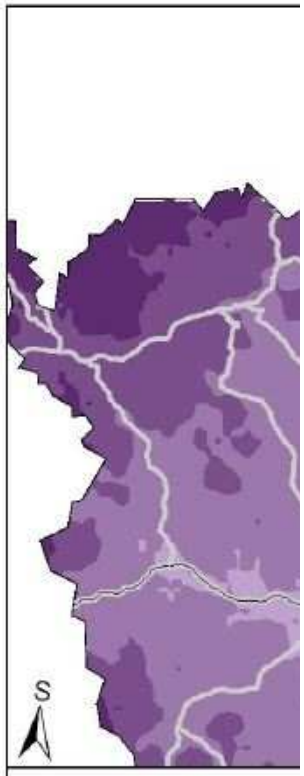
Tomáš Hudeček
Zuzana Žáková

Analýzy dopravní dostupnosti a radiální kartografická anamorfóza

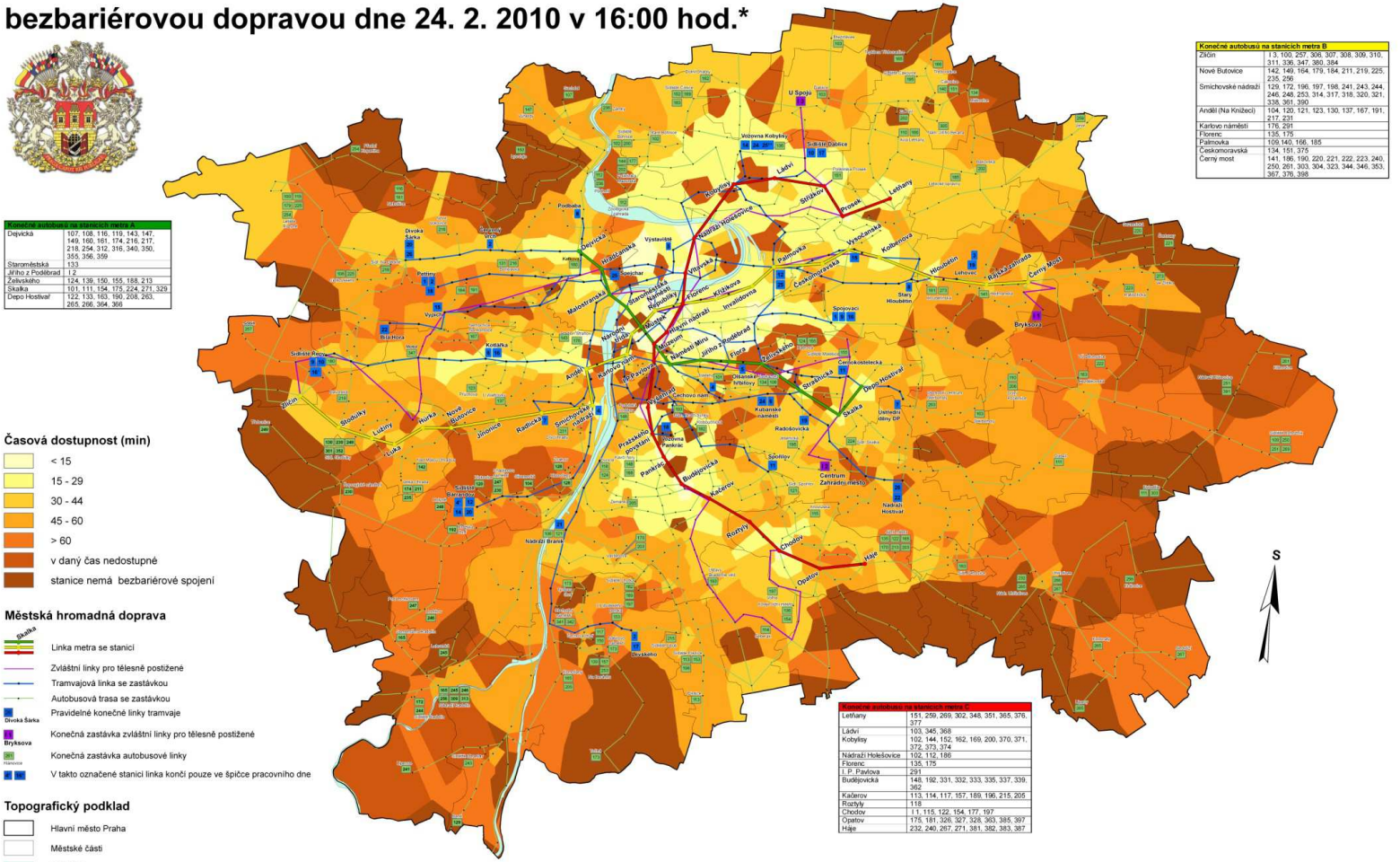
Výzkum dostupností na UK v Praze

- disertační, diplomové a bakalářské práce v tématech
  - analýzy dostupnosti různých částí území s využitím různých dopravních módů
  - změny dostupnosti v čase
  - vztahy dostupnosti a dalších jevů (benzínové stanice, hypermarkety, dojížďka do škol a zaměstnání, regionální rozvoj a další, optimální rozmístění tanečních soutěží v Česku)
  - tvorba modelů dostupnosti a jejich přesnost
  - algoritmy pro pokročilejší analýzy dostupností
- granty ESPON, GAČR a další
- široké využití v rámci dopravního plánování, dopravního výzkumu, koncepčního řešení dopravy ve městě a v republice a další



ČASOVÁ DOSTUPNOST PRAHY ZE ZASTÁVKY HLAVNÍ NÁDRAŽÍ

bezbariérovou dopravou dne 24. 2. 2010 v 16:00 hod.*

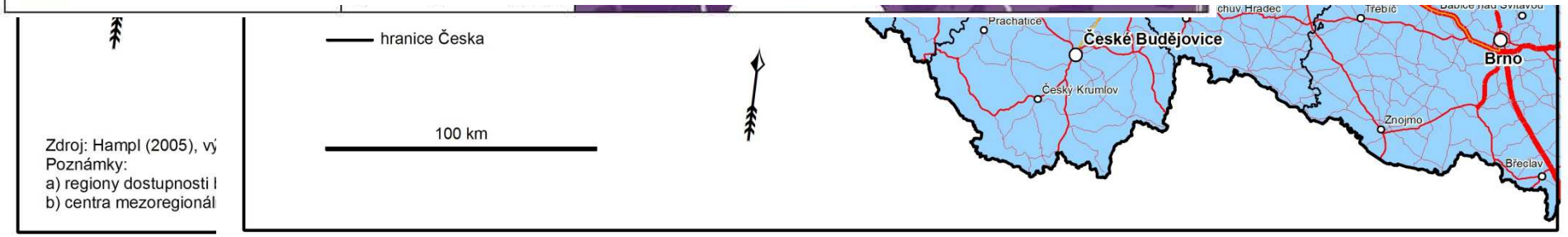


* uvedený čas je nejbližší zahrnutý termín ojezdu ze zastávky Hlavní nádraží

Zdroje: ESRI Inc. ArcCR 2.0 [datové soubory, DVD]
ArcGIS 9.2. Praha : ARCDATA PRAHA, s.r.o. 2006

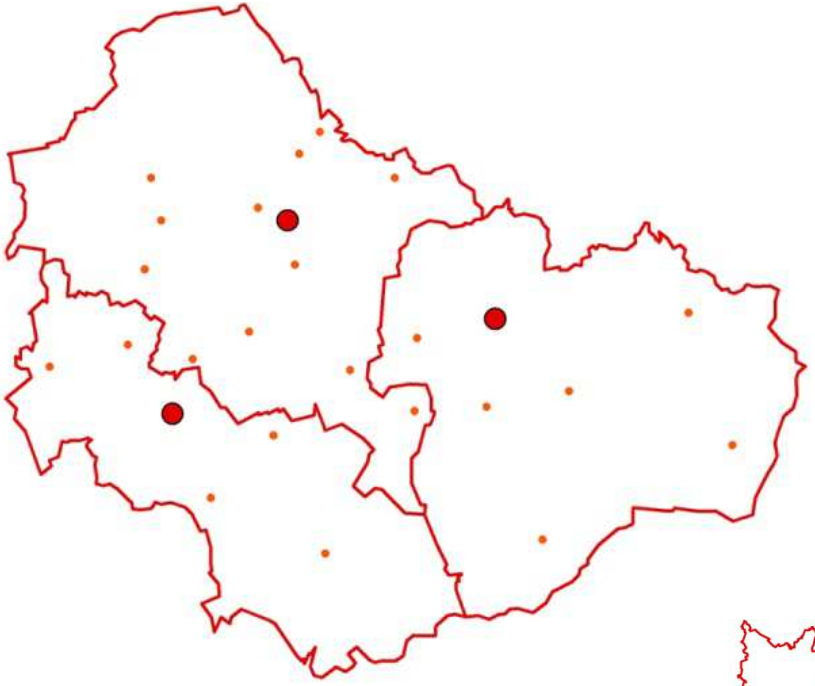
Dopravní podniky hlavního města Prahy
Aktualizováno 2010 [cit. 2010-04-05]
dostupné z: <http://www.dpp.cz/>

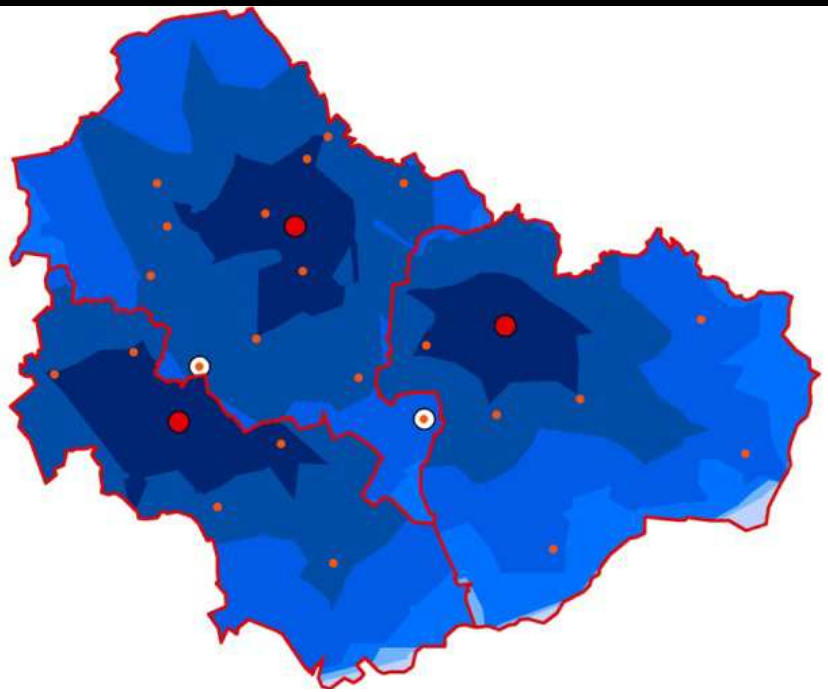
Eva ROSOVÁ
Praha 2010

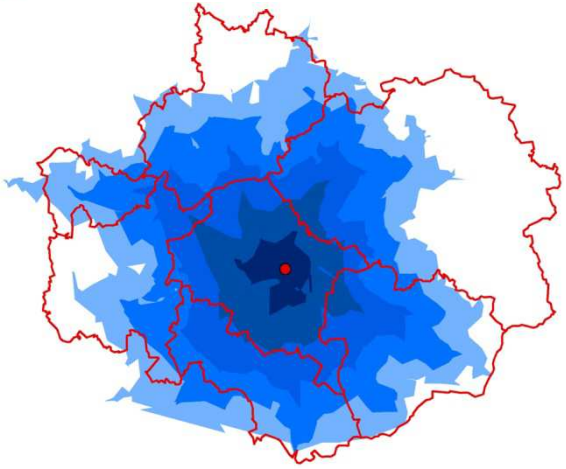


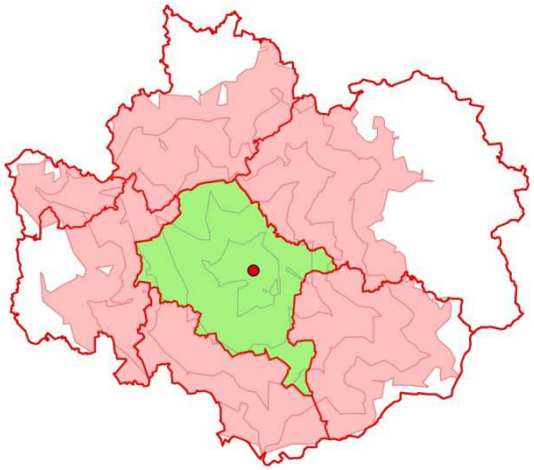
Zdroj: Hampl (2005), vý
Poznámky:
a) regiony dostupnosti
b) centra mezoregionál

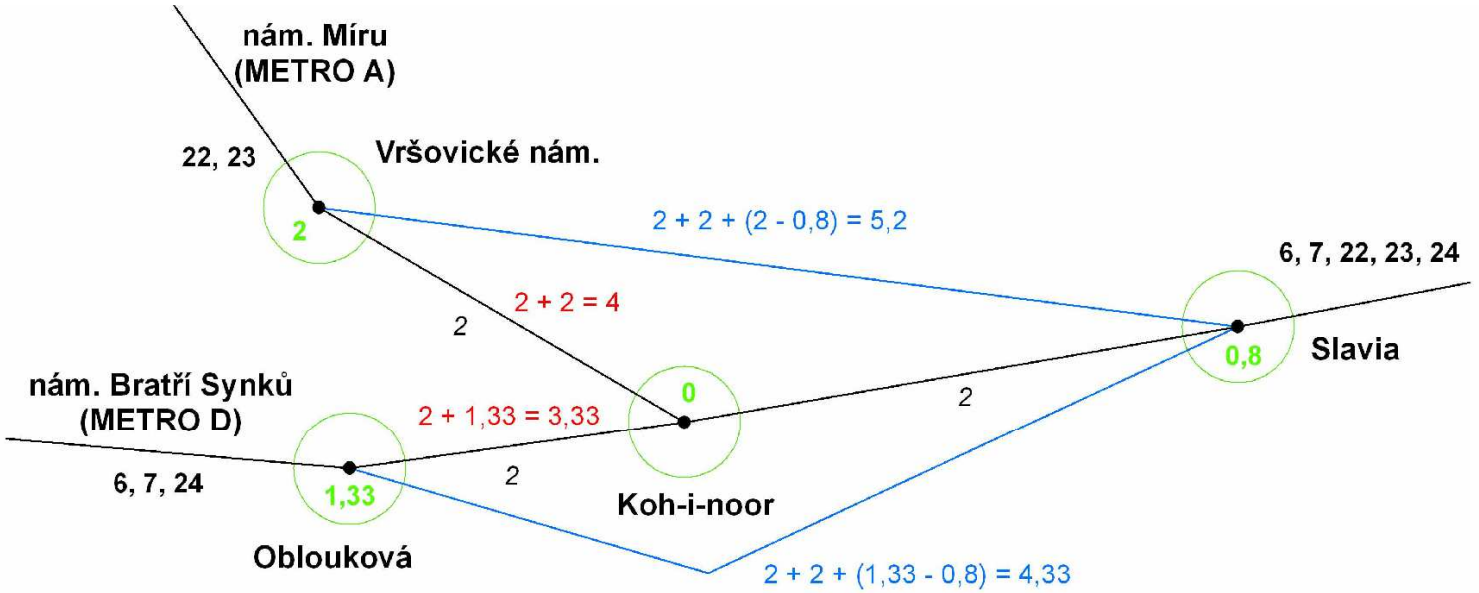
Algoritmy pro dávkové analýzy dostupností









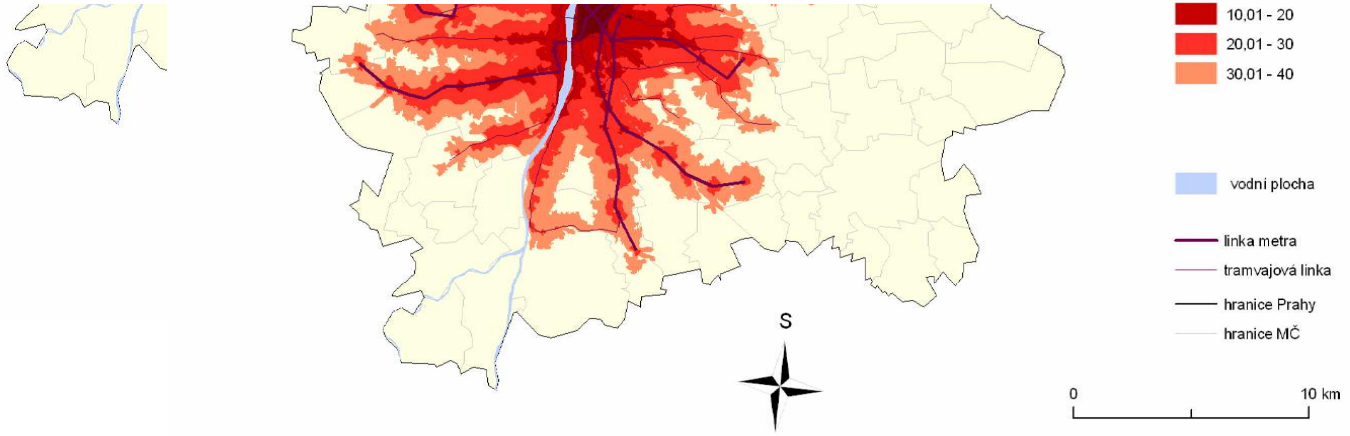


- zastávka
- tramvajová trať
- pomocná hrana
- 1,33 vyjádření doby čekání na soupravu

- *2* délka úseku dle JŘ
- 2 délka pomocné hrany (s výpočtem)
- 4 přepočtená délka úseku
- **6** číslo tramvajové linky

AKCESIBILITA

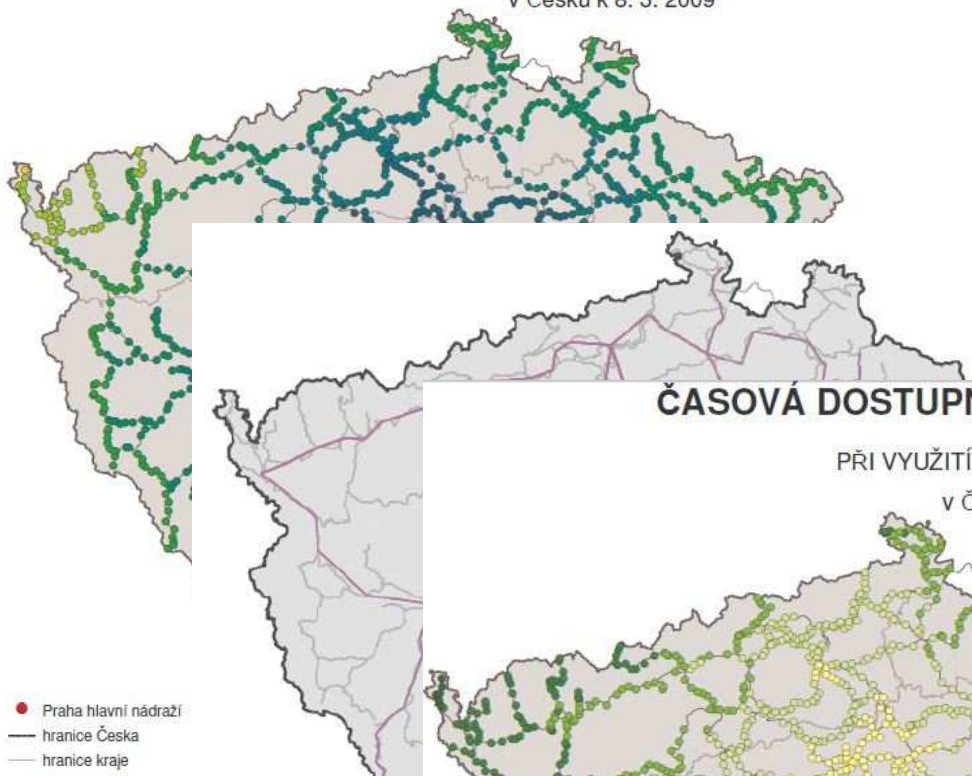
centra Prahy pomocí systému metra a tramvají v roce 2020



ČASOVÁ DOSTUPNOST ŽELEZNIČNÍCH STANIC

PŘI VYUŽITÍ KATEGORIE OSOBNÍCH VLAKŮ

v Česku k 8. 3. 2009



Zóny časové dostupnosti pro železniční stanice při využití kategorie osobních vlaků (hh:mm)

- méně než 01:00
- 01:01 - 02:00
- 02:01 - 03:00
- 03:01 - 04:00
- 04:01 - 05:00

Železniční síť

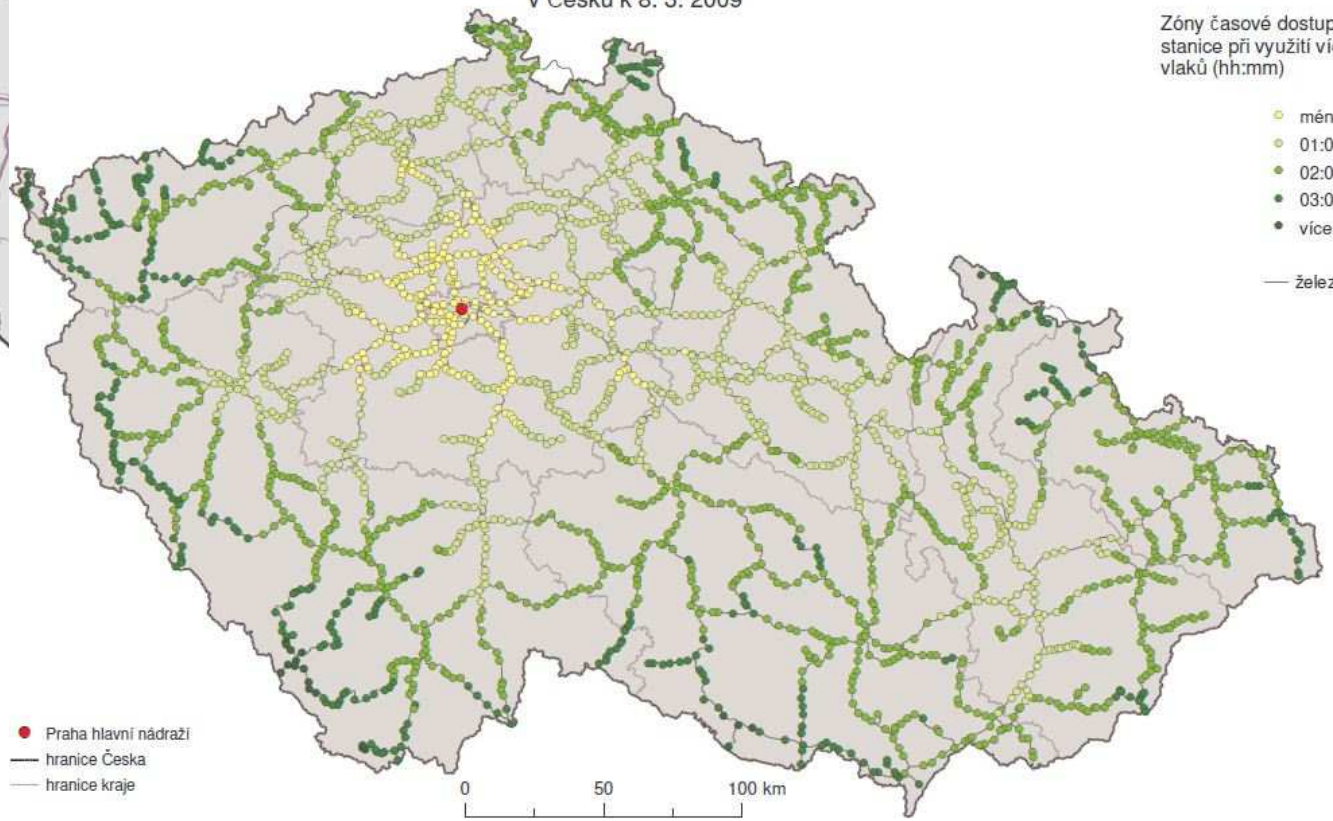
- uměle vytvořená (vlaky vyšší kategorie)
- reálná (kategorie osobních vlaků)

- Praha hlavní nádraží
- hranice Česka
- hranice kraje

ČASOVÁ DOSTUPNOST ŽELEZNIČNÍCH STANIC

PŘI VYUŽITÍ VÍCE KATEGORIÍ VLAKŮ

v Česku k 8. 3. 2009



Zóny časové dostupnosti pro železniční stanice při využití více kategorií vlaků (hh:mm)

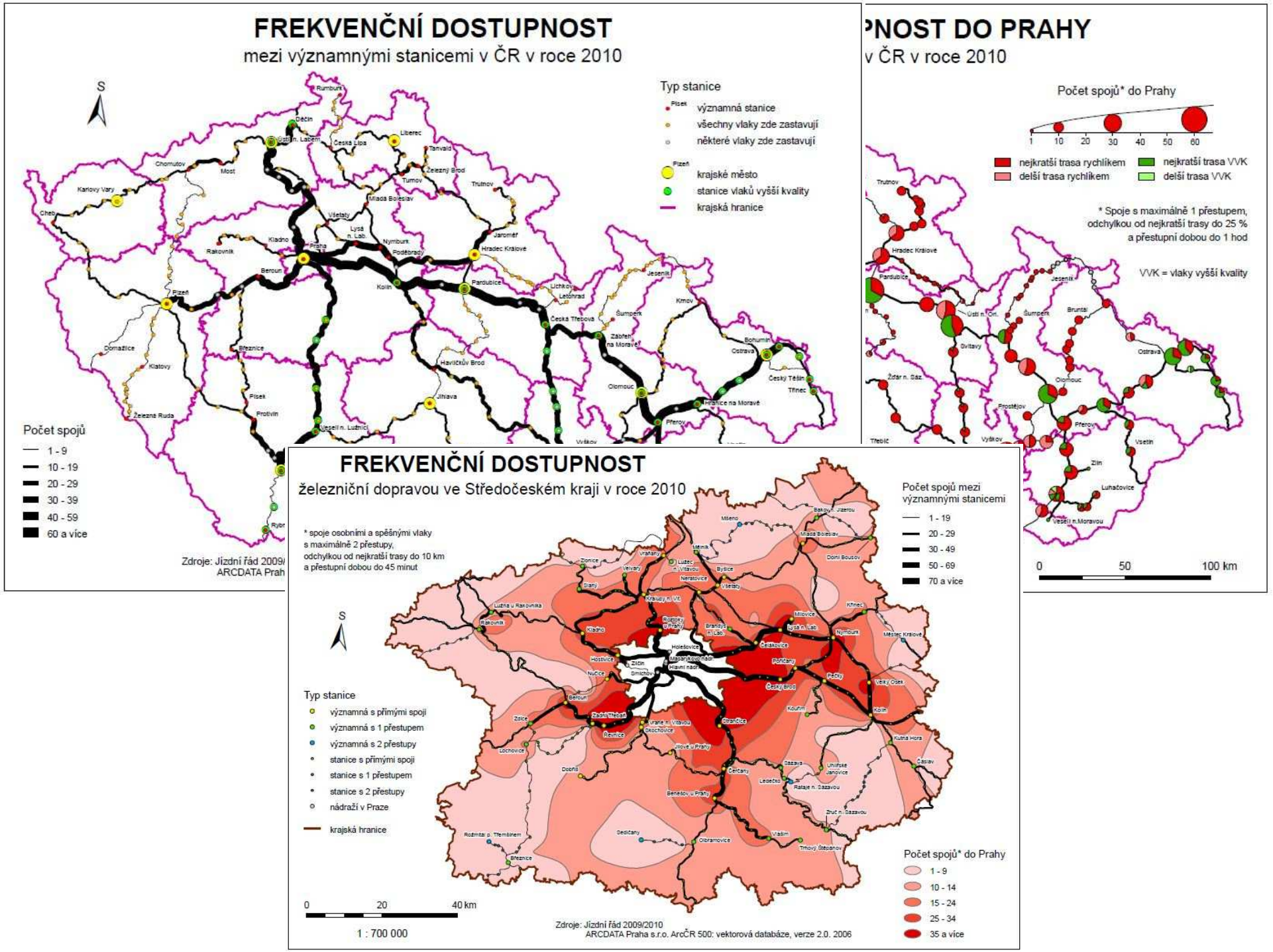
- méně než 01:00
- 01:01 - 02:00
- 02:01 - 03:00
- 03:01 - 04:00
- více než 04:00

- železnice

- Praha hlavní nádraží
- hranice Česka
- hranice kraje

0 50 100 km

S


FREKVENČNÍ DOSTUPNOST
mezi významnými stanicemi v ČR v roce 2010
S
Typ stanice
významná stanice
všechny vlaky zde zastavují
některé vlaky zde zastavují
krajské město
stanice vlaků vyšší kvality
krajská hranice
Počet spojů
1 - 9
10 - 19
20 - 29
30 - 39
40 - 59
60 a více
Zdroje: Jízdní řád 2009/
ARCDATA Prah
PNOST DO PRAHY
v ČR v roce 2010
Počet spojů* do Prahy
1
10
20
30
40
50
60
nejkratší trasa rychlíkem
delší trasa rychlíkem
nejkratší trasa VVK
delší trasa VVK
* Spoje s maximálně 1 přestupem,
odchylkou od nejkratší trasy do 25 %
a přestupní dobou do 1 hod
VVK = vlaky vyšší kvality
0
50
100 km
FREKVENČNÍ DOSTUPNOST
železniční dopravou ve Středočeském kraji v roce 2010
* spoje osobními a spěšnými vlaky
s maximálně 2 přestupy,
odchylkou od nejkratší trasy do 10 km
a přestupní dobou do 45 minut
S
Typ stanice
významná s přímými spoji
významná s 1 přestupem
významná s 2 přestupy
stanice s přímými spoji
stanice s 1 přestupem
stanice s 2 přestupy
nádraží v Praze
krajská hranice
Počet spojů mezi
významnými stanicemi
1 - 19
20 - 29
30 - 49
50 - 69
70 a více
Počet spojů* do Prahy
1 - 9
10 - 14
15 - 24
25 - 34
35 a více
0
20
40 km
1 : 700 000
Zdroje: Jízdní řád 2009/2010
ARCDATA Praha s.r.o. ArcČR 500: vektorová databáze, verze 2.0. 2006

Projekt GAČR (2010-2012): Analýza vývoje akcesibility v Česku v období 1921 – 2020

- **Hlavní cíle projektu**
  - Historicko-geografická analýza změny akcesibility na území Česka v průběhu 100 let
    - od vzniku samostatného Československa v r. 1918
    - do plánovaného rozšíření dálniční sítě a železničních koridorů v roce 2020 (původně)

- **Dílčí cíle**
  - Analýza rychlosti dopravních módů v historii Česka
  - Dostupnost z nejvýznamnějších středisek systému osídlení v Česku
  - Vytvoření ucelené metodiky pro dostupnostní a historicko-geografické analýzy
  - Digitalizace dopravních sítí pro historická období (po 10 letech)
  - Vytvoření metodiky pro vizualizaci dostupností

Současný stav rozpracovanosti

- **Silniční doprava**
  - kompletně digitalizované silniční sítě po 10 letech
  - na vybraných obdobích vytvořeny modely dostupností (1920, 1960, 2001, 2020)
  - pro tato období analyzována časová a vzdálenostní dostupnost a jejich změna
  - vypracovaná metodika tvorby modelu dostupnosti se zahrnutými faktory: typ a třída silnice, intravilán vs. extravilán, sklonitost, dopravní špička vs. doprava mimo špičku

- **Železniční doprava**
  - kompletně digitalizované železniční sítě pro 5 období (1918, 1957, 1981, 2009, 2020)
  - na těchto vybraných obdobích vytvořeny modely dostupností
  - pro období 2009 vyzkoušena metodika výpočtu i s návazností vlaků

DOSTUPNOST PRAHY

silniční dopravou v roce 1920

DOSTUPNOST PRAHY

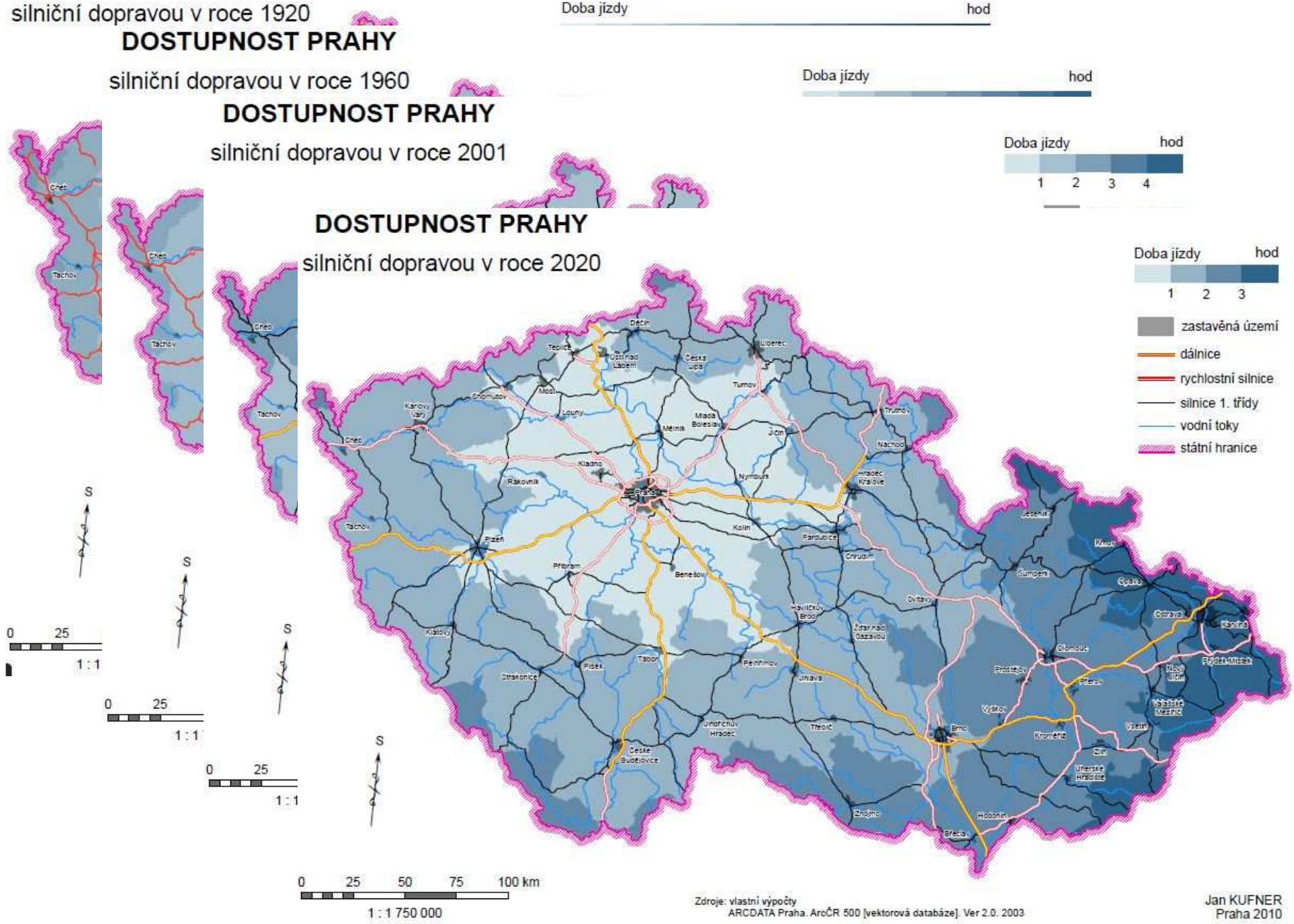
silniční dopravou v roce 1960

DOSTUPNOST PRAHY

silniční dopravou v roce 2001

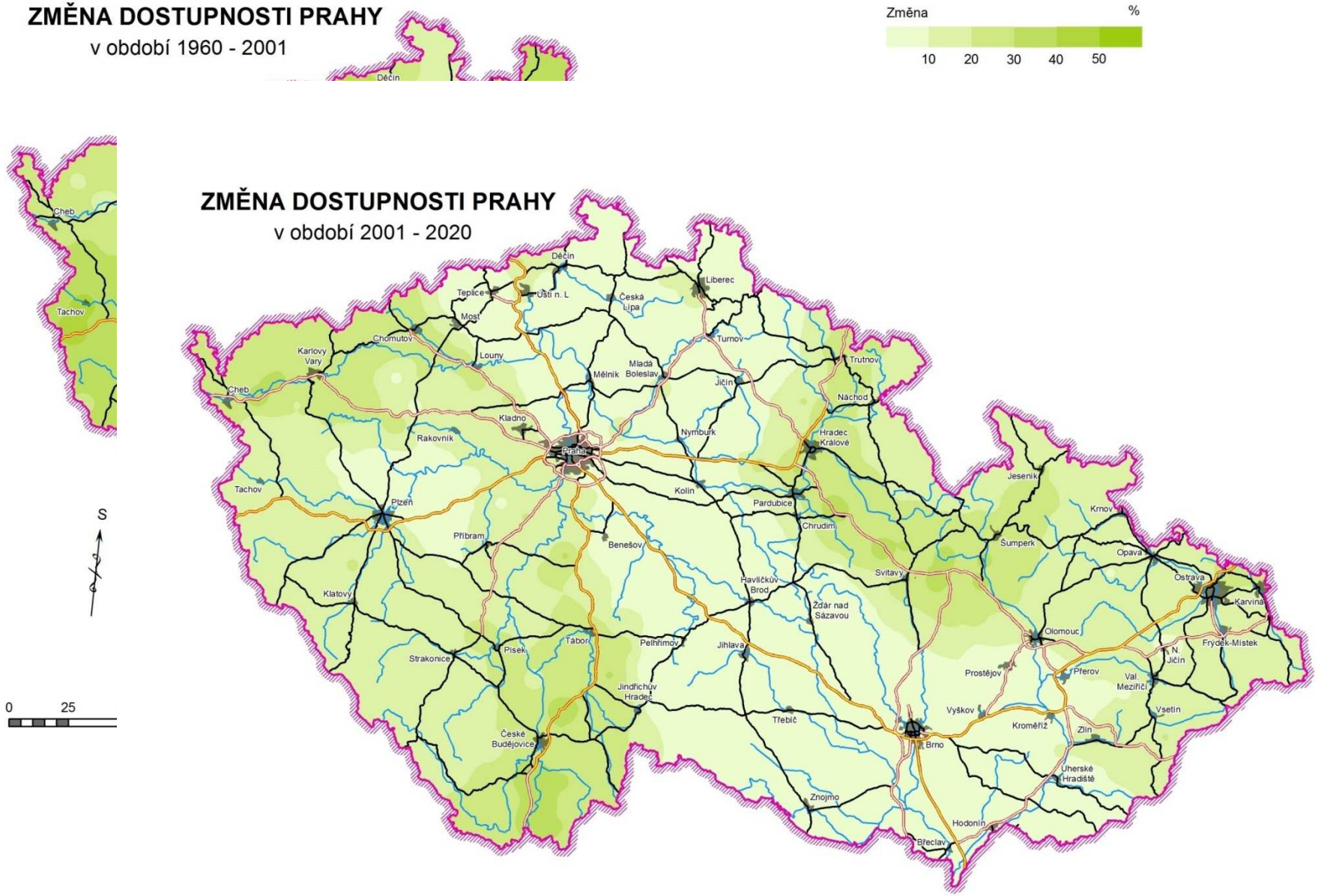
DOSTUPNOST PRAHY

silniční dopravou v roce 2020



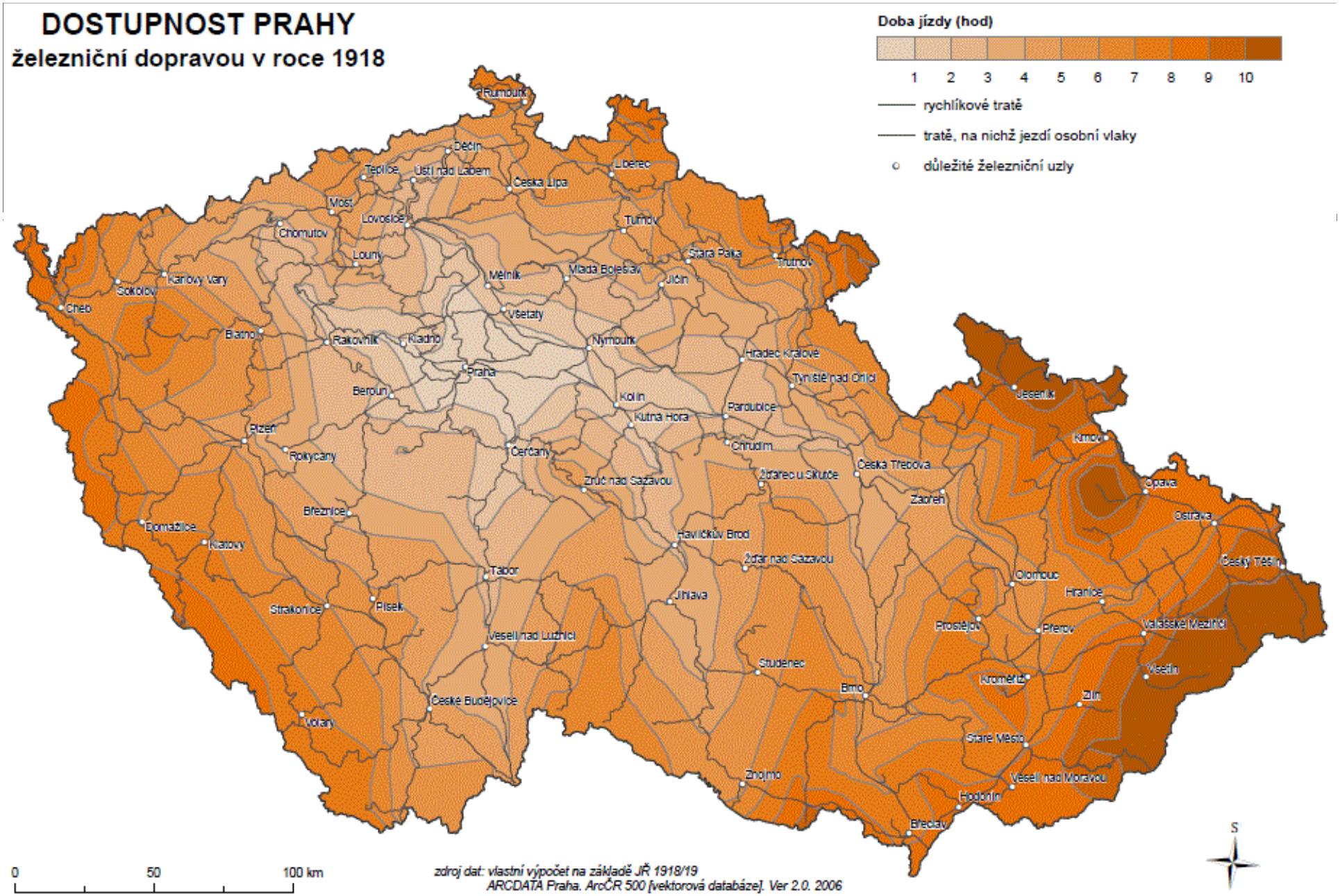
Zdroje: vlastní výpočty
ARCDATA Praha. ArcČR 500 [vektorová databáze]. Ver 2.0. 2003

Jan KUFNER
Praha 2010


ZMĚNA DOSTUPNOSTI PRAHY
v období 1960 - 2001
Změna
%
10
20
30
40
50
ZMĚNA DOSTUPNOSTI PRAHY
v období 2001 - 2020
Děčín
Liberec
Teplice
Ústí n. L.
Česká Lípa
Most
Chomutov
Turnov
Karlovy Vary
Louny
Mladá Boleslav
Trutnov
Mělník
Jičín
Cheb
Náchod
Kladno
Nymburk
Rakovník
Hradec Králové
Praha
Tachov
Jeseník
Kolín
Pardubice
Plzeň
Krnov
Chrudim
Příbram
Benešov
Šumperk
Opava
Svitavy
Havlíčkův Brod
Ostrava
Klatovy
Žďár nad Sázavou
Karviná
Olomouc
Frýdek-Místek
Tábor
Pelhřimov
Jihlava
Písek
Strakonice
Prostějov
Přerov
N. Jičín
Val. Meziříčí
Jindřichův Hradec
Vsetín
Vyškov
Třebíč
Kroměříž
Zlín
České Budějovice
Brno
Uherské Hradiště
Znojmo
Hodonín
Břeclav
S
0
25

DOSTUPNOST PRAHY

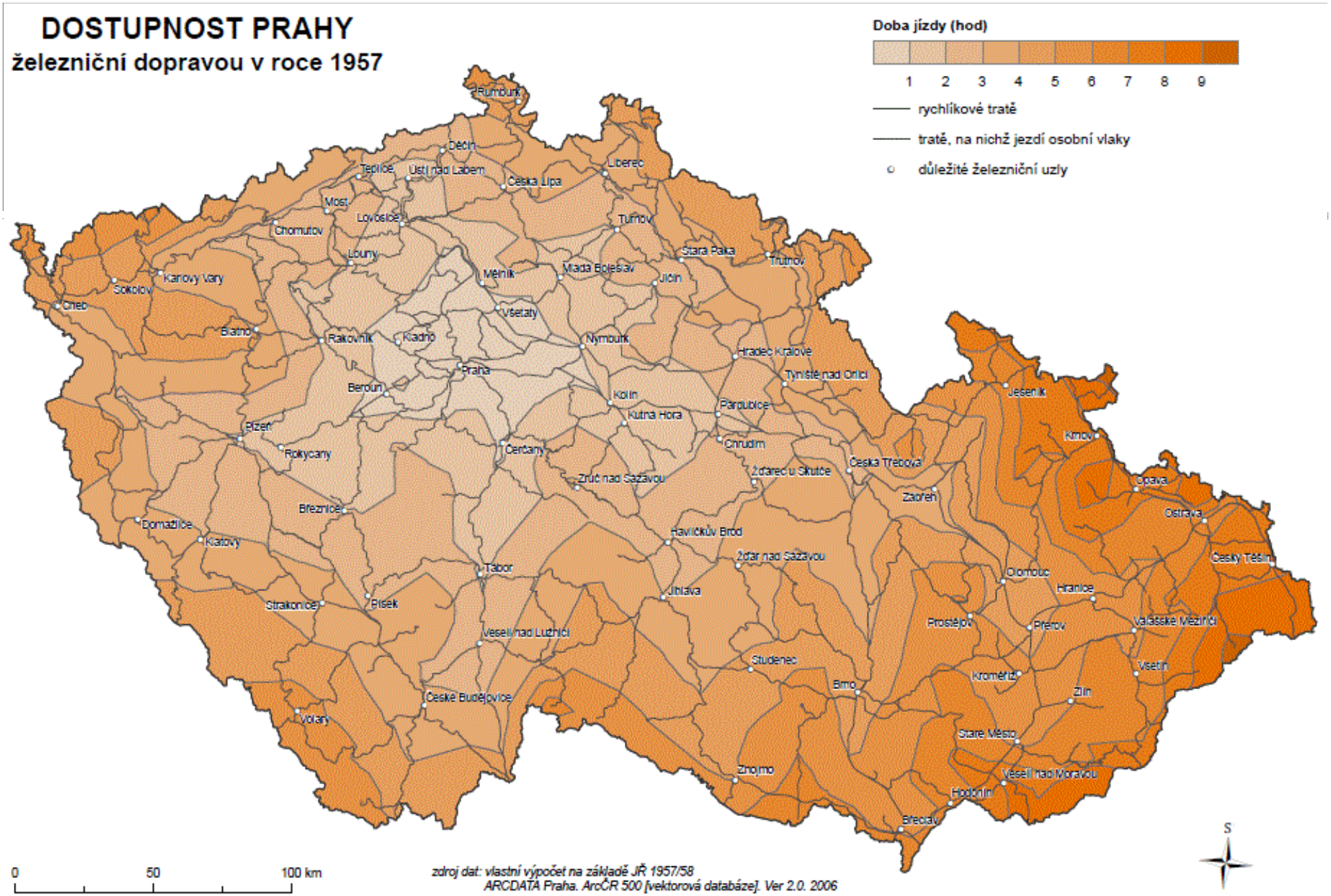
železniční dopravou v roce 1918



zdroj dat: vlastní výpočet na základě JŘ 1918/19
ARCDATA Praha. ArcČR 500 [vektorová databáze]. Ver 2.0. 2006

DOSTUPNOST PRAHY

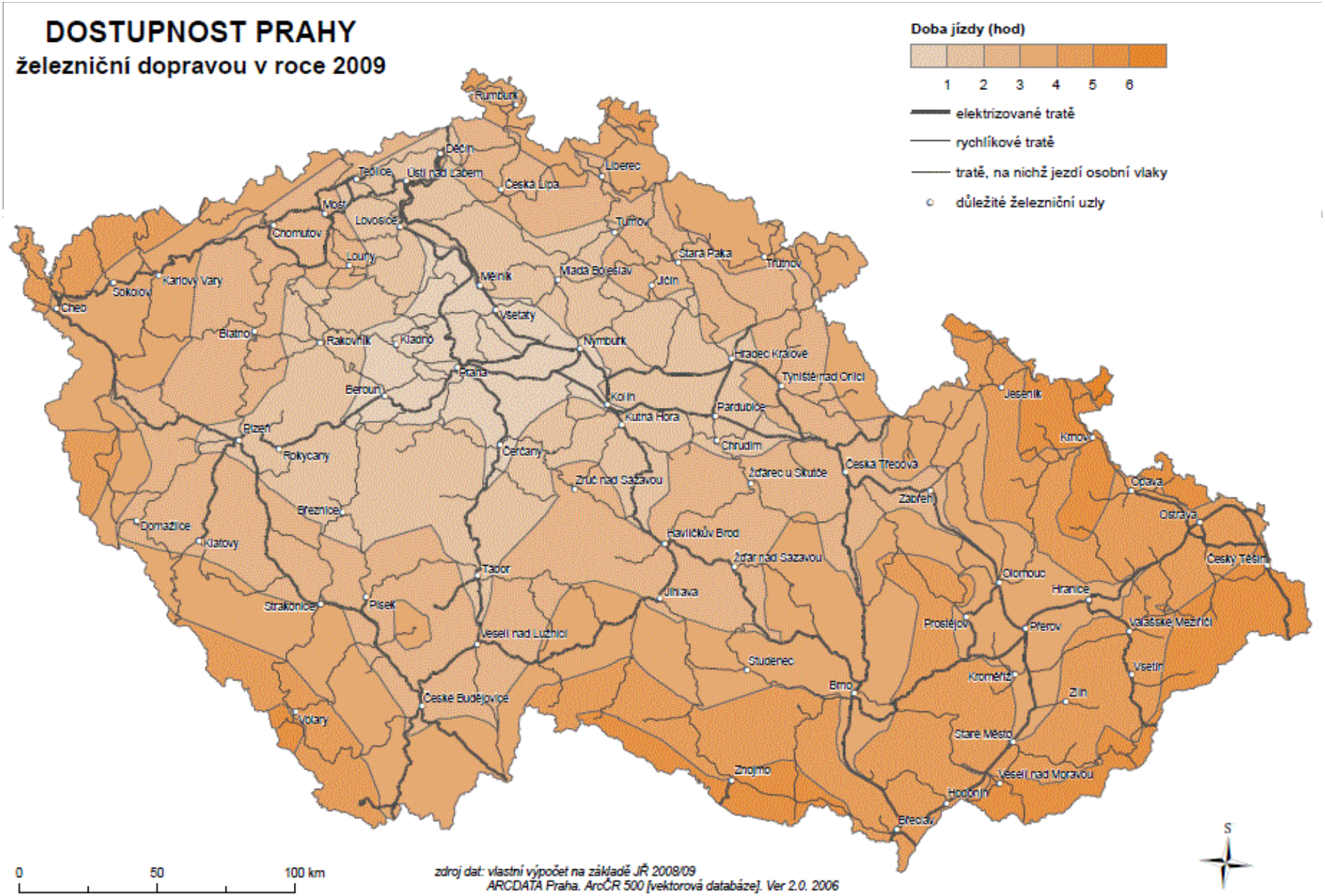
železniční dopravou v roce 1957



zdroj dat: vlastní výpočet na základě JŘ 1957/58
ARCDATA Praha. ArcČR 500 [vektorová databáze]. Ver 2.0. 2006

DOSTUPNOST PRAHY

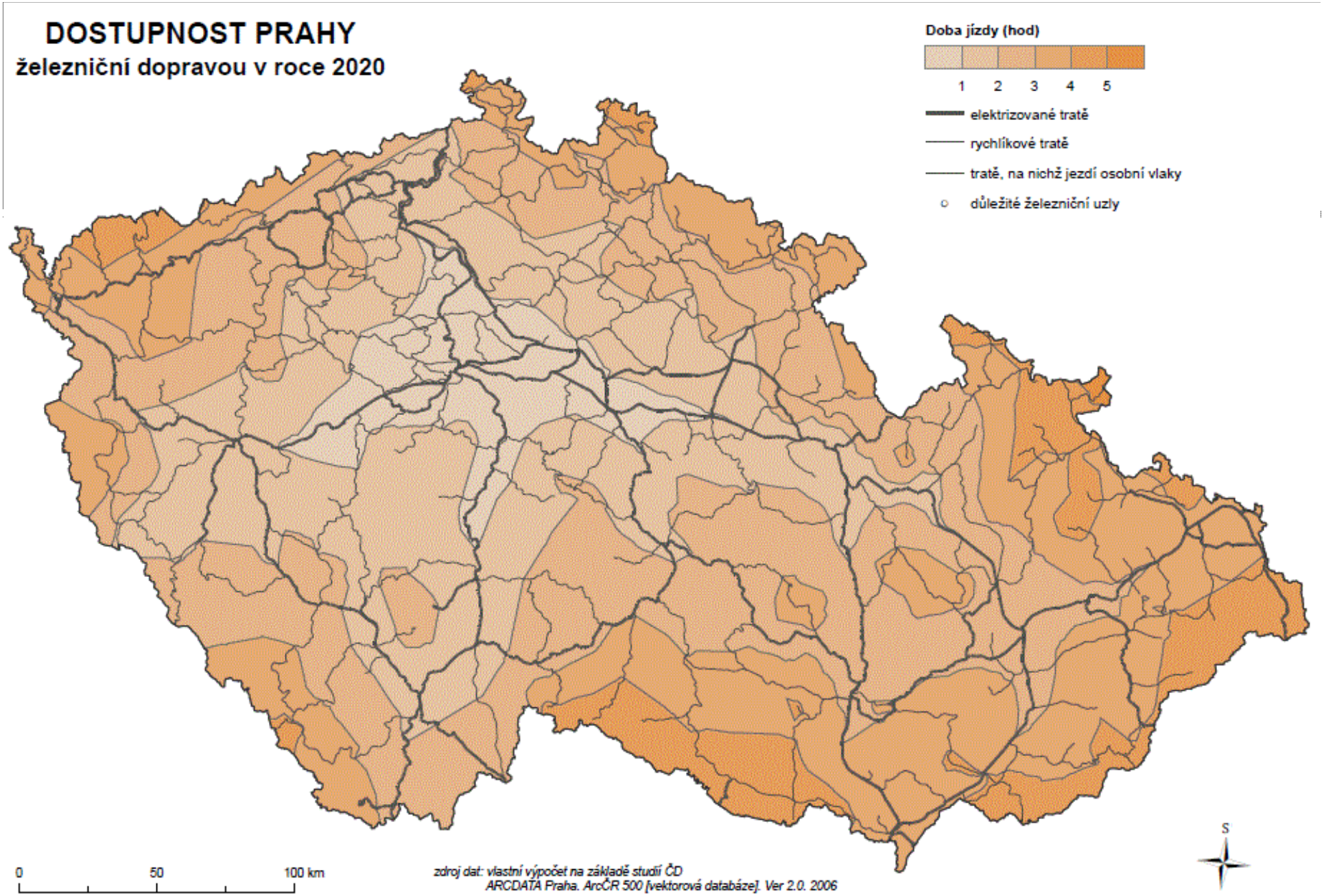
železniční dopravou v roce 2009



zdroj dat: vlastní výpočet na základě JŘ 2008/09
ARCDATA Praha. ArcČR 500 [vektorová databáze]. Ver 2.0. 2006

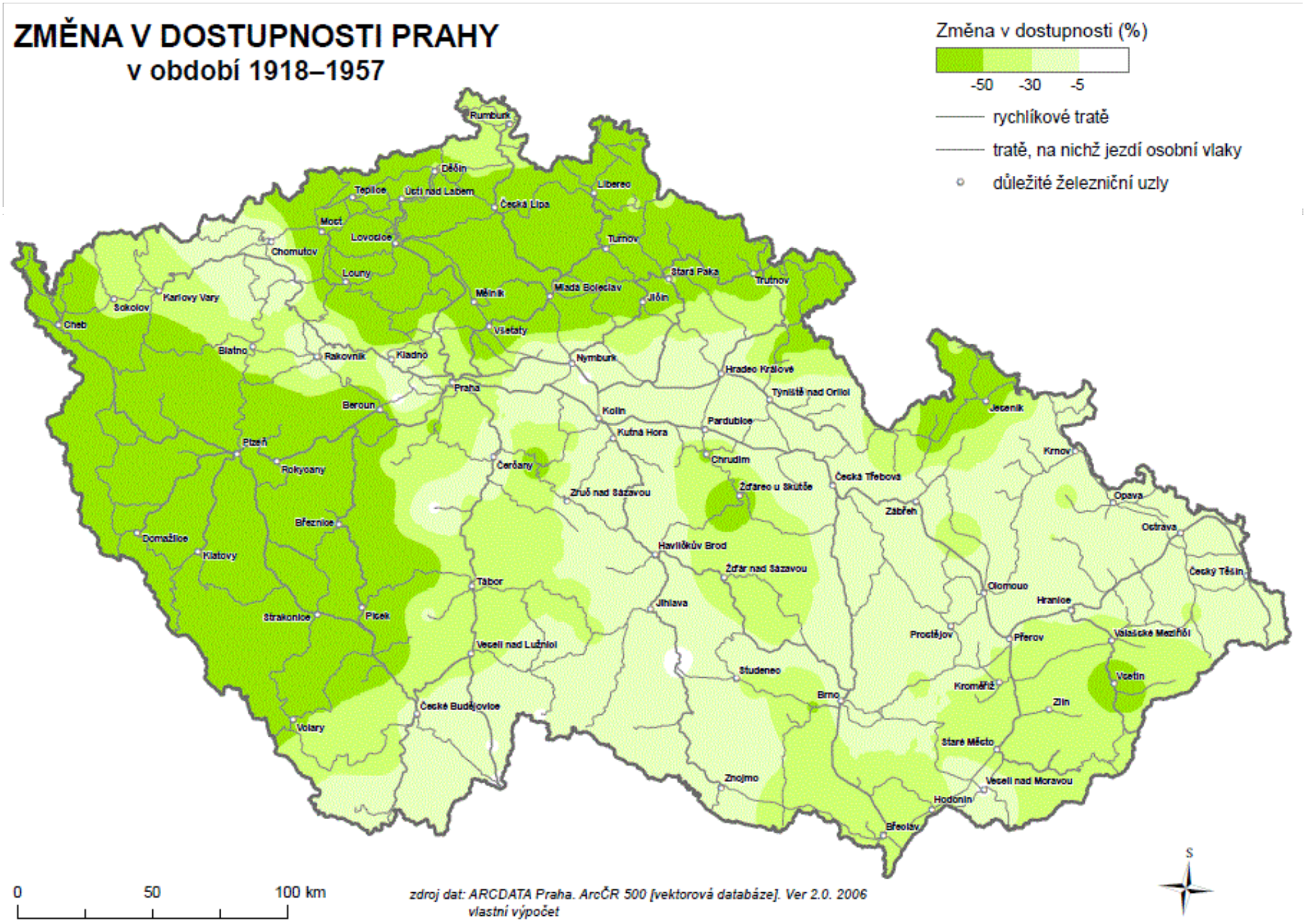
DOSTUPNOST PRAHY

železniční dopravou v roce 2020

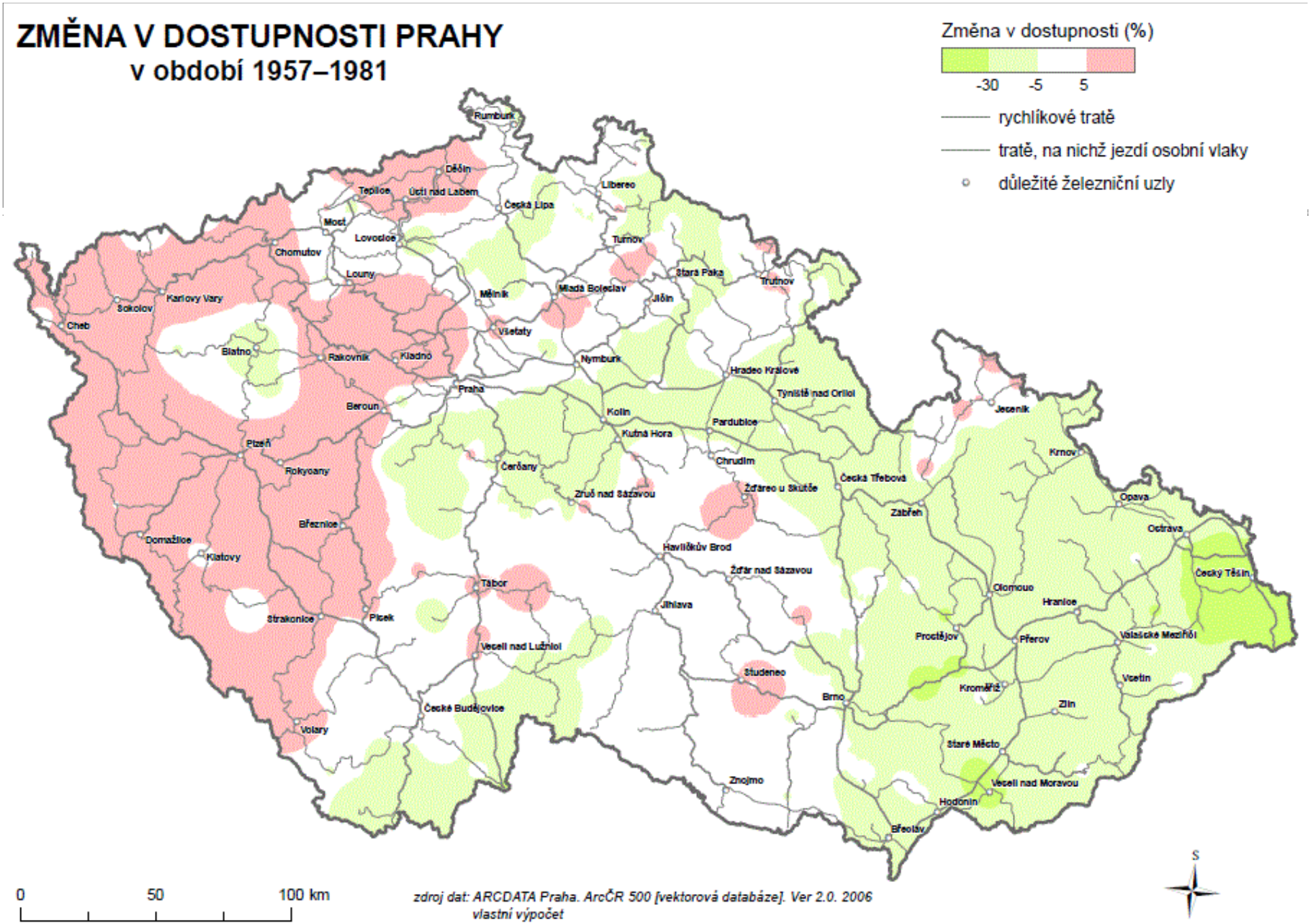


zdroj dat: vlastní výpočet na základě studií ČD
ARCDATA Praha. ArcČR 500 [vektorová databáze]. Ver 2.0. 2006

ZMĚNA V DOSTUPNOSTI PRAHY
v období 1918–1957

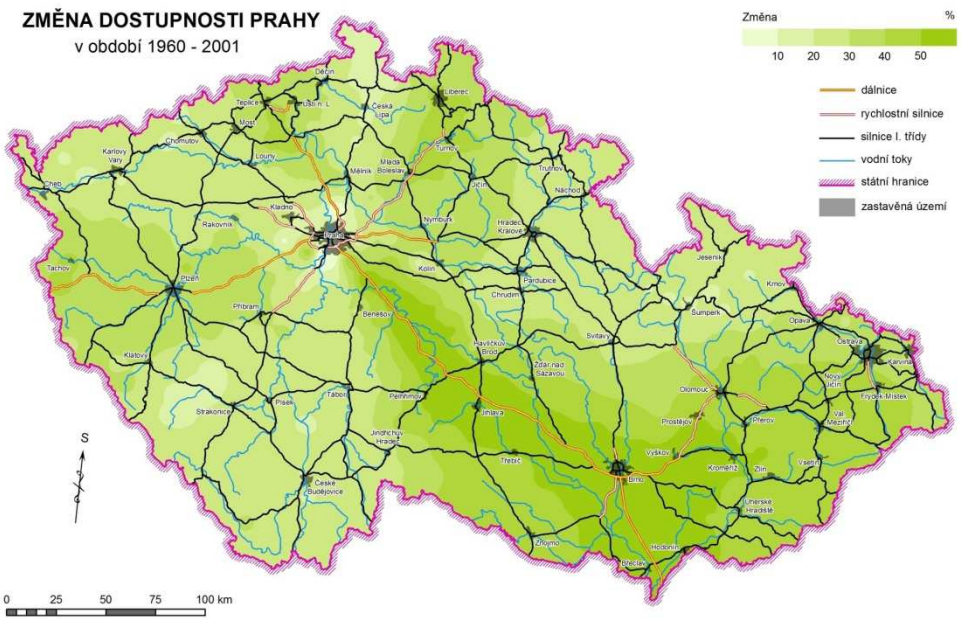


ZMĚNA V DOSTUPNOSTI PRAHY
v období 1957–1981



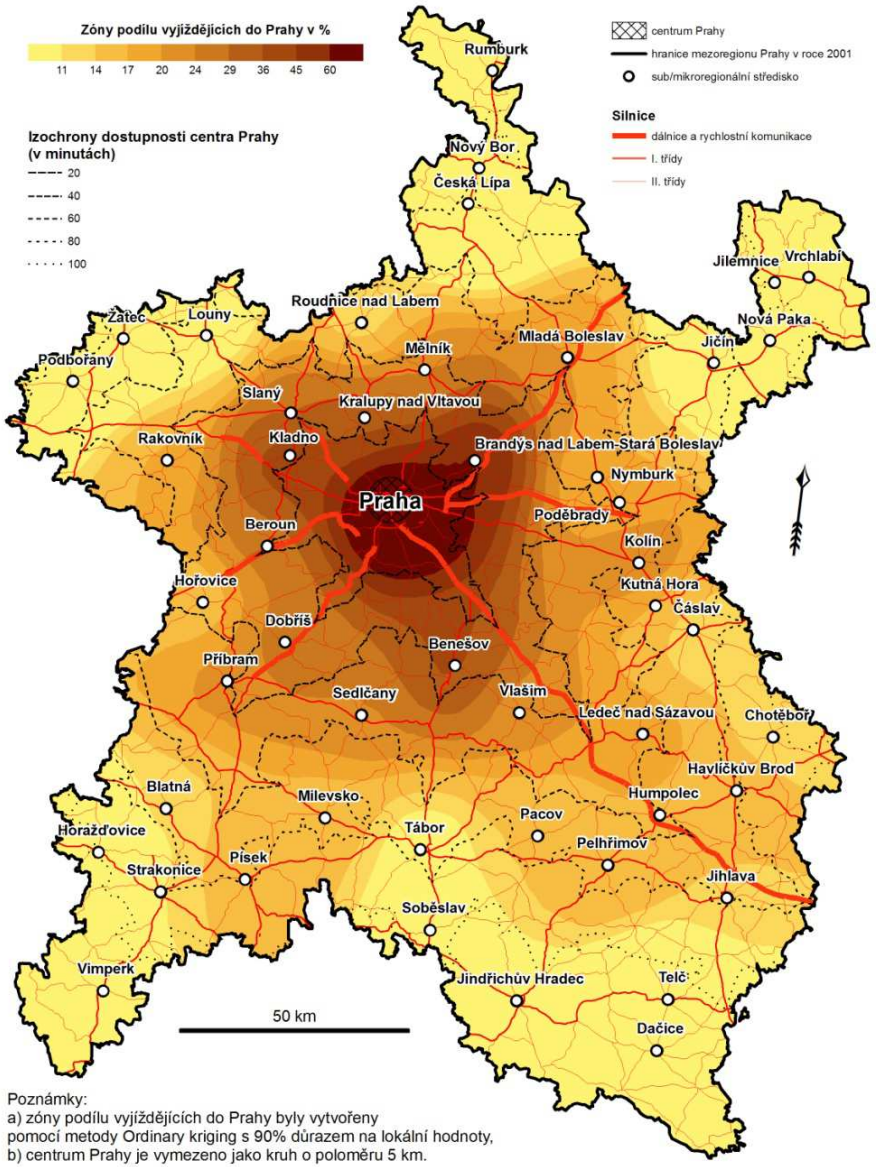
zdroj dat: ARCDATA Praha. ArcČR 500 [vektorová databáze]. Ver 2.0. 2006
vlastní výpočet

Použité kartografické metody znázornění časové dostupnosti



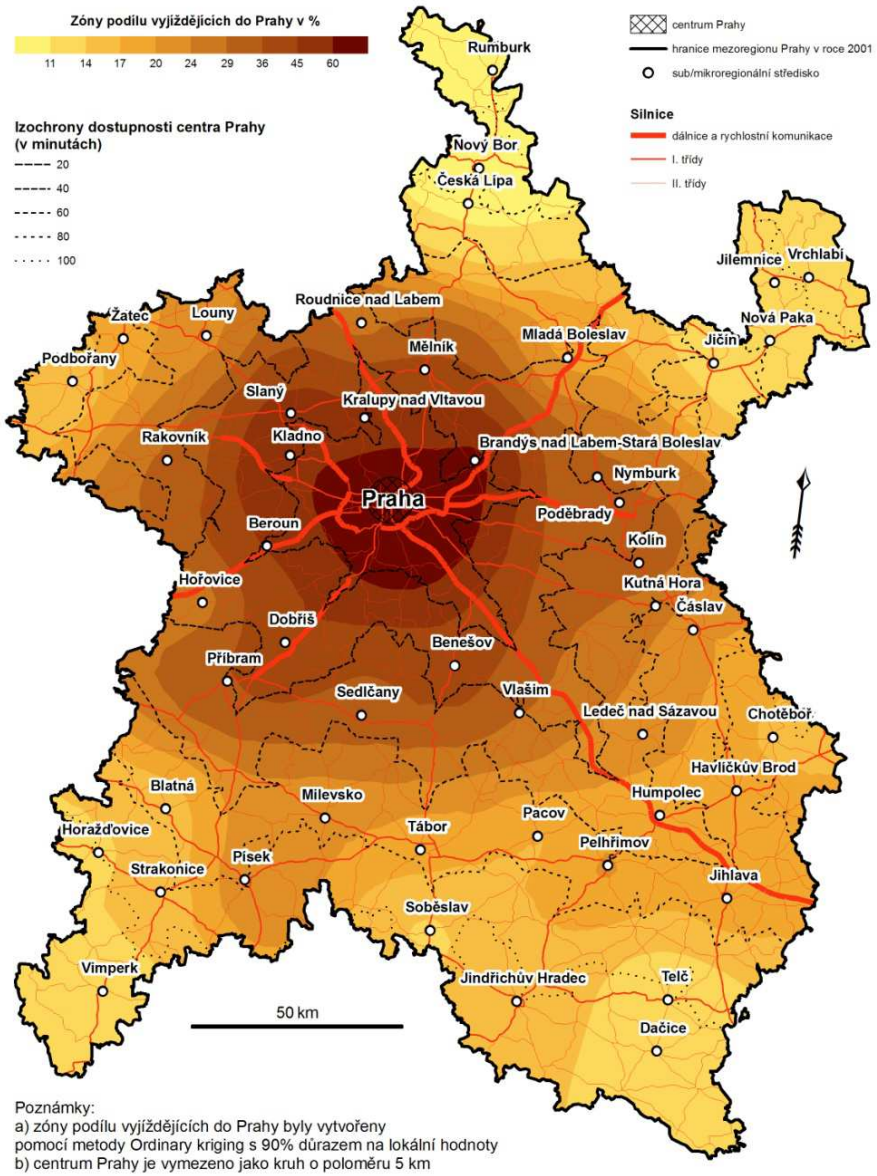
nebo nějak jinak?

DOMINANCE PRAHY
v mezoregionu v roce 1991

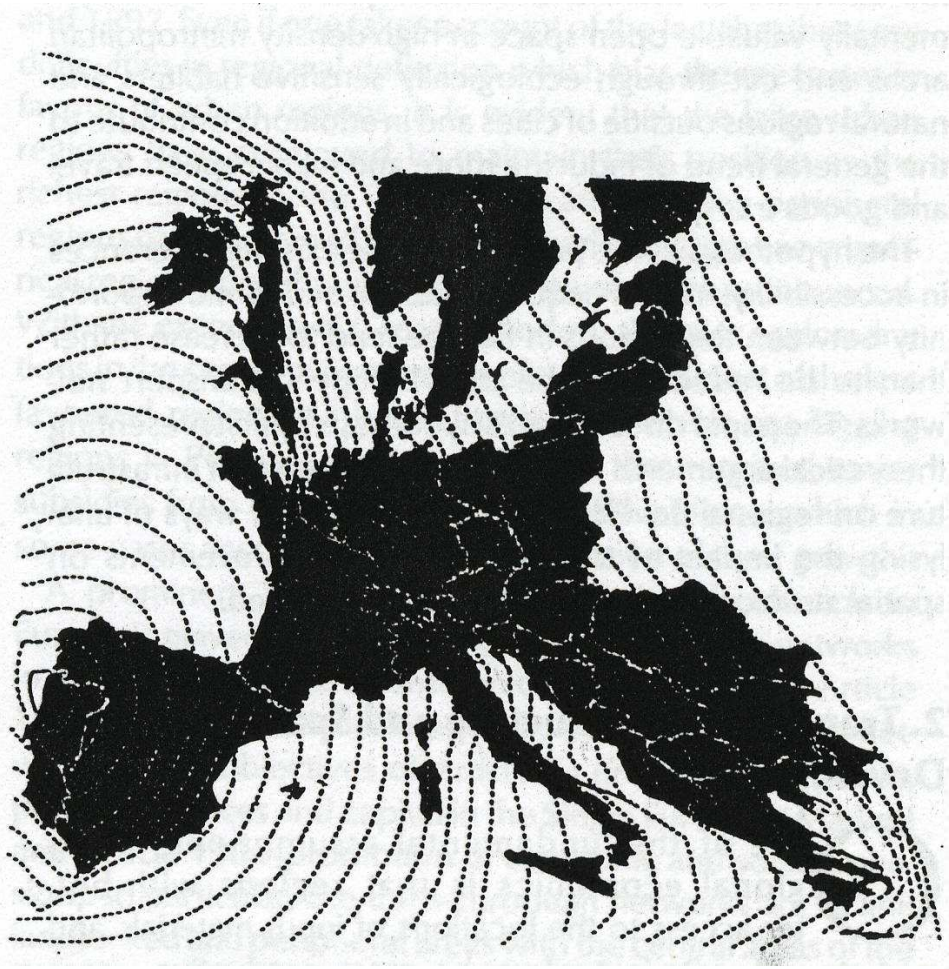


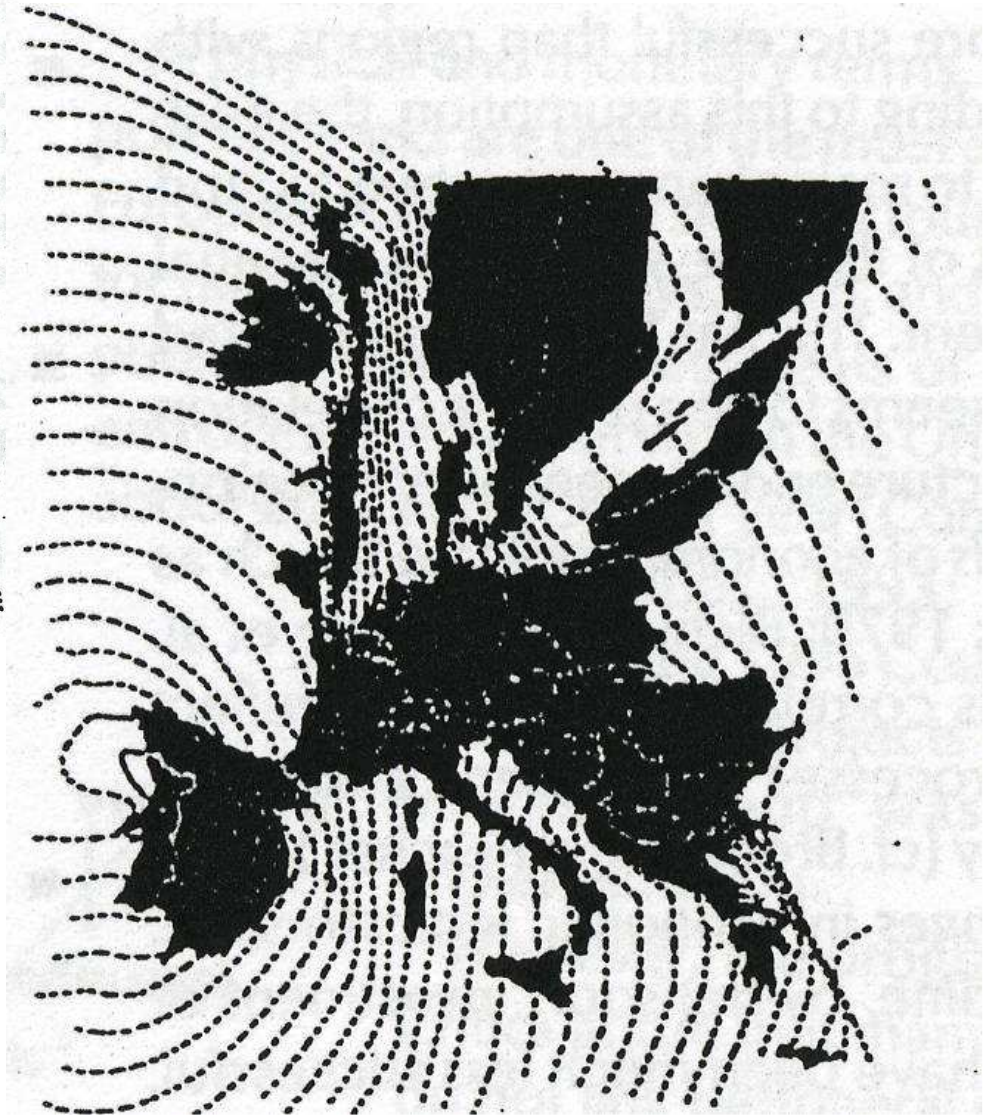
Poznámky:
a) zóny podílu vyjíždějících do Prahy byly vytvořeny pomocí metody Ordinary kriging s 90% důrazem na lokální hodnoty,
b) centrum Prahy je vymezeno jako kruh o poloměru 5 km.

DOMINANCE PRAHY
v mezoregionu v roce 2001



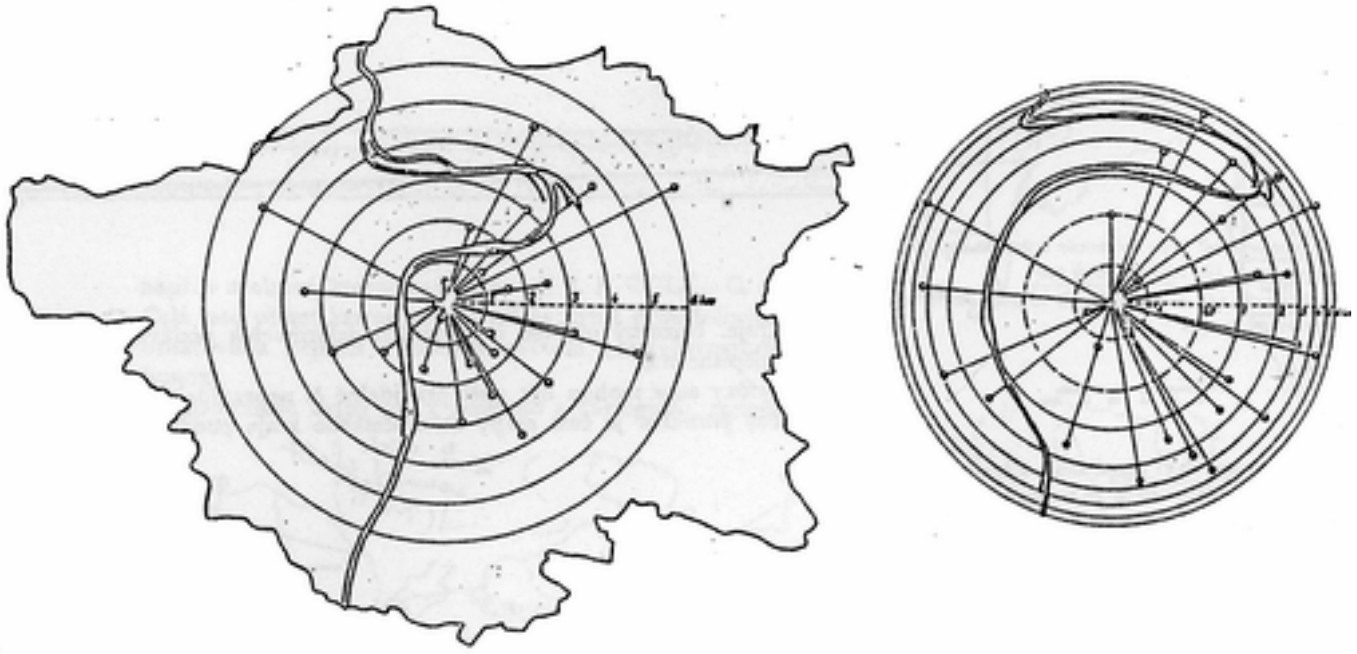
Poznámky:
a) zóny podílu vyjíždějících do Prahy byly vytvořeny pomocí metody Ordinary kriging s 90% důrazem na lokální hodnoty
b) centrum Prahy je vymezeno jako kruh o poloměru 5 km



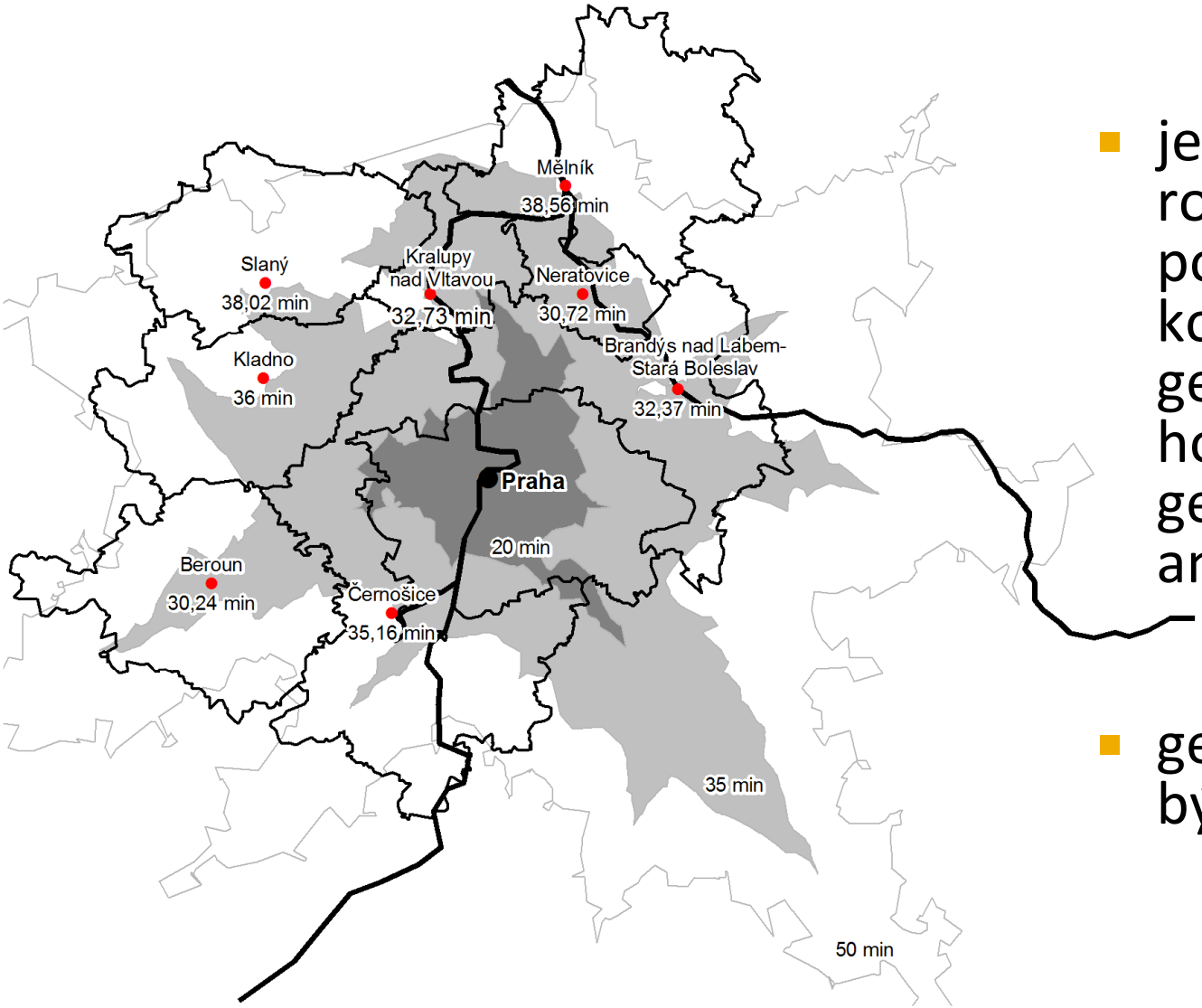


Radiální kartografická anamorfóza - matematická

- Konstrukce probíhá podle soustředných křivek (nejčastěji kružnic), které reprezentují konstantní hodnotu reálné proměnné
- Pokud je odstup křivek vypočítán podle matematického vzorce, jedná se o matematickou radiální anamorfózu



Radiální kartografická anamorfóza - geografická



- jestliže tvar a rozmístění křivek podléhá konkrétnímu geografickému jevu, hovoříme o geografické radiální anamorfóze

- geografický jev musí být koncentrický

Výhody použití R.K.A.G. pro analýzy dostupnosti a zapojení GIS

- názornější a pro uživatele snazší interpretace znázorňovaného geografického jevu
- atraktivnost výstupu
- usnadnění dalších analýz
- **zapojení GIS**
  - jednodušší zpracování - širší využívání u kartograficky méně zdatných uživatelů
  - časově značně rychlejší tvorba výstupů
- **a nevýhody**
  - vhodnost a množství prvků
  - měřítko
  - míra deformace prostoru

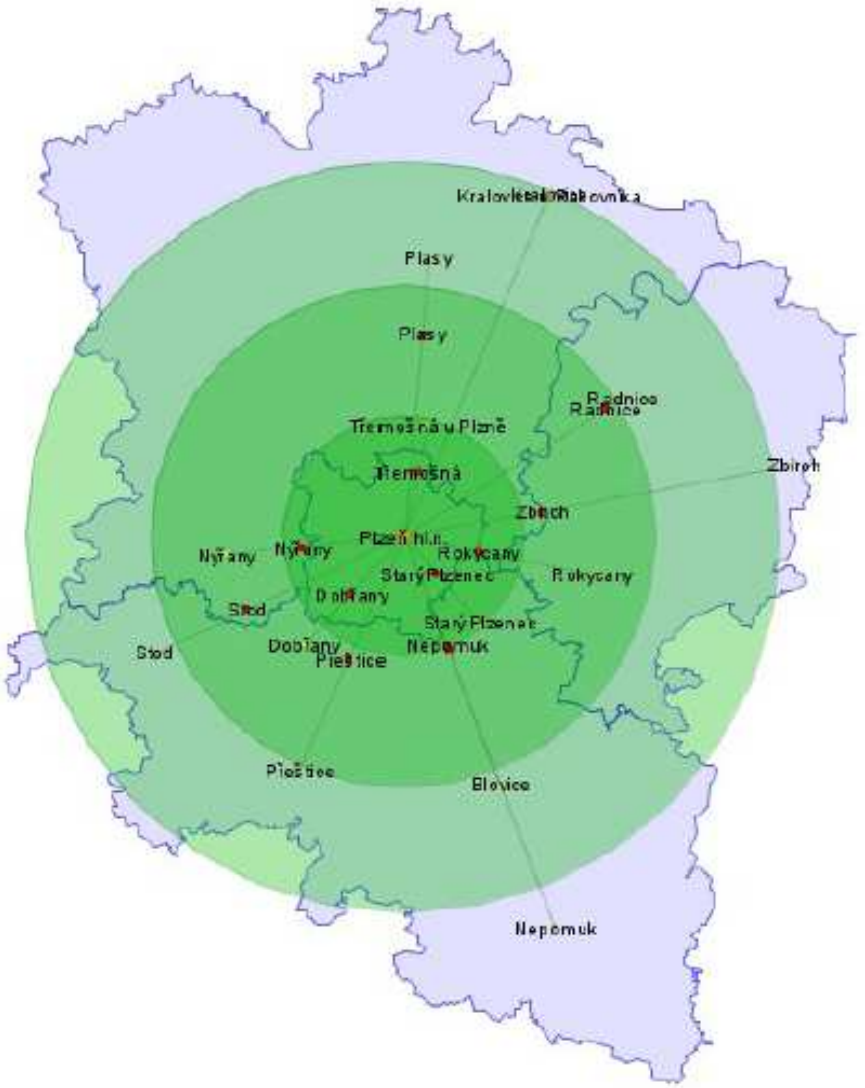
Matematické základy R.K.A.G.

- zachování úhlů (*ε)*
- vzdálenost od středu závislá na hodnotě geografického jevu (transformace *ρ* na *ρ'*)

- **vzorec:**

$$x = s_x + (ana_vzd / \rho \cdot u_{sx})$$
$$y = s_y + (ana_vzd / \rho \cdot u_{sy})$$
$$ana_vzd = G \cdot m_a$$

$$P_{ana} = S + u_s \cdot (G / \rho) \cdot m_a$$

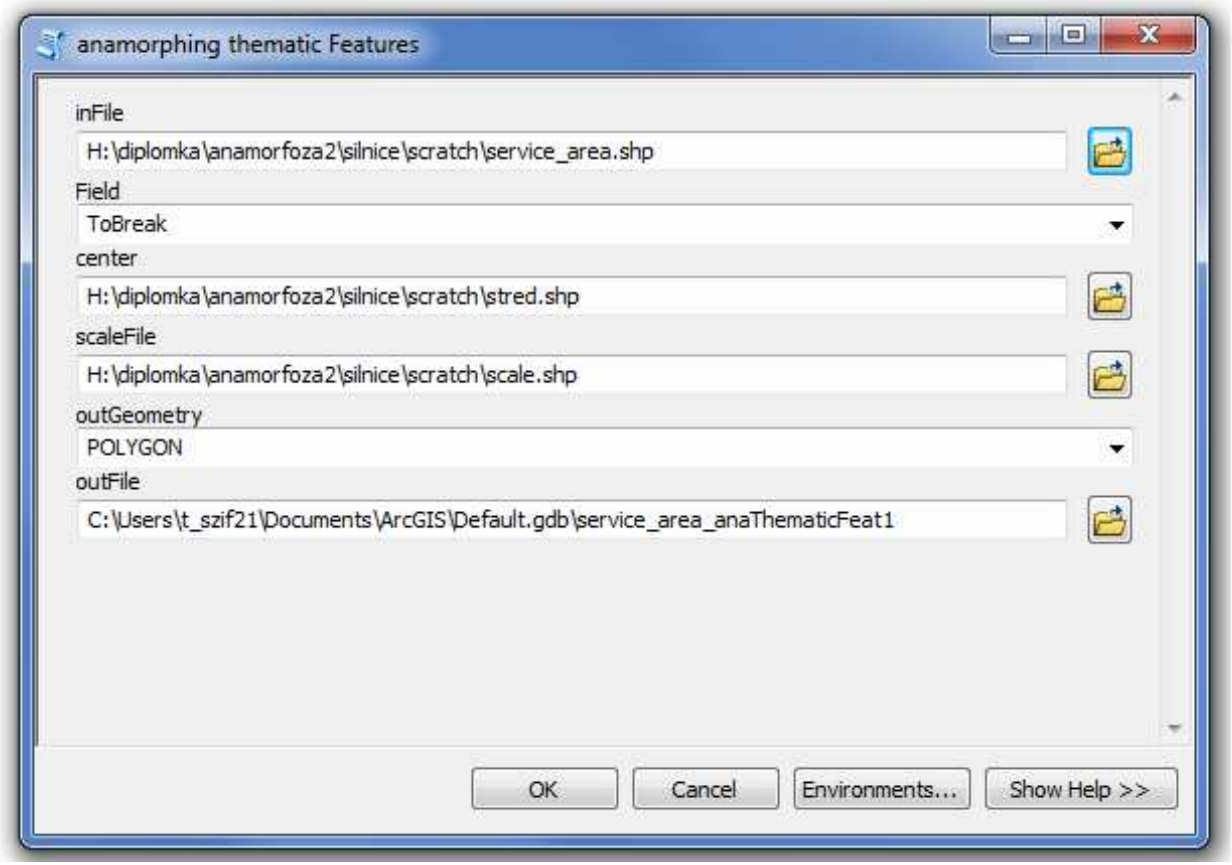


Extenze pro ArcGIS 10

- Semi-automatická R.K.A.G.
- Programovací jazyk: Python 2.6
- Konkrétní realizace nad daty s časovou dostupností místa
  - návaznost na výpočet Service Area, OD Cost Matrix (toolbox Network Analyst)

Tool v ArcMapu

- **inFile** - vrstva, která bude anamorfována
- **Field** – pole, které udává hodnotu dostupnosti
- **center** – bod, ke kterému je počítána dostupnost a který je středem radiální anamorfózy
- **scaleFile** – vrstva obsahující jeden bod, jehož poloha se anamorfózou nemění
- **outGeometry** – geometrie vrstvy po anamorfóze
- **outFile** - anamorfovaná vrstva



Logika algoritmu

načtení vrstev inFile a centre a uložení jejich souřadnic do dvou seznamů

`readCenter(center)`	`readCoordinates(inFile)`

`feature_list, center.x, center.y`

přepočítání souřadnic dle rovnice anamorfózy

`processFeatures(feature_list, center.x,center.y)`	`recalculCoordinates(coord,center x,center.y,accessibility,scale)`

`processed_list`

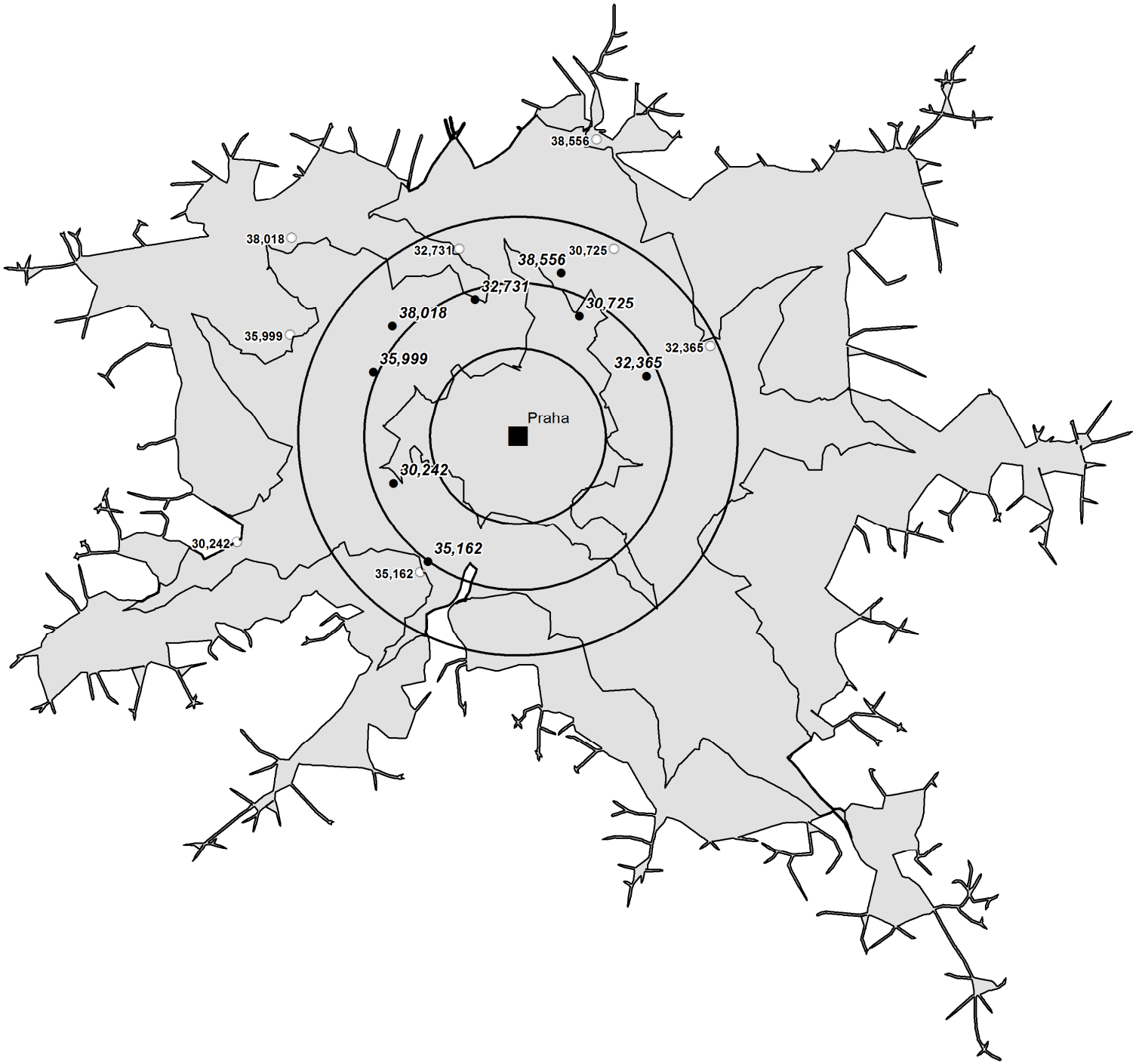
korekce topologie

`b.sorting(processed_list)`

`writing_list`

vytvoření a zapsání outFile

`createOutFile(outFile,outType)`	`writeOutput(writing_list,outFil e,inType,outType)`

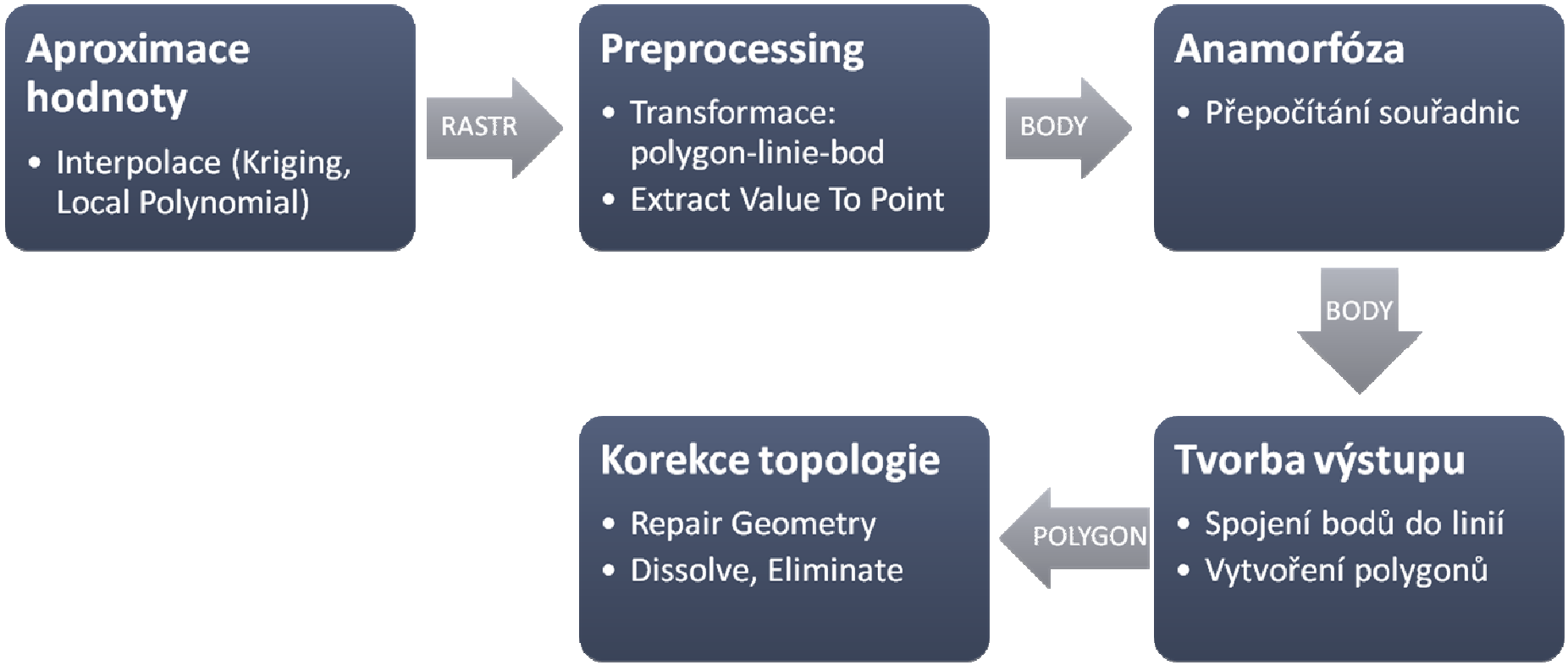

38,556
38,018
32,731
30,725
38,556
32,731
30,725
38,018
35,999
32,365
35,999
32,365
Praha
30,242
30,242
35,162
35,162

Anamorfóza topografického obsahu mapy

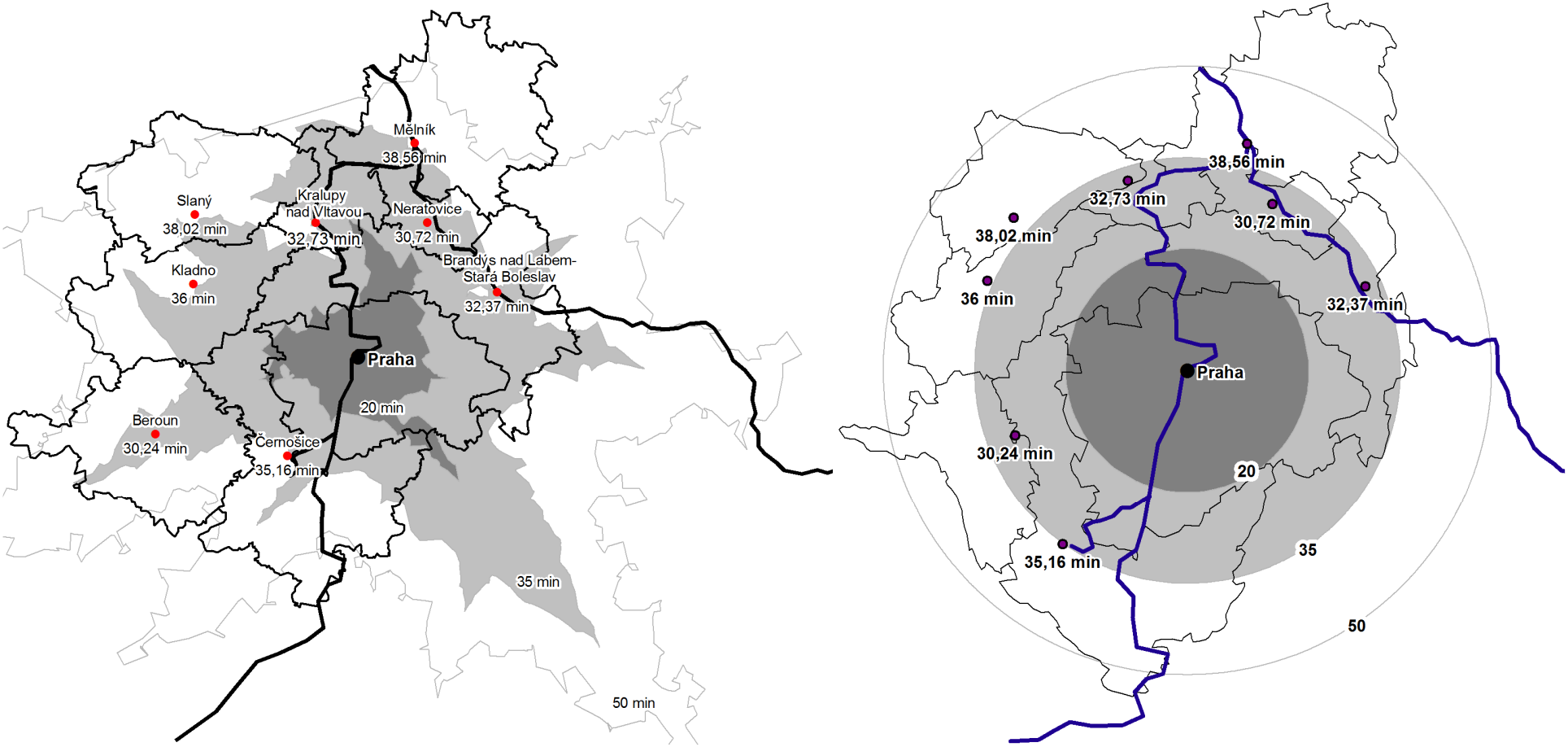
- **Interpolace hodnoty geografického jevu**
  - Vytvoření rastru s interpolovanou hodnotou dostupnosti
  - Pomocí funkce ExtractValueToPoint přiřazení hodnoty pixelu bodu a následně anamorfóza bodové vrstvy
- **Analýza prostorové deformace okolní sítě**
  - Poloha bodu se mění na polopřímce **S -> P**
  - Rozdíl P - P‘ = hodnota translace
  - Interpolace a přiřazení hodnoty
  - Nové souřadnice = staré + hodnota translace

- **Společný problém – zachování prostorových vztahů**

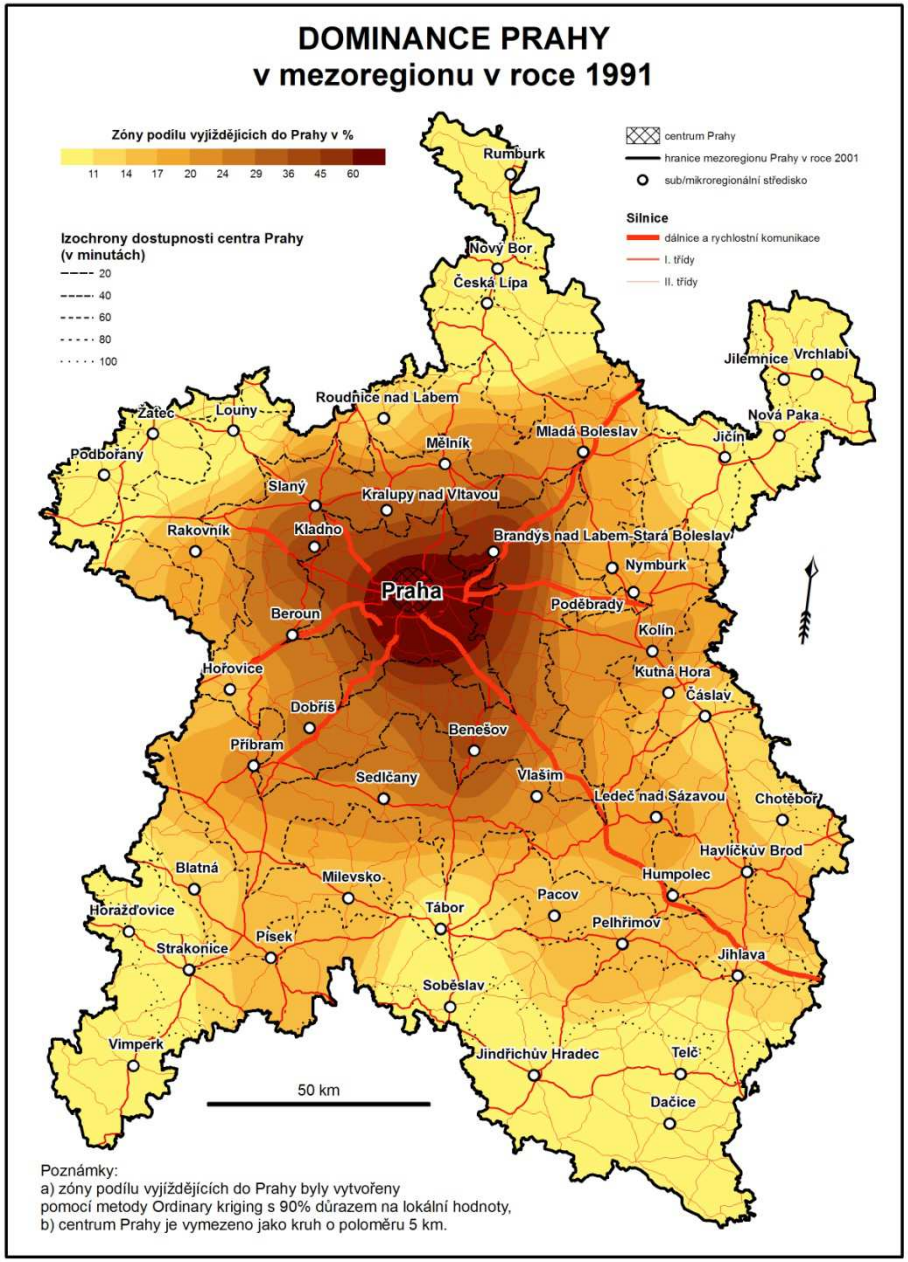
Algoritmus


Aproximace hodnoty
• Interpolace (Kriging, Local Polynomial)
RASTR
Preprocessing
• Transformace: polygon-linie-bod
• Extract Value To Point
BODY
Anamorfóza
• Přepočítání souřadnic
BODY
Tvorba výstupu
• Spojení bodů do linií
• Vytvoření polygonů
POLYGON
Korekce topologie
• Repair Geometry
• Dissolve, Eliminate

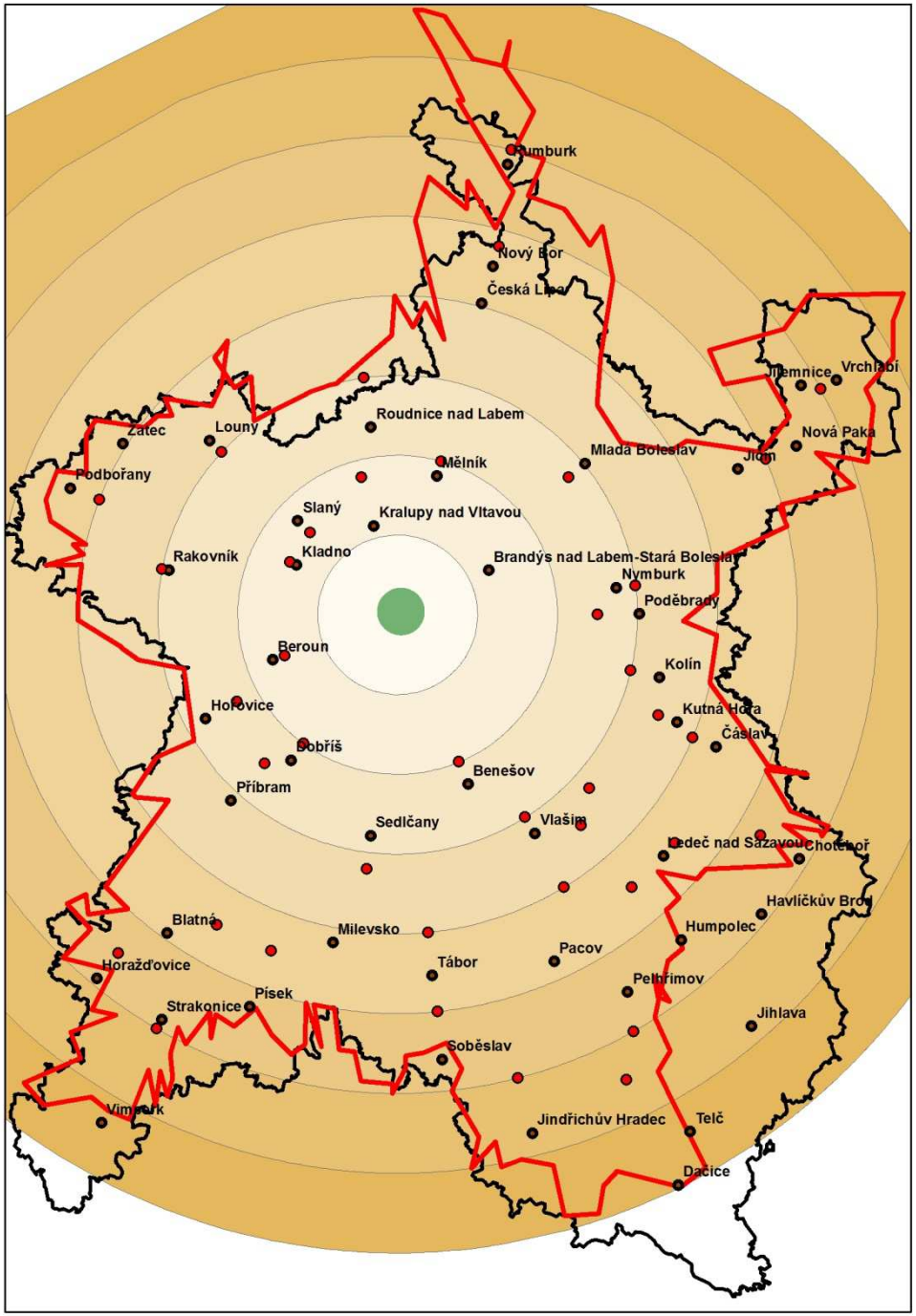
Výsledek


Mělník
38,56 min
Slaný
38,02 min
Kralupy nad Vltavou
32,73 min
Neratovice
30,72 min
Kladno
36 min
Brandýs nad Labem-Stará Boleslav
32,37 min
Praha
20 min
Beroun
30,24 min
Černošice
35,16 min
35 min
50 min
38,56 min
32,73 min
38,02 min
30,72 min
36 min
32,37 min
Praha
30,24 min
20
35
35,16 min
50

DOMINANCE PRAHY
v mezoregionu v roce 1991

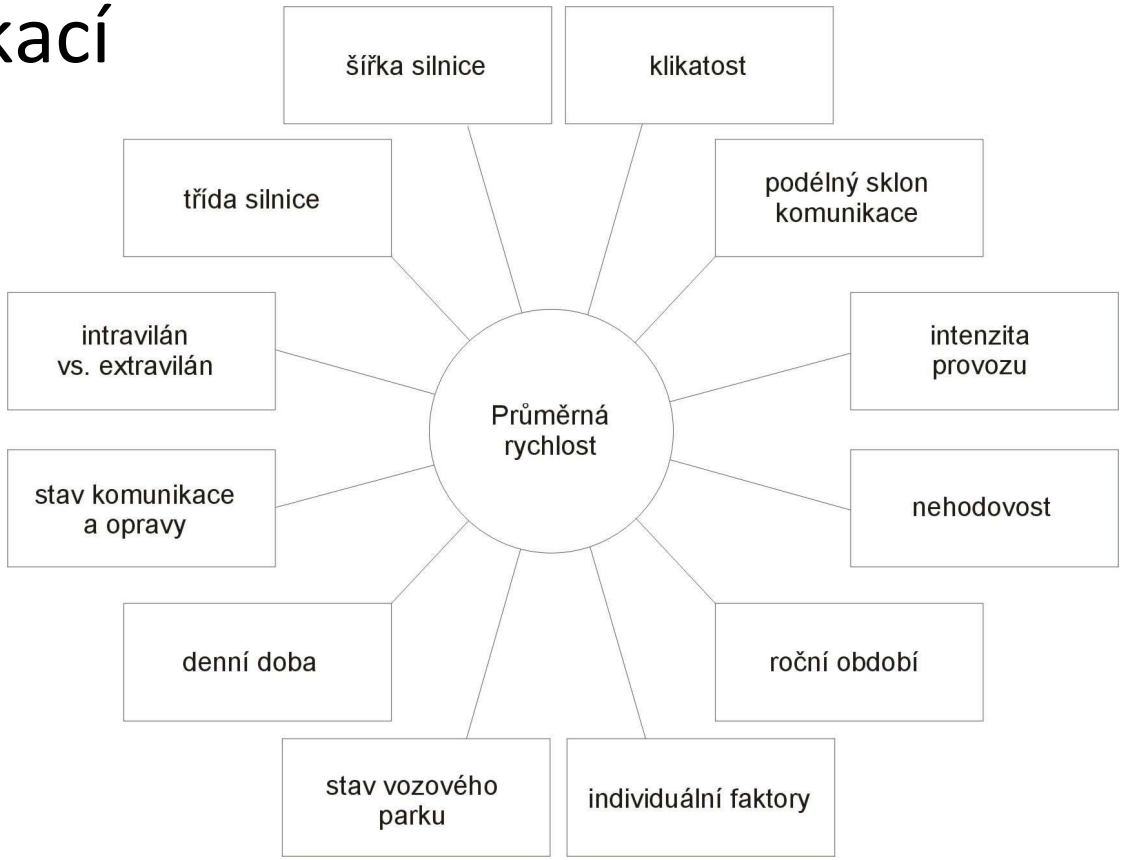


Poznámky:
a) zóny podílu vyjíždějících do Prahy byly vytvořeny pomocí metody Ordinary kriging s 90% důrazem na lokální hodnoty,
b) centrum Prahy je vymezeno jako kruh o poloměru 5 km.


Rumburk
Nový Bor
Česká Lípa
Jilemnice
Vrchlabí
Nová Paka
Jičín
Roudnice nad Labem
Žatec
Louny
Mělník
Mladá Boleslav
Podbořany
Slaný
Kralupy nad Vltavou
Rakovník
Kladno
Brandýs nad Labem-Stará Boleslav
Nymburk
Poděbrady
Beroun
Kolín
Hořovice
Kutná Hora
Čáslav
Sobříš
Benešov
Příbram
Sedlčany
Vlašim
Ledeč nad Sázavou
Chotěboř
Havlíčkův Brod
Blatná
Milevsko
Humpolec
Pacov
Tábor
Horažďovice
Pelhřimov
Písek
Strakonice
Jihlava
Soběslav
Vimperk
Jindřichův Hradec
Telč
Dačice

A co dále?

- dostupnost Ostravy a Brna
- vše anamorfovat a analyzovat
- klikatost komunikací
- vydat knihu…



Děkujeme za pozornost

Tomáš Hudeček
Zuzana Žáková