



NÁRODNÉ POĽNOHOSPODÁRSKE
A POTRAVINÁRSKE CENTRUM
VÝSKUMNÝ ÚSTAV PÔDOZNALECTVA
A OCHRANY PÔDY BRATISLAVA

Mapovanie urbánnych environmentálne senzitívnych území (U-ESA) na príklade mesta Bratislavy

Jaroslava Sobocká¹, Martin Saksa¹, Ján Feranec², Daniel Szatmári²,
Juraj Holec³, Hana Bobáľová⁴

*¹National Agricultural and Food Centre – Soil Science and Conservation Research Institute
Bratislava*

²Geographical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Slovakia

³Slovak Hydrometeorological Institute Bratislava

⁴Faculty of Natural Sciences, Comenius University Bratislava



Projekt APVV-15-0136

Názov projektu:

- Vplyv nepriepustného pokrytia pôdy na klíme miest v kontexte klimatickej zmeny

Číslo projektu:

- APVV-15-0136

Koordinátor projektu:

- Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava

Akronym projektu:

- PEDO-CITY-KLIMA

Charakter výskumu:

- Aplikovaný

Doba riešenia:

- 01.07.2016 - 30.06.2020



Riešitelia projektu

Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy NPPC

Hlavný koordinátor: doc. RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.

Geografický ústav SAV

Hlavný riešiteľ: doc. RNDr. Ján Feranec, DrSc.,

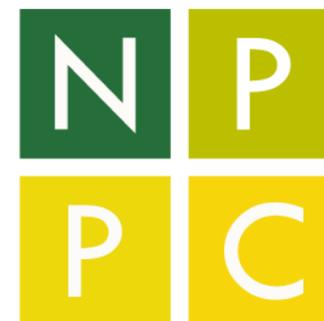
Slovenský hydrometeorologický ústav

Hlavný riešiteľ: RNDr. Pavel Šťastný, CSc.

Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského

DVOP: Mgr. Hana Bobáľová, PhD.

Pre realizáciu projektu boli vybrané 3 mestá – Bratislava, Trnava a Žilina, ktoré sa v rámci SR vyznačujú veľmi rozsiahlou výstavbou s minimálnym rešpektovaním rizík vyplývajúcich zo zmenených klimatických podmienok.



Nepriepustné povrchy pôd výrazne ovplyvňujú mezo a mikroklímu mestských sídiel. Podstatne prispievajú k vytváraniu nepriaznivých ostrovov tepla v mestách – UHI (Urban Heat Islands)

Tieto podstatne redukujú funkcie a ekosystémové služby pôdy a obmedzujú vsakovanie vody do pôdy.

Zábery a prekrytie pôdy nepriepustnými materiálmi majú v súvislosti s procesmi globálnej zmeny klímy značné negatívne dôsledky nielen pre spoločnosť a hospodárstvo, ale aj na životný štandard a zdravotný stav mestského obyvateľstva.

Rozlohou väčšia súvislá zástavba miest prispieva k vyššej priemernej teplote a k extrémnym horúčavam v letnom období, v mikroklimatickom porovnaní s areálmi, sídelnej zelene, záhrad a lesoparkov.

Ciel' projektu

- Je identifikovať a hodnotiť vplyv nepriepustných povrchov v mestských aglomeráciách na mezo a mikroklímu v podmienkach klimatickej zmeny.
- Základom riešenia je analýza intenzity zástavby a príčin jej zmien, ako aj identifikácia UHI interpretáciou satelitných záznamov.
- Analýza sa doplní o dopady nepriepustných povrchov pôd na životné prostredie miest a ich obyvateľov a vyhodnotenie efektu pôdy a ozelenenia na udržateľný manažment urbanizovaných území.



Štyri etapy projektu

Etapa 1:

Identifikácia a hodnotenie intenzity zástavby a jej zmien na príklade troch vybraných miest SR.

Etapa 2:

Detekcia tepelných ostrovov miest (UHI) interpretáciou satelitných záznamov a uplatnením modelov v troch modelových mestách SR.

Etapa 3:

Modelovanie klimatických scenárov pre vybrané tri mestá Slovenska a ich zhodnotenie.

Etapa 4:

Syntéza poznatkov (prezentácia rozsahu, intenzity a tendencii zástavby a UHI) v rámci troch modelových miest a trendov klimatických scenárov, návrhy opatrení a distribúcia poznatkov.

Pôdy sú súčasťou urbánnych ekosystémov príklad Bratislavy

Z celkovej výmery mesta 367 km² poľnohospodárska zaberá 36,1 %, lesné pozemky 34,3 % a zastavaná plocha 33,9 % pôdy.

Urbánne pôdy - terminologický koncept pre pôdy vyskytujúce sa v urbanizovanom, priemyselnom, dopravnom, banskom a vojenskom území. Môžu byť prírodné, pozmenené alebo pretvorené.

Antropogénne pôdy sú klasifikačný koncept.

- › Skupina pôd kultivačných, v rámci ktorých rozlišujeme kultizeme a hortizeme
- › Skupina pôd technogénnych, v rámci ktorých rozlišujeme antrozeme a technozeme.

Urbánne pôdy v meste

V meste predstavujú kombináciu:

1. **prírodných pôdných typov** (prímestské lesy, lesoparky, chránené rezervácie),
2. **polo-prírodných typov pôd** pozmenených ľudskou činnosťou (napr. zmena chemizmu pôdy, porušenie povrchových horizontov),
3. **pôdy hlboko pretvorené** (záhradné, viničné pôdy) a
4. pôdy človekom **umelo vytvorené** (rekultivačné pôdy).

Pre pôdy miest je **vyšší stupeň znečistenia miest** než okolitá vidiecka krajina priemyselnými, dopravnými a komunálnymi emisiami a exhalátmi, výskytom odpadov priemyselného, komunálneho či stavebného pôvodu.

Všeobecne kvalita urbánnej pôdy **závisí od jej využitia rôznymi skupinami mestskej populácie.**



Pedo-urbánny komplex ako mapovacia jednotka v mestách

- **Pedon, polypedon**

Pôdna jednotka – trojrozmerné pôdne teleso, ktoré popisujeme a klasifikujeme, je umiestnená a mapovaná v urbanizovanom, priemyselnom, dopravnom, banskom a vojenskom území (SUITMA)



- **Pedo-urbánny komplex**

Pedogeografická jednotka na topickej až chórickej úrovni, mapovaná v SUITMA. Môže byť nepriepustne pokrytá budovami, dlažbou asfaltom, betónom, dopravnou sieťou ap.

Má priestorový pattern (štruktúru využitia urbánnych areálov)



Databázy pre mapovanie pôd v mestách

- **Urban Atlas** (Copernicus), údaje o krajinnej pokrývke zo satelitných snímok s vysokým rozlíšením sa vzťahujú sa k časovému horizontu 2012. Pri ich identifikácii (pomocou satelitných snímok) sa vychádzalo z **veľkosti nepriepustného povrchu** (*soil sealing*: v rozsahu menej ako 10-80 % a viac),
- **Prítomnosť vegetácie** – trávnej a stromovej.
- **Databáza mapovania pôdných typov a druhov** mesta Bratislava (pôdne profily a mapy)
- **Klasifikácia antropogénnych pôd** - súčasný trend mapovania antropogénnych pôd.
- **Databáza BPEJ** mesta Bratislava



Mapovanie pôd mesta Bratislava

Minimálna rozloha identifikovaného areálu ≥ 1 ha a minimálna šírka lineárneho prvku (najmä ciest, železníc a tokov) ≥ 20 m

Minimálna rozloha identifikovanej zástavby **0,25 ha** (50×50 m²) a minimálna šírka ≥ 10 m.

Sídlná zástavba klasifikácia podľa podielu nepriepustne pokrytej plochy

Triedy nepriepustných povrchov

Súvislá sídlná zástavba s nepriepustným povrchom > 80 %

Nesúvislá sídlná zástavba s nepriepustným povrchom **50-80 %**

Nesúvislá stredne hustá zástavba s nepriepustným povrchom **30-50 %**

Nesúvislá riedka zástavba s nepriepustným povrchom **10-30 %**

Nesúvislá veľmi riedka zástavba s nepriepustným povrchom <10 %

Triedy 2-5: Poľnohospodárske, prírodné a poloprírodné územia, lesy, vodné plochy majú minimálne identifikované územia 1 ha.

Mapované areály mesta Bratislava

- Izolovaná sídelná zástavba
- Priemyselné a obchodné areály
- Cestná a železničná sieť
- Areály prístavov
- Areály letísk
- Areály ťažby nerastných surovín
- Areály súčasnej výstavby
- Areály krajiny bez súčasného využitia
- Areály sídelnej vegetácie
- Areály športu a zariadení voľného času
- Orná pôda
- Trvalé kultúry a TTP
- Heterogénne poľnohospodárske areály
- Ovocné záhrady
- Lesy listnaté, ihličnaté a zmiešané
- Prirodzené lúky
- Holiny s riedkou vegetáciou
- Močiare a rašeliniská
- Povrchové vody

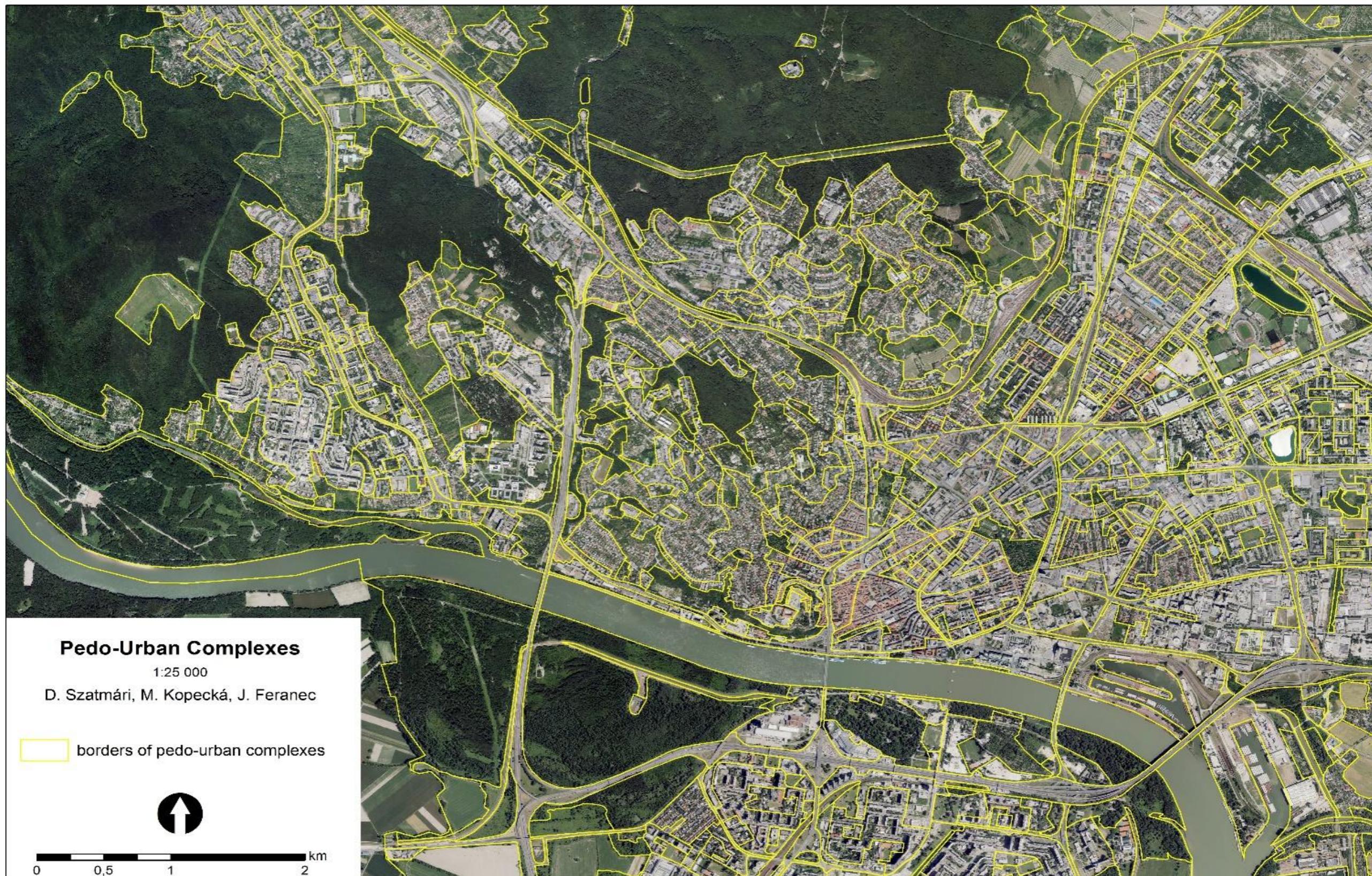


Triedy typu vegetácie

- **kód 1** – mimo nepriepustných povrchov prevažuje stromová vegetácia
- **kód 2** – mimo nepriepustných povrchov prevažuje trávna vegetácia
- **kód 3** - mimo nepriepustných povrchov prevažuje zmiešaná vegetácia–zastúpená stromami a trávou,
- **kód 0** – bez vegetácie.



Pedo-urbánne komplexy mesta Bratislava



Koncept mapovania pedo-urbánných komplexov

Concept of Urban Soil Mapping (SUITMA Soils)

Soils to be find within the city boundaries

- i) Natural soils and semi-natural soils (non-disturbed or slightly disturbed soils) – mapping of natural soil`s unit
- ii) Partially changed soils – mapping natural soil`s unit changed at level of soil qualifiers or varieties
- iii) Human-changed soils (changed by deep cultivation or by any other degradation, soils developed in-situ) – mapping of anthropogenic soil units
- iv) Human-changed soils (artificial) soils (human-transported and transformed soils, soil`s development ex-situ) – mapping of anthropogenic soils

Natural, semi-natural or partially changed soils

Human-changed soils or Human-made soils

Delineation of soil units based on georelief analysis

Delineation of pedo-urban complexes based on land cover/land use borders

Classification criteria using:

- Soil type
- Soil texture
- Parent material
- Chemical properties
- etc.

Classification criteria using:

- Land use (typical pattern)
- Soil type (soil unit associations)
- Soil sealing percentage (variety of Technosols)
- Parent material (technogenic substrate thickness)
- Soil Texture
- Risk assessment (potential)



Land Cover / Land Use of Bratislava City

1:50 000

D. Szatmári, M. Kopecká, J. Feranec

Legend
(Extended nomenclature Urban Atlas 2012):

Urban fabric:

- Continuous urban fabric (Sealing degree (SL) > 80%)
- Discontinuous dense urban fabric (SD = 50-80%)
- Discontinuous medium density urban fabric (SD = 30-50%)
- Discontinuous low density urban fabric (SD = 10-30%)
- Discontinuous very low density urban fabric (SD < 10%)
- Isolated structures

Industrial, commercial, public and private units:

- Industrial, commercial, public, military and private units
- Schools, medical facilities, markets and offices

Traffic units:

- Fast transit roads and associated land
- Other roads and associated land
- Railways and associated land
- Port areas
- Airports

Mine, dump and constructions sites:

- Mineral extraction and dump sites
- Construction sites
- Land without current use

Artificial non-agricultural vegetated areas:

- Green urban areas
- Sports and leisure facilities

Agricultural areas:

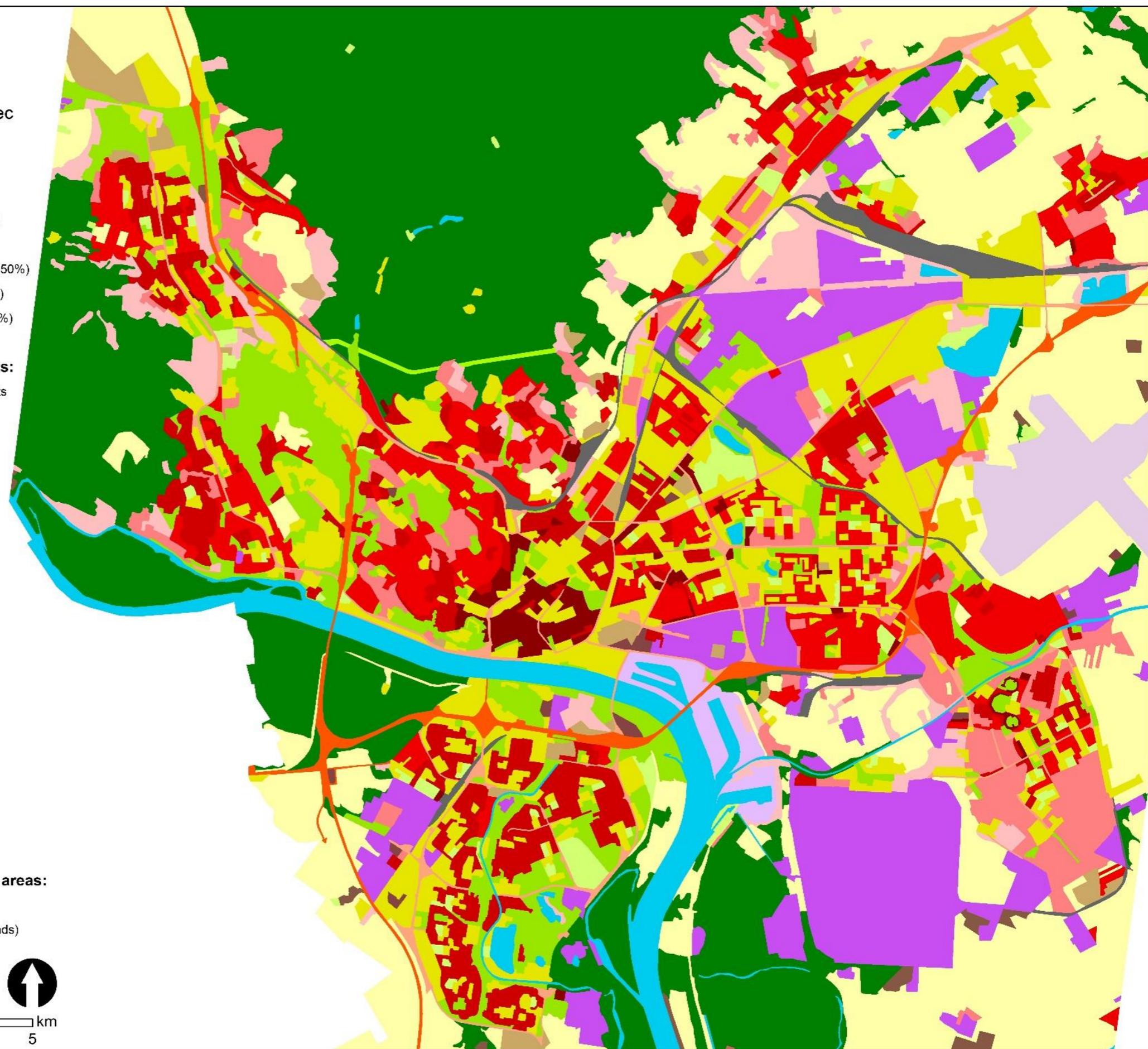
- Arable land (annual crops)
- Permanent crops (vineyards, fruit trees)
- Pastures
- Complex and mixed cultivation patterns

Forest (natural and plantation) + Semi-natural areas:

- Forests
- Herbaceous vegetation associations (natural grasslands)

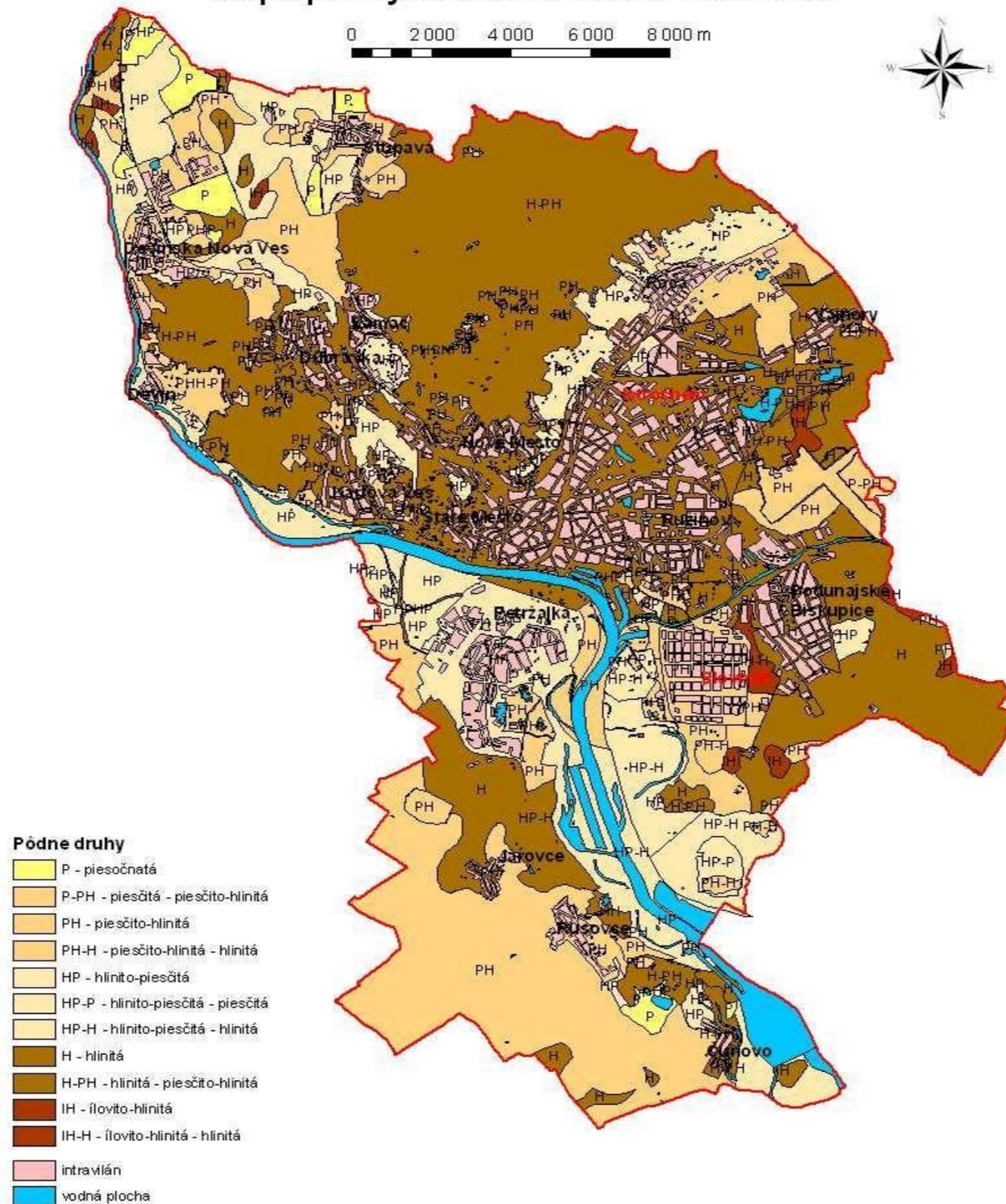
Wetlands

Water

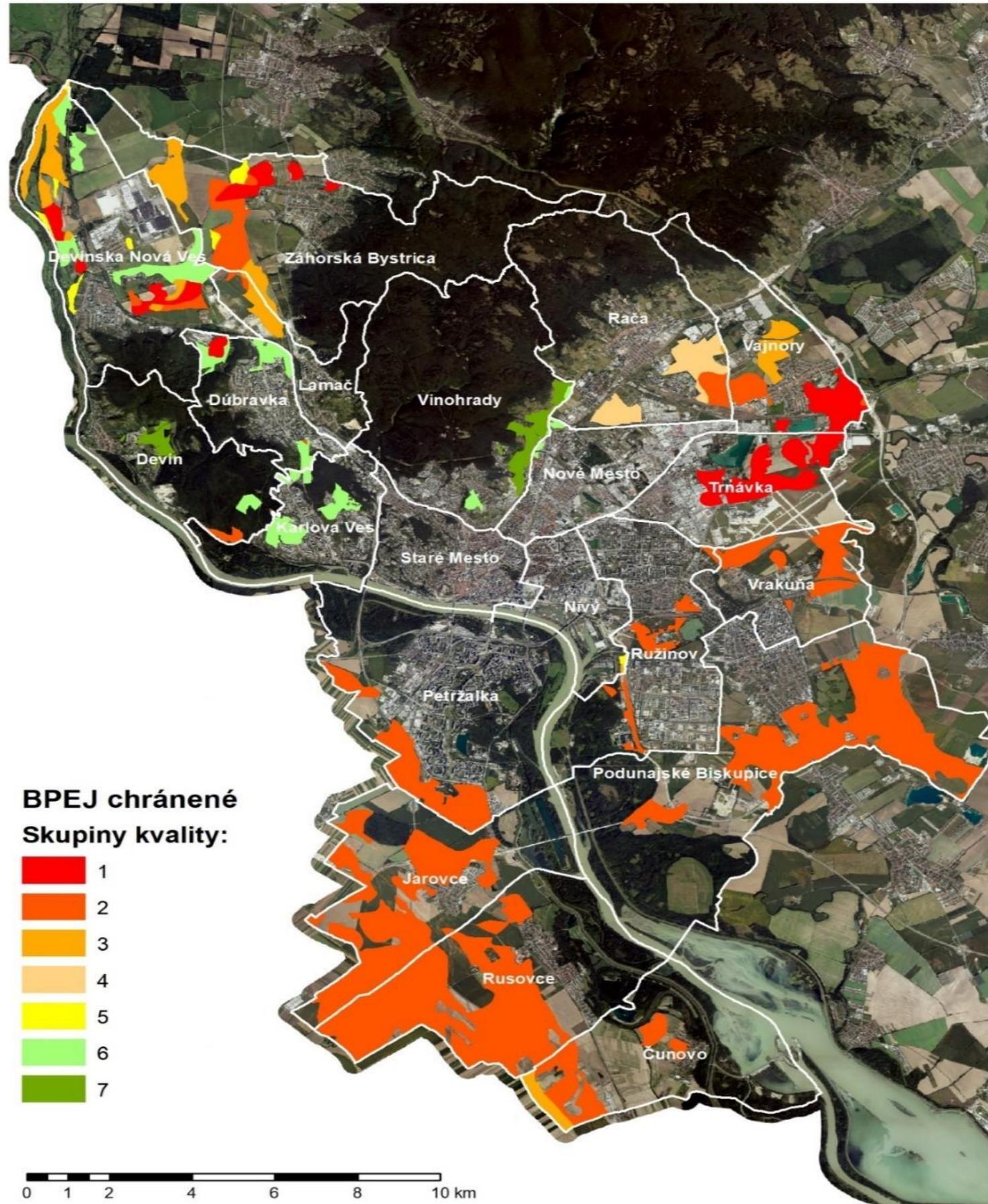


Mapa pôdnych druhov (textúry) mesta Bratislavy

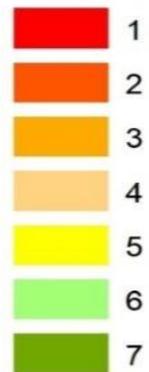
Mapa pôdnych druhov mesta Bratislava



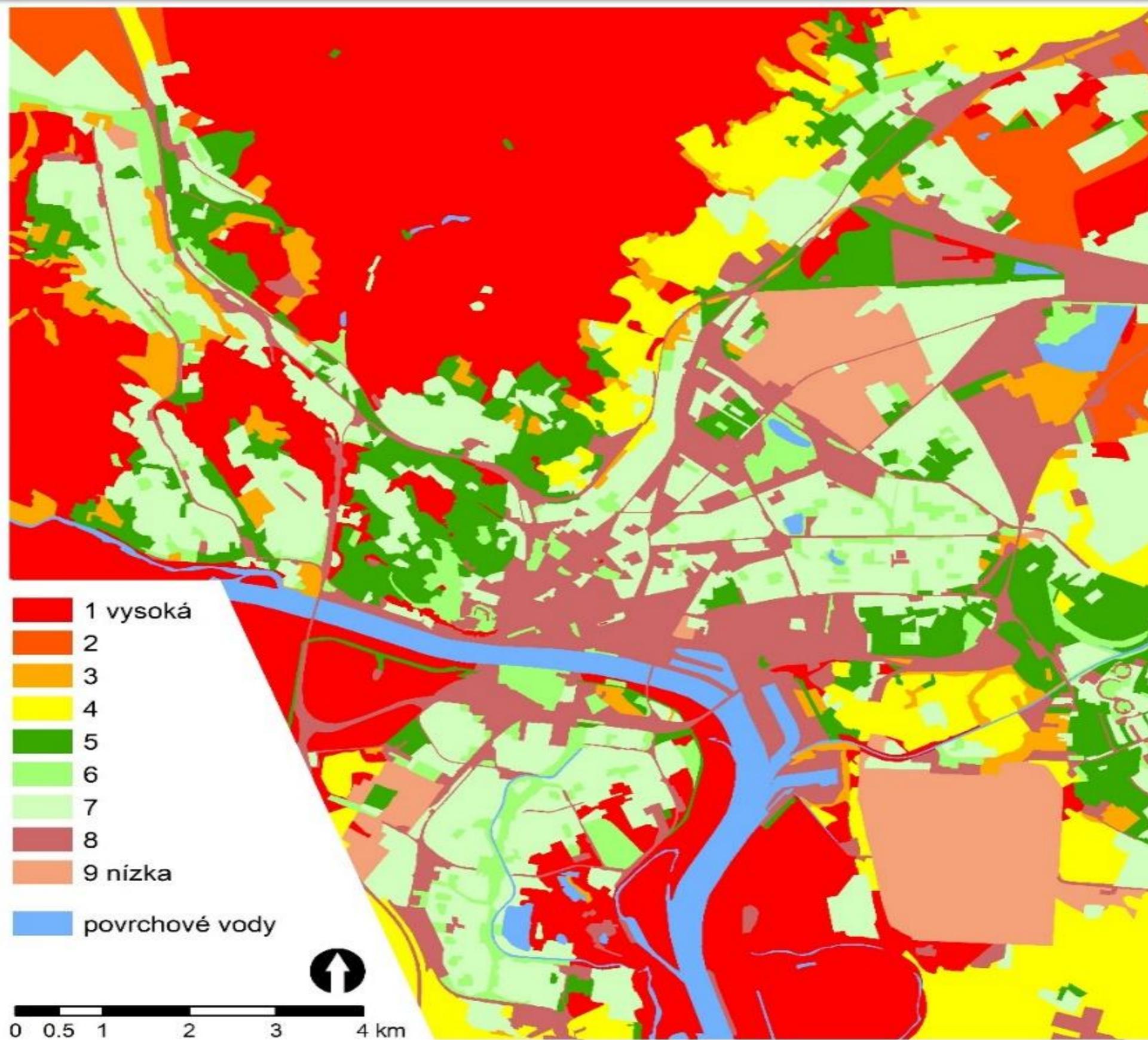
Bonitované pôdno-ekologické jednotky ako skupiny kvality pôd



BPEJ chránené
Skupiny kvality:



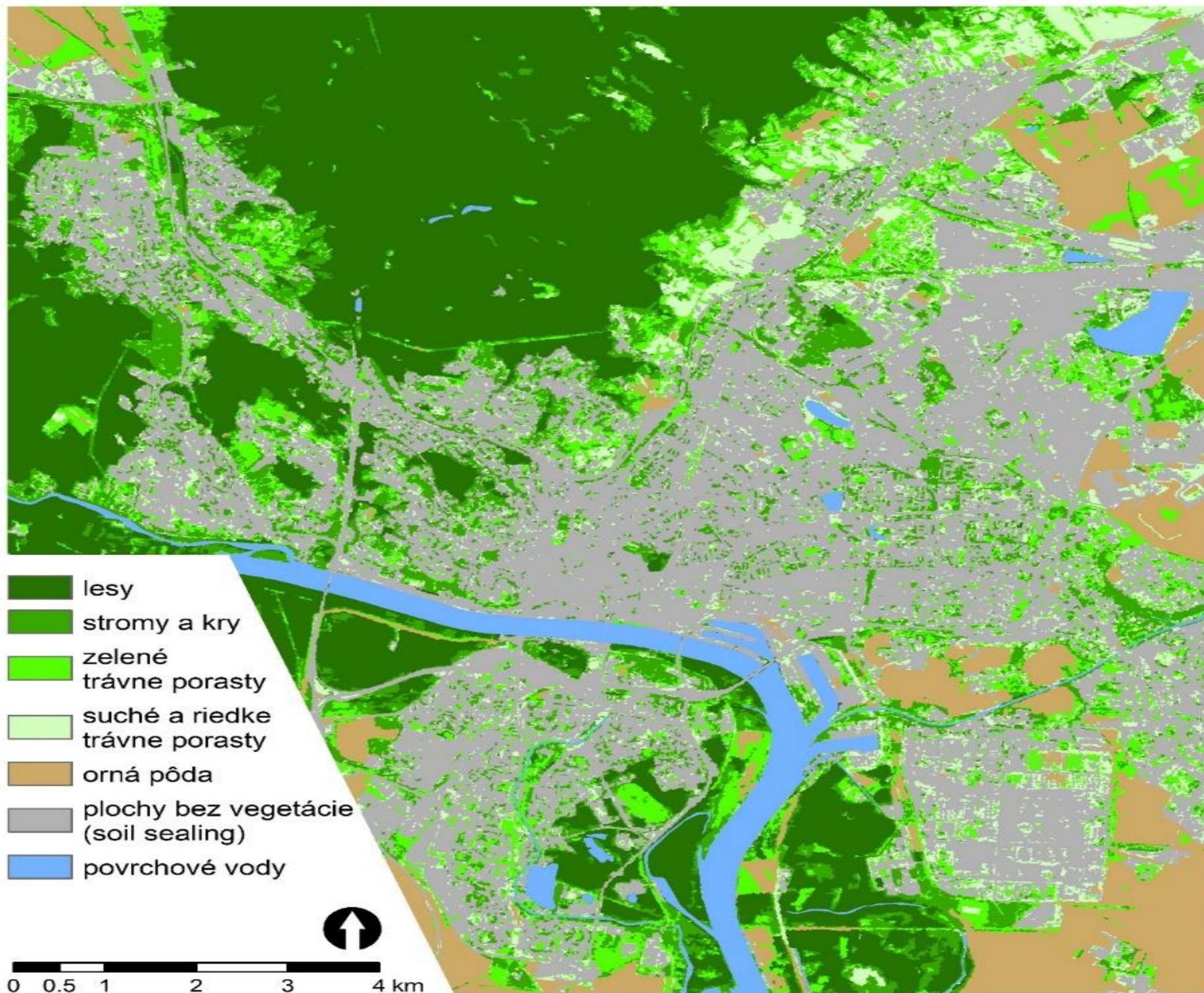
Kvalita pôdy v meste



P

C

Mestská zeleň a lesoparky



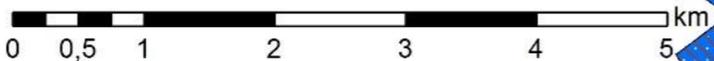
Soil Map of Bratislava City

1:50 000

J. Sobocká, M. Saksa, J. Feranec

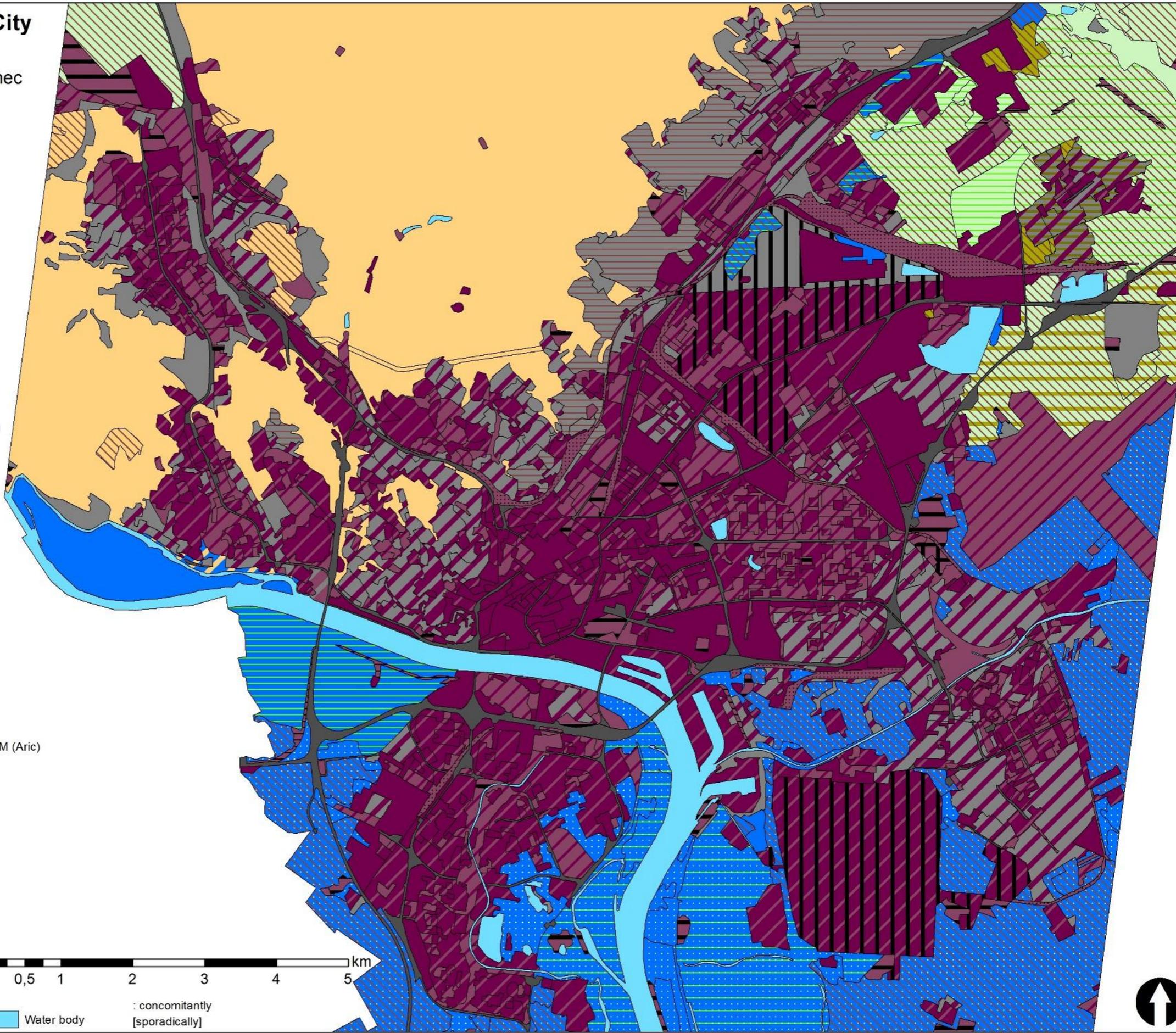
Legend (According to WRB 2015):

-  Terric ANTHROSOL
 -  Terric ANTHROSOL (Escalic)
 -  Terric ANTHROSOL (Toxic)
 -  Terric ANTHROSOL : Ekranic TECHNOSOL
 -  Hortic ANTHROSOL
 -  Hortic ANTHROSOL : Ekranic TECHNOSOL
 -  Urbic TECHNOSOL
 -  Urbic TECHNOSOL : Ekranic TECHNOSOL
 -  Urbic TECHNOSOL (Transportic)
 -  Ekranic TECHNOSOL
 -  Ekranic TECHNOSOL : Urbic TECHNOSOL
 -  Ekranic TECHNOSOL [Urbic TECHNOSOL]
 -  Ekr. TECH. : Urbic TECHNOSOL (Toxic)
 -  Ekr. TECH. : Urbic TECH. (Toxic, Transportic)
 -  Ekranic TECHNOSOL : Terric ANTHROSOL
 -  Hyperskeletalic TECHNOSOL (Transportic)
 -  Spolic TECHNOSOL
 -  Spolic TECHNOSOL (Toxic)
 -  Urbic TECHNOSOL : Terric ANTHROSOL
 -  Rendzic LEPTOSOL
 -  Haplic CHERNOZEM (Aric)
 -  Haplic PHAEZEM
 -  Haplic PHAEZEM (Aric)
 -  Calcaric PHAEZEM (Aric)
 -  Gleyic PHAEZEM
 -  Gleyic PHAEZEM (Aric)
 -  Chernic PHAEZEM (Aric)
 -  Haplic PHAEZEM (Aric) : Gleyic PHAEZEM (Aric)
 -  Haplic CAMBISOL
 -  Haplic CAMBISOL (Aric)
 -  Eutric ARENOSOL (Aric)
 -  Haplic FLUVISOL
 -  Haplic FLUVISOL (Aric)
 -  Calcaric FLUVISOL
 -  Calcaric FLUVISOL (Aric)
 -  Gleyic FLUVISOL
 -  Gleyic FLUVISOL (Aric)
 -  Calcaric FLUVISOL : Gleyic FLUVISOL
 -  Haplic FLUVISOL : Haplic CAMBISOL
-  Water body
-  : concomitantly
[sporadically]



Water body

: concomitantly
[sporadically]



Pedo-urbánne komplexy mesta Bratislavy

Pedourbánne komplexy (podľa MKSP 2014):

Prírodné pôdy (lesné pôdy a pôdy trávnych porastov):

- čierne
- fluvizeme
- kambizeme
- regozeme
- rendziny

Poloprírodné pôdy (orné pôdy a pôdy vinogradov a sádov):

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| černozeme kultivované | kambizeme rigolované |
| čierne kultivované | čierne rigolované |
| fluvizeme kultivované | fluvizeme rigolované |
| regozeme kultivované | |

Pôdy so silným antropogénnym vplyvom (urbánne pôdy):

Kultivačné pôdy (kultizeme):

- kultizeme modálne/záhradné
- kultizeme modálne/záhradné [antrozeme iniciálne/ekranické]
- kultizeme modálne/záhradné : antrozeme iniciálne/ekranické
- kultizeme modálne/toxické/záhradné

Pôdy urbánnych zón (antrozeme):

- antrozeme rekultivačné/urbické
- antrozeme rekultivačné/urbické [antrozeme iniciálne/ekranické]
- antrozeme rekultivačné/urbické : antrozeme iniciálne/ekranické
- antrozeme iniciálne/urbické : a.rekultivačné/urbické : a.iniciálne/ekranické
- antrozeme iniciálne/urbické : antrozeme iniciálne/ekranické

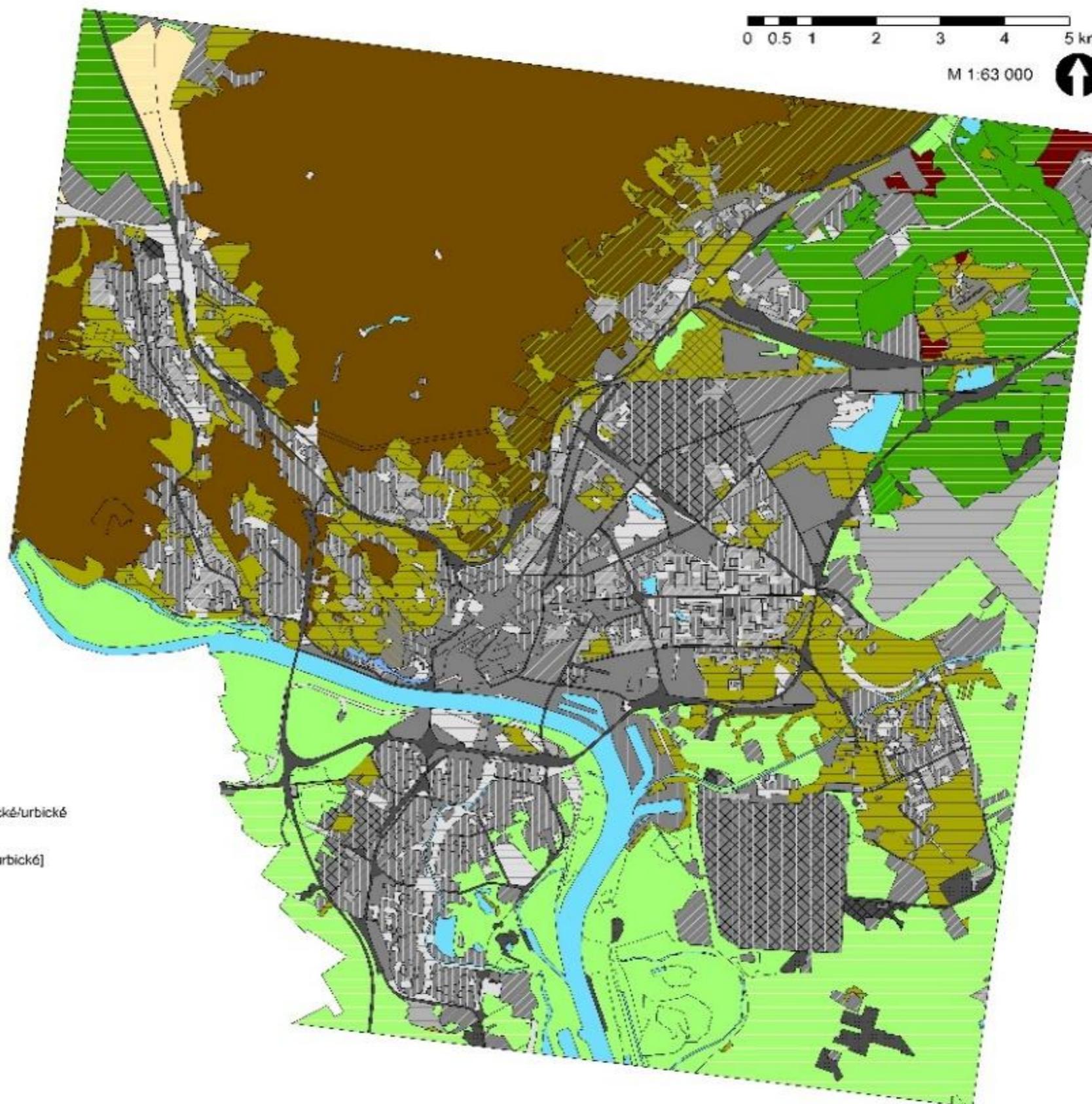
Pôdy s neprepustným materiálom na povrchu (ekranozeme):

- antrozeme iniciálne/ekranické : kultizeme modálne/záhradné
- antrozeme iniciálne/ekranické : antrozeme rekultivačné/urbické
- a.iniciálne/ekranické : a.iniciálne/urbické : a.rekultivačné/urbické
- antrozeme iniciálne/ekranické [antrozeme rekultivačné/urbické]
- antrozeme iniciálne/ekranické [antrozeme iniciálne/urbické]
- antrozeme iniciálne/ekranické
- a.iniciálne/kontaminované toxické/ekranické : a.rekultivačné/kontaminované toxické/urbické

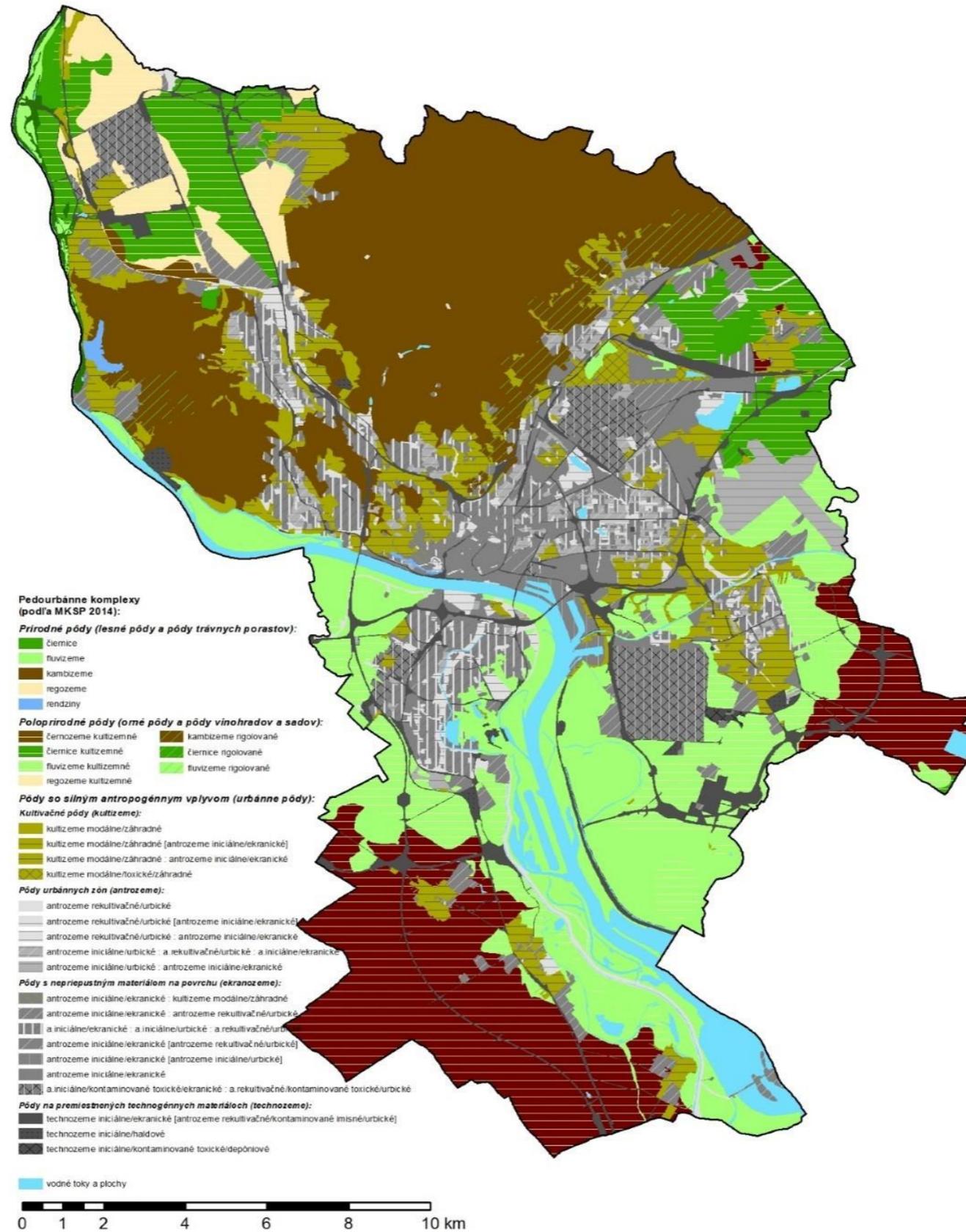
Pôdy na premiestnených technogénnych materiáloch (technozeme):

- technozeme iniciálne/ekranické [antrozeme rekultivačné/kontaminované imisné/urbické]
- technozeme iniciálne/haldové
- technozeme iniciálne/kontaminované toxické/deponiové

- vodné toky a plochy



Pôdna mapa mesta Bratislavy



MUKLIMO 3 model pre UHI výpočet

Numerický 3-dimenzionálny model vyvinutý Nemeckou meteorologickou službou pre detailné mapovanie mestskej klímy (*Mikroskaliges Urbanes KLima Model*)

Prognózuje teplotu a vlhkosť vzduchu, rýchlosť a smer vetra, teplotu povrchov a pôdy, vyžaduje počasie bez zrážok a oblačnosti

Model vyžaduje vstupy:

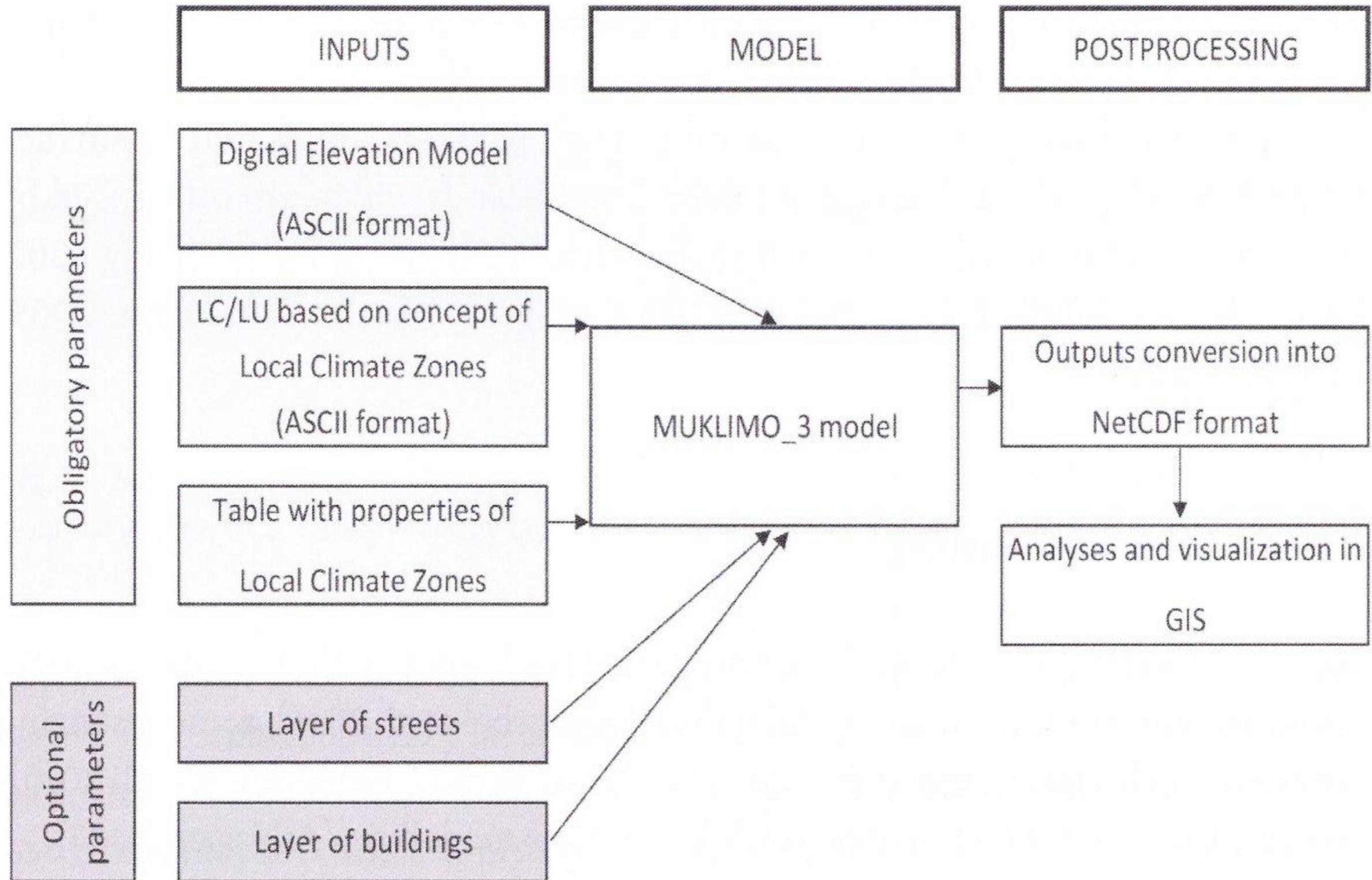
- digitálny model terénu
- vrstvu využitia zeme (raster 100 x 100m)

Pre Local climate zones (LCZ) boli priradené atribúty:

- Podiel nepriepustnej plochy
- Podiel budov a ich výmera
- Informácie o zeleni

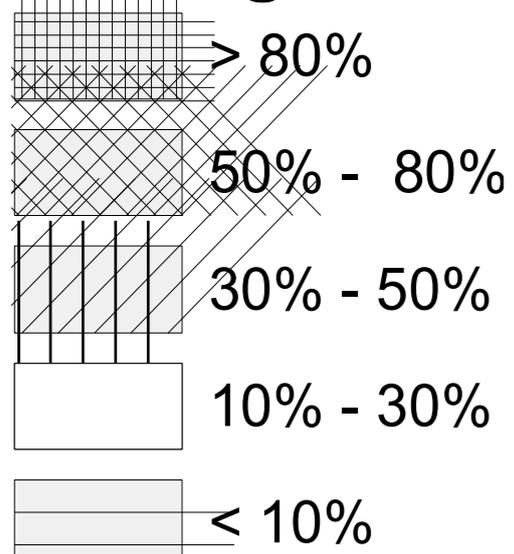


Koncept modelu MUKLIMO3

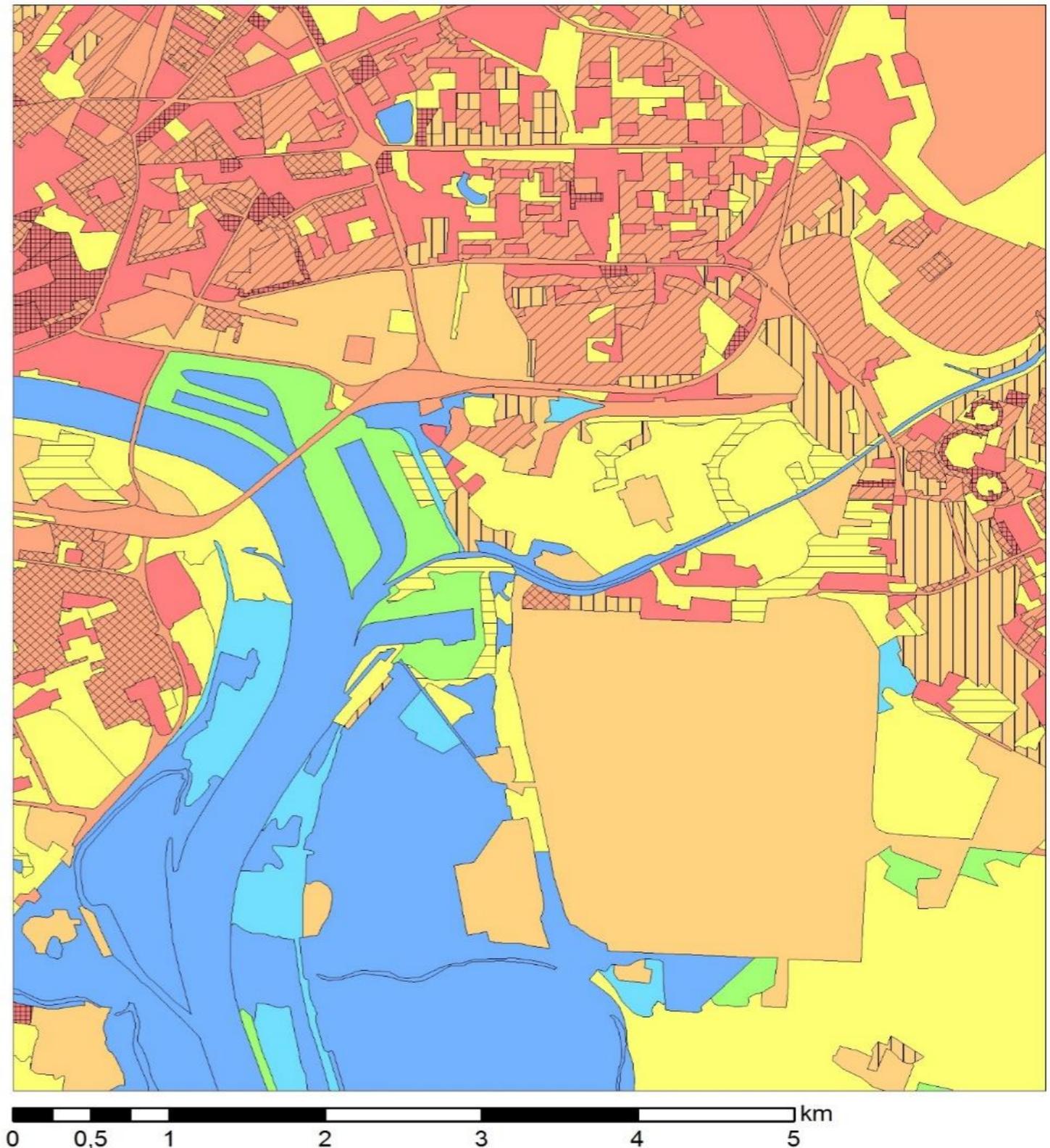
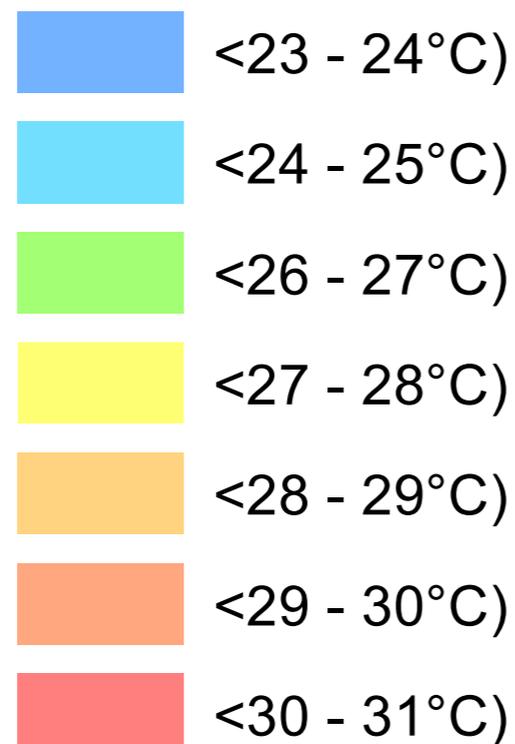


Prekryv povrchových teplôt vs nepriepustné povrchy – výrez územia mesta

Soil Sealing:

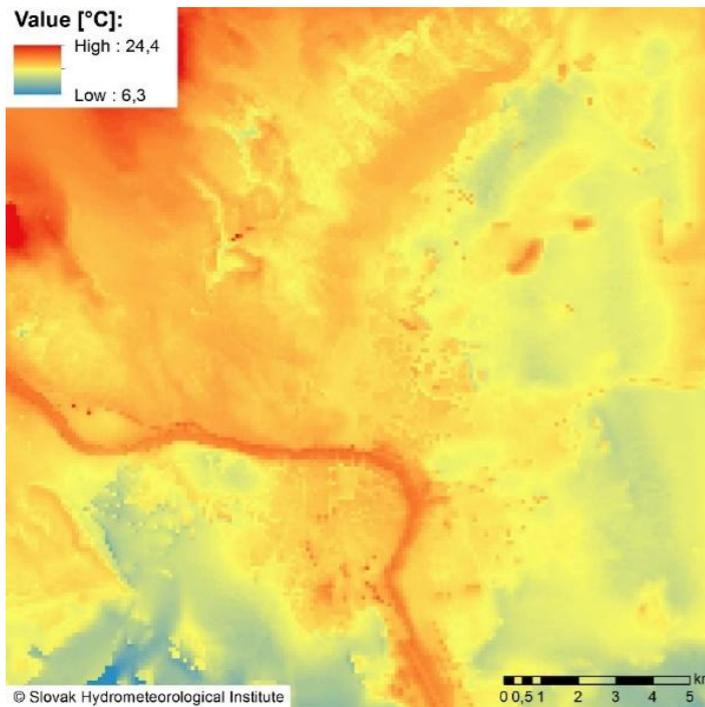


Mean Land Surface Temperature:

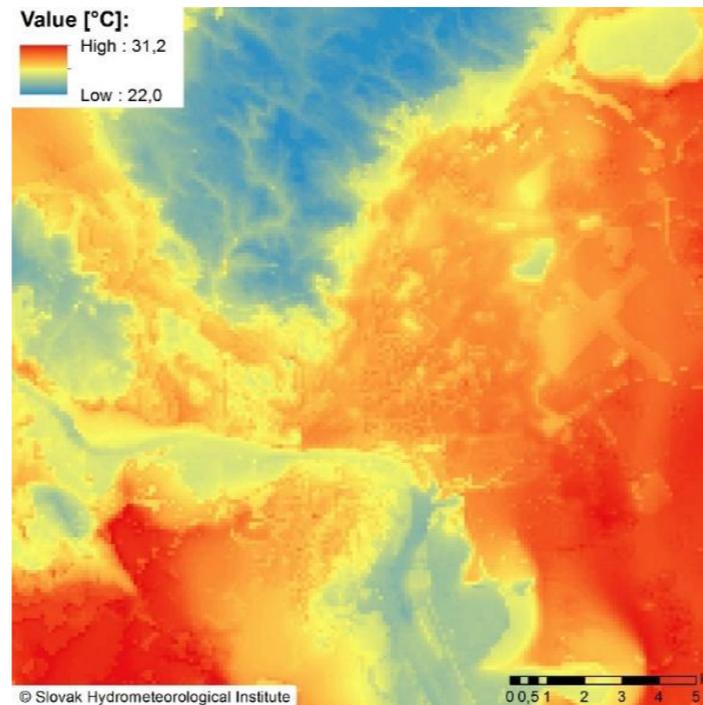


Model MUKLIMO3 – urbánne ostrovy tepla časovanie počas dňa (19.8.2018 o 21:00 hod.)

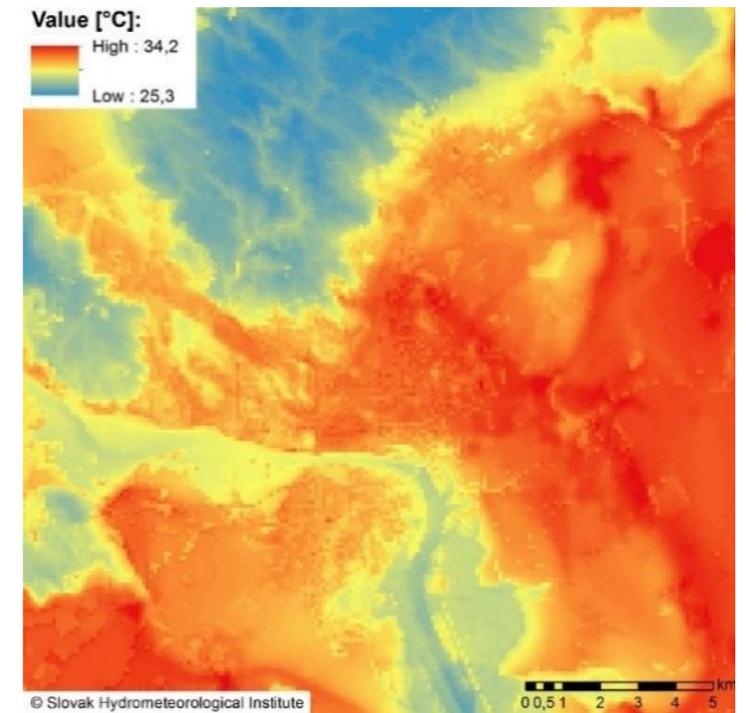
19/08/2018 07:00



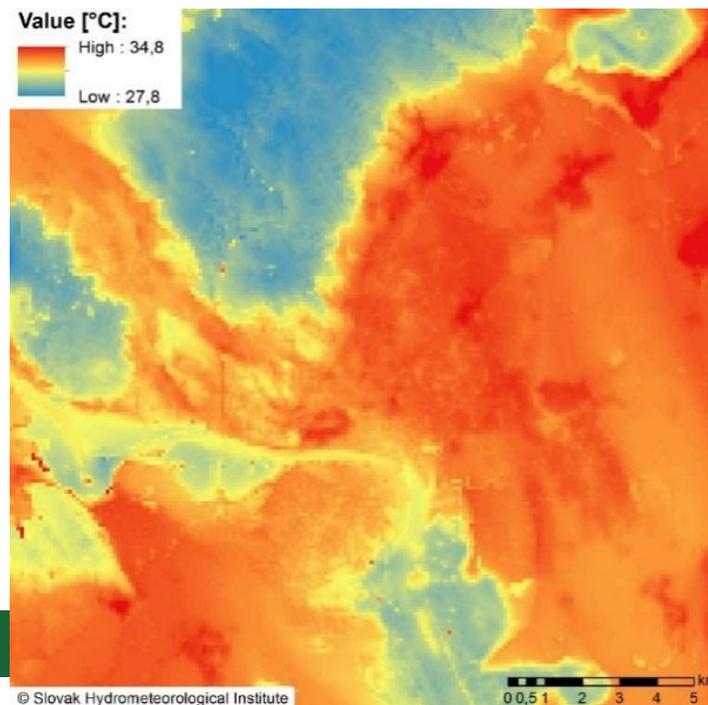
19/08/2018 12:00



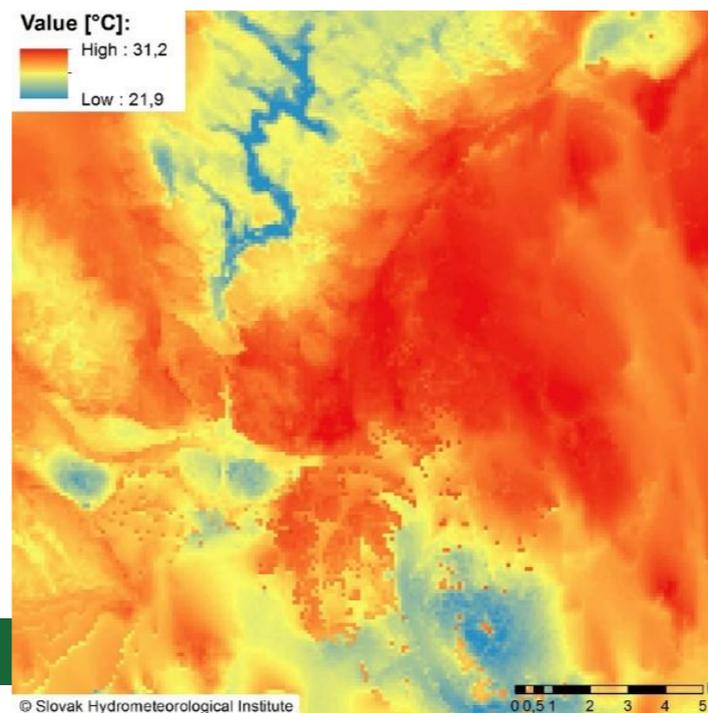
19/08/2018 14:00



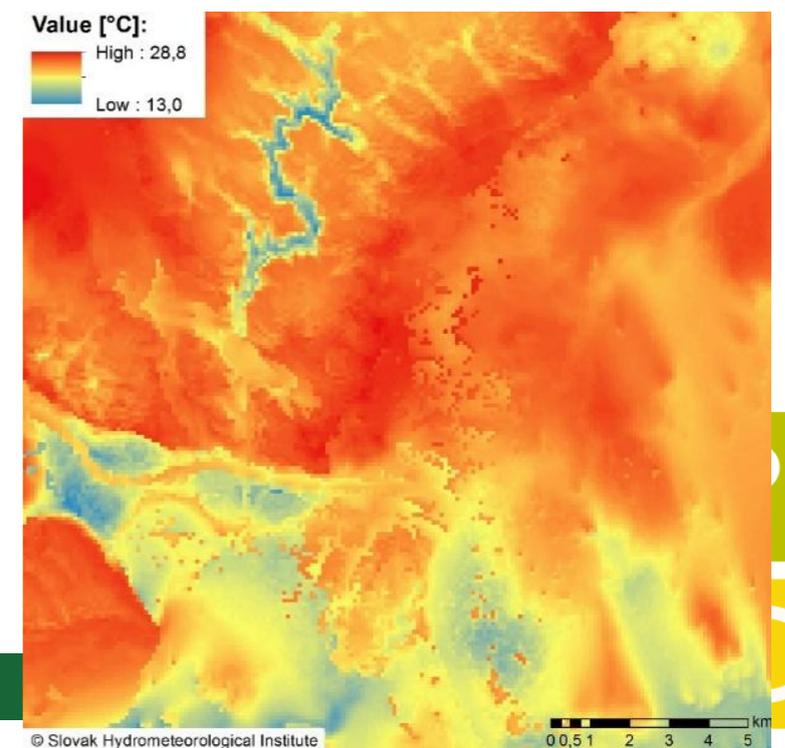
19/08/2018 18:00



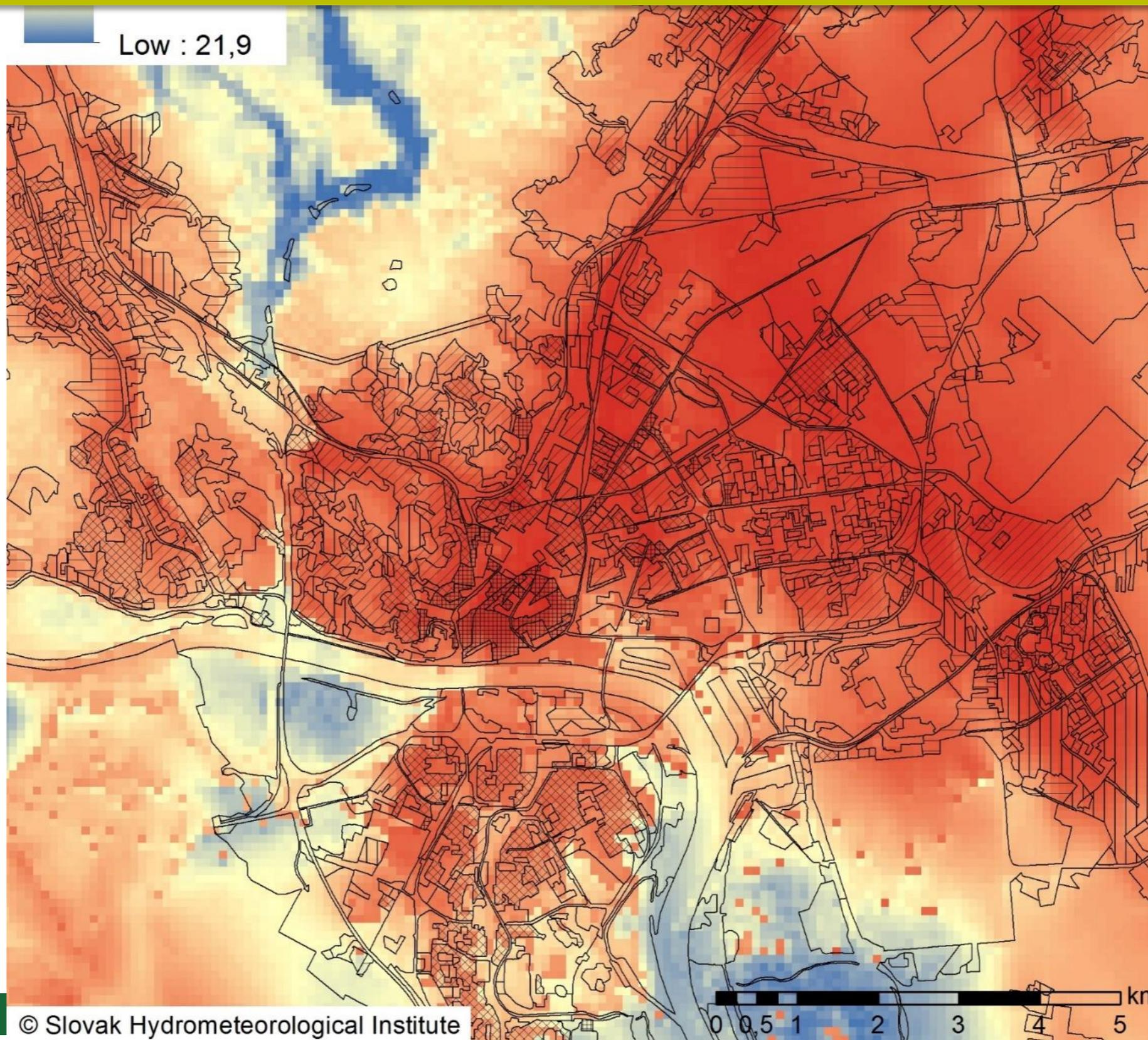
19/08/2018 21:00



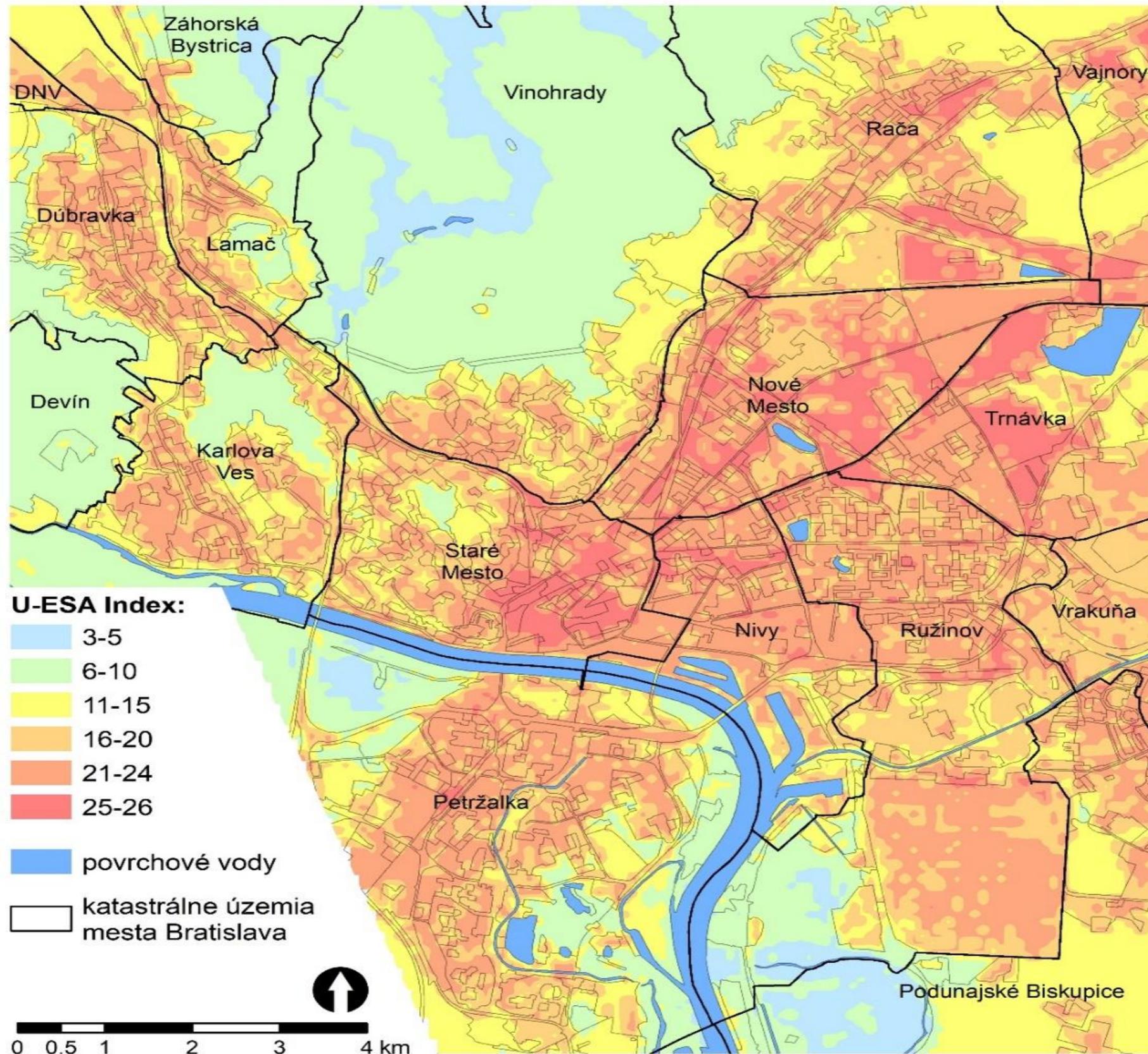
19/08/2018 24:00



Urbánne ostrovy tepla identifikácia a pattern UHI (19.8.2018 o 21:00 hod.)



Prekrytie databáz kvality pôdy, zástavby, podielu zelene a UHI



Niekoľko významných publikácií z projektu

- SOBOCKÁ, Jaroslava - SAKSA, Martin - FERANEC, Ján - SZATMÁRI, Daniel - KOPECKÁ, Monika. 2020. A complexity related to mapping and classification of urban soils (a case study of Bratislava city, Slovakia). *Soil Science Annual*, Doi:10.37501/soilsa/127525. Dostupné na internete <http://www.soilsa.com/A-complexity-related-to-mapping-and-classification-of-urban-soils-a-case-study-of,127525,0,2.html>
- SOBOCKÁ, Jaroslava – SAKSA, Martin – FERANEC, Ján – SZATMÁRI, Daniel – HOLEC, Juraj – BOBÁĽOVÁ, Hana & RÁŠOVÁ, Andrea. 2020. Mapping of urban environmentally sensitive areas in Bratislava city. *Journal of Soils and Sediments*. Vol. 20, Issue 6, June 2020, 14 p. ISSN 1439-0108 (Print), 161480 (Online), DOI 10.1007/s11368-020-02682-4, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-020-02682-4>
- SOBOCKÁ, Jaroslava - SAKSA, Martin - FERANEC, Ján - SZATMÁRI, Daniel - KOPECKÁ, Monika. 2020. A complexity related to mapping and classification of urban soils (a case study of Bratislava city, Slovakia). *Soil Science Annual*, Doi:10.37501/soilsa/127525. Dostupné na internete <http://www.soilsa.com/A-complexity-related-to-mapping-and-classification-of-urban-soils-a-case-study-of,127525,0,2.html>
- Marquard, Elisabeth – Bartke, Stephan – Gifreu I Font, Judith – Humer, Alois – Jonkman, Arend – Jürgenson, Evelin – Marot, Naja – Poelmans, Lien – Repe, Blaž – Rybski, Robert – Schröter-Schlaack, Christoph – Sobocká, Jaroslava – Tophøj Sørensen, Michael – Vejchodská, Eliška – Yiannakou, Athena - Bovet, Jana. 2020. Land consumption and land take: enhancing conceptual clarity for evaluating spatial governance in the EU context. *Journal Sustainability*, 12, 24 p. ISSN 2071-1050, www.mdpi.com/journal/sustainability, IF 2.798
- SAKSA, M., SOBOCKÁ, J., SZATMÁRI, D., KOPECKÁ, M., FERANEC, J. 2021. Mapovanie a klasifikácia urbánnych pôd na príklade miest Bratislava, Trnava a Žilina. In *Geografický časopis*, vol. 73, no.3, pp. 199-218. ISSN 0016-7193. <https://doi.org/10.31577/geogrcas.2021.73.3.11>.
- SOBOCKÁ, Jaroslava, SAKSA, Martin. 2022. Soil Mapping System and Assessment of Ecologically Sensitive Areas in Cities. In: Rakshit, A., Ghosh, S., Vasenev, V., Pathak, H., Rajput, V.D. (eds) *Soils in Urban Ecosystem*. Springer, Singapore. Pages 285-304. ISBN (print) 978-981-16-8913-0, ISBN (on-line) 978-981-16-8914-7. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-8914-7>
- SOBOCKÁ, J., SAKSA, M. 2022 Reassessment of the anthropogenic soil's classification of Slovakia in the light of newest knowledge. *Pedosphere Research*, vol.2, 2022, no 1, pp. 35-47, NPPC – VÚPOP 12022, ISSN 27-8728. <https://doi.org/10.64122/j.pedosres.2022.02.03>

Výskumný projekt s vynikajúcou úrovňou – pôdohospodárske vedy

Titul, vydavateľ, rok vydania 2021, ISBN 978-80-99991-04-1. Výskumné projekty s vynikajúcou úrovňou. Agentúra na podporu výskumu a vývoja, Mýtna 23, 811 07 Bratislava www.apvv.sk, agentura@apvv.sk 2021 RICHIE.. s. r. o. | Richard Kučera Guzmán
Publikácia bola vydaná aj v anglickej mutácii.



NÁRODNÉ POĽNOHOSPODÁRSKE
A POTRAVINÁRSKE CENTRUM
VÝSKUMNÝ ÚSTAV PÔDOZNALECTVA
A OCHRANY PÔDY BRATISLAVA



Kolektív riešiteľov d'akuje za pozornosť

