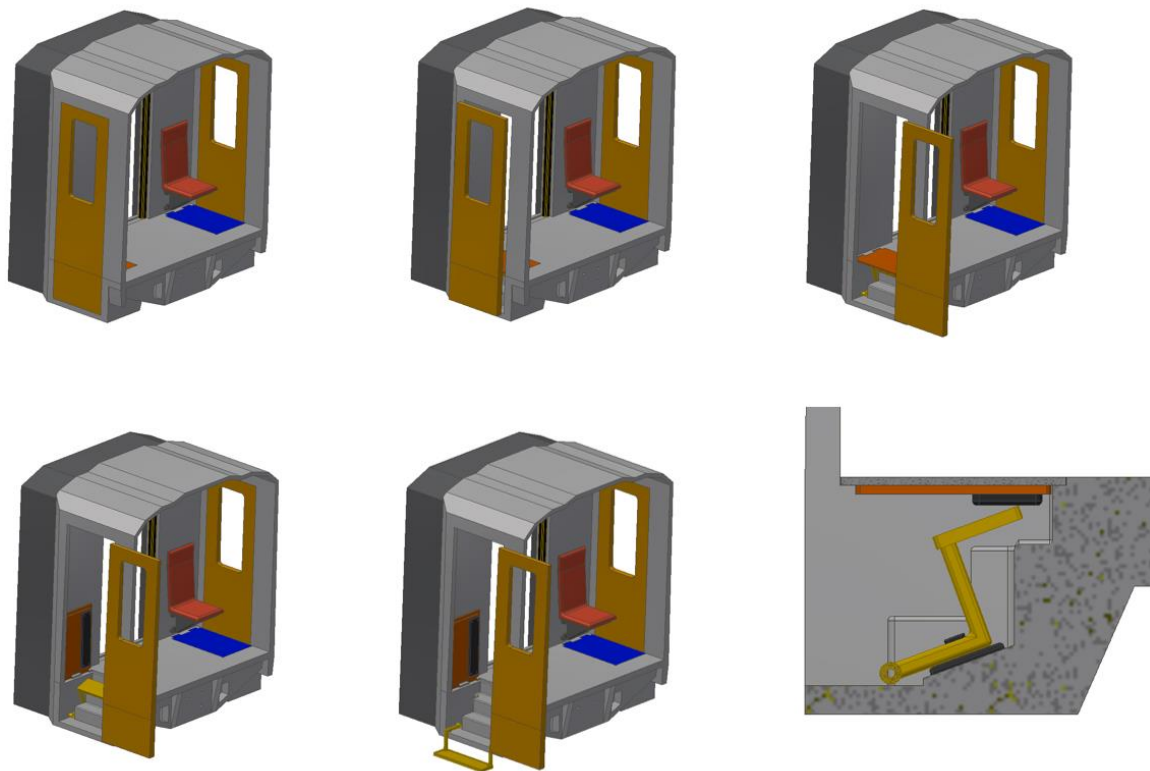
5. 3. 4. Postup evakuace na boční lávku v tunelu metra

Při zahájení evakuace dispečinkem nebo pověřeným pracovníkem metra, například stevardem, dochází k odblokování dveří nouzového výstupu pomocí páky nebo klíče bez nutnosti napájení elektrickým proudem. Otevření nouzových dveří zablokuje dveře pro klasický provoz. To jsme konzultovali v souvislosti vytvoření možné paniky, tlačeniče a snahy cestujících o evakuaci běžnými dveřmi z poměrně znatelné výšky, kde je vysoké riziko úrazu. Každý vložený vůz má jeden nouzový východ na každé straně, čelní vozy mají únikový východ pouze jeden, ale vzhledem k návrhu se další nouzový východ nachází nedaleko za mezivozovým přechodem. Z tohoto důvodu by mezivozové přechody neměly být u čelních vozů blokovány. Rozmístění únikových východů popisuje skica.

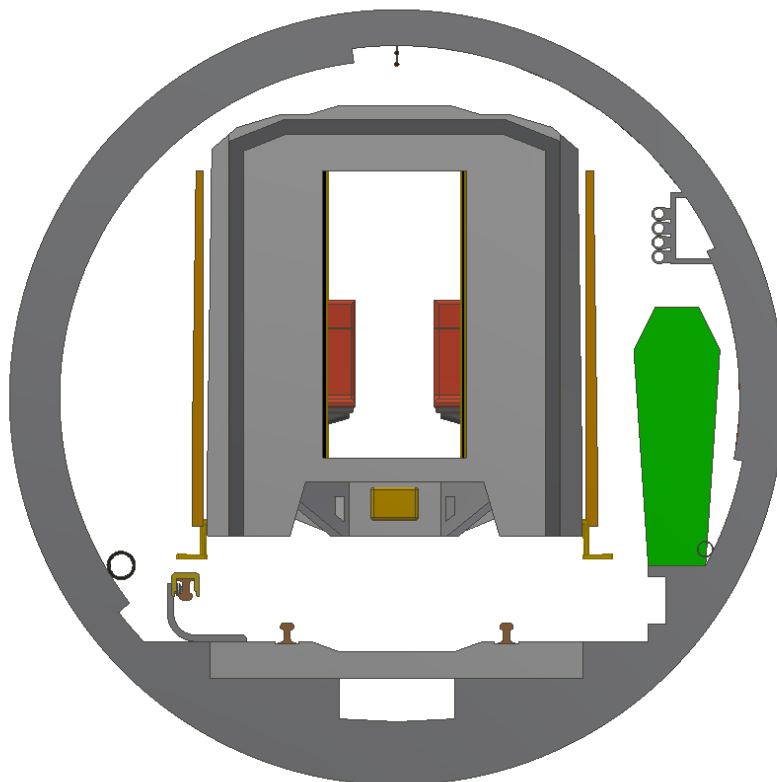


Obrázek 143: Rozmístění únikových východů (vyznačeny červenou barvou) v pětivozové soupravě

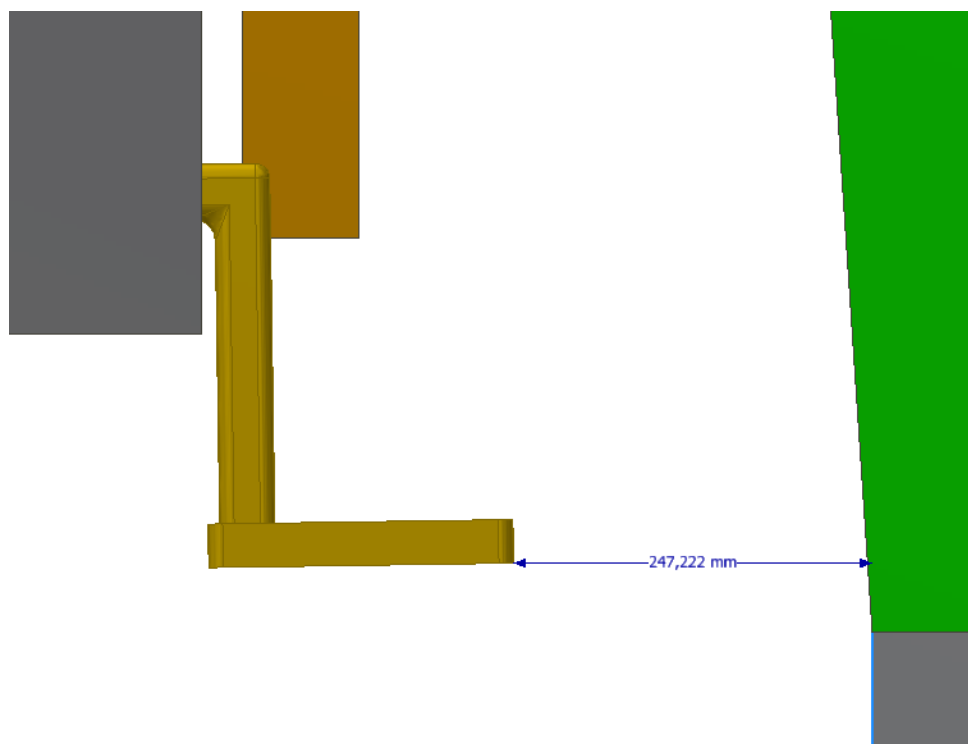
Při otevírání nouzového východu je nutné mít na vědomí, zdali se na příslušné straně nenachází přívodní kolejnice pod možným napětím. Po otevření dveří zbývá už jenom vlastní silou odklopit poklop ke schodišti a plně vyklopit poslední schod na gumové dorazy. Dále probíhá evakuace na boční lávku v tunelu metra.



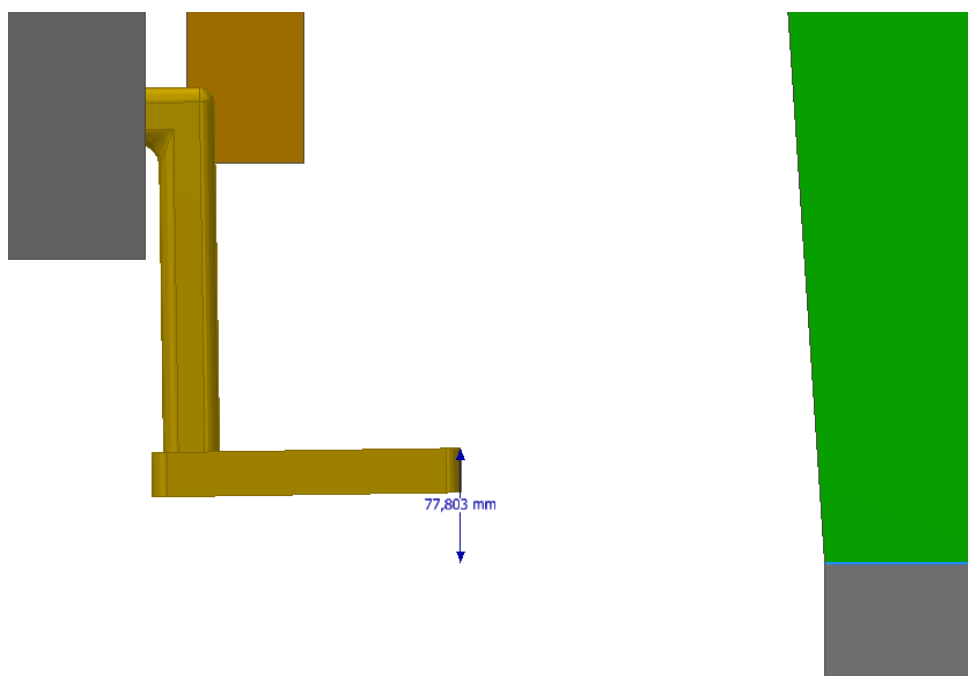
Obrázek 144: Názorná ukázka otevření únikového východu krok po kroku a řez schodištěm s krycím poklopem



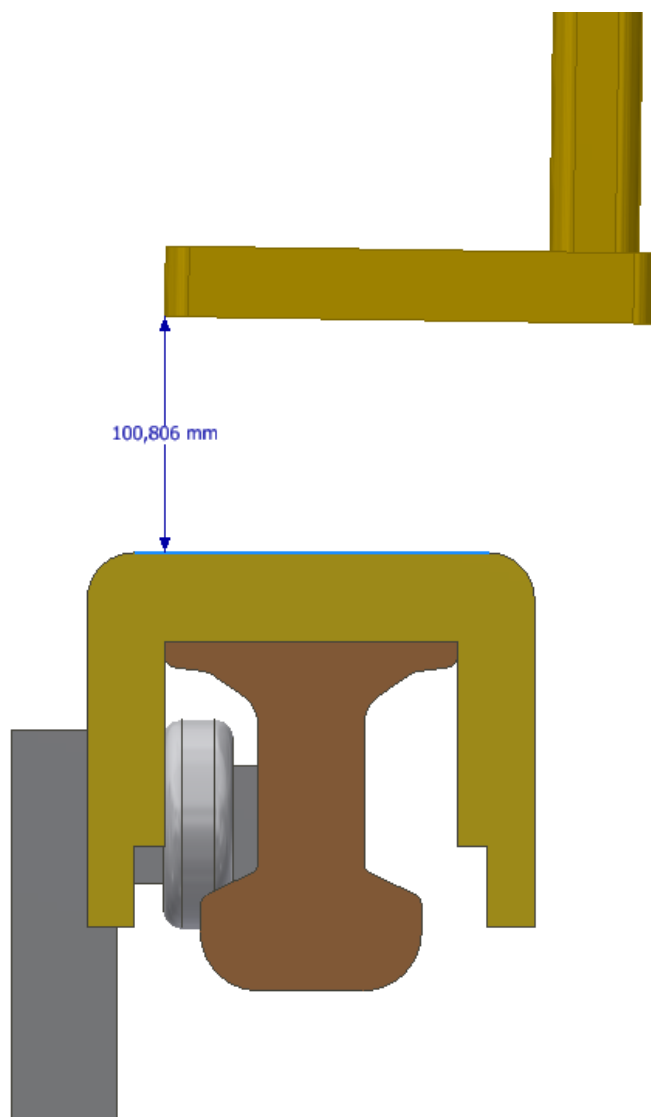
Obrázek 145: Model vozidla v průřezném průřezu tunelu pražského metra



Obrázek 146: Příčný vzdálenostní rozdíl výstupní hrany nouzového východu od hrany boční lávky



Obrázek 147: Výškový vzdálenostní rozdíl výstupní hrany nouzového východu od hrany boční lávky

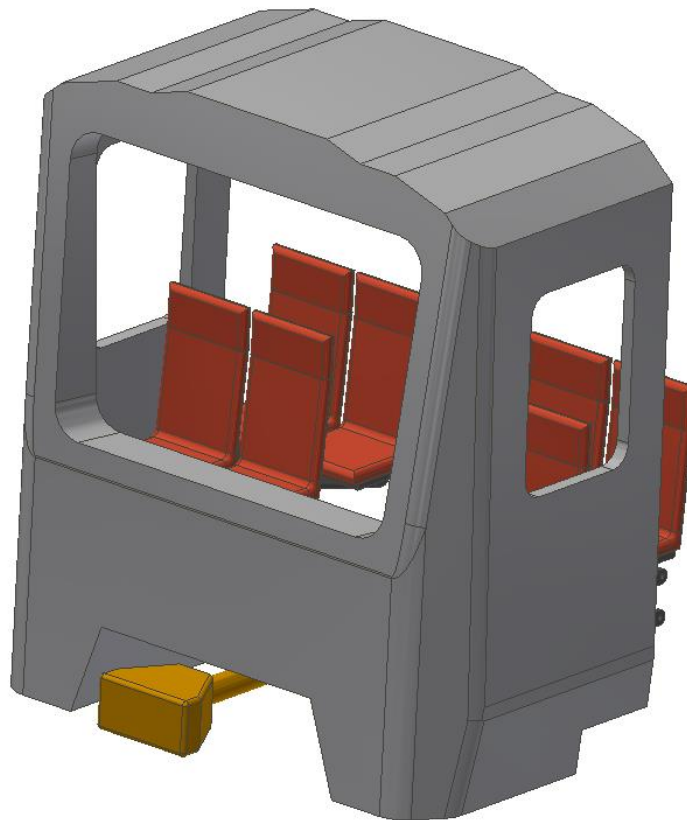


Obrázek 148: Výškový vzdálenostní rozdíl výklopného schodu únikového východu oproti izolátoru přírodní kolejnice

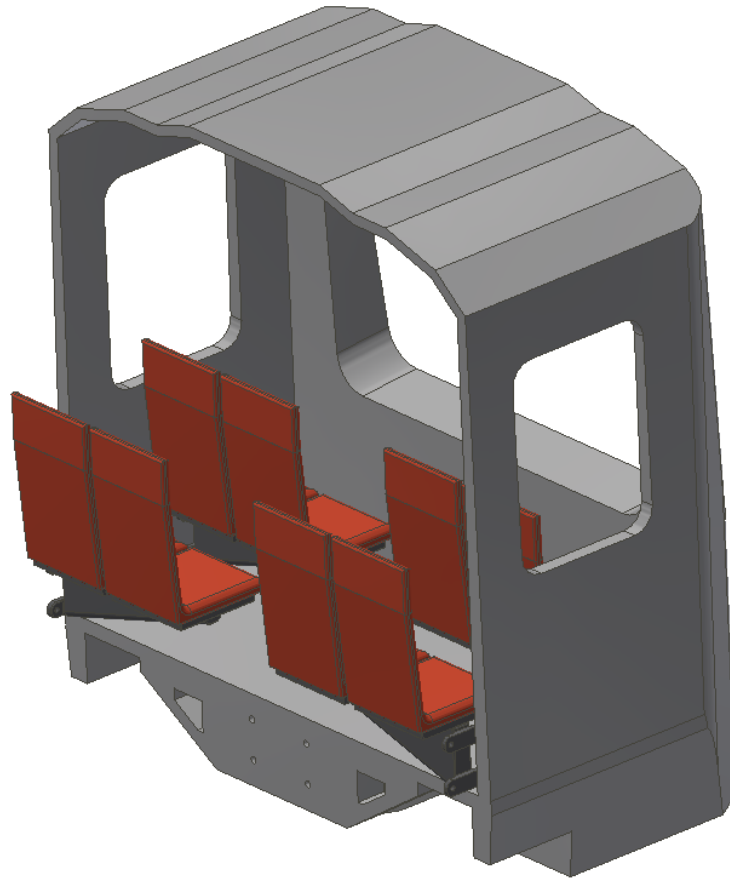
Povedlo se mi únikový výstup s výklopným schůdkem navrhnout tak, že výrazně zmenšuje přístupné vzdálenosti od boční lávky v tunelu metra, čímž zajisté přispívá k plynulejší a bezpečnější evakuaci cestujících. Zároveň je z obrázků modelu zřejmé, že výklopný schod nijak nenarušuje průjezdný obrys vozidla, zejména v oblasti přírodní kolejnice. Dokonce ji v dostatečné výšce téměř překrývá a částečně tak vytváří bezpečnější prostor pro možný pohyb cestujících.

5. 4. Návrh čelního představku pro autonomní provoz

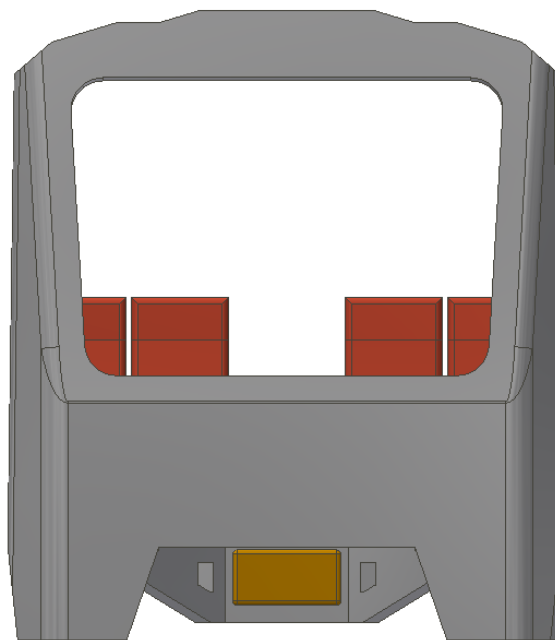
Čelní představek vznikl úpravou monolitického pracovního modelu, který byl vytvořen na základě návrhu podoby a rozměrů kinematického průjezdového profilu vozidla. Modelováno bylo pouze čelo pro autonomní provoz, tedy bez odděleného stanoviště strojvedoucího, pouze se skrytým ovládacím panelem, takzvanou „krabičkou“, dle slangu řidičů tramvají. Během návrhu jsme diskutovali o modularitě vozidla pro případný zájem jiných dopravců a možné výměně čelního autonomního představku za představek s kabinou strojvedoucího, případně za hybridní představek s odnímatelným stanovištěm po vzoru vídeňské soupravy **Siemens X-Wagen**. Moderní automatické soupravy metra mají v čele rozšířený prostor salónu s příčnými sedadly a cestující mají možnost sledovat ubíhající jízdu jednotky. Tato sedadla jsem rovněž uplatnil ve svém návrhu. Design čela jako takového nebyl v práci nijak zvlášť zvažován a zůstává jako otevřený návrh s možnými úpravami či vylepšeními do budoucna.



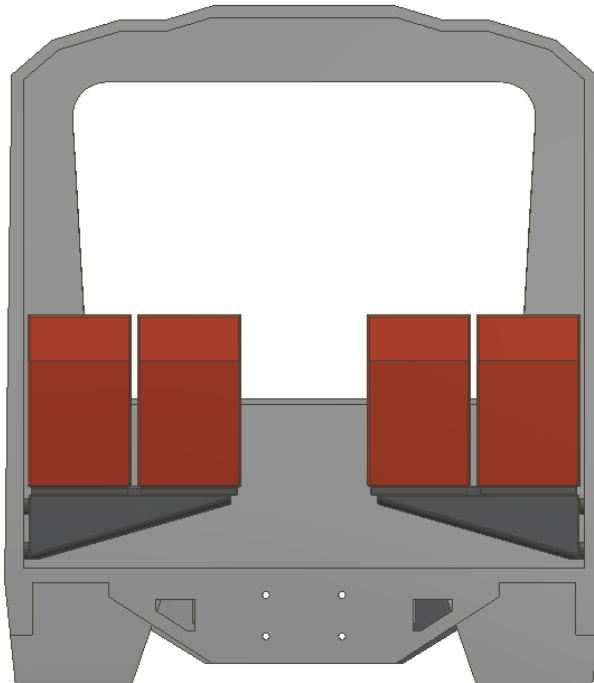
Obrázek 149: Model čelního představku



Obrázek 150: Příčně usazená sedadla ve směru dopředné jízdy, druhá řada bude částečně spojena s bočnicí hlavního vozu



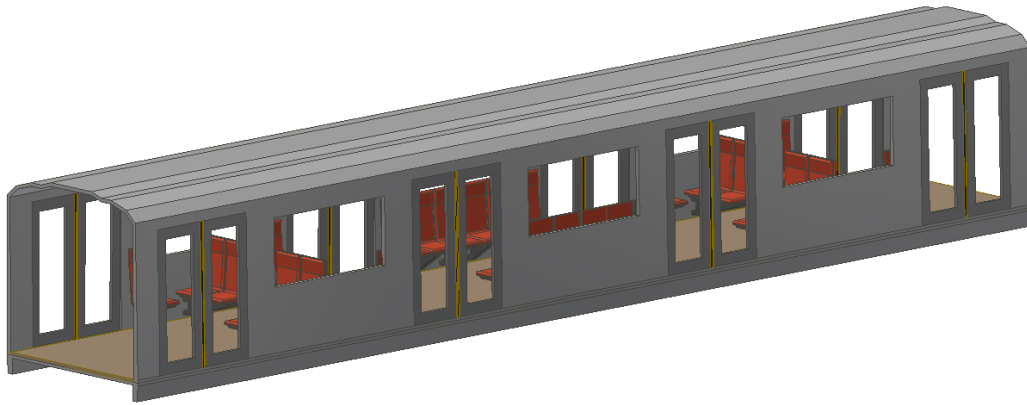
Obrázek 151: Čelní pohled s viditelnou konzolí spřáhla s otvory pro vodiče a silové kabely



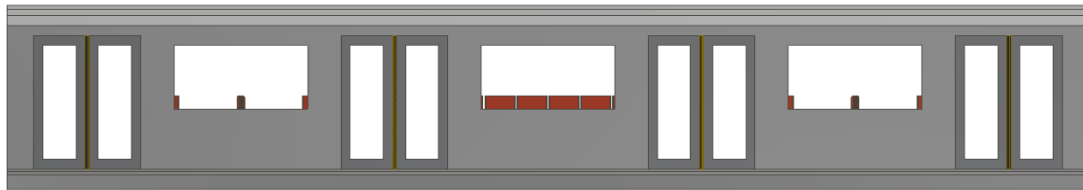
Obrázek 152: Uchycení sedadel na bočnicích čelního představku

5. 5. Návrh hlavní části vozové skříně

Vymodelované představky je nutné napojit na vozy, které jsou v soupravě všechny shodné, což výrazně usnadňuje jejich provoz i údržbu. Byly vytvořeny opět objemovými úpravami z původního pracovního modelu. Vůz má čtyři široké dveře na obou stranách a velická okna, do kterých lze instalovat informační panely pro cestující. Interiér byl koncipován rovněž jako modulární a sezení se dá jednoduše konfigurovat. V čelních vozech je vyhrazený prostor pro hendikepované na invalidním vozíku, případně cyklisty nebo maminky s kočárky, u kterého jsou sklopná sedadla pro navýšení prostoru. Z důvodu možné evakuace mají proto čelní vozy odlišné rozmístění sedadel, aby při nutnosti přesunu invalidy k nouzovému východu nebránily průjezdu vozíku příčně umístěná sedadla. Jsou umístěny pouze podélně a v ostatních vozech poté i příčně v již klasické kombinaci 1+2 – 2+1. Střední část vozu má sezení opět podélné, obdobně jako některé novější soupravy M1 a 81-71M. Uchycení sedadel je ve všech případech u vozů i představků řešeno šroubovými spoji v bočnicích vozidla. Tento přístup zajišťuje jednodušší úklid a údržbu a celkově může přepravní prostor připadat cestujícím vzdušnější a modernější. Sedadla jsem i s ohledem na dlouho trvající testování dopravního podniku navrhoval z plastových materiálů.



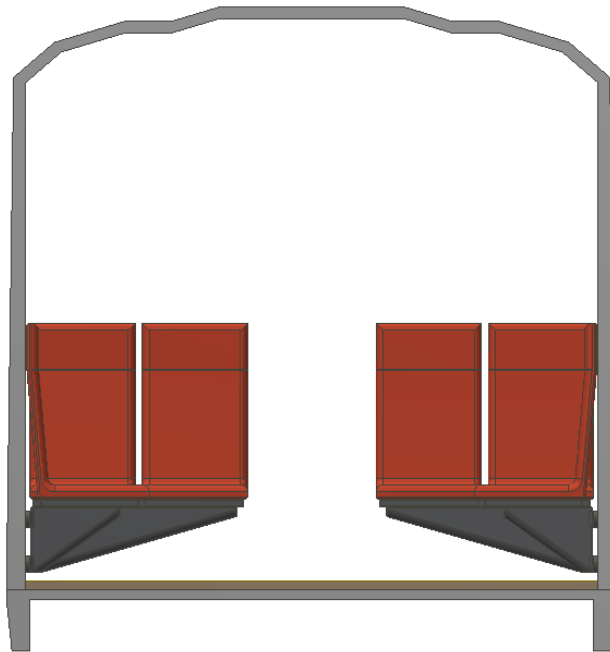
Obrázek 153: Finální podoba hlavní části vozu metra



Obrázek 154: Boční pohled na vůz metra



Obrázek 155: Svrchní pohled v řezu s klasickým rozmístěním sedadel

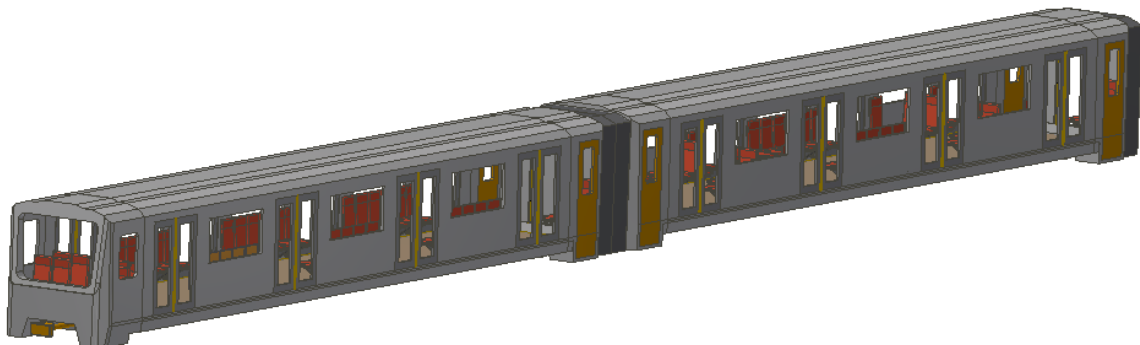


Obrázek 156: Uchycení sedadel na bočnicích vozu

5. 6. Finální model soupravy autonomního metra

5. 6. 1. Sestava čelního a vloženého vozu

V modelu sestavy Autodesk Inventor 2022 jsem vytvořil pohled na čelní a jeden vložený vůz, kde je patrné rozdílné rozmístění sedadel. V obrázku jsou rovněž vyznačeny nouzové východy, které jsou v řezu snadno rozpoznatelné podle oranžových poklopů a nepřítomnosti sedadel. Zaslepené nouzové východy mají poklopy znázorněny modrou barvou a v jejich prostoru jsou instalována sedadla pro cestující. Vozy jsou spojeny jednoduchými pracovními modely spřáhel.



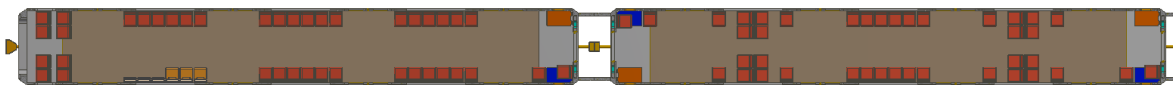
Obrázek 157: Finální podoba spřaženého čelního a vloženého vozu



Obrázek 158: Boční pohled na oba spojené vozy



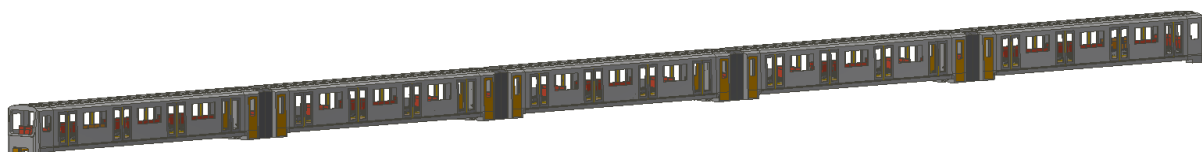
Obrázek 159: Poloviční řez bočního pohledu s viditelným rozmístěním sedadel



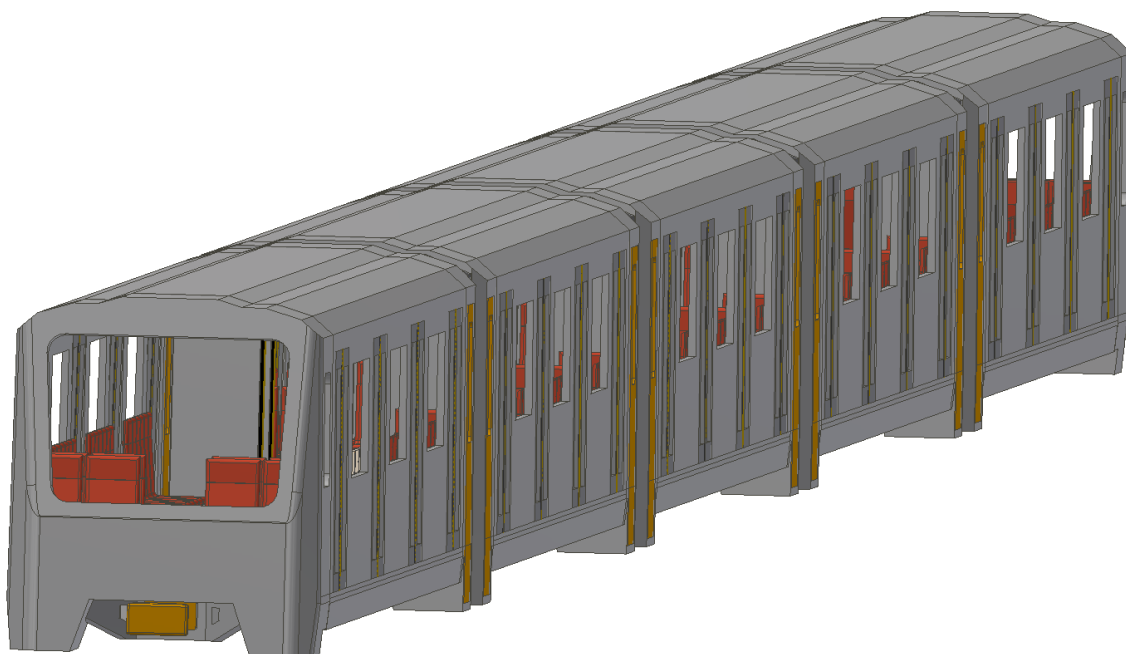
Obrázek 160: Poloviční řez pohledu svrchu s rozmístěním sedadel a nouzových východů

5. 6. 2. Finální podoba pětivozové soupravy

Navržená souprava metra je po vzoru ostatních jednotek pražské podzemní dráhy rovněž pětivozová, tedy složená ze dvou čelních a třech vložených vozů. Celková délka autonomní soupravy přes spřáhla je 100,25 metrů. Interiér je vybaven 200 klasickými pevnými sedadly a 12 sklopnými sedadly v čelních vozech s prostorem pro hendikepované cestující, cyklisty a maminky s kočárky. V případě konvenčního provozu na lince bez automatizace se počet pevných sedadel sníží o 16 míst, které jsou nahrazeny „plnokrevným“ stanovištěm strojvedoucího s ovládacím pultem. Díky navrženým mezivozovým předstávkům je jednotka průchozí a v případě závažného požáru je rozdělena na uzavřené oddíly. Únikových výstupů je v soupravě dohromady 8, přičemž vložené vozy mají východy dva, každý na jedné straně, a čelní vozy jej mají pouze jeden.



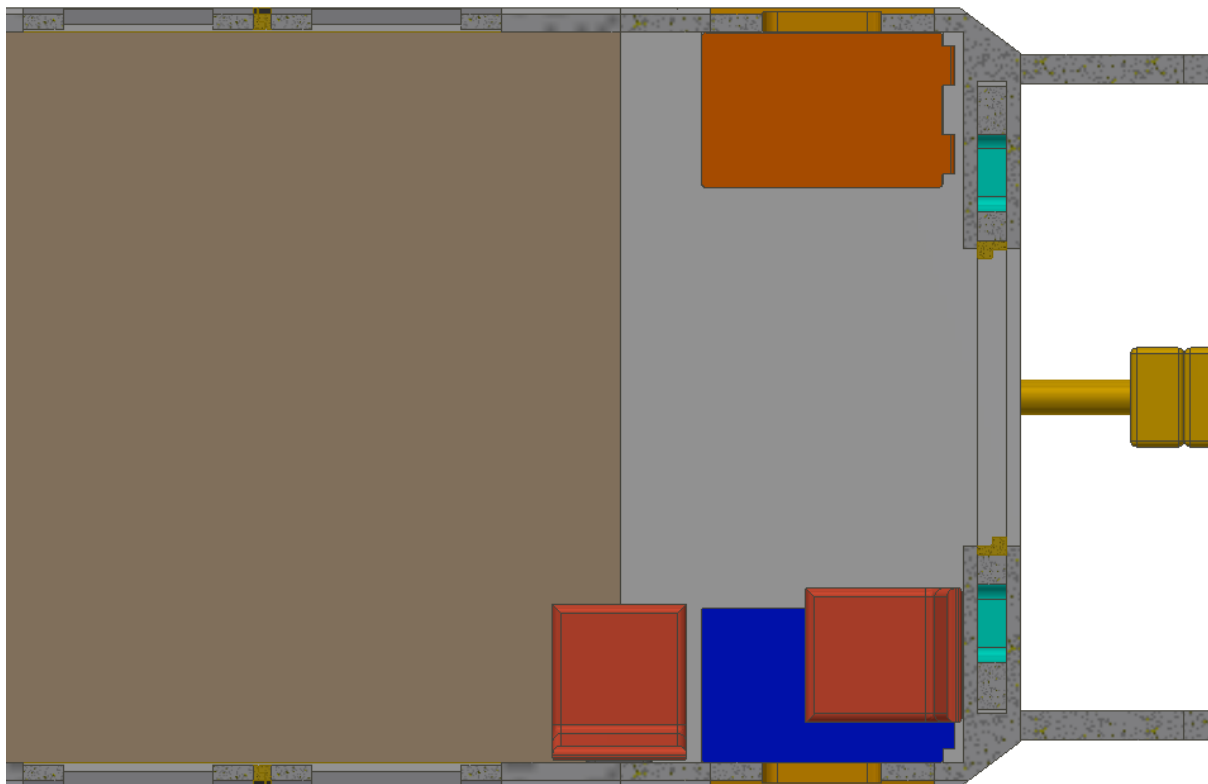
Obrázek 161: Model pětivozové soupravy



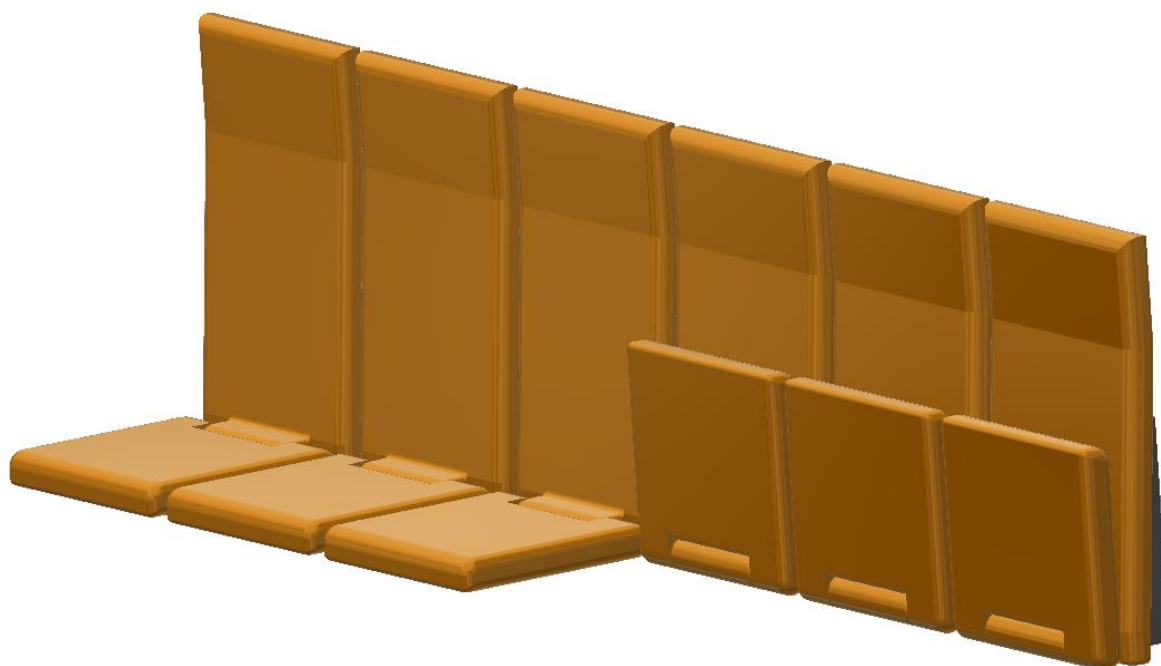
Obrázek 162: Pohled na celou soupravu s viditelnými kapsami pro nouzová schodiště



Obrázek 163: Svrchní poloviční řez čelního vozu s rozmístěním pevných i sklopných sedadel



Obrázek 164: Detailní pohled na mezivozový představek v polovičním řezu, nouzový výstup je zakryt oranžovým poklopem



Obrázek 165: Návrh podélného sezení se sklopnými sedadly a uchycením do bočnice vozu



Obrázek 166: Návrh podélného sezení s pevnými sedadly s uchycením do bočnice vozu



Obrázek 167: Návrh příčného sezení 1+2 – 2+1 s pevnými sedadly s uchycením do bočnice vozu

6. ZÁVĚR PRÁCE

V rámci zadání bakalářské práce jsem popsal různé druhy vozidel městských drah a rychlodrah, zabýval se historickými i soudobými vozy pražského metra, nastínil princip fungování vlakových zabezpečovacích zařízení, které se v Praze používají, a provedl návrh nového vozidla, které by splňovalo požadavky a nároky pro provoz v pražském metru, zejména na budoucí trase =D=. Při návrhu jsem při konzultacích s vedoucím práce, panem *doc. Ing. Josefem Kolářem, CSc.*, diskutoval možnosti provedení jednotky jako průchozí a s implementací, v Praze dosud nevídaného, nouzového výstupu na boční lávku v tunelu metra. Při modelování byl brán zřetel rovněž na návrh uspořádání sedadel v jednotlivých vozech, při uvážení místa pro hendikepované cestující a jejich přesun k nouzovým východům. V rámci této práce jsem se věnoval pouze návrhu vnějších rozměrů vozidla a modelováním samotné vozové skříně, která by měla být, ideálně v budoucnu, doplněna o návrh například podvozků, kontejnerů elektrické výzbroje, mezivozových přechodů s a dimenzováním profilů integrální hrubé stavby vozové skříně. Navrhnutý čelní a vložený vůz jsou nakonec společně s pětivozovou soupravou zobrazeny v typovém výkresu v měřítku 1:50 v několika pohledech i polovičních řezech. Dále jsem zhotovil sestavný výkres mezivozového představku v měřítku 1:20. S prací jsem osobně spokojen a její zpracování mě naplňovalo energií při často náročném závěru studia posledního semestru výuky. Téma podzemní dráhy a dopravy je mi velice blízké a hojně se mu věnuji ve volném čase. Soupravu jsem v samotném závěru tvoření této práce opatřil názvem MVS-1 „Bivoj“, který odkazuje na českou stopu a tradici nejen v projektování kolejových vozidel městských drah.

Ondřej Duba

7. ZDROJE A PRAMENY PRÁCE

- [1] Light rail. *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 01. 07. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Light_rail
- [2] Rychlodrážní tramvaj. *Wikipedie, Otevřená encyklopedie* [online]. 20. 05. 2021 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Rychlodr%C3%A1%C5%BEEn%C3%AD_tramvaj
- [3] Stadtbahn. *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie* [online]. 28. 06. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://de.wikipedia.org/wiki/Stadtbahn>
- [4] Volgograd chce koupit 100 trolejbusů a 150 tramvají. *Československý Dopravák | Doprava – Technika – Urbanismus* [online]. Vít Hinčica, 25. 07. 2020 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.cs-dopravak.cz/volgograd-chce-koupit-100-trolejbusu-a-150-tramvaji/>
- [5] Tram-train principles and guidance: A snapshot of our current knowledge and experience. *Mott MacDonald* [online]. Mott MacDonald [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.mottmac.com/download/file?id=42124&isPreview=True>
- [6] VAN DER BIJL, Rob a Axel KUEHN. TRAMTRAIN: THE 2ND GENERATION: NEW CRITERIA FOR THE 'IDEAL TRAMTRAIN CITY'. *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie* [online]. 2009 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/TW_2000#Technik
- [7] TW 2000. *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie* [online]. 01. 07. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/TW_2000#Technik
- [8] Klapptrittstufe. *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie* [online]. 24. 05. 2019 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://de.wikipedia.org/wiki/Klapptrittstufe>
- [9] Stadtbahnwagen Typ M/N: M-Wagen mit Klappstufen. *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie* [online]. 29. 06. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/Stadtbahnwagen_Typ_M/N#M-Wagen_mit_Klappstufen
- [10] SCHWANDL, Robert. UrbanRail.Net: Europe. *UrbanRail.Net* [online]. 2004 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.urbanrail.net/eu/euromet.htm>
- [11] DOUDA, Pavel, Tomáš HEPTNER a Josef KOLÁŘ. *Pozemní dopravní prostředky. 2. 1. 3 Rozdělení kolejových vozidel*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04308-0.
- [12] S-Bahn. *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie* [online]. 19. 06. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://de.wikipedia.org/wiki/S-Bahn>
- [13] S-Bahn. *Wikipedie, Otevřená encyklopedie* [online]. 14. 12. 2022 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/S-Bahn>
- [14] LEVY, Alon. Paris vs Tokyo: the two different models for express commuter rail stopping patterns. *City Monitor* [online]. 02. 08. 2021 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://citymonitor.ai/transport/paris-vs-tokyo-two-different-models-express-commuter-rail-stopping-patterns-2834>
- [15] M8 (railcar). *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 04. 04. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/M8_\(railcar\)](https://en.wikipedia.org/wiki/M8_(railcar))
- [16] Metro-North stands by century-old system as it replaces its power lines. *The Electricity Forum* [online]. CONNECTICUT [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.electricityforum.com/news-archive/sep07/Railwaystandsbydecisiontoreplacelines>
- [17] S-Bahn Berlin: Zugbeeinflussungssystem. *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie* [online]. 27. 01. 2010 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/S-Bahn_Berlin#Zugbeeinflussungssystem
- [18] DB-Baureihe 474: Mehrsystemausführung 474.3. *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie* [online]. 01. 05. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/DB-Baureihe_474#Mehrsystemauf%C3%BChrung_474.3

- [19] DOUDA, Pavel, Tomáš HEPTNER a Josef KOLÁŘ. *Pozemní dopravní prostředky. 2. 1. 3. 3 Nekonvenční kolejové dopravní prostředky*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04308-0.
- [20] Monorail. *Wikipedie, Otevřená encyklopedie* [online]. 19. 11. 2010 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Monorail>
- [21] Alwegbahn. *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie* [online]. 15. 06. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://de.wikipedia.org/wiki/Alwegbahn>
- [22] Lehké metro. *Wikipedie, Otevřená encyklopedie* [online]. 13. 05. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Lehk%C3%A9_metro
- [23] Medium-capacity rail system. *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 30. 06. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Medium-capacity_rail_system
- [24] Metro. *Pražská integrovaná doprava* [online]. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://pid.cz/metro/>
- [25] Metro. *Wikipedie, Otevřená encyklopedie* [online]. 20. 04. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Metro>
- [26] Third rail. *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 10. 06. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Third_rail
- [27] Metros. *CAF - Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.caf.net/en/soluciones/proyectos/proyecto-metros.php>
- [28] A very short history of the Underground. *London Transport Museum* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.ltmuseum.co.uk/collections/stories/transport/very-short-history-underground>
- [29] History of the London Underground: Electric underground railways (1900–1908). *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 24. 05. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_London_Underground#Electric_underground_railways_\(1900%E2%80%931908\)](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_London_Underground#Electric_underground_railways_(1900%E2%80%931908))
- [30] R1 (New York City Subway car). *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 26. 06. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/R1_\(New_York_City_Subway_car\)](https://en.wikipedia.org/wiki/R1_(New_York_City_Subway_car))
- [31] ИВАНЧЕНКО, Е.С. а П.Д. ПАУШКИНА. ИСТОРИЯ МОСКОВСКОГО ТРАНСПОРТА. ИЗ ИСТОРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВАГОНОВ МОСКОВСКОГО МЕТРО. *Российский государственный архив научно-технической документации* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://rgantd.ru/arh-docs/transport/iz-istorii-proektirovaniya-vagonov-moskovskogo-metro/>
- [32] Doppeltriebwagen. *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie* [online]. 15. 12. 2022 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://de.wikipedia.org/wiki/Doppeltriebwagen>
- [33] Twin unit. *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 28. 02. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Twin_unit
- [34] STADLER, Daniela. NÜRNBERGS U-BAHN AUF ABWEGEN. *Stadtarchive in der Metropolregion Nürnberg* [online]. Nürnberg, 12. 08. 2017 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://stadtarchive-metropolregion-nuernberg.de/nuernbergs-u-bahn-auf-abwegen/>
- [35] Е-КМ. *Википедия — свободная энциклопедия* [online]. 19. 06. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%95-%D0%9A%D0%9C>
- [36] Inspiro – the metro from Siemens Mobility. *Siemens Mobility - Rail, road and intermodal* [online]. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail/rolling-stock/metros.html>
- [37] Dopravní podnik hl. města Prahy šetří energii za miliony. *Technický týdeník: TT* [online]. 2023, 01. 01. 2006 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/dopravni-podnik-hl-mesta-prahy-setri-energii-za-miliony_17413.html

- [38] THE BUDAPEST METRO INAUGURATES ITS NEW METRO LINE. *CLEARSY* [online]. 2023, 21. 07. 2020 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.clearsy.com/en/railway/the-budapest-metro-inaugurates-its-new-metro-line/>
- [39] Metro “Wiener Linien”: 34 SIX-CAR TYPE X METRO VEHICLES. *Metro “Wiener Linien” - Siemens* [online]. Munich, Germany: Siemens Mobility [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:19f120020d743f93956865978d95df7507229375/xwagen-datasheet-en.pdf>
- [40] SŮRA, Jan. Nové vlaky v metru D a C už nebude řídit strojvedoucí. Pojmou více cestujících. *Pražský deník - informace, které jsou vám nejbliž* [online]. 27. 04. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://prazsky.denik.cz/zpravy_region/praha-souprava-vlak-tendr-metro-strojvedouci-20230427.html
- [41] BONEV, Jan. Prototyp R1. *METROWEB.CZ :: PRAŽSKÉ METRO - MHD V PRAZE* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/R1/R1.htm>
- [42] Tatra R1. *Wikipedie, Otevřená encyklopedie* [online]. 15. 11. 2022 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Tatra_R1
- [43] Zašlapané projekty - Pražské metro - R1. *YouTube* [online]. Metrovlak, 04. 11. 2011 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=JbXiQtWeAFo>
- [44] BONEV, Jan a Tomáš REJDAL. Historická souprava Ečs. *METROWEB.CZ :: PRAŽSKÉ METRO - MHD V PRAZE* [online]. Metrovlak, 26. 05. 2005 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/Ecs/Ecs.htm>
- [45] Souprava metra Ečs. *Wikipedie, Otevřená encyklopedie* [online]. 30. 06. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Souprava_metra_E%C4%8Ds
- [46] Еж3. *Википедия — свободная энциклопедия* [online]. 03. 07. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%B63>
- [47] Еж3: Метро. *Музей Транспорта Москвы* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://mtmuseum.com/ezh3>
- [48] Ing. TONAR, Jiří. *ACB M1 na vozech Ečs* [elektronická pošta]. Message to: ondrej.duba@gmail.com. 03. 01. 2021, 17:35 [cit. 2023-07-06].
- [49] MARA, Robert a David PROSICKÝ. *Elektrické vozy 81-71, aneb, Symbol budování pražského metra*. Praha: Malkus, dopravní vydavatelství, 2016. Edice vozidel pražského metra. ISBN 978-80-87047-33-0.
- [50] BONEV, Jan a Tomáš REJDAL. Souprava 81-71. *METROWEB.CZ :: PRAŽSKÉ METRO - MHD V PRAZE* [online]. 06. 03. 2006 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/81-71/81-71.htm>
- [51] 81-717/714. *Википедия — свободная энциклопедия* [online]. 06. 07. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://ru.wikipedia.org/wiki/81-717/714>
- [52] ЭЛЕКТРОВАГОНЫ ТИПОВ 81-717/714 И 81-717.5/714.5. *Vagon.metro.ru: Метровагоны* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <http://vagon.metro.ru/passenger/81-717.html>
- [53] VOZY PRAŽSKÉHO METRA V KRÁLOVSTVÍ: Představujeme poslední chybějící simulátor prostředků pražské integrované dopravy. *Království železnic* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.kralovstvi-zeleznic.cz/metro/>
- [54] BONEV, Jan a Tomáš REJDAL. Modernizovaná souprava 81-71M. *METROWEB.CZ :: PRAŽSKÉ METRO - MHD V PRAZE* [online]. 11. 04. 2005 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/81-71M/81-71M.htm>
- [55] Souprava metra 81-71M. *Wikipedie, Otevřená encyklopedie* [online]. 26. 03. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Souprava_metra_81-71M

- [56] JANČAR, Rost'a. Fotoreportáž: Jak se ze sovětských vagonů stává moderní metro. *IDNES.cz – s námi víte víc* [online]. 04. 02. 2008 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/reportaze/fotoreportaz-jak-se-ze-sovetskych-vagonu-stava-moderni-metro.A070924_190439_tec_reportaze_rja
- [57] STRNAD, František. Miliardy pod stromeček. Vlaky v metru bude spravovat Škoda transportation. *IDNES.cz – s námi víte víc* [online]. 28. 12. 2019 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/podniky/skoda-transportaiton-metro-udrzba-vlak-y-skoda-81-71m.A191227_140152_ekoakcie_rts
- [58] Тбилисский метрополитен. *Википедия — свободная энциклопедия* [online]. 28. 06. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BD
- [59] 81-71М: Модернизация вагонов Еж3 и 81-717/714 в Тбилиси. *Википедия — свободная энциклопедия* [online]. 27. 06. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://ru.wikipedia.org/wiki/81-71%D0%9C#%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2_%D0%95%D0%B63_%D0%B8_81-717/714_%D0%B2_%D0%A2%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%81%D0%B8
- [60] Славутич (вагон метро). *Википедия — свободная энциклопедия* [online]. 23. 05. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%83%D1%82%D0%B8%D1%87_\(%D0%B2%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%BD_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%83%D1%82%D0%B8%D1%87_(%D0%B2%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%BD_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE))
- [61] BONEV, Jan a Tomáš REJDAL. Souprava M1. *METROWEB.CZ :: PRAŽSKÉ METRO - MHD V PRAZE* [online]. 11. 04. 2005 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://metroweb.cz/metro/M1/M1.htm>
- [62] Souprava metra M1. *Wikipedie, Otevřená encyklopedie* [online]. 20. 12. 2022 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Souprava_metra_M1
- [63] HeBa. *Википедия — свободная энциклопедия* [online]. 22. 05. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D0%92%D0%B0>
- [64] BUREŠ, Vítězslav. Vlakovému metru praskaly podvozky, výrobce teď část nahradí novými. *IDNES.cz – s námi víte víc* [online]. 16. 01. 2014 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/praha/zpravy/bombardier-nahradi-dopravnimu-podniku-praskle-podvozky.A140116_143210_praha-zpravy_bur
- [65] DP kontakt: 2|2020, ročník 25. *Časopis DP kontakt* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://www.dpp.cz/data/leaflets/documents/2020-02-21-13-48-25_DP-kontakt-2-2020-UNOR-web-2.pdf
- [66] DRAK. Liniový vlakový zabezpečovač ARS (avtomatičeskoje regulirovanie skorosti). *METROWEB.CZ :: PRAŽSKÉ METRO - MHD V PRAZE* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/ars.htm>
- [67] ХАМИДУЛИН, Павел а Администратор. Раздел I. Системы арс. Введение. *Файловый архив для студентов. StudFiles* [online]. Москва, 2012 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://studfile.net/preview/2277038/>
- [68] SŮRA, Jan. Z metra na trase B zmizí "udirny", jízda vlaků bude plynulejší. *IDNES.cz – s námi víte víc* [online]. 12. 01. 2017 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/z-metra-b-zmizi-udirny-jizda-vlak-u-bude-plynulejsi.A170112_133838_eko-doprava_suj
- [69] Ing. JAKL, Jaroslav a Tomáš REJDAL. Zabezpečovací zařízení na trati C - Matra PA135. *METROWEB.CZ :: PRAŽSKÉ METRO - MHD V PRAZE* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/matra.htm>

- [70] Pilotage automatique du métro de Paris. *Wikipédia, l'encyclopédie libre* [online]. 03. 06. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://fr.wikipedia.org/wiki/Pilotage_automatique_du_m%C3%A9tro_de_Paris
- [71] BATA, István. Automatikus vonatvezető rendszer: A vonatvezetés, a biztonság és a gazdaságosság. *Metros.hu* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <http://metros.hu/mutargy/avr.html>
- [72] Ing. JAKL, Jaroslav a Aleš LIESKOVSKÝ. Zabezpečovací zařízení na trati A - LZA (SOP-2P + ACBM3). *METROWEB.CZ :: PRAŽSKÉ METRO - MHD V PRAZE* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/lza.htm>
- [73] DriveSWing ACBM3: Automatické vedení vlaku metra (ATO). *Zabezpečovací a řídicí systémy pro dopravu | AŽD Praha s.r.o.* [online]. AŽD Praha [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.azd.cz/admin-data/storage/get/1192->
- [74] TrainSWing LZA: Liniový vlakový zabezpečovač s automatickým vedením vlaků metra (ATC). *Zabezpečovací a řídicí systémy pro dopravu | AŽD Praha s.r.o.* [online]. AŽD Praha [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.azd.cz/admin-data/storage/get/1191->
- [75] REJDAL, Tomáš. Technologie a zabezpečení metra. *METROWEB.CZ :: PRAŽSKÉ METRO - MHD V PRAZE* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/TECHNOLOGIE.htm>
- [76] StationSWing ESA-11M+: Elektronické stavědlo pro metro. *Zabezpečovací a řídicí systémy pro dopravu | AŽD Praha s.r.o.* [online]. AŽD Praha [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.azd.cz/admin-data/storage/get/1190->
- [77] Platform Screen Doors (PSD). *RailSystem.net* [online]. RailSystem [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://railsystem.net/platform-screen-doors-psd/>
- [78] ROPE SCREEN DOOR. *Rope Screen Doors – Best Quality* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://rsd.bg/>
- [79] Communications-based train control. *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 06. 07. 2023 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Communications-based_train_control
- [80] Ing. SLAVÍK, Jakub, MBA. Víte, co je to CBTC a jak funguje?: Náповěda k článkům 2. *Proelektrotechniky.cz* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/13.php>
- [81] Automatic Train Supervision (ATS) Solution for Railway Signal System. *Edge Computing | IoT Solutions | ADLINK* [online]. ADLINK, 2022 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://www.adlinktech.com/en/ApplicationStory_17032708593727365
- [82] Ing. KALIVODA, Jan, Ph.D. Teorie vozidel: přednášky - část kolejová vozidla. *Studium.fs.cvut.cz* [online]. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://studium.fs.cvut.cz/studium/u12120/2211054_TV/KV/Teorie%20vozidel%20-%20Kalivoda%202019_04.pdf
- [83] JANÍK, Miloslav. Designer: Nové typy vozů metra nejsou bezpečné. *IDNES.cz – s námi víte víc* [online]. 10. 12. 2000 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/designer-nove-typy-vozu-metra-nejsou-bezpecne.A001210_184253_praha_doprava_lin
- [84] Doc. Ing. KOLÁŘ, Josef, CSc. PŘÍSLUŠENSTVÍ KOLEJOVÝCH VOZIDEL. *Studium.fs.cvut.cz* [online]. 2022 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://studium.fs.cvut.cz/studium/u12120/2212020_PRKV/P%c5%99%c3%adslu%c5%a1enstv%c3%ad%20KV_2023.pdf

8. SEZNAM OBRÁZKŮ SE ZDROJI

Obrázek 1: Autor ve voze #2429 (MM3 81-714.1) při jedné z historických jízd [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	1
Obrázek 2: Bombardier Flexity Swift U5-25, Frankfurt nad Mohanem, Německo [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/471915/?vid=104237]	2
Obrázek 3: Siemens P2000, Los Angeles, USA [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/1313737/?vid=122569]	2
Obrázek 4: Tatra T3SU, Volgograd, Ruská federace [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/235267/?vid=7661]	3
Obrázek 5: Škoda 06T Elektra, Cagliari, Itálie [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/1433447/?vid=206396]	3
Obrázek 6: Duewag/ABB M8C, Bielefeld, Německo [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/1448837/?&lang=fi]	3
Obrázek 7: Alstom/LHB TW2000, Hannover, Německo [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/1320984/?vid=31170]	3
Obrázek 8: Bombardier Talent 2 (DB BR 442), Jena Paradies, Německo [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	4
Obrázek 9: Vagonka Studénka EM 475.1 (ČD 451/051), Český Brod, Česká republika [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	4
Obrázek 10: Alstom/Bombardier/Adtranz/ABB DB BR 423, Mnichov, Německo [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	5
Obrázek 11: CFL/CEF/Alstom Z6100, Cité du Train, Francie [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	5
Obrázek 12: Stadler/Siemens DB BR 483/484, Berlín, Německo [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	5
Obrázek 13: Bombardier/LHB DB BR 474.3/874.3, Hamburg, Německo [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://de.wikipedia.org/wiki/DB-Baureihe_474#/media/Datei:DBAG_474_1.jpg]	5
Obrázek 14: Vossloh Kiepe GTW Generation 15, Wuppertal, Německo [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/1007718/?vid=435940]	6
Obrázek 15: Mitsubishi 5000系電車 (Řada 5000), Kamakura/Fujisawa, Japonsko [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%B9%98%E5%8D%97%E3%83%A2%E3%83%8E%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%83%AB5000%E7%B3%BB%E9%9B%BB%E8%BB%8A#/media/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Smr5601.jpg]	6
Obrázek 16: Instamin AG EPS, Moskva, Rusko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	6
Obrázek 17: Scomi Rail SUTRA, Kuala-Lumpur, Malajsie [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://en.wikipedia.org/wiki/Scomi_SUTRA#/media/File:SCOMI_Sutra_for_Rapid_Rail.jpg]	6
Obrázek 18: AnsaldoBreda/Firema AMT 11÷22 (Serie 10), Janov, Itálie [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/641566/?vid=338682]	7
Obrázek 19: MBM 81-740.1/741.1 "Rusič", Moskva, Ruská federace [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	7
Obrázek 20: Bombardier B07, Londýn DLR, Spojené království [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/1666556/?vid=363126]	7
Obrázek 21: Siemens VAL 208, Lille, Francie [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://fr.wikipedia.org/wiki/VAL_208#/media/Fichier:Ligne_1_du_m%C3%A9tro_de_Lille_M%C3%A9tropol_e_-_Interstation_CHR_Oscar-Lambret_%E2%86%94_CHR_B-Calmette_(02A).JPG]	7
Obrázek 22: La Brugeoise serie II, Buenos Aires, Argentina [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/1337732/?vid=306041]	8

Obrázek 23: MM3 E, Moskva, Rusko [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/1476749/?vid=253681]	8
Obrázek 24: SGP Typ U _{2v} , Vídeň, Rakousko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	9
Obrázek 25: ABB/Adtranz/AEG/O&K/Siemens/WU [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	9
Obrázek 26: Ovládací pult vozu SGP Typ U, Vídeň, Rakousko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	9
Obrázek 27: Ovládací pult vozu ABB/AEG/O&K/Siemens/WU BVG A3L92, Berlín, Německo [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	9
Obrázek 28: MBM 81-717.5Π/714.5Π, Petrohrad, Rusko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	10
Obrázek 29: Kawasaki R62, New York, USA [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/1123909/?vid=291660]	10
Obrázek 30: MM3/JIB3/KB3 E-KM (81-7080/7081/7081-01), Kyjev, Ukrajina [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/1004441/?vid=254416]	10
Obrázek 31: MM3/MBM 81-717.4/714.4 (modernizace), Sofie, Bulharsko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	10
Obrázek 32: CAF UT600, Bilbao, Španělsko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	11
Obrázek 33: Siemens Mo.Mo Typ V (V-wagen, v/V), Vídeň, Rakousko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	11
Obrázek 34: Siemens Mo.Mo MX3000, Oslo, Norsko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	11
Obrázek 35: Siemens Inspiro Sofia, Sofie, Bulharsko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	11
Obrázek 36: Siemens Typ X (X-wagen), Vídeň, Rakousko [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/references/metro-vienna.html]	12
Obrázek 37: Alstom Metropolis AM4-M4, Budapešť, Maďarsko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	12
Obrázek 38: ČKD Tatra R1 na zkušební trati depa Kačerov, Praha, Československo [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/R1/R1_dp.jpg]	13
Obrázek 39: Plakát elektrické výzbroje ČKD s návrhem jednotky R1 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/R1/R1-plakat.JPG]	14
Obrázek 40: Nehoda na zkušební trati depa Kačerov [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/R1/P7200204.jpg]	15
Obrázek 41: ČKD Tatra Smíchov R2 na ŽZO Cerhenice [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/R1/TMP9.jpg]	15
Obrázek 42: Maketa R1 (1:10) ve střešovickém muzeu [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	15
Obrázek 43: Ing. Honzík u výroby vozů M1 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://www.youtube.com/watch?v=JbXiQtWeAFo&t=3s]	15
Obrázek 44: Technický výkres prototypové soupravy R1 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/R1/r1_nakres.jpg]	16
Obrázek 45: Třívozová historická souprava E _{cs} ve stanici Budějovická =C=, 08. 05. 2022 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	17
Obrázek 46: MM3 Еж1 (#5443) na prezentační stojánce, Výstaviště Holešovice, 1973 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/zajimavosti/Ez/ez_01.jpg]	17
Obrázek 47: MM3/JIB3 Еж3-PY1/EM-508T-PY1, Moskva, Rusko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	17
Obrázek 48: Přetah prvních vozů E _{cs} do depa Kačerov (#1004) [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/Ecs/Vuz_metra_typu_Ecs2.jpg]	18
Obrázek 49: Vložený vůz #1040 se zaslepenými reflektory, Háje =C=, 1994 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/Ecs/10332%20E040%20HA2SK%2094-95.jpg]	18

Obrázek 50: Interiér vozu #1083 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	18
Obrázek 51: Klasické žárovkové osvětlení [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	18
Obrázek 52: Vůz #1009 ve střešovickém muzeu [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	19
Obrázek 53: Zkušební vůz 1Mt0 (#1031), ŽZO Cerhenice [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/zajimavosti/ecs-siemens/ECS-Siemens.jpg].....	19
Obrázek 54: Mikulášské jízdy s E _{cs} , =A=, 04. 12. 2022 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	19
Obrázek 55: Snímače vozu #1044, Depo Kačerov =C=, 1994 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv Ing. Jiřího Tonara]	21
Obrázek 56: Snímače vozu #1044, Depo Kačerov =C=, 1994 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv Ing. Jiřího Tonara]	21
Obrázek 57: Činnost ACB-M1 při stanicování, 1994 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv Ing. Jiřího Tonara]	21
Obrázek 58: Kabina E _{cs} s ACB-M1, Depo Kačerov, 1987 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv Ing. Jiřího Tonara]	21
Obrázek 59: Ukazatele rychlosti, zábrzdne vzdálenosti a poměrného tahu (vlevo nahoře), 1987 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv Ing. Jiřího Tonara].....	22
Obrázek 60: Technický výkres vozu E _{cs} (boční pohled) [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/Ecs/ECs-1.gif].....	23
Obrázek 61: Technický výkres vozu E _{cs} (svrchní pohled) [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/Ecs/ECs-2.gif].....	23
Obrázek 62: Historická souprava 81-71 při příležitosti oslav 41 let trasy =A= ve stanici Želivského [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	24
Obrázek 63: Experimentální 81-715.1 (#10001) v Moskvě [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/1104162/?vid=328263]	25
Obrázek 64: 81-717/714 "Kanárek", Moskva, 1976 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://www.m24.ru/articles/metro/14022014/37489].....	25
Obrázek 65: Řídicí pult vozu #2504, Depo Zličín [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	25
Obrázek 66: Interiér vozu #2213 se zářivkovým osvětlením [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	25
Obrázek 67: MM3 81-717.2/714.2, Budapešť, Maďarsko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora] ...	26
Obrázek 68: MM3 81-717.3/714.3, Varšava, Polsko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	26
Obrázek 69: MM3 81-717.4/714.4, Sofie, Bulharsko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	26
Obrázek 70: MVM 81-717.5M/714.5M, Moskva, Rusko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	26
Obrázek 71: Zkušební vůz #2148 s IGBT výzbrojí [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/81-71/Image1.jpg].....	27
Obrázek 72: "Dnes jezdíme naposledy" [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	27
Obrázek 73: Porovnání nátěrů v simulátoru Metrostroi [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	28
Obrázek 74: Vůz #2341 (ex. ARDO), Depo Zličín, 2003 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/81-71/PC170077.JPG].....	28
Obrázek 75: Setkání obou historických souprav ve stanici Budějovická =C=, 12. 09. 2021 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	28
Obrázek 76: Technický výkres vozu 81-717.1 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/81-71/vy8171.jpg].....	29
Obrázek 77: Technický výkres vozu 81-714.1 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://metroweb.cz/metro/81-71/vy8171_1.jpg].....	29
Obrázek 78: Modernizovaná souprava 81-71M (vlevo) vedle historické soupravy 81-71, Depo Zličín, 04. 06. 2022 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	30

Obrázek 79: Vůz po opískování a lakování, Škoda Plzeň, 2006 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://ru.wikipedia.org/wiki/81-71%D0%9C#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Plze%C5%88,%C5%A0koda_Transportation,_rozestav%C4%9Bn%C3%BD_v%C5%AFz_metra_typu_81-71M_III.JPG]	31
Obrázek 80: Vozy v plzeňské továrně Škoda Group, 2011 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://www.idnes.cz/technet/reportaze/modernizace-ruskych-vozu-metra-skoncila-posledni-vlak-pojede-do-motola.A110406_152015_tec_reportaze_nyv/foto/NYV3a4964_IMG_1438.JPG]	31
Obrázek 81: Ovládací pult vozu 2Mt se zabezpečovačem ARS [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	32
Obrázek 82: Interiér s kombinovaným uspořádáním sedadel [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	32
Obrázek 83: Zleva: 81-71BARS a 81-71MARS "Sanitka", Depo Zličín =B= [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	33
Obrázek 84: "Udírna" s ARS, 81-71BARS [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	33
Obrázek 85: 81-71M odbavuje stanici Můstek na lince =A= [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	34
Obrázek 86: Ovládací pult vozu 2Mt se zabezpečovačem LZA [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	34
Obrázek 87: Vůz #2339 po opadnutí vody, Florenc =B=, 2002 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://www.metroweb.cz/dp/odtah/25_10/PICT0005p.jpg]	34
Obrázek 88: Symbol ≈ typický pro "Ponorky" [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	34
Obrázek 89: ИБ3/ЗРЭПС 81-717М/714М, Tbilisi, Gruzie [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/937269/?vid=273888]	35
Obrázek 90: VM/Škoda 12Mt/13Mt/14Mt "Slavutyč", Kyjev, Ukrajina [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/623198/?vid=253996]	35
Obrázek 91: M1A v pravidelném provozu ve stanici Pankrác =C= [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	37
Obrázek 92: Ovládací pult strojvedoucího ve voze M1.1A [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	38
Obrázek 93: Interiér soupravy M1 bez podélného sezení [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	38
Obrázek 94: Jednotky M1 v depu Kačerov, 2021 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	39
Obrázek 95: M1B ve stanici Opatov =C= před její rekonstrukcí, 15. 12. 2019 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	39
Obrázek 96: Popis opravy stupně N7 na voze #4105 (M1.1A), Příloha ke článku v magazínu DP kontakt 2/2022 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://www.dpp.cz/data/leaflets/documents/2020-02-21-13-48-25_DP-kontakt-2-2020-UNOR-web-2.pdf]	40
Obrázek 97: M1-MARA v čele s vozem #1106 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://transphoto.org/photo/599376/?gid=3293]	40
Obrázek 98: Interiér M1-MARA [k 04. 07. 2023 dostupné online z: http://www.venamimundo.com/Latinoamerica/Venezuela/fotos/Maracaibo-20.jpg]	40
Obrázek 99: Přiřazení frekvencí k jednotlivým rychlostním limitům a jejich zobrazení na návěstním opakovači [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://www.metroweb.cz/metro/ars.htm]	42
Obrázek 100: Princip funkce zabezpečovače ARS s traťovými návěstidly [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://studfile.net/preview/2277038/page:3/]	42
Obrázek 101: Snímací cívky vozu 81-717 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://studfile.net/preview/2277038/page:4/]	43
Obrázek 102: Opakovací návěstidlo [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	43
Obrázek 103: Kódovací tabulka systému ARS pro současnou i nadcházející maximální rychlost [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://www.metroweb.cz/metro/ars.htm]	44
Obrázek 104: "Koberec"(viditelný u bližší vodící kolejnice) ve stanici Hlavní nádraží =C= [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	46

Obrázek 105: Snímače programového pásu systému PA 135 na voze M1.1 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zabezpe%C4%8Dovac%C3%AD_za%C5%99%C3%ADzen%C3%AD_metra_v_Praze#/media/Soubor:Praha_metro_novy_vlak_snimac_zabezpecovadla.jpg]	46
Obrázek 106: Smyčkové obvody a stykové transformátory ve stanici Nemocnice Motol =A= [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	48
Obrázek 107: Snímače systému LZA před prvním dvoukolím vozu 2Mt [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	49
Obrázek 108: Obrazovka s činnostmi ACB-M3 v levé části ovládacího pultu vozu 2Mt [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://slideplayer.cz/slide/2356070/]	49
Obrázek 109: Nástupištní stěna, Milán M4, Itálie [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	51
Obrázek 110: Nástupištní brány, Sofie M3, Bulharsko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	51
Obrázek 111: RSD a MBM 81-740.2/741.2, Sofie, Bulharsko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	52
Obrázek 112: RSD a MM3 81-717.4/714.4, Sofie, Bulharsko [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	52
Obrázek 113: Porovnání funkce pevného (nahore) a pohyblivého bloku CBTC (dole) [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://en.wikipedia.org/wiki/Communications-based_train_control#/media/File:FB_vs_MB.jpg]	52
Obrázek 114: Schéma systému CBTC s napojením na cloud od společnosti SPHINX [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://www.sphinxcomputer.com/zeige_reddi_produkt.php?produkt_ID=46]	53
Obrázek 115: Prvotní návrh podoby vozové skříně s rozměry a modulárními představky [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	54
Obrázek 116: Návrh podoby obrysu vozové skříně [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	55
Obrázek 117: Průjezdový průřez tunelu metra [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://studium.fs.cvut.cz/studium/u12120/2211054_TV/KV/Teorie%20vozidel%20-%20Kalivoda%202019_04.pdf]	55
Obrázek 118: Model průřezu tunelem metra [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	56
Obrázek 119: Model tunelu pražského metra [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	56
Obrázek 120: Program pro výpočet kinematického obrysu vozu metra dle ČSN 28 0338, MS Excel [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	56
Obrázek 121: Kinematický obrys skříně vozu metra – čelní představek [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	57
Obrázek 122: Kinematický obrys skříně vozu metra – střed vozu [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	57
Obrázek 123: Kinematický obrys skříně vozu metra – mezivozový představek [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	58
Obrázek 124: Pracovní model čelního vozu s oběma typy představek [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	59
Obrázek 125: Pracovní model čelního představku [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	59
Obrázek 126: Pracovní model vozu [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	59
Obrázek 127: Pracovní model mezivozového představku [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	59
Obrázek 128: Konzole pro uchycení spráhla [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	59
Obrázek 129: Průjezd dvou vozů obloukem tvaru O s rádiusem 190,041 metrů, měřítko 1:1000 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	60
Obrázek 130: Průjezd dvou vozů obloukem tvaru O s rádiusem 70,041 metrů, měřítko 1:1000 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	60
Obrázek 131: Průjezd dvou vozů obloukem tvaru S s rádiusem 190,041 metrů, měřítko 1:1000 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	61

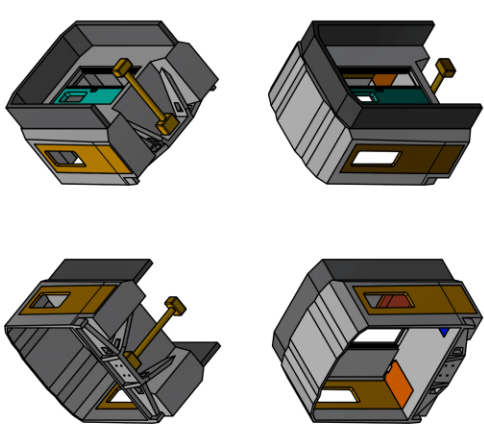
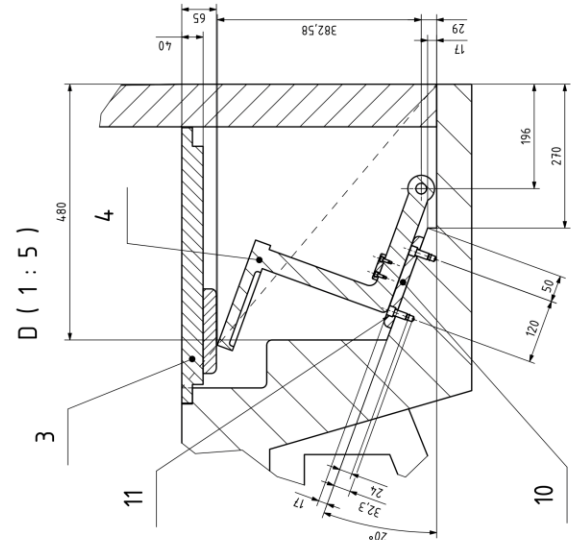
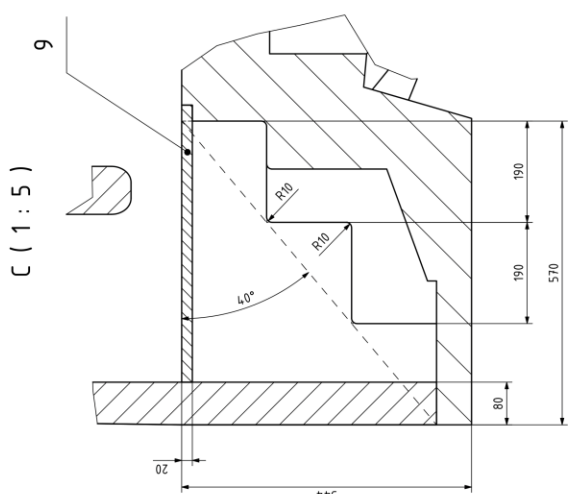
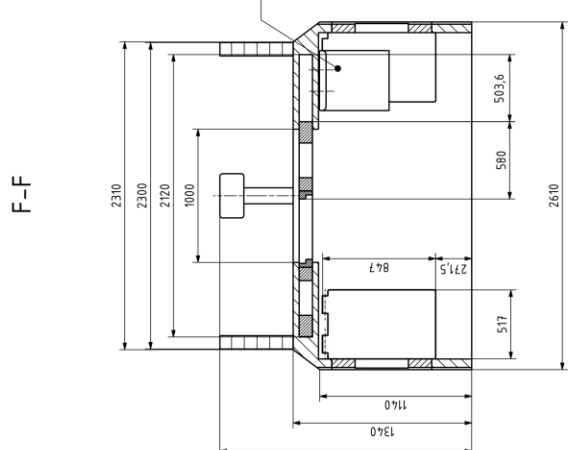
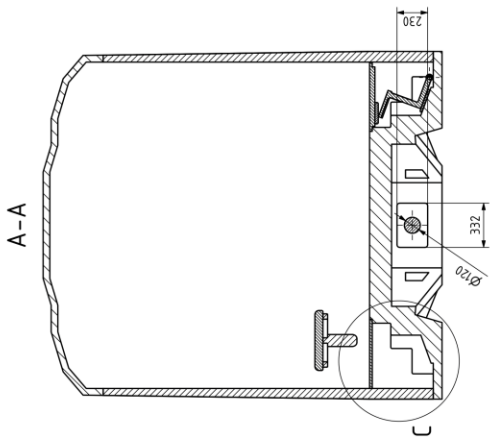
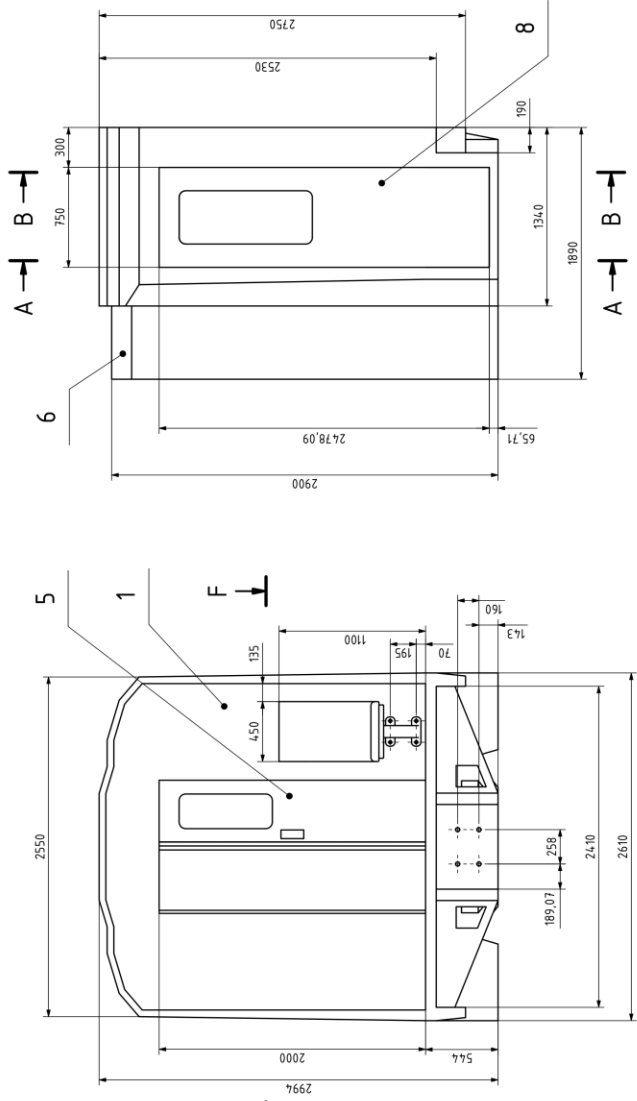
Obrázek 132: Průjezd dvou vozů obloukem tvaru S s rádiusem 70,041 metrů, měřítko 1:1000 [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	61
Obrázek 133: Únikový výstup soupravy AnsaldoBreda Serie 9000 BT, Madrid, Španělsko [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://www.metromadrid.es/en/press-release/2017-10-06/the-community-of-madrid-checks-out-the-metro-self-protection-systems-with-a-fire-drill-on-a-train]	63
Obrázek 134: Viditelný nouzový výstup za posledními dveřmi u mezivozového přechodu, CAF/Alstom Serie 8000 MT [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://treneando.com/2016/05/02/todos-los-coches-del-metro-de-madrid-y2/14-coche-8-000-ancho/]	63
Obrázek 135: Řešení schodů v nástupním prostoru dle EN 14 752 [k 04. 07. 2023 dostupné online z: https://studium.fs.cvut.cz/studium/u12120/2212020_PRKV/P%c5%99%c3%adslu%c5%a1enstv%c3%ad%20K_V_2023.pdf].....	64
Obrázek 136: Náčrt nouzového schodiště v mezivozovém představku [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	64
Obrázek 137: Model představku s nouzovými schodišti [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	65
Obrázek 138: Nouzový výstup s výklopným schodem a poklopem s gumovým dorazem, vzadu modrý zaslepovací poklop [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	66
Obrázek 139: Čelní pohled na nouzové schodiště s gumovými dorazy [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	66
Obrázek 140: Řez nouzovým výstupem s patrnými gumovými dorazy pro tlumení nárazů při běžné jízdě [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	67
Obrázek 141: Představek s otevřeným mezivozovým přechodem [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	68
Obrázek 142: Představek s uzavřeným mezivozovým přechodem [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	68
Obrázek 143: Rozmístění únikových východů (vyznačeny červenou barvou) v pětivozové soupravě [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	69
Obrázek 144: Názorná ukázka otevření únikového východu krok po kroku a řez schodištěm s krycím poklopem [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	70
Obrázek 145: Model vozidla v průjezdném průřezu tunelu pražského metra [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	70
Obrázek 146: Příčný vzdálenostní rozdíl výstupní hrany nouzového východu od hrany boční lávky [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	71
Obrázek 147: Výškový vzdálenostní rozdíl výstupní hrany nouzového východu od hrany boční lávky [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	71
Obrázek 148: Výškový vzdálenostní rozdíl výklopného schodu únikového východu oproti izolátoru přírodní kolejnice [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	72
Obrázek 149: Model čelního představku [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	73
Obrázek 150: Příčně usazená sedadla ve směru dopředné jízdy, druhá řada bude částečně spojena s bočnicí hlavního vozu [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	74
Obrázek 151: Čelní pohled s viditelnou konzolí spřáhla s otvory pro vodiče a silové kabely [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	74
Obrázek 152: Uchycení sedadel na bočnicích čelního představku [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	75
Obrázek 153: Finální podoba hlavní části vozu metra [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	76
Obrázek 154: Boční pohled na vůz metra [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	76
Obrázek 155: Svrchní pohled v řezu s klasickým rozmístěním sedadel [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	76
Obrázek 156: Uchycení sedadel na bočnicích vozu [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	77

Obrázek 157: Finální podoba spřaženého čelního a vloženého vozu [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	77
Obrázek 158: Boční pohled na oba spojené vozy [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	78
Obrázek 159: Poloviční řez bočního pohledu s viditelným rozmístěním sedadel [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	78
Obrázek 160: Poloviční řez pohledu svrchu s rozmístěním sedadel a nouzových východů [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	78
Obrázek 161: Model pětivozové soupravy [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	78
Obrázek 162: Pohled na celou soupravu s viditelnými kapsami pro nouzová schodiště [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	79
Obrázek 163: Svrchní poloviční řez čelního vozu s rozmístěním pevných i sklopných sedadel [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	79
Obrázek 164: Detailní pohled na mezivozový představek v polovičním řezu, nouzový výstup je zakryt oranžovým poklopem [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	80
Obrázek 165: Návrh podélného sezení se sklopnými sedadly a uchycením do bočnice vozu [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	80
Obrázek 166: Návrh podélného sezení s pevnými sedadly s uchycením do bočnice vozu [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora].....	81
Obrázek 167: Návrh příčného sezení 1+2 – 2+1 s pevnými sedadly s uchycením do bočnice vozu [k 04. 07. 2023 dostupné z: osobní archiv autora]	81

9. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: *Typový výkres čelního a vloženého vozu metra*

Příloha 2: *Sestavný výkres - Mezivozový představek s nouzovým výstupem*



NO	POJEMEK ČÁSTI	POJEMEK ČÁSTI	POJEMEK ČÁSTI	POJEMEK ČÁSTI	POJEMEK ČÁSTI
1	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO
2	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO
3	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO
4	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO
5	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO
6	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO
7	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO
8	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO
9	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO
10	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO
11	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO	SKŘEPEK VÝSTAVNÍHO

VYPRACOVANÉ V RÁMCI
 VÝSTAVNÍHO STROJNÍHO
 ÚSTAVU
 Č. 120/15
 V PRÁZE
 09-07-2023-02