

# Geolokační data mobilních operátorů

# ÚKOL

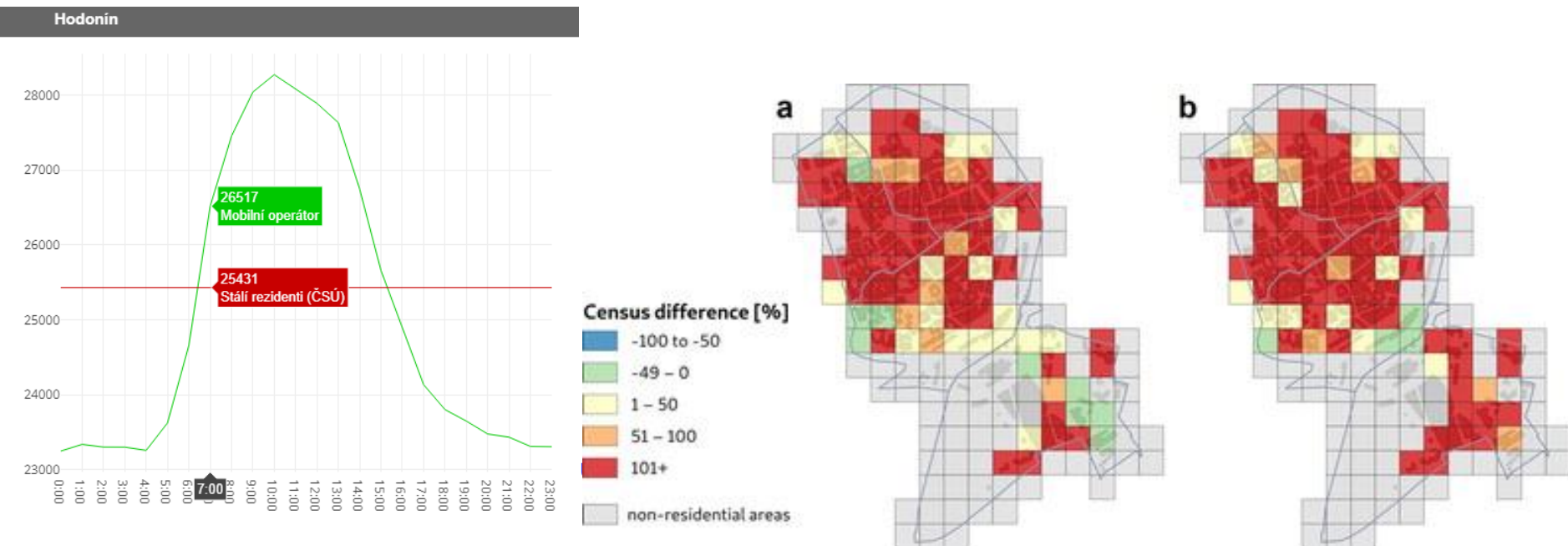
- Lai, S., Erbach-Schoenberg, E.z., Pezzulo, C. et al. Exploring the use of mobile phone data for national migration statistics. Palgrave Commun 5, 34 (2019). <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0242-9>
- Dostupné zde: <https://www.nature.com/articles/s41599-019-0242-9>
- **Otázky:**
  - Data:
    - Jaký typ dat z mobilních telefonů byl použit?
    - Jaká další data byla použita?
  - Metodika:
    - Jak byla data zpracovávána?
    - Jaká byla přesnost modelu?
  - Diskuze:
    - Jaké jsou limity použitých metod?

# KONVENČNÍ STATISTICKÁ DATA

## – Mobilita:

- Český statistický úřad zjišťuje dojíždku a vyjíždku do zaměstnání a škol a to 1x za 10 let při Sčítání lidu, domů a bytů.
- Sčítání dopravy realizované Ředitelstvím silnic a dálnic zpravidla 1x za 5 let (naposled v roce 2020).

## – Přítomné obyvatelstvo



# GEOLOKAČNÍ DATA – METODY

- Lokalizace polohy využívají síť GSM (network-based, NB).
  - Nejstarší metody
  - Mobilní telefon je pasivní (sledovaný) prvek
- Metody využívající mobil (terminal/handset-based, TB)
  - Novější metody
  - Nepotřebuje aktivní spolupráci mobilní sítě
  - Aplikace, pomocí které zaznamenáváte nebo sdílíte svoji polohu
- Speciální zařízení, řešení třetích stran
  - IMSI Catcher, např. Agáta
  - Vytvoří novou (fiktivní) BTS stanici

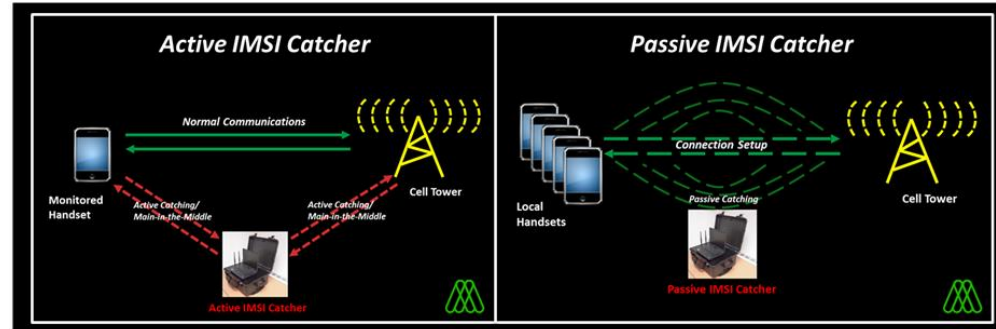
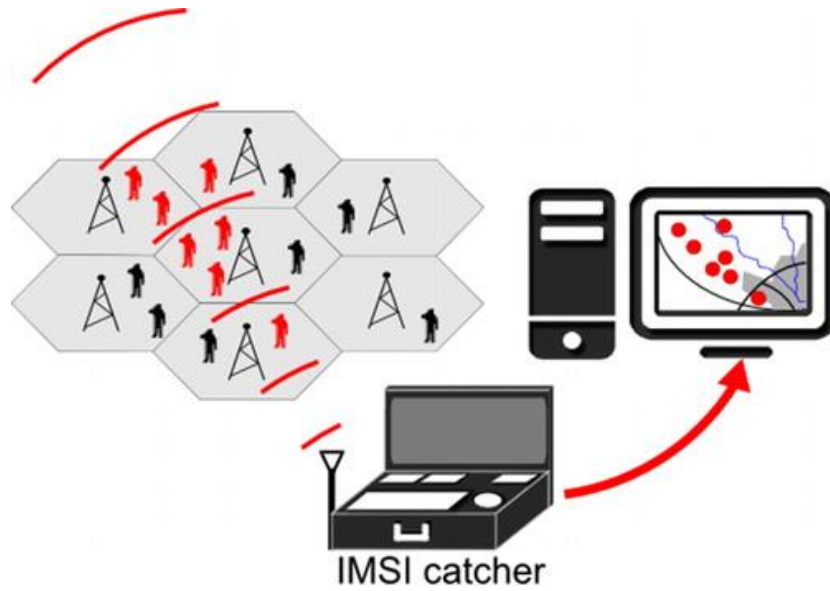


# METOD VYUŽÍVAJÍCÍ MOBIL

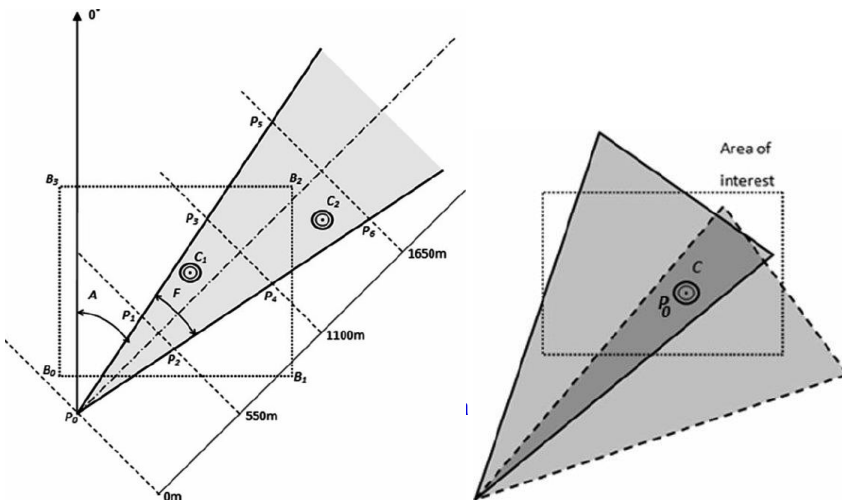
- Nevyžadující aktivitu poskytovatelů sítí.
- Využitelné technologie telefonů.
- Studie provedené aplikací smartphonů se dají rozdělit podle měřítka do tří kategorií: personal sensing, social/group sensing, public/community sensing.
- Participační vs. oportunistický režim dle uživatele.

Technologie	Prostorové rozlišení	Obnovovací frekvence	Indoor (I)/Outdoor (O)
GNSS	v řádu metrů	sekundy	O
Cell ID	50 m–5 km+	sekundy	I/O
Wi-Fi	10 m–50 m	sekundy	I/O
Bluetooth	v řádu metrů	sekundy	I/O
Akcelerometr	relativní	milisekundy	I/O
Magnetometr		milisekundy	I/O
Gyroskop		milisekundy	I/O
Barometr		sekundy	I/O

# GEOLOKAČNÍ DATA – IMSI CATCHER

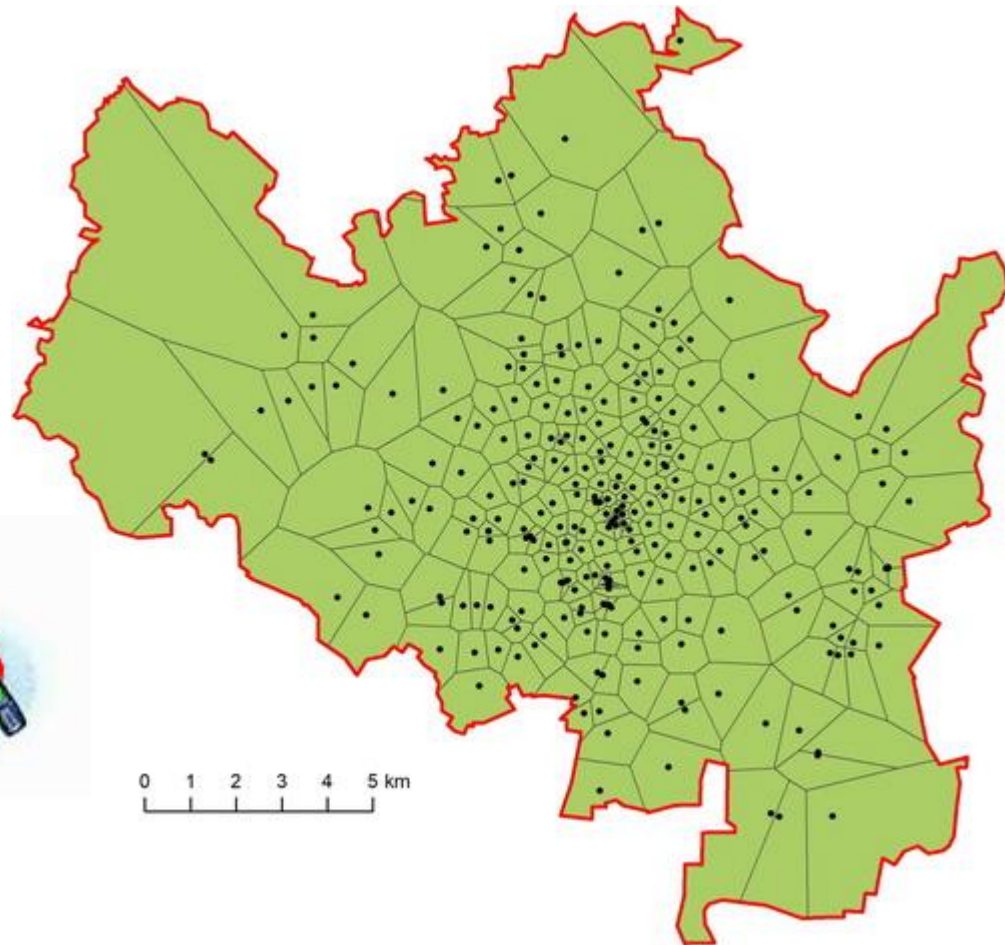
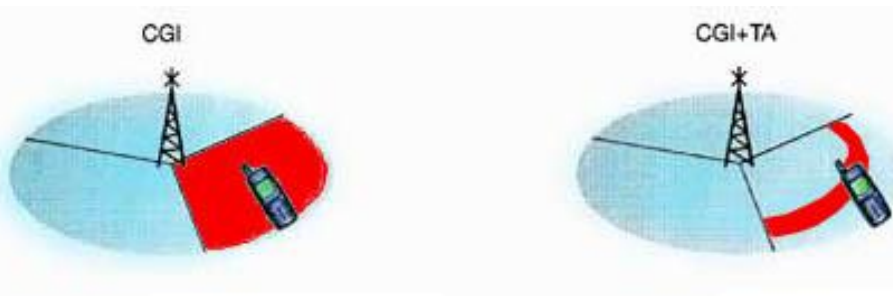
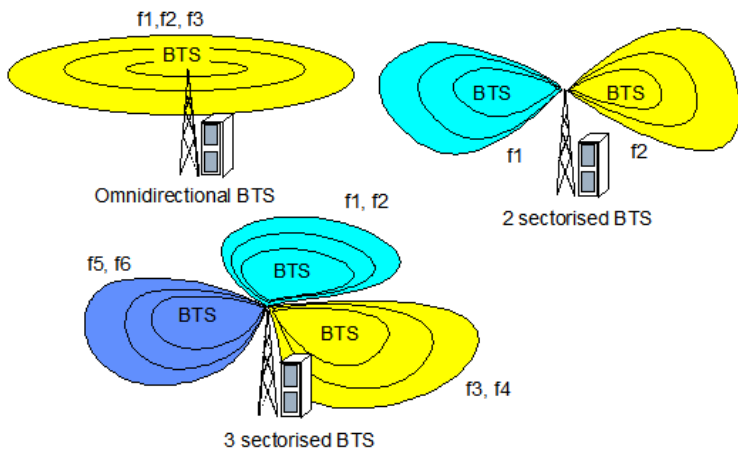
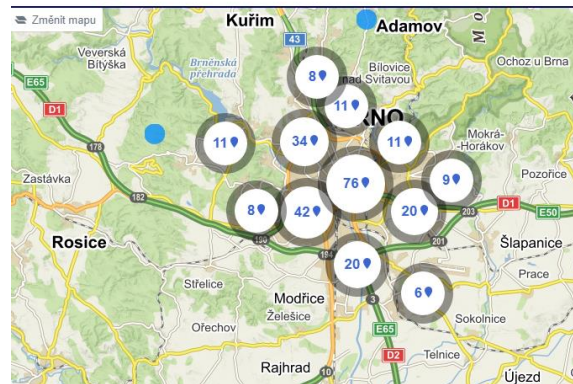
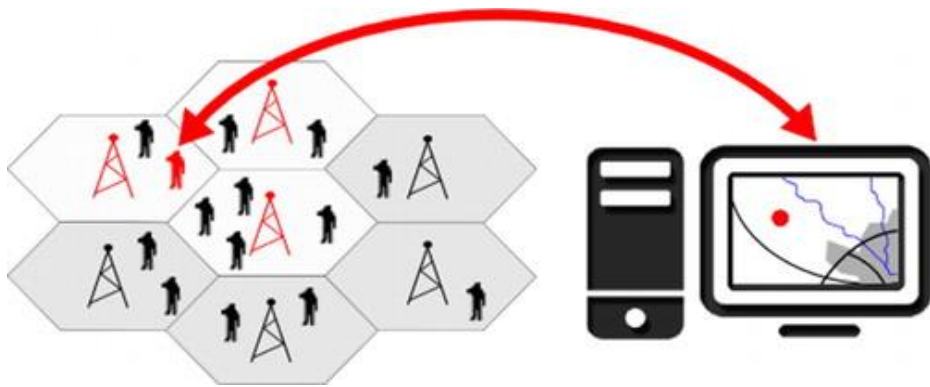


Cvičení IZS – dopravní nehoda nákladňáku u tunelu Baume na dálnici A51 (Francie)



# GEOLOKAČNÍ DATA – BTS STANICE

- pozemní přenosové antény, tzv. **BTS** (*basic transmitter stations*)
- Interaktivní mapu stanic BTS je možné nalézt na webu [GSMweb](#), kde jsou zmapované stanice kategorizovány dle jednotlivých poskytovatelů.
- Různé typy:
  - Makrocell – tzv. makro-buňka slouží pro pokrytí většího území.
  - Mikrocell – tzv. mikro-buňka je vysílač mnohem menší jak rozměrově, tak svým dosahem – typicky do 2 km.
  - Umbrella cell – deštníková buňka je kombinací předchozích dvou typů.
  - Nanocell – nano-buňky mají velikost řádu sta metrů (vnitřek budov, metro).
- **Sektorizace** použitím směrových antén, které vyzařují do „jednoho“ směru (vyzařovací úhel např. úhel 120°).





# ÚKOL

- Lai, S., Erbach-Schoenberg, E.z., Pezzulo, C. et al. Exploring the use of mobile phone data for national migration statistics. Palgrave Commun 5, 34 (2019). <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0242-9>
- Dostupné zde: <https://www.nature.com/articles/s41599-019-0242-9>
- **Otázky:**
  - Data:
    - **Jaký typ dat z mobilních telefonů byl použit?**
    - Jaká další data byla použita?
  - Metodika:
    - Jak byla data zpracovávána?
    - Jaká byla přesnost modelu?
  - Diskuze:
    - Jaké jsou limity použitých metod?

# ZPRACOVÁNÍ DAT I.

- V rámci finálního produktu nejsou poskytovány surová data ve smyslu pohybu určité osoby v území (ID SIM karty)
  - **Proč asi?**
- V České republice působí 3 hlavní operátoři (tedy potenciální poskytovatelé geolokačních dat) – O2, Vodafone a T-Mobile, přičemž každý má na telekomunikačním trhu určitý podíl
  - T-Mobile cca 40 %, O2 cca 40 %, Vodafone cca 20 %
  - Tento **podíl se však liší napříč územím!**
- Lokalizace vůči (nejbližší) BTS, ale data jsou pak poskytována za administrativní jednotky → **nutné přepočítat!**

# ZPRACOVÁNÍ DAT II.

- Do kalibrační fáze vstupují tyto faktory:
  - podíl (penetrace) daného operátora na trhu v daném území
  - počet obyvatel v daném území
  - rozložení BTS stanic
  - sdílení BTS napříč operátory
  - morfologie terénu (členitý terén znesnadňuje přenos signálu)
  - očištění dat od zařízení, které rovněž komunikují skrz BTS („smart“ zařízení)
  - intenzita připojování SIM do sítě BTS (minimálně 1x za 30 minut - častěji, pokud jsou aktivní data, volání či SMS)

# ZPRACOVÁNÍ DAT III.

- Vzhledem k výše popsaným úpravám můžeme považovat data jen za **odhad**
  - V angličtině: „Estimated Human Presence“ (EHP) – Järv, Tenkanen, and Toivonen 2017, nebo „population present“ (PP) – Martin, Cockings, and Leung 2015)
  - V obou případech se jedná o součet tří kategorií osob:
    - „resident population“ (PR) – rezident
    - „non-resident population“ (PNR) – např. pracující, student, ...
    - „transiting population“ (PT) – návštěvník
- Zdržují se na místě více než 30 min.
- dlouhodobě a pravidelně vyskytuje v daném území v nočních hodinách (př.: 00:00-05:00)

# DÁLE LZE ROZLIŠIT ...

<b>Přenocující</b> <i>v lokalitě tráví noc</i>	<b>Rezidenti</b>	osoby, pro které lokalita představuje dominantní místo přenocování v delším časovém období (např. měsíc a více)
	<b>Občasní rezidenti</b>	osoby opakovaně přenocující v lokalitě, pro které se však nejedná o dominantní místo přenocování (např. pravidelná víkendová rekreace, nedenní dojíždka do zaměstnání či za studiem)
	<b>Krátkodobé návštěvy</b>	neopakující se vícedenní pobyty v lokalitě, případně opakující se s velmi nízkou frekvencí (např. turistické a pracovní pobyty, vícedenní návštěvy)
<b>Denní návštěvníci</b> <i>lokalitu navštěvují pouze na část dne</i>	<b>Pravidelní denní/týdenní uživatelé</b>	
	a) dlouhodobí	osoby, které lokalitu pravidelně navštěvují a tráví v ní podstatnou část dne, typicky dojíždka do zaměstnání a škol
	b) krátkodobí	osoby, které lokalitu pravidelně navštěvují, avšak tráví v ní kratší část dne, typicky uživatelé služeb a veřejných prostorů
	<b>Nepravidelní návštěvníci</b>	osoby, které lokalitu opakovaně navštěvují, avšak s nízkou frekvencí
	<b>Epizodické návštěvy</b>	osoby, které v delším časovém horizontu (např. rok) lokalitu navštívili právě jednou, typicky turisté
Další významnou rozlišovací dimenzí pro denní návštěvníky je denní doba a den v týdnu (např. všední den vs. víkend, denní vs. večerní a podvečerní)		

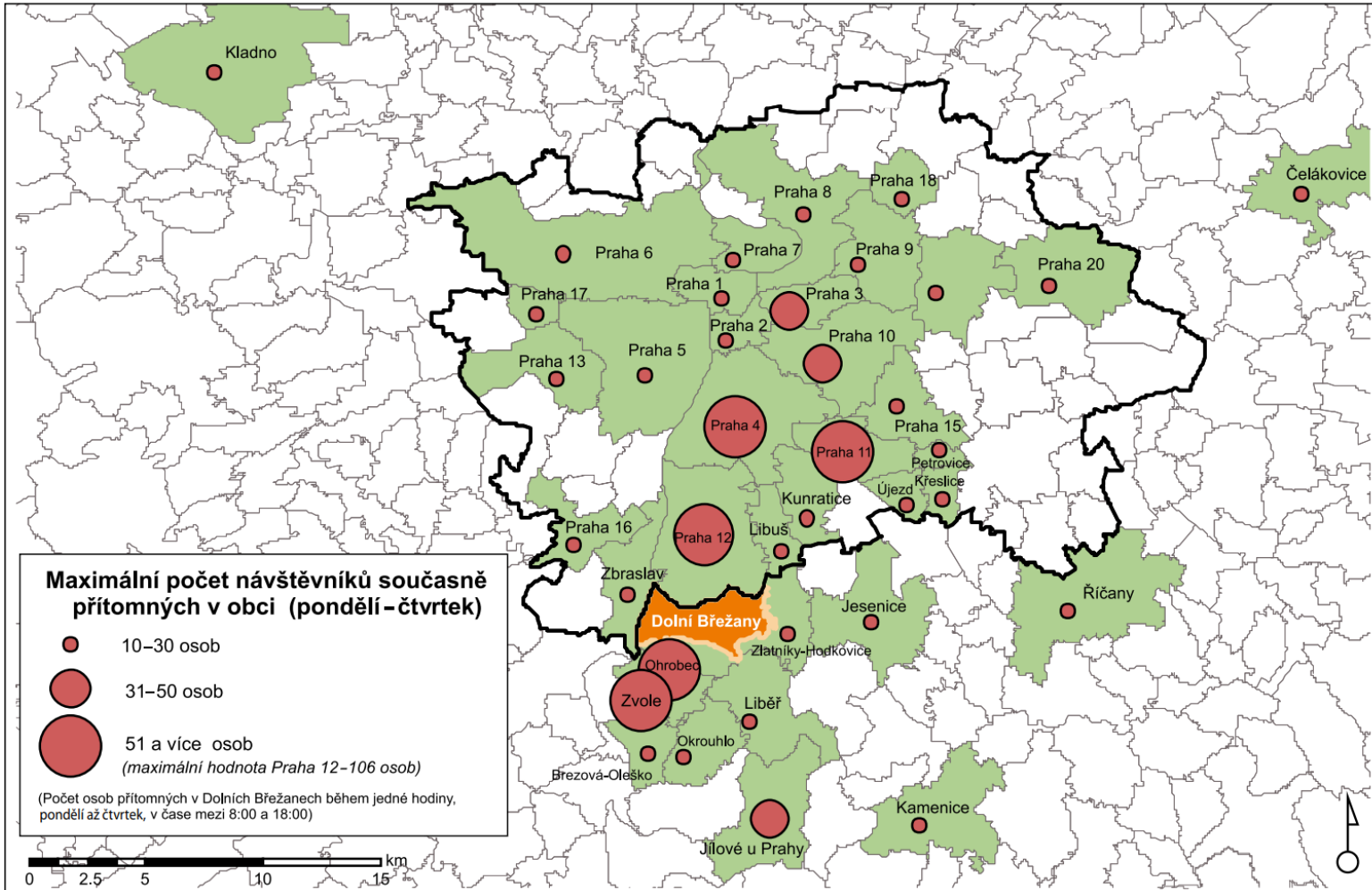
**Tab. 1: Obecná kategorizace přítomného obyvatelstva**

# ÚKOL

- Lai, S., Erbach-Schoenberg, E.z., Pezzulo, C. et al. Exploring the use of mobile phone data for national migration statistics. Palgrave Commun 5, 34 (2019). <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0242-9>
- Dostupné zde: <https://www.nature.com/articles/s41599-019-0242-9>
- **Otázky:**
  - Data:
    - Jaký typ dat z mobilních telefonů byl použit?
    - Jaká další data byla použita?
  - Metodika:
    - **Jak byla data zpracovávána?**
    - Jaká byla přesnost modelu?
  - Diskuze:
    - Jaké jsou limity použitých metod?

# APLIKACE I.

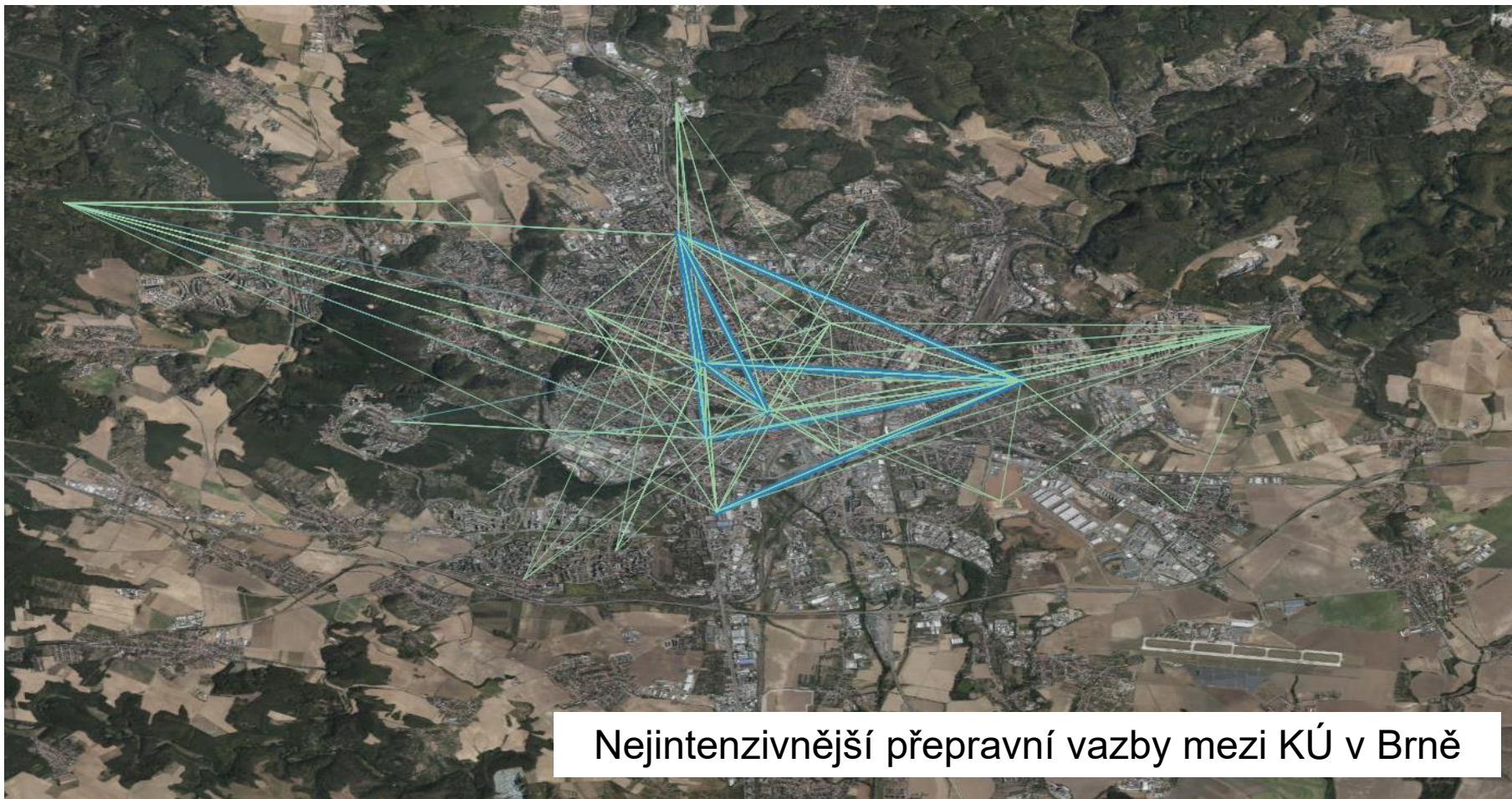
Zdroj: Model založený na zbytkových signalizačních datech mobilních telefonů, průměry za květen 2012, CE-Traffic, a. s.



**Obr. 3: Hlavní zdrojové oblasti denní dojížděky do Dolních Břežan – pondělí až čtvrtek**

Poznámka: Model přítomného obyvatelstva neumožňuje extrahovat informace o počtu unikátních osob, jež obec během dne navštívily. Jako alternativa byl zvolen maximální počet osob současně přítomných během jedné hodiny.

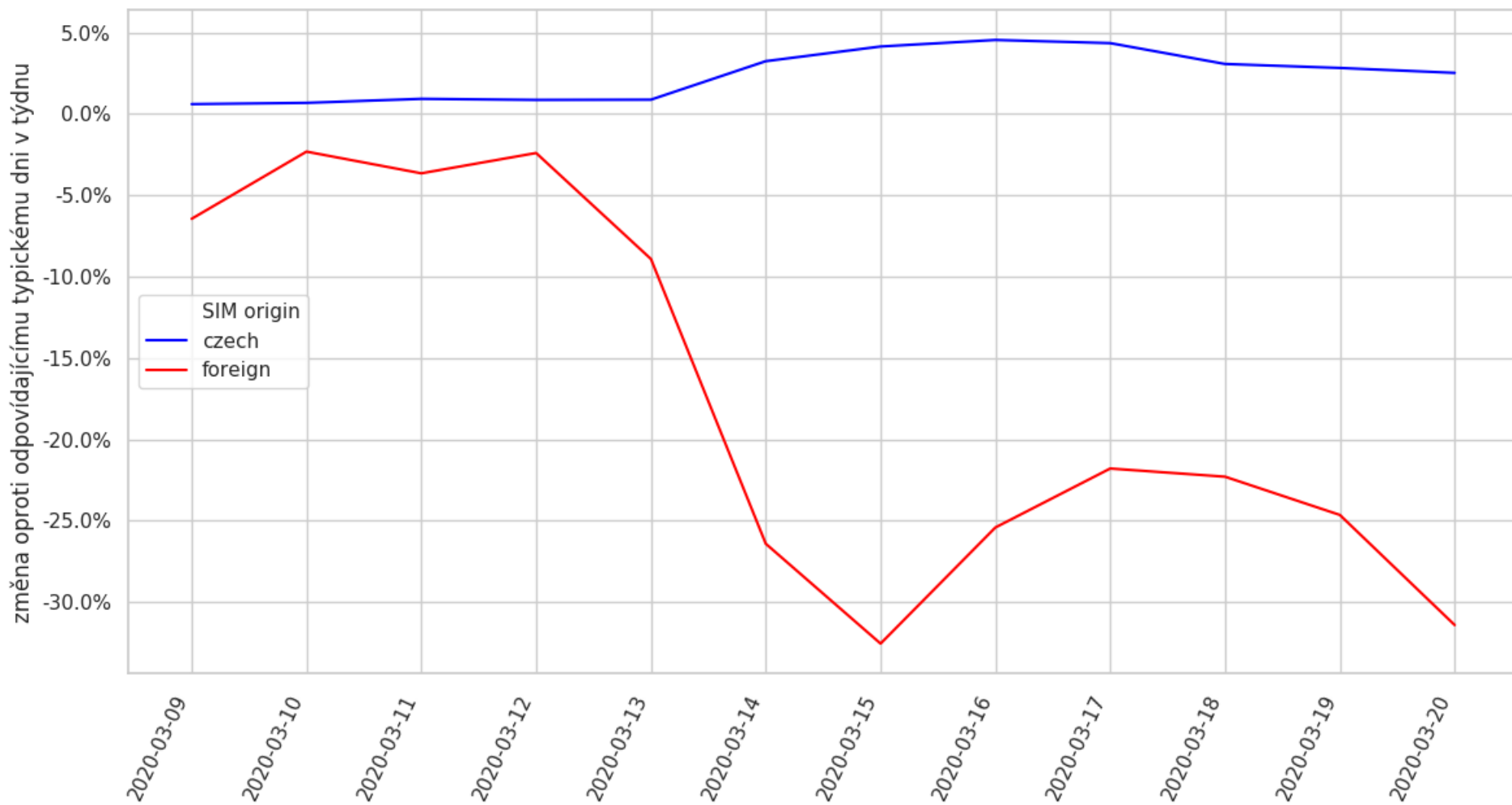
# APLIKACE II.





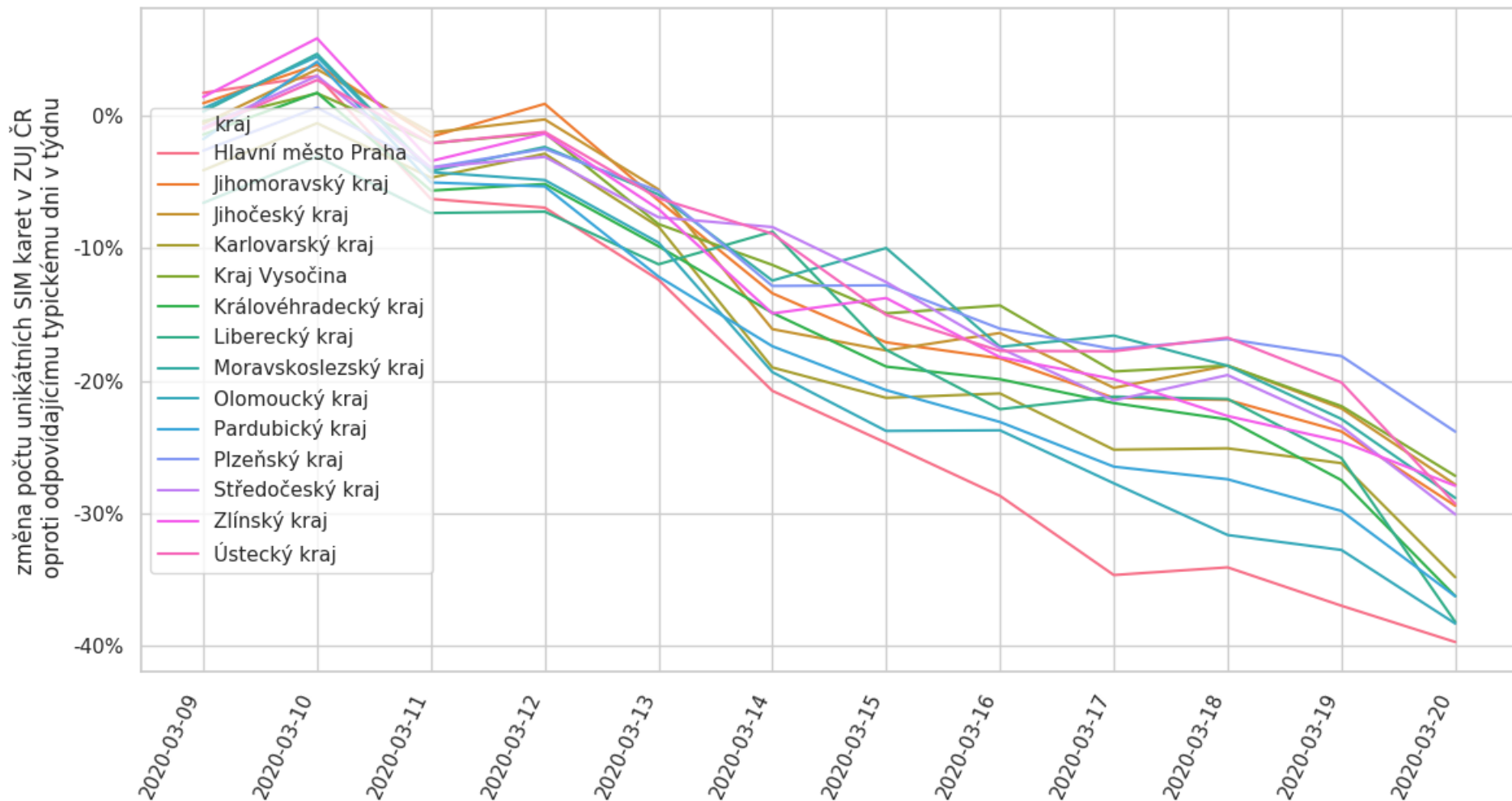
# APLIKACE III.

Počet unikáních SIM karet na území ČR



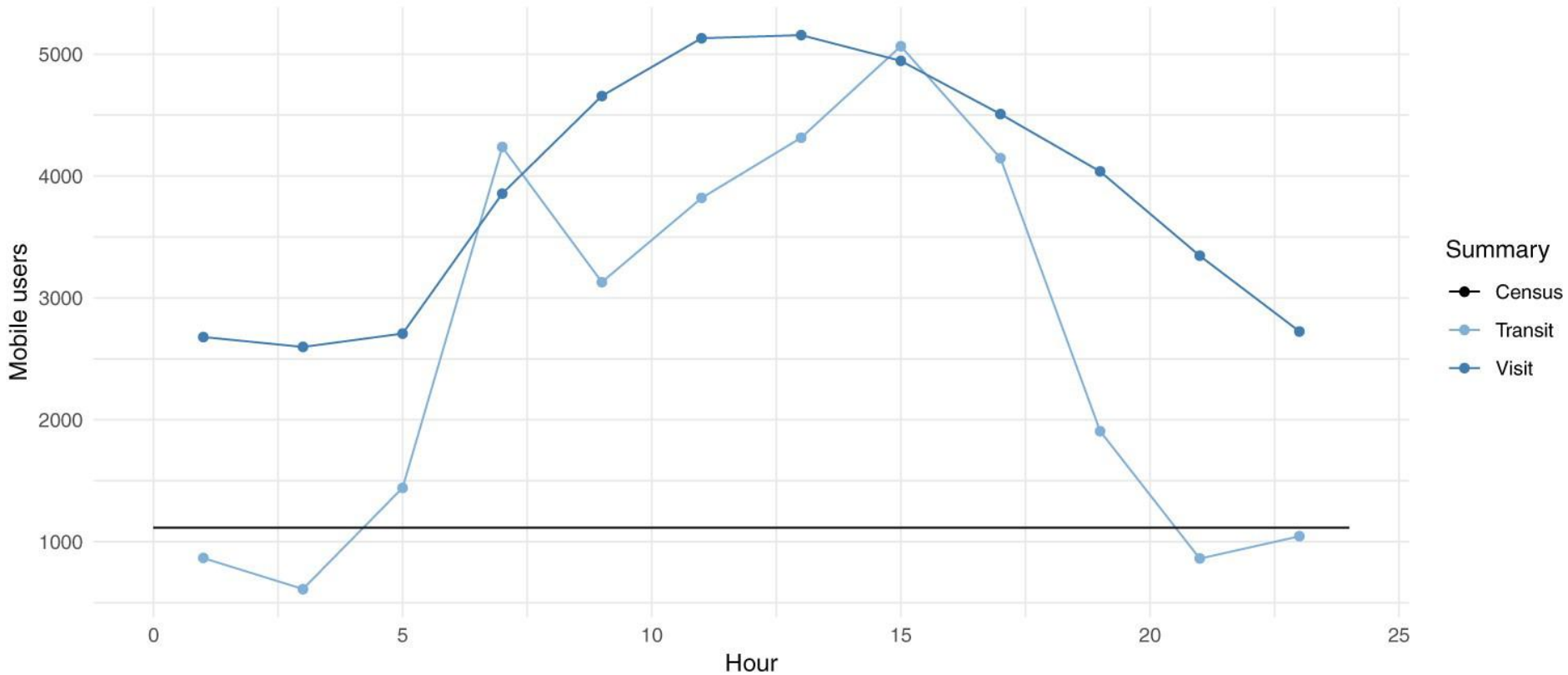
# APLIKACE IV.

Pokles mobility obyvatelstva v krajích ČR (průměr za ZUJ v krajích)



# APLIKACE V.

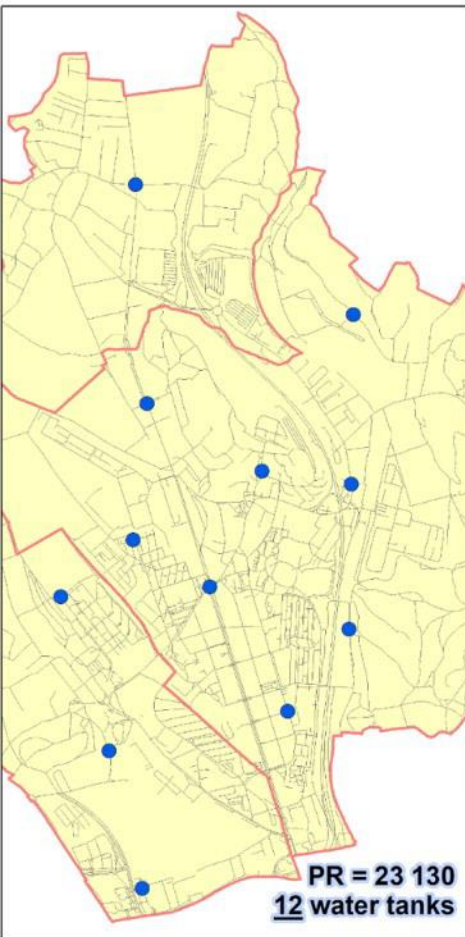
Population in nám stí Svobody throughout the day.



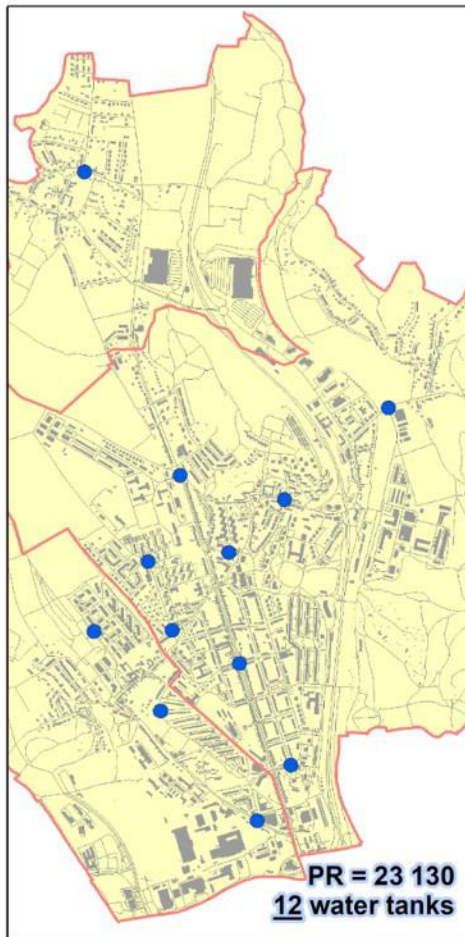
# APLIKACE VI.

## DISTRIBUTION OF WATER TANKS IN SELECTED BRNO CITY DISTRICTS

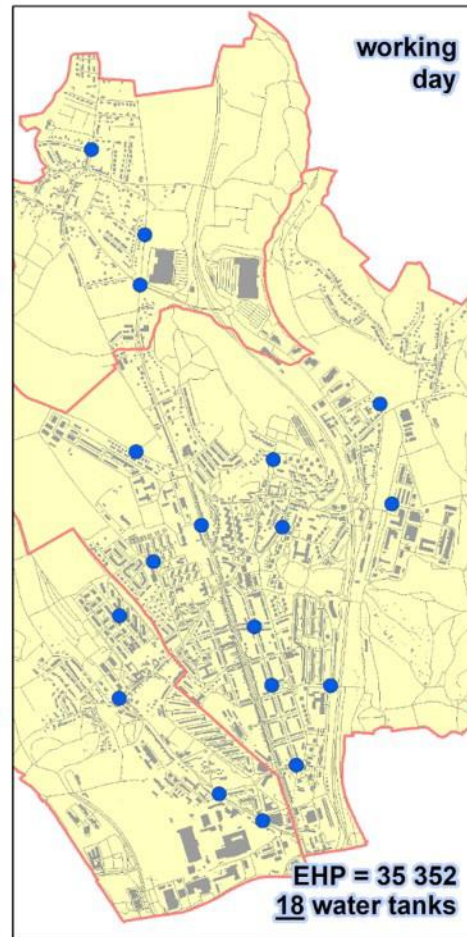
based on census data



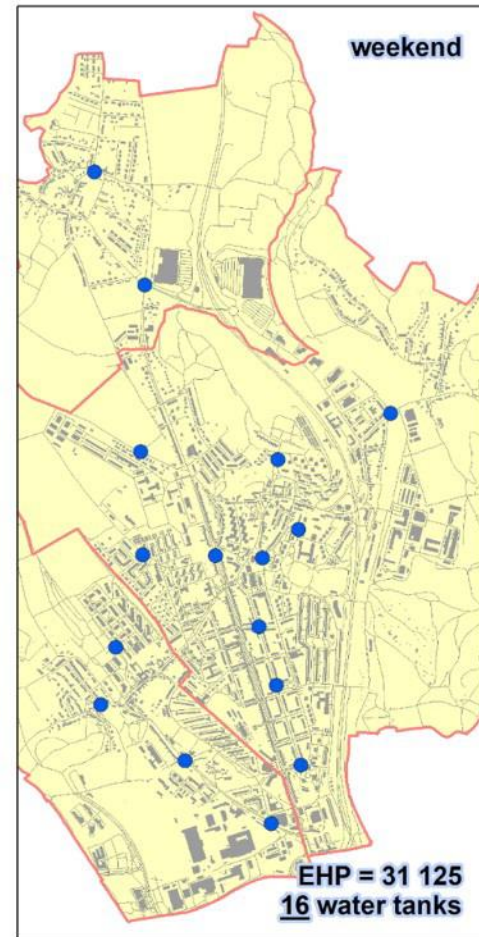
based on census data  
and distribution of buildings



based on data from mobile phones  
and distribution of buildings



weekend



# APLIKACE vs. METODY POŘÍZENÍ DAT

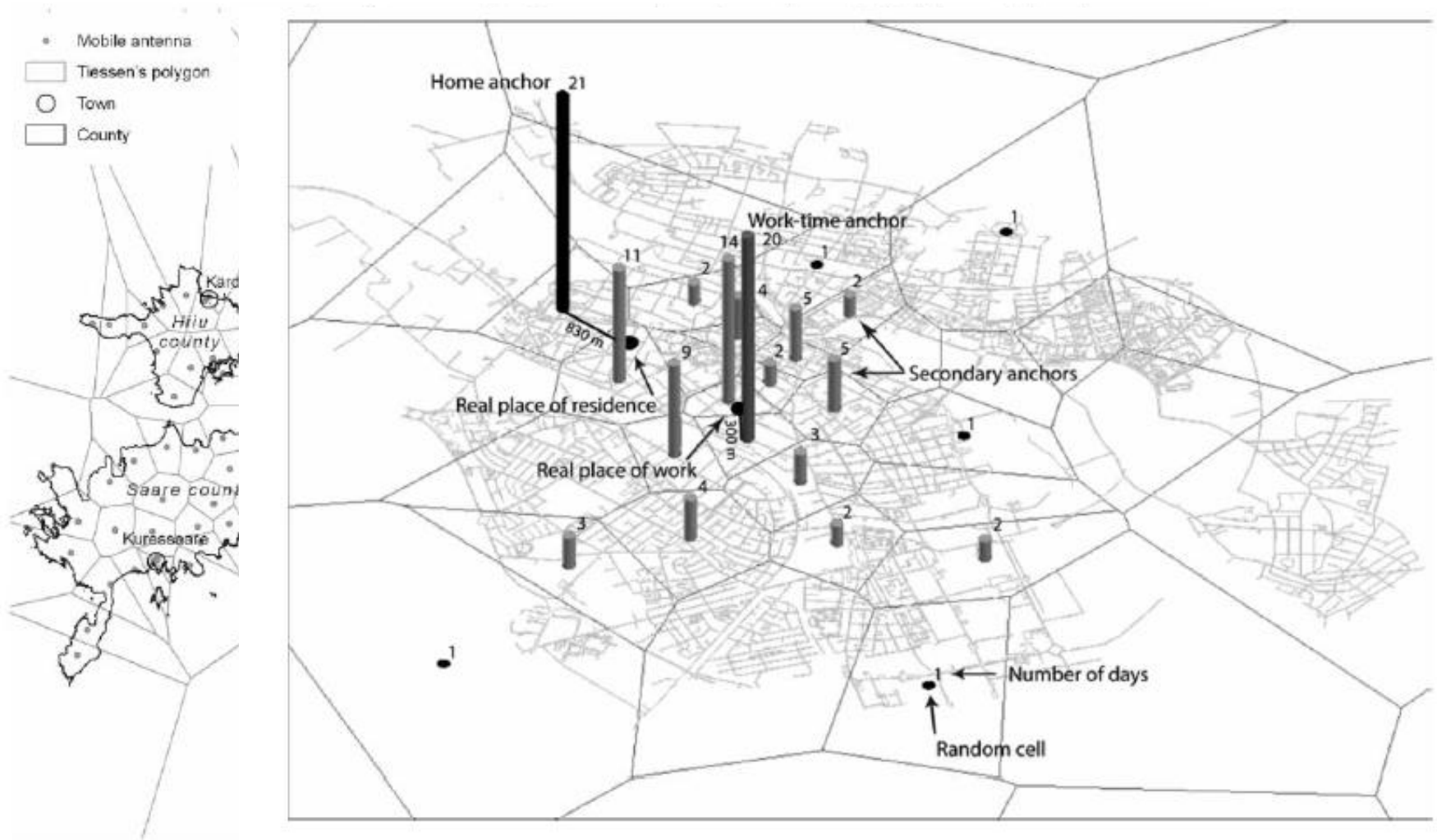
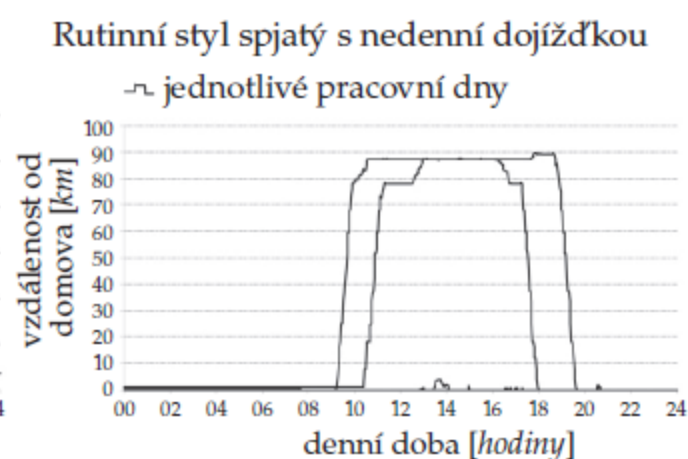
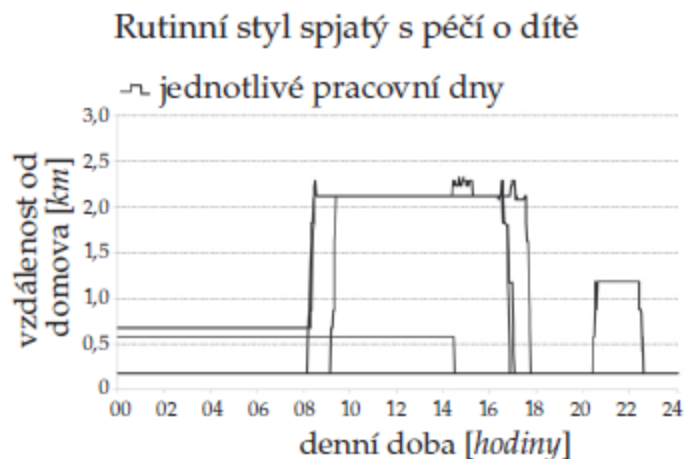
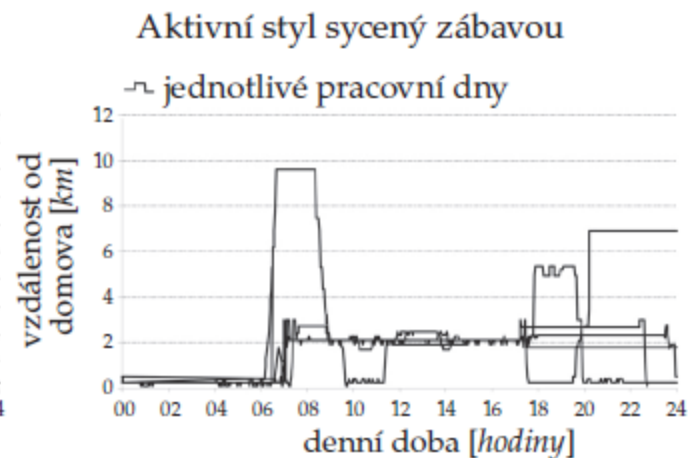
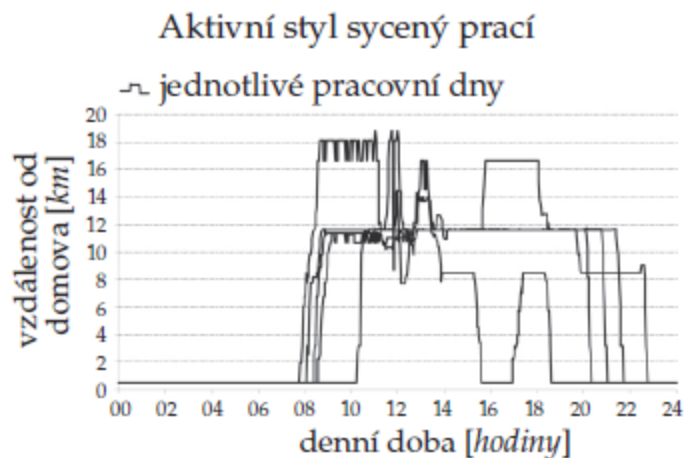


Figure 4. One of the respondent's anchor-point locations in the city of Tartu in November 2007  
*Note:* Determined by means of passive positioning. The respondent's (Prof. Ahas) activities took place only in the city of Tartu.

# Obrázek 1. Ukázka záznamu týdenního pohybu jedné osoby



Graf 3. Vzdálenost od domova v pracovním týdnu typického respondenta



Zdroj: vlastní šetření [N]

Obrázek 4. Týdenní prostor aktivit typického respondenta

Aktivní styl sycený prací

- stanice s pobytem nad 30 minut
- zachycené cesty



Aktivní styl sycený zábavou

- stanice s pobytem nad 30 minut
- zachycené cesty



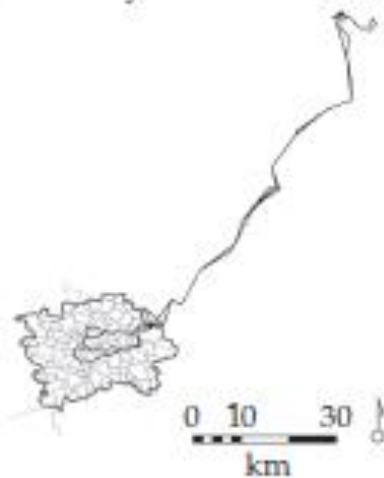
Rutinní styl spjatý s péčí o dítě

- stanice s pobytem nad 30 minut
- zachycené cesty



Rutinní styl spjatý s nedenní dojíždkou

- stanice s pobytem nad 30 minut
- zachycené cesty



# ÚKOL

- Lai, S., Erbach-Schoenberg, E.z., Pezzulo, C. et al. Exploring the use of mobile phone data for national migration statistics. Palgrave Commun 5, 34 (2019). <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0242-9>
- Dostupné zde: <https://www.nature.com/articles/s41599-019-0242-9>
- **Otázky:**
  - Data:
    - Jaký typ dat z mobilních telefonů byl použit?
    - Jaká další data byla použita?
  - Metodika:
    - Jak byla data zpracovávána?
    - **Jaká byla přesnost modelu?**
  - Diskuze:
    - **Jaké jsou limity použitých metod?**



# DOSTUPNÉ DATOVÉ SADY I.

- O2 Liberty API
- <https://developer.o2.cz/portal/>

The screenshot shows the developer portal for O2 Liberty API. At the top is a dark blue navigation bar with links: 'Jak začít', 'Dostupná API', 'Smluvní podmínky', 'Podpora/FAQ', 'Registrace', and 'Přihlášení'. The main content area is light gray and features a large white box titled 'Jak začít' (How to start). Below this is a text block explaining the platform's goals. A second white box states that the API is currently in pilot operation and free of charge. The bottom section is divided into three columns, each with an icon and a list of steps:

- Jak začít**

Myslíme si, že máme v O<sub>2</sub> celou řadu zajímavých systémů, platform, dat a zároveň umíme dělat spoustu zajímavých věcí. Otevřenými API chceme tento prostor nabídnout i vám, vývojářům, a být tak vašim partnerem při vytváření nových a inovativních řešení.
- O<sub>2</sub> Liberty API je nyní v pilotním provozu a jeho využití není zpoplatněno, viz [ceník](#).**
- Vyzkoušejte API**
  - Obsahuje omezený vzorek dat
  - Negarantujeme dostupnost API
  - Negarantujeme odezvu API
- Zaregistrujte se**
  - Vyplňte registrační formulář
  - Na kontaktní email zašleme elektronickou verzi smlouvy o používání aplikační platformy O<sub>2</sub> Liberty API
  - Smlouvu podepíšete a zašlete scan podepsané smlouvy zpět
  - Ověříme správnost údajů a aktivujeme účet
- Používejte API**
  - Máte dostupná kompletní a pravidelně aktualizovaná data (v rámci pilotního režimu se aktualizují každou středu)
  - Garantovaná dostupnost a odezva API
  - Samoobslužná správa projektů a API klíčů

# DOSTUPNÉ DATOVÉ SADY II.

- DATA.BRNO – Přítomné obyvatelstvo dle dat mobilního operátora
  - Data o přítomném obyvatelstvu v ZSJ (Brno) a obcích JMK ve 2 týdnech
  - 20-26.9.2021 a 4-10.10.2021
  - data od společnosti Vodafone
  - <https://data.brno.cz/datasets/p%C5%99%C3%ADtomn%C3%A9-obyvatelstvo-dle-dat-mobiln%C3%ADho-oper%C3%A1tora-number-of-people-based-of-mobile-phone-usage/about>
- DATA.BRNO – Cesty dle dat mobilního operátora:
  - Počet cest mezi Brnem a dalšími územními celky
    - KÚ (Brno-město), obce (Brno-venkov), SO ORP (zbytek JMK) a kraje (zbytek ČR)
  - na základě geolokačních dat mobilního operátora T-Mobile
  - rozsahu 14 dnů. 7.10.2019 až 20.10.2019, tj. 14 matic po jednotlivých dnech,
  - 7 matic se zprůměrovanými dny v týdnu,
  - zprůměrovaný pracovní a víkendový dem.
  - <https://data.brno.cz/datasets/697fc58c78804a45bcd9e41c5ff64f6a/about>

# ZDROJE

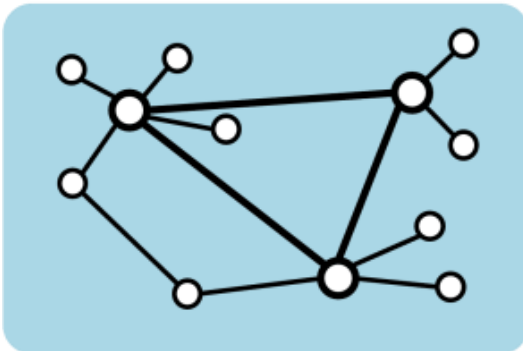
- Petr Kubiček, Milan Konečný, Zdeněk Stachoň, Jie Shen, Lukáš Herman, Tomáš Řezník, Karel Staněk, Radim Štampach & Šimon Leitgeb (2019) Population distribution modelling at fine spatio-temporal scale based on mobile phone data, *International Journal of Digital Earth*, 12:11, 1319-1340, DOI: 10.1080/17538947.2018.1548654
- Tomáš Řezník, Bronislava Horáková & Roman Szturc (2015) Advanced methods of cell phone localization for crisis and emergency management applications, *International Journal of Digital Earth*, 8:4, 259-272, DOI: 10.1080/17538947.2013.860197
- Rein Ahas, Siiri Silm, Olle Järv, Erki Saluveer & Margus Tiru (2010) Using Mobile Positioning Data to Model Locations Meaningful to Users of Mobile Phones, *Journal of Urban Technology*, 17:1, 3-27, DOI: 10.1080/10630731003597306
- Novák, J., & Temelová, J. (2012) Každodenní život a prostorová mobilita mladých Pražanů: pilotní studie využití lokalizačních dat mobilních telefonů. *Sociologický časopis / Czech Sociological Review*, 48(5), 911-938. DOI: 10.13060/00380288.2012.48.5.05
- Novák, J., & Novobilský, J. (2013) Inovativní přístupy k zachycení přítomného obyvatelstva: data mobilních operátorů. *Urbanismus a územní rozvoj*, 16(3), 14-19.
- <https://data.gov.cz/%C4%8DI%C3%A1nky/geoloka%C4%8Dn%C3%AD-data-mobiln%C3%ADch-oper%C3%A1tor%C5%AF-principy-p%C5%99%C3%ADklady-ot%C3%A1zky>

# GEOINFORMATIKA V DOPRAVĚ

- mapování silničních a uličních sítí
- logistika
- plánování nové výstavby infrastruktury
- sledování vozidel pomocí GPS
- navigační systémy
- aktuální zpravodajství o uzavírkách, dopravních nehodách a stavu vozovek
- plánování silničních oprav
- sjízdnost vodních toků
- mapy cyklostezek a jejich poskytování prostřednictvím webových služeb
- evidence vozidel
- evidence letišť a nádraží a dalších dopravních uzlů
- inteligentní mobilita
- atd. ...

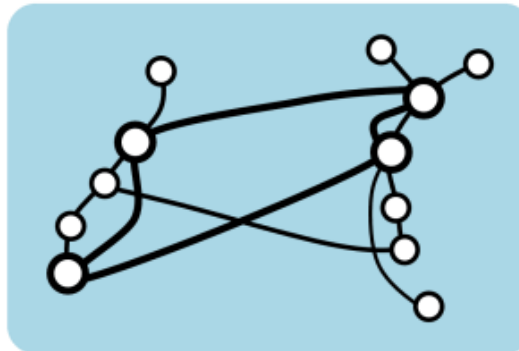
# GEOINFORMATIKA V DOPRAVĚ

**Air Networks**



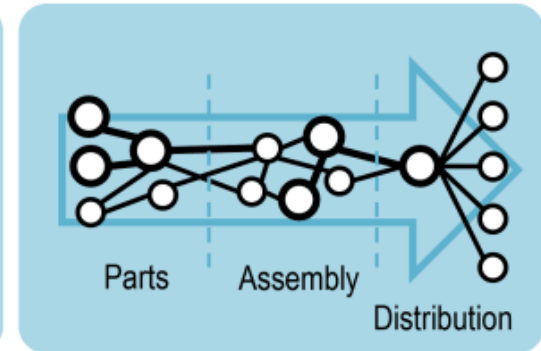
Nodal hierarchy (hub-and-spoke)

**Maritime Networks**



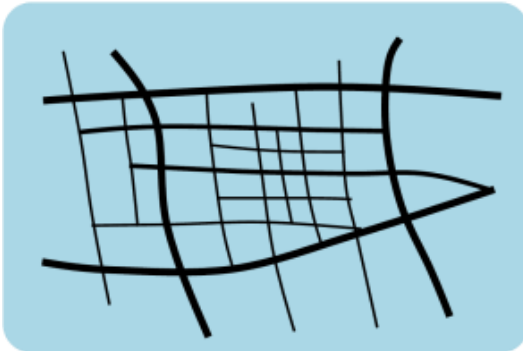
Circuitous nodal hierarchy

**Logistical Networks**



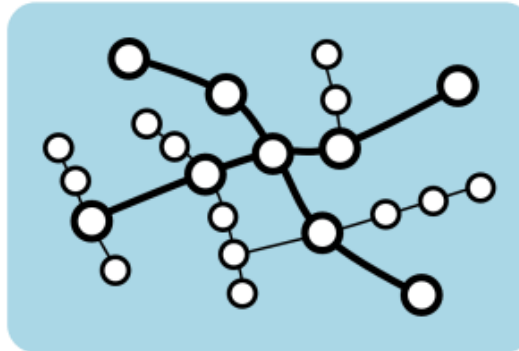
Sequential multi-nodal hierarchy

**Road Networks**



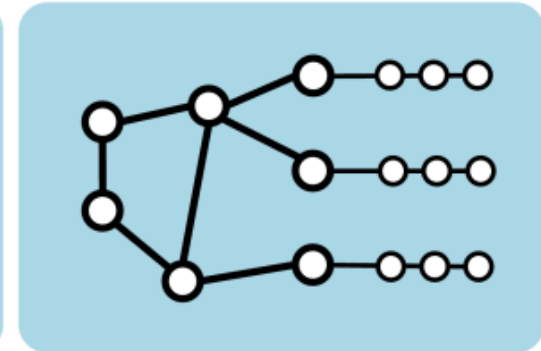
Hierarchical meshes

**Rail Networks**



Linear nodal hierarchy

**Power Grids**



Sequential linear hierarchy

# GEOINFORMATIKA V DOPRAVĚ

- Statistický popis sítí
- Síťová analýza – „stručně“ a „motivačně“ – *více viz Aplikovaná geoinformatika*

# Statistický popis sítí

- Síť, hrany a uzly (nódy)
- Deskriptory:
  - síť jako celku: Gama index, Alfa index
  - relací jednotlivých segmentů sítě: stupeň uzlu (nodalita), accessibility (dostupnost hran)
- Základním topologickým aspektem sítě je způsob propojení jednotlivých segmentů – **konektivita**
- Matice konektivity

Tabulka 3.3 Matice konektivity a dostupnost hran v rámci sítě

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUMA
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	4
2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4
4	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3
5	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	3
6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
7	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4
8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2

# Konektivita

- Matice konektivity shrnuje informaci o tom, které segmenty sítě spolu souvisí (jsou bezprostředně spojeny).
- Lze však charakterizovat i úroveň konektivity sítě jako celku.
- Pro fixní počet vrcholů má síť s větším počtem spojů lepší konektivitu. Dále existuje **minimální počet spojů**, který zajišťuje spojení všech vrcholů.

$$e_{\min} = v - 1$$

- $v$  – počet vrcholů sítě,  $e$  – počet hran sítě potom:
- **Minimálně propojená síť** (Minimally conneted network – MCN): odstraníme-li jakoukoliv jednu hranu, síť se rozpadne na dvě části (subsystémy).
- **Beta index**: podíl počtu hran a počtu vrcholů
  - Jednoduché sítě a stromy mají hodnotu menší než 1, komplexní sítě mají hodnotu vyšší než 1.

$$\beta = \frac{e}{v}$$



# Gamma index

- Poměr aktuálního a maximálního počtu vrcholů sítě

$$\gamma = \frac{e}{e_{\max}}$$

- **Maximální počet hran** lze vypočítat pro zadaný počet vrcholů, které spojují všechny vrcholy. Tedy maximální počet hran v síti o  $v$  vrcholech:

$$e_{\max} = 3(v - 2)$$

- Hodnoty gama indexu jsou mezi 0 a 1, kde hodnota 1 označuje zcela propojenou síť je velmi nepravděpodobná.
- Gama index je efektivní hodnota pro popis vývoje sítě v čase.

# Alfa index

- Další jednoduchou charakteristikou konektivity sítě je počet okruhů. Výskyt okruhů v síti značí možnost dostat se z jednoho místa do jiného alternativními cestami.
- Síť s minimální konektivitou nemá žádný okruh.
- **Počet okruhů** lze zjistit tak, že od aktuálního počtu hran v síti odečteme počet hran potřebný pro minimálně propojenou síť (MCN), tedy  $e-(v-1)$  nebo  $e-v+1$ .
- Obdobně pro daný počet vrcholů je **maximální počet okruhů** roven  $2v-5$ .
- S oběma uvedenými počty okruhů lze vytvořit poměr aktuálního počtu k počtu maximálnímu – tedy tzv. **alfa index**

$$\alpha = \frac{e - v + 1}{2v - 5}$$

- Stromy a jednoduché sítě budou mít hodnotu indexu 0. Hodnota 1 značí kompletně propojenou síť.
- Alfa index měří úroveň konektivity sítě nezávisle na počtu uzlů.

# Křivolakost

- Skutečná délka linie dělena vzdáleností počátečního a koncového bodu
- ENG: **Detour index** = actual route distance/ straight line distance × 100/1
- Lze aplikovat jak na jednotlivé linie (silnice, železnice), tak na celé sítě

# Hustota sítě

- L: Délka linií (km),
- S: plochu (km<sup>2</sup>).
- Čím je síť hustší, tím je území rozvinutější.

$$ND = \frac{L}{S}$$

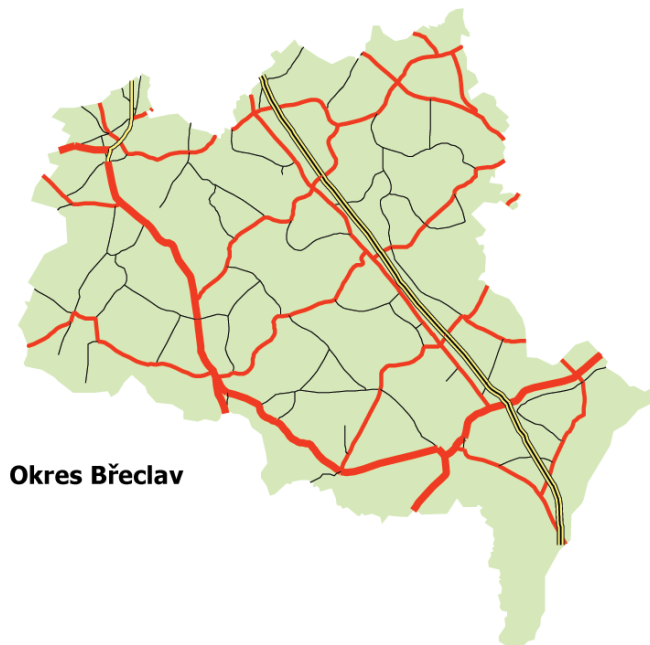
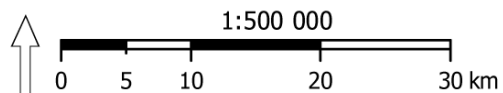
# Nodalita, dostupnost hran

- Jedná se o charakteristiku jednotlivých vrcholů či hran sítě.
- Popisuje jejich dostupnost v rámci sítě.
- Jednoduchým ukazatelem dostupnosti hrany v rámci sítě je, s kolika jinými hranami daná linie přímo souvisí.
- Tuto informaci lze vyčíst z binární matice konektivity, pokud tuto doplníme řádkovým součtem.

*Tabulka 3.3 Matice konektivity a dostupnost hran v rámci sítě*

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUMA
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	4
2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4
4	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3
5	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	3
6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
7	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4
8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2






# SROVNÁNÍ SÍTĚ KOMUNIKACÍ VE VYBRANÝCH OKRESECH ČR



**Okres Břeclav**

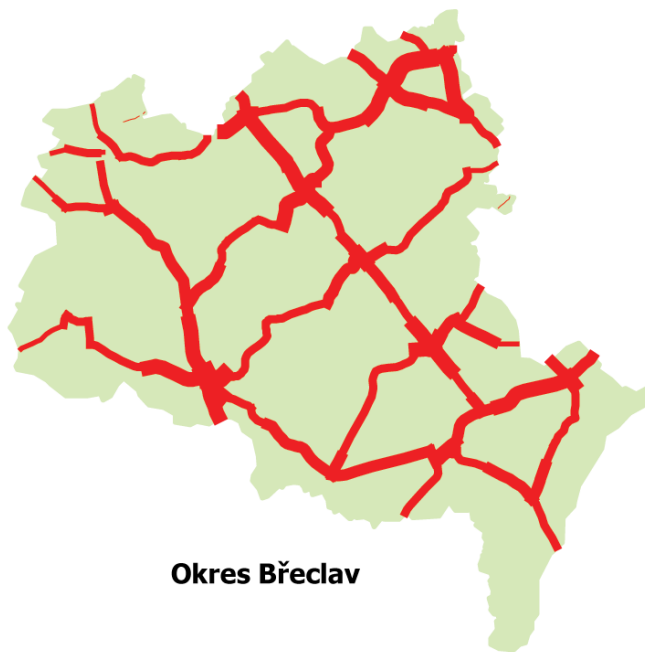
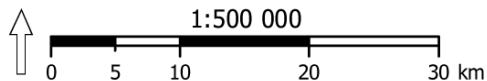


**Okres Kroměříž**

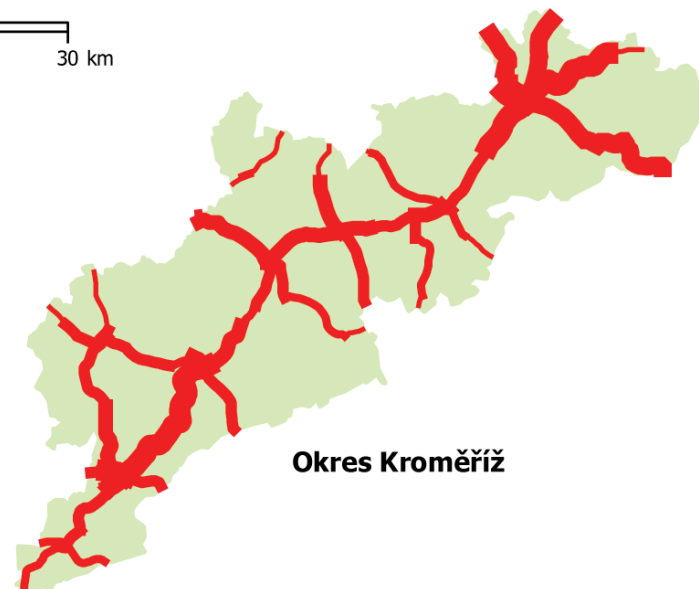
-  dálnice
  -  rychlostní silnice
  -  silnice 1. třídy
  -  silnice 2. třídy
  -  okresní silnice
- } použity pro další výpočty

Lukáš HERMAN, 4. ročník KART  
Geografický ústav PŘF MU Brno  
Vytvořeno v dubnu 2010 v Brně  
Zdroj dat: databáze ArcČR  
Použité zobrazení: S-42

# SROVNÁNÍ SÍTÍ KOMUNIKACÍ VE VYBRANÝCH OKRESECH ČR



**Okres Břeclav**



**Okres Kroměříž**

## Okres Břeclav

Počet hran: 103  
 Počet uzlů: 102  
 Alfa index: 0,01005036  
 Gama index: 0,343333

## Okres Kroměříž

Počet hran: 62  
 Počet uzlů: 62  
 Alfa index: 0,00840336  
 Gama index: 0,344444

Počet přímých spojů	Břeclav	Kroměříž
	0	2
	1	7
	2	37
	3	30
	4	22
	5	3
	6	2

Lukáš HERMAN, 4. ročník KART  
 Geografický ústav PĚF MU Brno  
 Vytvořeno v dubnu 2010 v Brně  
 Zdroj dat: databáze ArcČR  
 Použité zobrazení: S-42

# ZDROJE

- HORÁK, Jiří. Prostorové analýzy dat. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-4368-1. [https://home1.vsb.cz/~hor10/Vyuka/PAD/PAD\\_skripta2022.pdf](https://home1.vsb.cz/~hor10/Vyuka/PAD/PAD_skripta2022.pdf)
- <https://transportgeography.org/contents/chapter2/geography-of-transportation-networks/>
- <https://transportgeography.org/contents/methods/graph-theory-measures-indices/>
- <https://www.geographynotes.com/articles/4-important-measures-of-transport-networks-with-diagram/165>
- Materiály předmětu Z6101 Základy geostatistiky

# Sít'ové analýzy

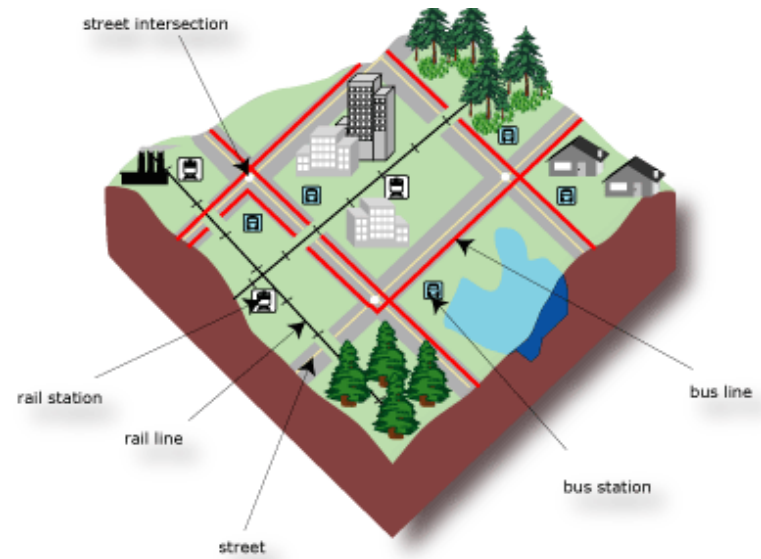
- hledání nejkratší – viz *Aplikovaná geoinformatika*
- optimální trasy
- stanovení obsluhovaných oblastí
- analýza nejbližšího střediska obsluhy či zařízení
- matice nákladů – náklady pro přesun zboží mezi dvojicí bodů
- obslužnost bodů více auty
- vytvoření cestovního itineráře





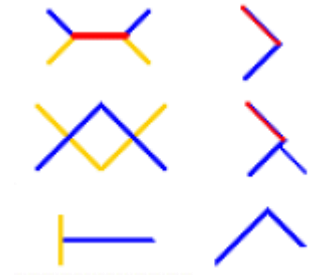
# Síťový dataset

- uzly, hrany
- hranově / uzlově ohodnocený graf
- orientovaný graf, planární graf?
  
- pravidla konektivity (propojení)
- atributy síťového datasetu:
  - Usage Type (role atributu):
    - Cost – náklad (časová délka)
    - descriptors – vlastnost hrany (počet jízdních pruhů)
    - restrictions – omezení směru (jednosměrka)
    - hierarchy – priority hrany (třída silnice)
  - Units, Data Type, Use by Default

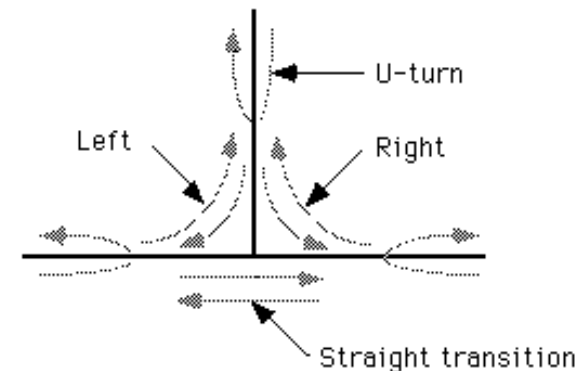


# Tvorba síťového datasetu

- kontrola a oprava topologie
  - Must Not Have Pseudonodes
  - Must Not Overlap, Must Not Self-Overlap
- File database > New... > Network dataset > Network dataset wizard
- politika propojení hran (Endpoint Connectivity)
- pravidla odbočování (Global Turns)
- přidání a nastavení parametrů (Evaluators)



- Lze využít existující (př.: ArcGIS Pro), ale ....



# Tvorba síťového datasetu

- Rychlost = náhrada (doplněk, povinný atribut) za(ke) vzdálenost(i) při tvorbě analýz
- Slouží k výpočtu časové zátěže pro dané úseky a posléze také časové dostupnosti
- Často se vychází z limitů (doporučených/průměrných...) rychlostí na jednotlivých třídách komunikací

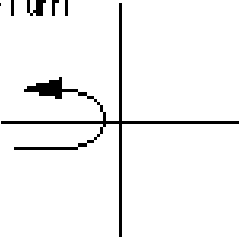
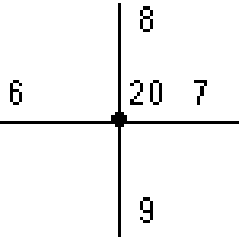
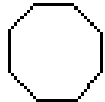
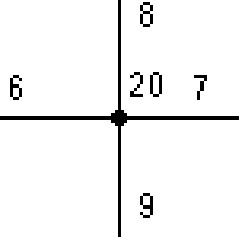

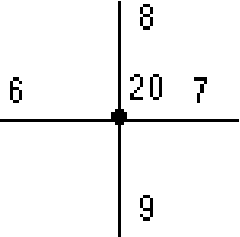
Tab. 2 Číselník průměrných rychlostí používaných na jednotlivých typech segmentů sítě silničních komunikací u původního a zpřesněného modelu sítě silničních komunikací (Převzato od PEŇÁZ, T. 2005, str. 4)

Způsob využití komunikace	Původní postup (2003)	Zpřesněný (aktuální) postup (2004)
	Průměrná dopravní rychlost [km.hod <sup>-1</sup> ]	Průměrná dopravní rychlost [km.hod <sup>-1</sup> ]
dálniční typ	85	85
silnice 1. kategorie	75	75
silnice 2. kategorie	55	55
hlavní průjezd	40	40
ulice	35	35
účelová komunikace (vč. silnic 3. kategorie)	zahrnuto do „ostatní“	40
zpevněná cesta	zahrnuto do „ostatní“	20
přemostění železnic	zahrnuto do „ostatní“	30
ostatní	30	20

# Hranově a uzlově ohodnocený graf

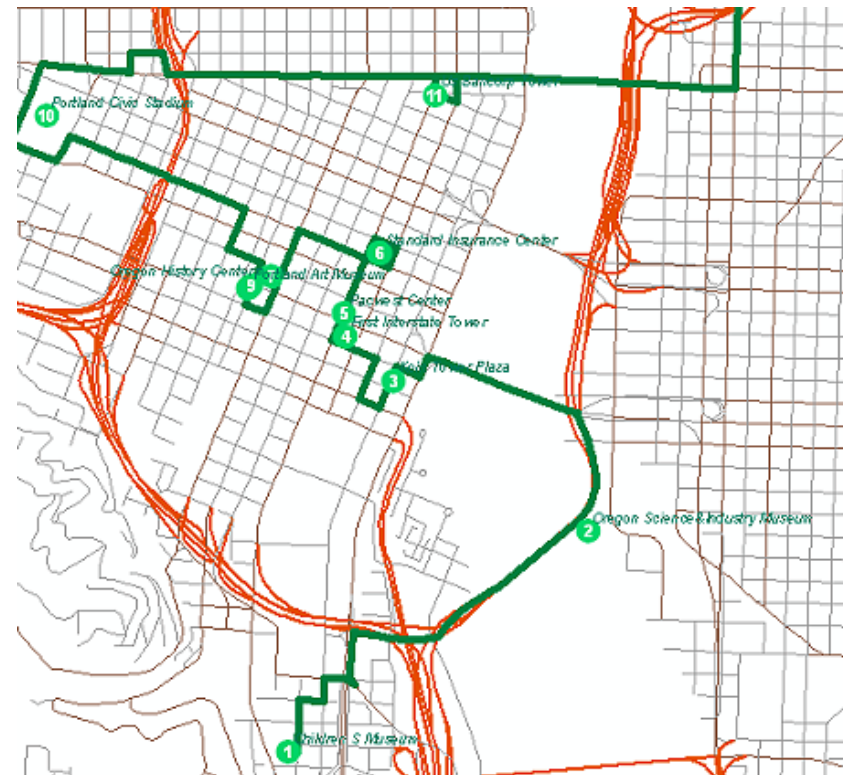
0 = No Impedance

-1 = No Turn

Situation	Representation	Turntable																				
U-Turn 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>NODE#</th> <th>FROM ARC#</th> <th>TO ARC#</th> <th>ANGLE</th> <th>TIME IMPEDANCE (seconds)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>180</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)	20	6	6	180	20										
NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)																		
20	6	6	180	20																		
Stop sign 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>NODE#</th> <th>FROM ARC#</th> <th>TO ARC#</th> <th>ANGLE</th> <th>TIME IMPEDANCE (seconds)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>90</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>-90</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)	20	6	7	0	15	20	6	8	90	20	20	6	9	-90	10
NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)																		
20	6	7	0	15																		
20	6	8	90	20																		
20	6	9	-90	10																		
No Right Turn 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>NODE#</th> <th>FROM ARC#</th> <th>TO ARC#</th> <th>ANGLE</th> <th>TIME IMPEDANCE (seconds)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>-90</td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>90</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)	20	6	9	-90	-1	20	6	7	0	5	20	6	8	90	10
NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)																		
20	6	9	-90	-1																		
20	6	7	0	5																		
20	6	8	90	10																		

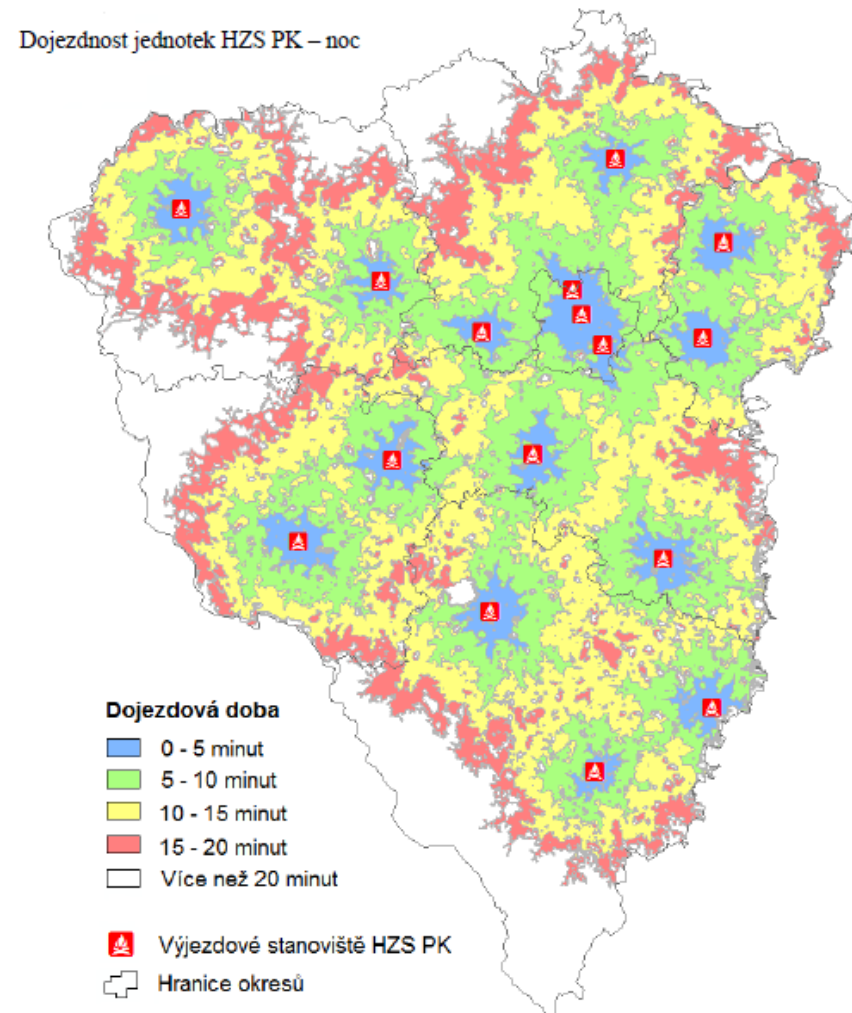
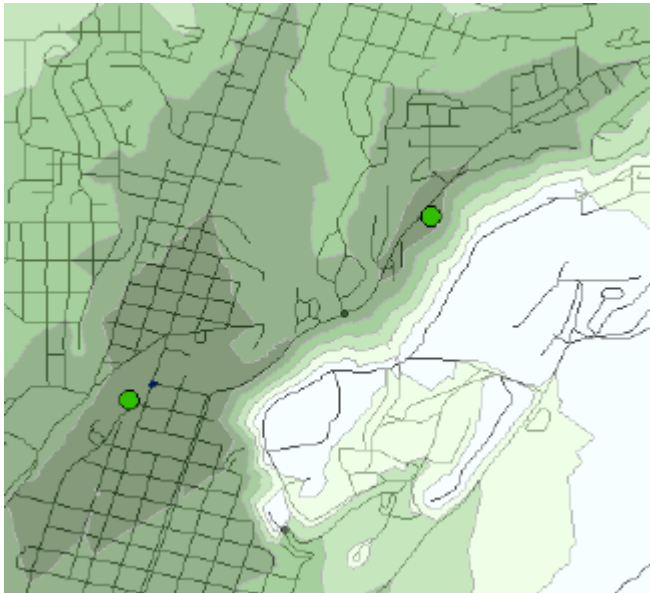
# Optimální cesta

- úloha obchodního cestujícího (úloha minimálního Steinerova stromu)
- rozšíření předchozích, spojení více bodů – hledá se nejvýhodnější pořadí

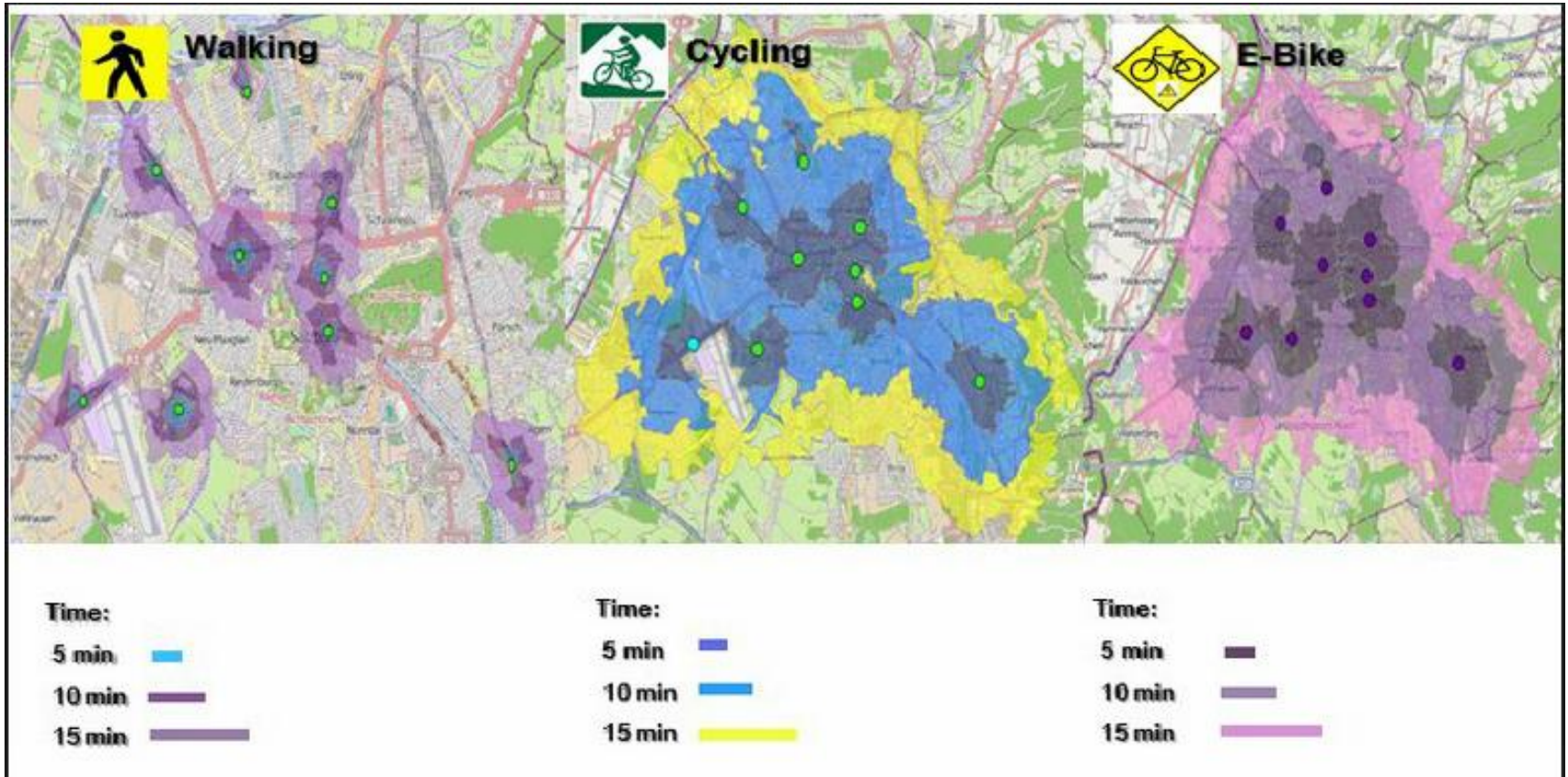


# Obsluhované oblasti

- vytváří areály dané potřebnými náklady na cestu ze střediska služeb (Facilities)



# Obsluhované oblasti

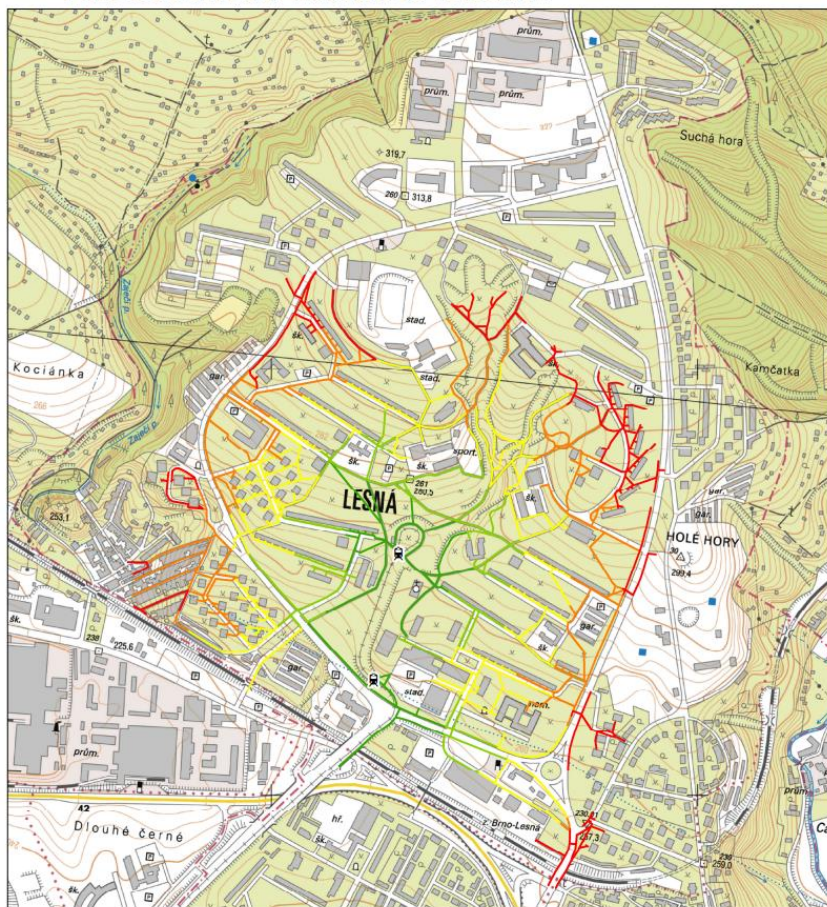


# Obsluhované oblasti

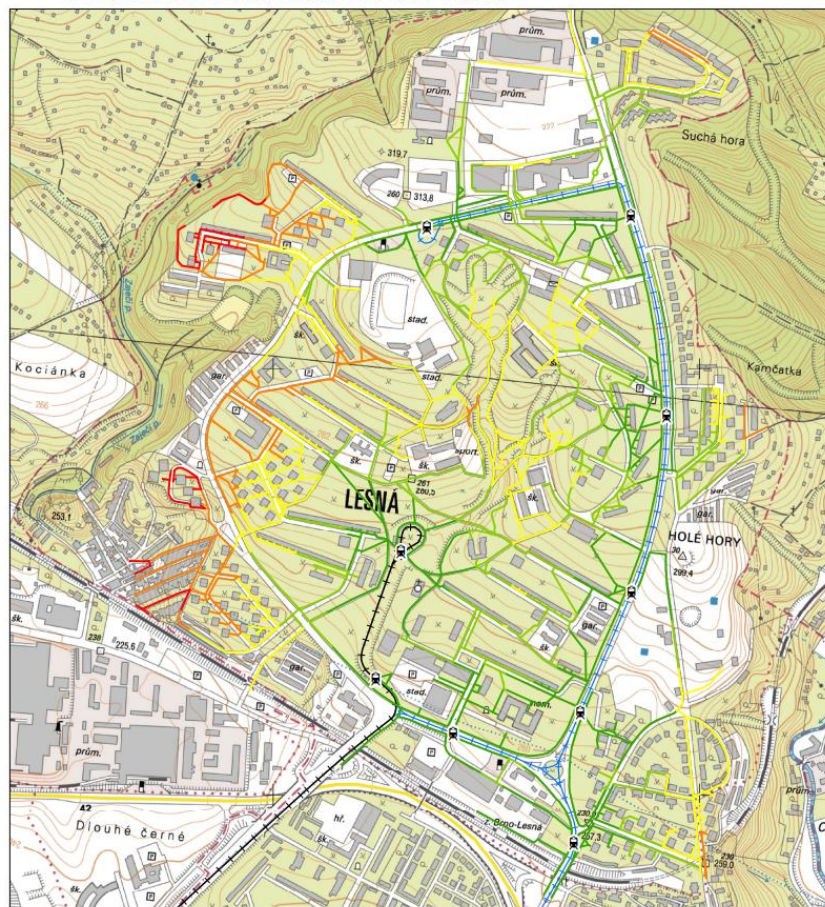
ČASOVÁ DOSTUPNOST TRAMVAJOVÝCH ZASTÁVEK NA LESNÉ  
PRO VĚKOVOU KATEGORII 45 - 64 LET

<https://is.muni.cz/auth/th/aujpp/>

PŘED DOSTAVBOU TRAMVAJOVÝCH TRATÍ



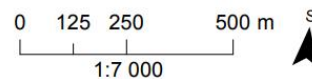
PO DOSTAVBĚ TRAMVAJOVÝCH TRATÍ



Čas chůze [s]

- 0 - 120
- 121 - 240
- 241 - 360
- 361 - 480
- 481 - 600

- +++ tramvajová trať - stávající
- tramvajová trať - plánovaná
- ⊠ zastávka tramvaje



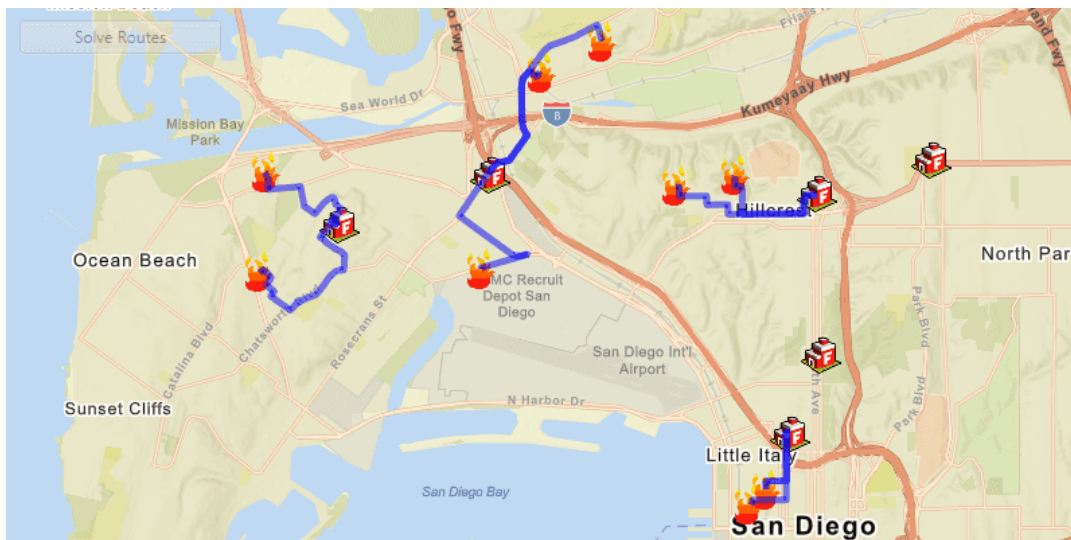
Martin VRÁNA, 405777  
Geografický ústav, PTF MU  
Brno, 2015

Zdroj dat: Vlastní měření, ČÚZK: WMS ZM10  
Zobrazení: S-JTSK Křivák



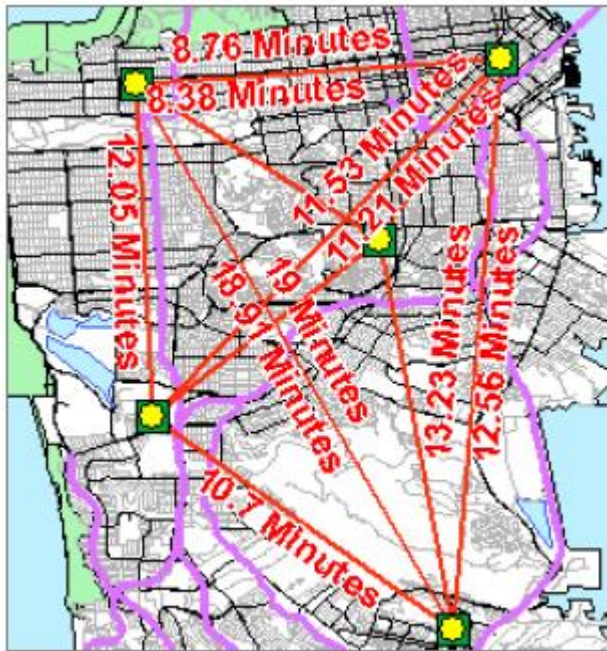
# Nebližší středisko obsluhy

- hledá cestu mezi místem (Incident) a servisními středisky (Facilities)
- opačný přístup než předcházející obsluhované oblasti



# „OD“ matice

- Origin – Destination Cost Matrix
- vytváří matici nákladů na cestu z bodu do ostatních bodů (Facilities)

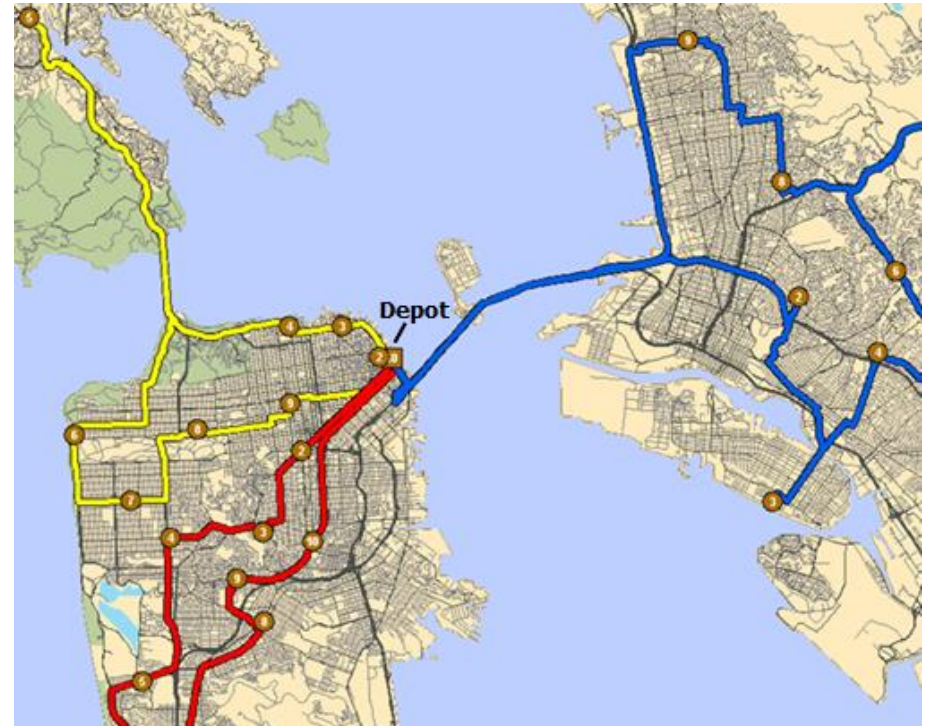
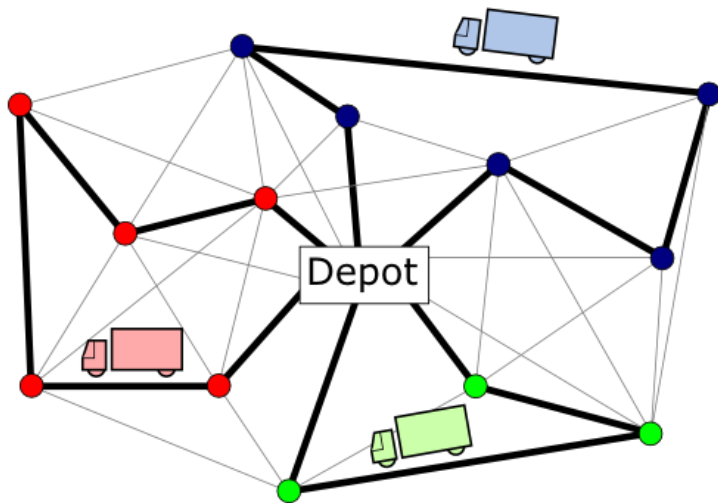


Washington, DC

		Chicago	San Francisco	Toronto
Boston	338	1537	4952	908
New York	694	359	1084	4662
		1260	4908	885
		3438	830	4435

# Obslužnost bodů více auty

- „Rozvozní problém“, stanovení optimálních tras pro jednotlivé auta
- výpočetně nejnáročnější



# „Loccation – allocation“

- Řešíme vhodné umístění různých zařízení
- Minimalizování impedance (zátěže), maximalizování pokrytí, minimalizování zařízení, maximalizování návštěvnosti, maximalizování podílu na trhu, cílový podíl na trhu

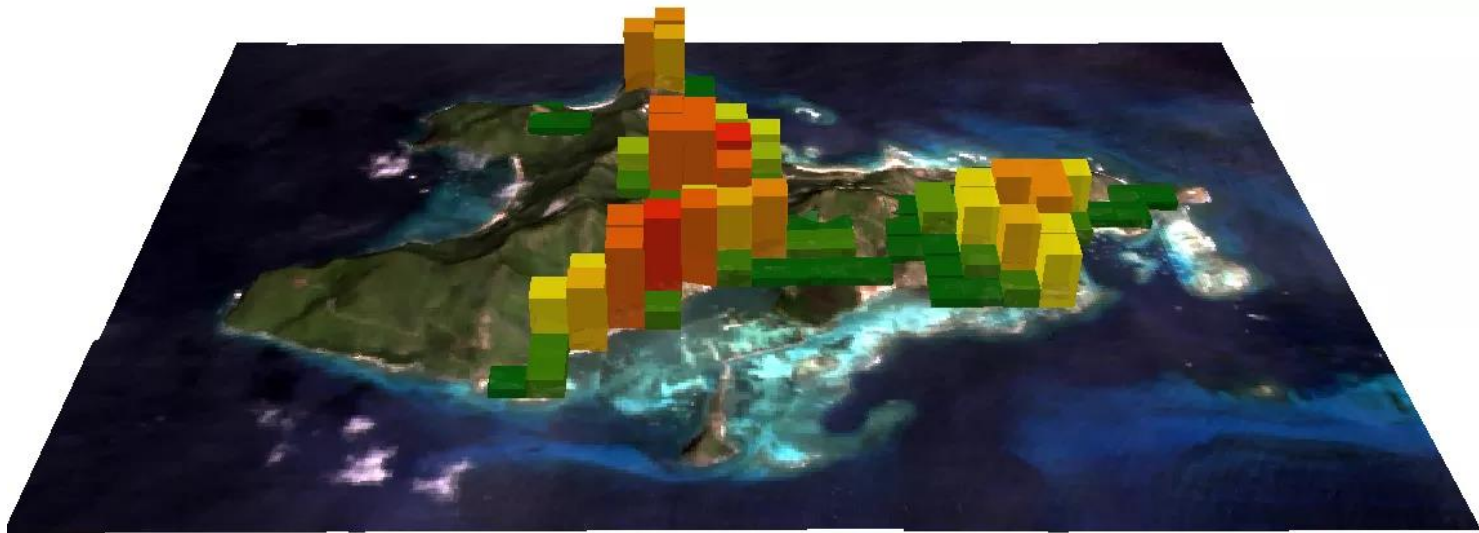


# „Loccation – allocation“ – aplikace

- Kde mám umístit svoji provozovnu (stanici, nemocnici,..) ?
- Umístění (lokace) je klíčový faktor pro úspěch v podnikání (maloobchodním).
- Pokud obchodník ví, kde jsou jeho potenciální zákazníci, snadněji je získá a udrží si je.
- Jaká data budeme potřebovat?
- Jak optimální umístění najít?
- Na jakých principech je nalezení založeno a jaké technologie lze využít?
- Je třeba jít nad rámec location-allocation nástroje v ArcGIS Network analyst?

# Lokace a alokace – v čem je problém?

- Starosta ostrova s následujícím rozmístěním obyvatelstva:



- Kde je optimální umístit požární stanice tak, aby bylo obyvatelstvo co nejlépe chráněno v případě vzniku požáru??

# Lokace a alokace – v čem je problém?

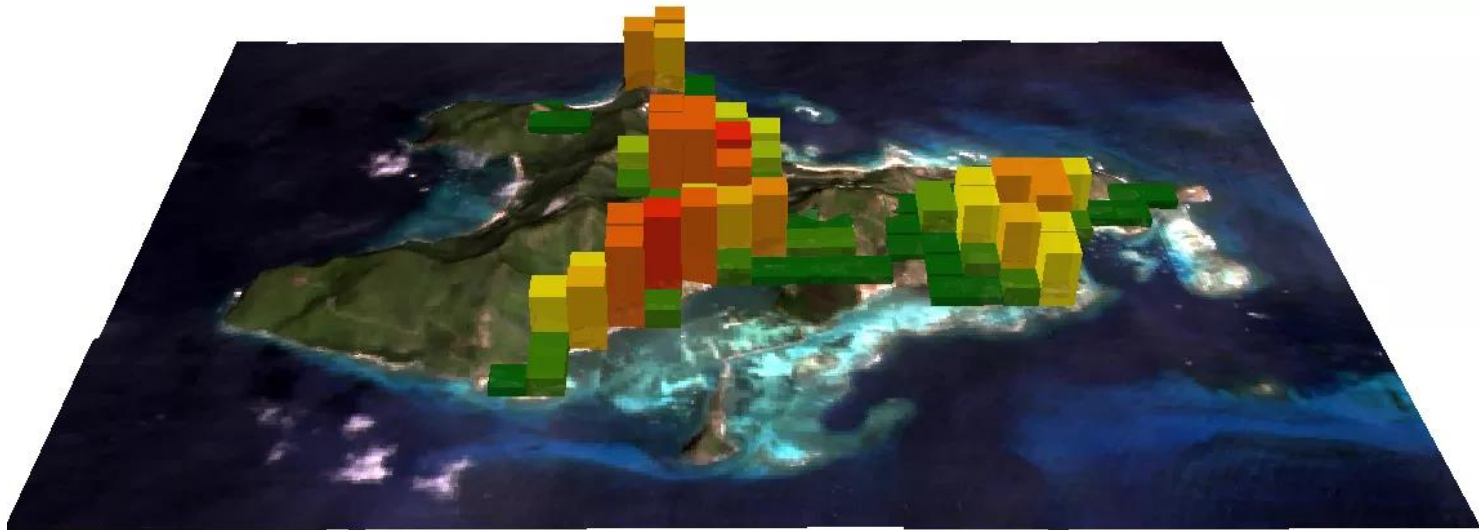
- Optimalizujte rozmístění 5 požárních stanic.



- Na základě jakých kritérií bylo umístění zvoleno? Jaké postupy byly použity?

# Jaká potřebujeme data?

- Data o poptávce (demand points) – počet obyvatel v jednotlivých oblastech (počet zákazníků...). Možno přidat váhy v případě více kritérií/datových zdrojů.
- Příklady??





# Jaká potřebujeme data??

- Provozovny (umístění požadované provozovny) – možné, vyžadované, konkurenční, vytipované... (prodejna, stanice, BST, nemocnice...).
- Pokud není možné omezit, lze nahradit pravidelnou sítí rovnoměrně rozmístěných bodů, nebo souborem adres



# Jaká potřebujeme data???

- Síť – silniční či uliční síť s určenými pravidly pohybu (connectivity rules).  
Jaké datové sady můžeme využít?? Jaká pravidla je potřeba splnit?



# Oblasti využití alokačních úloh

- Největší využití lokačních a alokačních analýz je oblast logistiky a geomarketingu.
- Dalšími oblastmi, kde tyto analýzy nacházejí uplatnění je:
  - modelování alokace v distribuci vody (potrubí),
  - v oblasti služeb a investic (hledání vhodných lokalit pro investory),
  - ve sběru odpadu,
  - v oblasti datových sítí (wifi, IP adresy).

# Zdroje

- [http://gisak.vsb.cz/~pen63/Systemy GIS v PO/Navod ke cvicenim.pdf](http://gisak.vsb.cz/~pen63/Systemy_GIS_v_PO/Navod_ke_cvicenim.pdf)
- <http://webhelp.esri.com/arcgisSDEsktop/9.3/index.cfm?TopicName=welcome>
- <http://gis-service.com/arcgis-network-analist-step-3/>
- [http://gis.zcu.cz/studium/agi/referaty/2009/Cejka\\_SilnicniDatasetProArcCR500/](http://gis.zcu.cz/studium/agi/referaty/2009/Cejka_SilnicniDatasetProArcCR500/)
- [http://faculty.biu.ac.il/~shnaidh/zooloo/trnsprt2/ws\\_NetAnalystIntroSlides.pdf](http://faculty.biu.ac.il/~shnaidh/zooloo/trnsprt2/ws_NetAnalystIntroSlides.pdf)
- [http://geomatika.kma.zcu.cz/studium/dp/2009/Sladky\\_Sitove analyzy v GIS pro sl\\_ozky IZS DP.pdf](http://geomatika.kma.zcu.cz/studium/dp/2009/Sladky_Sitove_analyzy_v_GIS_pro_sl_ozky_IZS_DP.pdf)
- <http://theses.cz/id/emr5ky/>
- <https://gisgeography.com/optimal-business-location-allocation/>