

**Univerzita Karlova**  
**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Geografie  
Studijní obor: Geografie a Kartografie



**Jan Papoušek**

Multimodální plánování v městském prostoru pro potřeby seniorů  
Multimodal urban planning with a focus on seniors

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Čábelka

Praha, 2018

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 16. 7. 2018

Podpis:.....

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Miroslavu Čábelkovi za odborné vedení a cenné připomínky při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat své partnerce a rodině za neutuchající podporu během psaní.

## Abstrakt

Práce se zabývá problematikou dopravních analýz v cestní síti. V teoretické části práce jsou na základě rešerše dostupné odborné literatury získány podklady k navržení parametrů v cestní síti s ohledem na zdravotní předpoklady seniorů. V metodické části jsou tyto parametry navrženy. V praktické části práce je popsán postup vlastní tvorby cestní sítě, navržení parametrů pohybu v cestní síti a analýza výsledné ideální trasy pomocí doplňku Network Analyst pro ESRI ArcGIS 10.5. Výsledná trasa je dále porovnána s výsledky dalších běžně dostupných platform. Porovnání výsledků potvrdilo funkčnost nastavených parametrů a nastínilo možnosti jejich budoucího využití.

Klíčová slova:

Cestní síť, dopravní analýza, Network Analyst, ESRI ArcGIS 10.5., nejlepší trasa, parametr

## Abstract

This thesis concerns with the issues of transit analysis in a transit network. In the theoretical part, based on the research of specialized literature, there are suggested parameters for creating a transit network regarding health condition of seniors. In the methodical part, there are designed the parameters. In the practical part, there is described the process of creating the transit network, creating parameters of movement in the transit network and analysis of the final ideal route using ESRI ArcGIS 10.5. extension Network Analyst. The final route is compared with the results of other commonly available platforms. Comparison of the results confirmed functionality of set parameters and showed possibilities for further use.

Key words:

Transit network, network analysis, Network Analyst, ESRI ArcGIS 10.5., routing problem, parameter

# Obsah

Seznam obrázků .....	6
Seznam tabulek .....	7
Seznam zkratk.....	7
1) Úvod.....	8
2) Teoretická část .....	9
2.1 Specifika pohybu osob v seniorském věku.....	9
2.2 Multimodální doprava a její plánování.....	14
2.3 Charakteristika Městské hromadné dopravy v Praze .....	16
2.4 Síťové analýzy .....	21
3) Metodická část .....	23
4) Praktická část .....	25
4.1 Podkladová data pro analýzu .....	25
4.2 GTFS .....	26
4.3 Přidání dat ve formátu GTFS do Network Analyst .....	27
4.4 Tvorba a nastavení parametrů Network datasetu. ....	29
4.5 Nastavení Network Analystu.....	36
5) Diskuze výsledků .....	37
5.1 Trasa 1 .....	37
5.2 Trasa 2 .....	40
5.3 Trasa 3 .....	42
6) Závěr .....	46
Literatura .....	47

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Sedmizónový model mobility seniorů (Weber, Porter & Menec 2010).....	10
Obrázek 2: Bezbariérový přístup do stanice metra B Národní Třída (DPP 2011).....	20
Obrázek 3 Vizualizace podkladových dat od společnosti CEDA v programu ArcMap, dostupné z: (archiv autora) .....	26
Obrázek 4: Zastávky metra linky A ve formátu GTFS, dostupné z: ( <a href="http://opendata.praha.eu">http://opendata.praha.eu</a> ) .....	27
Obrázek 5: Červeně vyznačeny výstupy funkce Generate stop – street connection, modře vyznačeny linky MHD, černě pěší síť a černými trojúhelníky vyznačená zastávka MHD Myslíkova, dostupné z: (Archiv autora).....	29
Obrázek 6: Přehled vybraných vrstev potřebných pro vytvoření Network datasetu, dostupné z: (Archiv autora) .....	30
Obrázek 7: Nastavení konektivity jednotlivých vrstev, dostupné z: (Archiv autora) .....	30
Obrázek 8: Přehled vytvořených atributů pro potřebu analýzy, dostupné z: (Archiv autora) .	32
Obrázek 9: Přehled hodnotitelů časového atributu, dostupné z: (Archiv autora) .....	32
Obrázek 10: Nastavení hodnotitele atributu wheelchair_boarding, dostupné z: (Archiv autora) .....	34
Obrázek 11: Možnosti nastavení trasy, dostupné z: (Archiv autora) .....	36
Obrázek 12: Grafická podoba trasy č. 1 po proběhnutí analýzy, dostupné z: (Archiv autora)	38
Obrázek 13: Trasa 1 podle multimodálního plánovače společnosti Seznam.cz, dostupné z ( <a href="https://mapy.cz/">https://mapy.cz/</a> ).....	38
Obrázek 14: Výsledná trasa podle multimodálního plánovače společnosti Google, dostupné z: ( <a href="https://www.google.com/maps/">https://www.google.com/maps/</a> ) .....	39
Obrázek 15 : Trasa 2 podle multimodálního plánovače společnosti Seznam.cz, dostupné z ( <a href="https://mapy.cz/">https://mapy.cz/</a> ).....	41
Obrázek 16: Trasa 2 podle multimodálního plánovače společnosti Google, dostupné z ( <a href="https://www.google.com/maps/">https://www.google.com/maps/</a> ) .....	42
Obrázek 17: Grafická podoba trasy č. 2 po proběhnutí analýzy .....	43
Obrázek 18: Trasa 3 podle multimodálního plánovače společnosti Seznam.cz, dostupné z ( <a href="https://mapy.cz/">https://mapy.cz/</a> ).....	44
Obrázek 19: Trasa 2 podle multimodálního plánovače společnosti Google, dostupné z ( <a href="https://www.google.com/maps/">https://www.google.com/maps/</a> ) .....	44

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Intervaly a jim příslušící rozmezí sklonu v podkladových datech, dostupné z: (Archiv autora) .....	35
--	----

## Seznam zkratk

IADL – Instrumental Activities of Daily Living

ADL – Test základních denních činností (Activities of Daily Living)

WHO – World Health Organization

MHD – Městská hromadná doprava

GPS – Global positioning systém

DPP – Dopravní podnik hlavního města Prahy

PID – Pražská integrovaná doprava

GIS – Geoinformační systém

P+R – Park and ride

GTFS – General transit feed specification

SQL – Structured query language

# 1) Úvod

V důsledku rozvoje medicíny a zvyšování životní úrovně v České republice dochází k postupnému prodlužování života ve stáří a celkovému zlepšování kvality života (Čevela & kol. 2012). I přes zlepšující se podmínky je třeba nadále se zaměřovat na rozvoj a poskytování péče seniorům, jelikož jejich počet v populaci Česka neustále narůstá. Predikce hovoří o rychlém demografickém stárnutí populace v následujících desetiletích (v 1. polovině 21. století předpokládají odborníci až zdvojnásobení počtu osob starších 65 let oproti aktuálnímu zastoupení v populaci z jedné šestiny na jednu třetinu) (Štyglerová & kol. 2013). Problémem nemusí být zvyšující se počet seniorů, ale změny ve věkové struktuře obyvatelstva (Rosenbloom 2004). Mezi jedny z opomíjených služeb vyvíjených s ohledem na potřeby seniorů patří geoinformační systémy a navigační platformy.

## Cíle práce

Cílem práce je na základě rešerše dostupné odborné literatury popsat specifika seniorů z hlediska jejich pohybu v městském prostoru prostřednictvím různých dopravních módů a jejich kombinací a na základě těchto specifíků definovat parametry, které jsou relevantní pro výpočet ideální trasy v dopravní síti. Relevantnost těchto parametrů bude následně otestována pomocí analýzy Best Route v nástroji ArcGIS Network Analyst nad datovým modelem vzorku pěší sítě společnosti CEDA doplněným o prostředky městské hromadné dopravy.



## 2) Teoretická část

### 2.1 Specifika pohybu osob v seniorském věku

Stáří lze definovat jako závěrečnou fázi lidského života, ve které dochází k morfologickým a funkčním změnám v organismu. Proces stárnutí odráží celou řadu faktorů: zdravotní stav, psychiku, životní styl a ekonomické vlivy (Čevela & kol. 2012). V literatuře je pojem stáří obvykle vymezován třemi druhy:

- Kalendářní stáří - lze jej jednoznačně stanovit. Za počátek stáří je považováno dosažení věkové hranice 65 let, o vlastním stáří se hovoří ve věku 75 let. Kalendářní stáří nebere v potaz individuální charakteristiky jedince.
- Biologické stáří - stanovuje se s ohledem na míru nevratných biologických změn organismu. Přesné vyjádření involučních změn však nebylo dosud signifikantně stanoveno a proto je určení biologického stáří člověka problematické.
- Sociální stáří - souvisí se změnou sociálních rolí v životě jedince. Sociální stáří začíná vstupem do penze či nabytím nároku na starobní důchod (Kalvach & kol. 2004).

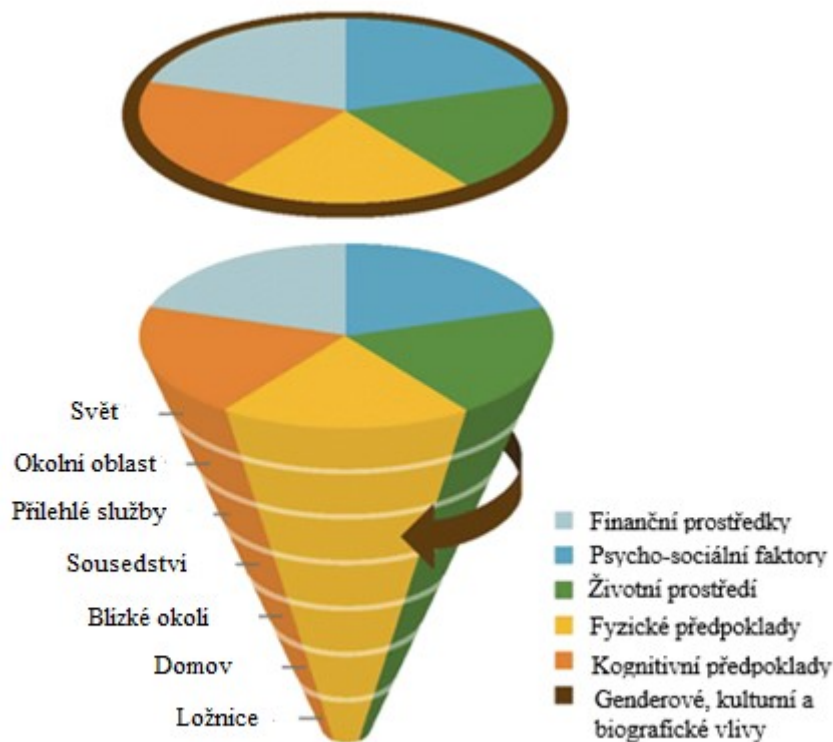
Stárnutí je proces definovaný mnohými biologickými a funkčními změnami organismu v oblasti somatické, psychické (emoční) a sociální. Mezi fyziologické změny provázející stárnutí obecně patří snížení postavy člověka, změna hmotnosti, snížení kvality zrakové a sluchové percepce. Dochází k úbytku svalové hmoty a kostní denzity, ochabnutí svalů a přibývání vaziva a tukové tkáně. Tyto změny bývají příčinou klesajícího výkonu v jednotlivých aktivitách i sníženou reaktivitu člověka vůči okolí.

Dobré fyzické i psychické zdraví je předpokladem pro kvalitní a nezávislý život seniorů. Jednou z nejdůležitějších podmínek kvalitního života je soběstačnost. (Holmerová, Jurašková & Zikmundová 2003). Mezi nejvíce rozšířené nástroje pro posuzování soběstačnosti patří nejen v lékařské praxi Test instrumentálních činností (Instrumental Activities of Daily Living - IADL) a Test základních denních činností (Activities of Daily Living - ADL). Test ADL se zaměřuje na samostatné zvládnutí všedních sebeobslužných činností (např. stravování, hygiena, oblékání, použití toalety, přesun na lůžko, chůze), test IADL zjišťuje míru širší soběstačnosti: např. telefonování, nakupování, vaření, užívání léků, manipulace s penězi, cestování, orientace doma a mimo domov či mobilitu (plánování trasy, cestování v dopravních prostředcích, řízení automobilu, orientaci v jízdních řádech, zajištění jízdenky) (Lawton & Brody 1969). Dle

Weber, Porter & Menec (2010) zahrnuje mobilita chůzi, pohyb pomocí invalidního vozíku, řízení a používání alternativních forem dopravy.

Snižující se mobilita (ztráta možnosti řídit automobil či nacházet uspokojivé cestovní alternativy, která vede k omezení dostupnosti služeb) může vést k výraznému zhoršení životního stylu seniorů až úplnému odloučení ze společnosti. V důsledku snížené mobility se senioři stávají závislími na dalších osobách ve svém okolí (Rosenbloom 2004).

Koncepcí mobility seniorů a jejími klíčovými determinanty se zabývali Weber, Porter & Menec (2010). Ve své studii přináší sedmizónový model životního prostoru, který zahrnuje tyto zóny: ložnice, domov (např. byt, dům, instituce), blízké okolí (např. zahrada, přilehlá ulice), sousedství, přilehlé služby (např. obchody, lékařská péče, banka), okolní oblast (např. stát) a svět. Mobilita v těchto sedmi zónách je ovlivněna následujícími faktory: finanční prostředky, psycho-sociální faktory, životní prostředí, fyzické a kognitivní předpoklady, genderové, kulturní a biografické vlivy. Obrázek č. 1 zobrazuje zvyšující se vliv faktorů se zvětšující se vzdáleností osoby od domova.



Obrázek 1: Sedmizónový model mobility seniorů (Weber, Porter & Menec 2010).

Předpoklady mobility jsou vzájemně provázány a ovlivňují se, přičemž některé klíčové faktory (např. zlomenina, či ztráta životního partnera, který řídil vozidlo) mají na změnu profilu mobility významný vliv (Weber, Porter & Menec 2010). Problémy v oblasti mobility nastávají v okamžiku, kdy se člověk nemůže pohybovat z původního místa do plánovaného cíle z důvodů individuálních nebo externích faktorů. Limity v mobilitě pak mohou zapříčinit snížení psychické, fyzické i sociální pohody. Cílem dopravních společností je pomoci skupinám obyvatelstva překonat jejich omezení, zvýšit mobilitu a zpřístupnit dané destinace (Wasfi, Levinson & El-Geneidy).

Potřeby pro seniory v oblasti mobility jsou však velmi komplexní záležitostí, která nemá jednoznačné řešení, které by vyhovovalo všem seniorům ve všech oblastech či jednomu seniorovi v rámci obce (Suen & Sen 2004).

## **Možnosti mobility pro seniory**

Možností mobility pro seniory se zabývali Suen & Sen (2004). Vychází z předpokladu, že k naplnění mobility starých osob nejvíce přispívá cestování osobním automobilem. Alternativní prostředky mobility jsou tím atraktivnější a přijatelnější, čím více se přibližují osobnímu vozidlu. Pokud by byla například taxi služba cenově dostupnější, mohla by nahradit jízdu osobním automobilem či chůzi na krátké vzdálenosti. Autobus ve venkovském prostředí, který nabízí omezenou možnost spojení s okolím, je pro uživatele nejméně flexibilní. Pro současné generace osob, které jsou po celý život zvyklé používat osobní vozidlo, je nutné nacházet vhodné dopravní alternativy.

## **Cestování osobním automobilem**

V USA je od poloviny 90. let pozorován nárůst individuální dopravy seniorů osobními automobily. Cestování osobním automobilem poskytuje starým lidem větší nezávislost a nabízí širší škálu dostupných služeb a aktivit. V roce 1985 využili lidé nad 70 let k cestování osobní automobil průměrně ve 3 ze 4 cest, zatímco v roce 1995 průměrně k 9 z 10 cest (Rosenbloom 2004). Expanze automobilové dopravy u seniorů je pozorována i na území České republiky. Obecně spoléhají senioři mnohem více na použití osobního automobilu k dosažení svých cílů více, než ostatní věkové kategorie (Wasfi, Levinson & El-Geneidy 2012).

Staří lidé spadají do kategorie rizikových řidičů z důvodu jejich pomalejší adaptace na změny a náročné řidičské situace a nejistoty, mnohdy je jejich pozornost ovlivněna

medikamenty. Zvyšující se hustota dopravy nebývá uzpůsobena specifickým potřebám seniorů (Hamerníková 2008). Se vzrůstajícím věkem se osoby, které dříve řídily automobil, stávají spíše pasažéry, což pro některé osoby přináší nutnost psychického přijetí nové role (Suen & Sen 2004). V České republice se dle platné legislativy musí držitel řidičského průkazu podrobit lékařské prohlídce nejdříve 6 měsíců před dovršením 65 a 68 let a nejpozději v den dovršení tohoto věku, po dovršení věku 68 let poté každé 2 roky (Zákon č. 101/2013 Sb.)

## **Chůze**

Dle výzkumu Rosebloom (2004) je u seniorů chůze alespoň dvakrát frekventovanější než cestování hromadnou dopravou. Naopak cestování taxíky zahrnuje pouze zlomek jejich dopravy.

Za největší překážku v mobilitě seniorů je považována neschopnost seniorů překonat práh vlastního domu. Podle Svidéna (2011) mají na schopnost seniorů používat venkovní prostřední klíčový vliv už enviromentální překážky v místě bydliště. Pokud je senior schopný dostat se z místa bydliště, nebývá pro něj problémem se pohybovat i na delší vzdálenosti. Za nejčastější enviromentální překážky v místě bydliště jsou u domů s absencí výtahů považovány schody či schodiště nebo v domech s výtahy úzké vstupní dveře výtahů neumožňující manipulaci s pomůckami potřebnými pro pohyb (berle, chodítka).

WHO (2017) uvádí, že pro většinu seniorů je důležité, aby venkovní prostředí, kam se chystají, bylo klidné, čisté a bezpečné. Pro pěší docházku je pro seniory nejdůležitější dobrá kvalita chodníků a udržovanost chodníků v různých klimatických podmínkách. Za problém je obvykle označováno parkování vozidel na chodnících. Neméně důležité pro delší pěší docházku je přítomnost dostatečného množství míst pro krátký odpočinek, jako jsou lavičky či jiná místa pro sezení, která seniorům umožňují prodloužit a zjednodušit docházku. Další často zmiňovanou překážkou pro snadný pohyb ve městě bývají nevhodné silniční přechody. Nejčastějším problémem spojeným s přecházením komunikace je příliš krátký interval ponechaný pro přejetí, chybějící zvuková či světelná signalizace, hustota provozu nebo nevyhovující přístup do komunikace (WHO 2017). Například v Nizozemsku a Německu vyvinuli širokou škálu prostředků, které pomáhají zvýšit bezpečnost cyklistů a chodců (včetně osob seniorského věku) při pohybu ve městě. Jedním z nich jsou dopravní předpisy, podle nichž je v případě dopravní nehody, která se týká dětí nebo seniorů, vždy vinen řidič motorového vozidla (Pucher & Dijkstra 2003). V nizozemském Tilburgu byla v květnu 2017 poprvé vyzkoušena aplikace The CrossWalk app společnosti Dynniq, která pomocí GPS systému

automaticky komunikuje se semaforem. Aplikace upozorní semafor, že se k přechodu blíží pomalu se pohybující osoba a následně je prodloužena doba trvání zelené.

Bezpečnost chodců v seniorském věku je do značné míry ohrožena fungováním silničního provozu, který je v dnešní době obecně určen především vozidlům a mladým řidičům. Dominantní postoje řidičů a častý pocit nadřazenosti nad chodci zvyšují riziko nehod. Dalším rizikovým faktorem je snížená pohotovost seniorů v situacích, které vyžadují rychlé reakce a rozhodování (např. pohyb na křižovatkách, vícenásobných komunikacích, přechodech s krátkými intervaly nebo neudržovaných komunikacích) (Oxley & kol. 2004).

## **Městská hromadná doprava**

Senioři často nevyužívají formy veřejné dopravy, jelikož nevyhovuje jejich potřebám, nebo je její použití příliš fyzicky či psychicky náročné. Mobilita za účelem získání zboží, využití služeb, aktivit či sociálního kontaktu je vždy vázána na bydliště daného seniora. Ve větších městech bývají služby dostupné pěšky či s využitím městské dopravy (pokud není její využití pro daného člověka příliš náročné). Na předměstích bývají služby více rozptýlené a cesta k nim trvá déle, existuje zde však obvykle alternativa k osobnímu automobilu. Bez ohledu na oblast bydliště ovlivňují mobilitu osobní předpoklady jedince (např. schopnost ujít určitý úsek pěšky bez nutnosti odpočinku nebo stoupat po schodech, schopnost udržet se ve stoje v jedoucím autobuse) (Suen & Sen 2004).

Využití hromadné dopravy seniory je dle londýnského výzkumu (Schmöcker & kol. 2008) vázáno na hustotu tramvajových a autobusových zastávek ve městě. Čím vyšší počet zastávek, tím více preferovali senioři cestování městskou hromadnou dopravou. Počet destinací, které lze dosáhnout MHD z místa bydliště, nehrál při jejich rozhodování signifikantní roli.

Volba dopravního prostředku se obvykle odvíjí od typu cesty, kterou senioři uskuteční. Na výběru prostředku mobility se podílí několik faktorů: finanční dostupnost konkrétní služby, psychologická bariéra, která může bránit změně z role řidiče na pasažéra, ochrana před vlivy počasí, podmínky pro převoz zavazadel či nákupu, či volnost v rozhodování, odkud kam bude daný člověk cestovat (Suen & Sen 2004). Roli může hrát také socio-ekonomický status daného člověka. Výzkum v preferencích dopravních prostředků v Londýně srovnával využití osobních

automobilů (na pozici řidiče i pasažéra), autobus/tramvaj, metro, taxi a pěší chůzi. Ukázalo se, že cestování autem je pro staré lidi finančně náročné především z důvodu amortizace, kterou při cestování veřejnou dopravou neplatí. Senioři také preferovali ten typ cestování, které umožnilo nezávislý pohyb (Schmöcker & kol. 2008).

Petrová Kafková (2013) uvádí, že 68% seniorů ve věku mezi 60 a 69 lety využívá služeb MHD alespoň jednou týdně. S postupujícím věkem se tento počet snižuje. Ze seniorů starších 80 let služby MHD využívá alespoň jednou týdně 56% dotázaných. Snižující se podíl seniorů využívající MHD souvisí především s častějším výskytem snížené schopnosti mobility ve vyšším věku.

Podle WHO (2007) je jednou z nejdůležitějších podmínek pro časté a bezproblémové využívání MHD seniory její finanční dostupnost a neměnnost tarifů za přepravu. Příliš časté změny tarifů například pro rozlišení cesty v dopravní špičce nebo při nevhodných klimatických podmínkách obvykle vedou ke snížení využívanosti spojů seniory. Výhodou bývají speciální snížené tarify jízdného pro starší osoby, či dokonce úplné odpuštění přepravního poplatku. Pozitivní motivací pro cestování MHD je i pocit bezpečí na cestě, neexistence kriminality ve spojích MHD, či pocit pohodlí. Pozitivně jsou vnímány i přednostní místa na sezení pro seniory, které široká veřejnost respektuje. Od dopravních prostředků senioři očekávají lehký přístup do vozu, za velkou výhodu považují nízkopodlažní spoje, popřípadě spoje s nízkými schody, který jsou vybavenými vyvýšenými sedadly, ze kterých je jednodušší vstát. Výhodou je dobře čitelný popis čísla a trasy linky. Od řidičů spojů očekávají dodržování dopravních předpisů a ohleduplnost - řidič počká s rozjezdem do té doby, než jsou všichni pasažéři usazeni, je zdvořilý a počká na opoždilé cestující. Zastávky MHD by měly být umístěny v těsné blízkosti bydliště seniorů, měly by být vybaveny místy k sezení a střešou, která by chránila před případnými nepříznivými vlivy počasí. Též by měly být vybaveny vhodnými přístupovými rampami, případně eskalátory a výtahy, který by usnadnily přístup do zastávky.

## **2.2 Multimodální doprava a její plánování**

V této kapitole budou popsány současné přístupy k multimodální dopravě a plánování a možnost jejich využití v mé práci. Podle definice Organizace Spojených národů (1980) se pojmem multimodální doprava myslí doprava zboží či osob dvěma či více dopravními prostředky pod jednou přepravní smlouvou. Multimodální dopravy se nejčastěji využívá ve městech, které mají integrovaný systém hromadné dopravy složený z více dopravních

prostředků. Typickým příkladem multimodální dopravy jsou systémy parkovišť a na ně navazujících prostředků městské hromadné dopravy (zkratka P+R - park & ride). Smyslem tohoto opatření je ulehčit osobní automobilové dopravě v centru města. Dojíždějící řidiči mají možnost zaparkovat za nízký poplatek na hlídaném parkovišti a pohodlně přestoupit na prostředek městské hromadné dopravy (typicky linky metra či tramvají). P+R parkoviště se využívají i v Praze, kde se P+R parkoviště nachází například na stanicích metra C Letňany a Chodov.

## **Multimodální plánování**

Klasické dopravní plánování se snaží maximalizovat dopravní rychlosti, minimalizovat dopravní zácpy a snížit rizika havárie s využitím dobře vyvinutého souboru inženýringu, modelování a financování nástrojů a vede tedy ke zvyšování závislosti na automobilové dopravě na úkor alternativních způsobů dopravy. (Litman 2017)

Naproti tomu multimodální plánování označuje takové plánování trasy, které bere v úvahu přepravu více než jedním dopravním módem (chůze, dopravní cyklistika, automobilová doprava, městská hromadná doprava...) a bere v úvahu i spojení a přestupy mezi jednotlivými módy. Redukuje tedy závislost na automobilové dopravě. (Litman 2017). To může být velice výhodné pro rozsáhlé městské aglomerace, které nejsou schopné se vyrovnat se vzrůstajícím nárůstem intenzity automobilové dopravy a potřebují svým obyvatelům poskytnout její především časově výhodnější alternativu.

Majoritní využití klasického i multimodálního plánování však v dnešní době připadá na plánování individuální dopravy. Klasické plánování zahrnuje vždy pouze jeden přepravní mód - dopravu autem, pěšky, na kole. Multimodální individuální plánování se nejčastěji používá v městském prostoru, kde slouží k nalezení nejrychlejší trasy mezi bodem A a bodem B za použití všech dostupných prostředků městské hromadné dopravy.

## **Existující platformy multimodálního plánování**

Jednou z nejpoužívanějších platform je vyhledávač spojení od Dopravního podniku hlavního města Prahy, který však vyhledává pouze spoje, které spadají do systému Pražské integrované dopravy. Využívá data přímo z dopravního podniku a podle zadaných kritérií vrátí požadovaný výsledek v textové podobě. Existuje i možnost zadání hledání a vizualizace výsledku pomocí Google Maps. Výhodou tohoto nástroje je vyhledávání bezbariérových a

nízkopodlažních spojení i podání informace o formě a parametrech bezbariérové úpravy zastávky (DPP 2018).

Na stejném principu, avšak na celém území Česka funguje i multimodální plánovač od společnosti Chaps, fungující na internetových stránkách skupiny Mafra pod zkratkou IDOS. V roce 2012 vyhrál plánovač IDOS cenu Evropské komise pro nejlepší evropský multimodální plánovač tras (Evropská komise 2012). Mapovou vizualizaci trasy však vyhledávač vrátí pouze na území Prahy. Podobně jako vyhledávač spojení od DPP umožňuje vyhledávat spojení pouze bezbariérovými či nízkopodlažními vozidly. (IDOS 2018)

Dalším široce rozšířeným multimodálním plánovačem je vyhledávání spojení při [maps.google.com](https://maps.google.com). Funguje po celém světě na mapovém podkladu od společnosti Google. Umožňuje do výpočtu trasy zahrnout pěší přesuny, preferenci bezbariérových spojů či preferenci co nejmenšího počtu přestupů. Automaticky vrátí výsledek v mapové vizualizaci, umožňuje však i zobrazení spojení v grafické podobě či textové podobě pro potřeby tisku. (Google 2018)

Nově vznikající platformou pro multimodální plánování trasy jsou Jízdní řády od společnosti Seznam.cz. K 18. 6. 2018 je vyhledávač stále označován jako betaverze, nicméně zvládá úkony spojené s vyhledáváním spojení na území Česka na podobné úrovni jako vyhledávač na Google Maps a přidává mapovou vizualizaci trasy s přestupy na mapovém podkladu od serveru [Mapy.cz](https://mapy.cz). (Jízdní řády 2018)

Ze zahraničních platform patří k nejznámějším CityMapper, který je dostupný i jako aplikace na Android nebo iOS. Obsahuje kompletní jízdní řády významných měst světa (bez Prahy) a umožňuje navigaci v nich včetně pěších přechodů. Je možné si též procházet jízdní řády v dané lokalitě či přijímat upozornění o zpoždění spojů. (Citymapper 2018)

## **2.3 Charakteristika Městské hromadné dopravy v Praze**

V této kapitole bude popsán systém Pražské hromadné dopravy, jeho reakce na přepravu hendikepovaných a seniorů a konkrétní parametry jednotlivých typů dopravních prostředků a zastávek městské hromadné dopravy pro jejich zanesení do praktické části. Městská hromadná doprava označuje systém přepravy cestujících v městském prostoru, v němž jednotlivé typy



dopravních prostředků jezdí po předem daných linkách s předem daným přepravním poplatkem. Existence MHD je v dnešní době pro správnou funkci moderního velkoměsta naprosto nezbytná, protože MHD mimo jiné redukuje množství individuální dopravy, která oproti MHD vykazuje vyšší emise, je prostorově náročnější i nákladnější na provoz (Schofer 2017). Zajišťují též přepravní služby pro skupiny lidí, které by v případě nutnosti nebyli schopni využívat individuální dopravu (hendikepovaní či senioři). Systém MHD obvykle zajišťují města samotná, či firmy jim přímo podřízené.

## **Charakteristika jednotlivých typů MHD v Praze**

MHD na území Prahy je zajišťována firmou Dopravní podnik hl. m. Prahy a.s., která v současné podobě funguje od roku 1991. V roce 2016 bylo prostředky DPP přepraveno 1 186 736 000 cestujících, z toho 461 160 000 metrem, 368 609 000 tramvajemi a 349 664 000 autobusovými linkami. (DPP 2016). DPP provozuje i linky vodních přívozů a dvě lanovky, ty jsou však z hlediska množství přepravených cestujících zanedbatelné.

### **Metro**

Metro v Praze funguje od roku 1974, kdy byl otevřen první úsek dlouhý 6,6 km mezi stanicemi Kačerov a Florenc (tehdy Sokolovská) na dnešní lince C. Metro bylo vybudováno v tzv. těžkém sovětském stylu s důrazem na maximální přepravní kapacitu s hloubenými stanicemi. V roce 1978 byl otevřen 4,7 km dlouhý úsek nové linky A mezi stanicemi Dejvická (tehdy Leninova) a Náměstí Míru. Tato linka je hlouběji založená a její stanice jsou, kromě Dejvické, ražené. První úsek linky B, dlouhý 4,9 km byl otevřen v roce 1985 mezi stanicemi Florenc a Smíchovské nádraží (Fojtík 1995). Dnes je v provozu celkem 65,4 km tratí a 61 stanic na třech linkách. Do budoucna se počítá se zprovozněním linky D v úseku Depo Písnice – Náměstí Míru.

V metru jezdí dva typy pětivozových vlakových souprav napájených z kolejnic. Typ 81-71M je modernizovaný starý sovětský typ používaný na linkách A a B. Na trase C jsou v provozu od roku 1998 soupravy M1. Oba typy souprav jsou plně bezbariérové s dostatečným množstvím míst k sezení a s vyhrazenými místy pro invalidní vozík.

Linka A měří 17,1 km a nachází se na ní celkem 17 stanic, z nichž 10 je bezbariérových. Souprava ji podle jízdního řádu projede za 30 minut. Spojuje hustě obydlená okrajová pražská sídliště Petřiny, Skalka a Zahradní Město a v centru obsluhuje například městské části Vinohrady, Dejvice či Hradčany. S průměrnou hloubkou stanice 25,4 m se jedná o nejhluběji vedenou linku metra, s čímž souvisí složitější bezbariérové zpřístupňování stanic, což částečně

omezuje její využitelnost pro potřeby hendikepovaných či seniorů. Linka A je podle přepravního průzkumu DPP (2015) s 312 529 pasažéry nejméně vytiženou linkou metra.

Linka B měří 25,7 km a nachází se na ní 24 stanic, z nichž 16 je bezbariérových. Jedná se o nejdelší linku metra a metro jí podle jízdního řádu projede za 42 minut. Spojuje západ a východ Prahy, sídliště Černý most, Hloubětín, Nové Butovice a Luka, v centru prochází Karlínem či Smíchovem. Nové stanice po obou koncích linky jsou vybavené bezbariérovým přístupem, starší stanice v centru jako Karlovo náměstí nebo Náměstí Republiky jej však postrádají. Podle přepravního průzkumu DPP (2015) linku B denně využije 432 904 cestujících.

Linka C měří 22,4 km a nachází se na ní 20 stanic, z nichž 17 stanic je bezbariérových. Linka C je zbudována nejbližší povrchu, takže budování bezbariérových přístupů do metra nebylo tak náročné. Spojuje severní a jižní pražská sídliště, v centru obsluhuje další klíčové dopravní stavby Prahy – Ústřední autobusové nádraží Florenc a Praha hlavní nádraží. Jedná se o nejvytíženější linku metra, kterou v průměru podle přepravního průzkumu DPP (2015) denně využije 526 710 lidí.

## **Tramvajová doprava**

Tramvajová doprava má v Praze dlouhou tradici. První původně koněspřežná trať byla otevřena v roce 1875. V roce 1891 na ní navázal František Křížik se svou elektrickou drahou. Vrcholu tramvajová doprava dosáhla v šedesátých letech před rozhodnutím o budování první linky metra. Poté byly některé tratě rušeny, ať už z důvodu, že nevyhovovaly bezpečnosti provozu (trať v Celetné ulici) či byly rušeny tratě, jejichž směr kopírovaly linky metra (trať přes Pankrác) (Fojtík 1995). V dnešní době DPP provozuje celkem 142,7 km tratí, na nichž operuje 24 stálých denních a 9 nočních linek tramvají. (DPP 2016).

Dopravu zajišťují jak nízkopodlažní, tak běžné tramvaje. Nízkopodlažní spoje jsou v proměnlivém intervalu garantovány na každé lince a tvoří 42 % z celkového počtu vypravených spojů.

V Praze jsou používány 4 typy nízkopodlažních tramvají. Dva typy jsou modernizované z původních běžných na nízkopodlažní. KT8D5R.N2P v počtu 48 kusů, kde je nízkopodlažní pouze prostřední článek a T3R.PLF v počtu 33 kusů, u kterých je nízkopodlažní celý vůz (operuje sám či ve spojení s běžným vozem v soupravě). Další dva typy jsou celkově nízkopodlažní už z výroby – tramvaje 14T v počtu 57 kusů a 15T v počtu 197 kusů. Vozy 15T jsou navíc vybaveny i řidičem obsluhovanou plošinou pro usnadnění přístupu vozíčkářům. (DPP 2016).

## **Autobusová doprava**

Počátky autobusové dopravy v Praze se datují do období po první světové válce, kdy byly postupně zaváděny autobusové linky s cílem napojovat vzdálenější oblasti Prahy na již fungující síť tramvají. S rozvojem automobilové dopravy se zvyšoval i význam autobusové dopravy. S postupným zprovozněním systému metra bylo plánováno vyřazení všech elektrických drah a jejich nahrazení metrem a na něj navazujícími autobusovými linkami, nicméně k realizaci tohoto plánu nikdy nedošlo.

K 31. 12. 2016 na území Prahy operuje celkem 142 autobusových linek s celkovou operativní délkou 1 695 km. Celkem se ve vozovém parku nachází 484 kloubových autobusů (z toho je 392 nízkopodlažní), 630 standartních autobusů (z toho 477 nízkopodlažních) a 65 tzv. midibusů (nízkokapacitních autobusů). Všechny midibusy jsou nízkopodlažní. Díky tomu může DPP garantovat 73% veškerých spojů jako nízkopodlažní. (DPP 2016)

Všechny nízkopodlažní vozy jsou vybaveny plošinou, kterou obsluhuje řidič, umožňující bezbariérový přístup do tramvaje z jakéhokoliv typu zastávky.

## **Kategorizace zastávek MHD dle bezbariérovosti v Praze**

Zastávky metra se podle kategorizace DPP dělí na zastávky bezbariérové a běžné. Z celkového počtu 61 stanic je celkem 41 stanic kompletně bezbariérových, ve 3 stanicích fungují pro potřeby vozíčkářů šikmé schodišťové plošiny, v zastávce Nádraží Holešovice funguje svislá schodišťová plošina a ve stanici Opatov funguje upravený nákladní výtah pro potřeby vozíčkářů. Podle DPP by všechny zastávky metra měly být bezbariérové do roku 2028. (DPP 2017)



*Obrázek 2: Bezbariérový přístup do stanice metra B Národní Třída (DPP 2011)*

Tramvajové zastávky se z hlediska bezbariérovosti dělí podle DPP do tří kategorií – zastávka bezbariérově přístupná, zastávka bezbariérově částečně přístupná a zastávka obtížně nebo bezbariérově nepřístupná. Zastávky se řadí do kategorií na základě konkrétních měrných specifik. Zásadním parametrem pro rozlišení od zastávky obtížně nebo bezbariérově nepřístupné je výška svislé překážky při přístupu k dopravnímu prostředku (například výška obrubníku), která nesmí přesáhnout 20 mm. Dalším parametrem je maximální povolený sklon přístupové rampy zastávky (u částečně bezbariérové zastávky se jedná pro rampy o délce vyšší jak 3 000 mm o maximální povolený sklon 12,5 %, u bezbariérové zastávky jsou intervaly délek a jim odpovídajících sklonů přísněji kategorizovány, od 9 000 mm je tak povolen maximální sklon pouze 6,25 %). (DPP 2017)

U autobusových zastávek tuto funkci plní přímo nástupní plošina obsluhovaná řidičem v nízkopodlažním vozidle.

## **Reakce dopravního podniku na potřeby seniorů**

Dopravní podnik hlavního města Prahy věnuje problematice dopravy seniorů pozornost především úpravou cen jízdních tarifů. Osoby ve věku mezi 60 a 70 lety mohou uplatnit 50%

slevu na jízdné v Praze, pokud se prokáží platnou průkazkou PID „Senior 60-70“ nebo platnou Lítačkou s nahanou aplikací „Senior 60-70“. Osobám ve věku mezi 65-70 lety je po prokázání se platným občanským průkazem či cestovním pasem odpuštěn přepravní poplatek na území Prahy. Osoby nad 70 let mohou po prokázání se platným občanským průkazem či cestovním pasem cestovat zdarma v celém systému PID. Cílem těchto opatření je usnadnění přístupu k přepravě hromadnou dopravou seniorům a nahrazení jejich snížené schopnosti osobní dopravy.

## 2.4 Síťové analýzy

Praktická část mé práce bude zaměřena na síťovou analýzu cestní sítě v městském prostoru za účelem optimalizace vyhledání spojení v cestní síti pro potřeby seniorů. Síťová analýza je podle Brázdové (2008) jedna z disciplín teorie grafů, která je zaměřena na analýzu projektu. Projektem se rozumí soubor časově vymezených činností nutných k dosažení určitého cíle. Modelem projektu je síťový graf. Síťový graf je tvořen hranami a uzly. Pro potřeby síťových analýz v geoinformatice se využívá síťových diagramů, v němž jsou jednotlivé hrany ohodnoceny časovým údajem určujícím čas nutný k projití hranou. Hranami jsou pro potřeby GIS analýz myšleny cesty, silnice, koridory atd. Výpočet času potřebného pro projití hranou je možné upravit podle požadavků na analýzu – například v hraně s prudkým průměrným sklonem zvýšit čas potřebný pro projití hranou či zvolit jinou impedanci pro výpočet trasy – například spotřebované palivo.

### Prostředky analýzy cestní sítě

Analýzy v cestní mají v dnešní době široké užití. Využívají se především v dopravních službách pro výpočet nejkratší, nejrychlejší nebo nejúspornější trasy. Pomáhají optimalizovat trasu rozvážkovým firmám a redukovat tak jejich náklady, vytyčování zón dostupnosti z daného bodu se využívá při projektování nové zástavby, online navigace v osobním užití, které do výpočtu trasy započítávají i momentální hustotu provozu, přispívají ke zkrácení délky kolon díky odklánění dalších aut jinam. Využívá je Integrovaný záchranný systém pro optimalizace svého provozu.

Pro potřeby analýz cestní sítě bylo vyvinuto mnoho softwarových platforem a programů. Některé z nich pro vědecké účely, které jsou k dispozici zdarma, jiné pro komerční účely kryté licencemi s poplatkem. Mezi platformy vzniklé pro vědecké účely se řadí například sDNA vytvořený univerzitou v Cardiffu a je dostupný zdarma jako plugin do programu

AutoCAD či ArcGIS. Poskytuje možnost pokročilých síťových analýz na libovolném liniovém datovém modelu. (sDNA 2018). Dalším z programů je SANET vyvinutý na univerzitě v Tokyu. SANET je zdarma dostupný výhradně pro studijní účely jako samostatná aplikace nebo jako toolbox do ArcGIS. (Sanet 2018). Dalšími nástroji jsou například depthmapX či Qgis syntax Toolkit. Jedním z nejpoužívanějších komerčních produktů je Network Analyst pro ESRI ArcGIS. Network Analyst je nabízen jako rozšíření pro program ArcMap. Zájemce o něj si pro využívání musí pořídit licenci.

Ověřování správnosti a relevantnosti nastavených parametrů bude v praktické části testováno v rozšíření Network Analyst pro ESRI ArcGIS. Network analyst řeší úlohy jako hledání nejkratší trasy, optimální trasy, lokaci a alokaci či zóny dostupnosti. Pro řešení úlohy byl vybrán z důvodu, že uživateli poskytuje širokou podporu – velice obsáhlý manuál, dostupné tutoriály s předpřipravenými daty, zázemí rozsáhlých webových stránek podpory, fungující diskuzní fóra apod. Z hlediska funkčnosti se jedná o prověřený software, který je využíván v mnoha oborech činnosti od státní správy, přes soukromé společnosti po vzdělávací instituce.

### 3) Metodická část

V metodické části bude popsán celkový koncept parametrů určujících pohyb v cestní síti, který bude následně využit na konkrétním příkladu v praktické části práce. Tento koncept vychází ze skutečností uvedených v teoretické části práce. Účelem těchto parametrů je přizpůsobit výpočet ideální trasy s využitím prostředků MHD a pěších přesunů v městském prostoru potřebám seniorů. Bez vhodně nastavených parametrů by výsledná trasa nepřinesla požadované výsledky. Jak bylo nastíněno v úvodní kapitole teoretické části, požadavky seniorů na způsoby mobility jsou v porovnání s ostatními skupinami obyvatel velice specifické. S přibývajícím věkem se schopnost mobility snižuje a je třeba tomu přizpůsobit způsob přesunu po městě. Pro potřeby analýzy je třeba rozlišit faktory limitující seniory při využívání prostředků MHD a faktory, které je limitují při pohybu v pěší síti, a vzít je v úvahu při nastavení parametrů, které v analýze stanoví pravidla pro pohyb v cestní síti. Výsledné parametry musí co nejpřesněji a v co největším počtu případů odpovídat reálným potřebám seniorů.

Při využití pěší sítě jsou pro potřeby seniorů podle první kapitoly teoretické části stěžejní následující faktory: enviromentální překážky, kvalita povrchu pěší sítě, udržovanost sítě za zhoršených klimatických podmínek a délka samotného pěšího přesunu. Za enviromentální překážky jsou v pěší síti označovány překážky, které vychází přímo z podmínek v daném místě jako jsou schody, úseky s vysokým sklonem, nevhodným povrchem apod. Schodiště a schody jsou v první kapitole teoretické části nejčastěji popisovány jako problém pro mobilitu seniorů. Pro řadu seniorů se zhoršenou hrubou motorikou bývá velikou potíží bezpečně překonat schodiště či řadu schodů ať už z důvodu značné námahy nutné především k výstupu do schodů či riziku pádu v případě nevhodného došlapu aj. Proto je nutné nastavit parametr výpočtu trasy tak, aby schodiště v žádném případě nebyla zahrnuta do výsledné trasy. Sklon v pěší síti se stává tím větším problémem pro pohyb seniorů, čím větším sklon je. Z tohoto důvodu je tedy nutné podobně navrhnout i parametr pro potřeby analýzy. Rovinatý úsek, či úsek s nízkým sklonem není třeba hodnotit restriktivním parametrem, protože pro seniory netvoří žádnou překážku. S narůstajícím sklonem je třeba zvyšovat hodnotu restrikce z LOW až po PROHIBITED, podle povahy analýzy a zkoumaného území. Kvalita povrchu označuje skupinu vlastností, které vyplývají z technického stavu pěších úseků, jako je celistvost či porušenost povrchu, jeho rovnost apod. Ve většině dostupných dat jsou označovány jedním souhrnným atributem. Senioři preferují v městském prostoru pohyb po kvalitních chodnících a stezkách a je nutné tuto skutečnost zohlednit patřičným parametrem. Díky nastavení restrikce na nekvalitní úseky s

hodnotou MEDIUM dojde ve většině případů k vybrání kvalitnější trasy, nicméně v případech, kdy je jejich použití časově výhodné, tak budou využity. Vyjádřit udržovanost pěší sítě za různých klimatických podmínek je v podstatě nemožné, neboť by se případný parametr musel měnit v čase a zároveň by musely být dostupná relevantní data. Délka případného pěšího přesunu rozhoduje o samotné motivaci seniora vykonat cestu. Je proto vhodné ji zavést do samotného výpočtu trasy. Díky nastavení preference HIGH pro spoje MHD bude spojení pomocí MHD preferováno před pěšími přesuny i v případě, že by případný pěší přesun byl teoreticky časově výhodnější. Tímto nastavením nejsou nijak omezeny možnosti využití pěších přesunů, budou však v první řadě preferovány přesuny pomocí MHD.

Při využívání MHD jsou pro seniory podle první kapitoly teoretické části stěžejní tyto faktory: Přístupnost zastávky a forma nástupu a výstupu z prostředku. Přístupnost zastávky rozhoduje o volbě typu dopravního prostředku. Je tedy stěžejním faktorem při rozhodování, zda bude doprava pomocí MHD vůbec použita. Velice se liší i přístupnost povrchových a podzemních druhů dopravy. Zatímco v přístupu k povrchovým druhům dopravy bývá limitující například převýšení v řádech jednotek metrů, či nevyvýšený nástup do dopravního prostředku, u podzemních druhů dopravy se často jedná o potřebu překonat převýšení v řádech desítek metrů. Souhrnnou vlastností, která obsahuje všechny popsané limitující faktory je bezbariérovost zastávky. Pokud je zastávka bezbariérově přístupná, existuje možnost, jak jí využít bez potřeby překonávat schodiště či jiné překážky. Pro potřeby analýzy tedy bude nastavena restrikce HIGH pro zastávky MHD, které nemají bezbariérovou úpravu. Díky tomuto nastavení se bude výsledná trasa vyhýbat zastávkám bez bezbariérové úpravy. V opodstatněných případech, jako je například nemožnost využít jinou zastávku však bude do trasy zahrnuta, protože výhody plynoucí z jejího využití (časová úspora, možnost cesty prostředkem MHD, která by jinak nebyla), převýší nevýhody (obtížný přístup do zastávky). Pro pohodlné využívání prostředků MHD seniory je pro seniory zcela zásadní forma nástupu a výstupu z dopravního prostředku. Nástup do dopravního prostředku bývá bezbariérový nebo běžný. Běžné nástupy jsou tvořeny schody. Dopravní prostředky s běžnými nástupy bývají starší výroby, kdy nutnost bezbariérového přístupu nebyla brána v úvahu. V těchto prostředcích nebývají ani vyvýšené sedačky, které by umožňovaly snadnější nasedání a vstávání. Nutnost překonat vysoké nástupní schody v kombinaci s možným stresem způsobeným časovým nátlakem z vědomí brzkého odjezdu dělá tyto prostředky nevhodné pro využití seniory. Z tohoto důvodu je nastavena restrikce na prostředky bez bezbariérové úpravy jako PROHIBITED.

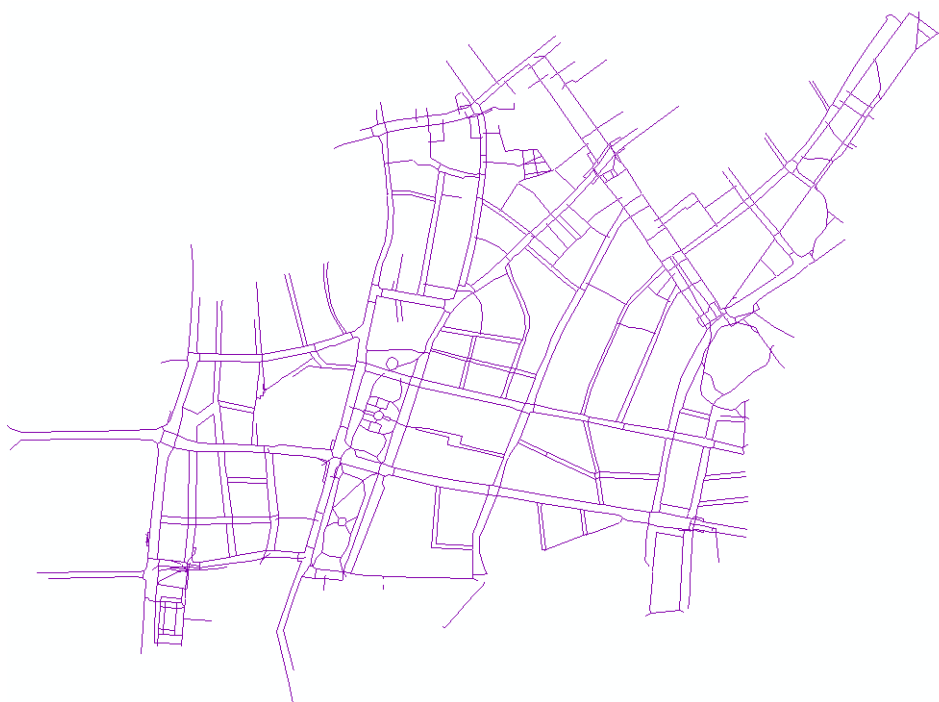


## 4) Praktická část

Jak již bylo uvedeno ve čtvrté kapitole teoretické části, cílem praktické části této práce bude realizace síťové analýzy cestní sítě v městském prostoru za účelem optimalizace vyhledání spojení v cestní síti pro potřeby seniorů. Výsledkem analýzy bude nejlepší dostupná trasa z bodu A do bodu B beroucí v úvahu potřeby seniorů. V praktické části bude popsán postup při přípravě podkladových dat pro analýzu, postup při tvorbě parametrů, důvody jejich nastavení a jejich aplikace v Network Analyst. Nastavení parametrů bude provedeno na datech zapůjčených firmou CEDA pro potřeby bakalářské práce, které obsahují vzorek pěší sítě a ulic o ploše 1,2 km<sup>2</sup> z centra Prahy. Výsledky analýzy budou následně komentovány a porovnány s výsledky, které poskytují pro stejnou operaci jiné běžně dostupné multimodální plánovače.

### 4.1 Podkladová data pro analýzu

Podkladová polohová data byla společností CEDA poskytnuta formou shapefilu. Veškerá polohová data byla obsažena v jednom souboru se všemi prvky a jeho atributy. Celková velikost shapefilu dosahuje 550 kB, nejedná se tedy o nijak rozsáhlý soubor. Shapefile je tvořen liniovými prvky reprezentujícími síť silnic, ulic, chodníků, přechodů pro chodce, stezek a pěších zón. Každému prvku je přiřazena řada atributů charakterizujících jeho vlastnosti. Obsahuje informace o délce liniového prvku, o typu komunikace (zda se jedná o ulici, chodník či stezku pro cyklisty), informace o názvu ulice, ke které liniový prvek náleží, obsahuje informace o vertikální úrovni prvku, o šířce povrchu, o kvalitě povrchu, podélném sklonu, směru sklonu a informaci, zda pěší přechod překonává tramvajovou trať.



*Obrázek 3 Vizualizace podkladových dat od společnosti CEDA v programu ArcMap, dostupné z: (archiv autora)*

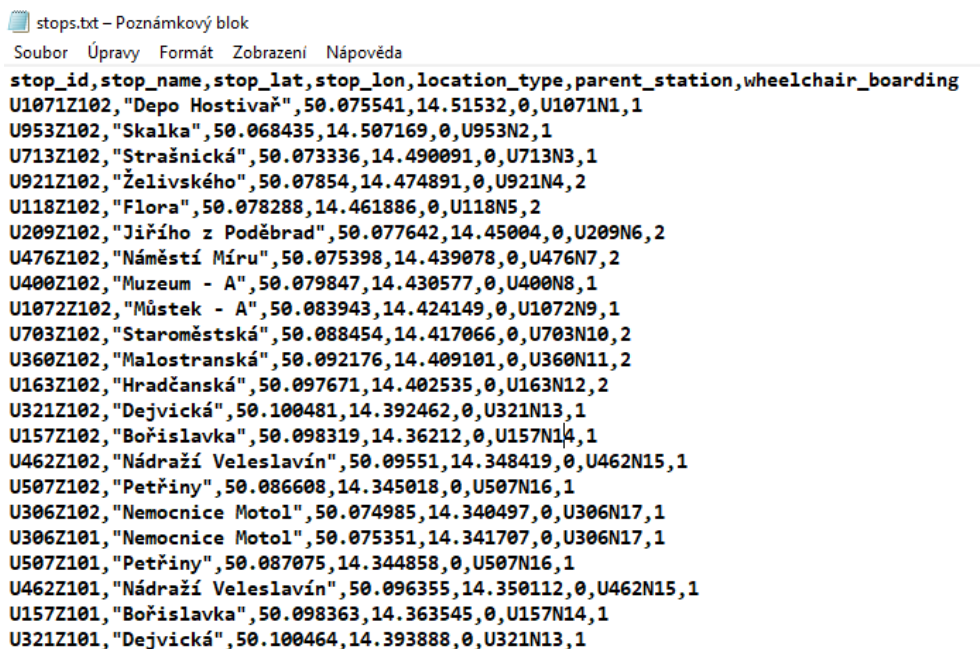
Pro potřeby praktické části budou využity pouze data pěší sítě, protože výsledná analýza se bude zaměřovat na individuální dopravu seniorů kombinací užití pěšího módu a modů městské hromadné dopravy. Pro optimalizaci trasy pro potřeby seniorů budou z datového podkladu využity atributy délka prvku, sklon a kvalita povrchu. Délka prvku je uvedena v metrech. Hodnota sklonu je vyjádřena v devíti intervalech zahrnujících hodnotu sklonu v procentech od nuly do sta procent. Kvalita povrchu je hodnocena ve čtyřech intervalech – dobrá, střední, špatná, dezolátní.

## **4.2 GTFS**

GTFS – General transit feed specification – označuje obecný formát v kterém jsou ukládány jízdní řády pro potřeby zpracování GIS nástroji. Jedná se o normu, která má usnadnit zpracování jízdních řádů pro potřeby GIS analýz a navigací v celém světě. Formát zavedla společnost Google pro potřeby vytvoření své aplikace Transit Trip Planner. Následně formát převzaly dopravní společnosti a začaly v něm vydávat pro potřeby analýz své jízdní řády.. Textové soubory podle formátu GTFS musí obsahovat informace o názvu společnosti, která se podílí na provozu dopravního prostředku, časové údaje o příjezdech a odjezdech dopravních prostředků ze zastávek, zeměpisných souřadnic zastávek, četnosti spojů v různých dnech v týdnu, kalendářní odchylky v jízdních řádech (svátky, prázdniny). (Google Developers 2016)

Data ve formátu GTFS zdarma poskytuje i Dopravní podnik hl. města Prahy na svém portálu [opendata.praha.eu](http://opendata.praha.eu). Data jsou aktualizována každých sedm dní a platí na následující týden od data zveřejnění. Zahrnují všechny druhy dopravy v PID kromě vlakových spojů (autobusy, tramvaje, metro, lanovky a přívozy). (Open data Praha 2018) Obsahují i informaci o bezbariérovosti spoje a formě bezbariérové úpravy zastávky MHD, což bude využito při návrhu parametrů ideální trasy pro potřeby seniorů.

Výhodou dat GTFS je, že přímo na jejich formát se tvoří programy, popřípadě pluginy do geoinformačních programů, které umožňují jejich přímé nahrání do atributové tabulky bez potřeby přepisování či kopírování dat. Některé programy případně přímo pracují s daty ve formátu GTFS a čistě na jejich základu jsou schopné tvořit výstupy.



```

stops.txt – Poznámkový blok
Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda
stop_id,stop_name,stop_lat,stop_lon,location_type,parent_station,wheelchair_boarding
U1071Z102,"Depo Hostivař",50.075541,14.51532,0,U1071N1,1
U953Z102,"Skalka",50.068435,14.507169,0,U953N2,1
U713Z102,"Strašnická",50.073336,14.490091,0,U713N3,1
U921Z102,"Želivského",50.07854,14.474891,0,U921N4,2
U118Z102,"Flora",50.078288,14.461886,0,U118N5,2
U209Z102,"Jiřího z Poděbrad",50.077642,14.45004,0,U209N6,2
U476Z102,"Náměstí Míru",50.075398,14.439078,0,U476N7,2
U400Z102,"Muzeum - A",50.079847,14.430577,0,U400N8,1
U1072Z102,"Můstek - A",50.083943,14.424149,0,U1072N9,1
U703Z102,"Staroměstská",50.088454,14.417066,0,U703N10,2
U360Z102,"Malostranská",50.092176,14.409101,0,U360N11,2
U163Z102,"Hradčanská",50.097671,14.402535,0,U163N12,2
U321Z102,"Dejvická",50.100481,14.392462,0,U321N13,1
U157Z102,"Bořislavka",50.098319,14.36212,0,U157N14,1
U462Z102,"Nádraží Veveřslavín",50.09551,14.348419,0,U462N15,1
U507Z102,"Petřiny",50.086608,14.345018,0,U507N16,1
U306Z102,"Nemocnice Motol",50.074985,14.340497,0,U306N17,1
U306Z101,"Nemocnice Motol",50.075351,14.341707,0,U306N17,1
U507Z101,"Petřiny",50.087075,14.344858,0,U507N16,1
U462Z101,"Nádraží Veveřslavín",50.096355,14.350112,0,U462N15,1
U157Z101,"Bořislavka",50.098363,14.363545,0,U157N14,1
U321Z101,"Dejvická",50.100464,14.393888,0,U321N13,1

```

Obrázek 4: Zastávky metra linky A ve formátu GTFS, dostupné z: <http://opendata.praha.eu>

### 4.3 Přidání dat ve formátu GTFS do Network Analyst

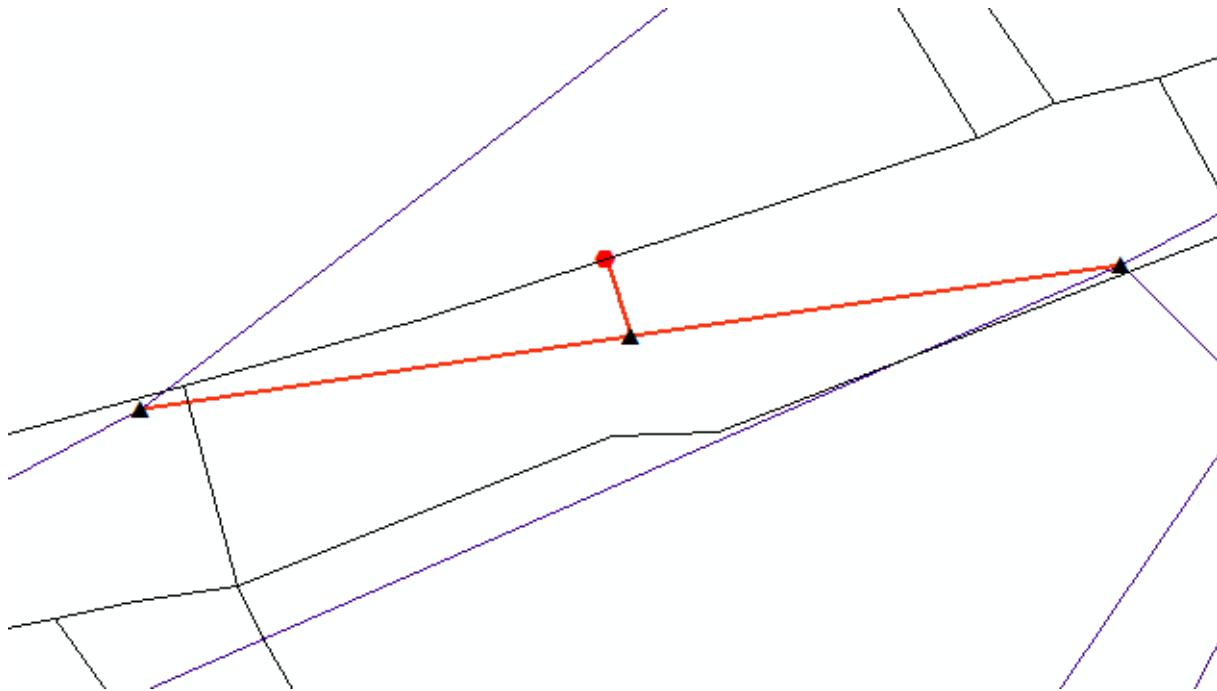
Základní Network Analyst dostupný okamžitě po instalaci programu ArcMap neumožňuje analýzu dat ve formátu GTFS. Pro potřeby zpracování praktické části proto bylo potřeba nainstalovat volně dostupný doplněk do ArcGIS „Add GTFS to a Network dataset“ od Melindy Morang a Patricka Stevense z ESRI.

Instalace doplňku přidá do ArcToolboxu dvě skupiny funkcí – „Add GTFS to a Network dataset“ a „Transit analysis tools“. V první skupině se nacházejí funkce potřebné k vytvoření fungující sítě městské hromadné dopravy, s časy a daty odjezdů, přesnou délkou přesunů mezi

stanicemi, a s bodovou vrstvou stanic. Obsahuje tři nástroje. Generate transit lines and stops, Generate street – stop connections a Generate EIds. Před zahájením práce je nejprve nutné vytvořit feature dataset, ve kterém je plánováno vytvořit network dataset pro pozdější analýzu.

Nástroj Generate transit lines and stops slouží k vytvoření vrstev MHD, zastávek a SQL databáze se všemi daty, které budou v každém dalším kroku analýzy volány. Vstupními daty jsou původní textové soubory ve formátu GTFS a lokace feature datasetu. Do něj se uloží všechny výše zmíněné výstupy, kromě SQL databáze, která se vytvoří v příslušné file geodatabázi. Vrstva linek MHD rozlišuje směry jízdy, pro každý směr je vytvořen jeden liniový prvek. Jedná se o nejkratší spojení daných zastávek, což je pro časové analýzy dostačující. Vrstva zastávek vždy obsahuje 3 body pro jednu zastávku – jeden náležící v každém směru dané lince (místo, kde dopravní prostředek zastavuje) a jeden uprostřed mezi nimi sloužící jako místo pro budoucí navázání na pěší síť.

Nástroj Generate street – connections slouží k propojení pěší sítě a sítě MHD pro potřeby síťové analýzy. Vytvoří liniové prvky spojující jednotlivé bodové prvky zastávek v jeden celek a následně vytvoří „můstky“ ze středních bodů zastávek k nejbližšímu prvku pěší sítě. Vstupními daty jsou podkladová data pěší sítě, odkaz na feature dataset. Funkce využívá SQL databázi vytvořenou v předchozím bodě a vybere z ní data potřebná pro vytvoření spojení mezi zastávkami. Navíc zkopíruje vlastnosti zastávky (bezbariérovost) do atributové tabulky těchto spojení.

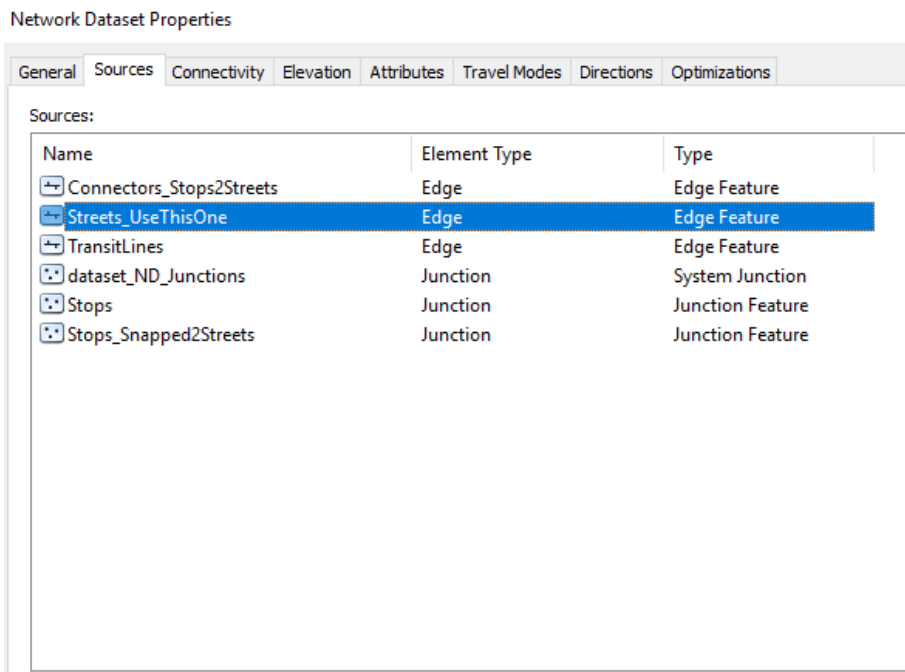


Obrázek 5: Červeně vyznačeny výstupy funkce *Generate stop – street connection*, modře vyznačeny linky MHD, černě pěší síť a černými trojúhelníky vyznačená zastávka MHD Myslíkova, dostupné z: (Archiv autora)

Funkce *Get Network EIDs* slouží k přiřazení EID z SQL databáze k prvkům v network datasetu, čímž je bude možné jednoznačně identifikovat. Tuto funkci je třeba spustit až po vytvoření a vystavění Network datasetu.

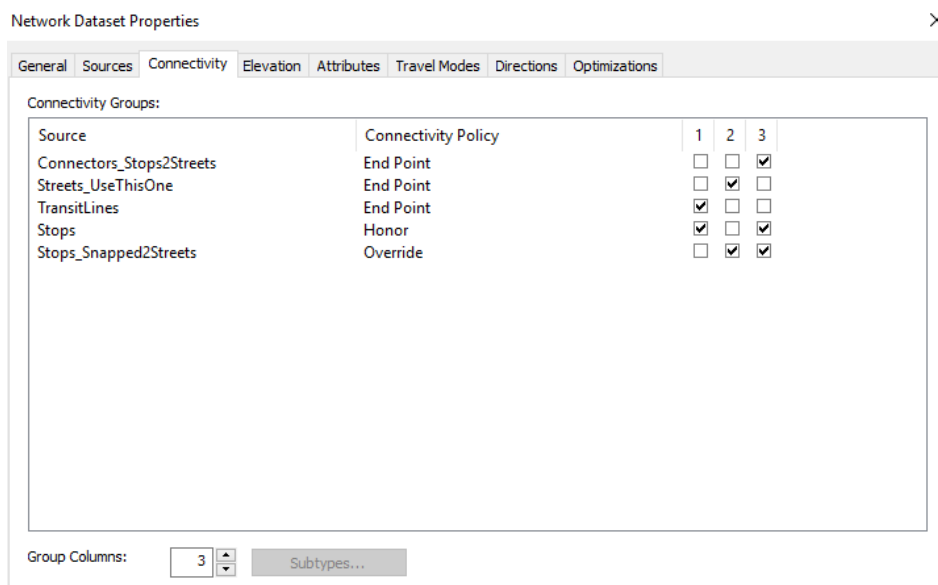
#### **4.4 Tvorba a nastavení parametrů Network datasetu.**

Network dataset je prostředek pro tvorbu síťových analýz. Je tvořen liniovými a bodovými prvky a určuje vztahy mezi nimi. Funkce *Network Analyst* v ArcGIS vždy pracuje na základě Network datasetu. V Network Datasetu je možné nastavit následující vztahy mezi prvky: konektivitu jednotlivých prvků, vliv nadmořské výšky, atributy a parametry prvků, cestovní módy, impedanci a směry.



Obrázek 6: Přehled vybraných vrstev potřebných pro vytvoření Network datasetu, dostupné z: (Archiv autora)

Nejdříve je potřeba vybrat vrstvy, které budou v analýze zastoupeny. Jedná se o vrstvy pěší sítě, sítě MHD, zastávek MHD, spojovníků mezi zastávkami a pěší sítí a zastávky přenesené na pěší síť. Vrstva na obr. 6 pojmenovaná jako dataset\_ND\_Junctions označuje souhrn všech uzlů v síti a není tedy dostupná při vytváření Network datasetu.

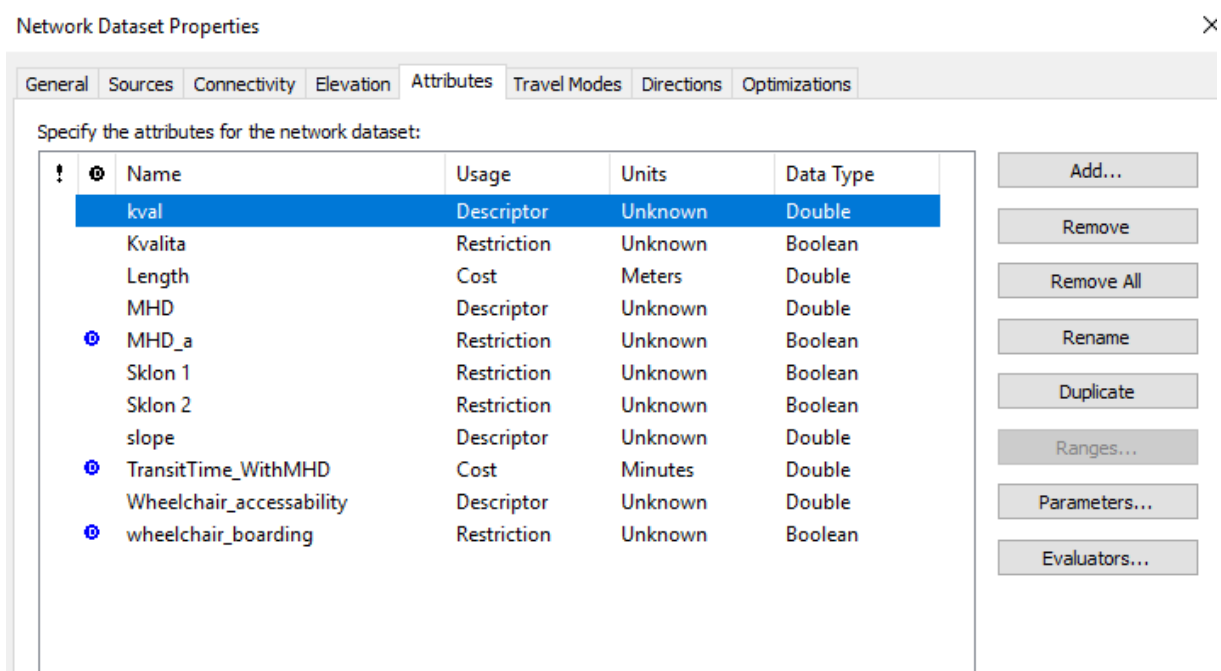


Obrázek 7: Nastavení konektivity jednotlivých vrstev, dostupné z: (Archiv autora)

Následně je nezbytné vytvořit pravidla pro konektivitu jednotlivých prvků. Konektivita označuje, který prvky na sebe mohou navazovat a které ne. Nastavení konektivity je závislé na počtu skupin (sloupců) v rámci kterých konektivita platí. Konektivita platí pouze v rámci jedné skupiny (sloupce). Bodové prvky však mohou být součástí více skupin (sloupců) a tvořit tak pomyslné přestupní můstky mezi jednotlivými skupinami. Pro potřeby analýzy tedy musí být rozlišeny vrstvy MHD a pěší sítě, aby nedocházelo k přechodům mezi jednotlivými vrstvami na každém křížení (například na přechodech pro chodce), ale pouze tam, kde je požadováno, tj. v zastávkách MHD. Toho bude dosaženo pomocí rozčlenění do tří skupin – podle počtu různých druhů liniových prvků přítomných v analýze. Bodové prvky se následně nastaví jako spojení jednotlivých liniových prvků – bodová vrstva zastávek bude spojovat vrstvy MHD a spojovníků mezi zastávkami a bodová vrstva zastávek přenesených na pěší síť spojují pěší síť se spojovníky. Díky tomuto nastavení tedy není možné přestoupit z pěší sítě na MHD jinde než v místě zastávky.

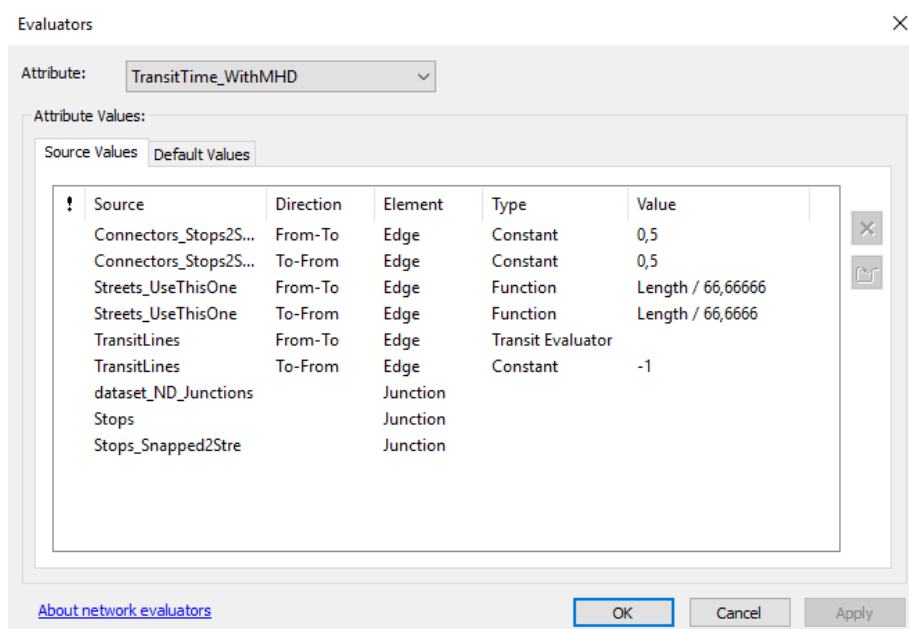
V následujícím bodě je nutné přeskočit nastavení nadmořské výšky, protože podkladová data neposkytují žádné informace o nadmořské výšce.

Dalším krokem je nastavení atributů síťové analýzy. Atributy se rozumí vlastnosti sítě, které určují způsob a cenu průchodu sítí. Atributem může být čas, vzdálenost či spotřebované palivo. Ke každému atributu je možné přiřadit hodnotitele a parametry. Hodnotitelé určují, odkud bere atribut údaje o hodnotě, případně jakým vztahem se řídí přepočítání ze zdrojových hodnot na hodnoty použité v analýze. Parametry sítě umožňují vytvářet restriktce v síti. Parametrem může být například výška vozidla. Tento parametr bude při tvorbě ideální cesty brát v úvahu atribut maximální povolená výška a na jeho základě určovat průjezdnost trasy. Nastavení atributů a jejich parametrů je klíčové pro vytvoření sítě, která bere v úvahu potřeby seniorů. Parametry je třeba nastavit podle poznatků získaných rešerší odborné literatury a přiblížit výstupy z analýzy co nejvíce reálným potřebám seniorů v dopravě městským prostorem.



Obrázek 8: Přehled vytvořených atributů pro potřebu analýzy, dostupné z: (Archiv autora)

Základním atributem v analýze je čas, na obr. 8 označený jako TransitTime\_WithMHD. Celá analýza se bude odehrávat na základě uplynutého času a bude tedy hledat na základě parametrů časově nejméně náročnou trasu. Důležité je nastavení hodnotitelů časového atributu.



Obrázek 9: Přehled hodnotitelů časového atributu, dostupné z: (Archiv autora)

Pro každý liniový prvek analýzy je možné nastavit jiný typ výpočtu času. Též je možné rozlišit rychlost ve směru tam a zpět. Doba pohybu ve vrstvě spojovníku mezi zastávkou a pěší



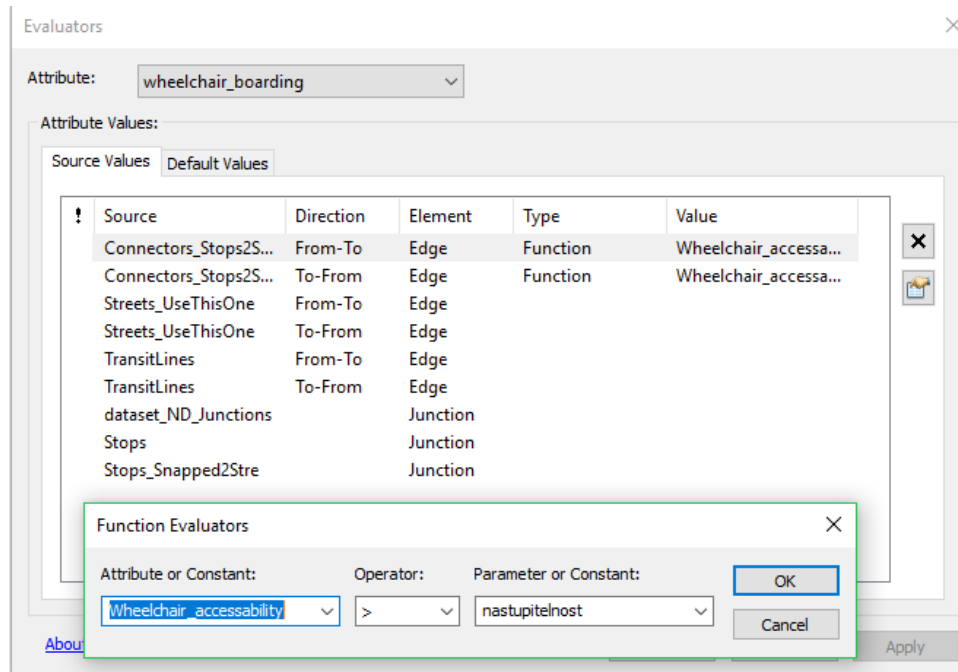
sítí bude konstantou nastavena na 0,5 minuty ve všech případech. Reálně věc jako spojovník neexistuje, byl přidán do analýzy pro potřeby oddělení vrstvy MHD od vrstvy pěší sítě. Konstantou 0,5 minuty je tak možné ilustrovat například zpoždění dopravního prostředku či dobu uplynutou od nastoupení do dopravního prostředku do jeho rozjetí či naopak dobu od zastavení do vystoupení v opačném směru.

Čas pohybu v pěší síti byl nastaven pomocí funkce „čas = délka / 66,666“. Průměrná navržená rychlost pohybu v pěší síti tak odpovídá  $4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Ve vrstvě MHD se doba pohybu nastaví pomocí funkce Transit Evaluator, která získává údaje o čase potřebném k přejetí mezi dvěma zastávkami z v předchozím kroku vytvořené SQL databáze. Čas se mění s každým úsekem mezi zastávkami a nemá tedy pevně stanovenou průměrnou rychlost. Výpočet času pomocí Transit Evaluator je nastaven pouze v jednom směru, v opačném je pohyb zakázán konstantou -1, neboť prostředky MHD jezdí pouze v jednom směru.

Aby Transit Evaluator v rámci atributu TransitTime\_With MHD rozlišoval pro potřeby analýzy bezbariérové spoje, je nutné v rámci atributu nastavit Booleovský parametr na hodnotu 'true', díky čemuž nebude ve výpočtu počítat s dopravními prostředky bez bezbariérové úpravy. Z teoretické části práce je patrné, že jedním z požadavků seniorů na cestování MHD je snadné nastupování a vystupování z prostředku, což v Praze zajišťují pouze bezbariérové spoje. Spoje bez bezbariérové úpravy mají v Praze bez výjimky vysoké schody a nízká sedadla a neumožňují seniorům snadné nastupování a vystupování a pohodlnou jízdu. Nastavení tohoto parametru tak usnadní seniorům vyhledávání vhodného spoje MHD.

Dalšími atributy jsou wheelchair\_boarding a wheelchair\_accessibility. Na základě nich bude Network analyst rozlišovat, zda využít danou zastávku, nebo se jí z důvodu obtížnější přístupnosti raději vyhnout. Atribut wheelchair\_accessibility je nastaven jako popisný atribut a slouží k definici přístupnosti zastávky v rámci síťové analýzy. Jeho součástí je hodnotitel, který určuje hodnotu atributu ve vrstvě spojovníků mezi zastávkami a pěší sítí. Hodnota na základě vstupních dat může být 1 nebo 2. 1 Označuje zastávku bezbariérově přístupnou a 2 označuje zastávku bezbariérově nepřístupnou. Následným vytvořením restriktivního atributu wheelchair\_boarding je možné nastavit pravidlo pro používání zastávek v celé síti. Při vytváření atributu je třeba nastavit hodnotu avoid (vyhnout se) na HIGH. Toto nastavení určuje, že po splnění podmínek bude daná zastávka velmi nepravděpodobně zahrnuta do ideální trasy (velmi pravděpodobně se jí trasa vyhne). Pro správné nastavení podmínek je třeba přidat k atributu nový parametr „nastupitelnost“ a jeho hodnotu označit jako int = 1. Následné přidání hodnotitele atributu ve formátu funkce „wheelchair\_boarding = wheelchair\_accessibility >

nastupitelnost“ označí v analýze všechny prvky s hodnotou atributu `wheelchair_accessibility = 2` (všechny bezbariérově nepřístupné zastávky) jako body, kterým se výsledná trasa velmi pravděpodobně vyhne. Toto nastavení umožní seniorům vybrat si cestu, která zahrnuje nástupy, výstupy a případné přestupy v síti MHD na dobře přístupných zastávkách, jejichž součástí nejsou schody či jinak problematické překážky pro bezproblémový přístup. Díky nastavení `avoid = HIGH` však není možnost využití podobně neupravené zastávky vyloučená a v případě, že bude její využití časově velice výhodné, bude do výsledné trasy zahrnuta.



Obrázek 10: Nastavení hodnotitele atributu `wheelchair_boarding`, dostupné z: (Archiv autora)

Dalšími atributy jsou MHD a MHD\_a. Na jejich základě bude Network analyst preferovat využití MHD před využitím pěších přechodů. Atribut MHD je nastaven jako popisný a slouží k rozlišení, zda se jedná o prostředek MHD nebo o prvek pěší sítě. Atribut MHD\_a je nastavený jako restriktivní s parametrem `mhd = 5` a `PREFER = HIGH` a hodnotitel tohoto atributu je nastavený jako `MHD_a = MHD >= mhd`, díky čemuž jsou označeny všechny prvky MHD na vysokou preferenci při výpočtu ideální trasy.

Následují dva atributy souvisejí s kvalitou povrchu pěší sítě. Rozlišují, zda dané úseky pěší sítě kvalitativně vyhovují pro využití seniory, nebo je vhodnější se jim vyhnout. Nastavení funguje na podobném principu jako nastavení přístupnosti zastávek. Jeden z atributů je vybrán jako popisný atribut (Kvalita 1) a k němu přidán hodnotitel určující hodnotu atributu ve vrstvě pěší sítě. Následným vytvořením druhého restriktivního atributu (Kvalita 2) s parametrem v hodnotě

int = 2, Avoid = MEDIUM a s hodnotitelem určeným funkcí „Kvalita 2 = kvalita1 > parametr“ se označí úseky s kvalitou 3 a výš (v podkladových datech je kvalita povrchu označena hodnotami 1-4, která označuje kvalitu povrchu jako dobrou – dezolátní), kterým se výsledná trasa pravděpodobně vyhne. Jak bylo uvedeno v kapitole 1, senioři považují za stěžejní pro chůzi po městě kvalitu chodníků, což jim usnadňuje pohyb a snižuje případné riziko úrazů. Toto nastavení vede k optimalizaci pohybu v pěší síti. Díky němu se výsledná trasa pravděpodobně vyhne úsekům s nevyhovujícím povrchem pro bezpečný pohyb seniorů, avšak v případě, že nebude jiné možnosti či bude z časového hlediska nesmyslné úsek s nekvalitním povrchem obcházet, tak jej využije.

Posledními z řady atributů jsou nastavení související s hodnotou sklonu pěší sítě. Tato nastavení rozlišují, zda dané úseky pěší sítě mohou být využity nebo z důvodu prudkého sklonu jsou obtížně využitelné či dokonce nepoužitelné. Jsou vytvořeny tři atributy, jeden popisný a dva restriktivní. Popisný atribut (slope) s přidáním hodnotitelem určuje hodnotu atributu ve vrstvě pěší sítě. Další dva atributy jsou restriktivní (Slope1 a Slope2). Slope1 má nastavenou hodnotu parametru jako int = 3, avoid = HIGH a hodnotitel určený funkcí „Slope 1 = slope > parametr“. Slope2 má nastavenou hodnotu parametru jako int = 5, avoid = PROHIBITED a hodnotitel určený funkcí „Slope 2 = slope > parametr“.

interval	min. hodnota sklonu	max. hodnota sklonu
1	0	1
2	1,1	4
3	4,1	6
4	6,1	8
5	8,1	12,5
6	12,6	16,5
7	16,6	20
8	20,1	40
9	40,1	100

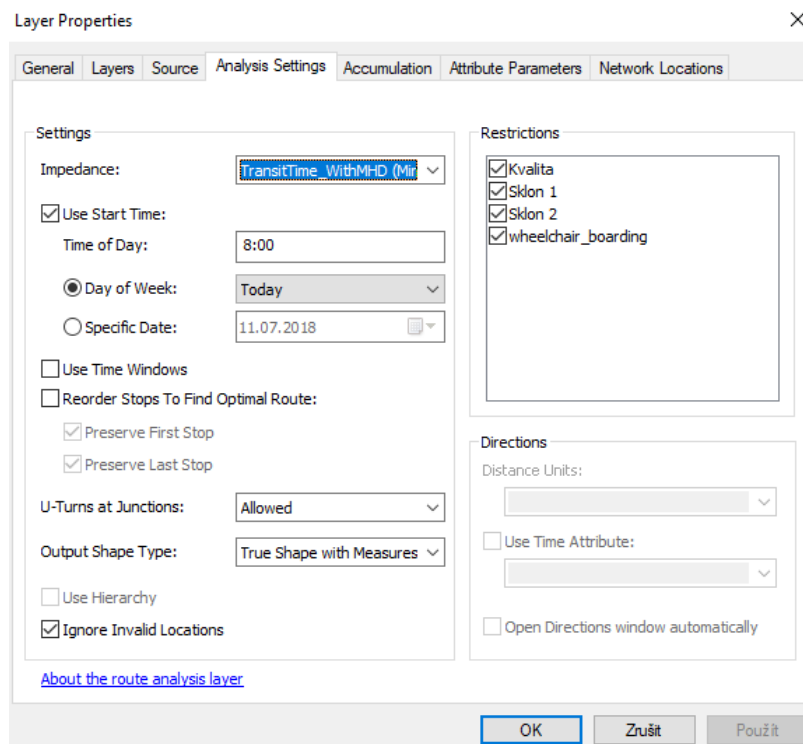
*Tab. 1 Intervaly a jim příslušící rozmezí sklonu v podkladových datech, dostupné z: (Archiv autora)*

Prudké úseky mohou znamenat zvýšené riziko úrazu v důsledku pádu či ztráty rovnováhy, či celkovou trasu udělat mnohem namáhavější. Tato nastavení vylučuje z trasy úseky se sklonem povrchu větším než 12,6 % a s velkou pravděpodobností ve výsledné trase nevyužije úseky ve sklonu v intervalu mezi 6,1 a 12,5 %. Díky tomuto nastavení se senioři vyhnou těžko schůdným, prudkým úsekům cest, popřípadě schodištím. Výsledná trasa tak k překonání převýšení spíše využije prostředek MHD či jinou trasu s menším sklonem.

Následně je třeba v menu Travel Modes vybrat časové, délkové a impedantní atributy a výsledná síť může být vybudována.

## 4.5 Nastavení Network Analystu

V menu Network Analyst bude vybrána možnost „New route“. V nastavení trasy je třeba vybrat možnost „Use start time“. Tato možnost určí čas odkdy bude Network Analyst volat časy odjezdů a příjezdů jednotlivých prostředků z SQL databáze. V nastavení restrikcí je třeba vybrat v předchozím kroku vytvořené restriktivní atributy, které chceme, aby se podílely na analýze trasy. V tomto případě to jsou atributy wheelchair\_boarding, Sklon1, Sklon2 a kvalita. Následně je možné v menu Network Analyst graficky zadat body, mezi kterými je požadováno najít ideální trasu a následně zadat možnost „vyřešit“. Po provedení analýzy se graficky zobrazí nejlepší dostupná trasa.



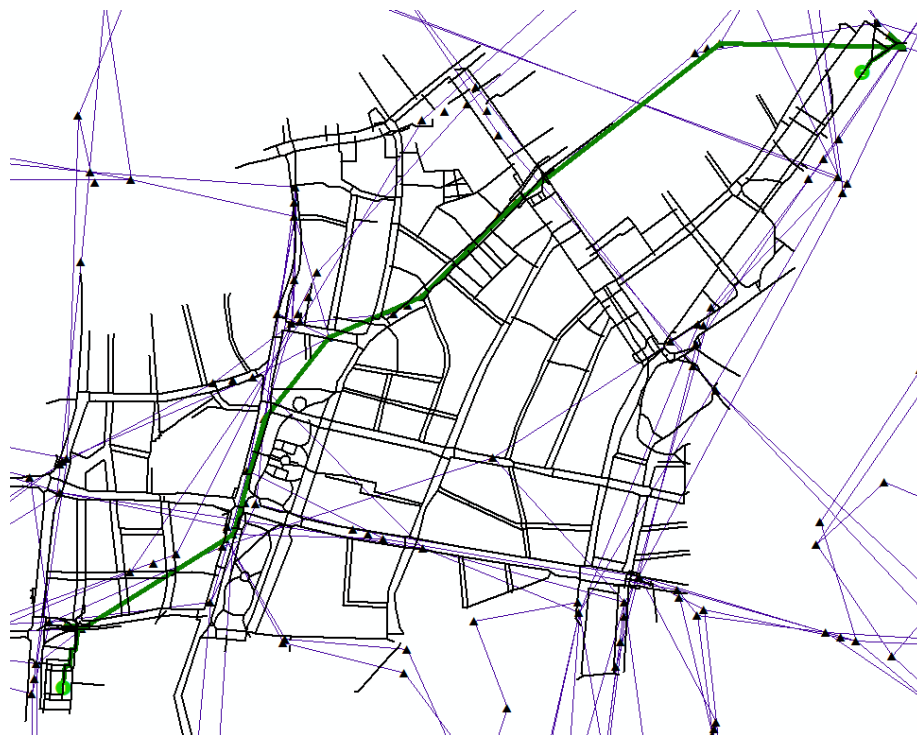
Obrázek 11: Možnosti nastavení trasy, dostupné z: (Archiv autora)

## 5) Diskuze výsledků

Pro potřeby otestování funkčnosti nastavení parametrů byly vybrány 3 různé trasy mezi dvěma body s datem začátku analýzy nastaveným na 11. 7. 2018, 8:00. Výsledky byly porovnány s výsledky analýz o stejném zadání v multimodálních plánovačích volně dostupných na serverech Mapy.cz a Maps.google.com

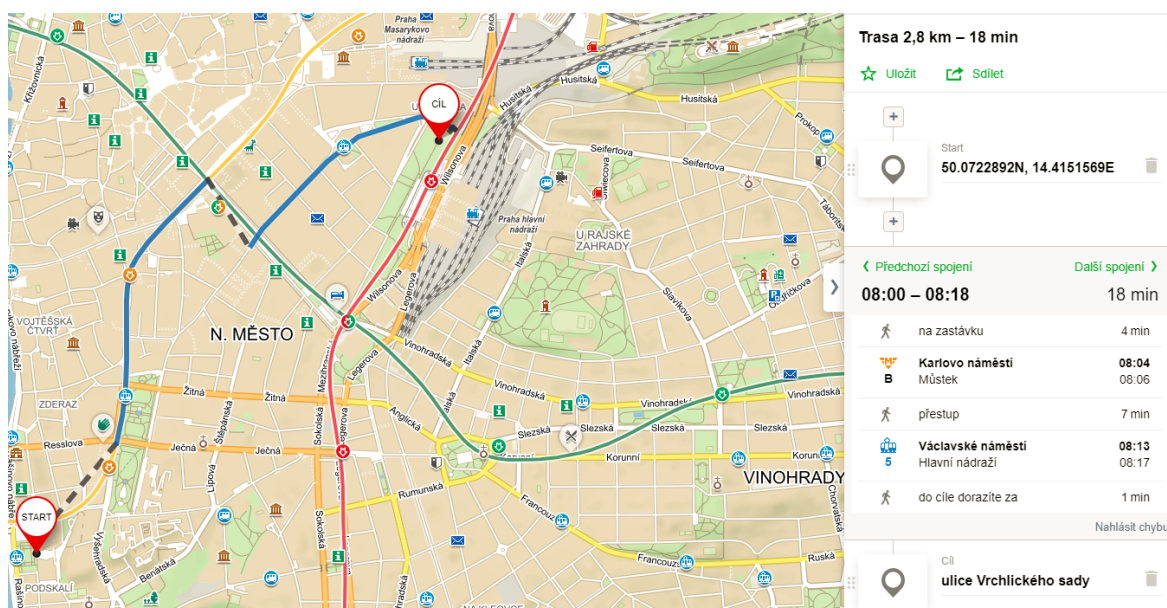
### 5.1 Trasa 1

Bod A se nachází v Zítkových sadech, bod B se nachází ve Vrchlického sadech u sochy Sbratření. Doba přesunu mezi počátečním a koncovým bodem byla vypočtena na 22 minut a 39 sekund. Cíl tedy bude dosažen v 8:22:39. Podle parametrů nastavených v praktické části vybral Network Analyst jako nejvhodnější variantu trasy s využitím tramvajových spojů z Palackého náměstí s přestupem v zastávce Jindřišská. Nejprve je zvolen pěší přesun ze Zítkových sadů do zastávky Palackého náměstí. Zastávka je částečně bezbariérově přístupná a vyhovuje tedy požadavkům seniorů na snadnou pěší dostupnost zastávky. Následně bude využita tramvaj číslo 3 vyjíždějící ze zastávky Palackého náměstí v 8:05. Tento spoj je v tento čas bezbariérový (nizkopodlažní) a vyhovuje tak požadavkům seniorů na cestování dopravními prostředky se snadným nastupováním a vystupováním. Spoj přijede podle dostupných jízdních řádů v 8:15 do zastávky Jindřišská, v níž byl zvolen přestup na tramvaj číslo 9. Tento spoj vyjíždí podle jízdního řádu ze zastávky v 8:18 a je též označen jako bezbariérový, čímž jsou splněny stejné požadavky jako v případě předchozího spoje. Tento spoj přijede podle jízdních řádů do zastávky Hlavní Nádraží (ulice Bolzanova) v 8:20. Zastávka je částečně bezbariérově přístupná a nijak neomezuje seniory v bezproblémovém pohybu. Následně je již nezbytný pěší přechod po cestě jejíž sklon odpovídá druhému intervalu a není tedy pro potřeby seniorů nijak limitující.



Obrázek 12: Grafická podoba trasy č. 1 po proběhnutí analýzy, dostupné z: (Archiv autora)

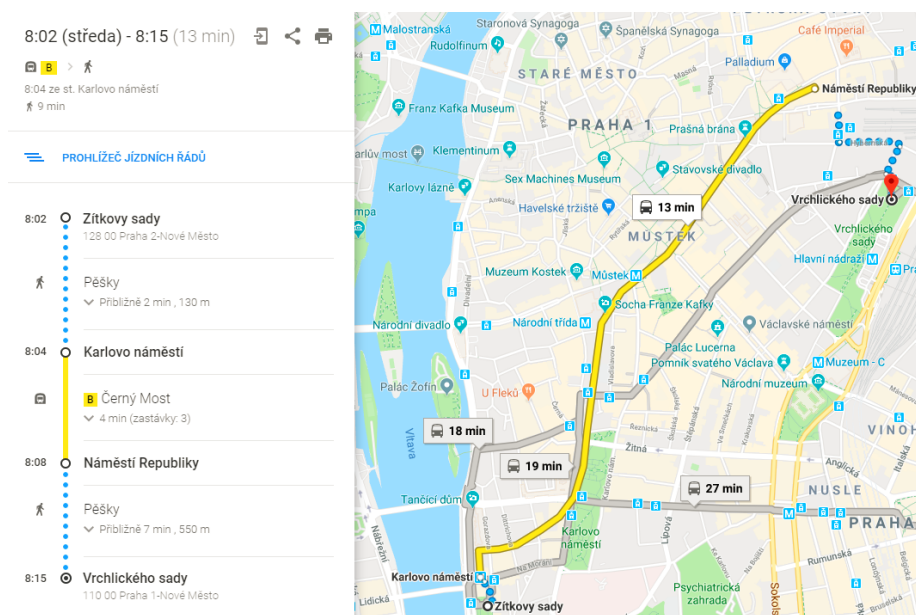
Celkově tedy ve zvolené trase neexistuje z hlediska mobility seniorů kritické místo. Senior díky zvoleným atributům vždy využije bezbariérově dostupných zastávek či nízkopodlažních dopravních spojů. Na základě tohoto výsledku je tedy možné konstatovat, že parametry byly nastaveny správně vzhledem k požadovanému výstupu analýzy.



Obrázek 13: Trasa 1 podle multimodálního plánovače společnosti Seznam.cz, dostupné z (<https://mapy.cz/>)

Multimodální plánovač Mapy.cz jako ideální trasu zvolil trasu s využitím metra B ze zastávky Karlovo náměstí s následným pěším přestupem ve stanici Můstek na linku tramvaje číslo 5 stávící v zastávce Václavské náměstí. Celkem zvolená trasa zabere 18 minut, je tedy téměř o 5 minut rychlejší než výsledná trasa vytvořená pro potřeby praktické části bakalářské práce. Trasa plánovače Mapy.cz však nebere v úvahu potřeby seniorů. Zastávka metra Karlovo náměstí není bezbariérová a senior proto musí při vstupu do metra překonávat schody. Přestup ve stanici metra Můstek na tramvajový spoj zabere 7 minut chůze, což může být pro některé seniory velice namáhavé. Navazující tramvajový spoj číslo 5 není označen jako bezbariérový (nizkopodlažní) a neposkytuje tedy seniorům komfort snadného nástupu a výstupu z dopravního prostředku. Výsledná trasa tedy poskytuje časovou úsporu, avšak pro potřeby seniorů není příliš vhodná.

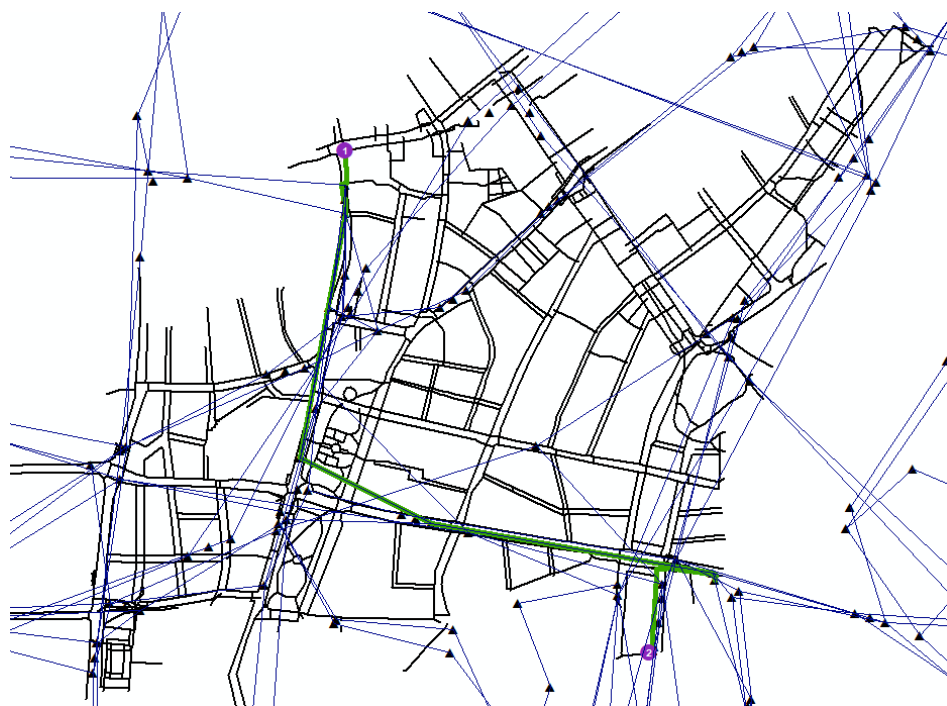
Multimodální plánovač Maps.Google.com vybral jako ideální variantu trasu s využitím metra B ze zastávky Karlovo náměstí do zastávky Náměstí republiky s následným sedmiminutovým pěším přechodem do cílové lokality ve Vrchlického sadech. Výsledná trasa zabere 15 minut a je tedy ze všech porovnávaných možností nejrychlejší. Využívá však již výše zmíněnou problémovou zastávku Karlovo náměstí. Problémovým je též výstup v zastávce Náměstí republiky, které též chybí bezbariérová úprava. Následný sedmiminutový pěší přechod může být pro seniory namáhavý a je tedy pro jejich potřeby nevhodný. Výsledná trasa tedy poskytuje výraznou časovou úsporu, pro potřeby seniorů však není příliš vhodná.



Obrázek 14: Výsledná trasa podle multimodálního plánovače společnosti Google, dostupné z: (<https://www.google.com/maps/>)

## 5.2 Trasa 2

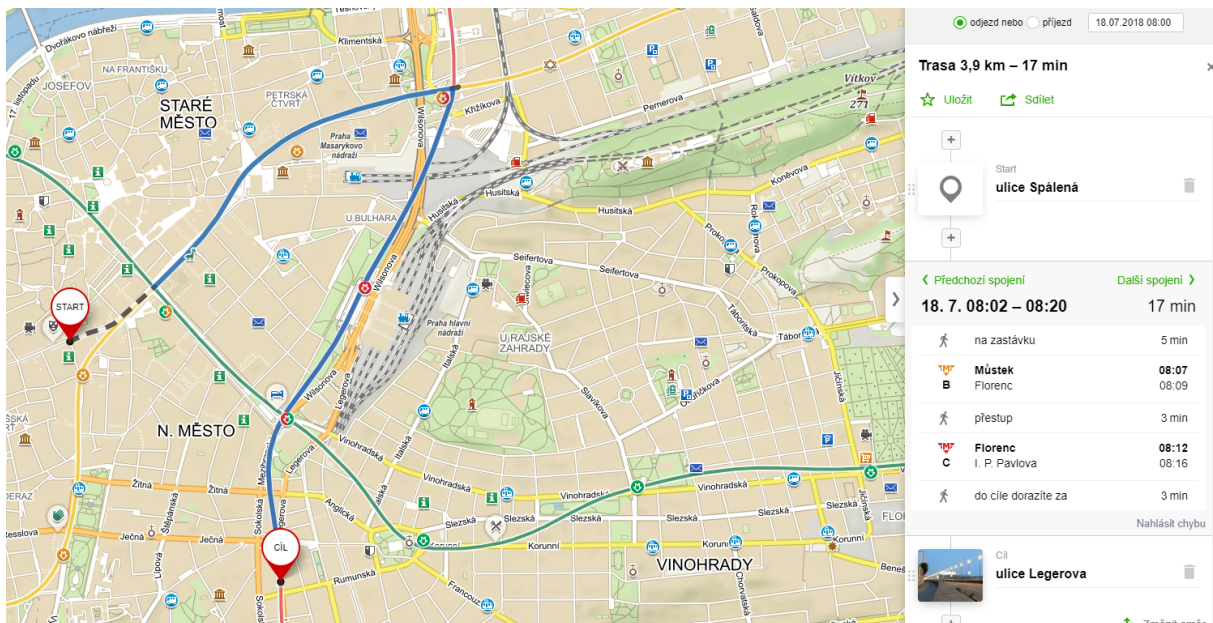
Trasa začíná na rohu ulic Národní a Spálená a končí v Legerově ulici. Celková doba přesunu byla vypočtena na 18 minut a 36 sekund. Za nejvhodnější variantu byla vybrána trasa z bezbariérové zastávky Národní třída nízkopodlažní tramvají číslo 18 odjíždějící do zastávky Karlovo náměstí v 8:05. Po příjezdu je vybrán přestup na nízkopodlažní tramvaj číslo 6, vyjíždějící z Karlova náměstí v 8:08. Tramvaj č. 6 přijede do zastávky I. P. Pavlova v 8:13, odkud následuje pětiminutový pěší přechod do cílové destinace.



*Obr. 14 – Grafická podoba trasy č. 2 po proběhnutí analýzy*

Ve výsledné trase neexistuje místo, ve kterém by senioři byli nuceni překonávat nepříznivé pěší úseky, cestovat vozidlem bez bezbariérové úpravy, či využívat zastávku bez bezbariérové úpravy. Následný pětiminutový pěší přechod by mohl být namáhavý, nicméně díky zvolené poloze bodu nelze zvolit lepší variantu.

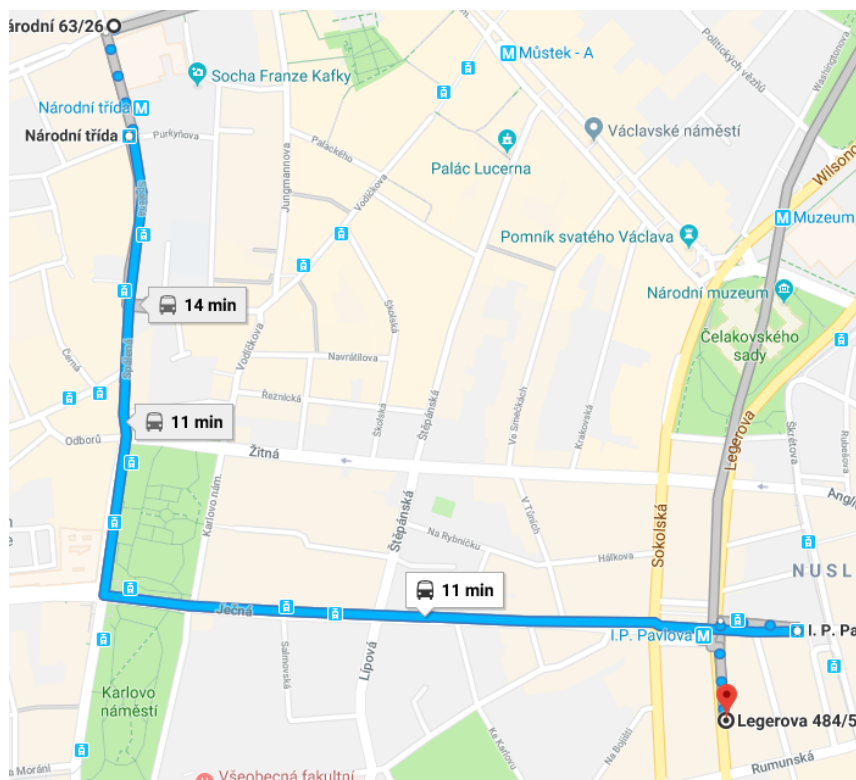




Obrázek 15 : Trasa 2 podle multimodálního plánovače společnosti Seznam.cz, dostupné z (<https://mapy.cz/>)

Plánovač Mapy.cz zvolil za nejlepší variantu trasu začínající pětiminutovým přechodem na zastávku linky Metra B ze stanice Můstek s přestupem na linku C ve stanici Florenc a následným přesunem na zastávku I. P. Pavlova. Pasažér na místo dorazí v 8:20, celková doba přesunu je tedy stanovena na 20 minut. Nevýhodou této varianty je využití zastávky Můstek B, která není upravená pro bezbariérový provoz senior by tedy musel překonávat schody při vchodu do vestibulu metra. Další části cesty jsou již bezbariérové. Velikou výhodou této varianty je bezbariérový výstup z metra I. P. Pavlova. Výtah má východ přesně v místě konce analýzy. Díky nutnosti využít nevhodný typ zastávky a o přibližně minutu delšímu trvání trasy je méně vhodná než trasa z analýzy v Network Analyst.

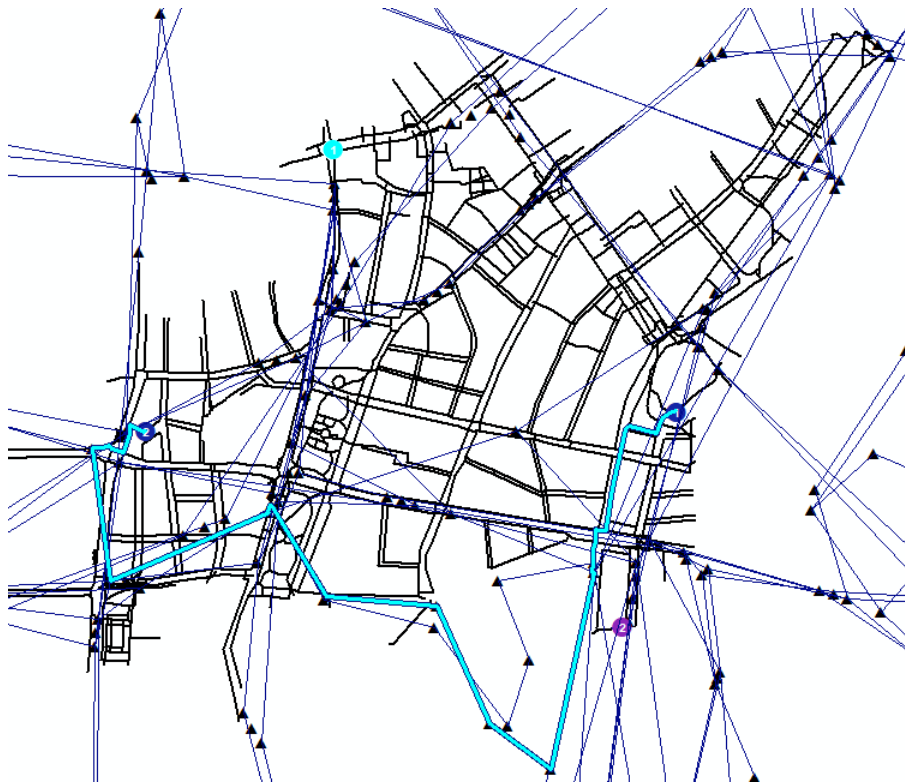
Plánovač Maps.Google.com vybral za nejvhodnější trasu běžnou tramvají číslo 22 přímou jízdou ze zastávky Národní třída do zastávky I. P. Pavlova. Jedná se o nejrychlejší trasu s dobou trvání 11 minut, která však nebere v úvahu potřebu bezbariérové tramvaje, což by pro některé seniory mohl být zásadní problém.



Obrázek 16: Trasa 2 podle multimodálního plánovače společnosti Google, dostupné z (<https://www.google.com/maps/>)

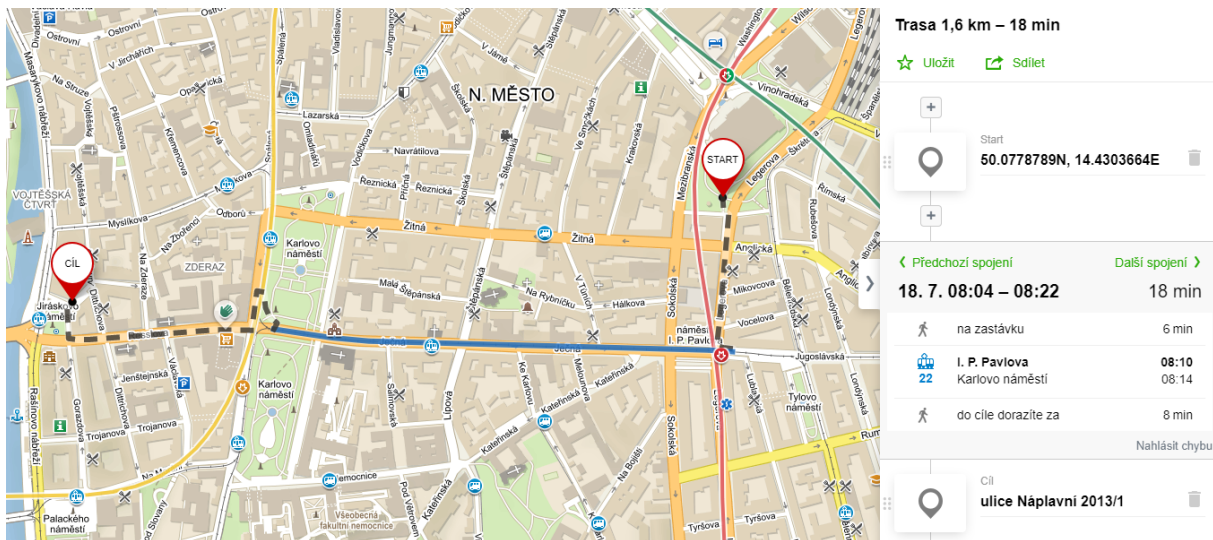
### 5.3 Trasa 3

Trasa č. 3 byla vybrána mezi bodem umístěným v Čelakovského sadech a bodem umístěným poblíž Jiráskova náměstí. Vypočtená doba přesunu byla rovna 26 minutám a 12 sekundám. Jako výsledná nejvhodnější varianta byla vybrána varianta s desetiminutovým pěším přesunem na zastávku I. P. Pavlova (ulice Sokolská) odkud byl zvolen přesun s využitím nízkopodlažního midibusu č. 148 odjíždějícího v 8:10 do zastávky Karlovo náměstí, kde je třeba přestoupit na nízkopodlažní autobus číslo 176, který odjíždí v 8:20 do zastávky Jiráskovo náměstí, odkud je možné tříminutovým pěším přesunem dosáhnout cílové destinace. Velmi výraznou nevýhodou této varianty je desetiminutový pěší přesun, který by mohl řadu seniorů vyčerpat. Další části trasy jsou však v souladu s požadavky seniorů, neboť využívané zastávky disponují bezbariérovou úpravou, stejně jako využívané autobusy disponují nízkopodlažní úpravou, což seniorům usnadňuje nastupování a vystupování.



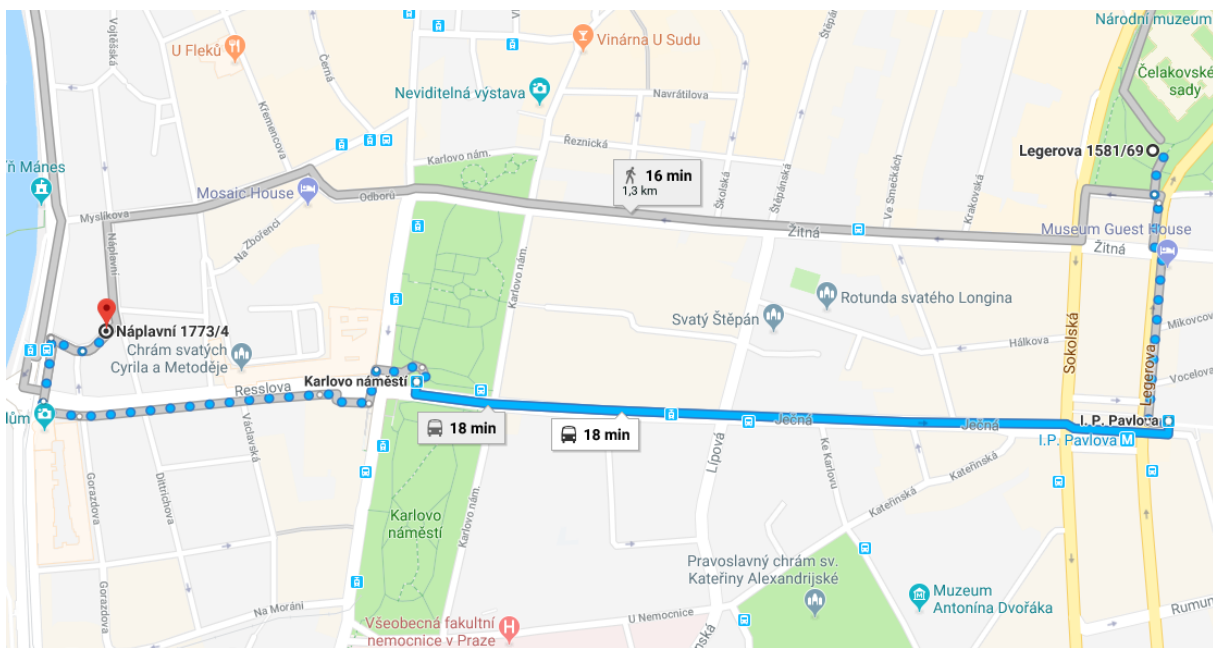
*Obrázek 17: Grafická podoba trasy č. 2 po proběhnutí analýzy*

Plánovač Mapy.cz zvolil za nejlepší variantu trasu o celkové délce 18 minut začínající šestiminutovým pěším přechodem na zastávku I. P. Pavlova. V tramvajové zastávce je v 8:10 třeba nastoupit na tramvaj č. 22 bez bezbariérové úpravy jedoucí do zastávky Karlovo náměstí, odkud byl jako nejlepší varianta zvolen osmiminutový pěší přesun do zastávky Jiráskovo náměstí. Tato trasa, ač je časově úsporná, je pro seniory zcela nevhodná, neboť kombinuje dlouhé pěší přesuny a přejezdy



Obrázek 18: Trasa 3 podle multimodálního plánovače společnosti Seznam.cz, dostupné z (<https://mapy.cz/>)

Plánovač Maps.Google zvolil za nejlepší trasu totožný výsledek jako plánovač Mapy.cz, který je pro využití seniory značně nevhodný.



Obrázek 19: Trasa 2 podle multimodálního plánovače společnosti Google, dostupné z (<https://www.google.com/maps/>)

Network Analyst na základě vytvořených parametrů vybral ve všech případech pro potřeby seniorů výhodnější trasy než platformy, s nimiž byl porovnáván. Velice však závisí na kvalitě a úplnosti podkladových dat. V případě druhé trasy totiž komplexnost podkladů v aplikaci Mapy.cz (zanesení přesných poloh výtahů vedoucích z metra) přispěla k vybrání poměrně vhodné trasy díky tomu, že uživatel (seniorovi) ušetřila pěší přesun.

Na testovacích trasách se ukázala opodstatněnost nastavení parametrů ve vztahu k hromadné dopravě. Zvýšená preference přesunů prostředky MHD snížila množství pěších přesunů oproti běžně dostupným plánovačům, čímž se obecně snížila náročnost trasy tak, aby vycházela více vstříc potřebám seniorů. Parametr, který zakazoval využívání dopravních prostředků bez bezbariérové úpravy, vedl k odbourání problémových nástupů a výstupů do a z dopravních prostředků při cestování, avšak vzhledem k relativně nízkému procentu garance nízkopodlažních a bezbariérových spojů v systému Pražské hromadné dopravy vedl v porovnání s ostatními plánovači k mírnému prodloužení celkové doby potřebné k dosažení cíle trasy, protože bylo nutné na zastávkách např. čekat na nízkopodlažní spoj. Nastavení parametru vyhýbání se zastávce bez bezbariérové úpravy se ukázalo jako vhodné, neboť snížilo množství využití potenciálně nevhodných zastávek užívaných v ideálních trasách.

Nastavení parametrů pěší sítě – kvality a sklonu – nemohlo být na vzorovém území dostatečně otestováno, neboť se jedná o příliš malou plochu s vysokou dostupností MHD, kvalitní pěší sítí a ne příliš variabilním povrchem pro to, aby měla libovolná restrikce na nějakém úseku pěší sítě vypovídající hodnotu.

## 6) Závěr

V této práci byla provedena síťová analýza s cílem vyhledání ideálního spojení v městském prostoru pro potřeby seniorů. Pro úspěšné vyhledání ideálního spojení bylo třeba nastavit parametry výpočtu trasy podle závěrů získaných rešerší odborné literatury. Pro výpočet ideální trasy jsou stěžejní atributy bezbariérovosti jednotlivých dopravních prostředků a zastávek MHD, které byly získány z jízdních řádů. Ideální trasa se vždy vyhýbá užívání dopravních prostředků bez bezbariérové úpravy, které je pro seniory velice komplikované užívat. Ideální trasa bere v úvahu i změny v kvalitě a vlastnostech pěší sítě, a proto nabízí možnost vyhnout se úsekům s velmi nekvalitním povrchem či velmi prudkým svahem. Výrazným způsobem tak může seniorům usnadnit a zpříjemnit pohyb po městě s užitím MHD či pěších přechodů.

Při porovnání výsledků bylo zjištěno, že další platformy pro vyhledávání spojení ve městech neberou v úvahu zdravotní predispozice seniorů, a tak navrhují nevhodné trasy. Tyto trasy byly sice z časového hlediska rychlejší, nabízely však například možnosti přejezdů dopravním prostředkem bez bezbariérové úpravy, či nabízely dlouhé pěší přechody nevhodné pro seniory.

Na práci je možné navázat například vytvořením mobilní aplikace či webové stránky, která by funkce a výhody s ní spojené poskytla širokému spektru uživatelů. Nové GIS technologie mají veliký potenciál, jak usnadňovat běžným uživatelům každodenní život. Obor využití GIS technologií v běžném životě je v dnešní době na prudkém vzestupu a možnost personalizovaných navigací je jednou z možností, kam by se mohl vývoj v budoucnu ubírat.

# Literatura

Bezbariérové cestování v tramvajích, Praha: Dopravní podnik, hl. m. Prahy (2017)

<http://www.dpp.cz/bezbarierove-cestovani/tramvaje/>

Bezbariérové přístupy v metru, Praha: Dopravní podnik, hl. m. Prahy (2017)

<http://www.dpp.cz/bezbarierove-cestovani/metro/>

BRÁZDOVÁ, M. (2007): Využití některých metod teorie grafů při řešení dopravních problémů, Pardubice, [http://pernerscontacts.upce.cz/05\\_2007/](http://pernerscontacts.upce.cz/05_2007/) (15.7.2018)

CityMapper, London, Citimapper limited (2018) <https://citymapper.com/>, (8.7.2018)

CrossWalk: The CrossWalk app helps the elderly cross the road, Amersfoort: Dynniq (2017)

<https://company.intertraffic.com/?a=Vxq3x%2FtER1Oat2M1j8wDv2zElk8tYYfd%2BL2qiNtDc2E%3D> (19.6.2018)

ČEVELA, R., KALVACH, Z., ČELEDOVÁ, L. (2012). Sociální gerontologie. Úvod do problematiky. Praha: Grada Publishing.

Dopravní podnik dokončil výstavbu bezbariérového přístupu do stanice metra Národní třída, Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy (2011)

<http://www.dpp.cz/dopravni-podnik-dokoncil-vystavbu-bezbarieroveho-pristupu-do-stanice-metra-narodni-trida-02/>

FOJTÍK, P., MAHEL, I., LINERT, S., & PROŠEK, F. (1995). Historie městské hromadné dopravy v Praze, Dopravní podnik hl. m. Prahy, Praha

Google maps, Praha, Google (2018) <https://www.google.com/maps>, (18.6. 2018)

GTFS Static Overview, Google developers (2016), <https://developers.google.com/transit/gtfs/>

HAMERNÍKOVÁ, V. (2008). Vliv věku a pohlaví řidiče na jeho výkonnost při řízení. Psychologické dny 2008: " Já & my a oni.

HOLMEROVÁ, I., JURAŠKOVÁ, B., ZIKMUNDOVÁ, K. (2003). Vybrané kapitoly z gerontologie. Česká alzheimerovská společnost.

Jízdní řády, Praha, Seznam.cz (2018) <https://www.seznam.cz/jizdnirady/>, (18.6.2018)

KALVACH, Z., ZADÁK, Z., JIRÁK, R., ZAVÁZALOVÁ, H., SUCHARDA, P. (2004). Geriatrie a gerontologie. Praha: Grada, 165-200.

LAWTON, M. P., BRODY, E. M. (1969). Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. *The gerontologist*, 9(3\_Part\_1), 179-186.

LITMAN (2017): Introduction to Multi-Modal Transportation Planning, Victoria transport policy institute

O IDOSu, Praha, IDOS, CHAPS spol. s.r.o. (2018), <https://jizdnirady.idnes.cz/pid/idos/>, (18.6.2018)

OPENDATA hlavního města Prahy, Praha: Jízdní řády (2018), [http://opendata.praha.eu/organization/cc93f650-b175-4f3f-844d-a246955165af?res\\_format=GTFS](http://opendata.praha.eu/organization/cc93f650-b175-4f3f-844d-a246955165af?res_format=GTFS) (15.7.2018)

OXLEY, J., CORBEN, B., FILDES, B., CHARLTON, J. (2004). Older pedestrians: meeting their safety and mobility needs. In *Proceedings*.

PETROVÁ-KAFKOVÁ, M. (2013): Užívání prostoru a venkovní mobilita městských seniorů, *Fórum sociální politiky*, 7, 3, 19-23

Převážný průzkum DPP 2015, Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy (2015)

<http://www.dpp.cz/prazske-metro-v-den-prepravniho-pruzkumu-prepravilo-1-272-143-cestujicich/>

PUCHER, J., & DIJKSTRA, L. (2003). Promoting safe walking and cycling to improve public health: lessons from the Netherlands and Germany. *American journal of public health*, 93(9), 1509-1516.

ROSENBLOOM, S. (2004). Mobility of the elderly: Good news and bad news. In *transportation in an aging society: A decade of experience* (pp. 3-21). Transportation Research Board: Washington, DC.

SCHMÖCKER, J. D., OUDDUS, M. A., NOLAND, R. B., & BELL, M. G. (2008). Mode choice of older and disabled people: a case study of shopping trips in London. *Journal of Transport Geography*, 16(4), 257-267.

SCHOFER J. L. (2017), *Mass Transport*, <https://www.britannica.com/topic/mass-transit>, (22.3.2018)



- SANET, Tokyo: Welcome to SANET (2018), <http://sanet.csis.u-tokyo.ac.jp/> (15.7.2018)
- sDNA, Cardiff: Spatial Data Network Analysis (2018), <https://www.cardiff.ac.uk/sdna/> (15.7.2018)
- SUEN, S. L., SEN, L. (2004). Mobility options for seniors. Transportation in an ageing society: A Decade of Experience, Proceedings, 27, 97-113.
- SVIDÉN, G. (2011): Environmental Barriers For Mobility And Community Participation Among Older Adults In Need Of Home Modification, Bologna 2011
- ŠTYGLEROVÁ, T., NĚMĚČKOVÁ, M., & ŠIMEK, M. (2013). Stárnutí se nevyhneme.
- Tisková zpráva Evropské komise (2012): Doprava: Vítězem první soutěže inteligentní mobility se stává, Brusel, Evropská komise
- UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (1980): United nations conference on a Convention on International Multimodal Transport, Ženeva, Organizace spojených národů, [http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/tdmtconf17\\_en.pdf](http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/tdmtconf17_en.pdf) (17.6.2018)
- Vyhledání spojení, Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy (2018), <http://spojeni.dpp.cz/>, (18.6.2018)
- Výroční zpráva DPP 2016, Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy (2016), [http://www.dpp.cz/download-file/14727/vyrocní\\_zprava\\_dpp\\_2016-cz.pdf](http://www.dpp.cz/download-file/14727/vyrocní_zprava_dpp_2016-cz.pdf), (22.3.2018)
- WASFI, R., LEVINSON, D., EL-GENEIDY, A. (2012). Measuring the transportation needs of seniors. Journal of Transport Literature, 6(2), 08-32.
- WEBBER, S. C., PORTER, M. M., & MENEK, V. H. (2010). Mobility in older adults: a comprehensive framework. The Gerontologist, 50(4), 443-450.
- WHO (2007): Globální města přátelská seniorům: Průvodce, Ženeva, Světová zdravotnická organizace,
- Zákon č. 101/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích