

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Studijní program: Geografie (bakalářské studium)

Studijní obor: Geografie - kartografie



Michal KAPUSTA

ANALÝZA DOSTUPNOSTI ZASTÁVEK MHD V PRAZE

ACCESSIBILITY ANALYSIS OF PRAGUE PUBLIC TRANSPORT STOPS

Bakalářská práce

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Přemysl Štych, Ph.D.

Praha 2011

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 dne 20.8. 2011

.....

podpis

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu RNDr. Přemyslu Štychovi, Ph.D.za odborné vedení a cenné připomínky při zpracovávání této práce. Dále bych chtěl poděkovat svým spolužákům a rodině za podporu během psaní.

Abstrakt:

Tato práce se zabývá síťovou analýzou dostupnosti a spádovosti městské hromadné dopravy v Praze. Odborná část práce se věnuje tematice dostupnosti a síťovým analýzám, které byly provedeny v prostředí ArcGIS 9.3 společnosti ESRI, pomocí kterého byla provedena síťová analýza za účelem určení zón časových dostupností a analýza rozmístění domácností a firem v jednotlivých zónách. Dále byla vytvořena mapa spádovostních oblastí jednotlivých zastávek MHD. Byla potvrzena hypotéza o zvětšující se velikosti spádových oblastí směrem od centra. Neprokázala se platnost hypotézy o změně počtu domácností se vzdáleností od centra v jednotlivých dostupnostních zónách metropole, zatímco podobnost struktury rozmístění firem a domácností se potvrdila pouze částečně.

Klíčová slova:

dostupnost, spádovost, síťová analýza, doprava, MHD Praha, ESRI ArcGIS 9.3

Abstract:

This document concerns with the network analysis of accessibility and space inclusion of the Prague public traffic stops. The main theme of the background research is accessibility and network analysis problematics. During analysis, the ESRI ArcGIS 9.3 software was used to test the time accessibility zone hypothesis as well as households' and companies' distribution. The map of spatial inclusion was also created for separate types of transports as well as for all public transport stops in Prague as well. The hypothesis of space public transport stop inclusion area increase away from center was proven to be true, however the dependancy of the households allocation in relation to the city center was not proven. The similiraity between households and companies allocation was found not to be fully provable.

key words: accessibility, space inclusion, network analysis, Prague public city transport, ESRI ArcGIS 9.3

Obsah bakalářské práce

1 Úvod	8
1.1 Cíle práce	8
1.2 Vývoj MHD v Praze	9
2 Odborná rešerše	15
2.1 Definování akcesibility	15
2.2 Hodnocení dostupnosti	16
2.2.1 Metrické míry	16
2.2.2 Časové míry	17
2.2.3 Topologické míry	17
2.2.4 Cenové míry	18
2.2.5 Vážené míry	18
2.2.6 Ostatní	19
2.3 Definice síťových analýz	19
2.4 Grafy sítí	19
2.5 Statické a dynamické sítě	20
2.6 Síťové modely	20
2.6.1 Geometrická síť	21
2.6.2 Síťový dataset	21
2.7 Metody síťových analýz	21
3 Metodická část	23
3.1 Stanovení postupu řešení	23
3.2 Úprava získaných dat	23
3.3 Dopočet časového intervalu	24
3.4 Rozdělení vstupních dat	25
3.5 Síťová analýza dostupnosti	26
3.6 Vymezení spádovostních polygonů	27
3.7 Propojení dostupnosti s vrstvou adresních bodů	28
3.8 Propojení spádovostní mapy s vrstvou adresních bodů	29
4 Výsledky	30
4.1 Přehled získaných výsledků	30
4.2 Zhodnocení získaných mapových výstupů	31
4.3 Zhodnocení dostupnostní analýzy	31
4.2 Zhodnocení spádovosti	32

5 Závěr	33
6 Seznam použité literatury	33
6.1 Datové zdroje	35
7. Přílohy	36
7.1 Tabulkové přílohy	36
7.1.1 Tabulka 1: Přehled domácností a firem v jednotlivých dostupnostních intervalech	36
7.1.2 Tabulka 2: Přehled podílů ploch jednotlivých dostupnostních intervalů v MČ	36
7.1.3 Tabulka 3: Porovnání podílů dostupnosti s celopražským průměrem	36
7.1.4 Graf 1: Podíly ploch jednotlivých oblastí hlm. Prahy s celoměstským průměrem	37
7.1.5 Tabulka 4: Procentuální rozložení domácností v jednotlivých částech Prahy	37
7.1.6 Tabulka 5: Odchyly počtu domácností v intervalech dostupnosti od průměru	38
7.1.7 Tabulka 6: Procentuální rozložení firem v jednotlivých částech Prahy	38
7.1.8 Tabulka 7: Odchyly počtu domácností v intervalech dostupnosti od průměru	39
7.2 Mapové přílohy	40
7.2.1 Mapa 1: Pěší časová dostupnost pro všechny zastávkové sloupky MHD Praha	40
7.2.2 Mapa 2: Detail pěší časové dostupnosti pro zastávkové sloupky Prahy 8	41
7.2.3 Mapa 3: Počty domácností v jednotlivých zónách dostupnosti zastávek MHD	42
7.2.4 Mapa 4: Počty firem v jednotlivých zónách dostupnosti zastávek MHD	43
7.2.5 Mapa 5: Zóny dostupnosti tramvajových zastávkových sloupků	44
7.2.6 Mapa 6: Zóny pěší časové dostupnosti autobusových zastávek v Praze	45
7.2.7 Mapa 7: Porovnání velikostí jednotlivých spádových oblastí zastávek MHD	46
7.2.8 Mapa 8: Porovnání velikosti jednotlivých spádových polygonů pro Prahu 8	47
7.2.9 Mapa 9: Porovnání počtu domácností ve spádových polygonech	48
7.2.10 Mapa 10: Přehled počtu domácností ve spádových polygonech na Praze 3	49
7.2.10 Mapa 11: Porovnání počtu firem v jednotlivých spádových regionech	50
7.2.10 Mapa 12: Počty firem v jednotlivých spádových polygonech na Praze 3	51
Seznam obrázků	
Obr. 1 Doprava v Praze za r. 1898	10
Obr. 2 Plán tramvajové dopravy v r. 1927	11
Obr. 3 Plán pražské hromadné dopravy za r. 1938	12
Obr. 4 Struktura MHD v Praze za r. 1964	13
Obr. 5 Současná autobusová síť MHD v Praze	14
Obr. 6 Sloučení městských částí	24
Obr. 7 Model batchového bufferu	25
Obr. 8 Ořezání vrstvy tramvajových zastávek	26
Obr. 9 Dostupnost autobusových zastávek Prahy 7	27
Obr.10 Batch model vymezení spádovosti	28

1. Úvod

1.1 Cíle práce

Začátky pražské hromadné dopravy se jsou spojeny s linkami soukromých dopravců, které se vytvářely podle přání platících obyvatelů metropole. První trasy vyjadřovaly nejfrekventovanější pohyby v rámci města. Po sloučení pod správu magistrátu byly tyto linky rozšiřovány a upravovány do dnešní podoby. Jak se hlavní město rozšiřovalo a počet jeho obyvatel výrazně rostl, narůstaly také nároky na dopravy a bylo zapotřebí čím dál složitější sítě městských linek. V dnešní době existují díky rozvoji výpočetní techniky a vývoji nástrojů GIS výrazně sofistikovanější metody analyzování dostupnostní situace a je tedy možné relativně snadno stanovit úroveň obslužnosti a zvýšit tak efektivnost městské hromadné dopravy v Praze.

Cílem této práce bylo zhodnocení pěší dostupnosti zastávek MHD v Praze a následném vytvoření spádovostní mapy pro jednotlivé zastávky. Dalšími výstupy bylo porovnání zjištěných dostupnostních zón pro jednotlivé městské části. S využitím a vložením dat o počtu domácností a firem na jednotlivých adresách z vrstvy adresných bodů metropole do vytvořených oblastí dostupnosti bylo možné vypočítat počty těchto v jednotlivých časových zónách dostupnosti a poté i v jednotlivých částech Prahy. Získaná data umožnila odpovědět na stanovené hypotézy:

- ❖ Počty domácností v jednotlivých dostupnostních zónách se směrem od centra snižují
- ❖ Počty domácností a firem ve spádovostních oblastech mají stejnou strukturu v celé metropoli
- ❖ Spádovost zastávek se zvětšuje se vzdáleností od centra města

Analýzy byly prováděny v prostředí ArcGIS 9.3 firmy ESRI, jež se vzhledem k častému využívání během studia jevila nevhodnější. Hlavní využívanou extenzí pro tyto analýzy byl Network Analyst. Vzhledem k typu dodaných dat bylo nutné provést drobnou selekci a úpravy v tabulkovém editoru Excell 2007 společnosti Microsoft. Jako podkladová data sloužily souřadnice zastávek MHD získané od společnosti Ropid (Regionální organizátor Pražské integrované dopravy) a vrstvy StreetNetCZE City pro Prahu společnosti CEDA (Central European Data Agency) získané ze školní sítě obsahující vrstvy ulic, adresních bodů domů a městských částí.

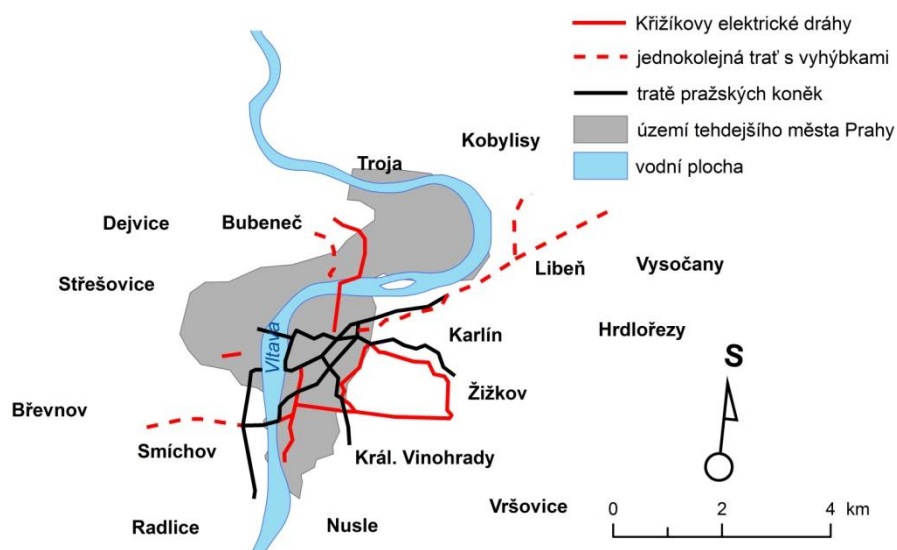
1.2 Vývoj MHD v Praze

První živnost poskytující přepravu pro veřejnost založil r. 1712 Jan Ferdinand Xaver Fachner. Jednalo se o nájemná nosítka s nosiči, kteří za pevné ceny přenášeli zákazníky po Praze. Tento způsob přepravy se používal do 19. století, kdy byl postupně nahrazen fiakry. Což byl „čtyřkolový povoz s kvalitní výbavou tažený párem dobrých koní. Francouzské slovo převzaté do češtiny pochází od prvního fiakru v Paříži, který stával před domem s obrázkem sv. Fiacria, česky se nazýval rychlokočár. Kočáry byly např. polootevřené (faethon) nebo uzavřené (landauer)“, jak je uvedeno na portálu PIS [cit. 26-02-2011]. První stanoviště vzniklo r. 1789 před Staroměstskou radnicí a získal jej Klement Weithofer a ještě téhož roku jich přibýlo 33. O sedm let později již bylo v Praze 70 číslovaných fiakrů na 16 stanovištích. V roce 1827 byl vydán jízdní řád upravující rozdělení fiakristů. Souběžně s nimi jezdily také drožky, což byly levnější a skromnější varianty fiakrů.

Roku 1829 začal jezdit omnibus (což je koňmi tažený vůz pro více cestujících jezdící po stejné trase ale nikoliv po kolejích) Jakuba Chocenského, který se však stejně jako několik dalších soukromých pokusů neujal. Roku 1870 vzniklo Karlínské podniknutí omnibusů a konkurenční První pražská společnost pro omnibusy. Kovové obruče narážející na kočičí hlavy ulic však byly nepohodlné a hlučné a proto byly postupně nahrazovány koňmi taženými tramvajemi – koňkami. Jak uvádí K. Pekař ve své diplomové práci, „jako počátek organizované městské hromadné dopravy v Praze se považuje 23. září 1875, kdy vyjela do pražských ulic poprvé koněspřežná tramvaj“ PEKAŘ (2006, s. 10).

Jednalo se tehdy o jednokolejnou trať s výhybkami ve stanicích o délce 3,5 km. Do roku 1889 se počet tratí rozrostl na šest o délce téměř 19 kilometrů. Roku 1891 předvedl František Křižík svou Elektrickou dráhu na Výstavišti a tím započal rozvoj elektrifikované dopravy v metropoli. Rozvržení tratí je vidět na plánu na obrázku č. 1, kde přerušovaná linka značí dráhu Praha – Libeň – Vysočany, která za 12 let své historie přepravila přibližně 18,5 milionu cestujících. Šedou barvou je vyznačena hranice tehdejšího města Prahy.

Obr 1: Doprava v Praze za r.1898

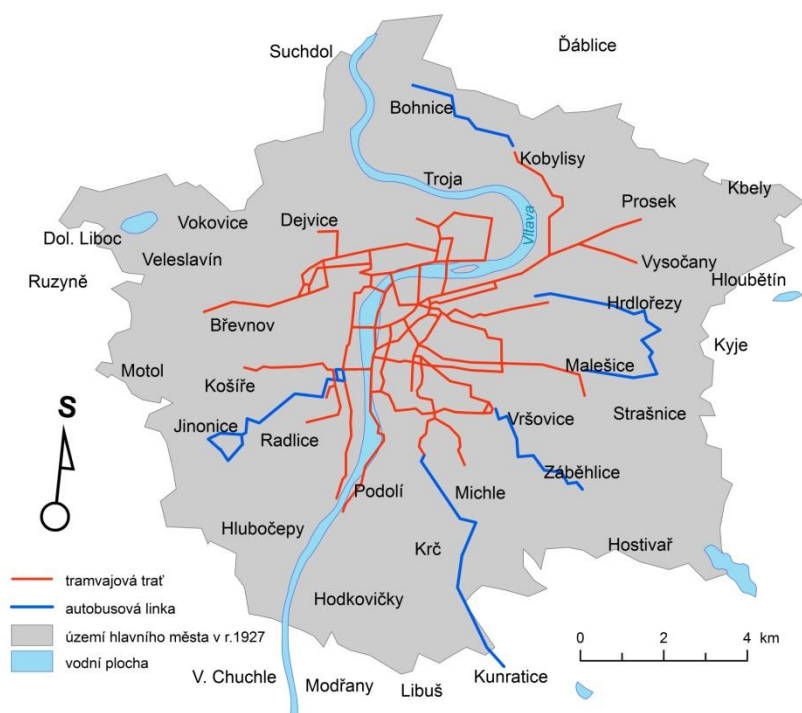


„Rok 1897 byl důležitým mezníkem ve vývoji městské hromadné dopravy v Praze, zejména v její organizaci. V tomto roce se pražská obec definitivně rozhodla převzít provozování přepravy v Praze do vlastní kompetence a podnikla různé kroky k zahájení monopolního podnikání a provozování pražské dopravy zastupitelstvem.“ POŠUSTA (1975,s. 9).

Ve spolupráci s Křižíkem byla realizována okružní dráha Praha – Žižkov – Vinohrady o délce 5,84km a o rok později byl zahájen provoz na druhé lince: Náměstí Míru – Ječná – Spálená ulice. Do roku 1908 se začaly tramvaje rozlišovat čísly a do začátku první světové války se počet linek rozrostl na čtrnáct o celkové provozní délce 102,2 km.

Po skončení první světové války se Praha rozrůstala dál a požadavky na tramvaje rostly – počet linek se rozrostl na 18 a provozní délka se zvýšila na 149,3 km. Nejdelší linkou tehdy byla jednička – měřící 11,476km a nejkratší linka č. 7 o délce 6,231 km a na každého pražana připadalo 240 jízd tramvajů ročně. To vytvořilo již o poznání složitější síť, která je zobrazena na obr 2.

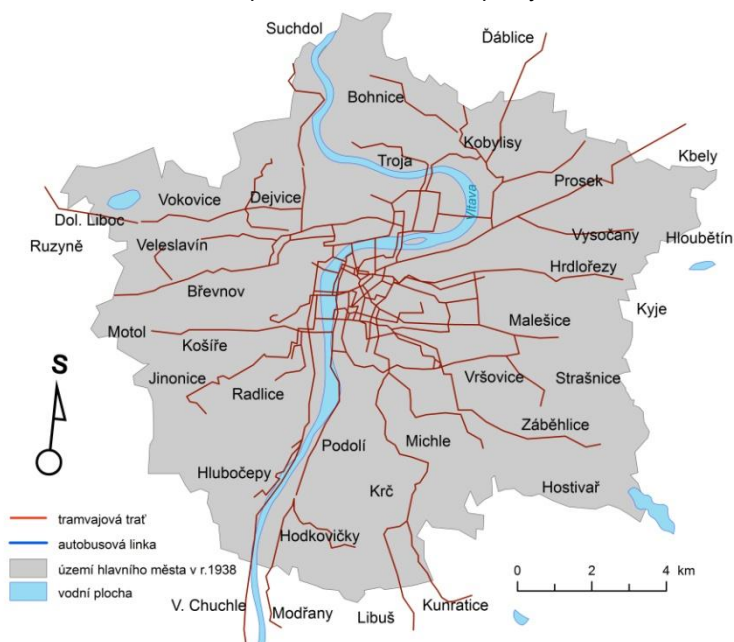
Obr 2: Plán tramvajové dopravy v Praze v r. 1927



„Pravidelný provoz autobusů byl zahájen až 21. června 1925 na trase A Záběhlice - Vršovice o délce 3,5 km. Cesta dvou autobusů Laurin a Klement se vzdušnými pneumatikami trvala 8 minut, každý vůz pojmul 20 sedících a 20 stojících osob“ jak uvádí portál PIS [cit. 27/2/2011]. Jen do konce roku autobusy přepravily 100 tisíc cestujících a jejich využitelnost stoupala, zejména s klesající cestovní rychlostí elektrické dráhy. V roce 1927 již měly Dopravní podniky k dispozici 28 autobusů na 7 linkách (A-H) a přepravilo se jimi téměř 2,5 milionu cestujících.

První trolejbusová linka K začala jezdit od Vozovny Střešovice přes Hanspaulku a končila u kostela sv. Matěje. Byla dlouhá 3,63km a od srpna 1936 do konce roku přepravila téměř čtvrt milionu cestujících. Rozložení jednotlivých linek MHD již začalo pokrývat i okrajové části rozrůstající se metropole, jak lze vidět na plánu (obr. 3) předválečné dopravy níže.

Obr 3: Plán pražské hromadné dopravy za r. 1938

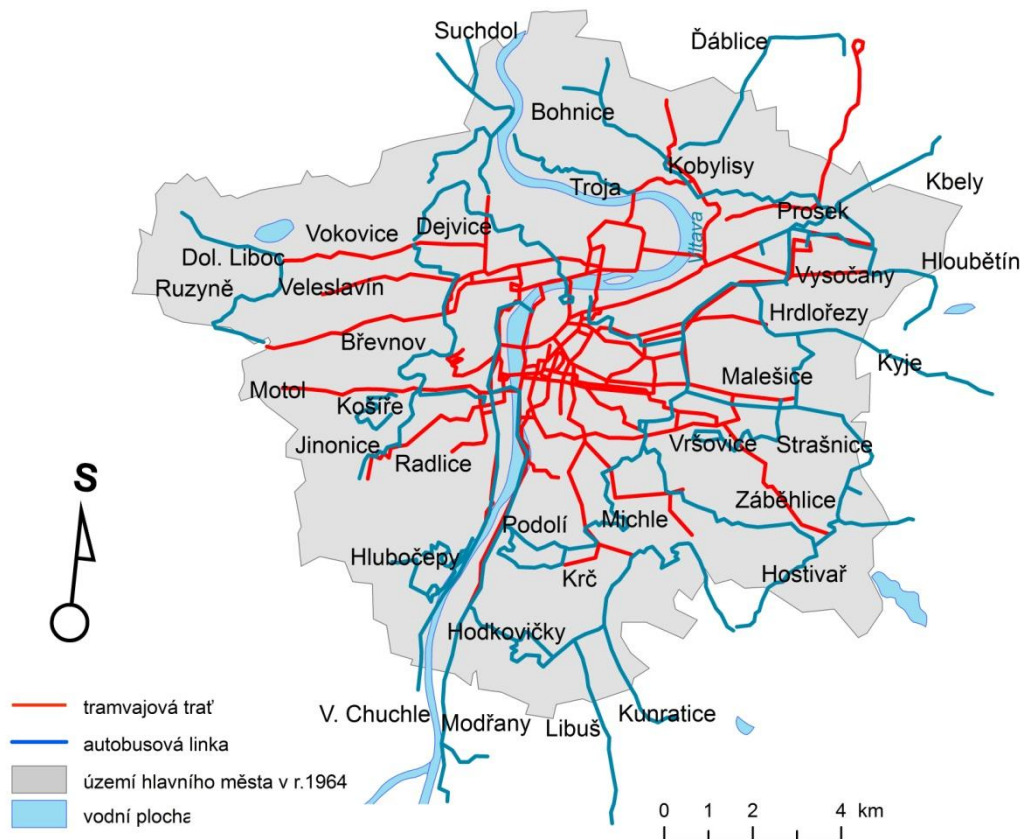


. Ještě před válkou čekala pražskou dopravu jedna výrazná změna – jízda vpravo. Po příchodu Němců byly přípravy na tuto zásadní změnu v dopravě urychleny a na pravé straně se v Praze jezdí ode dne 26. 3. 1939.

Po odstranění škod způsobených válkou a hlavně květnovým povstáním, kdy byla většina tratí a tramvajových vozů zničena nebo velmi poškozena, přepravovala hromadná doprava kolem 40 milionů cestujících každý měsíc. Vliv Prahy jako města se rozšiřoval, zvětšovala se obydlená plocha, připojovaly se okolní obce a rostl počet obyvatel. Zvyšovaly se také nároky na veřejnou dopravu. S poválečnou obnovou metropole se obnovuje a rozvíjí průmysl, který vyžadoval velké množství dělníků. Jak je řečeno v poválečném dobovém dokumentu, který uvádí POŠUSTA (1975, s. 40) „Vývoj dopravy po roce 1945 musel být usměrněn tak, aby bylo vybudováno rychlé a levné spojení dělnických čtvrtí s průmyslovými oblastmi.“

Do roku 1963 stoupl počet tramvajových linek na 28 a trolejbusových na 11. Autobusových linek bylo zřízeno 33 o délce přes 200km a navazovaly na tramvajové tratě. Na plánu na obr. 4 jsou autobusové linky doplňující tramvajovou dopravu vyznačeny modrou barvou.

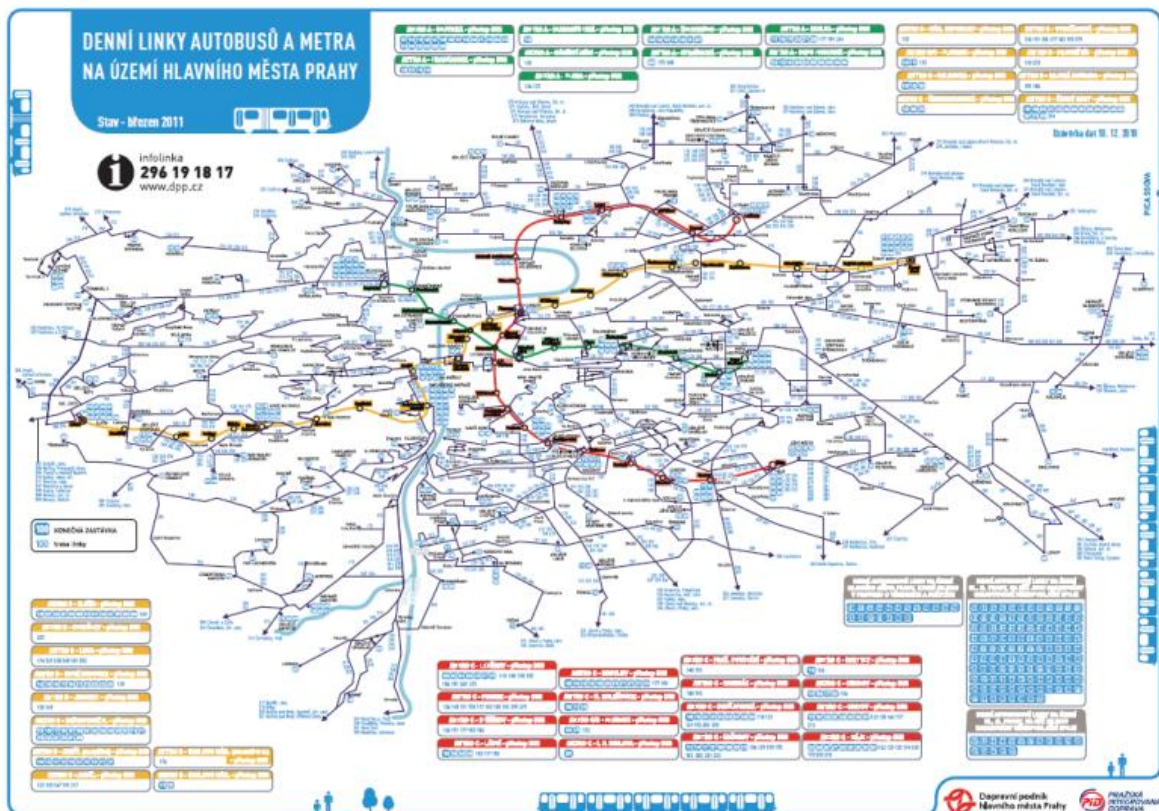
Obr 4: Struktura MHD v Praze za r. 1964



V roce 1974 začalo v Praze jezdit metro na trase C (Kačerov – Florenc) a postupně tato trasa dosáhla délky 18,181 km, zatímco linka A je dlouhá 10 a B má 26,3 km délky.

Jak je uvádí ve svém technickém přehledu PEKAŘ (2006, s. 20), v současnosti jsou v provozu tři linky metra o celkové délce 54 km a skládající se z 53 stanic, pět linek přívozu, 26 denních a devíti nočních tramvajových linek s délkou 533 km čítající 628 zastávek. Autobusová doprava se svými 180 linkami (včetně dvaceti školních, dvou pro tělesně postižené a šestnácti nočních) a s počtem zastávek přesahujícím 2500 jednoznačně nejsložitější a nejvíce rozvětvená. Z obrázku 5 je vidět, že současná autobusová doprava je velmi propletená a při analyzování dostupností a plánování jízdních řádů je výpočetní technika velmi výrazným zjednodušujícím a urychlujícím nástrojem.

Obr 5: Současná autobusová síť MHD v Praze



2. Odborná rešerše

2.1 Definování akcesibility

V rámci této bakalářské práce byla zjišťována vzdálenost jednotlivých adresných bodů od nejbližší MHD zastávky – byla měřena a analyzována dostupnost této zastávky pro okolní adresní body. Tuto dostupnost lze chápat jako ukazatel, parametr popisující daný objekt (zastávku), který určuje do jisté míry jeho postavení v dané struktuře – dopravní síti městské hromadné dopravy (KUSENDOVA, 1996). Význam dané zastávky je přímo závislý na vzdálenosti od zájmových bodových struktur – v tomto případě adresných bodů. Jde tedy o geografickou charakteristiku objektu na základě vzdáleností. Tak alespoň popisují dostupnost HORÁK, ŠIMEK, RŮŽIČKA, HORÁKOVÁ 2006).

Na rozdíl od tohoto pohledu, Hoyle a Knowles chápou dostupnost jakožto faktor ovlivňující prostorovou organizaci společnosti, která je ovlivněna polohou těchto objektů (HOYLE, KNOWLES 2001 cit. in. HUDEČEK 2010). Hanson tyto dva pohledy spojuje a rozlišuje dva typy dostupnosti: dostupnost místa a dostupnost lidí. První z uvedených dostupností je myšlena míra snadnosti dosažení dané lokality a druhou jak snadno může jednotlivec nebo skupina dosáhnout daného místa. Podle něj záleží individuální míra dostupnosti jednotlivce na umístění dané lokality vzhledem k jeho domovu, dopravní síti a je ovlivněna dobou trvání přesunu z domova na danou lokalitu (HANSON 2004). Čistě metrický a časový pohled na dostupnost rozšiřuje LITMAN 2011, který nabízí pět výkladů dostupnosti:

- dostupností se obvykle myslí fyzický přístup ke zboží, službám nebo lokalitám, což je běžně označováno jako přepravování
- při stavění komunikací se jako dostupnost označuje připojení k přiléhajícím nemovitostem. Silnice s omezeným přístupem je používán pro silnice s minimálním připojením k přiléhajícím pozemkům, zatímco místní komunikace poskytují přímý vjezd. Přístupový management zahrnuje také rozhodování o počtu příjezdových cest a křižovatek při plánování a stavbě dálnic

- v oblasti geografie a městské ekonomiky je akcesibilita (což je jiné označení dostupnosti) používána ve smyslu relativní snadnosti dosažení určitých oblastí a lokalit
- při plánování pro pěší a navrhování podniků se pojmem *dostupný design* (nebo také univerzální design) myslí přizpůsobení staveb pro tělesně postižené. Například vstup navržený tak, aby vyhovoval vozíčkářům se nazývá bezbariérově dostupný
- v sociální oblasti se pojem akcesibilita vztahuje na schopnost lidí využít služeb a nabídek okolí.

Kromě tohoto rozdělení lze také dělit dostupnost podle použitého dopravního prostředku, například ve veřejné hromadné dopravě se používá termín dopravní obslužnost (HORÁK, ŠIMEK, RŮŽIČKA, HORÁKOVÁ 2006).

Z výčtu je patrné, že definice dostupnosti záleží na způsobu jejího využití. Dle Koeniga je akcesibilita vhodná zejména pro ohodnocení distribučních nebo přímých důsledků transportních systémů nebo pro zásady plánování využití pozemků v městské zástavbě (KOENIG 1980 cit. in WALBER 2010). Další častou úlohou je dle Baly řešení dopravní dostupnosti, neboť dopravní dostupnost (a obslužnost) významně ovlivňuje rozvoj území. Systémy GIS poskytují díky výpočetní technice vhodné nástroje k analýze, zejména díky výrazné časové úspoře (BALA 2001).

2.2 Hodnocení dostupnosti

Podle toho, jakou dostupnost v daný moment sledujeme, musíme zvolit vhodné jednotky, ve kterých danou dostupnost měříme. Různé dostupnosti a různé jednotky také znamenají různé přístupy ke kvantifikaci (tj. ohodnocení) sledovaných objektů.

2.2.1 Metrické míry

Metrické míry dostupnosti měří buď přímou vzdálenost (euklidovské míry) nebo hodnotí vzdálenost po komunikacích.

Euklidovská míra přímé dostupnosti

U euklidovské vzdálenosti se vzdálenost vypočítává přímo ze souřadnic – jedná se o přímou vzdušnou vzdálenost. Místo s nejmenšími vzdálenostmi od jednotlivých sledovaných objektů – těžiště – má nejlepší dostupnost.

Cestní míra dostupnosti

Při výpočtu této dostupnosti se bere v úvahu skutečná vzdálenost mezi body, tj. vzdálenost po komunikacích. Tato vzdálenost se zpravidla stanovuje na základě modelů dopravní sítě, většinou v GISových aplikacích.

Vedle těchto dvou měr se dají použít také další druhy měr, jako například koeficient okliky, vypočítaný jako procentní rozdíl cestní a přímé vzdálenosti, nebo rozvoj čáry, což je poměr cestní a přímé vzdálenosti (HORÁK a kol 2004).

2.2.2 Časové míry dostupnosti

Jak už je z názvu patrné, tento přístup se zaměřuje na dobu trvání cesty do cílů ze zkoumaného místa hvězdicovým způsobem. Uzel s nejmenší časovou hodnotou je pak nejlépe dostupný. Tato hodnota se dá rozšířit pomocí časové ztráty, která v sobě kromě doby trvání cesty zahrnuje i dobu čekání na příjezd spoje. (HORÁK 2011)

2.2.3 Topologické míry dostupnosti

Tyto míry na rozdíl od předchozích využívají teorie grafů. Lze sem zařadit přímou a nepřímou topologickou dostupnost (JOKLOVÁ 2007).

Přímá topologická dostupnost

Hodnota je určována celkovým počtem sousedních uzlů v grafu. Uzel s nejvyšším počtem sousedních uzlů má nejlepší přímou topologickou dostupnost (JOKLOVÁ 2007).

Nepřímá topologická dostupnost

U této míry dostupnosti jsou vzdálenosti mezi uzly vyjadřovány počtem hran na nejkratší cestě mezi nimi. Nejlepší akcesibilitu má uzel s nejnižší hodnotou – podle teorie grafů se jedná o střed, tedy o uzel s minimální excentricitou. V případě, že každý uzel představuje konečnou stanici, je možné porovnávat dostupnost z hlediska počtu přesezení potřebného k cestování do ostatních uzlů sítě (JOKLOVÁ 2007).

2.2.4 Cenové míry dostupnosti

Jedná se o dostupnost, založenou na ceně dopravy, u veřejné dopravy se sleduje cena placená na přepravu mezi jednotlivými uzly, v případě osobní dopravy se sledují náklady za cestu – nejen cena spotřebovaných pohonných hmot, ale i například amortizace vozidla (HORÁK 2011).

2.2.5 Vážené míry dostupnosti

Na rozdíl od předchozích typů, se předpokládá stejný vliv všech zdrojů (resp. uzlů). U této míry však rozlišujeme důležitost každého uzlu na základě nějakého parametru. Například PAVLÍK, KÜHNL (1985) použili váhy počtu obyvatel jednotlivých uzlů pro míry cestní dostupnosti pro příklad optimalizace umístění.

Horák tvrdí, že „zahrnutí atraktivity představuje první krok na přechodu k využívání zobecněných gravitačních modelů (resp. modelů maximalizujících entropii)“ (HORÁK). K rozšíření modelů dostupnosti na komplexní vyhodnocování dopravy je zapotřebí sledovat více parametrů, než jen nejkratší dobu cestování mezi dvěma uzly (obcemi). (Horák 2011) uvádí 4 další možné parametry:

- doba trvání požadované přepravy (cesta do zaměstnání, do školy, na úřady apod.)
- počet spojení v určitý časový interval
- počet přestupů (negativní – zvýšení nepohodlí, riziko zpoždění nebo přerušování)

- komfort cestování (vybavenost a obsazení přepravních prostředků, nebo také použitelnost v případě bezbariérovosti pro invalidy).

Druhý uvedený parametr se dá nazvat frekvenční dostupností, kterou využil například (RÖCL 2001), který kromě časové dostupnosti sledoval také frekvenci spojů.

2.2.6 Ostatní

Mezi tyto ne úplně zařaditelné míry patří např. fyziologický index únavnosti, který zahrnuje informaci o délce pěších cest k dopravnímu prostředku a hodnotí i jakost přepravy – její únavnost (HŮRSKÝ 1969 cit in HORÁK 2011).

2.3 Definice síťových analýz

Síťové analýzy jsou silným nástrojem pro analyzování prostorových dat, který je obvykle integrován do softwaru pro GIS. Jako základ se používá vektorová datová struktura z liniových prvků. Podmínkou pro síťové analýzy je uzavřená topologická struktura sítě z těchto prvků. To znamená, že linie tvořící síť musí být spojeny bodovými prvky – uzly (JANČÍK 1998 cit. In NOVÝ 2008). Při síťové analýze se tedy využívá relativně nového odvětví matematiky – teorie grafů, jejíž počátky jsou spojeny s úlohou königsberských mostů, vyřešené L. Eulerem v roce 1736.

2.4 Grafy sítí

Grafem se obecně nazve uspořádaná dvojice vrcholů a hran. Dva vrcholy (neboli uzly) spolu sousedí, jestliže mezi nimi existuje hrana (SLADKÝ 2009). (RAPANT 2002) považuje graf za síť, pokud jsou splněny následující podmínky:

- souvislost
- orientovanost
- hranová nebo uzlová ohodnocenost
- nezáporná ohodnocenost

- existence dvou uzlů – vstupu a výstupu do sítě, kdy do prvního nevstupuje žádná hrana a z druhého uvedeného žádná hrana nevystupuje.

Jednotlivé podmínky dále rozebírá (SLADKÝ 2009), jenž uvádí, že ohodnocení je zobrazení, které každé hraně přiřazuje hodnotu, které je vyjádřením míry náročnosti přesunu z vrcholu x do vrcholu y nebo naopak. Může reprezentovat časovou nebo délkovou vzdálenost, propustnost, pravděpodobnost a podobně. Souvislost grafu se rozlišuje podle toho, zda do každého jeho vrcholu vede hrana (to je případ souvislého grafu).

2.5 Statické a dynamické sítě

V GIS se sítě dělí do dvou kategorií na dynamické a statické sítě. U statických se ohodnocení nemění (kilometrové ohodnocení silniční sítě), zatímco v dynamických sítích se ohodnocení mění neustále v závislosti na čase. S touto druhou variantou pracují například AVL systémy (Automatic Vehicle Location), které v reálném čase informují o stále se měnící situaci v dopravě a na základě toho upravují navigaci pro řidiče. (SLADKÝ 2004 cit. in. NOVÝ 2008)

2.6 Síťové modely

V systému ArcGIS se síť modeluje uvnitř geodatabáze nad prvkovými třídami v ní obsažených. Je možné vytvořit dva druhy modelů sítě – síťový dataset a geometrickou síť. Druhý zmíněný model je lépe využitelný pro reprezentaci běžných inženýrských sítí jako například potrubí, protože tato síť může být zařazena mezi tzv. „directed flow systems“ – systémy, kde je pohyb po hraně (linii) umožněn pouze jedním směrem.

Oproti tomu síťový dataset je vyvinutý a upravený pro reprezentaci silniční sítě a tudíž je řazen do opačných „indirected flow systems“, kde je pohyb možný obousměrně, s rozdílnými pravidly pro každý směr. (SLADKÝ 2009).

2.6.1 Geometrická síť

Geometrická síť je tvořena dvěma složkami – geometrickou a logickou sítí. První je složka hran (linií) a uzlů – síťových prvků tvořících síť. V logické části jsou uloženy informace o propojení mezi prvky v dané geometrické síti. Síťové prvky rozlišujeme jednoduché, kde jeden síťový prvek odpovídá jednomu logickému a komplexní, kde jednomu prvku odpovídá více prvků logické sítě. Každý prvek v síti může tvořit bariéru – tedy místo, kudy nemohou proudit zdroje (SLADKÝ 2009).

2.6.2 Síťový dataset

Na rozdíl od geometrického, síťový dataset obsahuje navíc tzv. odbočky (turns). Při tvorbě datasetu z geodatabáze lze použít více zdrojů pro hrany a uzly než při tvorbě z shapefile. Síťový dataset se od geometrického liší způsobem vytváření a kontrolování propojení sítě (logická část sítě). Nejprve tedy dojde k vytvoření (create network dataset) a ke kontrole dochází až v momentě, kdy je propojení uživatelem přebudováno (build network dataset). V prvním kroku se vybírají třídy (feature class), zatímco v druhém vznikají jednotlivé prvky sítě (uzly), propojení (joins) a jsou jim přiřazovány hodnoty atributů (Úvod do GIS cit. in SLADKÝ 2005).

2.7 Metody síťových analýz

Metody síťové analýzy jsou vybudovány na teorii grafů, teorii pravděpodobnosti a matematickém programování. Síťové analýzy se využívá pro plánování, koordinaci a kontrolu složitých úkolů v nejrůznějších oblastech hospodářské činnosti (ZIMOLA 2000). Dále stejný autor uvádí, že důvodem úspěšnosti metod síťové analýzy je to, že poskytlo nástroj pro tzv. projektové plánování (řízení), které jsou chápány jako úkoly, které jsou řešeny jednorázově a z pravidla se již neopakují. Síťové analýzy dle JANČÍKA (1998) modelují vzájemné vazby pro tyto komponenty:

- zdroje (materiály, které se mají v síti pohybovat)
- cíle (kam mají dorazit)
- soustava podmínek, definujících propojení sítě mezi uzly

Pokud jsou všechny tyto prvky k dispozici, je možné rozdělit úkony, které lze provádět pomocí síťových analýz, do několika skupin uvedených na webovém Úvodu do GIS:

- Hledání konektivity – vyhledání všech propojených prvků s daným uzlem (Příklad: nalezení vedení a odběratelů postižených vyhořelým transformátorem)
- Modelování zatížení sítě – analýza s ohledem na vlastnosti liniových prvků v síti (Příklad: analýza transportu vody v potrubí s ohledem na kapacitu potrubí).
- Hledání optimální trasy – jedná se o proces vyhledání optimální trasy mezi dvěma nebo více body na základě ceny cesty (může být vzdálenost nebo čas).
- Hledání cesty do nejbližšího zařízení – drobná modifikace předchozí analýzy u této jde o vyhledání cesty do nejbližšího zařízení (např. nejbližší zastávka autobusu, lékař a podobně).
- Alokace zdrojů – pomocí této analýzy lze vyhledat všechny lokality, které jsou od daného objektu vzdáleny nějakou cenou cesty (čas, vzdálenost, peníze za jízdné).

3. Metodická část

3.1 stanovení postupu řešení

Ke splnění stanovených cílů bylo zapotřebí vytvoření několika dílčích analýz a mapových výstupů, jež byly použity v závěru k porovnání a zhodnocení. Bylo zapotřebí vytvořit mapy dostupnosti pro zastávky jednotlivých prostředků MHD a zmapovat pěší dostupnost všech zastávek dohromady. Na základě těchto dostupností byly vytvořeny spádovostní polygony jednotlivých zastávek. Do těchto polygonů byly přidány vrstvy adresných bodů a následně zhodnoceno jejich rozložení v jednotlivých zónách dostupnosti a rozmístění ve spádovostních polygonech.

3.2 Úprava získaných dat

K tomu, aby bylo možno vytvářet tyto analýzy, bylo potřeba upravit data o sloupcích získaná od společnosti Ropid. Ty byly předány v podobě tabulkových výstupů, u kterých bylo potřeba změnit názvy sloupců tak, aby neobsahovaly diakritiku a mezery.

Od společnosti Ropid byly získány dvě tabulky: první obsahovala informace o všech sloupcích, druhá informace o zastávkách. Analýza byla provedena pro jednotlivé sloupky, z důvodů uvedených níže. Dalším krokem byla tabulka z Excelu vložena do ArcMAPu, kde pomocí příkazu „display XY data“ byla vytvořena a následně exportována bodová vrstva všech zastávek.

Důvodem pro použití zastávkových sloupků jako výchozích bodů pro dostupností analýzu je vyšší přesnost analýzy. Souřadnice vrstvy bodů, představující zastávky jsou geometrické průsečíky sloupků a vzhledem k tomu, že mnoho zastávek v metropoli má několik sloupků, dochází zde ke zkreslení, jelikož nejbližší sloupek k danému domu může být o mnoho blíže než onen vypočítaný geometrický střed.

Nevýhodou této volby je fakt, že některé zastávkové sloupky mohou být omezené na speciální linku nebo pouze pro jeden směr, ze kterého se nedá snadno přejít na opačný – a tudíž by občané spíše volili vzdálenější sloupek, než ten který mají nejbliže.

Po převodu do prostředí ArcGIS bylo nutno od sebe oddělit sloupky jednotlivých dopravních prostředků. Ropid měl toto označeno ve sloupcích F56 – F60, které podle sdělených informací znamenají metro – tramvaj – autobusové linky – zvláštní linky Ropidu – ostatní, nepoužívané.

Pro každý dopravní prostředek byl proveden výběr atributem (*select by attributes*), kde hodnota A značí, že zkoumaný uzel je využíván daným prostředkem. Takto byly do geodatabáze vyexportovány vrstvy zastávek pro metro, tramvaje a autobusy.

Obr. 6: Sloučené městské části pro rozdělení dílčích výpočtů do menších celků z důvodu menší výpočetní náročnosti

OBJECTID	Shape	SUM_OBR1	SUM_OBR2	SHAPE_Length	SHAPE_Area
1	Praha 1	45360	10711,606935	...	545267,44675
2	Praha 10	108609	120755	24573,458914	18739484,886719
3	Praha 11	85020	60394	31181,210143	22206039,310359
4	Praha 12	60191	79039	33076,507545	36520412,027344
5	Praha 13	81050	60890	37524,779403	33384689,490234
6	Praha 14	63029	49962	42905,604949	62856475,604469
7	Praha 15	44729	42943	51813,376993	61870895,683594
8	Praha 2	51003	61873	10762,105146	4214207,671875
9	Praha 3	72840	81927	12549,229521	6409767,692266
10	Praha 4	131597	143708	26119,774556	23888301,408203
11	Praha 5	97953	96963	52439,129411	71490639,947268
12	Praha 6	109741	117077	47035,76269	56584111,433594
13	Praha 7	41755	47029	18143,381003	10283709,875
14	Praha 8	108107	117729	37750,1193	37384977,891797
15	Praha 9	70301	72775	42650,144441	44972952,603516



3.3 Dopočet časového intervalu

Dalšími získanými daty byly vrstvy ulic, adresných bodů a městských částí. S ohledem na hlavní témata této práce - pěší časová dostupnost, je zapotřebí do každé ulice dodat atribut, popisující jak dlouho trvá pěší zdolání tohoto úseku. Ve zprávě (Carey 2005) pro Portlandskou Státní Univerzitu uvádí, že průměrná rychlost mladého občana na přechodu (popř. po chodníku) je 4,85 stop za sekundu.

Při přepočtu (1stopa = 0,3048m) vyšla rychlost 88,6968 metrů za minutu. Do atributové tabulky byl přidán sloupec YOUNG_CAS (typu double) a v něm byla vypočtena doba trvání průchodu úsekem pomocí *field calculatoru*:

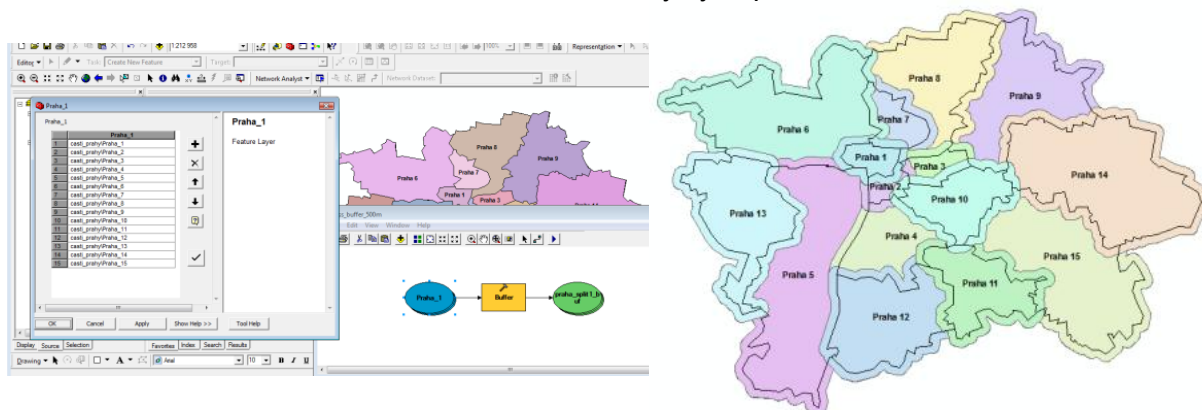
$$\text{CAS_YOUNG} = [\text{SHAPE_LENGTH}] / 88.6968$$

3.4 Rozdělení vstupních dat

Z důvodu několika neúspěšných pokusů o celkovou analýzu dostupnosti zastávek jednotlivých dopravních prostředků (nebo pro všechny zastávky dohromady) pro celou oblast hlavního města bylo zapotřebí rozdělit analyzovaná data na menší oblasti – kvůli nedostatku alokačních zdrojů pro síťovou analýzu – největší vliv zde patrně měla velmi obsáhlá vrstva ulic, která pro celou oblast obsahovala přes 56 tisíc záznamů. Rozdělení proběhlo podle jednotlivých městských částí NUTS4. Bylo vytvořeno 15 polygonů ploch jednotlivých městských částí. Bylo nutno mít na paměti, že analýzy dostupnosti měly smysl pouze v těch částech, ve kterých má daný prostředek zastávky (například pro MČ Praha 11 nemělo smysl dělat dostupnostní analýzu tramvajových zastávek, jelikož se v této MČ žádné nenalezaly). Dále existovaly zastávkové sloupky využívané více prostředky hromadné dopravy. Pro analýzy dostupnosti jednotlivých prostředků byla použita vždy vrstva jen těch sloupků, která byla využívána daným prostředkem. V případě dostupnostní analýzy pro všechny dopravní prostředky dohromady nebylo zapotřebí sdílené sloupky promazávat, jelikož jejich vliv na dostupnost byl stejný.

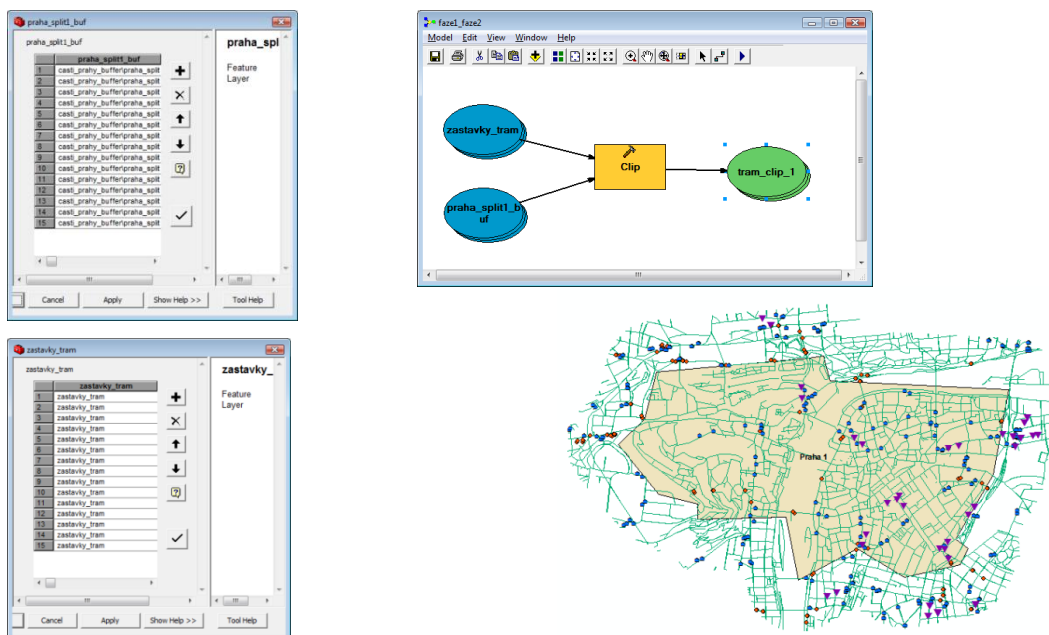
Vzhledem k povaze analýz, které berou v potaz vždy okolí daného bodu (zejména přilehlé zastávky, které ale mohly být za hranicemi městské části) bylo potřeba polygon městských částí rozdělit a kolem každého vytvořit „buffer“ – tj. zvětšit rozlohu daného objektu o určenou hodnotu. Zároveň však bylo neefektivní provádět 15x stejnou funkci a tak bylo po troše zkoumání zjištěno, že Model Builder obsahuje funkci *batch* - což lze popsat jako vícenásobné volání funkce. Následovně byl pomocí funkcí *split* a *buffer* vytvořen následující model – pro zvolené překrytí 500m (vedle něj je zobrazena vzniklá sada vrstev):

Obr. 7: Model batchového bufferu a následný výstup



Po vytvoření těchto překrývajících se polygonů bylo možné začít ořezávání bodových a liniových vstupních dat podle jednotlivých městských částí pomocí funkce *clip*. Opět bylo místo patnáctinásobného opakování jednoho příkazu zvolena možnost hromadného „oklipování“. Níže je uveden příklad editace vrstvy zastávky tramvajů a poté výsledný pohled na příkladu Prahy 1:

Obr. 8: Ořezání vrstvy tramvajových zastávek buferovanými částmi Prahy pomocí clipu



Po rozdělení vstupních dat bylo možno přikročit k přípravě geodatabáze na provedení síťové analýzy extenzí ArcGIS Network Analyst. Data byla rozdělena podle typu prostředku do jednotlivých datových sad. Jelikož pro potřebnou analýzu bylo možno využít pouze jednu oblast služeb (*Service area*), byly vytvořeny datové sady pro každou městskou část – zvýšila se tím přehlednost následujících analýz. Do každé sady byla vložena vrstva ulic pro danou městskou část.

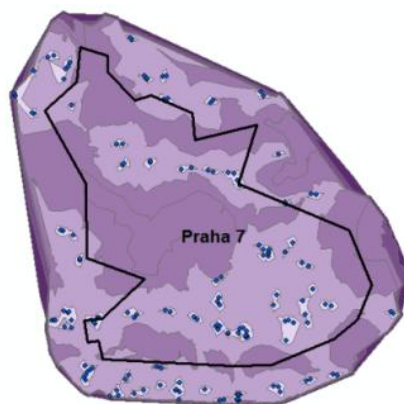
3.5 Síťová analýza dostupnosti

Následně byla v ArcCatalogu vytvořena síť *praha_x_ND* v každé datové sadě (Praha1 až Praha15) tvořená vrstvou ulic pro danou městskou část, bylo nastaveno spojení konci ulic (*End point connectivity*). Nebyla zvolena možnost otáčení a směrů (*turns a driving directions*), jelikož na rozdíl od aut mohou chodci i v jednosměrné ulici chodit v obou směrech. Parametrem sítě byla zvolena doba průchodu jednotlivou částí ulice v minutách.

Takto vytvořený network dataset byl vložen do Arcmapu spolu s vrstvou zastávek pro kterou byla následně zjišťována dostupnost. Spuštěním příkazu *New Service Area* v extenzi Network analystu byla vytvořena šablona, do které se poté vložila vrstva zastávek pro danou městskou část. Bylo nastaveno vytvoření spojených polygonů (*merge by break value*) a časové hranice 1,5,10,15 a 30 minut. Tímto byly vytvořeny zóny dostupnosti zastávek jednotlivých dopravních prostředků a pro jednotlivé městské části.

Network analyst vygeneroval polygony, které byly vyexportovány do datových sad podle typu použitých zastávek MHD. Pomocí těchto polygonů (resp. jejich horní hranice *toBreak*) byla poté jednotlivým adresným bodům přiřazena hodnota atributu pomocí funkce *Spatial Join*. Toto umožnilo následnou sumarizaci zjištění, v jaké dostupnostní vzdálenosti se nachází kolik adresných bodů. Díky atributům ve vrstvě adresních bodů jsme následně mohli zjistit počty domácností nebo firem sídlících v různých zónách časové dostupnosti.

Obr. 9: Dostupnost autobusových zastávek na Praze 7

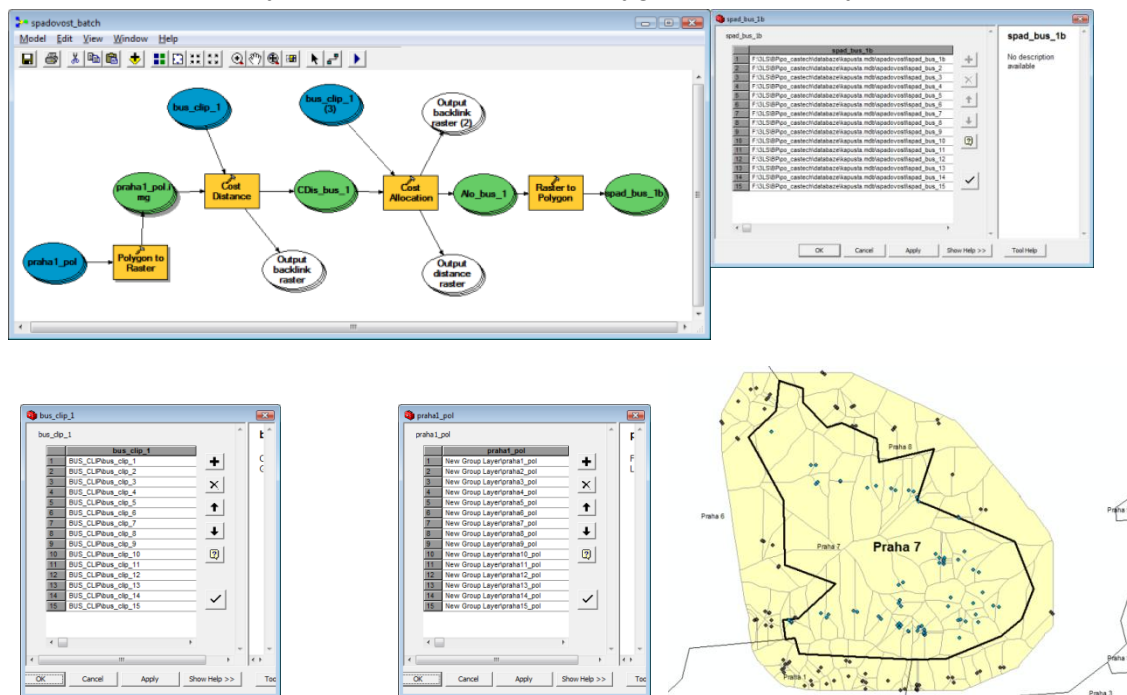


3.6 Vymezení spádovostních polygonů

Pro zjištění spádovosti – tj. vymezení oblastí, ze kterých je nejbližší zastávkou právě jedna zkoumaná je možné použít více postupů. Tento krok lze řešit pomocí vektorových sítí, ale vzhledem k časovým nárokům, vyšším požadavkům na výpočetní techniku a složitějšímu zadávání příkazů bylo zvoleno řešení pomocí tří nástrojů ArcGIS: Polygon to Raster, Cost Distance a Cost Allocation. První vytvořil z polygonu rastr, přičemž velikost jedné buňky (*cell size*) byla zvolena 5 metrů. Nižší hodnoty by se projevíly velmi prodlouženou dobou výpočtů a výsledná zvýšená přesnost nebyla pro

potřeby této analýza potřebná. Nástroj Cost distance, vytvořil na základě hodnot získaných z tohoto rastru pseudohodnotový rastr s proměnlivou dobou nárůstu hodnot od zastávek právě na základě hodnot získaných z dostupnosti. Ačkoliv hodnoty jako takové nebyly vyjádřením žádného časového intervalu, šlo spíše o rychlost stoupání a nikoliv o reálnost hodnot. Na základě strmostí tohoto gradientu v různých směrech od vybrané zastávky byly následně pomocí nástroje *cost allocation* vymezeny spádovostní polygony.

Obr. 10: Batch model vymezení spádovostních polygonů a příklad výstupu pro Prahu 7:



3.7 Propojení dostupnosti s vrstvou adresných bodů

Vrstva dostupnostních zón vzniklých v části 3.5 byla následně použita při doplnění informací v atributové tabulce vrstvy adresných bodů. Pomocí funkce *Spatial Join* byl ke každému adresnému bodu připojen atribut obsahující informaci ohledně toho, v jaké dostupnostní zóně se nachází. Následnou sumarizací vznikla tabulka s celkovými počty domácností a firem v jednotlivých zónách dostupnosti. Pro lepší názornost byl přidán i procentuální podíl na celkovém množství.

3.8 Propojení spádovostní mapy s vrstvou adresných bodů

Po vytvoření map spádovostních oblastí bylo zapotřebí do těchto polygonů vnést informace o počtech domácností a firem z bodové vrstvy adresných bodů. Tento krok byl proveden pomocí funkce *Joins*, která na základě polohy bodu vůči polygonu (zda v něm leží či nikoliv) sumarizuje (tj. sčítá podle sloupců) hodnoty všech bodů splňujících zadanou podmínku (byla zvolena *IS WITHIN* - ležící uvnitř). Z doplněné atributové tabulky spádových oblastí bylo řazením jednotlivých sloupců vybráno 20 polygonů s nejvyšším počtem domácností a firem. Následně byly provedeny exporty mapových výstupů a vloženy do sekce Přílohy.

4. Výsledky

4.1 Přehled získaných výstupů

Vzhledem k řešenému tématu a zadaným hypotézám v úvodní části bylo zapotřebí vytvořit a analyzovat následné mapové výstupy:

- Mapy zón časových dostupností všech zastávek MHD v provozu
- Mapa počtů domácností v jednotlivých dostupnostních zónách
- Mapa zón časových dostupností tramvajových zastávek
- Mapa zón časových dostupností autobusových zastávek
- Mapy spádových oblastí pro všechny běžné provozní zastávky MHD:
 - zobrazující plochu v porovnání s ostatními spádovými oblastmi
 - zobrazující počty domácností v jednotlivých oblastech spádovosti na plochu (100 m²)
 - zobrazující počty firem v jednotlivých oblastech spádovosti na plochu (100 m²)
 - zobrazující 20 spádovostních oblastí s nejvyšším počtem domácností a firem

4.2 Zhodnocení získaných mapových výstupů

Hodnoty z atributových tabulek výsledných vrstev získaných analýzou byly sumarizovány do tabulek, uvedených níže, kde byla pomocí odchylek od průměrných hodnot zjišťována pravdivost stanovených hypotéz. Dále byl pro podrobnější pohled přidán náhled na rozmístění intervalů dostupnosti a spádovostních zón pro Prahu 8 a také mapy rozmístění firem a domácností v jednotlivých spádovostních oblastech Prahy 3 (Mapové přílohy číslo 2,8 a 12). Tyto městské části byly vybrány na základě volby, poněvadž obsahovaly většinu intervalů (v případně Prahy 3 celou škálu hodnot).

4.3 Zhodnocení dostupnostní analýzy

Pokud se podíváme na mapu časové dostupnosti zastávek MHD (viz Mapa 1 v mapových přílohách) zjistíme, že převážná část území metropole je dostupná v intervalu 1–5 minut, přičemž kolem okrajů se interval prodlužuje. Výjimku tvoří oblasti se zelení – jako například Stromovka na území Prahy 7, Prokopské údolí v severní části Prahy 5, Kunratický les na okraji Prahy 4 nebo okolí Kyjského rybníku na okraji Prahy 9. Z mapy lze tedy říci, že většina území hlavního města je z hlediska časové dostupnosti homogenní. Při pohledu na přehled podílů ploch (Tabulka 2) a následující tabulku odchylek od celopražského průměru (Tabulka 3) je patrné, že vnitřní pražské části (tj. Praha 1 - 4 a částečně i Praha 10) mají výrazně větší pokrytí intervalem 1-5min, zatímco okrajovější čtvrti (Praha 5 a Praha 12 - 15) mají naopak v tomto intervalu výrazně podprůměrné zastoupení a je u nich pokryté větší území v dostupnostních intervalech 5-10min a 10-15min. Městské části Praha 6 - 9 a Praha 11 se drží průměrných hodnot, s lehce nižším zastoupením v intervalu 1-5minut a lehce vyšším ve vedlejším intervalu, tj. v intervalu od pěti do deseti minut cesty k nejbližší zastávce. Metropoli lze z hlediska pokrytí dostupnosti rozdělit na tři části: Centrální (P1 – P4 a P10), Střední (P6 – P9 a P11) a Okrajovou (P5 a P12 – P15).

Co se týče rozmístění domácností v jednotlivých zónách dostupnosti v metropoli (viz Mapa 3), analýza ukázala vyšší počet domácností ve středním pruhu v severojižním směru (Praha 1-4 a dále pak městské část 7,8,10 a 11). Nižší hodnoty hustoty byly zjištěny v městských částech Prahy 5,6,9 a dále také na Praze 12-15. Tabulka s procentuálními odchylkami počtu domácností (Tabulka 5 - hodnoty podílů jsou uvedeny v tabulce 4) ukázala nižší výkyvy mezi hodnotami, než by se dalo usuzovat z pohledu na mapu.

Výrazný je pouze nižší podíl u městských částí Prahy 11-14 v nejnižším intervalu (tj. do jedné minuty od zastávky) a vyšší u prvních dvou částí metropole. Výrazný je rovněž rozdíl v třetím intervalu (5 – 10 min), kde prvních pět městských částí má lehce snížené zastoupení a lehce zvýšené je u Prahy 11 až 14. Celkově lze říci, že většina (přes 80%) domácností se nachází do pěti minut chůze od zastávky MHD. Výrazně delší doba docházení je v oblastech se zelení nebo v oblasti terénních svahů (hranice Prahy 9 a 14, jižní část Prahy 5).

U firem je situace částečně podobná (viz tabulky 6 a 7) – tj. výrazně největší zastoupení v intervalu od jedné do pěti minut (78%), ovšem co se týče rozmístění v jednotlivých částech Prahy, tak z mapy (Mapa 4) je jasně patrná převaha centrálních částí Prahy 1-3. Podle podílu na celku se k nim přidávají ještě městské části Prahy 4,6 a 8.

V přílohách jsou dále uvedeny dostupnostní mapy pro autobusovou a tramvajovou dopravu. Druhá jmenovaná (mapa tramvajové dostupnosti je Mapa 5) ještě více ukazuje orientaci na centrum, zatímco okrajové čtvrti mají velmi malé (u Prahy 11 dokonce téměř nulové) pokrytí elektrifikovanými tratěmi. Vzhledem k počtu autobusových zastávek a jejich výrazné převaze nepřekvapí, že mapa autobusové dostupnosti (Mapa 6) je z velké části podobná dostupnosti všech zastávek městské hromadné dopravy.

4.4 Zhodnocení spádovosti

Mapa zobrazující spádovostní regiony jednotlivých zastávek (Mapa 7) zobrazuje porovnání velikostí jednotlivých oblastí. Tmavší barva pro středové oblasti byla zvolena z důvodu vyjádření hustoty rozmístění zastávkových sloupků – čím menší rozlohy, tím větší pokrytí zastávkami. Lze říci, že centrální části Prahy spolu s většinou středních oblastí (tj. Praha 1-3, jižní část Prahy 8 a 9, severní části Prahy 4,5 a 10 spolu s jihovýchodní částí Prahy 6) jsou nejhustěji pokryté. V okolních oblastech již hustota pokrytí klesá (větší polygony, které narušují pokrytí vnitřní Prahy, jsou vytvořeny z důvodu výskytu větších ploch zeleně (Prokopské údolí, Stromovka nebo ku příkladu Višňovka) a nikoliv z nedostatku pokrytí. V okrajových částech Prahy se polygony zvětšují a výběžky tramvajových tratí jsou jasně patrné – například severní část Prahy 12 u Vltavy, severovýchodní roh Prahy 15, či koridory podél metra na Praze 6 a Praze 14.

Co se týče počtu domácností v jednotlivých spádových oblastech (Mapa 9), je možné říci, že i zde je výskyt polygonů s vyšším počtem domácností velmi podobný hustotě zastávek MHD. Výrazně „zabydlené“ jsou centrální části metropole – nejhustěji Praha 2, východní část Prahy 3 a 10, severozápadní část Prahy 5 a severní část Prahy 4. Výrazněji vytížené jsou zastávky na Praze 1, západně Prahy 6, jižní části Prahy 8 a severní polovině Prahy 11. U centrálních oblastí je toto dáno malou velikostí spádovostních polygonů, u středních oblastí je to dáno vysokým počtem domácností v oblastech sídlišť (Řepy (P13), Prosek (P8) nebo Zahradní Město (P11)).

Počet firem ve vyjádření podílu počtu sídlících v daném polygonu děleno jeho velikost ukazuje mnohem vyšší homogenitu než domácnosti (viz Mapa 11). Velká část území metropole nemá vyšší hustotu firem než 2 na sto čtverečních metrů. Jedinými místy s výrazně vyšší hustotou jsou centrální části – Praha 1, 2 a 3. Dále jsou zde některé spíše „ostrůvky“ – Praha 9 (na hranici Prosek - Vysočany), dále na Praze 6 (Dejvice - Vršovice) a také na Praze 13 (Nové Butovice).

5. Závěr

V této práci byla prováděna síťová analýza dostupnosti a spádovosti zastávek MHD v Praze. Výsledky byly prezentovány formou map a tabulek. Analýza neprokázala úplnou platnost první hypotézy, kdy sice dochází k určitému poklesu počtu domácností, ne však ve všech směrech od centra a spíše určují severojižní pás s vyšším výskytem domácností v jednotlivých zónách dostupnosti.

Byla objevena jistá podobnost v rozmístění oblastí s vyšším výskytem firem a domácností v centru. Toto částečně potvrzuje druhou hypotézu ohledně stejnosti struktury firem a domácností, protože výskyt výraznějšiho počtu domácností na Praze 8 a 11 není následován zvýšeným počtem firem ve stejné lokalitě, nelze danou hypotézu plně potvrdit.

Zjištěné velikosti spádových oblastí jednotlivých zastávkových sloupků se ukázaly být klesající ve všech směrech od centrálních oblastí (ne všude byl však pokles stejnoměrný), lze tudíž potvrdit poslední hypotézu o zvětšující se spádovosti MHD zastávek ve směru od centra.

V průběhu analýz bylo zjištěno, že se jedná o dlouhý a hardwarově náročný proces, jež bylo nutno v některých místech rozdělit na více dílčích oblastí, což výrazně prodloužilo dobu výpočtů. Co se týče metodických záměrů, nebylo bráno v potaz převýšení a sklon jednotlivých ulic, které by mohlo mít vliv na časové mapy. Výrazným rozšířením této práce by mohlo být zapojení hodnot využívání jednotlivých zastávek a zkoumání závislostí mezi vytížeností a polohou v dostupnostních mapách.

6. Seznam použité literatury

BALA, P. (2001) *Analýza dopravní dostupnosti obcí v prostředí GIS*. [online]. Institut geoinformatiky 2001-3. Ostrava. Poslední revize 29-03-2006. Dostupné z < http://gis.vsb.cz/GISacek/GISacek_2002/sbornik/bala/Bala.htm >

HANSON, S. (2004) *The geography of urban transportation*. Guildford Press 3. vydání. London. 419s. Dostupné na google books.

HLINĚNÝ, P. (2008) *Teorie Grafů (FI: MA010)*. [online]. Dostupné z < <http://www.fi.muni.cz/~hlineny/Vyuka/GT/Grafy-text07.pdf> >

HORÁK J., HORÁKOVÁ B., ŠEDĚNKOVÁ M., ŠÍMEK M., RŮŽIČKA L., PEŇÁZ T. (2004). *Dopravní dostupnost zaměstnavatelů v okrese Bruntál*. [online] VŠB-TU Ostrava. 2004. 140s. Dostupné z < http://gis.vsb.cz/gacr_mtp/Clanky/dostupnostBR_X2.pdf >

HORÁK, J., ŠÍMEK, M. RŮŽIČKA L., HORÁKOVÁ B. 2006. *Možnosti analýzy a hodnocení dopravní dostupnosti*. [online]. Upraveno 2006. Dostupné z < http://gis.vsb.cz/pan-old/Skoleni_Texty/PrikladyCviceni/DOSTUP.pdf >

HORÁK J. (2011) *Prostorové analýzy dat*. VŠB-TU Ostrava, HGF, Institut geoinformatiky 2011. 3. vydání. Dostupné z < http://gislinb.vsb.cz/~hor10/PAD/Skripta/PAD_skriptaF14.pdf >

HUDEČEK, T. (2009): *Dostupnost v Česku v období 1991 – 2001: vztah k dojížděcí do zaměstnání a do škol*. Česká geografická společnost. Praha. 2010. První vydání. 141 stran.

JOKLOVÁ H. (2007): *Dopravní dostupnost obcí s rozšířenou působností v moravských krajích*. Diplomová práce. Masarykova Univerzita, Ekonomicko-správní fakulta. Brno 2007. Dostupné z < http://is.muni.cz/th/76138/esf_m/Text_prace.txt >

KUSEDOVÁ, D. (1996) *Analýza dostupnosti obcí Slovenska*. In *Sbor. ref. konference Aktivity v kartografii 1996*. Kartografická spoločnosť SR a Geografický ústav SAV, Bratislava, s. 29-49.

LITMAN, T.A.(2011). *Evaluating Accessibility for Transportation Planning*. [online]. Victoria Transport Policy Institute. [cit. 17-05-2011]. Dostupné z <<http://www.vtpi.org/access.pdf>>

NOVÝ, V. 2008 *Hodnocení dostupnosti služeb Plzeňského kraje pomocí síťových analýz*. Diplomová práce. Univerzita Karlova. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie. Praha 2008. s.69

PEKAŘ K. 2006. *Design jízdenkového automatu* [online]. Brno: VUT. Fakulta strojního inženýrství. Ústav konstruování. Odbor průmyslového designu, 2006. 31s., 2s. příloh. Vedoucí bakalářské práce Mgr. A. David Karásek. Dostupné z: <http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=38>. [cit. 24-02-2011]

POŠUSTA, P. 1975. *Od koňky k metru*. 1.vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1975.300s.

PRAŽSKÁ INFORMAČNÍ SLUŽBA: Historie dopravy v Praze [online], 2011, [cit. 25-02-2011]. Dostupné z: <<http://www.praguewelcome.cz/cs/sluzby/doprava/historie-dopravy-v-praze/index.shtml>>

RAPANT, P (2002) *Úvod do geografických informačních systémů*. VŠB-TU, Ostrava 112s. Dostupné z <<http://gis.vsb.cz/dokumenty/ugis>>

RÖCL, R.(2001) *Dopravní dostupnost a regionální význam krajských měst*. Geografie Sborník ČGS 2001.ročník 106.4 .s222-333

SLADKÝ (2009): *Síťové analýzy v GIS pro složky IZS*. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni 2009.

Úvod do GIS: Studijní článek. Analýzy nad vektorovou sítí. [online]. Upraveno 2007. [cit. 18-05-2011] Dostupné z <http://www.gis.zcu.cz/studium/ugi/elearning/index1.htm>

WALBER, S. (2010) *An accessibility approach for transportation planning assisted by a geographic information system* [online]. Dostupné z http://www.civil.ist.utl.pt/wctr12_lisboa/WCTR_General/documents/02852.pdf

ZIMOLA, B.(2000). *Operační průzkum*. FAME, VUT Brno. Zlín 2000. s199. dostupné z <http://ing.dojdemedopataku.cz/storage/1221308331_sb_operacni_vyzkum_2000.pdf>

6.1 Datové zdroje

Ropid: *Informace o zastávkách a sloupcích* ze dne 30-03-2011. Exporty z databáze.

Ceda : StreetNetCZE CITY

ESRI Inc.ArcČR 2.0 [datové soubory]. ArcGIS 9.3 Praha ARCDATA Praha s.r.o.2009.

7. Přílohy

Tabulka 1: Přehled domácností a firem v jednotlivých dostupnostních intervalech

časový interval	1min		5min		10min		15min		30min		60min		
	MČ	domácnosti	firmy	domácnosti	firmy	domácnosti	firmy	domácnosti	firmy	domácnosti	firmy	domácnosti	firmy
1	6528	930	17689	2476	118	17	0	0	0	0	0	0	0
2	9761	916	26055	2281	159	13	0	0	0	0	0	0	0
3	8570	550	38651	2264	818	73	0	0	0	0	0	0	0
4	13134	527	66610	2036	726	10	0	0	0	0	0	0	0
5	11535	496	41551	1595	776	26	59	0	17	2	0	0	0
6	9283	489	55223	2645	3787	121	80	5	1	0	0	0	0
7	3768	211	19487	1079	509	31	0	0	0	0	0	0	0
8	7445	850	46575	2373	3795	228	3	0	0	0	0	0	0
9	7145	337	39796	1579	271	5	60	3	0	0	0	0	0
10	12849	454	49027	1351	801	30	0	0	0	0	0	0	0
11	1837	25	31258	686	4233	142	18	0	0	0	0	0	0
12	1440	101	24533	722	3403	69	12	0	0	0	0	0	0
13	1611	56	28704	1188	4596	125	7	0	3	0	0	0	0
14	2121	104	19782	550	3283	52	78	0	14	0	0	0	0
15	2134	74	14618	360	434	2	12	0	4	0	0	0	0
celkem:	99161	6120	519559	23185	27709	944	329	8	39	2	0	0	0

Zdroj: Ropid, CEDA, ArcČR

Tabulka 2: Přehled podílu ploch jednotlivých dostupnostních intervalů v MČ

MČ	do 1 min	1-5min	5-10min	10-15min	15-30min	30-60min
1	19,28	76,10	4,62	0,00	0,00	0,00
2	22,40	71,31	6,29	0,00	0,00	0,00
3	15,13	74,06	10,81	0,00	0,00	0,00
4	11,93	76,09	10,37	1,09	0,52	0,00
5	5,74	44,19	28,54	17,40	4,13	0,00
6	6,04	50,64	22,97	12,63	6,73	1,00
7	8,76	53,33	29,58	8,33	0,00	0,00
8	5,61	48,81	28,24	11,63	5,71	0,00
9	7,48	54,08	27,72	8,54	2,18	0,00
10	13,01	73,31	12,90	0,79	0,00	0,00
11	6,28	49,65	31,14	12,16	0,77	0,00
12	4,25	39,37	33,34	18,83	3,96	0,25
13	3,90	41,55	29,84	14,29	10,38	0,04
14	4,86	38,97	28,04	16,67	11,38	0,08
15	4,13	35,94	38,28	18,44	3,21	0,00
průměr	9,25	55,16	22,84	9,39	3,26	0,09

Zdroj: Ropid, CEDA, ArcČR

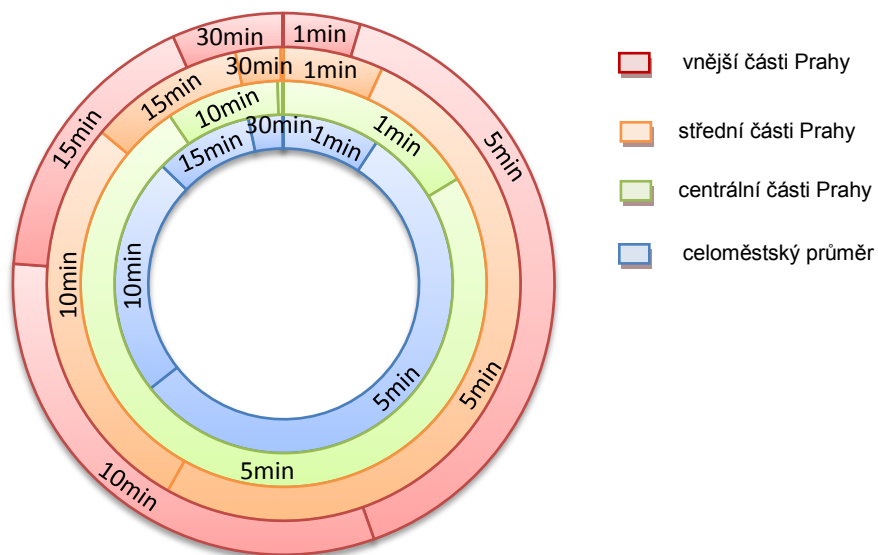
Tabulka 3: Porovnání podílů dostupnosti s celopražským průměrem

Plochy dostupnosti						
MČ	do 1 min	1-5min	5-10min	10-15min	15-30min	30-60min
1	10,03	20,94	-18,22	-9,39	-3,26	-0,09
2	13,15	16,15	-16,55	-9,39	-3,26	-0,09
3	5,88	18,90	-12,04	-9,39	-3,26	-0,09
4	2,68	20,93	-12,47	-8,30	-2,74	-0,09
5	-3,51	-10,97	5,69	8,02	0,87	-0,09
6	-3,22	-4,52	0,12	3,24	3,46	0,91
7	-0,50	-1,83	6,73	-1,05	-3,26	-0,09
8	-3,65	-6,35	5,40	2,24	2,45	-0,09
9	-1,77	-1,08	4,88	-0,84	-1,09	-0,09
10	3,75	18,15	-9,95	-8,60	-3,26	-0,09
11	-2,97	-5,51	8,29	2,78	-2,50	-0,09
12	-5,00	-15,79	10,49	9,44	0,70	0,16
13	-5,35	-13,61	7,00	4,90	7,11	-0,05
14	-4,39	-16,19	5,19	7,28	8,11	-0,01
15	-5,12	-19,22	15,44	9,05	-0,05	-0,09

Zdroj: Ropid, CEDA, ArcČR

Graf 1: podíly ploch jednotlivých oblastí hlm. Prahy s celoměstským průměrem

Porovnání ploch dostupnostních zón



Zdroj: Ropid, CEDA, ArcČR

Tabulka 4: Procentuální rozložení domácností v jednotlivých částech Prahy

Domácnosti [%]						
MČ	do 1 min	1-5min	5-10min	10-15min	15-30min	30-60min
1	26,83	72,69	0,48	0,00	0,00	0,00
2	27,13	72,43	0,44	0,00	0,00	0,00
3	17,84	80,46	1,70	0,00	0,00	0,00
4	16,32	82,78	0,90	0,00	0,00	0,00
5	21,39	77,03	1,44	0,11	0,03	0,00
6	13,58	80,77	5,54	0,12	0,00	0,00
7	15,86	82,00	2,14	0,00	0,00	0,00
8	12,88	80,55	6,56	0,01	0,00	0,00
9	15,11	84,19	0,57	0,13	0,00	0,00
10	20,50	78,22	1,28	0,00	0,00	0,00
11	4,92	83,70	11,33	0,05	0,00	0,00
12	4,90	83,48	11,58	0,04	0,00	0,00
13	4,61	82,20	13,16	0,02	0,01	0,00
14	8,39	78,26	12,99	0,31	0,06	0,00
15	12,41	84,98	2,52	0,07	0,02	0,00
průměr	14,84	80,25	4,84	0,06	0,01	0,00

Zdroj: Ropid, CEDA, ArcČR

Tabulka 5: Přehled odchylek počtu domácností v intervalech dostupnosti od průměru

MČ	do 1 min	1-5min	5-10min	10-15min	15-30min	30-60min
1	11,98	-7,56	-4,36	-0,06	-0,01	0,00
2	12,29	-7,82	-4,40	-0,06	-0,01	0,00
3	3,00	0,21	-3,14	-0,06	-0,01	0,00
4	1,48	2,53	-3,94	-0,06	-0,01	0,00
5	6,54	-3,21	-3,40	0,05	0,02	0,00
6	-1,27	0,52	0,70	0,06	-0,01	0,00
7	1,01	1,75	-2,70	-0,06	-0,01	0,00
8	-1,97	0,31	1,72	-0,05	-0,01	0,00
9	0,27	3,94	-4,27	0,07	-0,01	0,00
10	5,66	-2,03	-3,57	-0,06	-0,01	0,00
11	-9,92	3,45	6,49	-0,01	-0,01	0,00
12	-9,94	3,23	6,74	-0,02	-0,01	0,00
13	-10,23	1,95	8,32	-0,04	0,00	0,00
14	-6,45	-1,99	8,14	0,25	0,05	0,00
15	-2,44	4,73	-2,32	0,01	0,02	0,00

Zdroj: Ropid, CEDA, ArcČR

Tabulka 6: Procentuální rozložení firem v jednotlivých částech Prahy

Firmy [%]						
MČ	do 1 min	1-5min	5-10min	10-15min	15-30min	30-60min
1	27,17	72,33	0,50	0,00	0,00	0,00
2	28,54	71,06	0,40	0,00	0,00	0,00
3	19,05	78,42	2,53	0,00	0,00	0,00
4	20,48	79,13	0,39	0,00	0,00	0,00
5	23,43	75,34	1,23	0,00	0,09	0,00
6	15,00	81,13	3,71	0,15	0,00	0,00
7	15,97	81,68	2,35	0,00	0,00	0,00
8	24,63	68,76	6,61	0,00	0,00	0,00
9	17,52	82,07	0,26	0,16	0,00	0,00
10	24,74	73,62	1,63	0,00	0,00	0,00
11	2,93	80,42	16,65	0,00	0,00	0,00
12	11,32	80,94	7,74	0,00	0,00	0,00
13	4,09	86,78	9,13	0,00	0,00	0,00
14	14,73	77,90	7,37	0,00	0,00	0,00
15	16,97	82,57	0,46	0,00	0,00	0,00
průměr	17,77	78,14	4,06	0,02	0,01	0,00

Zdroj: Ropid, CEDA, ArcČR

Tabulka 7: Přehled odchylek počtu firem v intervalech dostupnosti od průměru

Firmy [%]						
MČ	do 1 min	1-5min	5-10min	10-15min	15-30min	30-60min
1	9,40	-5,81	-3,57	-0,02	-0,01	0,00
2	10,76	-7,09	-3,66	-0,02	-0,01	0,00
3	1,28	0,28	-1,53	-0,02	-0,01	0,00
4	2,71	0,98	-3,67	-0,02	-0,01	0,00
5	5,66	-2,80	-2,83	-0,02	0,09	0,00
6	-2,77	2,99	-0,35	0,13	-0,01	0,00
7	-1,80	3,54	-1,72	-0,02	-0,01	0,00
8	6,86	-9,38	2,54	-0,02	-0,01	0,00
9	-0,26	3,92	-3,80	0,14	-0,01	0,00
10	6,97	-4,52	-2,43	-0,02	-0,01	0,00
11	-14,84	2,28	12,58	-0,02	-0,01	0,00
12	-6,45	2,80	3,67	-0,02	-0,01	0,00
13	-13,68	8,63	5,07	-0,02	-0,01	0,00
14	-3,04	-0,24	3,30	-0,02	-0,01	0,00
15	-0,80	4,42	-3,60	-0,02	-0,01	0,00

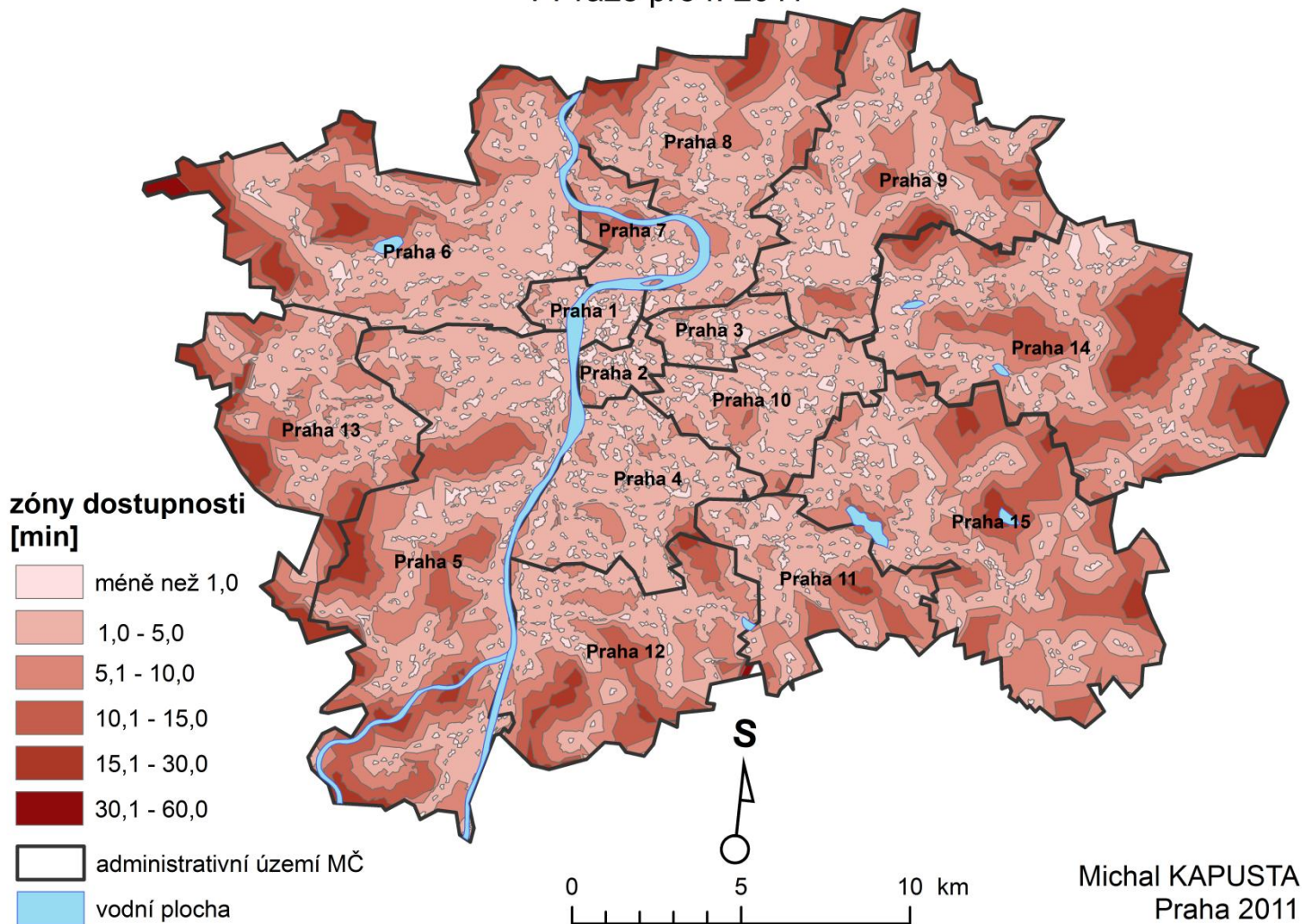
Zdroj: Ropid, CEDA, ArcČR

7.2 Mapové přílohy

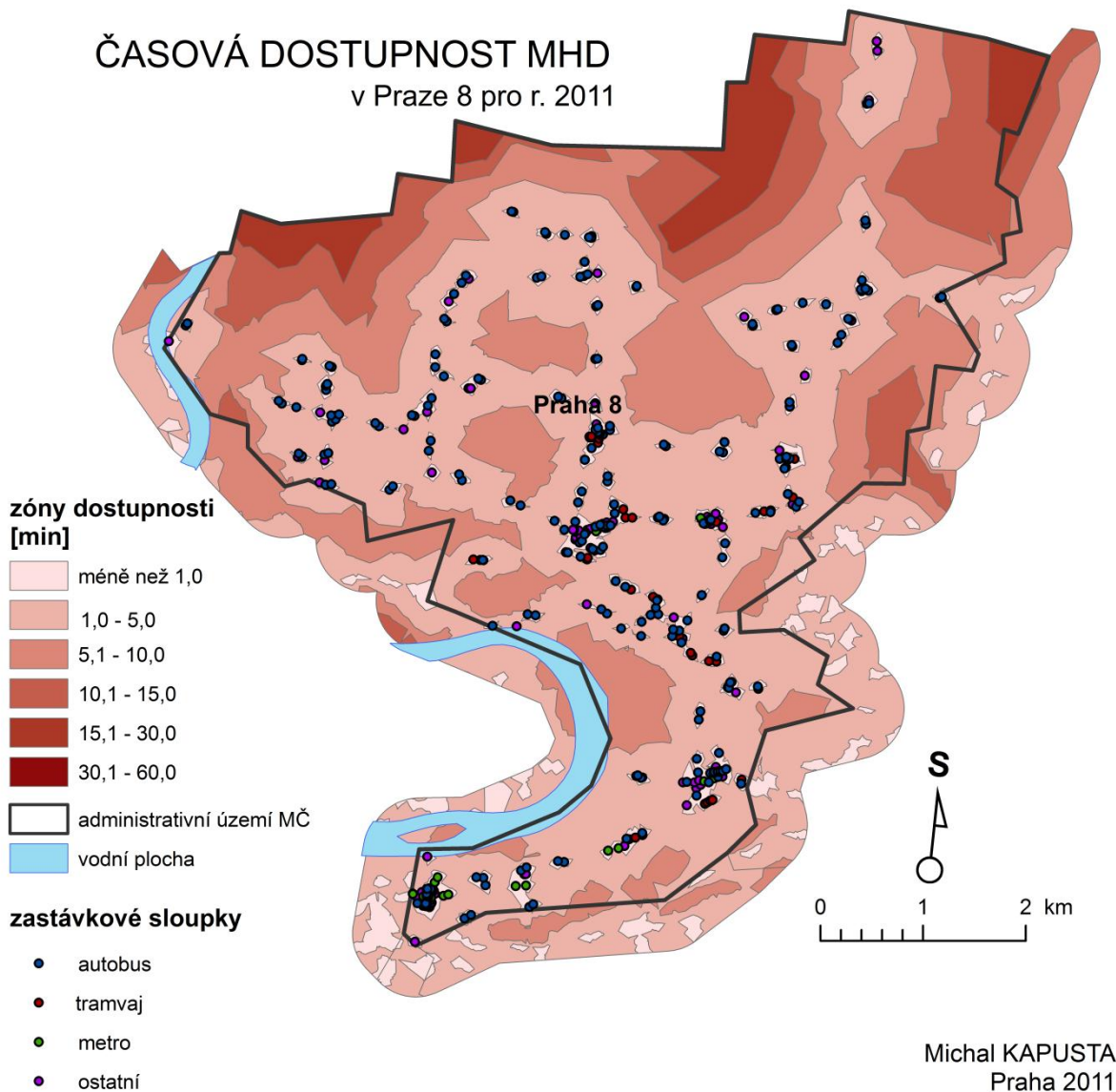
Mapa 1: Pěší časová dostupnost pro všechny zastávkové sloupky MHD Praha

ČASOVÁ DOSTUPNOST MHD

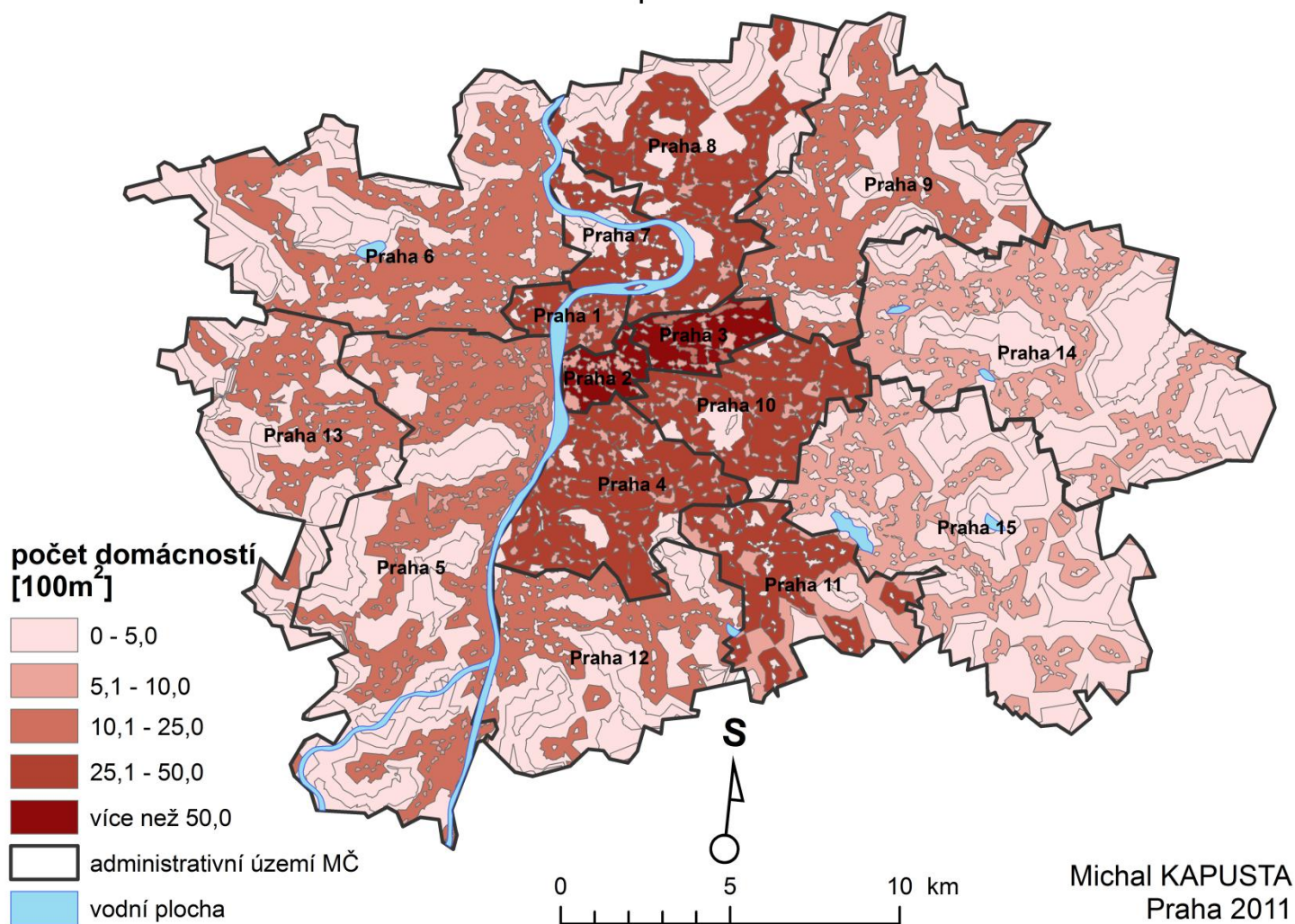
v Praze pro r. 2011



Mapa 2: Detail pěší časové dostupnosti pro všechny zastávkové sloupky MHD Prahy 8

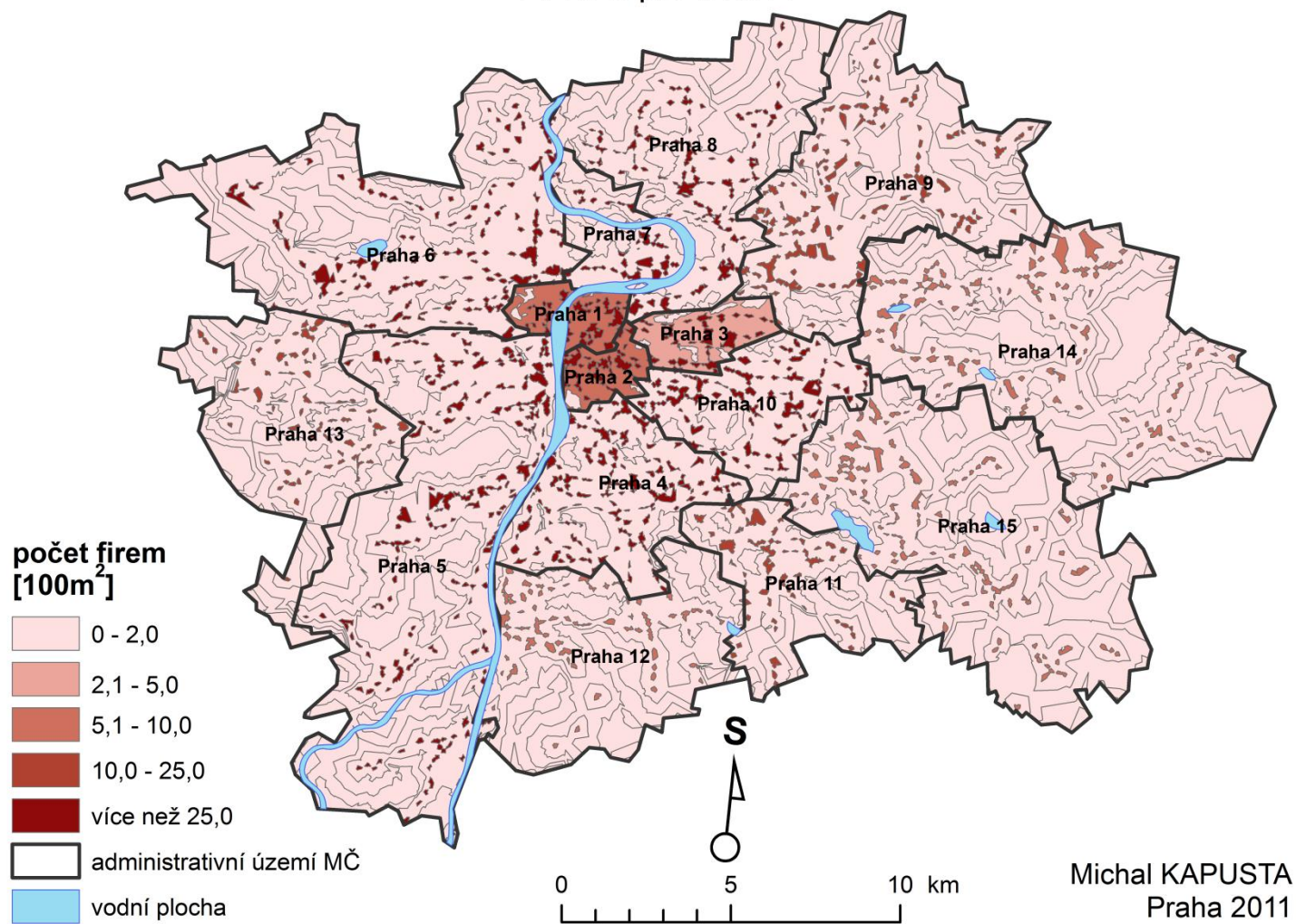


POČET DOMÁCNOSTÍ V DOSTUPNOSTNÍCH ZÓNÁCH v Praze pro r. 2011

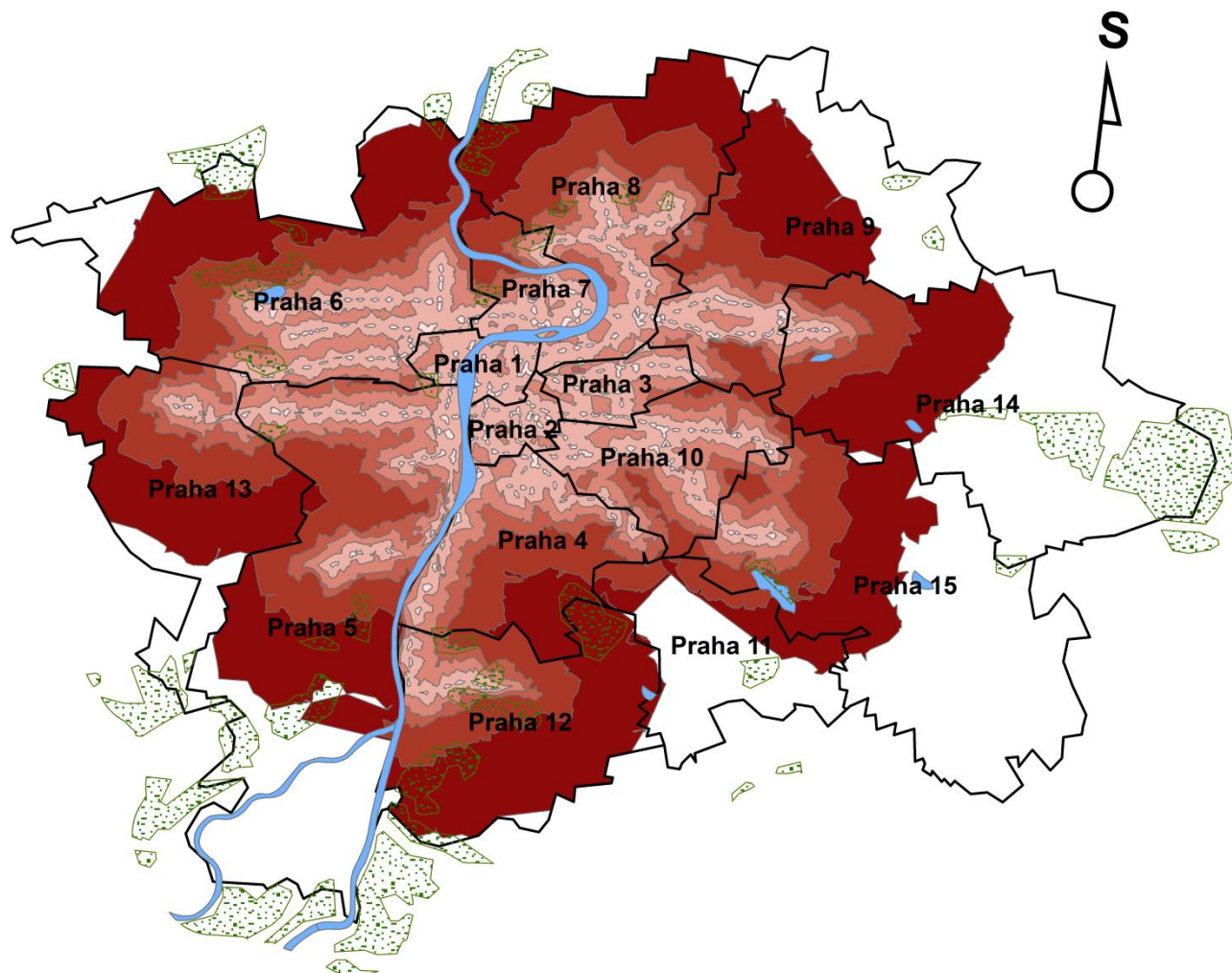


POČET FIREM V DOSTUPNOSTNÍCH ZÓNÁCH

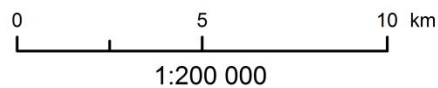
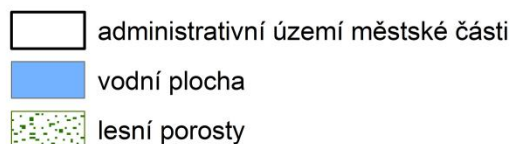
v Praze pro r. 2011



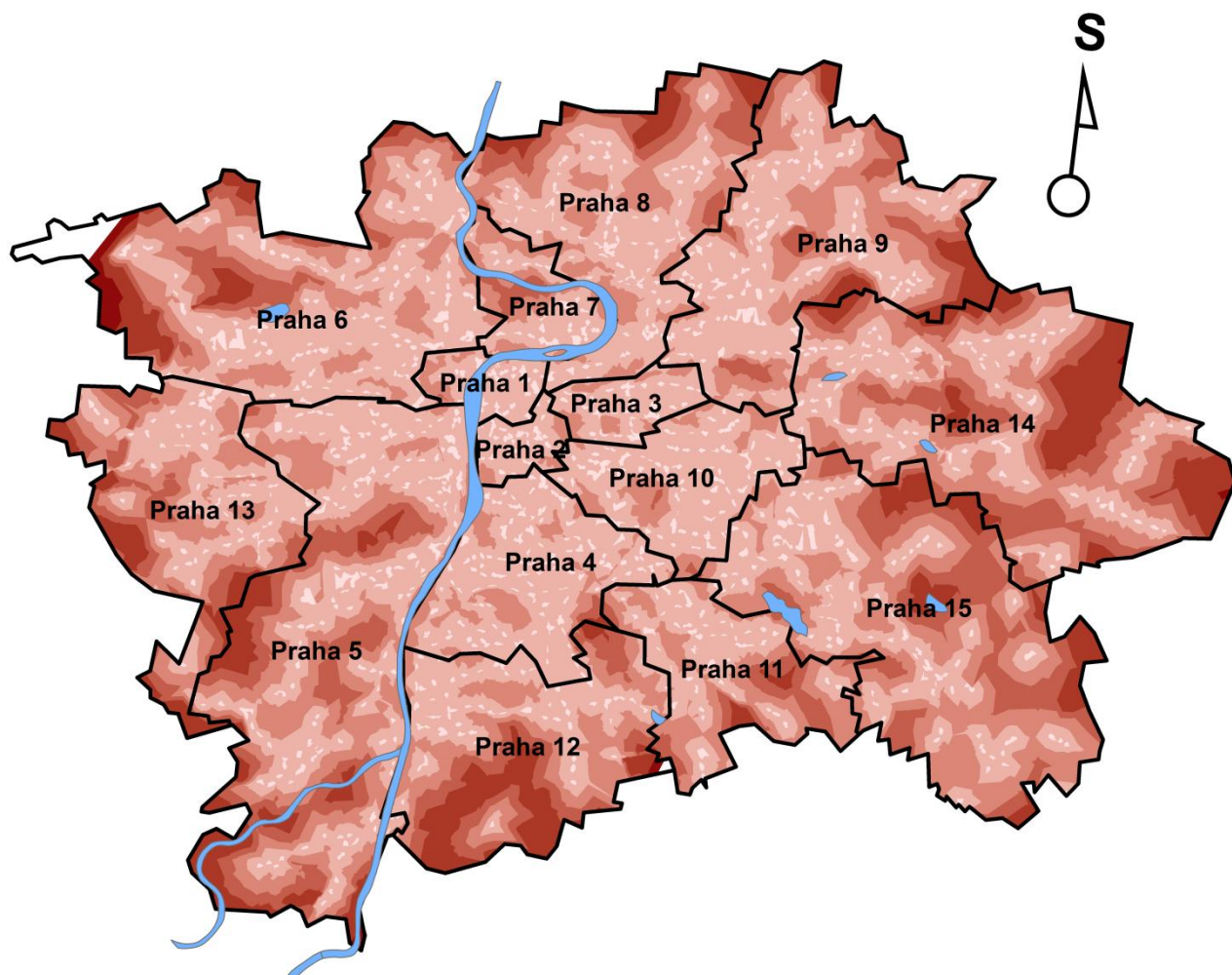
MAPA DOSTUPNOSTI TRAMVAJOVÝCH ZASTÁVEK v Praze pro rok 2010



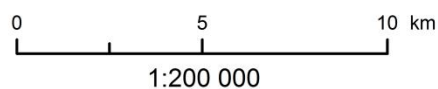
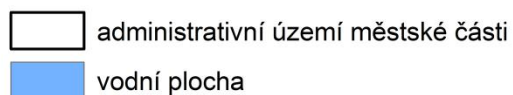
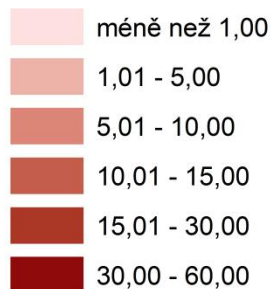
Pěší časová dostupnost [min]



MAPA DOSTUPNOSTÍ AUTOBUSOVÝCH ZASTÁVEK v Praze pro rok 2010

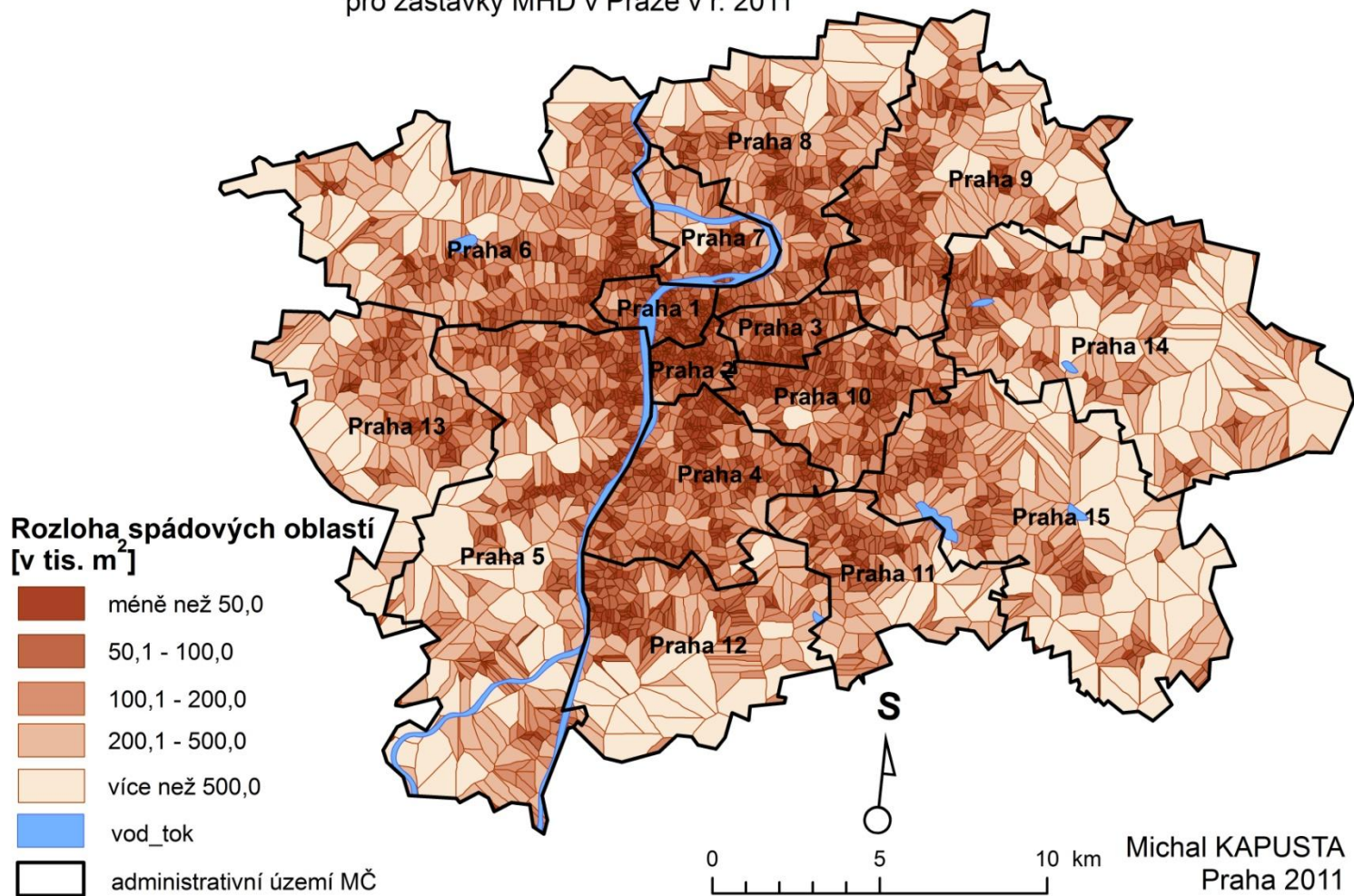


Pěší časová dostupnost [min]



Mapa 7: Porovnání velikostí jednotlivých spádových oblastí všech zastávek MHD v Praze

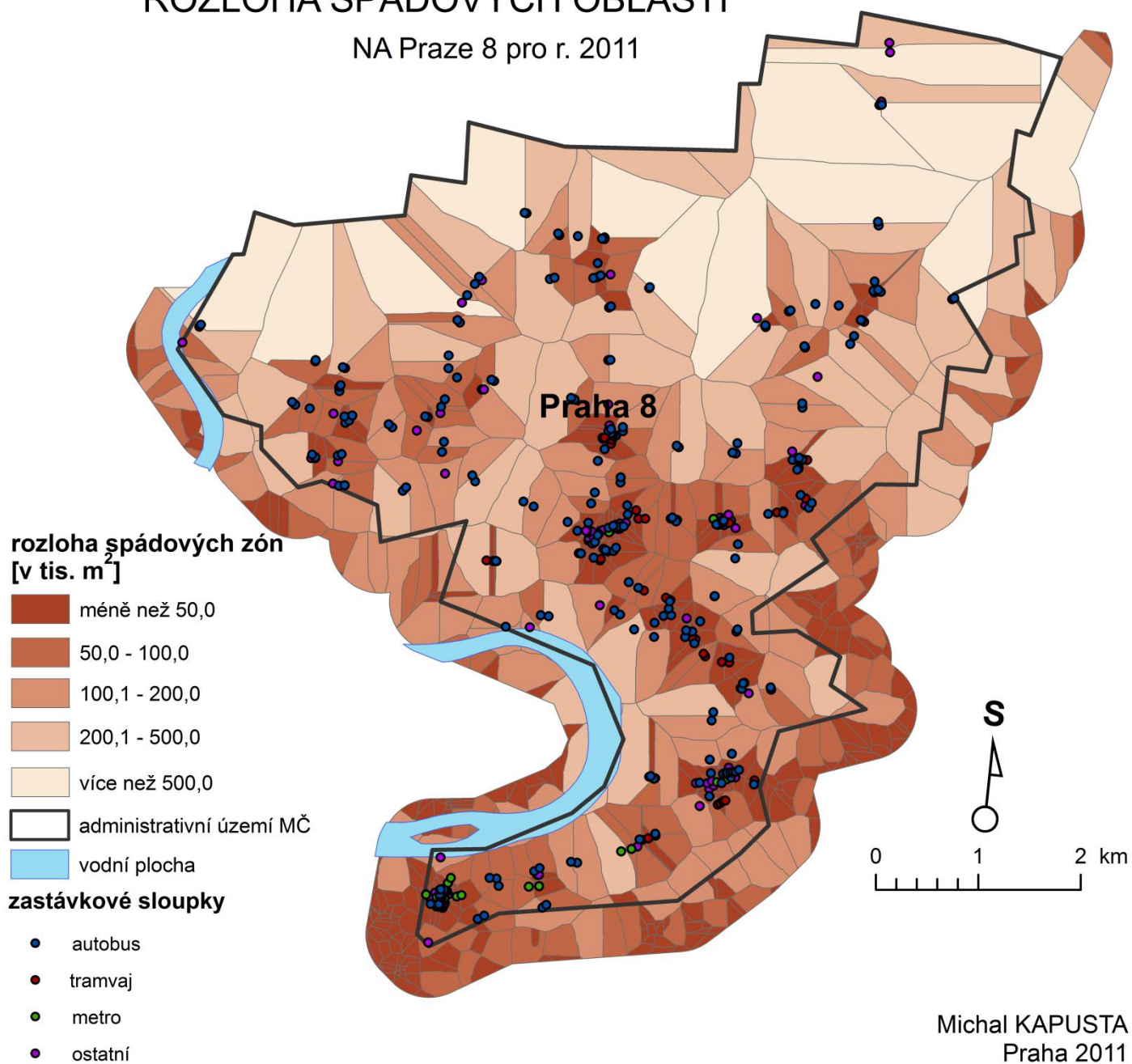
ROZLOHA SPÁDOVÝCH OBLASTÍ pro zastávky MHD v Praze v r. 2011



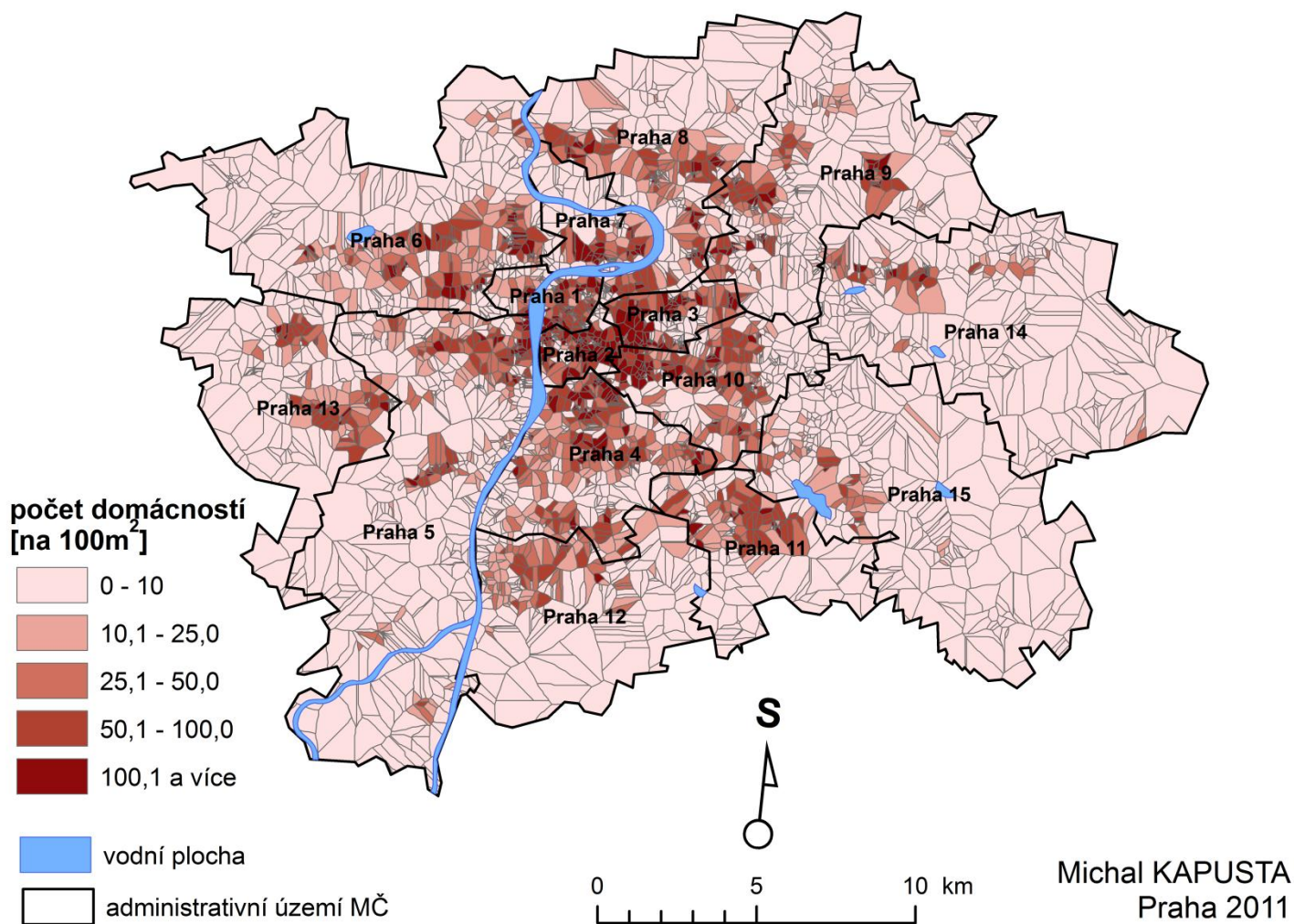
Mapa 8: Porovnání velikosti jednotlivých spádových polygonů pro Prahu 8

ROZLOHA SPÁDOVÝCH OBLASTÍ

NA Praze 8 pro r. 2011



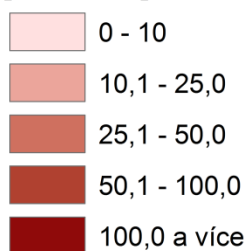
POČET DOMÁCNOSTÍ VE SPÁDOVÝCH OBLASTECH v Praze v r. 2011



Mapa 10: Přehled počtu domácností ve spádových polygonech zastávek na Praze 3

POČET DOMÁCNOSTÍ VE SPÁDOVÝCH OBLASTECH v Praze 3 v r. 2011

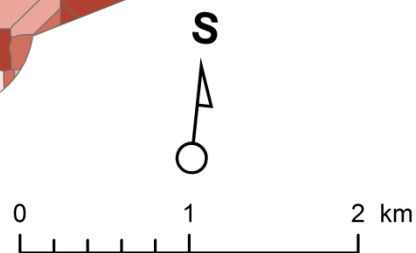
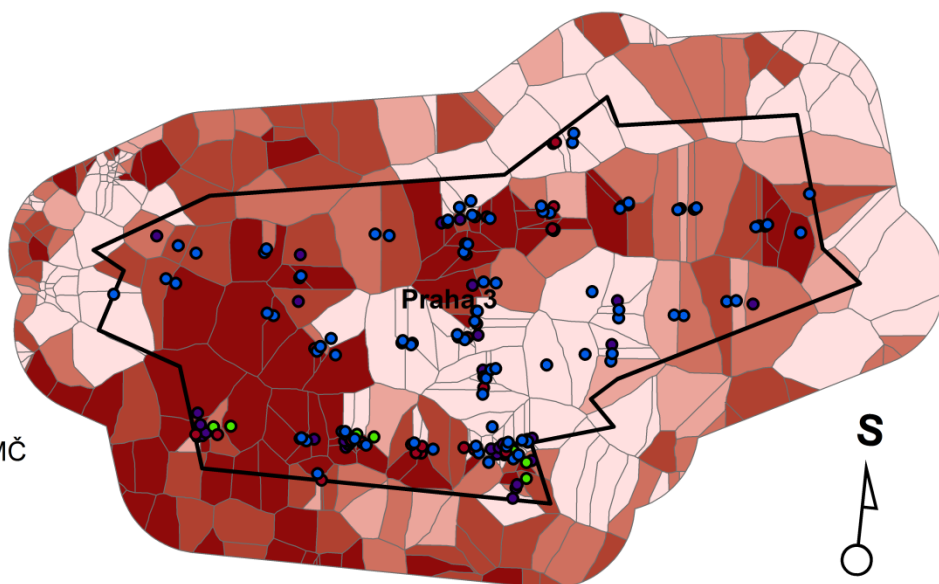
počet domácností
[na 100m²]



administrativní území MČ

zastávkový sloupek

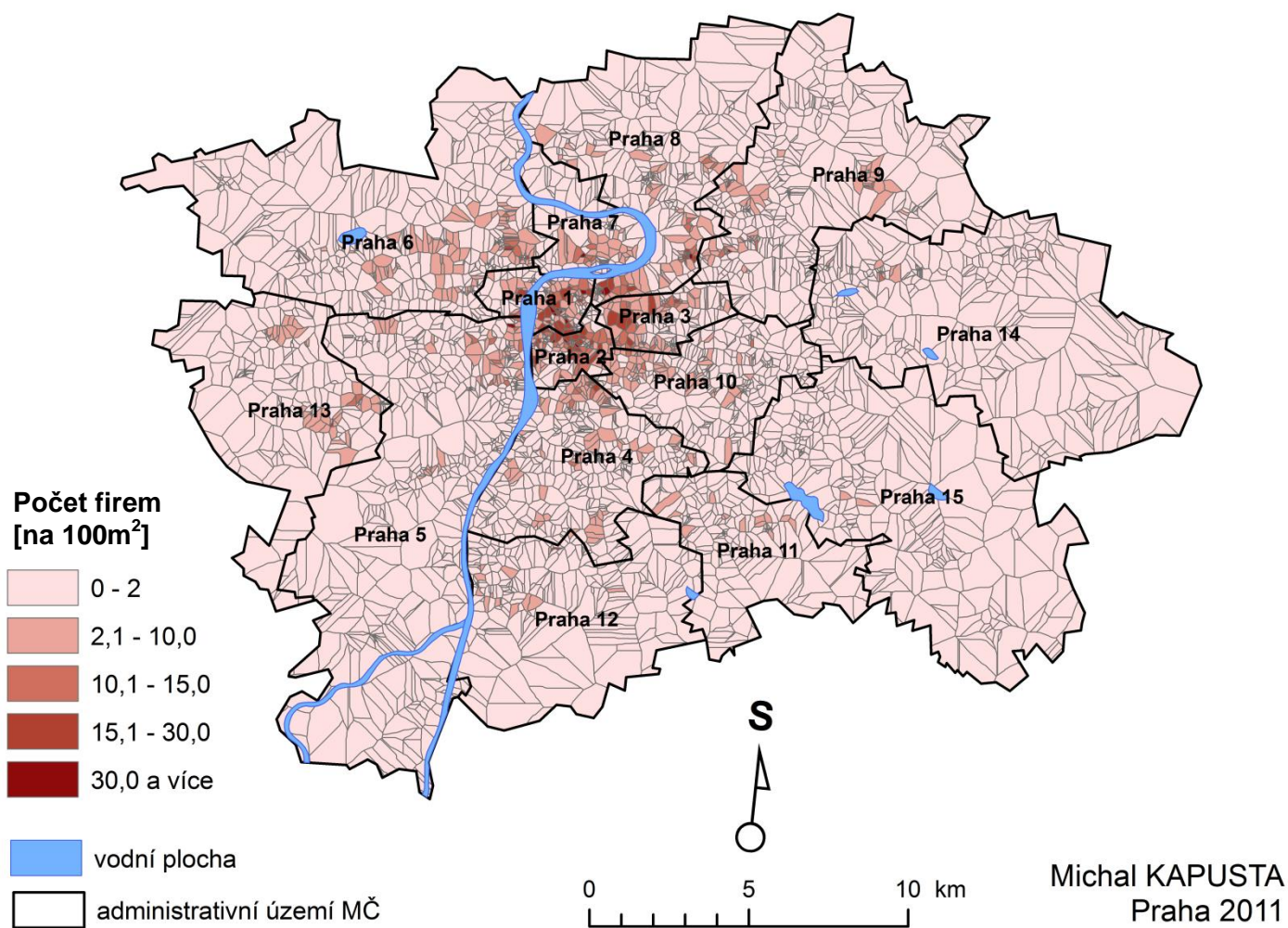
- autobus
- tramvaj
- metro
- ostatní



Michal KAPUSTA
Praha 2011

Mapa 11: Porovnání počtu firem v jednotlivých spádových polygonech

POČET FIREM VE SPÁDOVÝCH OBLASTECH v Praze v r. 2011



POČET FIREM VE SPÁDOVÝCH OBLASTECH v Praze 3 v r. 2011

