



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

**MĚŘENÍ JÍZDNÍCH MANÉVRŮ VOZIDEL HROMADNÉ
PŘEPRAVY OSOB, PRO STANOVENÍ KOMFORTNÍ A
BEZPEČNÉ JÍZDY**

MEASURING THE MANOEUVRES OF PUBLIC TRANSPORT VEHICLES TO DETERMINE A COMFORTABLE
AND SAFE RIDE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Vendula Hlavová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Stanislav Tokař

BRNO 2017

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2016/17

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Vendula Hlavová

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Expertní inženýrství v dopravě (3917T002)**

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

Měření jízdních manévřů vozidel hromadné přepravy osob, pro stanovení komfortní a bezpečné jízdy

v anglickém jazyce:

Measuring the Manoeuvres of Public Transport Vehicles to Determine a Comfortable and Safe Ride

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Analýza současného stavu zvyšování bezpečnosti při hromadné přepravě osob. Měření jízdních manévřů a situací vozidel s cílem shromáždit podklady pro stanovení hranice pro komfortní a bezpečnou jízdu. Návrh mezních hodnot zrychlení (zpomalení) a vyhnutí pro stanovení hranice bezpečné jízdy.

Cíle diplomové práce:

1. Vypracovat rešerši současného stavu problematiky bezpečnosti a komfortu cestujících v prostředcích hromadné dopravy.
2. Návrh, příprava a realizace vlastních měření s probandy.
3. Vyhodnocení měření.
4. Zhodnocení a návrhy pro soudně-inženýrské posuzování bezpečnosti a komfortu cestujících v prostředcích hromadné přepravy osob.

Seznam odborné literatury:

- [1] BRADÁČ, Albert a kol. Soudní inženýrství. Brno: CERM, 1999, 725 s. ISBN 80-720-4133-9.
- [2] Skripta a závěrečné práce zaměřené na veřejnou dopravu.
- [3] Internet, databáze odborných publikací.
- [4] Související platné právní a technické předpisy a podklady poskytnuté vedoucím.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Stanislav Tokař

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 20. 10. 2016



doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
ředitel vysokoškolského ústavu



ABSTRAKT

Komfort vnímaný cestujícími během přepravy v MHD hraje zásadní roli a její zlepšení může vést k přilákání většího množství zákazníků. Z toho důvodu je neustálá snaha zlepšovat pohodlí cestujícího.

Diplomová práce se zabývá objektivním měřením jízdních manévru MHD v Brně (tramvaj, trolejbus, autobus) přístrojem XL Meter a společně se subjektivním hodnocením stojících a sedících figurantů stanovuje mezní hodnoty podélného a příčného zrychlení pro komfortní jízdu a nebezpečnou jízdu, při jejímž překročení již může docházet k úrazům cestujících.

ABSTRACT

The comfort perceived by passengers during transport in public transport plays a vital role, and its improvement can lead to attracting more customers. For this reason, there is a constant effort to improve the comfort of the passenger.

This thesis deals with the objective measurement of the maneuvers of MHD in Brno (tram, trolleybus, bus) with the XL Meter and together with the subjective evaluation of the standing and sitting figurant, determines the limit values of longitudinal and transverse acceleration for comfortable ride and dangerous ride, which can lead to accidents to passengers.

Klíčová slova

Řízení, manévr, bezpečnost, zrychlení, zpomalení, rychlost, veřejná doprava, komfort, kvalita

Key words

Driving, maneuver, safe, acceleration, deceleration, speed, public transport, comfort, quality

Bibliografická citace

HLAVOVÁ, V. *Měření jízdních manévrů vozidel hromadné přepravy osob pro stanovení komfortní a bezpečné jízdy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2017. 76 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Stanislav Tokař.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

Bc. Vendula Hlavová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat Ing. Stanislavu Tokařovi, za vstřícnost, ochotu, obětovaný čas a velké množství cenných rad v průběhu vedení práce a po dobu studia.

Upřímné poděkování patří také mým rodičům a všem blízkým za jejich trpělivost, podporu po celou dobu mého studia.

OBSAH

1. MOTIVACE PROBLÉMOVÉ SITUACE	11
2. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	13
3. SOUČASNÝ STAV MHD V ČR	17
3.1 MHD	18
3.1.1 Tramvaj	18
3.1.2 Trolejbus	19
3.1.3 Autobus	20
3.1.4 Srovnání prostředků MHD	21
3.2 NORMATIVNÍ POŽADAVKY	22
3.2.1 Plocha pro cestujícího ve vozidle	23
3.2.2 Sedadla	24
3.2.3 Madla a držadla	27
3.2.4 Uličky	28
3.2.5 Podlaha	29
3.2.6 Schody	29
3.2.7 Osvětlení	30
3.2.8 Bezpečnostní značky	31
3.3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KOMFORT	31
3.3.1 Převážná špička	32
3.3.2 Výměna cestujících	33
3.3.3 Doba přemístění	34
3.3.4 Kapacita vozidel	34
3.3.5 Interval dopravy	35
3.4 JÍZDNÍ MANÉVRY PROSTŘEDKŮ HROMADNÉ DOPRAVY	35
3.4.1 Do zastávky	35
3.4.2 Přejíždění pro chodce	40
3.4.3 Světelné signalizační zařízení	41
3.4.4 Neočekávaná překážka	41
3.5 ŘIDIČI VOZIDEL	41
3.6 DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA BRNA	43
3.6.1 Vozový park tramvají	43
3.6.2 Vozový park trolejbusů	44
3.6.3 Vozový park autobusů	46
3.6.4 Vozovny	47
4. EXPERIMENT	49
4.1 CÍL PROVÁDĚNÍ ZKOUŠEK	49
4.2 PLÁNOVÁNÍ	49
4.3 REALIZACE MĚŘENÍ	50
4.3.1 Popis použitého měřiče	50
4.3.2 Místo výkonu jízdních zkoušek	52
4.3.3 Měřená vozidla	53
4.4 PRŮBĚH MĚŘENÍ	54
4.4.1 Subjektivní hodnocení jízdy	54
4.4.2 Exaktní měření jízdy	55
4.5 VYHODNOCOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT	56
4.6 CELKOVÉ VYHODNOCENÍ	59

4.6.1	<i>Tramvaj</i>	61
4.6.2	<i>Trolejbus</i>	64
4.6.3	<i>Autobus</i>	67
4.7	DISKUZE DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ	70
5.	ZÁVĚR	71
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	73
	SEZNAM PŘÍLOH	75
	SEZNAM OBRÁZKŮ	75
	SEZNAM TABULEK	76

1. MOTIVACE PROBLÉMOVÉ SITUACE

Městská hromadná doprava (dále jen MHD) poskytující přepravní služby je spolu s individuální automobilovou dopravou (dále jen IAD) velmi důležitou a nedílnou součástí každodenního života. Jedná se o veřejnou dopravu osob, která je určena pro více než 8 osob, dopravce ji poskytuje na linkách s určitou pravidelností na konkrétním území. (1) Poskytovány jsou hromadnými kolejovými nebo nekolejovými dopravními prostředky. Cestující se musí řídit platnými přepravními podmínkami. Pro zajištění plynulé, spolehlivé a zároveň bezpečné a komfortní jízdy musíme uvažovat spoustu aspektů, které nám ovlivňují každodenní cestování prostředky hromadné dopravy.

Z důvodu každoročního zvyšování počtu cestujících vzrůstá počet vypravených spojů oproti předchozím rokům. Kombinace MHD s IAD zejména v ranních a odpoledních špičkách má za následek hustou intenzitu provozu, se kterou se potýkají všechna větší města v České republice, výjimkou není ani město Brno. Řidiči se tak nevyhnou dlouhému stání v kolonách, které si chtějí často urychlit porušováním pravidel silničního provozu, které vedou k dopravním konfliktům a tím následnému ohrožování bezpečnosti. Jen hrstka lidí si vlastně uvědomuje, že tramvaj je vlastně vlak ve městě, který vykazuje naprosto jiné vlastnosti než motorová vozidla. Na rozdíl od vlaku nemá tramvaj svoji dráhu zabezpečenou proti silničním vozidlům, ale podléhá běžnému silničnímu provozu.

Důležitým měřítkem rozhodování se cestujícího pro využití prostředku MHD je časová dostupnost neboli celková doba jízdy v dopravním prostředku, včetně chůze na zastávku a ze zastávky, doby čekání na spoj a doby strávené přestupem. Z toho důvodu je potřeba, aby se lidem vnutila myšlenka bezpečné, pohodlné a zároveň spolehlivé jízdy ve smyslu pravidelných spojů podle jízdního řádu, která by mohla ovlivnit větší míru využívání MHD oproti IAD.

Cíl diplomové práce je zaměřen na komfort a bezpečí cestujících v MHD. Na základě vlastních provedených měření se pokusit stanovit mezní hodnoty zpomalení a zrychlení prostředků MHD (tramvaj, autobus a trolejbus) pro komfortní jízdu a mezní hodnotu pro jízdu nebezpečnou, při jejímž překročení již může docházet k úrazům cestujících. Měření budou prováděna v MHD v Brně, ve vytipovaných směrových obloucích či dlouhých úsecích, kde vozidlo může nabrat vysokou rychlost a jako poslední budou měřeny manévry vozidla do a ze zastávek. Mezní hodnota zpomalení a zrychlení bude zjišťována přístrojem XL meter. Měření proběhnou v běžném provozu cestujících v různých dnech a časech a v rozličných

typech vozidel. Vliv zpomalení a zrychlení působící na cestujícího budou hodnotit dva figuranti, jeden z pozice sedícího a druhý z pozice stojícího.

2. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Problematikou komfortu cestujícího během jízdy v prostředku hromadné dopravy se zabývala spousta autorů. Ve studiích byly řešeny zádržné systémy (Ruiz, 2012), vibrace podlah a sedadel (Smith, 1976), správné umístění cestujícího na invalidním vozíku (Turkovich, 2011) (Wretstrand, 2001), nehodovost (Thomas, 1995), komfort během jízdy (Melkie, 2013), (Nordin, 2016), výpočetní modelovací přístupy ke zlepšení bezpečí (Palacio, 2009) a komfortu (Castellanos, 2011). Studie se zabývaly i tématem řidičů, především jejich monitorováním (Zeeman, 2014), chováním (Dorn, 2010), jízdními vlastnostmi (Rakheja, 2011) a školením (ITS International, 2004). Starší studie se zabývala subjektivním hodnocením jízdního komfortu ve vzájemné vazbě s frekvencí a úrovní vibrací (Park, 1976).

Nebyly, ale bohužel nalezeny žádné studie, které by stanovovaly mezní hodnoty podélného a příčného zrychlení pro komfortní a nebezpečnou jízdu. I přes odlišnost ve vyhodnocování a tedy nemožnost porovnání námi získaných výsledků, stojí za zmínku některé z nich.

Experimentální studie z listopadu roku 2014, která proběhla v Jižní Itálii, se nejvíce podobá té naší. Zabývala se vnímáním komfortu cestujícími v autobusech, které byly podloženy hodnotami akcelerací. Měření proběhlo na dvou linkách mezi městy Cosenza a univerzitou Kalábrie. Důvodem měření bylo zjištění vnímaného pohodlí cestujícími během jízdy v MHD, protože pohodlí cestujících hraje největší roli ve spokojenosti cestujícího v dopravním prostředku. Metodika porovnává úroveň pohodlí vnímaná cestujícími s okamžitým zrychlením dopravního prostředku. (2)

K nalezení pohodlí cestujícího byla nutná znalost dvou aspektů. První položkou byly dotazníky, které cestující vyplňovali během jízdy (subjektivní údaje), které byly navrženy přímo pro studenty, kteří zastupovali největší procento přepravovaných na dané trase. Dotazník shromažďoval bližší informace o cestujícím, kterým je jeho věk, pohlaví, četnost přepravy a zbylou částí bylo hodnocení vnímání pohodlí v několika částech. (2)

Hodnotícími kritérii byly:

- 1. pohodlí spojené s úrovní hustoty dostupných sedadel
- 2. hluk a vibrace
- 3. drsnost trasy
- 4. jízdní chování

Každá část byla hodnocena na stupnici od 1 (nízká úroveň pohodlí) až po 5 (vysoká úroveň pohodlí). (2)

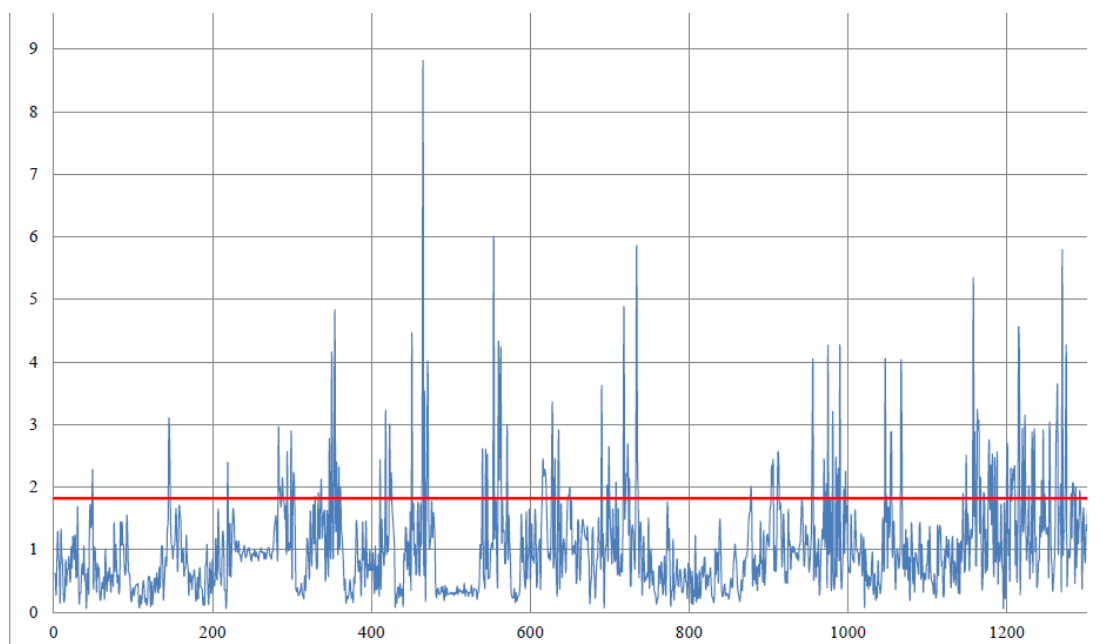
Druhou a zároveň velmi důležitou položkou byly kinematické parametry zjišťované měřením za jízdy (objektivní údaje). Pro měření byl použit smartphone vybavený GPS zařízením a tříosým akcelerometrem, který měřil podélné, boční a vertikální zrychlení. (2)

Měření se zúčastnilo přibližně 500 studentů, na linkách U4 a U6. Linky jezdí v čase od 7:30 do 0:30 hod., jejich frekvence je každou hodinu, během dopravní špičky každou půl hodinu. Průměrná provozní rychlost u linky U6 je výrazně menší oproti lince U4 a to z důvodu větší koncentrace zastávek na daném úseku. (2)

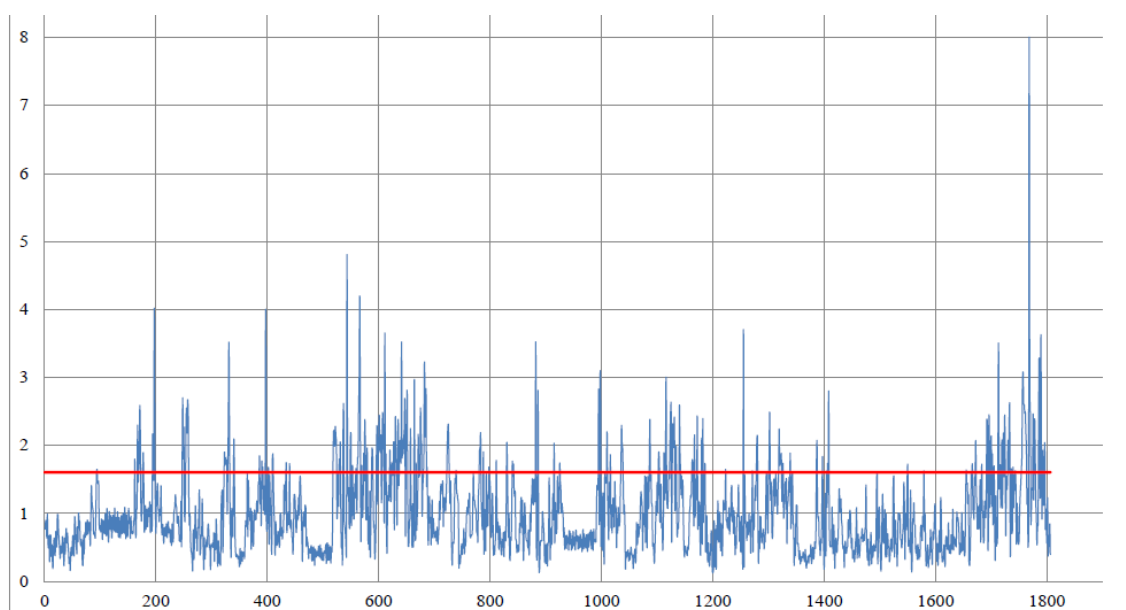
Linka	Vzdálenost	Počet zastávek	Doba jízdy	Provozní rychlost
U4	11,2 km	7	30 min	26 km/h
U6	10,7 km	14	35 min	18 km/h

Tab. 1: Základní charakteristiky měřených linek (2)

Analýza se zabývá dvěma specifickými charakteristikami, tím prvním je komfort související s chováním vozidla v důsledku zpomalení, brzdění a řízení a tím druhým je pohodlí spojené s drsností trasy. Tato analýza pak byla dále porovnávána s dvojosým a tříosým zrychlením. Výsledky hodnot zrychlení zjistíme jako velikost akceleračního vektoru v rovině pohybu z podélného a příčného zrychlení. Na základě vypočítaných hodnot, byly stanoveny prahové hodnoty (červená čára) a stanoveny dva komfortní indexy (nad a pod čarou). (2)



Obr. 1: Diagram tříosých okamžitých zrychlení na lince U6 (2)



Obr. 2: Diagram tříosých okamžitých zrychlení na lince U4 (2)

Druhým krokem k vyhodnocení byla potřeba najít všechny body z prahových hodnot (nad červenou čarou) a následné vypočítání poměru prahových hodnot k celkovému počtu bodů. Při tomto poměru došli k výsledku, že vzájemný poměr $0,13$ by mohl tvořit takovou pomyslnou mezní hodnotu, kde rozlišujeme nízkou nebo vysokou hodnotu úrovně pohodlí. V případě, že bude poměr celkových okamžitých hodnot k prahovým vyšší, než $0,13$ vyhodnocujeme jízdu jako nekomfortní, špatnou. Naopak, v případě že bude nižší, usuzujeme jízdu jako komfortní. (2)

Studie z prosince roku 2013 byla realizována v Indii, na různých trasách autobusových linek mezi Roorkee a Haridwar, Haridwar do Roorkee a Saharanpur do Roorkee. Byla rozdělena také na dvě části, subjektivní hodnocení bylo maličko odlišné, protože cestující dostal do ruky noviny a podle obtížnosti čtení hodnotili jednotlivé jízdy. Objektívni měření bylo realizováno vibračními měřeními na sedadlech a podlaze se svislými a bočními směry., kterými byl zjišťován vibračně – akustický komfort uvnitř prostoru vozidla. Každé měření trvalo zhruba 40 sekund a bylo měřeno pomocí čtyř kanálového zvuku (CESVA SC) a vibračního měřidla (SVAN 958). Působení zrychlení na podlahu a sedadla bylo zjišťováno triaxiálním akcelerometrem. Bylo prokázáno, že cestující mají pocit nepohodlí z vibrací a hluku ve srovnání s náhlými výkyvy nebo otřesy. Studie byla prováděna z důvodu správného návrhu sedadel v MHD. Byly zjištěny hodnoty maximálního zrychlení $2,85 \text{ m/s}^2$ u sedících cestujících (vibrace v sedadle) a $2,64 \text{ m/s}^2$ u měření stojících cestujících (vibrace v podlaze). Největšího nepohodlí pociťovali cestující sedící opření o sedadlo a položenými nohama na podlaze, z důsledku buzení nosné konstrukce na lidském těle. Cílem této studie bylo zvýšit znalosti o cestujících a navrhnout zlepšení pohodlí autobusu. (3)

V Číně ve městě Nanjing, se uskutečnila terénní studie, jejímž cílem bylo vytvořit model komfortu autobusu. Shromažďování dat bylo rozděleno podle několika parametrů, na hluk, vibrace, tepelný komfort a zrychlení. Měření byla rozdělena na objektivní, kde se měřili fyzikální parametry a subjektivní, pomocí dotazníků v prostředku, který byl rozdělen na obecné pocity cestujícího z jízdy a konkrétní, které musel zodpovědět okamžitě. Celkem bylo provedeno 241 měření, kterých se zúčastnilo 954 cestujících. (4)

V první řadě byly potřeba pro výpočet výzkumu zjistit, zda faktor, který byl předpokládán, mohl ovlivnit celkové pohodlí. Faktor byl zjišťován pomocí Pearsonovy korelace, měřítka závislosti mezi dvěma konstantními veličinami. Následně se provedly regresivní analýzy, aby bylo možné číselně ohodnotit subjektivní pocity. Hodnota OBC, je stanovena na základě kombinovaného modelu všech parametrů, které jsou pro komfort cestujícího důležité. (4)

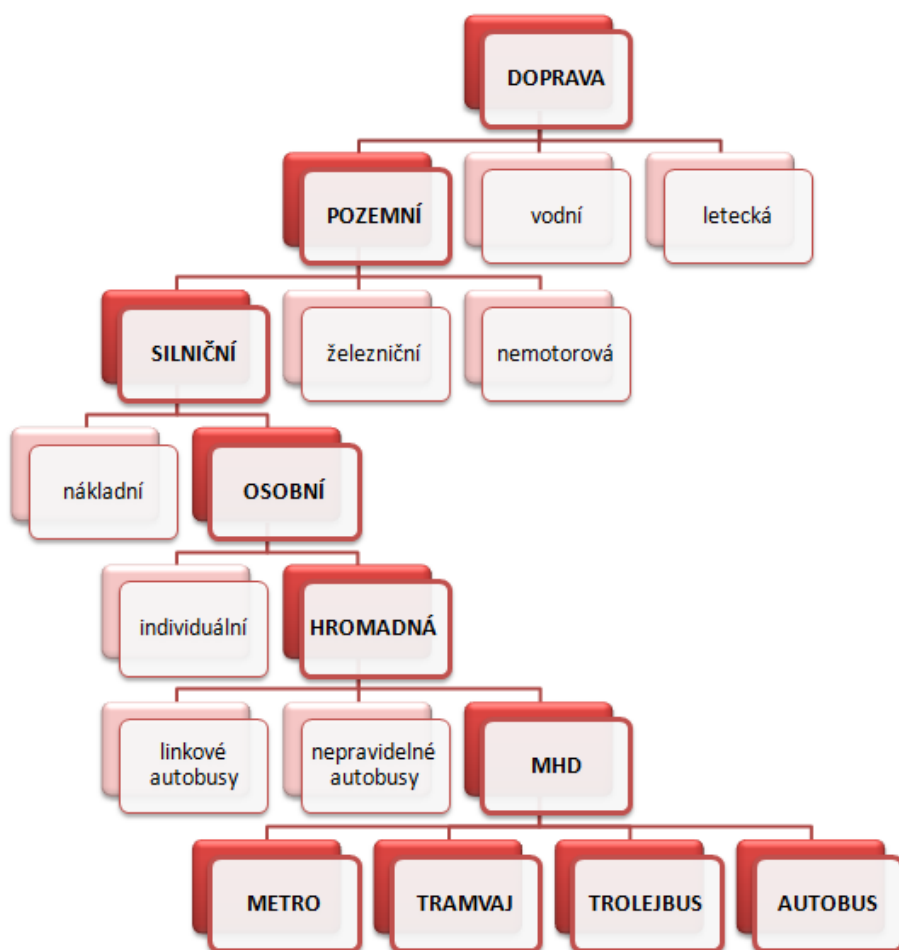
$$OBC = 0,214 * věk - 6,41 * pohlaví + 3,177 * zdraví - 0,612 * hluk - 0,687 * tepelný komfort - 1,079 * vibrace - 94,213 J' + 163,174 (R^2 = 0,74) \quad (4)$$

Pomocí rovnice pro výpočet OBC(Overall Bus Comfort), celkového komfortu v autobusu, byla stanovena optimální míra pohodlí v autobusech, která upozorňuje řidiče autobusů, které jsou vybaveny kontrolkou LED, zda je systém OBC ve vozidle dobrý. (4)

3. SOUČASNÝ STAV MHD V ČR

Doprava je velmi důležitá pro rozvoj společnosti, především pro národní hospodářství a celkovou prosperitu státu. Existuje mnoho definicí dopravy, tou nejvýstižnější je doprava charakterizována jako – „ Činnost spjatá s cílevědomým přemísťováním osob a hmotných předmětů v nejrůznějších objemových, časových a prostorových souvislostech za použití různých dopravních prostředků a technologií. “ (5)

Dopravu dělíme podle toho, v jakém prostoru je uskutečňována na silniční, vodní a leteckou. Pro naše účely se budeme zabývat dopravou silniční, která se dále dělí podle druhu dopravního prostředku a dopravní infrastruktury na dopravu silniční, železniční nebo nemotorovou. Podle toho, co přepravujeme, rozdělujeme dále silniční dopravu na osobní, (přeprava osob), nebo nákladní, (přeprava věcí). Osobní dopravu pak rozdělujeme na hromadnou a individuální podle prostředku, ve kterém cestujeme, a ta se dále rozděluje podle toho, kde se pohybujeme, kam cestujeme, z toho důvodu existuje doprava městská, regionální, dálková, vnitrostátní mezinárodní.



Obr. 3: Rozdělení dopravy

3.1 MHD

MHD je zvláštním druhem hromadné osobní dopravy, která zajišťuje přepravu osob hromadnými kolejovými i nekolejovými prostředky v rámci města. MHD se vyznačuje velkým přepravním výkonem při malé průměrné vzdálenosti. Jedná se o systém linek osobní veřejné dopravy, která zajišťuje obsluhu v daném městě, kde platí jednotné přepravní a tarifní podmínky. (5)

Nejčastěji využívané prostředky jsou tramvaje, trolejbusy a autobusy. Ve větších městech nad milion obyvatel se využívá jiných způsobů MHD, kterými je například metro, městská železnice nebo příměstská železnice. (6)



Obr. 4: MHD ve městech ČR

3.1.1 Tramvaj

Tramvaje patří do kolejové dopravy. K pojezdu slouží kolejnice, které jsou uloženy na vozovce společně s dopravou nekolejovou, ale na rozdíl od trolejbusů a autobusů mají na většině území města vyhrazený vlastní jízdní pruh. I přesto se musí kolejová doprava řídit pravidly silničního provozu. Vlaky jsou nejčastěji složeny ze dvou vozů, výjimečně ze tří.

Jejich provoz je hustý, vzdálenosti mezi zastávkami jsou malé především v centru města, což způsobuje častou změnu rychlostí, rozjíždění se a zastavování v zastávkách. Tyto manévry jsou příčinou rychlého opotřebování kol a kolejnic. Jejich zdrojem jednosměrný proud vrchního vedení, odběr proudu je zajištěn pomocí pantografu, který je umístěn na střeše tramvajového motorového vozu. (7)

Takovýto kolos není vždy jednoduché zastavit. I ty nejmenší prázdná vozidla váží okolo 16 tun, když k tomu přičteme i váhu cestujících ve voze, dostaneme se na celkovou hmotnost soupravy až 60 tun. Dalším velkým problémem je přenos brzdných sil z kovového kola kolejnici, která způsobuje delší brzdnou dráhu a nemožnost okamžitého zastavení vozidla. Tento fakt si spousta řidičů ani neuvědomuje, a proto nadále ohrožují svůj vlastní život a bezpečí cestujících. (8)

Město	Provozovatel
Brno	Dopravní podnik města Brna, a.s. (DpmB)
Liberec	Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce na Nisou, a.s. (DpmLJ)
Most a Litvínov	Dopravní podnik měst Mostu a Litvínova, a.s.
Olomouc	Dopravní podnik města Olomouce, a.s.
Ostrava	Dopravní podnik Ostrava (DpO)
Plzeň	Plzeňské městské dopravní podniky, a.s. (Pmdp)
Praha	Dopravní podnik hlavního města Prahy, a.s. (DpP)

Tab. 2: Tramvajové provozy v ČR

3.1.2 Trolejbus

Poměrně ekologicky nezávadný dopravní prostředek, který nezatěžuje životní prostředí jako autobus, přitom je kapacitně srovnatelný. Při jízdě po pozemní komunikaci jsou směrově vázány na vrchní trolejové vedení. Díky tomu se můžeme s trolejbusy setkávat v historických částech města, pěších, rekreačních a lázeňských zónách. Mají největší přednosti v akceleraci a stoupání hlavně při jízdě v kopcovitém terénu. Výstavba trolejbusových tratí je poměrně nákladná, přestože trolejbusy využívají k pojezdu pozemní komunikace, je potřeba se zaměřit na stožáry s trakčním vedením, podzemní kabelové připojení, měničny proudu a v neposlední řadě technologické vybavení vozovny. (7)

Město	Provozovatel
Brno	Dopravní podnik města Brna, a.s. (DpmB)
České Budějovice	Dopravní podnik města České Budějovice, a.s. (DpmCB)
Hradec Králové	Dopravní podnik města Hradec Králové, a.s. (DpmHK)
Chomutov a Jirkov	Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova (DpmChJ)
Jihlava	Dopravní podnik města Jihlavy, a.s. (DpmJ)
Mariánské Lázně	Městská doprava Mariánské Lázně, s.r.o. (MdML)
Opava	Městský dopravní podnik Opava, a.s. (MdpO)
Ostrava	Dopravní podnik Ostrava (DpO)
Pardubice	Dopravní podnik města Pardubic, a.s. (DpmP)
Plzeň	Plzeňské městské dopravní podniky, a.s. (Pmdp)
Teplice	Arriva Teplice, s.r.o.
Ústí nad Labem	Dopravní podnik města Ústí nad Labem, a.s. (DpmU)
Zlín a Otrokovice	Dopravní společnost Zlín – Otrokovice, s.r.o. (DsZO)

Tab. 3: Trolejbusové provozy v ČR

3.1.3 Autobus

Silniční motorové vozidlo s uzavřenou karoserií sloužící pro přepravu osob, kde minimální počet míst k sezení je devět. Jsou nejméně náročným druhem dopravy při výstavbě sítě, protože není potřeba vystavovat speciální komunikace. Autobusy využívají komunikace společné s individuální dopravou, a proto se při využívání autobusů musejí zřizovat nové pouze zastávky a nádraží. Tím jsou autobusy ze všech prostředků MHD nejvíc znevýhodněny, protože u nich dochází ke stejným komplikacím jako u individuální dopravy. Nevyhnou se dopravním zácpám, která je nutí k nízké rychlosti vozidel, dochází ke zpoždování spojů prodloužení intervalů mezi jednotlivými spoji a tím snížený komfort pro cestujícího. Proto velmi vytížených úseků, se zřizují samostatné jízdní pruhy pro autobusy, které zvyšují komfort i kapacitu těchto spojů. Tyto samostatné pruhy není možné z důvodu kapacity dopravní sítě umisťovat kamkoli a výstavba výrazně zvyšuje náklady. Mezi další nevýhody patří ekologické problémy, kdy tyto dopravní prostředky zatěžují území hlukem, exhalacemi

zvířeným prachem. Ekologickým řešením je přechod určitých linek na elektrobusesy nebo trolejbusy nebo změna trasy linky. Autobusy dělíme na nízkopodlažní, jednopodlažní, dvoupodlažní a kloubové. (7)

3.1.4 Srovnání prostředků MHD

	Tramvaj	Trolejbus	Autobus
Vliv na životní prostředí	pozitivní	pozitivní	negativní
	ekologický provoz bez škodlivých exhalací	ekologický provoz bez škodlivých exhalací	neekologický provoz se škodlivými exhalacemi
Investiční náročnost	vysoké náklady na budované tratě	velké náklady na trolejové vedení	bez nákladů - využívání stávajících komunikací
Druh motoru	elektrický trakční	elektrický trakční	spalovací
Účinnost motoru	vyšší ve srovnání se spalovacím	vyšší ve srovnání se spalovacím	nižší ve srovnání s elektrickým trakčním
Energie	závislá na dodávce elektrické energie	závislá na dodávce elektrické energie	nezávislá na dodávce elektrické energie
Běh na prázdko	nedochází ke ztrátám energie	nedochází ke ztrátám energie	dochází ke ztrátám
Hlučnost	vysoká	nízká	vysoká
Převážný výkon	velká kapacita	malá kapacita	malá kapacita
Přetížitelnost ve špičce	velká	malá	malá
v dopravní špičce	nepodléhá vlivům silničního provozu	podléhá vlivům silničního provozu	podléhá vlivům silničního provozu
v době výpadku proudu	nespolehlivé	nespolehlivé	spolehlivé
v zimním období	spolehlivá	nespolehlivá	nespolehlivá
Možnost pohybu	bez volnosti pohybu	malá volnost pohybu	volnost pohybu
	po předem určené dráze	lze objet menší překážku	možnost změny trasy
Rozjezd a brzdění	úspora při rozjezdu a brzdění	úspora při rozjezdu a brzdění	velká spotřeba pohonných hmot při rozjezdu a brzdění
Zastavení u hrany nástupiště	nelze	lze	lze

Tab. 4: Srovnání jednotlivých typů MHD (9)

3.2 Normativní požadavky

V následující kapitole se budeme podrobně charakterizovány navrhováním interiéru všech částí ve vozidle včetně jejich rozměrů a celkové konstrukce dopravních prostředků kategorie M2 a M₃ podle předpisu Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů. (10)

Tento předpis platí pro jednopodlažní, dvoupodlažní, pevná nebo kloubová vozidla s kapacitou nad 22 cestujících včetně řidiče. Vozidla jsou rozdělena do třech tříd, prostředky hromadné dopravy řadíme do II. třídy, která jsou konstruována tak, aby bylo možné přepravit cestující sedící i stojící v uličkách.

Třída	Vozidla
I.	pro stojící cestující umožňující častý pohyb
II.	hlavně pro sedící cestující a stojící cestující v uličkách
III.	výhradně pro sedící cestující

Tab. 5: Třídy vozidel s kapacitou nad 22 cestujících

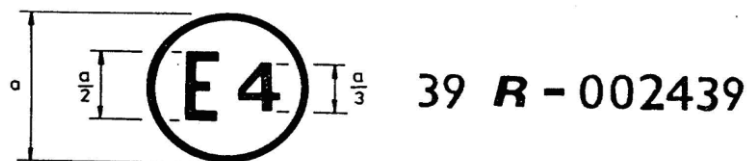
Můžeme se setkat s kloubovými vozidly, pro která je typická kloubová část na vozidle spojující pevné části vozidla. Tento kloub umožňuje cestujícím volně přecházet z jedné části vozidla do druhé. Často využívané jsou i nízkopodlažní vozy, ve kterém se nachází minimálně 35 % plochy pro stojícího cestujícího, kde má cestující přístup alespoň k jednomu východu bez schodů.

Vozidla musí být navrhována tak, aby splňovaly prvky pasivní i aktivní bezpečnosti. Mezi pasivní prvky řadíme nejčastěji to, jak je vyřešen daný interiér a exteriér vozidla. Aktivními prvky bezpečnosti myslíme stabilitu vozidla, brzdy, atd.

Homologací jednotlivých konstrukčních částí na vozidle se zabývá Vyhláška č. 341/2002 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. (11) Aby mohlo být vozidlo označeno tzv. evropskou homologační značkou, musí se řídit předpisy EHK OSN. Tyto předpisy jsou úředně ověřovány v autorizovaných zkušebnách, které mají pověření provádět homologační zkoušky.

Homologační značka se může týkat celého vozidla nebo jen součásti vozidla. V případě, že se homologační zkoušky týkají vozidla jako celku, homologační značka je vyznačena na homologačním štítku vozidla. Pokud se jedná pouze o jednotlivé součásti vozidla, dostane

homologační značku část podrobená zkouškou a následně se může montovat na jakékoliv vozidlo.



Obr. 5 Homologační značka EHK na motorovém vozidle (11)

Číslice v kruhu označuje rozlišovací číslo země, které udělil danou homologaci. České republice patří číslo 8. Dvojčíslí před R je číslo homologačního předpisu. První dvě čísla za R označují konkrétní schválení a zbývající číslice udávají číslo homologačního protokolu. Homologační značka musí být čitelná a nesmazatelná.

3.2.1 Plocha pro cestujícího ve vozidle

Rozlišujeme plochu celkovou S_0 a plochu pro stojícího cestujícího S_1 . Sedící cestující má plochu vymezenou v rámci jednoho místa k sezení, tedy jednoho sedadla.

Celková plocha S_0 , je plocha podlahy vozidla zjištěná odečtením následujících ploch ve vozidle:

- plochy prostoru pro řidiče
- plochy schodů u dveří i jakéhokoliv dalšího schodu s hloubkou menší než 300 mm
- plochy o světlé výšce od podlahy menší než 1350 mm
- plochy zakázané přístupu cestujících
- plochy vyhrazeného pouze pro přepravu zboží nebo zavazadel.

Plocha povrchu, která je stojícímu cestujícímu k dispozici se značí jako S_1 . Tuto plochu spočítáme jako celkovou plochu S_0 bez níže uvedených ploch

- plochy přesahující sklon 8 %
- plochy, které nejsou cestujícímu přístupné v případě obsazení všech sedadel a plochy pro invalidní vozíky, na kterých je zákaz stání
- ploch všech částí o světlé výšce nad podlahou menších než výška uličky 1900 mm
- ploch menších než obdélník o rozměru 400 mm x 300 mm
- plochy před příčnou svislou rovinou procházející středem sedáku řidičova sedadla

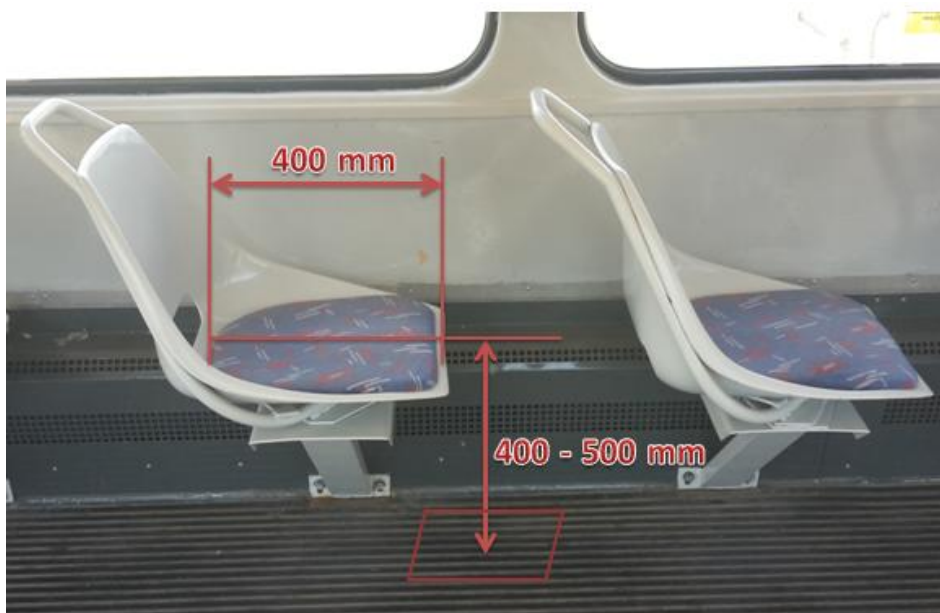
- plochy 300 mm před všemi sedadly, u bočně orientovaných sedadel 225 mm
- plochy o zákazu stání
- plochy prostoru pro invalidní vozík

Volný prostor pro cestujícího zkusíme pomocí vertikálního pravoúhlého panelu, který je složen ze dvou panelů. První panel je 20 mm hrubý, o šířce 400 mm a výšce 700 mm nad podlahou, na něm je symetricky umístěn druhý panel o šířce 550 mm a výšce 950 mm pro třídu II. Pro zkoušení světlosti uliček se využívá válcové figuríny, která kopíruje pohyb cestujícího při výstupu z vozidla. Musí být konstruovány tak, aby umožňovaly volný pohyb cestujícího vozidlem.

3.2.2 Sedadla

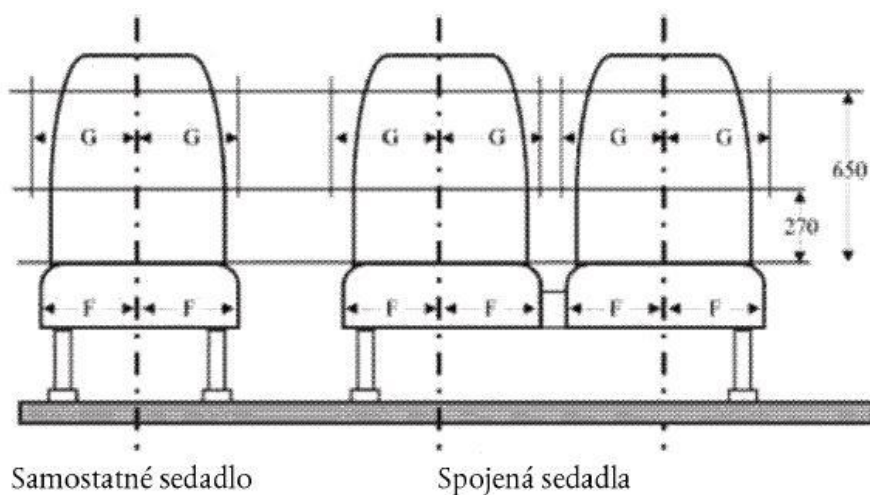
Rozlišujeme několik typů sedadel podle tvaru, materiálu a jejich umístění vůči sobě. Ve vozidlech všech trakcí se můžeme setkat se samostatným sedadlem nebo sedadly spojenými. Prostor pro sedícího cestujícího je vymezen právě rozměrem daného sedadla.

Jednotlivé sedačky mají své pevné rozměry, kterými se musíme řídit. Minimální hloubka sedačky měřená od okraje sedadla po začátek opěradla je stanovena na hodnotu 400 mm. Výška, ve které musí být sedadlo umístěno nestlačené sedadlo nad podlahou, je od 400 do 500 mm.

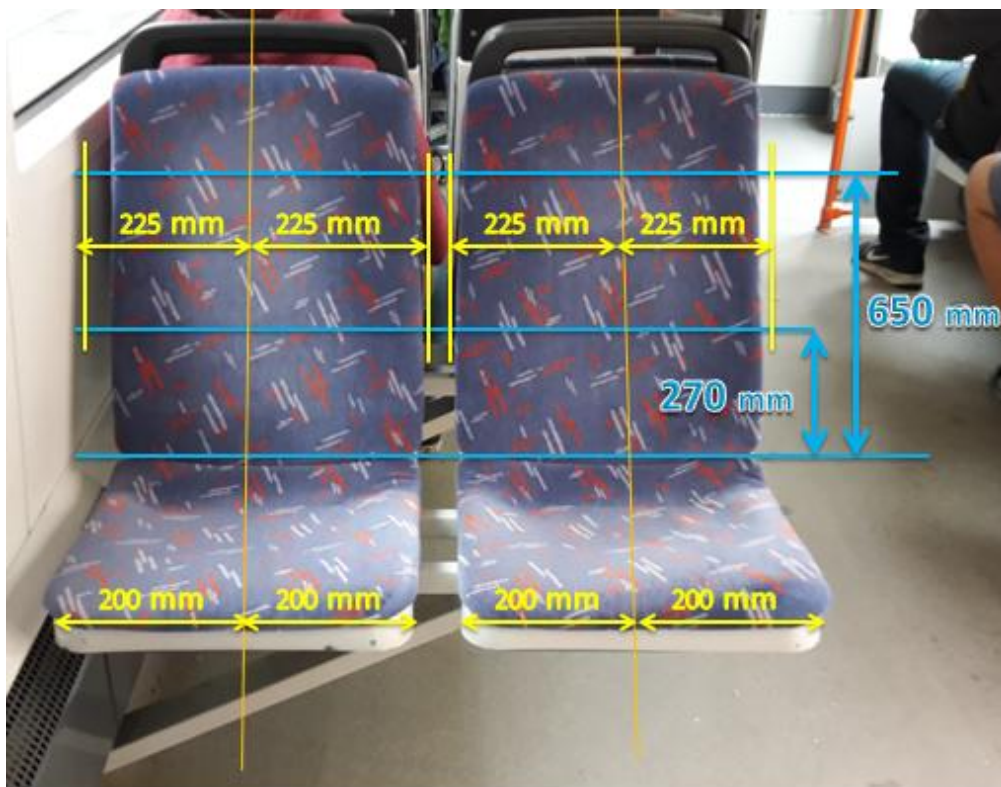


Obr. 6: Hloubka a výška sedáku

Sedací plocha je u obou typů sedadel 400 mm široká, hodnota F je teda 200 mm od osy sedáku na k bočním hranám sedáku. Šířka v prostoru opěrky je u následujících typů odlišná. samostatného sedadla nabývá hodnot 500 mm, kdežto u sedadel spojených, neboli lavicových sedadel je šířka tohoto prostoru menší 450 mm. Lavicovými sedadly jsou myšleny řady dvou a více sedadel, která jsou uspořádány vedle sebe. Šířku měříme opět od osy opěrky po boční hranu ve středu mezi výškou od 270 mm do 650 mm od nestlačené sedačky.



Obr. 7: Šířka sedadel pro cestující, rozměry v mm

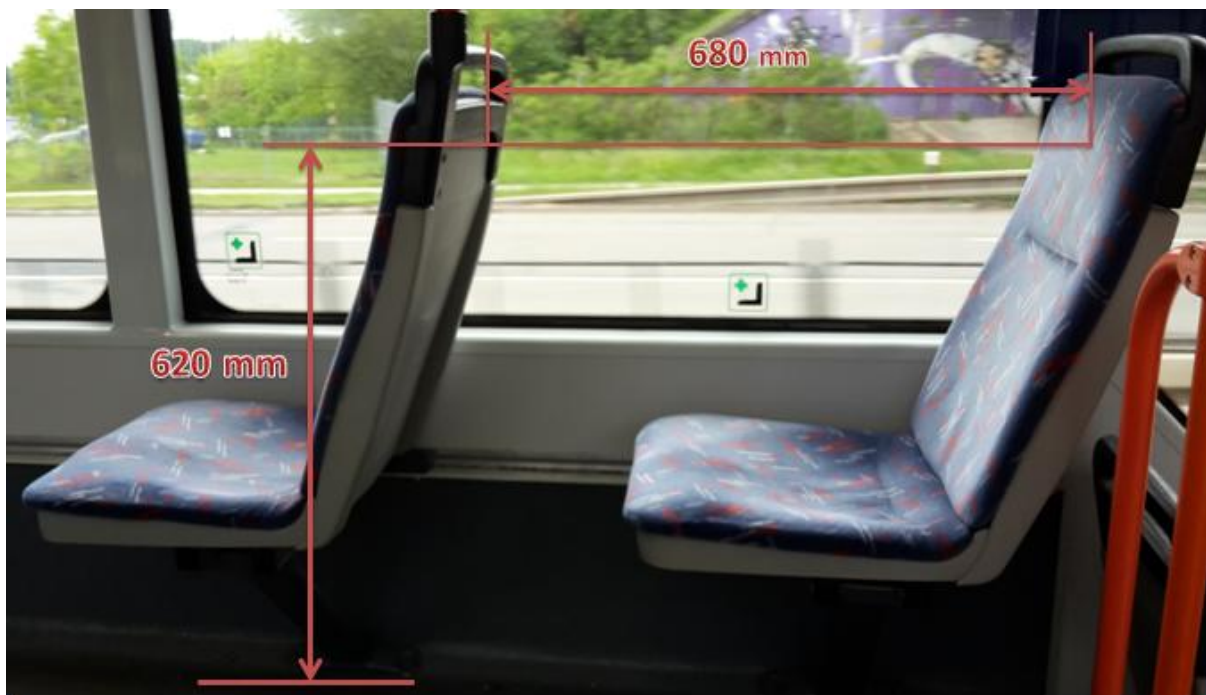


Obr. 8: Rozměry spojených sedadel

Vzdálenosti mezi jednotlivými sedadly jsou dány podle jeho uspořádání. V případě, že jsou sedadla příčně uspořádaná naproti sobě, je minimální vzdálenost stanovena na 1300 mm. Pro uspořádání sedadel za sebou je prostor mezi přední a zadní opěrkou sedadla minimálně 680 mm, která je měřena ve vzdálenosti 620 mm nad podlahou.



Obr. 9: Min.vzdálenost pro příčně orientované sedadla naproti sobě



Obr. 10: Min. vzdálenost pro sedadla uspořádané za sebou

3.2.3 Madla a držadla

Zábradlí a všechna držadla ve vozech městské hromadné dopravy musí splňovat všechny požadavky, aby svou nefunkčností neohrožovalo zdraví cestujících. Musí být tedy dostatečně pevné, poctivě konstruované a namontované. Jejich povrch by měl být tvořen kontrastní barvou a nesmí klouzat. Průřez se musí konstruovat tak, aby byl lehce uchopitelný. Jeho délka by měla být alespoň 100 mm, a žádný z jeho rozměrů by neměl být menší než 20 mm nebo větší než 45 mm z důvodu bezpečnosti. Volný prostor mezi zábradlím nebo držadlem a karosérií vozidla by měl být minimálně 40 mm.

Pro stojící cestující musí být dostatečné množství zábradlí i držadel. Plochy, kde sedadla neoddělují prostor mezi bočními stěnami, tam musí být navrženo horizontální zábradlí ve výšce od 800 mm do 1500 mm. Protože se počet madel musí dimenzovat na celkovou plochu ve vozidle, připevňují se na držadla madla, která mohou být z různého materiálu, plastová, gumová. Hlavním úkolem těchto madel je udržitelnost ve své poloze.



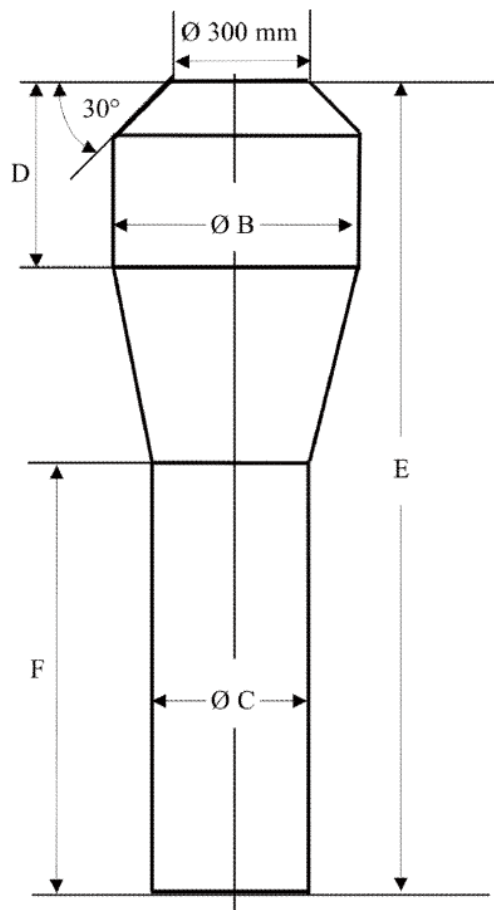
Obr. 11: Druhy madel, vlevo-gumový, vpravo-plastový

Plochy, které nemají u bočních stěn sedadla, musí být opatřeny madly ve výšce mezi 800 mm a 1500 mm nad podlahou.

U provozních dveří musíme také uvažovat madla, u dvojdílných lze vyřešit montáží jedné středové tyče nebo jednoho středového madla. Madla musí kopírovat sklon schodů, aby byla lehce uchopitelná v kterékoliv pozici, a jsou umístěna ve výšce mezi 800 mm a 1100 mm.

3.2.4 Uličky

Pro měření správné konstrukce uličky používáme měřicí zařízení ve formě figuríny, která má rozměry stanoveny v tab. 6. Všechny uličky musí umožnit snadný průchod měřicího zařízení. Měřicí zařízení se skládá ze dvou sousých válců s obráceným komolým kuzelem mezi ně vloženým.



Obr. 12: Figurína pro uličky

B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]
550	350	500	1900	900

Tab. 6: Rozměry figuríny pro třídu II.

Měřicí zařízení se může dotknout všech závěsných držadel nebo jakýchkoliv pružných předmětů, které lze snadnou odsunout. Zařízení musí bez problémů i u kloubových vozidel v kloubové části, žádná zařízení nesmí zasahovat do uličky. Nepřípustná jsou sklápěcí sedadla v uličkách a sedadla pohyblivá do strany. Schody v uličkách nesmí být menší než daná ulička. Sklon uličky nesmí v podélném směru přesahovat 8% a 5% ve směru příčném.

Směr	max. sklon uličky
podélný	8%
příčný	5%

Tab. 7: Sklon uličky pro vozidla třídy II

3.2.5 Podlaha

Podlahovou krytinu stanovuje norma ČSN 300250, která musí být z protiskluzového materiálu nebo musí být mít alespoň protiskluzovou úpravu. Podlaha musí být dostatečně pevná a nepromokavá. Podélný sklon podlahy nesmí přesahovat 8% a příčný sklon 4%. Všechny části vozu musí být uzpůsobeny k bezpečnému a rychlému pohybu cestujícího, včetně kloubových spojů.



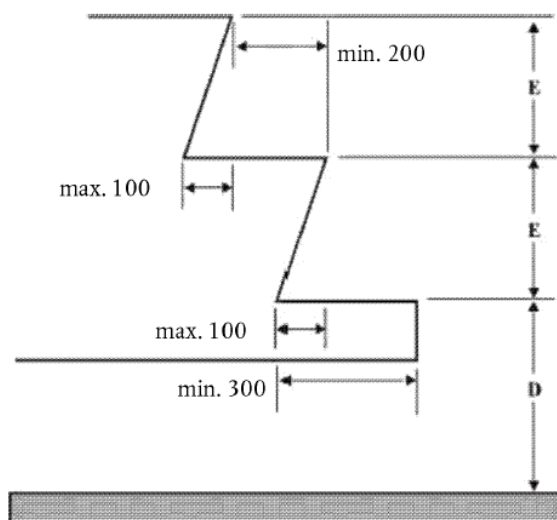
Obr. 13: Typy podlah ve vozidlech DPMB

3.2.6 Schody

Výšku prvního schodu stojícího vozidla měříme od země na rovné ploše v jeho pohotovostní hmotnosti. Schod měříme u vnějšího okraje v jeho středu. Na měření mají vliv nahuštěné pneumatiky, které musí odpovídat údajům stanoveným výrobcem pro maximální technicky přípustnou hmotnost naloženého vozidla.

Nášlapná plocha schodu je 300 mm široká, v případě více jak jednoho schodu může schod zasahovat až 100 mm do oblasti svislého průmětu dalšího schodu, v tomto případě musí průmět horní hrany na plochu schodu pod ním tvořit nášlapnou plochu o šířce minimálně 200 mm. Náběhy schodů musíme konstruovat s ohledem na bezpečí cestujícího, proto

se zvýrazňují kontrastní barvou vůči jeho okolí. Všechny schody musí být opatřeny protiskluzovým povrchem o maximálním sklonu 5%.



Obr. 14: Schody pro cestující, rozměry v mm

První schod od podlahy D	max. výška[mm]	380
	min. hloubka[mm]	300
Ostatní schody E	max. výška[mm]	350
	min. výška[mm]	120
	min. hloubka[mm]	200

Tab. 8: Rozměry schodů k obr. 13

3.2.7 Osvětlení

Osvětlení v prostoru dveří má v první řadě usnadnit nástup a výstup cestujícím a další důležitou funkcí, aby mohl mít řidič lepší přehled o přítomnosti cestujících v prostoru dveří. Světla musí být namontována tak, aby osvětlovala rovnou vodorovnou část podlahy o šířce 2 m. Světla bílé barvy musí být namontována tak, aby se spouštěly pouze v momentě otevření dveří a následné vypnutí světla než vozidlo dosáhne rychlosti 5 km/h.

Umělé vnitřní osvětlení musí zajišťovat osvětlení všech částí ve vozidle.

- všechny schody
- prostor u provozních dveří a každý východ
- jakákoliv překážka

Ve vozidle jsou zavedeny minimálně dva okruhy pro případ, že by jeden okruh vypadl.

3.2.8 Bezpečnostní značky

Tato značka musí sdělovat pouze jednu zprávu, která zaručuje cestujícímu bezpečnost. Zpráva musí být ve formě piktogramu, která může být doplněna textem a číslicemi. Značka musí být vhodně umístěna a orientována, lehce čitelná a snadno srozumitelná.

Bezpečnostní značka se skládá z několika částí. V horní části informuje cestujícího o druhu nebezpečí, prostřední část obsahuje pokyny, jak ve chvíli nebezpečí postupovat a spodní část je nepovinná a mohou v ní být uvedeny méně důležité informace.



Obr. 15: Bezpečnostní značka

Piktogramy slouží ke znázornění úkonů, které musí cestující provést v případě nouze. Nejčastěji zde bývá vyobrazena postava nebo příslušná část lidského těla, která manipuluje se zařízením. Při úkonu, který vyžaduje pohyb je potřeba vyobrazit šipkou naznačující směr pohybu. Jedná-li se o rotační pohyb, musí být šipka vyobrazena kruhově. Piktogramy musí detailně popsat průběh daného výkonu.

Bezpečnostní značka bývá nejčastěji umístěna vevnitř vozidla tak, aby nebyla zakryta. Každý únikový východ musí být označen a piktogramy musí být čitelné zevnitř i zvenku vozidla. V případě vnitřních nebo vnějších nouzových ovladačů a zařízení určených k rozbití oken musí být bezpečnostní značky umístěny v jejich blízkosti nebo přímo na nich.

3.3 Faktory ovlivňující komfort

Aby byl cestující během jízdy i mimo ni uspokojen, bude záležet na mnoha faktorech, které ovlivňují komfort a bezpečnost během celé jízdy včetně přestupů. U každého typu vozu MHD bude nabídka pro cestující rozdílná. Z pohledu nabídky míst k sezení a stání, nástupu do vozidla. Pro starší osoby, tělesně postižené nebo maminky s kočárky jsou velmi využívány vozy se sníženou výškou podlahy.

Dalšími faktory, kterých si cestující ve vozidle všímá a hodnotí, ač si to možná ani neuvědomuje je uspořádání, tvar a potah sedadel, rozmístění madel, přidržovacích tyčí ve vozidle a technika jízdy řidiče.

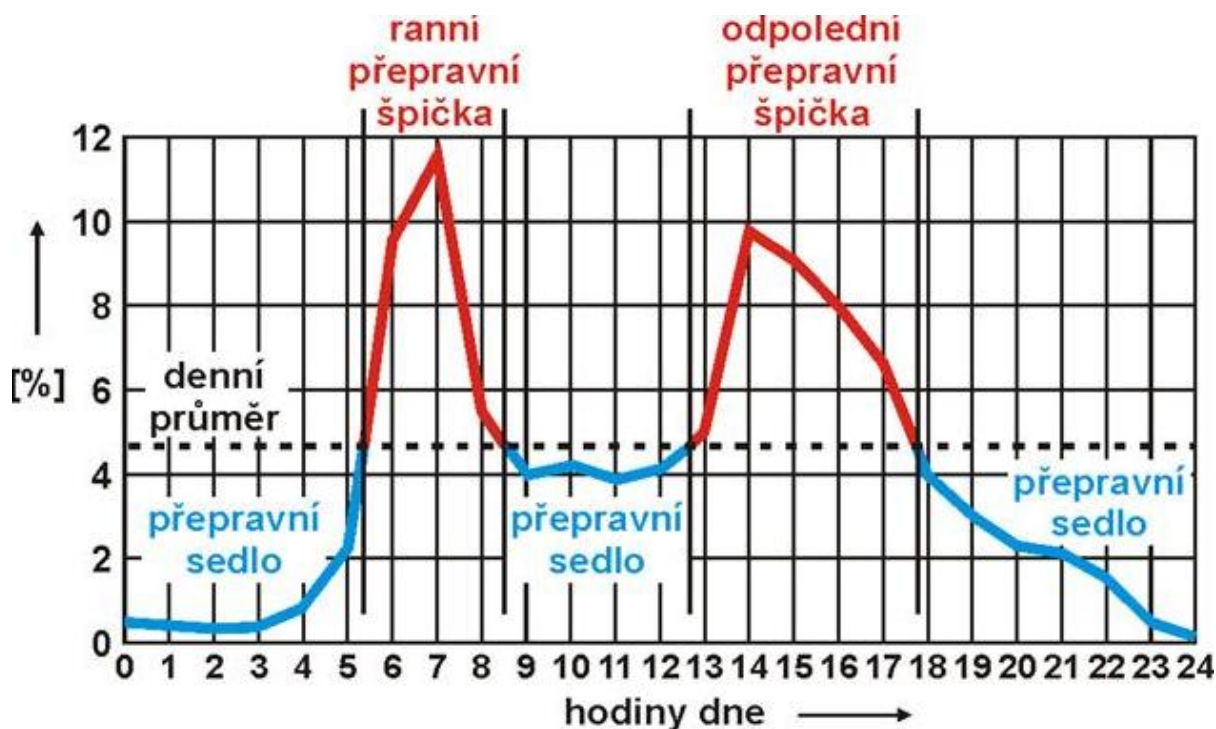
Mezi komfort cestujících musíme řadit i pohodlí mimo vozidlo MHD způsobené přestupem na jinou linku. Síť MHD je natolik rozsáhlá, že cestujícího většinou jedna linka neuspokojí, a proto musíme počítat s pohodlím i během přestupů. Informovanost se především zajišťuje cestujících pomocí orientačních plánek, jízdních řádů, označení dopravních prostředků, zastávek.

Bezpečnost je považována za úplně nejdůležitější faktor při přepravě cestujících, kdy cestujícímu řídící se přepravním řádem má být zajištěna bezpečnost. Dopravní podnik má vysoké nároky i na své řidiče, kteří musí zvládnout stresové situace v dopravních špičkách, která bývá hlavní příčinou častých dopravních nehod.

3.3.1 Přepravní špička

Zásadní faktor, který ovlivňuje komfort cestujícího v MHD je přepravní špička, která se vyznačuje vysokým počtem přepravovaných osob, velkou intenzitou přepravního proudu a především časovou nerovnoměrností. Z toho to důvodu je potřeba optimálně nadimenzovat kapacitu jednotlivých linek v závislosti na různých denních intenzitách. Značné komplikace způsobuje především nehomogenní zatížení dopravy během dopravní špičky a dopravního sedla. Dopravní špičky jsou rozděleny na ranní a odpolední, kdy intenzivnější, ale kratší je špička ranní oproti špičce odpolední. Je to z důvodu větší koncentrace cestujících přepravujících se do práce a do škol. Dopravní sedlo je tedy úsek mezi ranní a odpolední přepravní špičkou, kde nastávají velké problémy v řízení provozu z důvodu velkých rozdílů mezi špičkou a sedlem.

V přepravní špičce se zhorší kvalita dopravy, snižuje se bezpečnost a zároveň i komfort cestujícího. Řidič má omezený výhled z důvodu přeplněného vozidla, hrozí tedy nebezpečí dopravní kolize. Zároveň se snižuje rychlost vozidel, což má za následek zpoždování spojů, nedodržování jízdních řádů, který omezuje komfort cestujícího.



Obr. 16: Relativní četnost cest uvedená jako procento celodenní hodnoty v počtu přepravovaných osob za hodinu v průměru pracovního dne v MHD (12)

3.3.2 Výměna cestujících

Je jedním z důležitých faktorů, které ovlivňují případný komfort cestujících v MHD. Základem je výměna cestujících na zastávkách, která zajišťuje nepřeplněnost linek. Největší problém nastává v případě, kdy cestující pouze nastupují a žádní nevystupují. Počet přepravovaných osob na jednom spoji je tedy mnohonásobně větší, než je hodnota obsaditelnosti vozidla.

Klíčem ke spokojeným cestujícím je poskytování větší množství linek než skutečně využijí. Ke zvyšování komfortu cestujících je potřeba stanovení obsaditelnosti jednotlivých dopravních prostředků.

Obsaditelnost prostředků rozdělujeme na normální neboli návrhovou, nebo maximální. Normální obsaditelnost navrhujeme na nové tratě. Na místo ke stání o rozloze $1,0 \text{ m}^2$ podlahové plochy připadá 5 cestujících, oproti maximální, kde se počítá s 8 osobami. Na jedno místo k sedění, tedy počtu sedadel připadá $0,315 \text{ m}^2$, je u normální i maximální obsaditelnosti stejný.

Obsaditelnost na 1 m^2	Návrhová	Maximální
Stojící cestující	5osob	8osob

Tab. 9: Obsaditelnost prostředků o rozloze 1 m^2 (10)

3.3.3 Doba přemístění

U přeprav na krátkou vzdálenost se cestující rozhodují mezi pěší chůzí nebo přepravou MHD. Je to převážně z důvodů časových intervalů, které musí vyčkat, než dorazí na místo jimi určené.

Doba přemístění je vyjádřena vztahem: (12)

$$t_p = t_1 + t_{\check{c}} + t_{dp} + t_{pre} + t_2 [\text{min}]$$

kde: t_1 ... doba chůze na zastávku [min]

$t_{\check{c}}$... doba čekání na spoj [min]

t_{dp} ... doba přepravy [min]

t_{pre} ... doba přestupu [min]

t_2 ... doba chůze ze zastávky [min]

Doba chůze je závislá na rychlosti chůze cestujícího, která je uvažovaná v rozmezí 4,0 až 4,4 km/h a průměrné délce chůze k zastávce. Doba čekání na spoj je složitější, protože záleží, zda cestující zná časy odjezdů spojů nebo nezná. Měříme ji od příchodu cestujícího na zastávku po samotný odjezd dopravního prostředku ze zastávky. Doba čekání je závislá především na době příchodu cestujícího na zastávku, pravidelnosti spoje, spolehlivosti a přesnosti dopravy.

3.3.4 Kapacita vozidel

Kapacita vozidel ve velké míře ovlivňuje pohodlí cestujícího v MHD. Kapacita může být definována jako statická nebo dynamická. Statická kapacita vozidel je definována jako obsaditelnost vozidla, kterou zjišťujeme počtem osob, které mohou být za daný okamžik přepravovány. Přesný počet se vyjadřuje součtem míst k sezení a počtem míst k stání v tab. 10. Maximální obsaditelnost se vypočte na základě průměrné hmotnosti jednoho cestujícího, která byla stanovena na 70 kg z důvodu vysoké přepravy dětí. Jelikož MHD je

přepřavou osob na krátké vzdálenosti, počet míst ke stání převyšuje počet míst k sezení, v poměru 1:2 – 1:4.

Obsaditelnost →	Normální (normovaná)		Maximální	
plocha na 1 místo ↓				
Stání	0,2 až 0,25 m ²	4 až 5 osoby na 1 m ²	0,125 m ²	8 osob na 1 m ²
Sezení	0,315 m ²		0,315 m ²	

Tab. 10: Obsaditelnost vozidla (10)

Druhé hledisko je dynamické neboli tzv. přepravní. Přepravní kapacita prostředků přepravit za jednotku času určité množství osob v jednom směru.

3.3.5 Interval dopravy

Je charakterizován časovým intervalem po sobě jedoucích vozidel ve stejném směru. Je nutné, abychom stanovili interval větší, než je jeho minimum, abychom zabránili shlukování linek na zastávkách nebo křižovatkách při hustém provozu.

Měřítkem kvality dopravy je interval dopravy neboli počet vozidel za hodinu. Aby nedocházelo k přeplněným linkám, intervaly v dopravní špičce by neměly být delší jak 10 minut a v dopravním sedle než 20 minut. Minimální hodnota nedosahuje intervalu menšího než 2 minuty a to z důvodu různých překážek při provozu jako je zdržení cestujícími v zastávkách, na křižovatkách nebo dopravních zácpách. (13)

3.4 Jízdní manévry prostředků hromadné dopravy

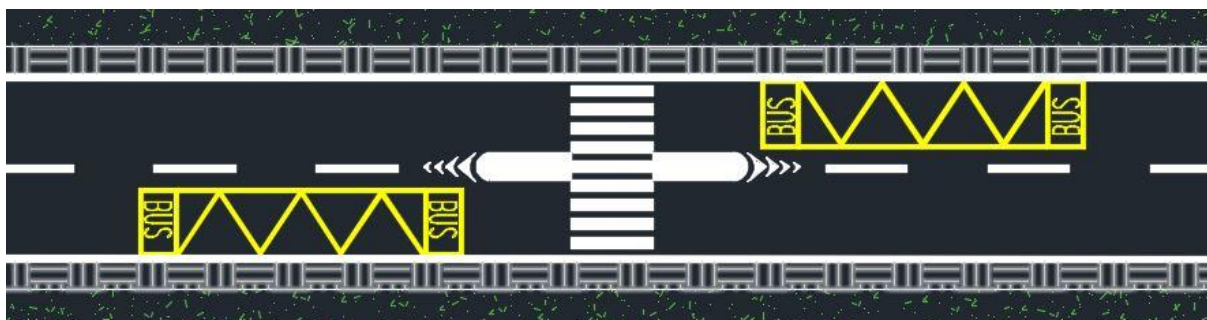
Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky se navrhují podle normy ČSN 73 6425-1. (14) Zastávky se dělí podle jejich umístění, můžeme se setkat se zastávkami přímo v jízdním pruhu, které značně ostatní účastníky silničního provozu. Dalším typem jsou zastávky v samostatném zastávkovém pruhu a zastávky součástí vyhrazeného jízdního pruhu pro vozidla MHD, taxi služby a cyklisty.

3.4.1 Do zastávky

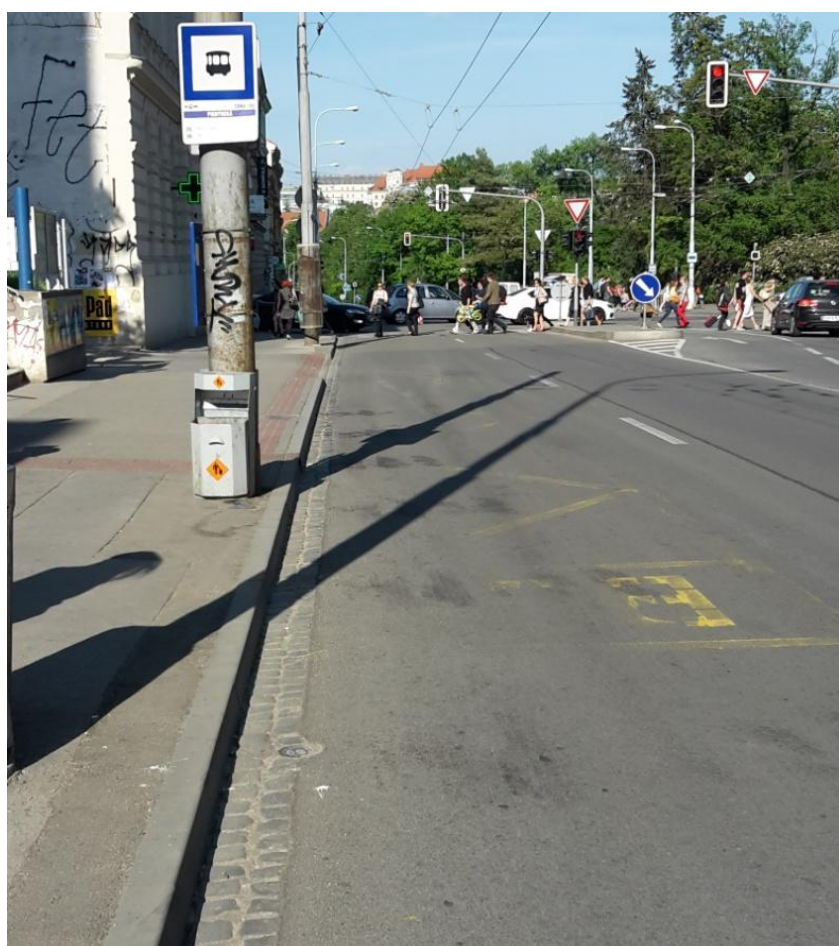
Přímo v jízdním pruhu

Tyto zastávky se používají pouze ve stísněných podmínkách, kde nelze navrhnout samostatné zastávkové zálivy. Přejech pro chodce je umístěn z důvodu bezpečnosti vždy před čelem zastávky, a je oddělen pomocí středního dělicího ostrůvku, která znemožňuje vozidlům

předjíždět stojící vozidla v zastávce. Není podmínkou, že jej musíme navrhovat pouze ve stísněných poměrech. V některých lokalitách se tyto zastávky budují ve prospěch zlepšení životního prostředí. Minimalizují se plochy vozovek a rozšiřují se plochy pro pěší nebo cyklisty. Navíc zastávky v jízdním pruhu přímo řídí dopravu v daném místě, protože řidiči motorových vozidel jsou odkázáni na tempo jízdy městského hromadného prostředku. (1)



Obr. 17: Zastávka přímo v jízdním pruhu dle (14)



Obr. 18: Foto zastávky přímo v jízdním pruhu

V samostatném zastávkovém pruhu

V rámci dané šířky komunikace v šířkově omezeném uličním profilu

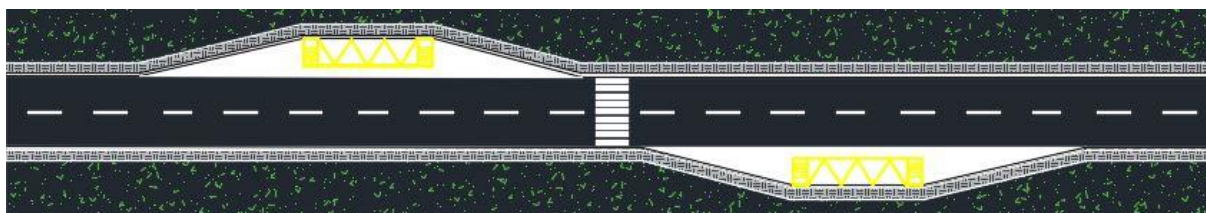
V této variantě je umožněn plynulý průjezd řidičům motorových vozidel. V místech, kde to šířkové uspořádání dovoluje, je možné lokálně vytvořit 3 jízdní pruhy na vytvoření zastávkového prostoru, který musejí vozidla objíždět. Proto je v tomto případě odlišnost v navrhování přechodů pro chodce, kdy je velmi důležité, aby přechod byl umístěn vždy za koncem zastávky z důvodu dostatečného rozhledového poměru. Zastávky musejí být opticky rozlišeny žlutým nebo bílým vodorovným dopravním značením. Výhodné je v těchto případech i zvýraznění plochy zastávky barevně odlišného krytu vozovky. (1)



Obr. 19: Zastávka v pruhu v šířkově omezeném profilu dle (14)

V samostatných prostorově neoddělených zálivech – odlišené pouze opticky

Nenáročné řešení návrhu zastávky, které spočívá ve vytvoření zálivů pro autobusovou nebo trolejbusovou dopravu. Zastávky jsou opět od přiléhající vozovky opticky odděleny barevným krytem vozovky ve spojení s vodorovným dopravním značením. Přechod pro chodce jako u předchozího typu, je navrhován za koncem zastávky, pro zajištění dostatečných rozhledových poměrů v obou případech, jak pro pěší, tak pro řidiče motorových vozidel. (1)



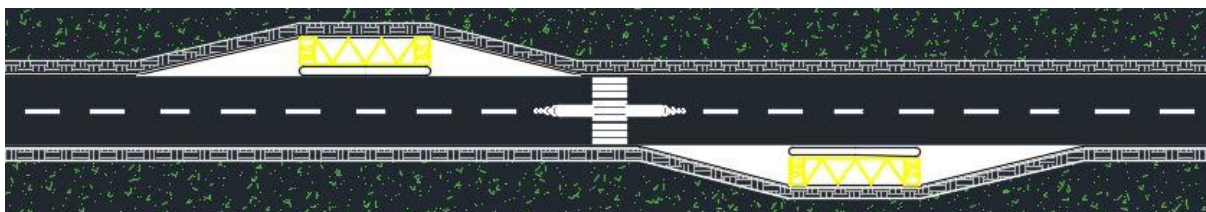
Obr. 20: Zastávka v pruhu – opticky odlišená dle (14)



Obr. 21: Foto zastávky v pruhu – opticky odlišené

V samostatných zálivech s dělicím ostrůvkem

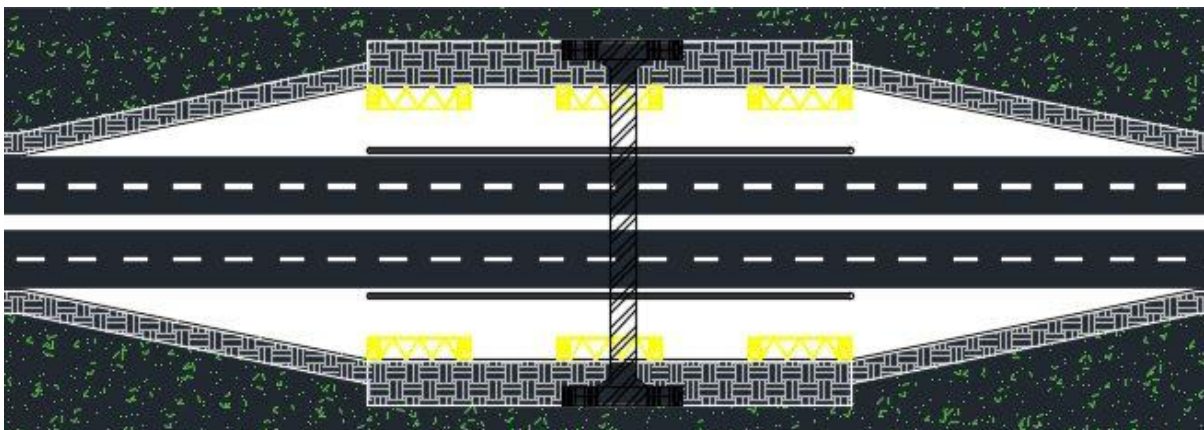
Přidaným prvkem v zastávkovém pruhu je dělicí ostrůvek, který fyzicky dělí veřejnou komunikaci od přilehlé zastávky. Zastávka je navržena pouze pro vjezd jednoho prostředku MHD, z důvodu neschopnosti předjíždění a objíždění v zastávce. Přejchod pro chodce opět navržen, tak aby vzájemně propojil obě zastávky. (1)



Obr. 22: Zastávka v pruhu s dělicím ostrůvkem dle (14)

V samostatných prostorově neoddělených zálivech – odlišených pouze opticky

Zastávky jsou zřizovány především v místech větší koncentrace linek městské dopravy nebo v návaznosti s přestupem na železniční dopravu. Navrženy jsou tak, aby vzniklo některých zastávkových stání za sebou, které se nijak vzájemně neovlivňují. Většinou se takové zastávky vyskytují na velmi frekventovaných úsecích, proto zřizování úrovnových přechodů pro chodce bývá problematické a nebezpečné. Proto se zřizují nadchody, podchody, které přímo navazují do vestibulu železniční stanice nebo dalšího nástupiště. (1)



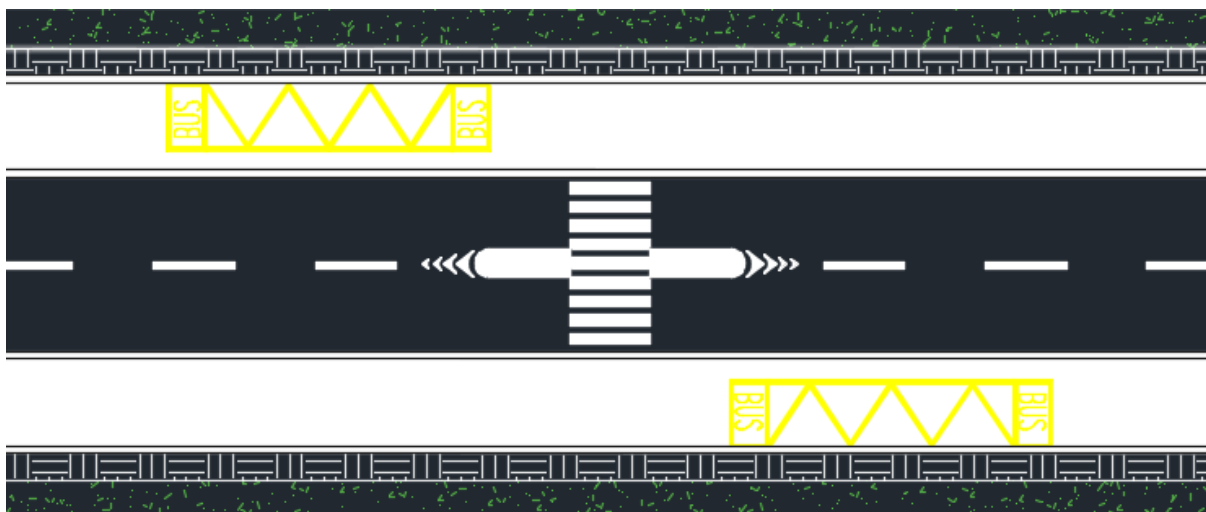
Obr. 23: Zastávka prostorově neoddělená – odlišená pouze opticky dle (14)



Obr. 24: Foto zastávky prostorově neoddělené – odlišená pouze opticky

Zastávka jako součást opticky vymezeného vyhrazeného jízdního pruhu

Zastávka se nachází v jízdním pruhu, který je určen pouze pro vozidla MHD, tedy neomezuje dopravu. Nenavrhujeme je naproti sobě z důvodů cestujících, protože by se přechod pro chodce dostával do nepřipustné pozice pro jednu ze dvou zastávek. Proto je přechod pro chodce situován na spojnici konců protilehlých zastávek. V této poloze mají chodci i řidiči motorových vozidel dostatečně zajištěné rozhledové poměry. (1)



Obr. 25: Zastávka v opticky vymezeném jízdním pruhu dle (14)



Obr. 26: Zastávka umístěná v opticky vymezeném jízdním pruhu

3.4.2 Přejech pro chodce

Přejech pro chodce se myslí ten přechod, který je označen svislým i vodorovným dopravním značením. U těchto případů zpomalování už tak nezávisí na konstrukci daného přechodu, jako spíše na reakci řidiče na osobu, která vstupuje do vozovky před blížícím se autobusem nebo trolejbusem. Chodec na přechodu pro chodce nemá před tramvají přednost.

3.4.3 Světelné signalizační zařízení

Změny signálu SSZ jsou navrženy v určitém časovém intervalu, které je řidičem těžko předvídatelné. I u SSZ jde především o reakci řidiče, zda si včas stihne všimnout změny signálu SSZ.

3.4.4 Neočekávaná překážka

Řidič musí při každém svém kroku předvídat skutečnost, že mu jeho cestu zkrátí řidič, chodec, nebo jiná neočekávaná překážka. Příčinou může být nedání přednosti nebo neoprávněný pohyb osob v průjezdném profilu.

3.5 Řidiči vozidel

Zvyšující se hustota provozu na našich silnicích vytváří poměrně náročné, vysoce stresující a rizikové prostředí pro všechny účastníky silničního provozu. Největší nápor je vyvíjen především na řidiče MHD, kdy jsou na ně kladeny větší požadavky na teoretické a praktické dovednosti. Řidiči musí zvládat hned několik činností najednou jako je vnímání, rozhodování a zpracovávání informací a zároveň zajistit bezpečnou jízdu cestujícím a neohrozit jiné účastníky silničního provozu. Proto by se i samotní cestující měli snažit ulehčit řidiči jízdu dodržováním provozních pokynů, bezpečným nástupem a obezřetností v zastávkách. Proto tak jak jsou pro řidiče předpisy zákonem, cestující se koupí jízdenky zavazují plnit při nástupu do vozidla Smluvní přepravní podmínky a jejich pravidla. (25)

Z toho důvodu se řidiči MHD řadí mezi tři nejohroženější profese podle Světové organizace práce (International Labour Organization). Evropská agentura zase zkoumala množství stresu v jednotlivých oborech, kde vyhodnotila jako nejvíce rizikové právě sektory pozemní dopravy. (15)

Pro výuku a následný výcvik nových řidičů se musíme řídit legislativními předpisy, mezi ty nejdůležitější patří zákon 266/1994 Sb. o drahách a zákon 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích. Dalšími velmi podstatnými jsou vyhlášky Ministerstva dopravy č. 101/1995 Sb. kterou se vydává Řád pro zdravotní způsobilost osob řídících drážní vozidlo a drážní dopravy a vyhláška č. 16/2012 Sb. o odborné způsobilosti osob řídících drážní vozidlo a osob provádějících revize, prohlídky a zkoušky určených technických zařízení ve znění pozdějších předpisů. (24)

Vyhláška č. 101/1995Sb. stanovuje věk a odbornou způsobilost řidičů, kde podmínkou je minimální věk 21 let, ukončené základní vzdělání, uchazeč musí splnit úspěšně dopravně psychologické vyšetření a být zdravotně způsobilý. (26)

Pokud řidič splňuje všechny požadavky, zúčastní se výcviku a následně skládá státní zkoušky, které organizuje drážní úřad. Zkouška se skládá z teoretické a praktické části, kde řidič ukazuje své nabitě vědomosti a dovednosti. Aby řidič státní zkoušku úspěšně splnil, musí řidič prokázat své schopnosti v přizpůsobivém a rozhodném způsobu jízdy, dodržování provozu na pozemních komunikacích, respektování ostatních účastníků silničního provozu. Požadují se reakce na změnu povětrnostních podmínek a včasné přizpůsobení jízdy. Velmi důležitou součástí, která patří ke splnění této zkoušky, je včasná reakce na chování dalších účastníků silničního provozu, kterými mohou být děti, chodci, cyklisti a osoby s omezenou schopností pohybu a orientace. Řidič si totiž musí uvědomit, že přebírá zodpovědnost za chování ostatních účastníků silničního provozu, proto musí mít cit pro předvídaní vývoje dopravní situace a dodržovat zásady pro defenzivní jízdu. Defenzivní jízda rozhodně neznamena pomalou jízdu, ale je to jízda, kdy při zachování maximální pozornosti dokáže řidič předvídat krizové situace a je připraven na ně reagovat. (26)

Řidiči mají přísně zakázáno za jízdy provádět činnosti, které by ohrožovaly bezpečnou jízdu cestujících. Mezi tyto činnosti se řadí bavení, kouření, jídlo a pití, poslech zvukového nosiče, telefonování, čtení a psaní. (27)

Řidič je povinen přizpůsobit techniku jízdy v závislosti na dané trati, dopravní situaci a v neposlední řadě i podle délky vozidla. Řidič se musí řídit všemi předpisy a musí dodržovat pokyny pro obsluhu vozidla, musí vědět jak s vozidlem zacházet šetrně a šetřit pohonné hmoty a zároveň se podle toho chovat. Ekologickou a ekonomickou technikou jízdy můžeme snížit značnou spotřebu paliva a díky tomu ušetřit významnou položku ve státním rozpočtu. Zrychlení při rozjezdech, brzdné zpomalení a boční síly nesmí ve velké míře obtěžovat a ohrožovat cestující. V případě intenzivního brzdného zpomalení musí řidič zkontrolovat cestující, zda se nikomu nic nestalo, případně tuto skutečnost zapsat do jízdního výkazu a nahlásit. (27)

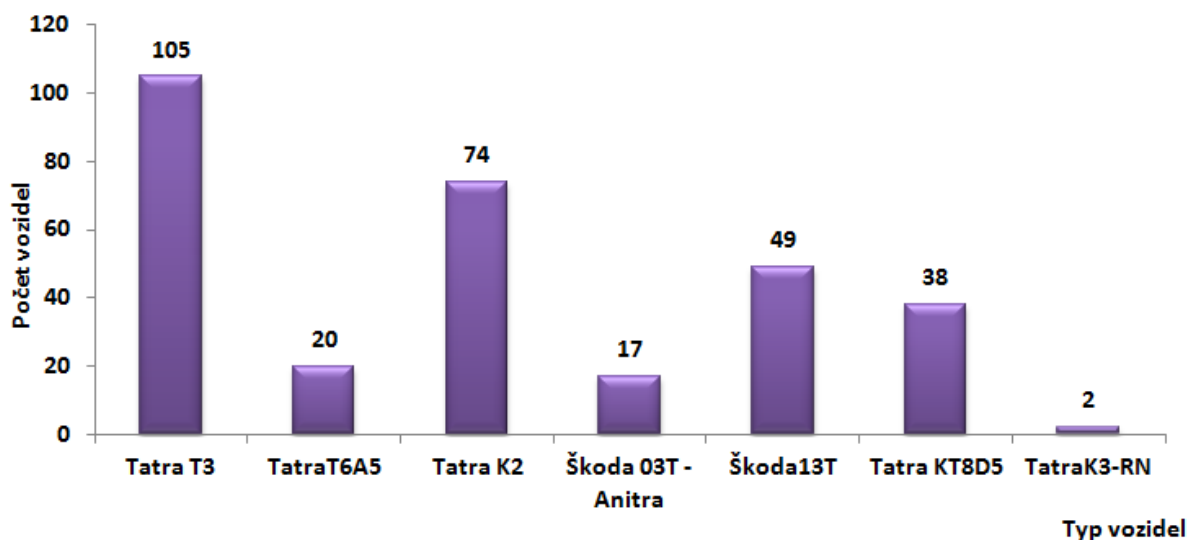
3.6 Dopravní podnik města Brna

Brno patří mezi jedno z největších měst v České republice hned po Praze, lidé zde jezdí za prací, za studiem, pro odbornou zdravotní péči nebo jen na výlety a kulturním vyžitím. Z tohoto důvodu MHD ve městě tvoří nejdůležitější součást života každého cestujícího z blízkého i dalekého okolí.

Za poslední roky se vozový park částečně omladil, DPMB nakoupil převážně nízkopodlažní vozy všech trakcí. Z finančních důvodů nemohly být vozové parky zcela omlazeny, a proto stále zůstává vysoké zastoupení starších dopravních prostředků ve vozovém parku. Statistiky z konce roku 2016 sčítají největší zastoupení tramvají, kterých dopravní podnik vlastní 305, naopak nejmenší počet vozů každým rokem jsou trolejbusy, kterých je 143. Vozový park autobusů představuje 297 vozidel. (16)

3.6.1 Vozový park tramvají

V grafu 1 je znázorněna struktura vozového parku tramvají, která poukazuje na největší zastoupení tramvají, které byly vyrobeny ČKD Praha – závod Tatra Smíchov, konkrétně se jedná o *Tatru T3*, kterých dopravní podnik vlastní 105 a *Tatru K2* o celkovém počtu 74. Nejmenší počet představují modernizované *Tatra K2* s názvem *Tatra K3R-N*, které jsou momentálně dočasně odstaveny. (17)

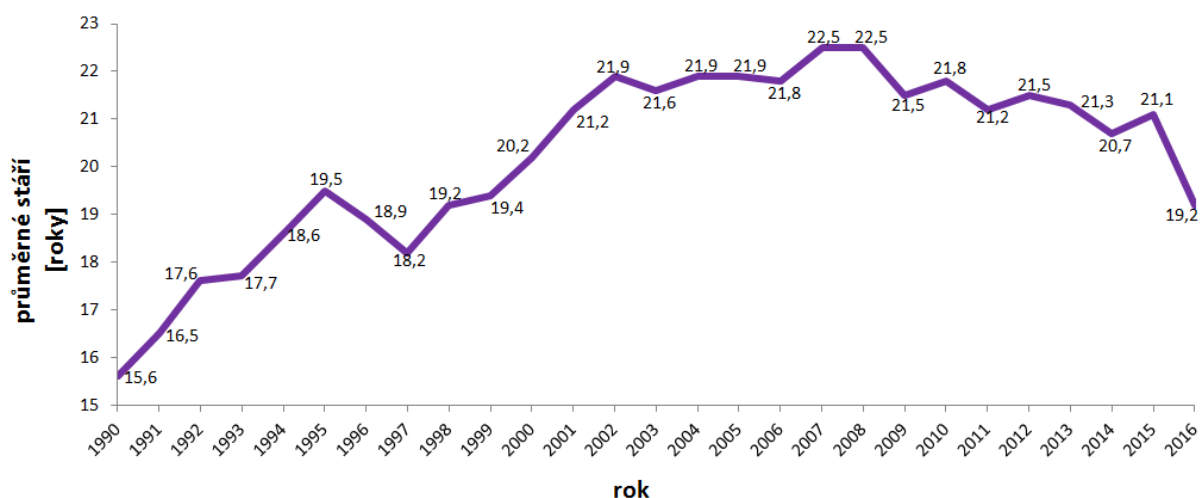


Graf 1: Grafické znázornění celkového počtu tramvají podle jejich typu (17)

Během roku 2016 se vozový park tramvají výrazně obměnil, kdy navýšil počet vozů *Škoda 13T6* o 20 kusů. Za loňský rok se rekonstrukcí dočkalo 9 vozů *Tatra T3* na *VarioLF* a 3 vozy *Tatra K2* na *Vario LF2*. Úplně byly odstaveny vozy *TatraT3M* a postupně se začaly

vyřazovat z provozu vozy *Tatra K2* a její modifikace *TatraK2R* a *Tatra K2R03* z důvodu sjetých kolových obručí a vozy *Tatra T3G*. Definitivně byl ukončen provoz vozů *Tatra RT6N1* a vlečných vozů *VV60LF*. (18)

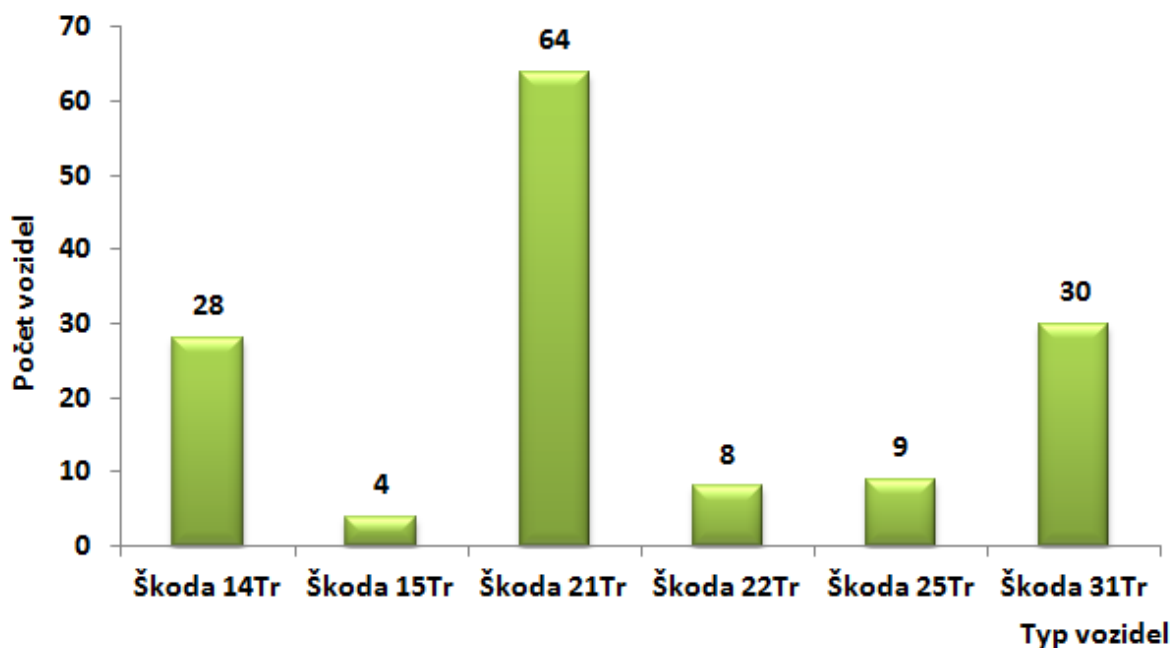
Celkově bylo tedy do provozu zařazeno 32 nových nebo zrekonstruovaných tramvají, 19 tramvají bylo vyřazeno z provozu. Průměrné stáří vozů tedy kleslo o téměř 2 roky na 19,2 let, je to poprvé co se podařilo snížit průměrný věk tramvaje pod 20 let. Vzrostl také počet nízkopodlažních tramvají a to přesně na 160 vozů, a celkový podíl je tím tedy navýšen na 52,5 %. V roce 2017 se plánují rekonstrukce tramvají v programu Vario, vozů *Tatra T3* a *K2*. Dodávky nových vozů se neočekávají. (18)



Graf 2: Grafické znázornění stáří tramvají DPMB (19)

3.6.2 Vozový park trolejbusů

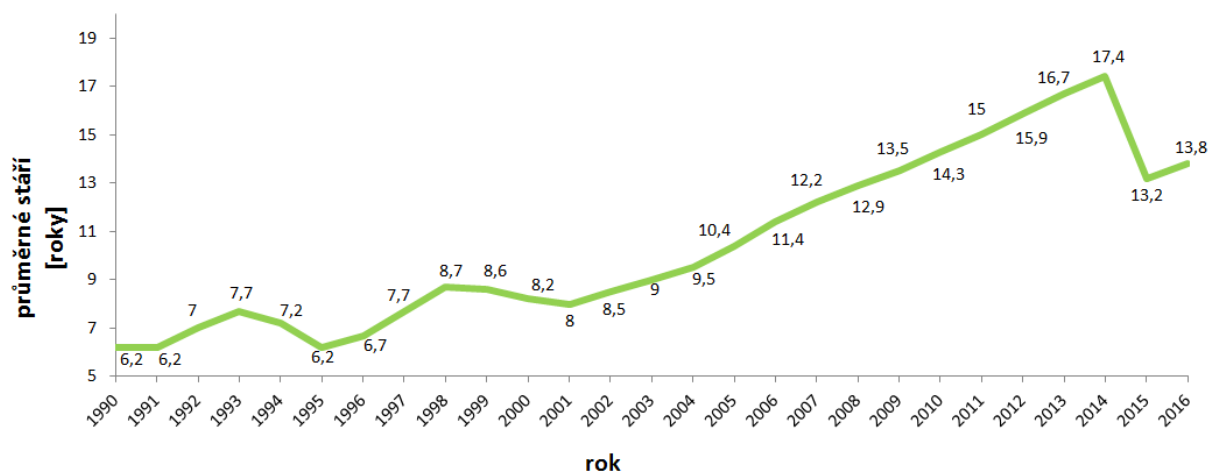
Z grafu 3 lze vyčíst, že dopravní podnik má k dispozici pouze šest typů trolejbusů značky Škoda. Nejpočetněji jsou zastoupeny nízkopodlažní vozy *Škoda 21Tr*, kterých je celkově 64. Od roku 2015 jsou dodávány kompletně nízkopodlažní vozy *Škoda 31Tr* v karoserii SOR. Zbylé typy trolejbusů mají do deseti vozů. (17)



Graf 3: Grafické znázornění celkového počtu trolejbusů podle jejich typu (17)

Rok 2016 pro trolejbusy můžeme shrnout jako nevýznamný. Do provozu byl uveden pouze jeden vůz *Škoda 21Tr*, a 5 jich bylo vyřazeno, především starší vozy *Škoda 15Tr* a *Škoda 14Tr*. V provozu je celkem 143 trolejbusů, z toho 91 sólo a 52 kloubových vozů. I u trolejbusů převažuje větší počet nízkopodlažních vozů, kterých je procentuelně 75,5%. Průměrné stáří vozidel se zvýšilo na 13,8 let. (18)

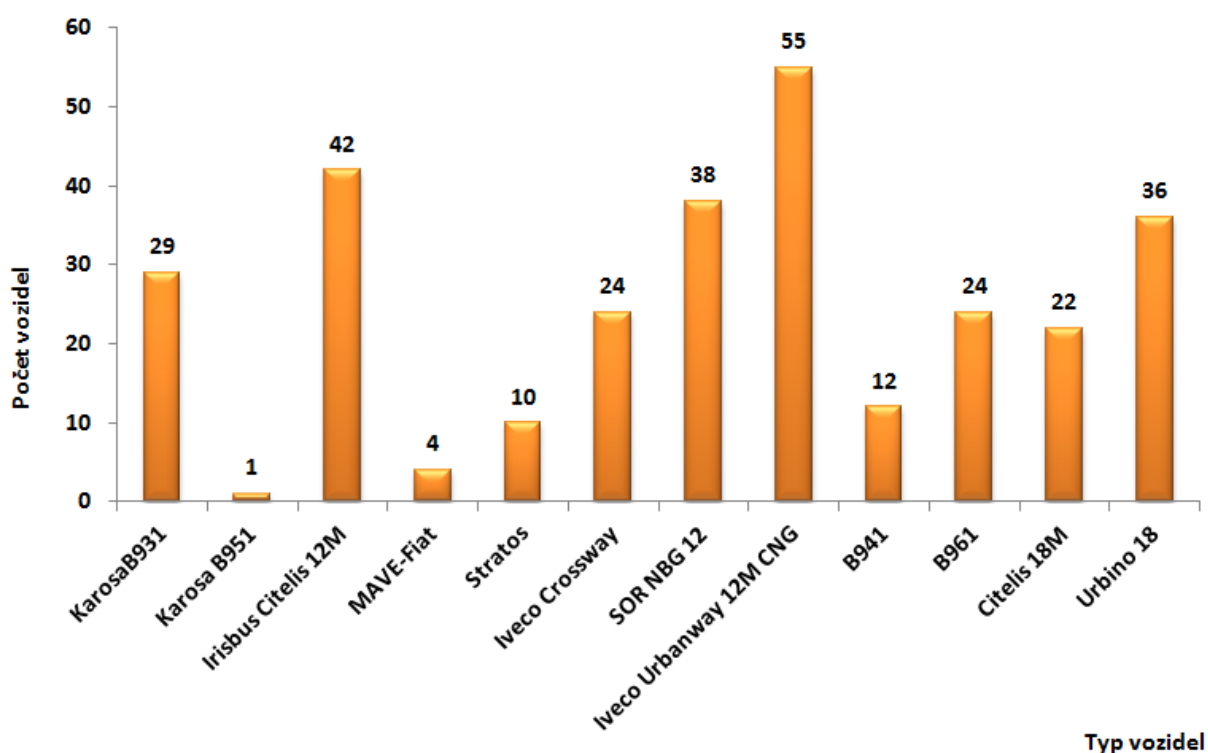
Do dalšího roku se plánuje v pokračování oprav vozidel. Připravuje se také vypsání výběrového řízení na deset kusů dvanáctimetrových trolejbusů s bateriemi pro samostatný pojezd a v dalších letech navyšování jejich počtu. (18)



Graf 4: Grafické znázornění stáří trolejbusů DPMB (19)

3.6.3 Vozový park autobusů

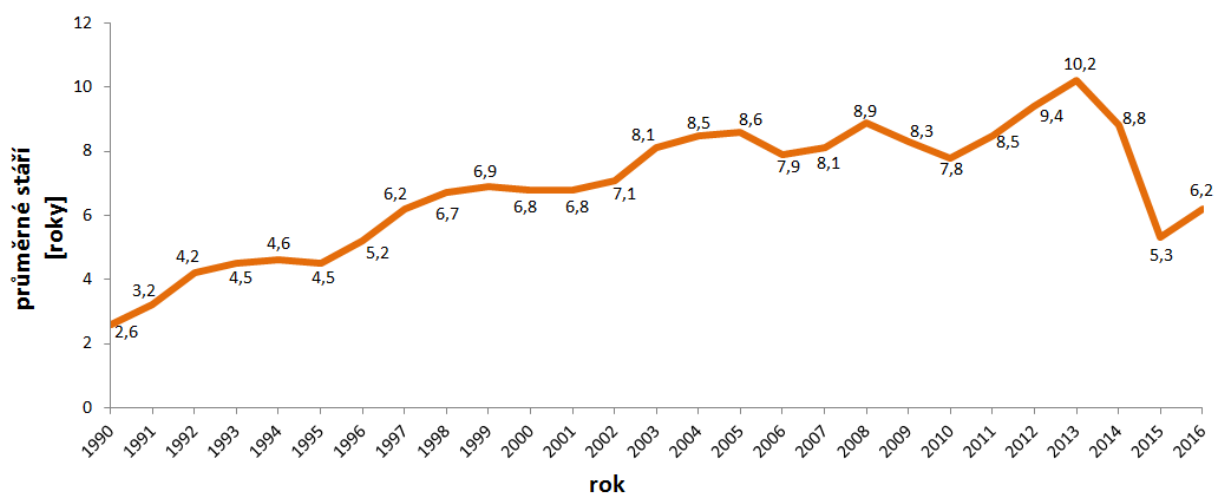
U autobusů je struktura vozové parku o něco více různorodá než u předchozích dvou trakcí. Dopravní podnik se může pyšnit 12-ti různými modely autobusů. Jak vyplývá z grafu 5, nejpočetnější zastoupení mají autobusy typu *Iveco Urbanway 12M CNG*, poháněné zemním plynem, který mají uložený ve čtyřech nádržích podélně na střeše. (20) Nejpočetnější zastoupení v předchozích letech měly modely značky *Karosa B931*, *B951*, *B941*, s přibývajícím stářím jsou postupně vyřazovány z provozu a nahrazovány novými typy, konkrétně *Irisbus Citelis*, *Solaris Urbino*, *Iveco Urbanway* a *Iveco Crossway*. (17)



Graf 5: Grafické znázornění celkového počtu autobusů podle jejich typu (17)

Ani autobusy v roce 2016 nezaznamenaly větší změny, když nebyly dodány žádné vozy. Bylo vypsáno výběrové řízení na dodávku dalších 60 kusů na stlačený zemní plyn CNG. (18)

V souhrnu tedy nepřibyl nový vůz, vyřazeno bylo 7 vozů, z toho důvodu klesl celkový počet autobusů na 298 vozidel. I u autobusů převažují nízkopodlažní vozy, kterých je 77,2% z celkového počtu. Průměrný věk klesl na 6,2 let. (18)



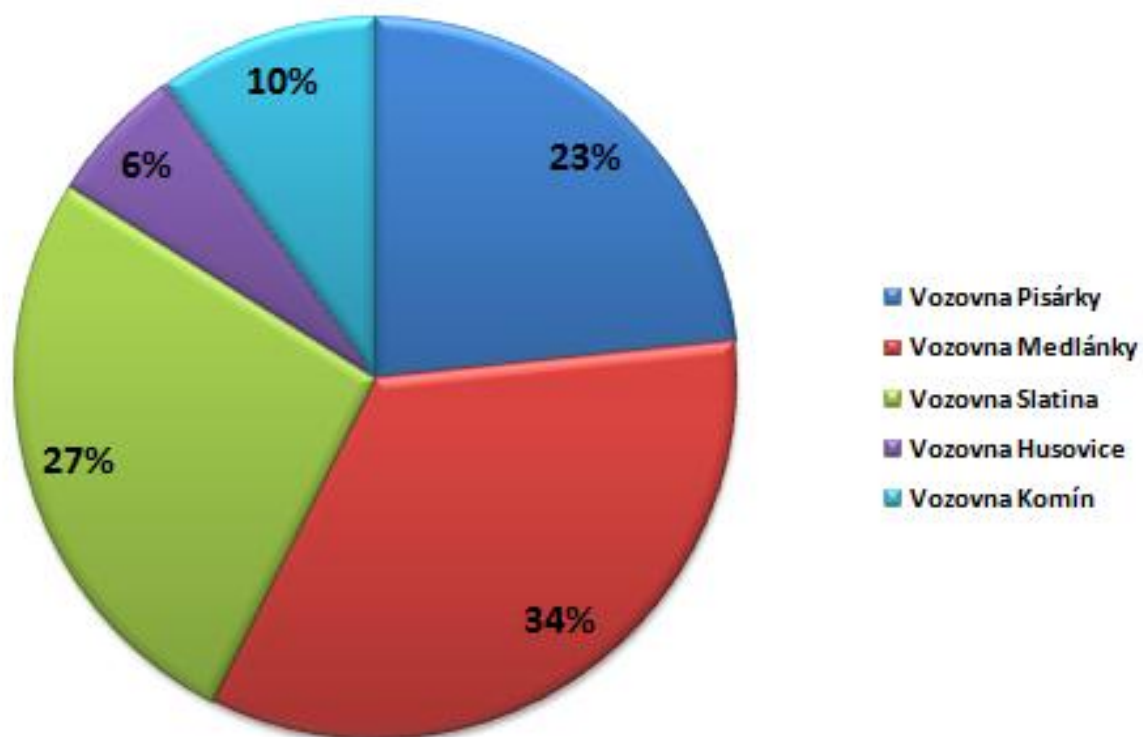
Graf 6: Grafické znázornění stáří autobusů DPMB (19)

3.6.4 Vozovny

Nedílnou součástí dopravních prostředků všech trakcí jsou vozovny, které slouží k uschování vozidel po dobu, kdy nejsou v provoz nebo k opravám a údržbám vozidel. DPMB vlastní pět vozoven. Největší počet zastoupení vozidel, a to 254 vozů, nalezneme ve vozovně Medlánky, která je uzpůsobená pro tramvajové a autobusové prostředky. Vozovna Slatina momentálně slouží pro 197 vozidel trolejbusů a autobusů. Vozovna Pisárky, která slouží pouze pro tramvajové vozy, má 174 vozů. Výrazně menší kapacitu dosahují vozovny Husovice a Komín, které slouží pouze pro trolejbusové vozy. (17)

	Vozovna Pisárky	Vozovna Medlánky	Vozovna Slatina	Vozovna Husovice	Vozovna Komín
Tramvaj	174	131	0	0	0
Trolejbus	0	0	23	46	74
Autobus	0	123	174	0	0
Celkem	174	254	197	46	74

Tab. 11: Početní zastoupení vozidel jednotlivých trakcí ve vozovnách (17)



Graf 7: Grafické znázornění procentuálního zastoupení MHD ve vozovnách (17)

4. EXPERIMENT

4.1 Cíl provádění zkoušek

Měření a vyhodnocení se budou skládat z 50 jízdních situací v tramvajích, trolejbusech a autobusech. Měření bude probíhat jak exaktní cestou, tak cestou subjektivní. Cílem bude změřit jízdní dynamiku (zrychlení v podélném či příčném směru) tramvají při typických jízdních manévrech (brzdění, průjezd zatáčkou, vyjíždění ze zastávky apod.) a zároveň provést subjektivní hodnocení stojícího a sedícího cestujícího z hlediska míry komfortu a bezpečnosti. Účelem celé této práce pak bude nalézt hranice komfortní a bezpečné jízdy v prostředcích vyjádřených hodnotami podélného a bočního zrychlení.

4.2 Plánování

Prvním krokem byl průzkum všech nejvytíženějších linek všech trakcí z důvodu vysoké koncentrace stojících cestujících. Následně na základě subjektivního hodnocení autora byly vybrány nejhorší úseky.

Před začátkem měření byla potřeba dokonale znát celý úsek a tím zaručit přesnost naměřených hodnot. Byly určeny výchozí a konečné body měření pro oba směry. Po seznámení s jednotlivými úseky bylo započato samotné měření.

Před každým započatým měřením byl si zaznamenán datum a čas, v jakém úseku trati a ve kterém směru bylo měření prováděno a samozřejmě konkrétní typ vozidla, pro přesnější vyhodnocení výsledků. Každý úsek se byl měřen desetkrát, vždy pět měření v jednom směru a pět měření ve směru opačném. Měřených úseků bylo celkem pět pro tramvaje, pět pro trolejbusy a pět pro autobusy.

U měření byla snaha o výběr různých typů úseků. Pozornost byla věnována na oblouky prosté kružnicové, oblouky s přechodnicemi, oblouk v převýšení, ale také na rovné úseky.

Zvolený měřicí přístroj je možné kalibrovat pouze za totálního klidu vozidla, proto bylo potřeba nastupovat do vozu minimálně o jednu zastávku dříve, přístroj kalibrujeme v době stojícího vozidla v zastávce měřeného úseku.

4.3 Realizace měření

4.3.1 Popis použitého měřiče

Pro měření brzdných a akceleračních jízdních zkoušek jsme použili mobilní elektronický přístroj Inventure XL MeterTM Pro Gamma (21), který dokáže měřit zrychlení a zpomalení v příčném a zároveň i v podélném směru.

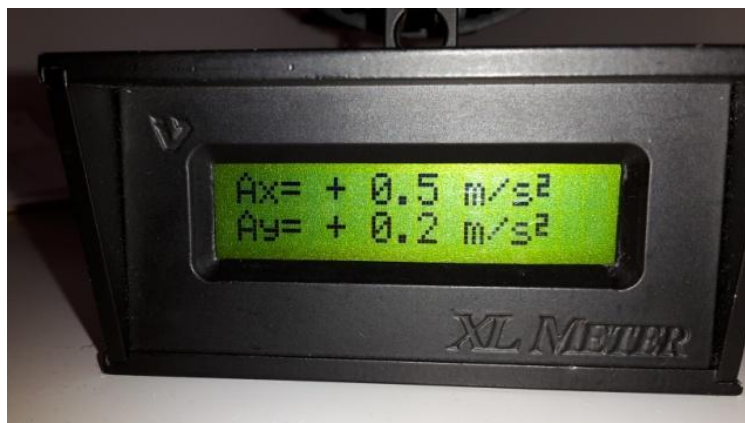
Přístroj je schopen zaznamenat osm záznamů měření, z toho pět měření po 40 sekundách, jmenovitě druhé, třetí, čtvrté, páté a šesté měření. Tři měření po 80 sekundách a to první, sedmé a osmé měření. Jeho paměť je nezávislá na napájení, tedy v případě vypnutí nebo vybití přístroje, zůstanou data v přístroji uložena. Hlavní výhodou tohoto přístroje je rychlá instalace a snadné použití, bez nutnosti školení pracovníků. (21)



Obr. 27: Přístroj XL MeterTM

Přístroj XL MeterTM se skládá se ze třech částí. První částí je hlavní jednotka, která obsahuje elektronickou část s LCD displejem, druhou a třetí částí jsou vakuová přísavka a kloubové rameno, které umožňují vyhovující upevnění. Přístroj je vestavěn v hliníkové krabičce, která usnadňuje její ovladatelnost při měření. Díky navrženému mechanismu vakuové přísavky je

přípevněn na přední sklo automobilu nebo jakýkoliv hladký povrch během několika vteřin otočením kolíku. Vakuová přísavka je velmi kvalitní, proto zůstane zafixována na požadovaném místě dostatečnou silou. Kloubové rameno je uzpůsobeno ke kalibraci nulové úrovně. Kalibrace spočívá v uchycení přístroje kolmo jak na podélnou, tak na příčnou osu, aby kalibrační úroveň aparátu byla nastavena na $0,0 \text{ m/s}^2$ v osách měření. Kalibrace musí být provedena správně, abychom zabránili nepřesnému měření a vyskytujících se odchylek v měření. (21)



Obr. 28: Hlavní jednotka s LCD displejem

Přístroj je bateriově napájený, pod spodním krytem se nachází držák na čtyři AA baterie. Na zadním panelu jsou dva konektory, které umožňují pomocí kabelu a softwaru XL Vision připojení k počítači. Samotný výstup je zobrazen ve formě grafů nebo numerických hodnot. Stejný konektor jako pro připojení k počítači je využit také pro připojení snímače brzdového pedálu a výstupního signálu spouštěče. (21)

Ovládání pomocí třech tlačítek je velmi snadné. Každé tlačítko je označeno jinou barvou a má svou funkci. Černé tlačítko je přizpůsobeno k zapnutí a vypnutí přístroje a to stisknutím tlačítka po dobu delší než 2 sekundy. To zabráňuje náhodnému a nechtěnému zapnutí přístroje a šetření baterie. Další tlačítko, se kterým se na přístroji můžeme setkat, je zelené barvy. Toto tlačítko umožňuje zobrazení všech výsledků měření. V tomto režimu můžeme přepínat mezi jednotlivými měřeními. Poslední červené tlačítko, se kterým se můžeme na přístroji setkat, je tlačítkem měření. Po stisku tohoto tlačítka z režimu zobrazení, započne sběr dat. Měření můžeme libovolně přepisovat novými měřeními, ale v rámci bezpečnosti uchování naměřených dat, se nás přístroj prvně zeptá, zda chceme měření opravdu přepsat. (21)

Přístroj má v sobě zabudovaný piezoměnič. Ten svými signály dává najevo, co právě přístroj dělá. Při zapnutém měření přístroj nepřetržitě pípá, až do ukončení měření. (21)

4.3.2 Místo výkonu jízdních zkoušek

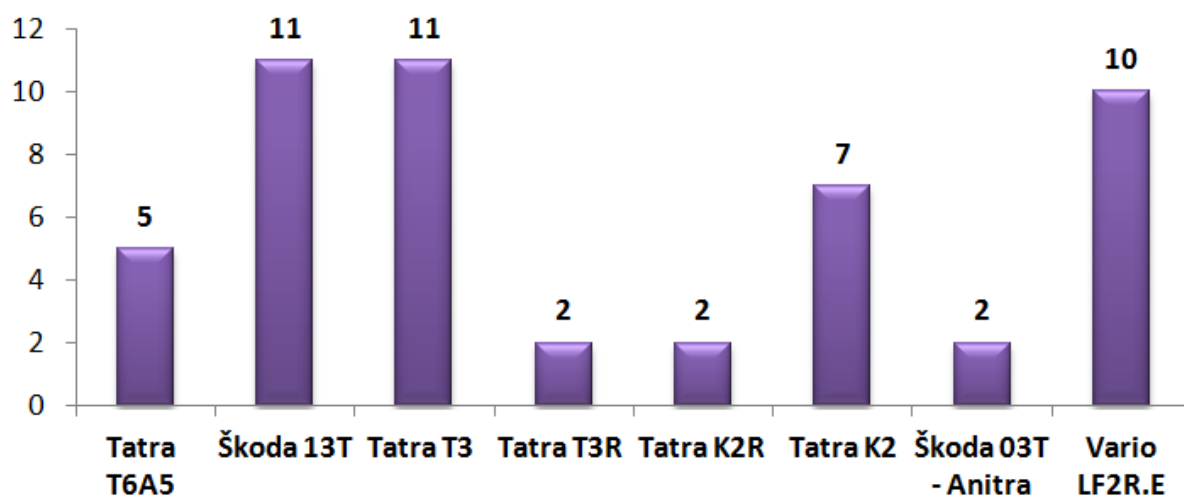
Jednotlivé úseky byly vybírány s ohledem na jeho vytíženost v průběhu celého dne, a měření byla realizována účelně v době dopravní špičky v době největší koncentrace stojících cestujících.

Tramvaj	Mezi zastávkami	Linka	Datum	Čas
1	Tererova – Klusáčkova	12	22. 3. 2016	17:00 – 19:00
2	Šilingrovo náměstí – Nové Sady	12	4. 4. 2016	16:00 – 18:00
3	Komenského náměstí – Obilní trh	4	6. 4. 2016	15:30 – 18:00
4	Hybešova – Václavská	1, 2	3. 5. 2016	17:00 – 19:00
5	Hrnčířská – Šumavská	1, 6	4. 5. 2016	16:30 – 18:00
Trolejbus				
1	Přívrat – Vrázova	30	15. 3. 2016	13:00 – 16:30
2	Přívrat – Vrázova	x30, 36	5. 4. 2016	12:15 – 14:45
3	Vrázova – Štursova	x30,30, 36	7. 4. 2016	11:30 – 15:00
4	Prušánecká – Bzenecká	25, 26	27.4 2016	14:00 – 17:00
5	Pálavské náměstí – Mutěnická	25, 26	28.4 2016	15:00 – 17:30
Autobus				
1	Halasovo náměstí – U tunýlku	44, 84, 53	11.5 2016	15:00 – 18:30
2	Královopolská strojírna – Kociánka	44, 84, 53	12. 5. 2016	15:00 – 18:15
3	Technická – Záhřebská	53	18.5 2016	10:00 – 12:15
4	Veslařská – Pod Jurankou	44, 84	20. 5. 2016	9:00 – 13:00
5	Anthropos – Pisárky	44, 84	22. 5. 2016	11:00 – 13:00

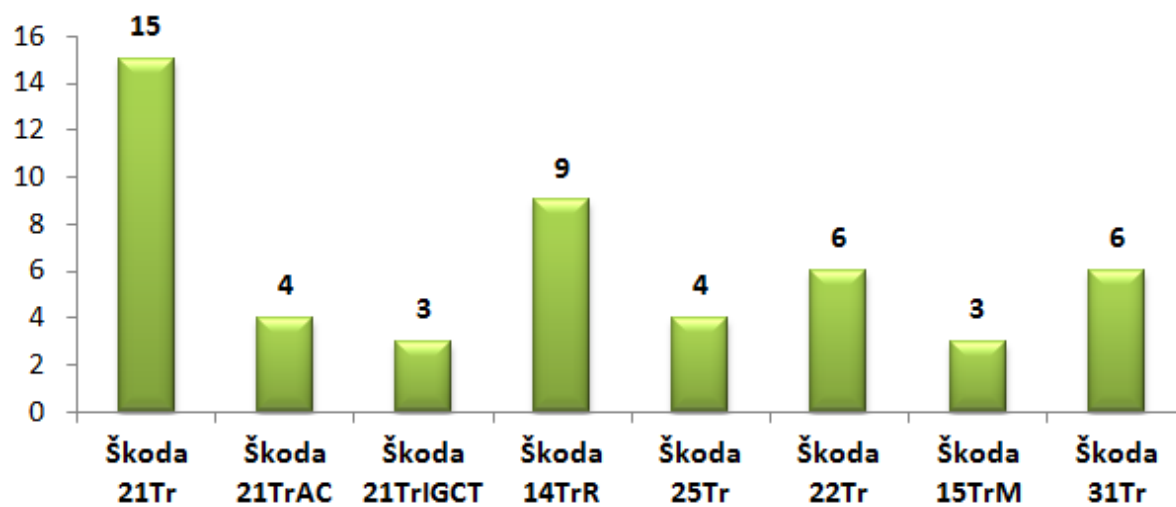
Tab. 12: Seznam měřených úseků

4.3.3 Měřená vozidla

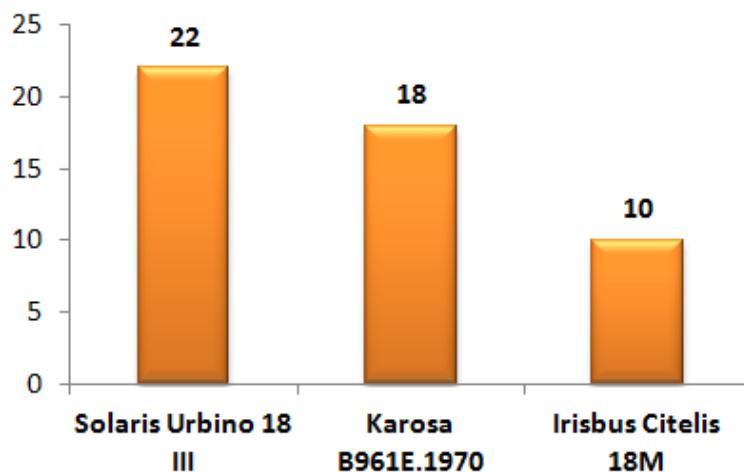
Lze předpokládat, že novější vozy budou pohodlnější a budou pohlcovat vyšší rázy než vozy staršího data výroby, z toho důvodu se vozy vybíraly rovnoměrně, abychom byli schopni porovnat nový vůz s vozem staršího data výroby.



Graf 8: Celkový počet měřených tramvají dle typu



Graf 9: Celkový počet měřených trolejbusů dle typu



Graf 10: Celkový počet měřených autobusů dle typu

4.4 Průběh měření

4.4.1 Subjektivní hodnocení jízdy

Hodnocení je provedeno numericky, stupnice jako ve škole, ve škále 1-5 (nejlepší-nejhorší). Figuranti hodnotí kvalitu jízdy z pozice stojícího a sedícího cestujícího.

Stupnice subjektivního hodnocení:	
1	Komfortní
2	Snížený komfort
3	Snížená bezpečnost
4	Rizikové
5	Nebezpečné

Tab. 13: Stupnice k tabulce subjektivního hodnocení

Sedící figurant bude sedět na sedačce a jeho nohy budou opřené o zem. Trup bude s nohama svírat úhel zhruba o 90 °. Figurant nebude mít žádné předměty pod nohama, na klíně nebo v rukách, které by jej mohly omezovat a mít za následek negativní ovlivnění hodnocení.

Stojící figurant bude stát zpřímá, kolmo ke směru jízdy a nohy bude mít zhruba na šíři ramen. Povinně se na rozdíl od sedícího figuranta bude během jízdy držet záchytných tyčí. Úhel mezi držící se rukou a záchytnou tyčí bude zhruba 90 °. Jiné postavení figuranta než výše uvedené by mohlo vést k ovlivnění výsledku hodnocení.



Obr. 29: Sedící figuranti



Obr. 30: Stojící figurant

4.4.2 Exaktní měření jízdy

Během subjektivního hodnocení stojícího a sedícího cestujícího byl přístroj XL Meter TM připevněn na skle vozidla, kde zaznamenával hodnoty příčného a podélného zrychlení vozidla. Jelikož přístroj má kapacitu pouze pro osm měření, byla potřeba průběžně výsledky stahovat do počítače a při dalších jízdách předchozí měření přemazávat. Po nashromáždění všech měřených úseků byly grafické záznamy pro každý úsek dostupné v programu XL Vision.

Při samotném měření bylo velmi důležité zaznamenání polohy měřiče ve vozidle, z důvodů zachování podélných a příčných os. V případě umístění přístroje XL meter po směru jízdy vozidla, kladné hodnoty podélného zrychlení v reálu vyjadřují deceleraci, tedy zpomalení vozidla, naopak záporné hodnoty vyjadřují akceleraci. Kladné hodnoty ukazují směr působení příčného zrychlení směrem doprava a záporné hodnoty směrem doleva. V úsecích, kde nebylo možné umístit přístroj ve směru jízdy, byl umístěn na vnitřním bočním skle vozidla. V tomto případě se nám zamění osy podélného a příčného zrychlení, tudíž kladné hodnoty podélného zrychlení budou vyjadřovat příčné zrychlení směrem doprava a záporné směrem doleva. U příčného zrychlení budou kladné hodnoty vyjadřovat podélné zpomalení neboli deceleraci a záporné hodnoty zrychlení neboli akceleraci.



Graf 11: Naměřené podélné zrychlení přístrojem XL MeterTM



Graf 12: Naměřené příčné zrychlení přístrojem XL MeterTM

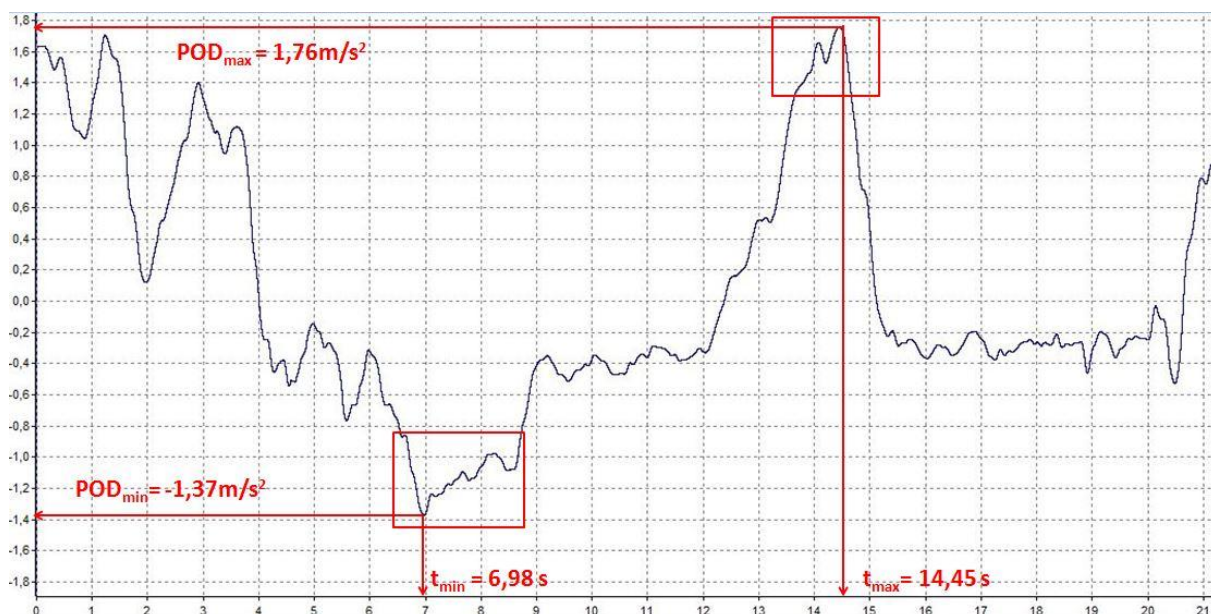
4.5 Vyhodnocování naměřených dat

Pro vyhodnocení úseků bylo využito programu XL Vision. Jako první byla potřeba najít maximální a minimální hodnoty pro podélné zrychlení a pro tyto hodnoty naleznout hodnoty příčného zrychlení ve stejných časech t_{min} a t_{max} . Prakticky jsme tedy zjistily čtyři hodnoty, které byly zapsány do tabulky se subjektivním hodnocením cestujícího a následně byly vyneseny do grafů pro zjištění komfortní a bezpečné jízdy.

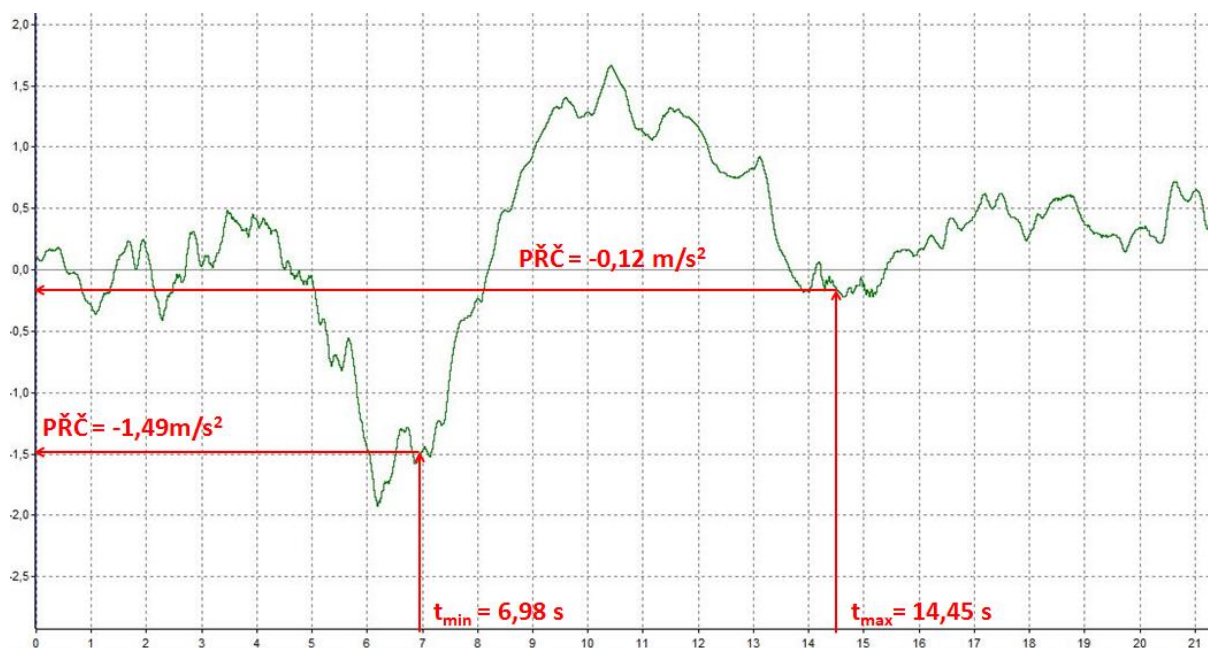
Jak je vidět na grafu 13, naměřené hodnoty podélného zrychlení dosahují maxima $1,76 \text{ m/s}^2$ v čase $t_{\max} 14,45 \text{ s}$ a minima $-1,37 \text{ m/s}^2$ v čase $t_{\min} 6,98 \text{ s}$. Pro výše zmíněné odpovídají z grafu 14 hodnoty příčného zrychlení v čase $t_{\max} -0,12 \text{ m/s}^2$ a $t_{\min} -1,49 \text{ m/s}^2$.

Poté to uděláme opačně a tedy v pořadí jako první nalezneme hodnoty pro maxima a minima příčného zrychlení z grafu 13, maximum $1,67 \text{ m/s}^2$ v čase $t_{\max} 10,42 \text{ s}$ a minimum $-1,92 \text{ m/s}^2$ v čase $t_{\min} 6,19 \text{ s}$. Pro tyto časy potom zpětně naměříme hodnoty podélného zrychlení z grafu 14, tedy v čase $t_{\max} -0,48 \text{ m/s}^2$ a $t_{\min} -0,52 \text{ m/s}^2$.

Dostaneme tedy soubor hodnot pro všechny úseky všech trakcí, které následně vyneseme do vlastního grafu včetně subjektivního hodnocení pro stojícího a sedícího cestujícího.



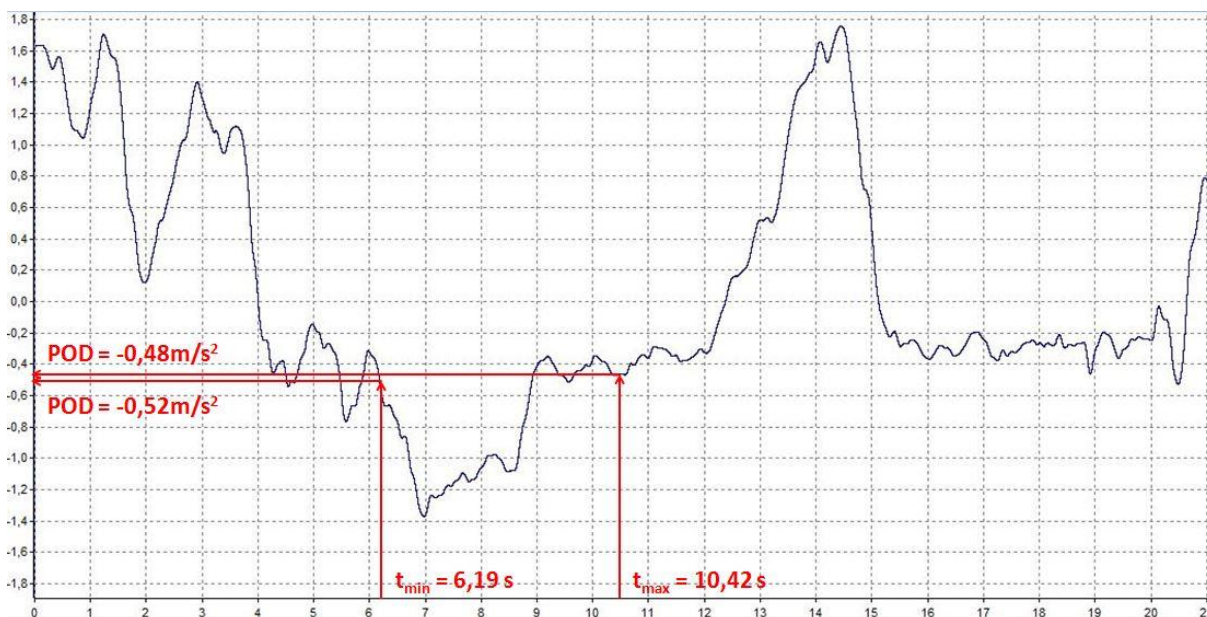
Graf 13: Maxima a minima podélného zrychlení v konkrétním čase



Graf 14: Hodnoty příčného zrychlení v časech minima a maxima podélného zrychlení



Graf 15: Maxima a minimax příčného zrychlení v konkrétním čase



Graf 16: Hodnoty příčného zrychlení v časech minima a maxima podélného zrychlení

Úsek Vrázova – Přívrat			Zrychlení			Subjektivní hodnocení	
Číslo měření	Zrychlení		Podélné	→	Příčné	Stojící	Sedící
1.	Podélné	max.	1,76	→	-0,12	4	3
		min.	-1,37	→	-1,49		
	Příčné	max.	1,67	→	-0,48		
		min.	-1,92	→	-0,52		

Tab. 14: Ukázka vyhodnocení jízdy vozidla data s XL metru a hodnocení figurantů

4.6 Celkové vyhodnocení

Měření bylo vyhodnocováno na základě výsledků měření z jednotlivých jízd pro každý typ prostředku, přičemž nás zajímala především vzájemná vazba naměřených hodnot se subjektivním hodnocením cestujících. Následně byly naměřené hodnoty z tab. 14 vyneseny body do grafu, které byly barevně označeny dle stupnice subjektivního hodnocení cestujícího z obr.30. Na svislou osu byly vynášeny hodnoty podélného zrychlení, naopak na osu vodorovnou hodnoty příčného zrychlení.

Úkolem bylo naleznout hranici, která je pro cestujícího natolik pohodlná, že mu nenaruší nikterak jeho jízdu, a druhou hranici, která by mohla ohrozit jeho zdraví. Tyto hranice byly zjišťovány v programu Excel pomocí funkce Medián pro jednotlivé body stupnice.

Hranice komfortní jízdy jsme byli schopni stanovit u sedícího i stojícího cestujícího. Kdežto vyhodnocování rizikové jízdy bylo možné pouze u stojícího cestujícího, z důvodu, že u sedících cestujících v rámci subjektivního hodnocení nenastala situace, kdy by jízda byla ohodnocena hůře než číslem 3 na dané stupnici. Proto u sedících cestujících byla stanovena hranice snížené bezpečnosti.

Výsledkem tedy bude zóna pro pohodlnou jízdu, zóna pro snížený komfort a zóna riziková.

1	komfortní
2	snížený komfort
3	snížená bezpečnost
4	rizikové
5	nebezpečné

Obr. 31: Barevná legenda k vyhodnocení měření

Následující tabulka vystihuje výsledné hodnoty podélného a příčného zrychlení pro hranici komfortní a rizikové jízdy (u stojícího cestujícího) a snížené bezpečnosti při jízdě (u sedícího cestujícího).

Zrychlení v $[m/s^2]$	Tramvaj		Trolejbus		Autobus	
Stojící	Podélné	Příčné	Podélné	Příčné	Podélné	Příčné
<u>Hranice komfortní jízdy</u>	1,05	1,17	1,03	1,34	0,74	1,73
<u>Hranice rizikové jízdy</u>	1,61	2,04	1,41	1,72	1,58	2,13
Sedící	Podélné	Příčné	Podélné	Příčné	Podélné	Příčné
<u>Hranice komfortní jízdy</u>	1,23	1,26	1,17	1,39	0,97	1,83
<u>Hranice snížené bezpečnosti</u>	1,62	1,65	1,68	1,29	1,43	2,20

Tab. 15: Mezní hodnoty podélného a příčného zrychlení

4.6.1 Tramvaj

Stojící cestující

Z celkového počtu 50 jízd vyhodnotili stojící cestující 25 jízd komfortních, 6 jízd se sníženou bezpečností a jen 1 jízdu za rizikovou. Na základě 50 naměřených hodnot, které byly cestujícími vyhodnoceny jedničkou, vznikla komfortní zóna, která má horní hranici pro podélné zrychlení $1,05 \text{ m/s}^2$ a příčné zrychlení $1,17 \text{ m/s}^2$. Pouze díky jedné rizikové jízdě je dolní hranice rizikové zóny stanovena pro podélné zrychlení $2,04 \text{ m/s}^2$ a příčné zrychlení $1,61 \text{ m/s}^2$.

Zóny se sníženou bezpečností a riziková jsou především ovlivněny hodnotami příčného a podélného zrychlení v úsecích Šilingrovo náměstí – Nové Sady ve směru Nové Sady, Komenského náměstí – Obilní trh směr Obilní Trh a Tererova – Klusáčkova ve směru Klusáčkova.

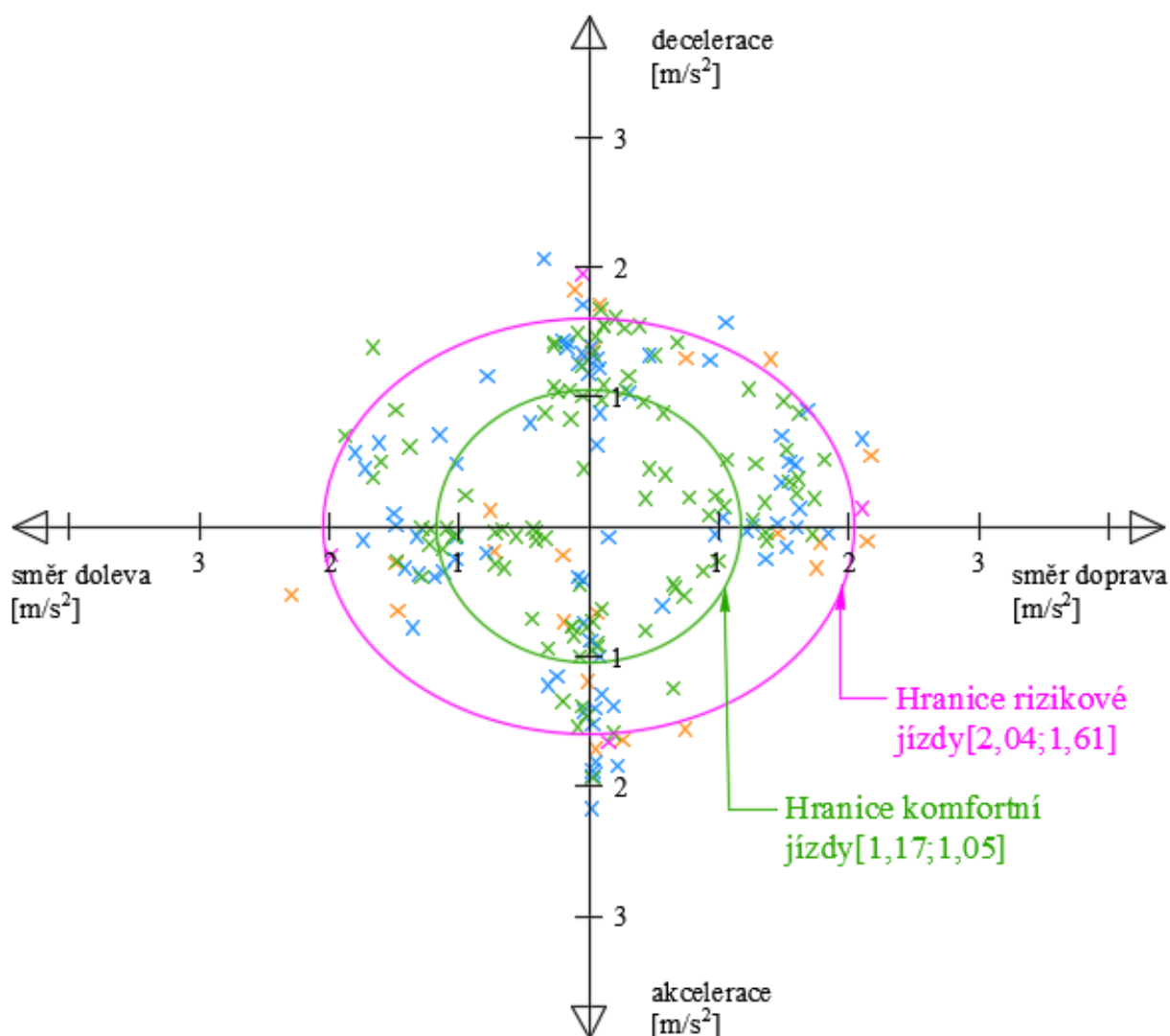
V prvním zmiňovaném úseku byly zaznamenány nejhůře hodnocené jízdy, hned tři byly cestujícím vyhodnoceny číslicí 3 – Snížená bezpečnost a jedna jízda – číslicí 4 – Riziková. Maximální hodnota podélného zrychlení zde byla naměřena $1,95 \text{ m/s}^2$ a minimální $-1,66 \text{ m/s}^2$. Příčné zrychlení zde hrálo také významnou roli, kdy maximální dosahovalo hodnoty $2,1 \text{ m/s}^2$ a minimální $-1,98 \text{ m/s}^2$. Je poměrně zarážející, že byla tato jízda ohodnocena tak negativně, jelikož naměřené výsledky nedosahují nijak zvláště nepříznivých hodnot. Samotný graf podélného a příčného zrychlení z XL Vision je však odlišný, během jízdy totiž byly zaznamenány rychlé změny rychlosti, jednalo se tedy o styl jízdy „brzda – plyn“, což s povahou jízdní dráhy, která vedla ze svahu, měla za následek dramatické snížení bezpečnosti jízdy.

Další hodnocená jízda cestujícím, číslicí 3 – Snížená bezpečnost, byla poslední tedy pátá jízda zjištěná mezi zastávkami Komenského náměstí – Obilní trh. Zde byla také naměřena jedna z největších hodnot příčného zrychlení, která u tramvají dosahovala $2,2 \text{ m/s}^2$. Naměřené hodnoty během této jízdy se značně odlišují od hodnot ostatních jízd v tomto úseku. Běžně bylo dosaženo zrychlení kolem 1 m/s^2 . Měření bylo provedeno v tramvaji typu Anitra. a pravděpodobným vysvětlením, proč byly naměřené tak vysoké hodnoty je vyšší rychlost jízdy tramvaje v daném úseku.

Další negativní hodnocení se týkalo druhé a páté jízdy, v úseku Klusáčkova – Tererova, ve směru Klusáčkova, kdy stojící cestující jízdu ohodnotil číslicí 3 – Snížená bezpečnost. Podobně jako ve výše uvedeném hodnocení, nebyly hodnoty příčného ani podélného

zrychlení nijak zvláště odlišné od ostatních jízd. Avšak struktura grafu je od ostatních jízd v tomto úseku odlišná. V podélném zrychlení je patrný styl jízdy „brzda – plyn“, který ve vztahu s příčným zrychlením dramaticky snižuje pohodlí jízdy. Lze tedy opět potvrdit, že vzájemné působení podélného i příčného zrychlení i v malých hodnotách může mít za následek snížení komfortu pro cestující. Měření bylo provedeno v soupravě, skládající se ze dvou vozů typu T6A5.

Ostatní měřené jízdy zde není nutno detailněji rozebírat, jelikož bylo v drtivé většině subjektivní hodnocení známkami 1 – Komfortní nebo 2 – Snížený komfort. Rovněž naměřené hodnoty nebyly nijak odlišující se od průměru nebo nedosahovaly vyšších hodnot.



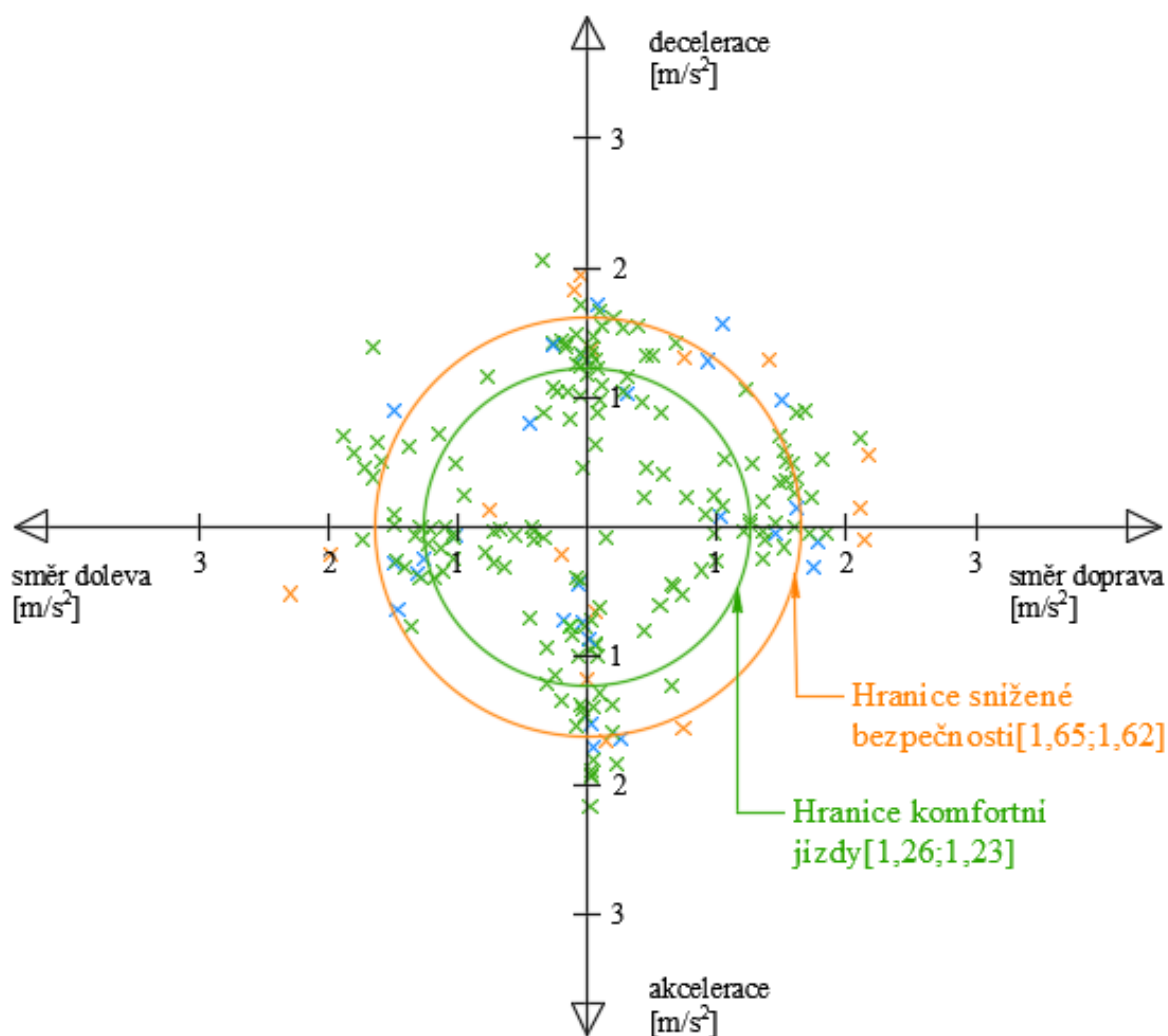
Obr. 32: Vyhodnocení měření pro stojící cestující v tramvaji

Sedící cestující

U sedících cestujících v tramvaji byly jízdy převážně hodnoceny číslicí 1 – Komfort, nebo číslicí 2 – Snížený komfort, naměřené hodnoty se nijak neodlišovaly od průměru a nedosahovaly vyšších hodnot.

Pouze čtyři jízdy byly vyhodnoceny cestujícím číslicí 3 – Snížená bezpečnost, které byly srovnatelné s jízdami stojících cestujících. Jak už bylo zmíněno, důvodem stejně špatného hodnocení stojícího i sedícího cestujícího jsou rychlé změny akcelerace a deceleraci v kombinaci s hodnotami příčného zrychlení.

Na základě kombinace subjektivních a objektivních výsledků měření byla stanovena zóna komfortní jízdy horní hranicí podélného zrychlení na $1,23 \text{ m/s}^2$ a příčného zrychlení $1,26 \text{ m/s}^2$. Dolní hranice snížené bezpečnosti byla stanovena podélným zrychlením na $1,62 \text{ m/s}^2$ a příčným zrychlením $1,65 \text{ m/s}^2$.



Obr. 33: Vyhodnocení měření pro sedící cestující v tramvaji

4.6.2 Trolejbus

Stojící cestující

Subjektivní hodnocení cestujících v trolejbusu bylo podstatně hůř hodnoceno než cestujícími v tramvaji. Důvodem je volnější pohyb po komunikaci, jízdní manévry do zastávek a větší množství náhlých situací, které mohou ovlivnit plynulou jízdu a díky tomu občas jízda stylem brzda – plyn. Až na pár výjimek lze obecně říci, že hodnocení pasažérů se poměrně často shoduje s naměřenými daty akcelerometrem.

Z celkových 50 jízd bylo ohodnoceno cestujícím pět jízd číslem 4 – Rizikové a dokonce deset jízd číslem 3 – Snížená bezpečnost. Z naměřených hodnot, které byly cestujícími vyhodnoceny jedničkou, vznikla komfortní zóna, která má horní hranici pro podélné zrychlení $1,03 \text{ m/s}^2$ a příčné zrychlení $1,34 \text{ m/s}^2$. Dolní hranice rizikové zóny byla stanovena pro podélné zrychlení $1,41 \text{ m/s}^2$ a příčné zrychlení $1,72 \text{ m/s}^2$.

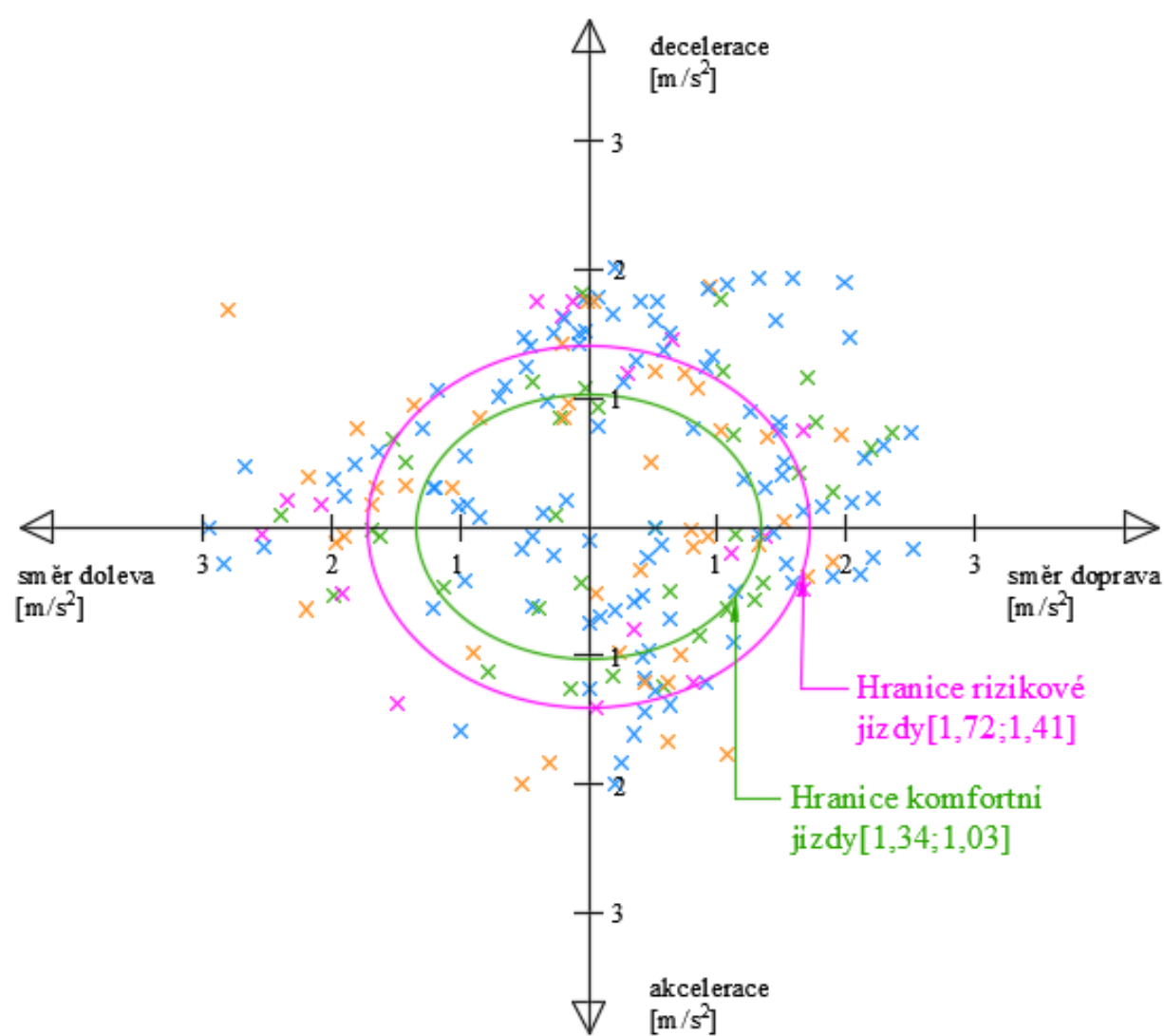
Zóny se sníženou bezpečností a riziková jsou především ovlivněny hodnotami příčného a podélného zrychlení v úsecích Přívrat – Vrázova ve směru Vrázova na lince č. 30 a 36, a poslední úsek s nejhoršími hodnotami Prušánecká – Bzenecká ve směru Bzenecká.

Jízdy ohodnoceny cestujícím jako rizikové byly naměřeny mezi zastávkami Přívrat – Vrázova na lince č. 30 ve směru Vrázova. Důvodem špatného hodnocení cestujícího byl pravotočivý směrový oblouk, který měl za následek vysokých hodnot podélného zrychlení a zároveň příčného zrychlení. A jak už bylo zmíněno, vzájemná kombinace obou složek má nepříznivější dopad na bezpečí cestující než hraniční hodnota jen jedné složky.

V úseku Přívrat – Vrázova na trolejbusové lince č. 36 ve směru Vrázova byla vyhodnocena číslem 4 – Riziková jízda pouze jedna. V úseku se nachází dva protisměrné oblouky, jako první levotočivý a následně pravotočivý, kde byla naměřena hodnota příčného zrychlení $2,55 \text{ m/s}^2$.

Posledním nejhůř hodnoceným úsekem bylo měření mezi zastávkami Prušánecká – Bzenecká ve směru Bzenecká, kde z grafu lze lehce vyčíst, že se jednalo o jízdu brzda – plyn. Navíc pravotočivý směrový oblouk způsobil výrazné hodnoty příčného zrychlení, které ve vzájemné kooperaci vytvořily cestujícímu nepříjemnou jízdu.

Ostatní měřené jízdy zde není nutno detailněji rozebírat, jelikož bylo v drtivé většině subjektivní hodnocení známkami 1 – Komfortní nebo 2 – Snížený komfort. Rovněž naměřené hodnoty nebyly nijak odlišující se od průměru nebo nedosahovaly vyšších hodnot.



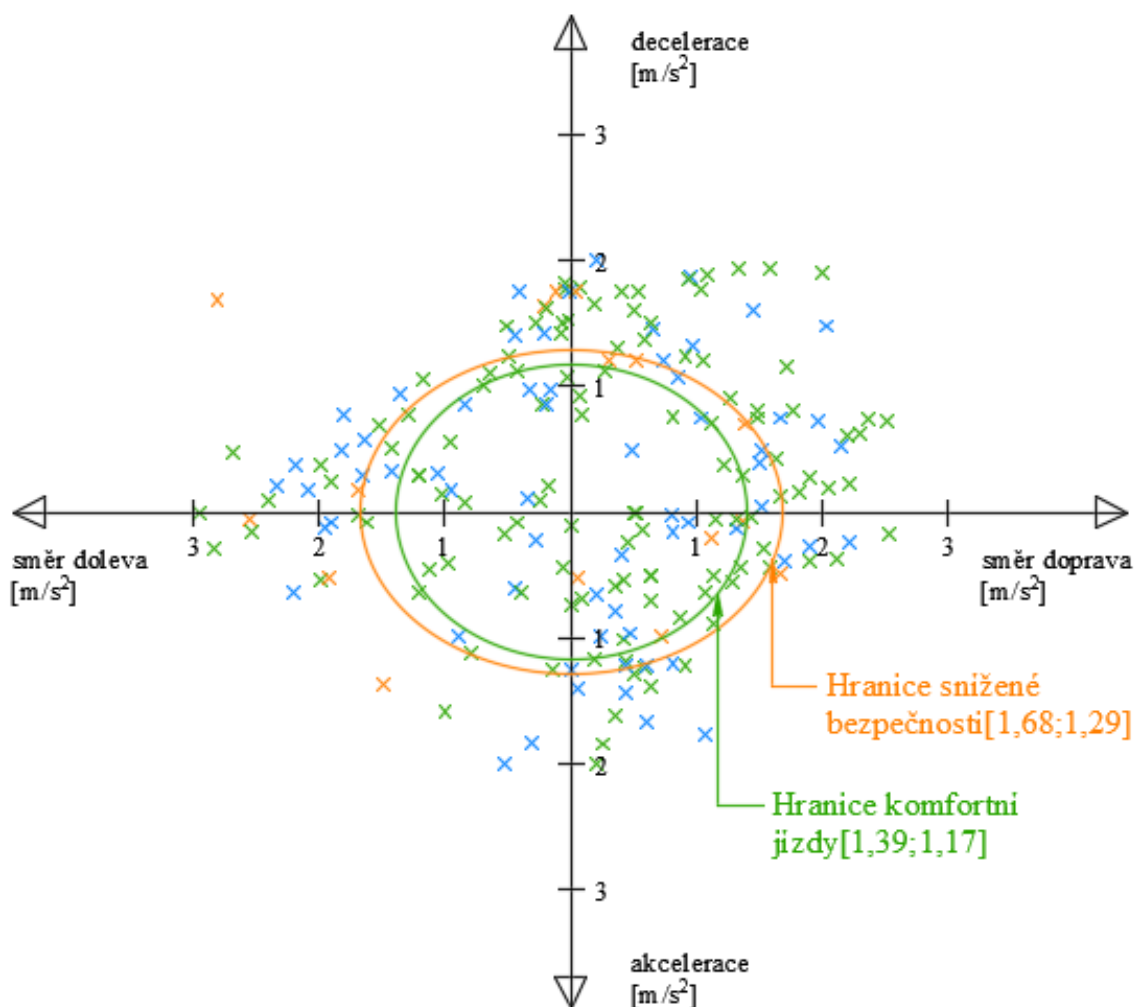
Obr. 34: Vyhodnocení měření pro stojící cestující v trolejbusu

Sedící cestující

U sedících cestujících v trolejbusech byly jízdy převážně hodnoceny číslicí 1 – Komfort, nebo číslicí 2 – Snížený komfort, naměřené hodnoty se nijak neodlišovaly od průměru a nedosahovaly vyšších hodnot.

Stejně jako tramvají byly čtyři jízdy vyhodnoceny cestujícím číslicí 3 – Snížená bezpečnost, které byly srovnatelné s jízdami stojících cestujících. Jak už bylo zmíněno, důvodem stejně špatného hodnocení stojícího i sedícího cestujícího jsou rychlé změny akcelerace a decelerace v kombinaci s vysokými hodnotami příčného zrychlení způsobené volností pohybu po komunikaci.

Na základě kombinace subjektivních a objektivních výsledků měření byla stanovena zóna komfortní jízdy horní hranicí podélného zrychlení na $1,17 \text{ m/s}^2$ a příčného zrychlení $1,39 \text{ m/s}^2$. Dolní hranice snížené bezpečnosti byla stanovena podélným zrychlením na $1,29 \text{ m/s}^2$ a příčným zrychlením $1,68 \text{ m/s}^2$.



Obr. 35: Vyhodnocení měření pro sedící cestující v trolejbusu

4.6.3 Autobus

Stojící cestující

Z celkového počtu 50 jízd vyhodnotili stojící cestující pouze 2 jízdy jak komfortní, 15 jízd se sníženou bezpečností a 7 jízd rizikových. Na základě 50 naměřených hodnot, které byly cestujícími vyhodnoceny jedničkou, vznikla komfortní zóna, která má horní hranici pro podélné zrychlení $0,74 \text{ m/s}^2$ a příčné zrychlení $1,73 \text{ m/s}^2$. Ze sedmi rizikových jízd byla stanovena dolní hranice rizikové zóny pro podélné zrychlení $1,58 \text{ m/s}^2$ a příčné zrychlení $2,03 \text{ m/s}^2$.

Zde uvedeme naopak pouze úseky, které byly cestujícím hodnoceny číslicí 1 – Komfortní a zbytek úseků bylo cestujícím hodnoceno hůře.

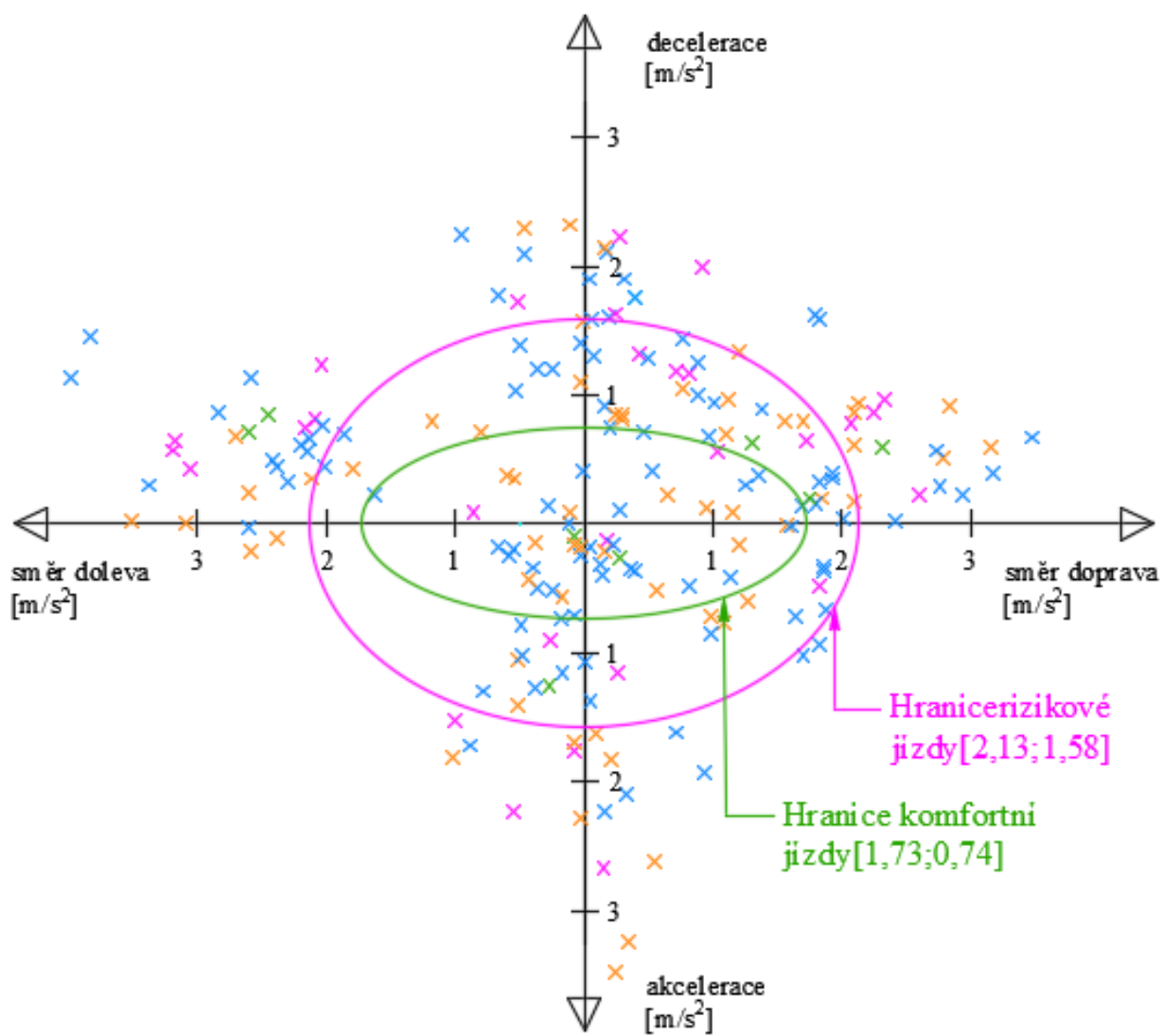
Prvním z kladně hodnocených byl úsek mezi zastávkami Záhřebská – Technická ve směru Záhřebská. Nutno podotknout, že příčinou hodnocení úseku byla nízký rychlost z důvodů klesání 40 m a především zastávky na znamení umístěné mezi měřenými zastávkami, kde vozidlo po dobu měření zastavovalo.

Druhý kladně hodnocený úsek byl mezi zastávkami Pod Jurankou – Veslařská ve směru Veslařská, který souhlasí s naměřenými hodnotami z důvodu nízké rychlosti, která byla způsobená vysokou hustotou provozu.

První kladně hodnocený úsek se nacházel mezi zastávkami U tunýlku – Halasovo náměstí ve směru Halasovo náměstí. Důvodem vysokých naměřených hodnot podélného a příčné zrychlení ve všech jízdách, které neodpovídá subjektivnímu hodnocení cestujících, byla nízká rychlost vozidla z důvodu odbočování z hlavní pozemní komunikace na vedlejší pozemní komunikaci s převýšením 25m.

Nejhůře jsou subjektivně ohodnoceny úseky, které mají výrazné klesání mezi měřenými zastávkami. Byly zde naměřeny vysoké hodnoty podélného zrychlení z důvodů brzdění vozidla a zároveň vysoké hodnoty příčné zrychlení z důvodu průjezdu směrovým obloukem.

Snahou bylo vybrat nejvíce problematické úseky, kde nalezneme především negativní hodnocení cestujících, proto byly vybrány problematicky sjízdné komunikace, úseky v převýšení s ostrými směrovými oblouky a přeplněné vozy během dopravní špičky

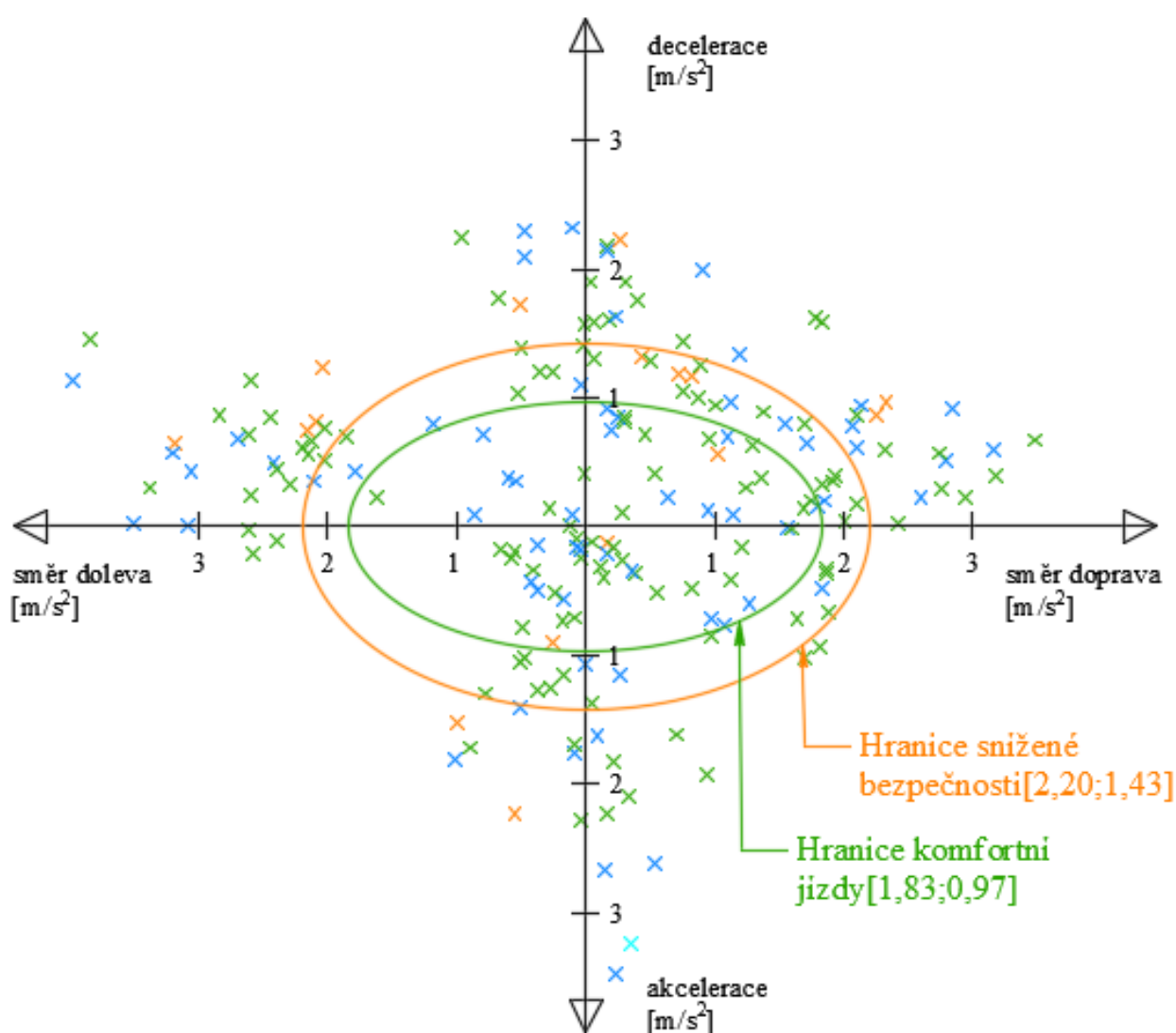


Obr. 36: Vyhodnocení měření pro stojící cestující v autobusu

Sedící cestující

U sedících cestujících v autobusech byly jízdy převážně hodnoceny pozitivněji než stojící cestující. Můžeme potvrdit, že sedící cestující se cítil vždy alespoň o třídu lépe než cestující stojící. Kritické úseky jsou shodné jaké u stojícího cestujícího.

Na základě kombinace subjektivních a objektivních výsledků měření byla stanovena zóna komfortní jízdy horní hranicí podélného zrychlení na $0,97 \text{ m/s}^2$ a příčného zrychlení $1,83 \text{ m/s}^2$. Dolní hranice snížené bezpečnosti byla stanovena podélným zrychlením na $1,43 \text{ m/s}^2$ a příčným zrychlením $2,20 \text{ m/s}^2$.



Obr. 37: Vyhodnocení měření pro sedící cestující v autobusu

4.7 Diskuze dosažených výsledků

Získané výsledky z provedených vlastních experimentů není možné objektivně srovnávat s výsledky zmiňovaných studií v kapitole 2 z důvodů různých technik vyhodnocování a následných rozdílných konečných výsledků.

První experimentální studie z Itálie zabývající se vnímáním komfortu cestujících v autobusech své měření vyhodnocovala pomocí akceleračního vektoru v rovině pohybu a na základě vypočtených hodnot byly následně stanoveny prahové hodnoty, díky kterým byl zjištěn poměrový ukazatel prahových hodnot k celkovým a stanoven na 0,13, který rozdělily jízdu na nekomfortní a komfortní. (2)

Oproti tomu studie z Indie se zabývala vibracemi v sedadlech a podlahách během jízdy autobusu a stanovila maximální zrychlení $2,85 \text{ m/s}^2$ u sedících cestujících (vibrace v sedadle) a $2,64 \text{ m/s}^2$ u měření stojících cestujících (vibrace v podlaze). (3)

V Číně uskutečnili terénní studii v autobusech, pro zjištění komfortu cestujícího byla použita Pearsonova korelace. Pro vyčíslení hodnoty OBC byla potřeba zabývat se faktory, jako jsou věk, pohlaví a zdraví cestujícího a následně hlukem, tepelným komfortem, vibracemi a zrychlením, pro stanovení komfortu cestujícího. (4)

Nebyla nalezena jediná studie, která by stanovila hranice pro komfortní a rizikovou jízdu MHD vyjádřené hodnotami příčného a podélného zrychlení.

5. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo provedení měření jízdních manévřů MHD a společně se subjektivním hodnocením cestujícího se pokusit stanovit mezní hodnoty zpomalení a zrychlení pro komfortní jízdu a mezní hodnotu pro jízdu nebezpečnou, která může vést až k úrazům cestujících.

Měření byla prováděna přístrojem XL Meter v běžném provozu MHD v Brně na vybraných úsecích. Celkem bylo naměřeno cca 300 hodnot podélného a příčného zrychlení, ze kterého byly pomocí subjektivního hodnocení stojícího a sedícího cestujícího stanoveny hranice pro komfortní jízdu pro stojícího a sedícího cestujícího, hranice rizikové jízdu pro stojícího cestujícího a hranice snížené bezpečnosti pro sedícího cestujícího, u kterého nebyla žádná jízda ohodnocena hůře než stupněm hodnocení 3.

U stojícího cestujícího v tramvaji byla stanovena komfortní zóna, která má horní hranici pro podélné zrychlení $1,05 \text{ m/s}^2$ a příčného zrychlení $1,17 \text{ m/s}^2$. Dolní hranice rizikové zóny byla vyčíslena pro podélné zrychlení $2,04 \text{ m/s}^2$ a příčné zrychlení $1,61 \text{ m/s}^2$. Pro sedícího cestujícího v tramvaji byla stanovena zóna komfortní jízdy horní hranicí podélného zrychlení na $1,23 \text{ m/s}^2$ a příčného zrychlení $1,26 \text{ m/s}^2$. Dolní hranice snížené bezpečnosti byla stanovena podélným zrychlením na $1,62 \text{ m/s}^2$ a příčným zrychlením $1,65 \text{ m/s}^2$.

U stojícího cestujícího v trolejbusu byla stanovena komfortní zóna, která má horní hranici pro podélné zrychlení $1,03 \text{ m/s}^2$ a příčného zrychlení $1,34 \text{ m/s}^2$. Dolní hranice rizikové zóny byla vyčíslena pro podélné zrychlení $1,41 \text{ m/s}^2$ a příčné zrychlení $1,72 \text{ m/s}^2$. Pro sedícího cestujícího v trolejbusu byla stanovena zóna komfortní jízdy horní hranicí podélného zrychlení na $1,17 \text{ m/s}^2$ a příčného zrychlení $1,39 \text{ m/s}^2$. Dolní hranice snížené bezpečnosti byla stanovena podélným zrychlením na $1,29 \text{ m/s}^2$ a příčným zrychlením $1,68 \text{ m/s}^2$.

U stojícího cestujícího v tramvaji byla stanovena komfortní zóna, která má horní hranici pro podélné zrychlení $0,74 \text{ m/s}^2$ a příčného zrychlení $1,73 \text{ m/s}^2$. Dolní hranice rizikové zóny byla vyčíslena pro podélné zrychlení $1,58 \text{ m/s}^2$ a příčné zrychlení $2,13 \text{ m/s}^2$. Pro sedícího cestujícího v tramvaji byla stanovena zóna komfortní jízdy horní hranicí podélného zrychlení na $0,97 \text{ m/s}^2$ a příčného zrychlení $1,83 \text{ m/s}^2$. Dolní hranice snížené bezpečnosti byla stanovena podélným zrychlením na $1,43 \text{ m/s}^2$ a příčným zrychlením $2,20 \text{ m/s}^2$.

Poměrně zarážející je fakt, že se naměřené hodnoty ani hodnoty subjektivního hodnocení nelišily v závislosti na typu vozu. Bylo možné předpokládat, že novější vozy budou

cestujícím nabízet vyšší pohodlí jízdy, stran absorbování negativních vlivů nebo jízdy řidiče. Tato myšlenka se však nepotvrdila. Hodnoty byly velice podobné, pro všechny typy vozidel, ve kterých bylo měření prováděno. Nelze tedy jasně říci, že by novější vozy byly po stránce jízdní bezpečnosti pro cestující příjemnější. Samotný komfort, zahrnující zejména zpracování sedadel, přítomnost obrazovek ve vozech a mnoho dalších inovací, však jasně hovoří ve prospěch novějších jednotek.

Závěrem je potřeba podotknout, že komfort na palubě patří mezi velmi těžko měřitelné, protože je ovlivněn především pocity cestujícího, na které má vliv spousta faktorů (hluk, vibrace, obsazenost dopravního prostředku, teplotní komfort, atd.). U vlastních měření tak nastaly situace, kdy v některých případech se neshodují hodnocení figuranty s výsledky v grafech. Může to být zapříčiněno tím, že i při rychlejší jízdě nebyl pocit nebezpečí výrazný, protože se v nových vozech mají cestující čeho držet (nové úchyty, madla) a jsou zde speciálně tvarované sedadla. Pasažéři tedy nemají tendenci ztrácet rovnováhu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) KOTAS, Patrik. *Dopravní systémy a stavby*. Vyd. 2 Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03602-0.
- (2) Eboli, L., Mazzulla, G., EboPungillo, G. *Measuring Bus Comfort Levels by using Acceleration Instantaneous Values*. Transportation Research Procedia, 2016.
- (3) Prashanth, A.S., Saran, V. H. a Harsha, S.P. *Study of subjective responses on ride comfort in public transport Uttarakhand State buses*. Roorkee, India: IIT Roorkee, 2013.
- (4) Zhang, K., Zhou, K. a Zhang, F., *Evaluating bus transit performance of Chinese cities*. Nanjing, China: Nanjing University of Information Science and Technology, 2014.
- (5) Zelený, Lubomír. *Osobní přeprava*. Praha: ASPI a.s., 2007. 355 s. ISBN 978-80-7357-266-2.
- (6) Lacek, Mikuláš. *Organizace a řízení provozu. Městská doprava*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1990. 115 s. ISBN 80-7079-972-2.
- (7) Drdla, Pavel. *Technologie a řízení dopravy: městská hromadná doprava*. Pardubice: Tiskařské středisko Univerzity Pardubice, 2005. 136 s. ISBN 80-7194-804-7.
- (8) *Zpravodajství ze Středu Čech*: www.ctidoma.cz [online] 2016. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <http://www.ctidoma.cz/zpravodajstvi/2016-10-20-co-se-stane-s-ridicem-kdyz-se-srazi-s-tramvaji-27038>.
- (9) Pavlíček, Jan. *Městské komunikace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1988.
- (10) THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 107 - Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorie M2 nebo M3 z hlediska jejich celkové konstrukce.
- (11) Vyhláška č. 314/2014 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.
- (12) Křivda, Vladislav. *Městská hromadná doprava*. [online]. <http://kds.vsb.cz/mhd/>. 2006. [cit. 2017-02-21]. Dostupné z: <http://kds.vsb.cz/mhd/index2.htm> /
- (13) Folprecht, Jan, a kol. *Městská hromadná doprava (vybrané statě)*. Vyd.1. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. 124 s. ISBN 80-248-0769-6.
- (14) ČSN 73 6425-1: *Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště - Část 1: Navrhování zastávek*.

- (15) Hladký, Aleš. Prevence stresu v práci: strategie vládních orgánů v Evropských zemích. *Psychologie v ekonomické praxi*. 2005. 40 (1-2), stránky 1-26.
- (16) Brněnské MHD. Početní stavy. www.bmhd.cz [online] 2016. [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <<http://www.bmhd.cz/evidence-dpmb/statistika/?co=stavy>>.
- (17) Brněnské MHD. Přehled současného vozového parku. www.bmhd.cz [online] 2002-2017. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <<http://www.bmhd.cz/evidence-dpmb/prehled.php>>.
- (18) Brněnské MHD. Rekapitulace změn ve vozovém parku DPMB v roce 2016 a výhled na rok 2017. www.bmhd.cz [online] 2017. [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <<http://www.bmhd.cz/aktuality/aktualita.php?1379>>.
- (19) Brněnské MHD. Statistika vozového parku: průměrné stáří. www.bmhd.cz [online] 2002 - 2017. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <<http://www.bmhd.cz/evidence-dpmb/statistika/?co=stari>>.
- (20) Iveco Bus. www.iveco.com [online] 2015. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z :<http://www.iveco.com/ivecobus/cz-cz/collections/technical_sheets/Documents/Iveco_Bus_Update/Urbanway/CNG/Urbanway_12_m_Cursor_8_CNG_E6.pdf>
- (21). Automotive Electronics R&D, Inc. XL Meter™ Pro Gamma. www.inventure.hu. [online] 1999. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <<http://www.inventure.hu>>.
- (22) MAPY. [online] Mapy Brno [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <<http://www.mapy.cz>>.
- (23) Mapy Google. [online] Streetview. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:<<https://maps.google.cz>>
- (24) *Zákon č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů*
- (25) *Vyhláška č. 175/2000 Sb. vyhláška ministerstva dopravy a spojů o přepravním řádu pro veřejnou drážní a silniční osobní dopravu, § 3 - § 17*
- (26) *Vyhláška č.101/1995 Sb. vyhláška Ministerstva dopravy, kterou se vydává Řád pro zdravotní a odbornou způsobilost osob při provozování dráhy a drážní dopravy*
- (27) Dopravní podnik hlavního města Prahy. Za lepší cestování v MHD. www.dpp.cz [online] 2011. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <<http://www.dpp.cz/za-lepsi-cestovani-v-mhd/>>.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Vozidla použita při vlastních experimentech

Příloha 2 Detailní popis měřených úseků tramvají

Příloha 2 Detailní popis měřených úseků trolejbusů

Příloha 4 Detailní popis měřených úseků autobusů

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1:Diagram tříosých okamžitých zrychlení na lince U6 (2)	15
Obr. 2: Diagram tříosých okamžitých zrychlení na lince U4 (2)	15
Obr. 3: Rozdělení dopravy.....	17
Obr. 4: MHD ve městech ČR	18
Obr. 5 Homologační značka EHK na motorovém vozidle (11)	23
Obr. 6: Hloubka a výška sedáku	24
Obr. 7:Šířka sedadel pro cestující, rozměry v mm	25
Obr. 8:Rozměry spojených sedadel	25
Obr. 9: Min.vzdálenost pro příčně orientované sedadla naproti sobě	26
Obr. 10:Min. vzdálenost pro sedadla uspořádané za sebou.....	26
Obr. 11: Druhy madel, vlevo-gumový, vpravo-plastový	27
Obr. 12:Figurína pro uličky	28
Obr. 13: Typy podlah ve vozidlech DPMB	29
Obr. 14:Schody pro cestující, rozměry v mm.....	30
Obr. 15: Bezpečnostní značka	31
Obr. 16: Relativní četnost cest uvedená jako procento celodenní hodnoty v počtu přepravovaných osob za hodinu v průměru pracovního dne v MHD (12).....	33
Obr. 17: Zastávka přímo v jízdním pruhu dle (14).....	36
Obr. 18:Foto zastávky přímo v jízdním pruhu	36
Obr. 19: Zastávka v pruhu v šířkově omezeném profilu dle (14)	37
Obr. 20:Zastávka v pruhu – opticky odlišená dle (14)	37
Obr. 21: Foto zastávky v pruhu – opticky odlišené.....	38
Obr. 22: Zastávka v pruhu s dělícím ostrůvkem dle (14)	38
Obr. 23: <i>Zastávka prostorově neoddělená – odlišená pouze opticky dle (14)</i>	39
Obr. 24: Foto zastávky prostorově neoddělené – odlišená pouze opticky	39
Obr. 25: Zastávka v opticky vymezeném jízdním pruhu dle (14)	40
Obr. 26: Zastávka umístěná v opticky vymezeném jízdním pruhu	40
Obr. 27: Přístroj XL Meter TM	50
Obr. 28: Hlavní jednotka s LCD displejem	51
Obr. 29: Sedící figuranti	55
Obr. 30:Stojící figurant.....	55
Obr. 31: Barevná legenda k vyhodnocení měření	60
Obr. 32: Vyhodnocení měření pro stojící cestující v tramvaji	62
Obr. 33: Vyhodnocení měření pro sedící cestující v tramvaji.....	63
Obr. 34: Vyhodnocení měření pro stojící cestující v trolejbusu.....	65

Obr. 35: Vyhodnocení měření pro sedící cestující v trolejbusu.....	66
Obr. 36: Vyhodnocení měření pro stojící cestující v autobusu.....	68
Obr. 37: Vyhodnocení měření pro sedící cestující v autobusu	69

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Základní charakteristiky měřených linek (2).....	14
Tab. 2: Tramvajové provozy v ČR.....	19
Tab. 3: Trolejbusové provozy v ČR.....	20
Tab. 4: Srovnání jednotlivých typů MHD (9).....	21
Tab. 5: Třídy vozidel s kapacitou nad 22 cestujících.....	22
Tab. 6: Rozměry figuríny pro třídu II.	28
Tab. 7: Sklon uličky pro vozidla třídy II.....	29
Tab. 8: Rozměry schodů k obr. 13	30
Tab. 9: Obsaditelnost prostředků o rozloze 1 m ² (10)	34
Tab. 10: Obsaditelnost vozidla (10).....	35
Tab. 11: Početní zastoupení vozidel jednotlivých trakcí ve vozovkách (17).....	47
Tab. 12: Seznam měřených úseků.....	52
Tab. 13: Stupnice k tabulce subjektivního hodnocení	54
Tab. 14: Ukázka vyhodnocení jízdy vozidla data s XL metru a hodnocení figurantů.....	59
Tab. 15: Mezní hodnoty podélného a příčného zrychlení.....	60