



COMENIUS  
UNIVERSITY  
BRATISLAVA



FACULTY  
OF NATURAL SCIENCES  
Comenius University  
Bratislava

DEPARTMENT OF  
PHYSICAL GEOGRAPHY  
AND GEOINFORMATICS

# Hodnotenie ekologických benefitov stromov na vybraných lokalitách mestskej časti Bratislava – Staré Mesto

Hana Bobáľová

[hana.bobalova@uniba.sk](mailto:hana.bobalova@uniba.sk)



# Akú hodnotu majú stromy v meste ?

Top-valued benefit	Typical ranking/ importance
Shade & heat reduction	Consistently #1
Aesthetics/beauty	Very high
Calm, stress relief, well-being	High
Air quality	Moderate-high
Food/wood/medicine	Context-dependent



# Akým problémom čelia mestá v súčasnosti ?

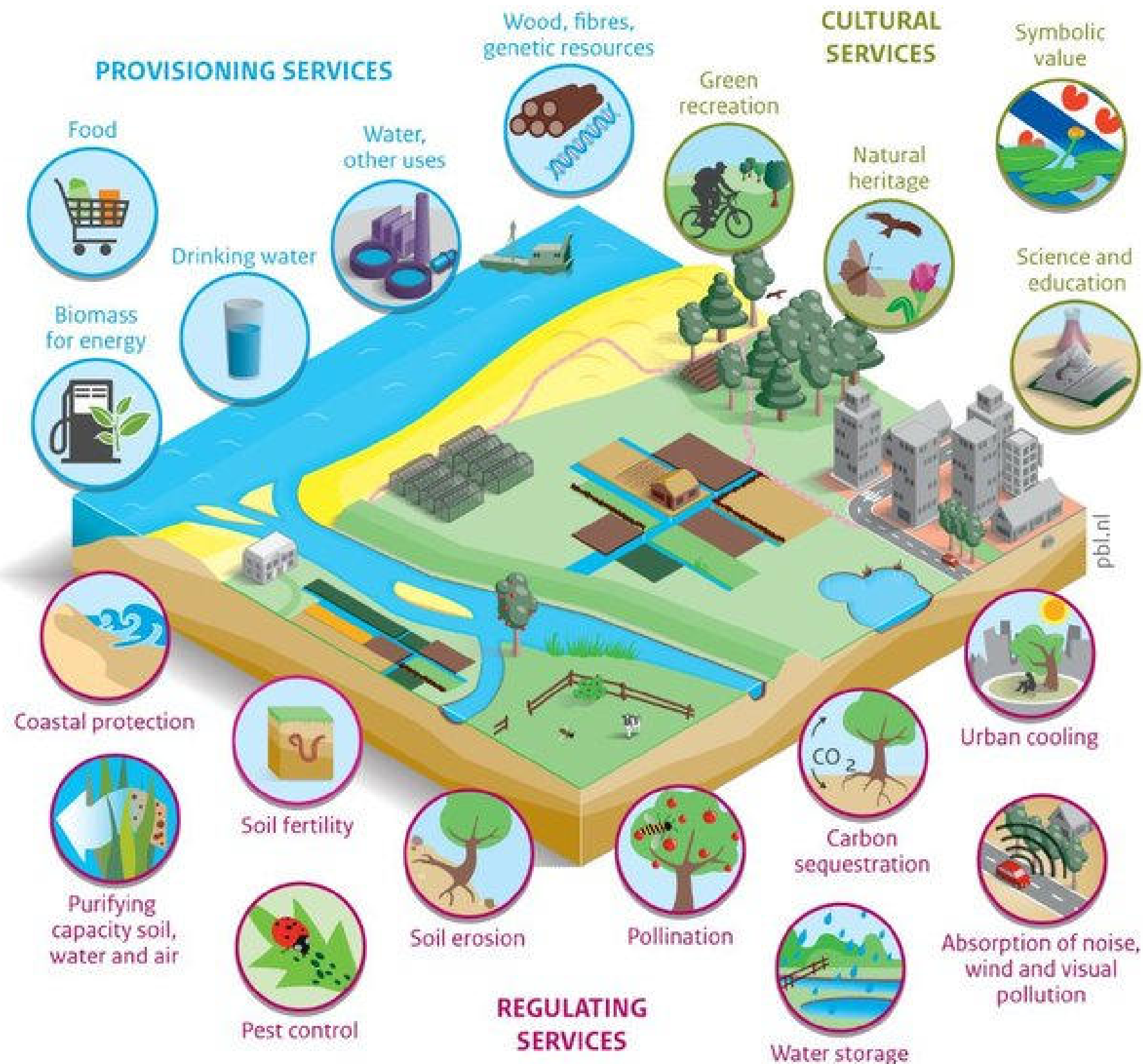
- prehrievanie (mestské ostrovy tepla),
- extrémne zrážky a odtok vody,
- klimatická zmena,
- znečistenie ovzdušia,
- kvalita verejného priestoru,
- ...



- poskytovanie tieňa,
- evapotranspirácia,
- ukladanie a sekvestrácia uhlíka,
- zlepšovanie kvality ovzdušia,
- zachytávanie vody,
- redukcia hlučnosti,
- zmierňovanie stresu,
- podpora fyzickej aktivity,
- podpora sociálnej kohézie,
- ...



# Ekosystémové služby stromov



## Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)

- ochladzovanie prostredia,
- zachytávanie znečistenia a hluku,
- sekvestrácia uhlíka,
- zadržiavanie dažďovej vody,
- habitat pre organizmy,
- rekreácia v zeleni,
- ...



# Kvantifikácia ekologických benefitov mestských stromov

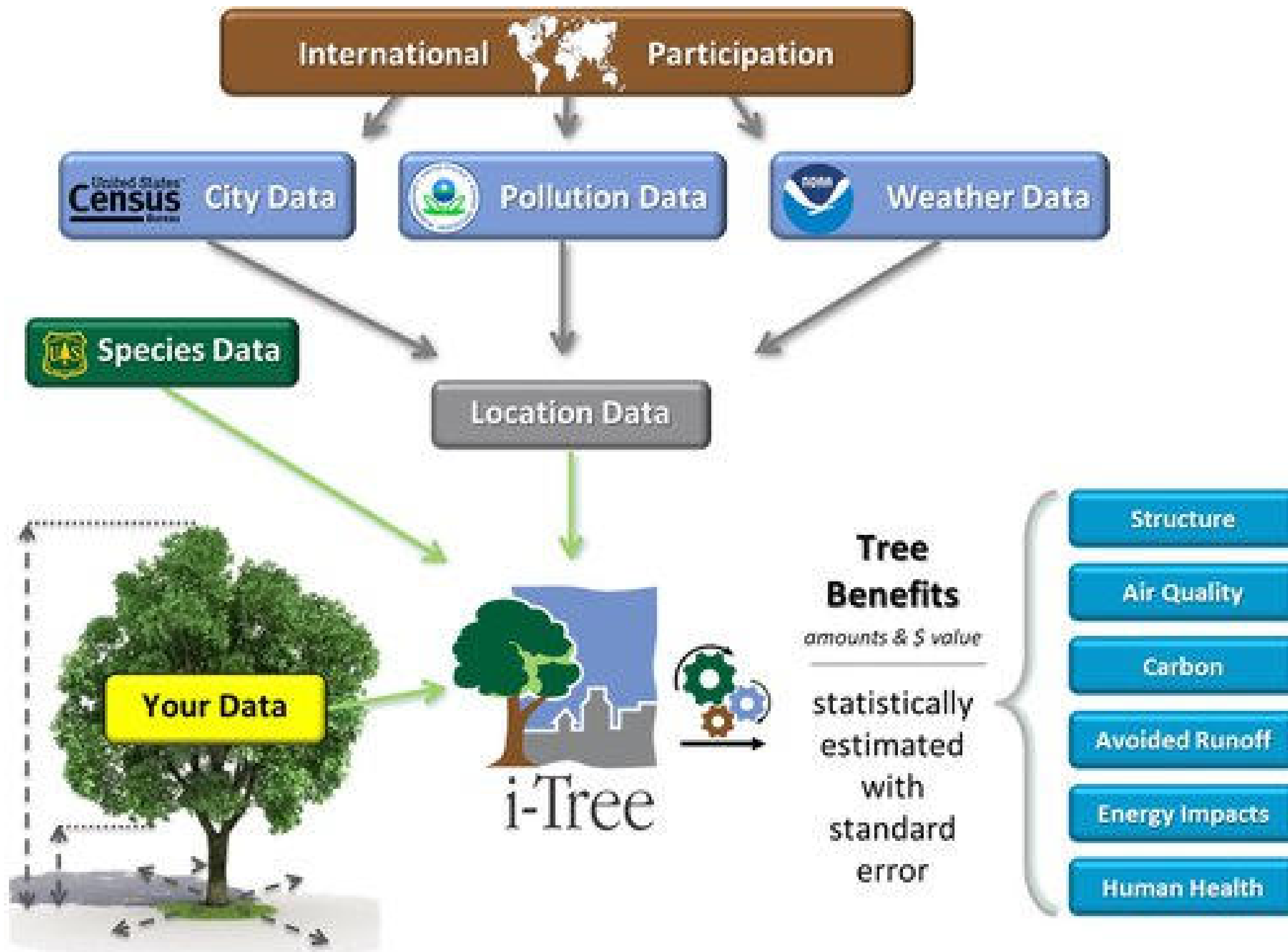
- podpora rozhodovania samosprávy,
- argumenty pre investície do zelene,
- plánovanie výsadby,
- porovnanie scenárov (výsadba / výrub),
- ...



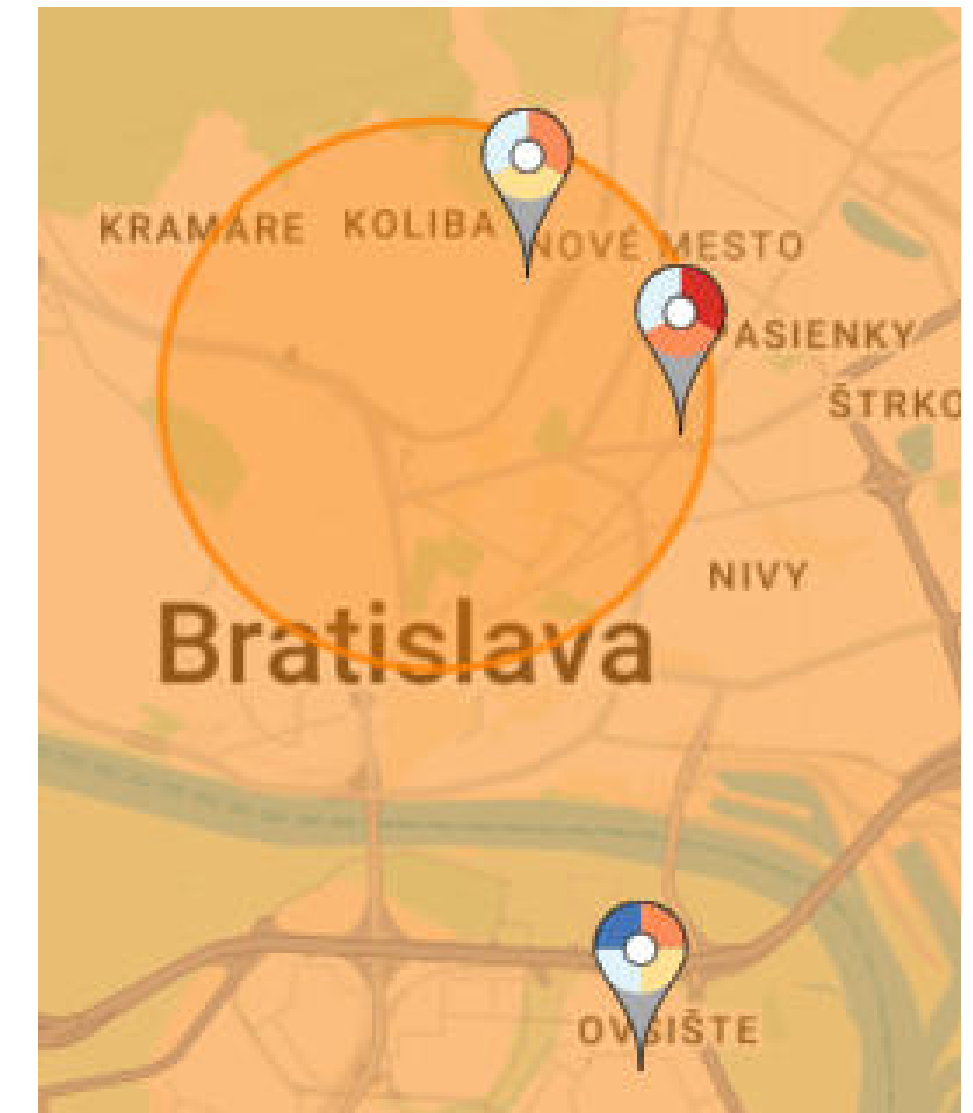
- open source, peer reviewed softvérová sada nástrojov
- vyvíjaná v USDA Forest Service na hodnotenie urbánnych aj rurálnych lesov
- USA, Kanada, Austrália, UK, Švédsko, Holandsko, Švajčiarsko, Španielsko, Poľsko, Maďarsko, ...

<https://www.itreetools.org>

# i-Tree Eco



- BA - letisko, BA - Koliba
- znečistenie ovzdušia (2015)



- |         |   |
|---------|---|
| ✓ CO    | ■ |
| ✓ NO2   | ■ |
| ✓ O3    | ■ |
| ✓ PM10  | ■ |
| ✓ PM2.5 | ■ |
| ✓ SO2   | ■ |

# Vstupné údaje

Údaje poskytl Oddelenie životného prostredia m.č. BA - Staré Mesto:

<https://basm.gisplan.sk/>

**8015** stromov na pozemkoch mestskej časti:

**50** stromov bez DBH a výšky (vylúčené)

**672** stromov bez DBH (vypočítané regresnou rovnicou podľa výšky stromu)

**GISPLAN** Mapa zelene  
BRATISLAVA-STARÉ MESTO

Vrstvy Hľadanie Lokality Legenda Poznámky Meranie Export mapy Zmena aplikácie O aplikácii **PRIHLÁSIŤ SA** Menu

**Identifikácia**

Listnatý strom

Poradové číslo: 14851

Taxón: hruška Calleryova kultivar

Obvod kmeňa: 31

Výška stromu: 6

Perspektíva: dlhodobá perspektívny

Typy poškodenia: výmladky na báze kmeňa  
výmladky na kmeni a v korune krížiace sa  
konáre hubové ochorenie listov obmedzený  
koreňový priestor

Formulár: [Hlásenie podnetov](#)

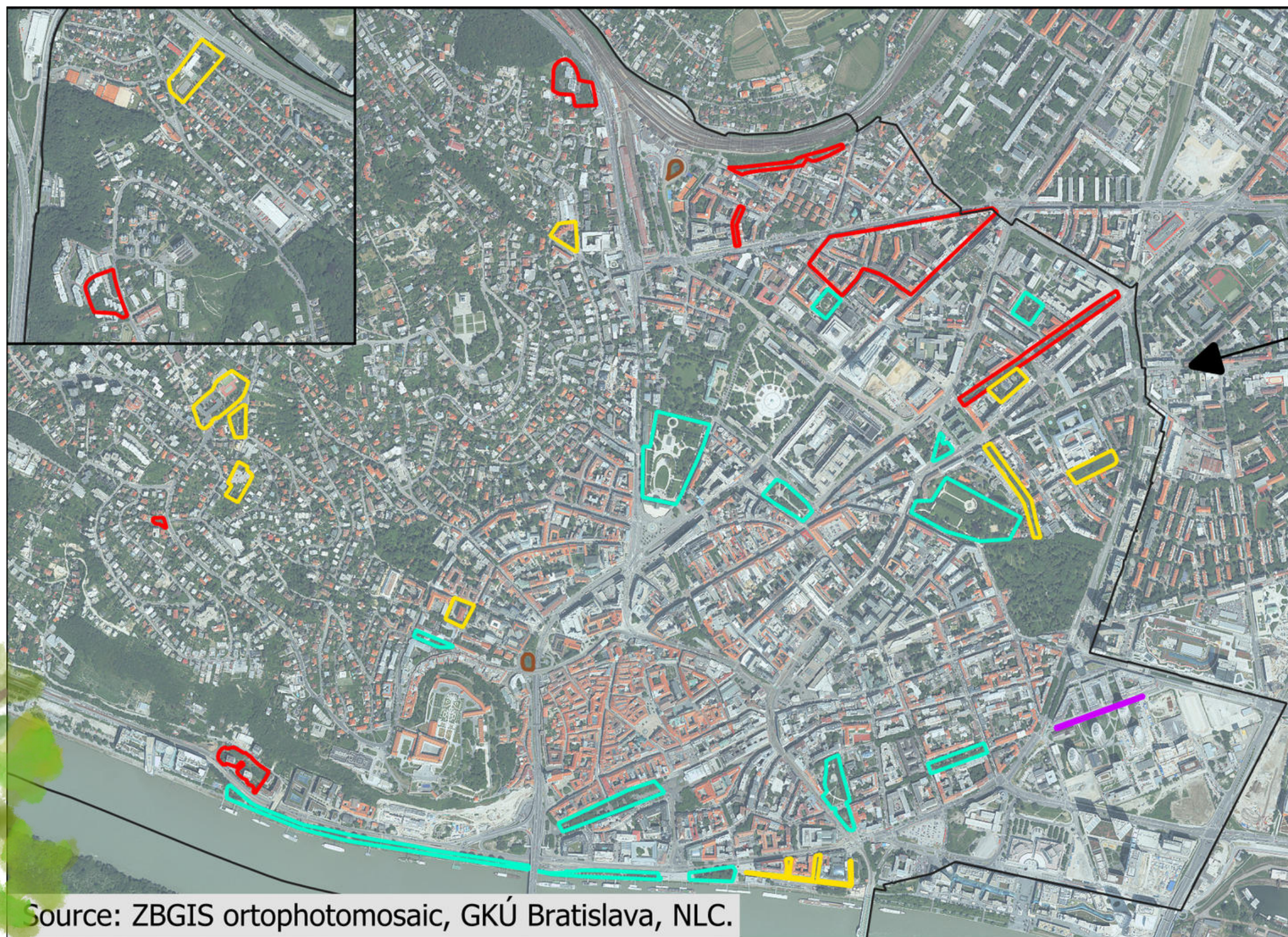
ZDIELAŤ MAPU SLEDOVAŤ MOJU POLOHU

Ortofotomapa 2024 © EUROSENSE s.r.o., SURVEYE s.r.o., Adresy: © MAPA Slovakia Digital s.r.o.



# Testovacie plochy pre hodnotenie zelene

**34** plôch - **3620** stromov



Bratislava - Staré Mesto

Sample plots

- Parks
- Residential
- Institutional
- Transport
- Commercial



# Predspracovanie dát

- zjednotenie názvov taxónov
- určenie parametrov *Land use*, *Street tree* a *Public* (podľa testovacích plôch)
- určenie parametrov *Dieback* a *Crown missing* (podľa poznámok):

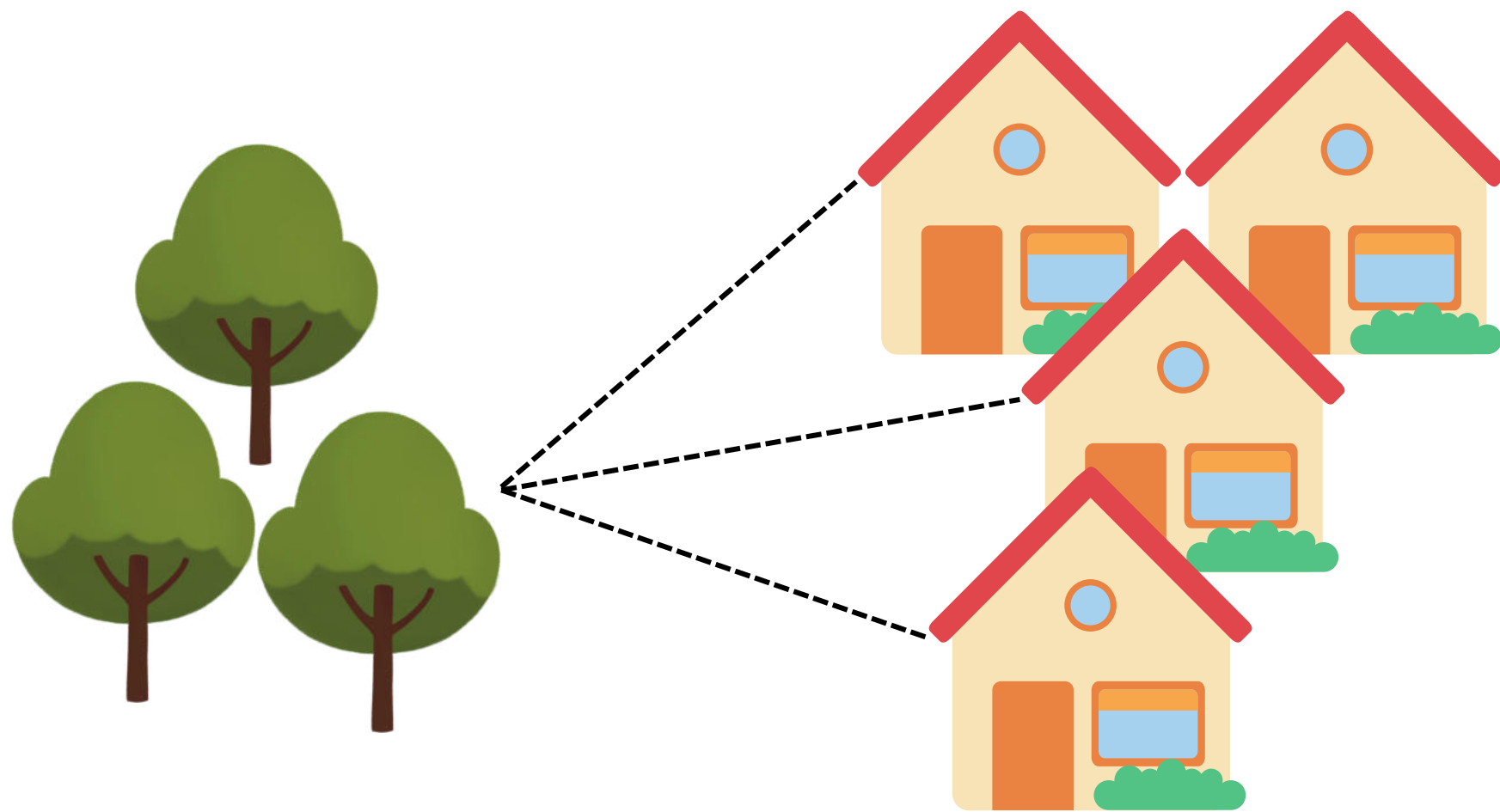
Textový popis	Dieback (v %)
suchý strom	100
takmer suchý strom	90
suché konštrukčné, hrubé a tenké konáre	45
suchý kmeň, suché dva kmene	40
suchý konštrukčný, hrubé a tenké konáre	35
suché konštrukčné konáre	30
suché hrubé a tenké konáre	30
suché hrubé konáre	25
suchý konštrukčný konár	15
suché tenké konáre	15
suchý vrcholec	10

Textový popis	Crown missing (v %)
dekapitovaná koruna	100
chýba podstatná časť koruny (viac ako 99 %)	100
chýba podstatná časť stromu (viac ako 50 %)	70
chýba podstatná časť koruny (viac ako 60 %)	65
chýba podstatná časť koruny (viac ako 50 %)	55
chýba podstatná časť koruny (viac ako 30 %)	35
okliesnený strom	30
preriedla koruna	30
úmyselne odstránený vrcholec	20



# Vplyv stromov na energetickú bilanciu okolitých budov

- stromy vyššie ako 20 stôp do 60 stôp od klimatizovaných rezidenčných budov
- vzdialenosť a azimut k trom najbližším budovám (najviac 3-podlažným)
- budovy z OpenStreetMap



```
UPDATE stromy s
SET b1s = sub.dist_m,
    b1d = sub.angle_deg
FROM (
  SELECT
    tr.id AS tree_id,
    ST_Distance(tr.geom, bu.geom) AS dist_m,
    degrees(
      ST_Azimuth(
        tr.geom,
        ST_ClosestPoint(bu.geom, tr.geom)
      )
    ) AS angle_deg
  FROM stromy tr
  JOIN LATERAL (
    SELECT b.geom
    FROM buildings b
    WHERE ST_DWithin(tr.geom,b.geom,18)
    ORDER BY tr.geom <-> b.geom -- najbližší
    LIMIT 1
  ) bu ON true
) sub
WHERE s.id = sub.tree_id;
```



## Ukladanie a sekvestrácia uhlíka

**Listová plocha (Leaf area)** - odvodená z výšky koruny, priemeru koruny a koeficientu zatienenia (Nowak 1996). Znižuje sa o príslušné percento chýbajúcej časti koruny, resp. percento suchých konárov.

**Listová biomasa (Leaf biomass)** - počíta sa z listovej plochy s použitím druhovo-špecifických konverzných faktorov.

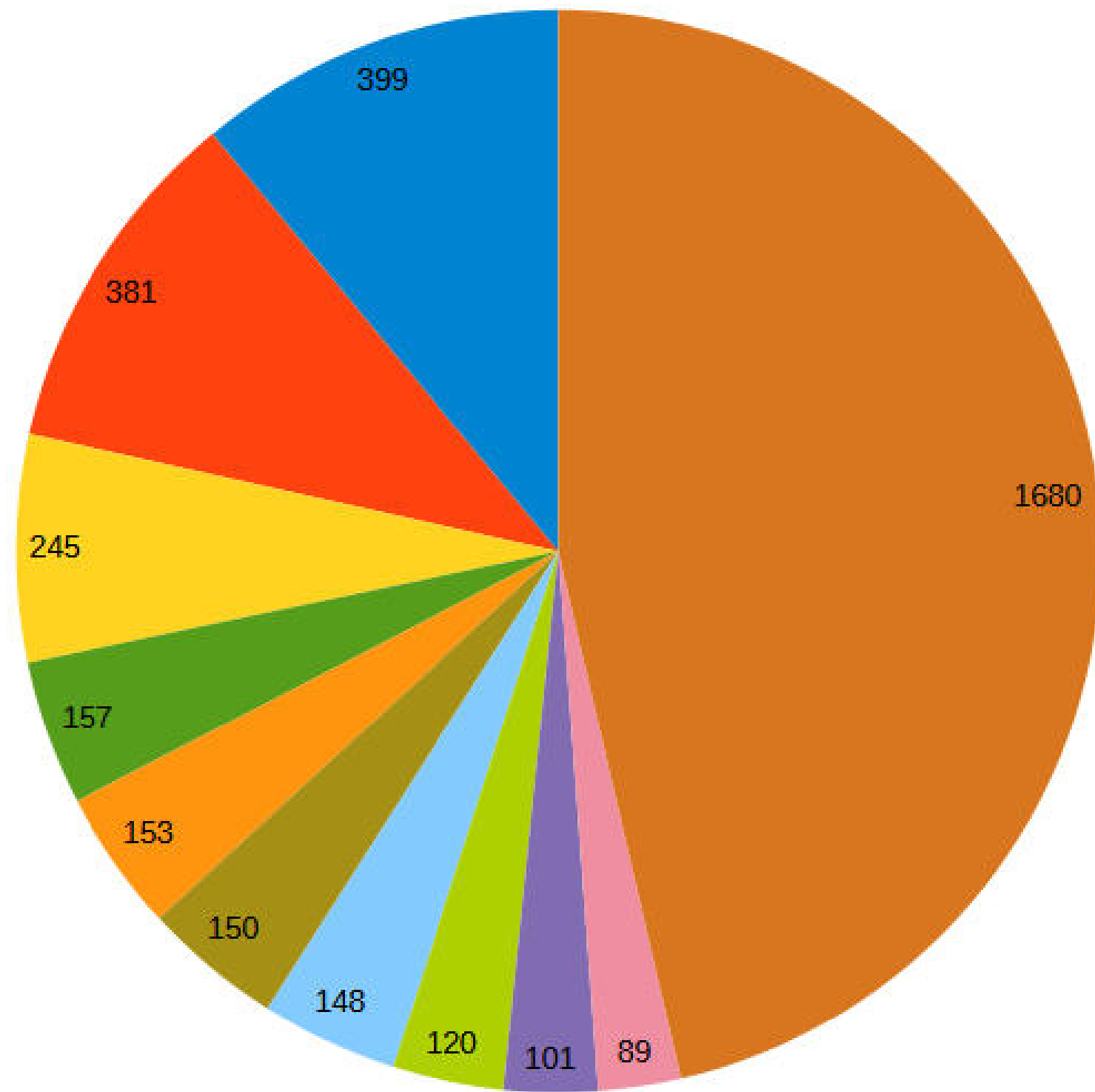
**Celková biomasa stromu (Tree dry weight biomass)** - počíta sa na základe alometrických rovníc z literatúry. Do výpočtu vstupujú parametre: druh stromu, DBH, celková výška stromu, percento suchých konárov v korune, osvetlenie koruny.

**Ukladanie uhlíka (Carbon storage)** - počíta sa ako 0.5-násobok biomasy stromu (Chow and Rolfe, 1987).

**Hrubá sekvestrácia uhlíka (Gross carbon sequestration)** - modeluje sa zväčšovaním DBH stromu podľa odhadovanej ročnej rýchlosti rastu.



# Druhové zloženie stromov na testovacích plochách



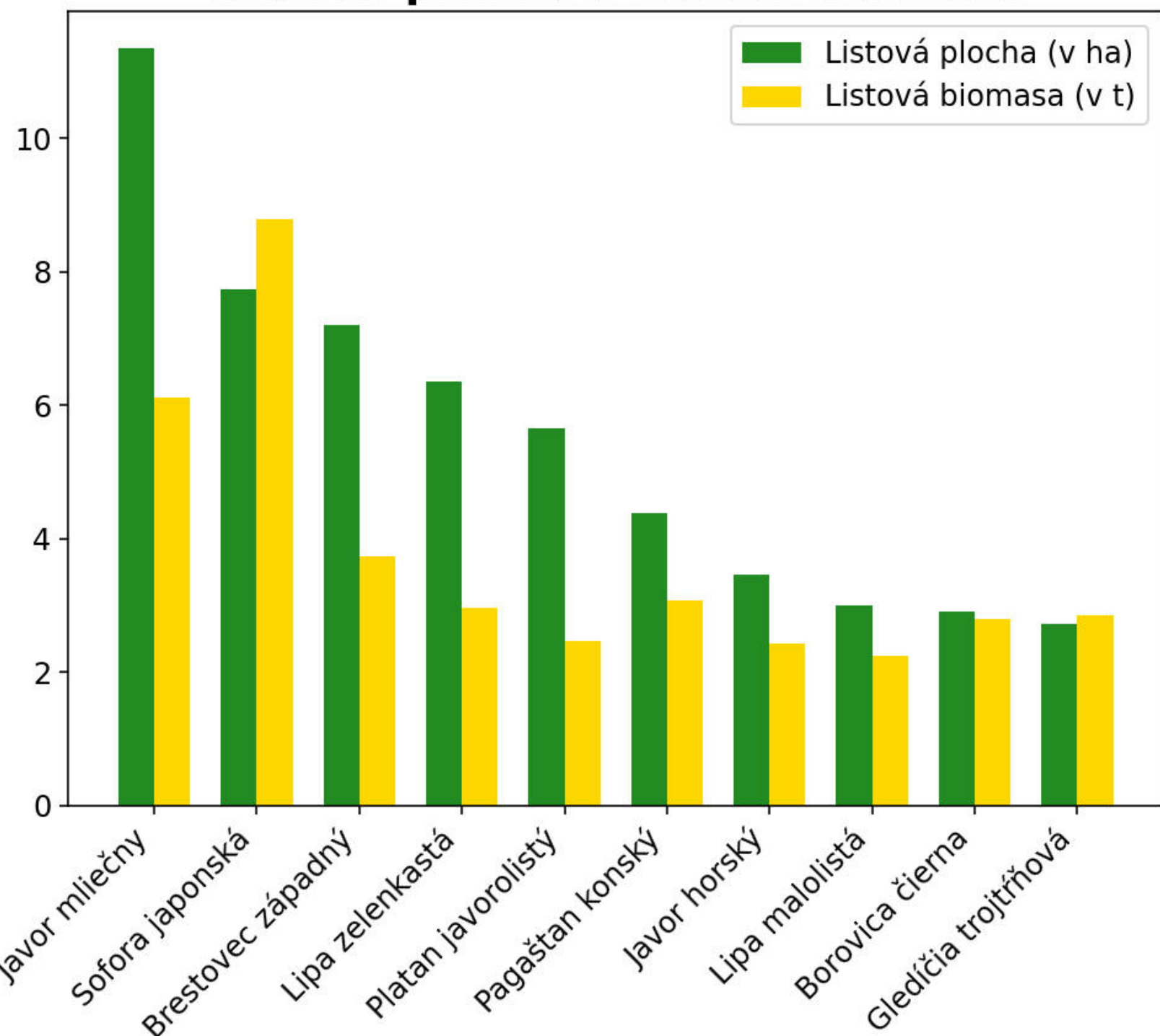
- Borovica čierna (*Pinus nigra*)
- Javor mliečny (*Acer platanoides*)
- Sofora japonská (*Styphnolobium japonicum*)
- Brestovec západný (*Celtis occidentalis*)
- Javor horský (*Acer pseudoplatanus*)
- Lipa zelenkastá (*Tilia x euchlora*)
- Tis obyčajný (*Taxus baccata*)
- Platan javorolistý (*Platanus x hybrida*)
- Breza previsnutá (*Betula pendula*)
- Slivka čerešňoplodá (*Prunus cerasifera*)
- Iné



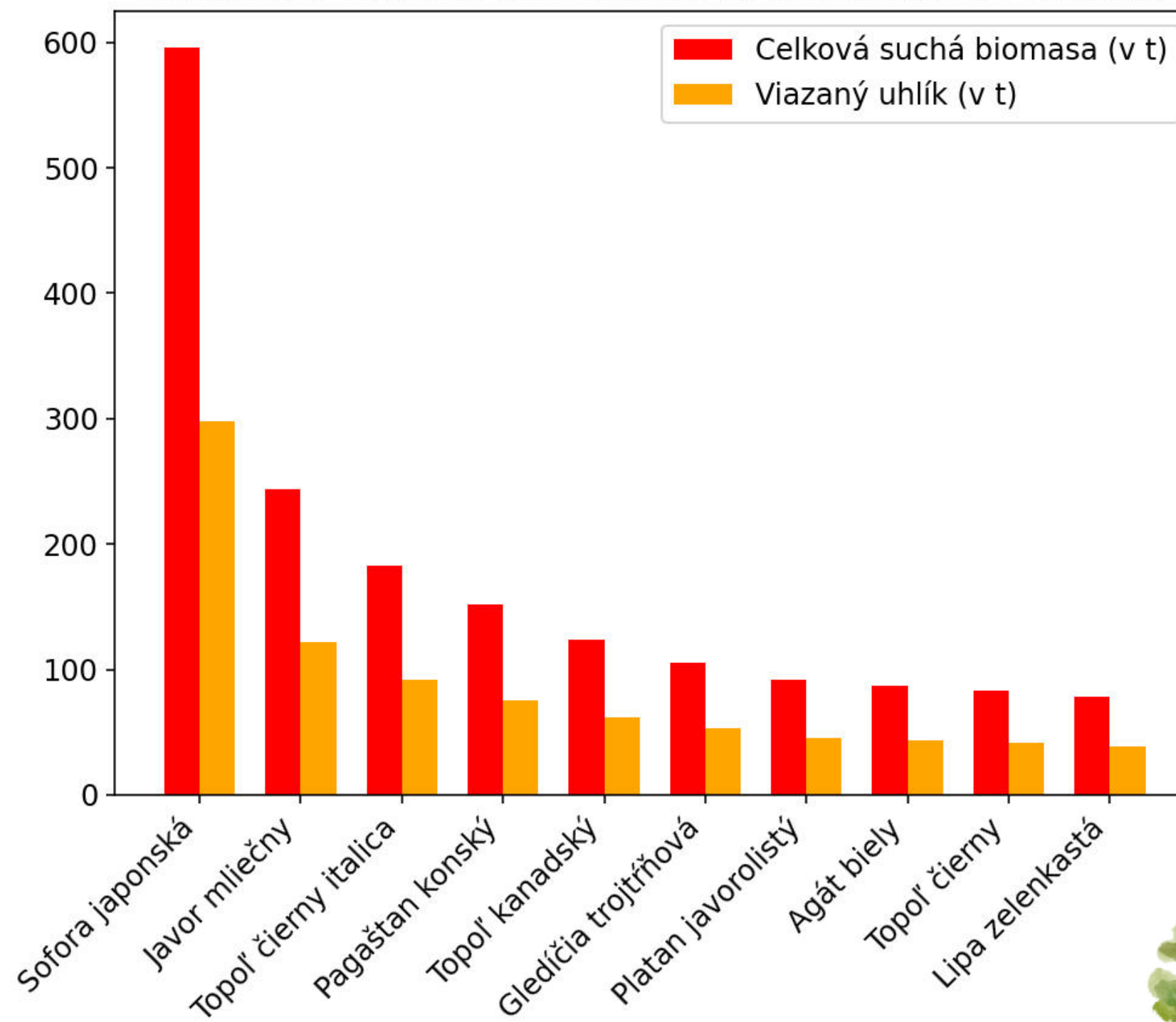


# Biomasa a ukladanie uhlíka podľa druhov stromov

## Listová plocha a listová biomasa



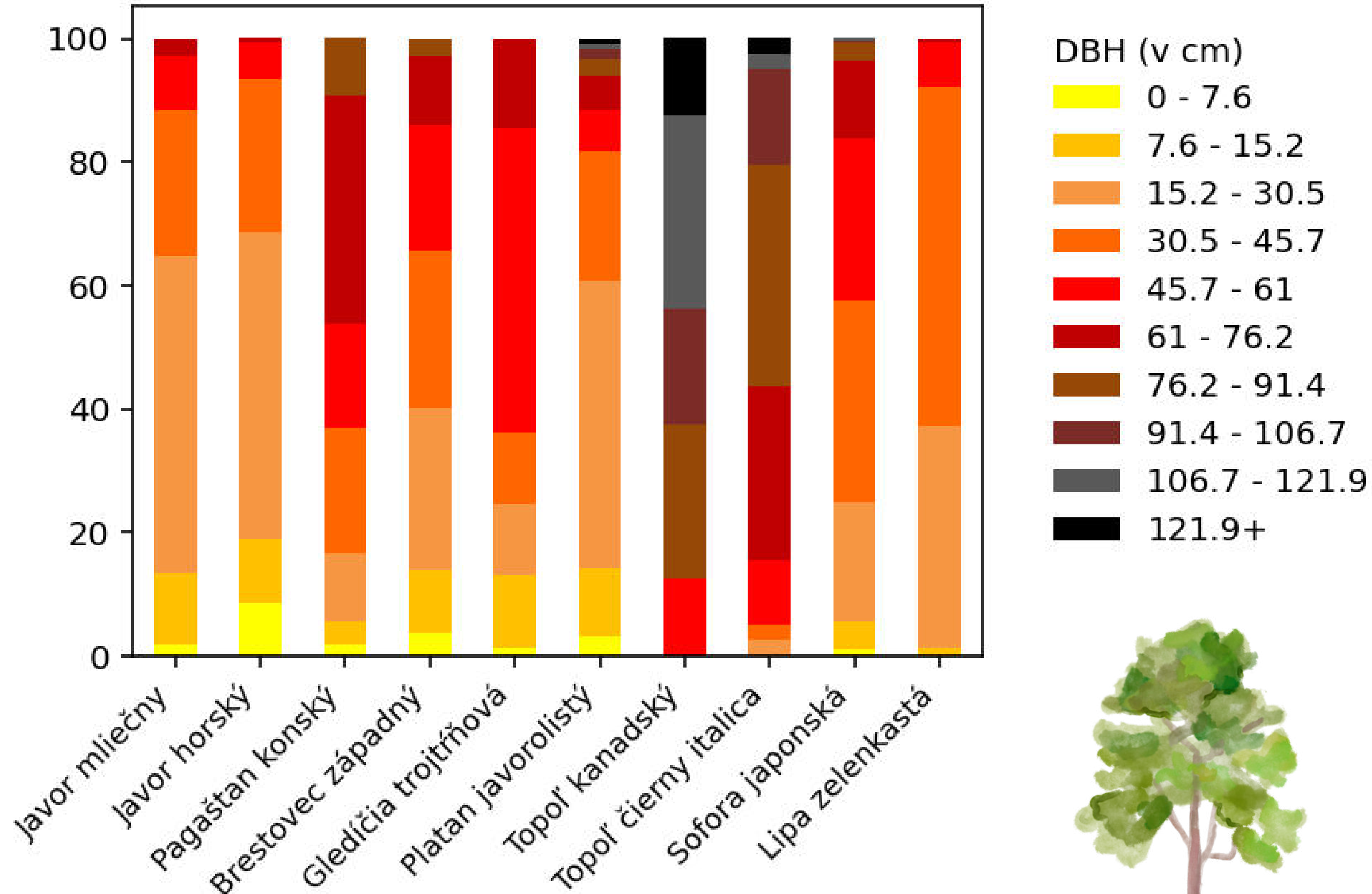
## Celková suchá biomasa a ukladanie uhlíka



- celkovo stromy viažu 1443 ton uhlíka = 5290 ton ekvivalentu CO<sub>2</sub>

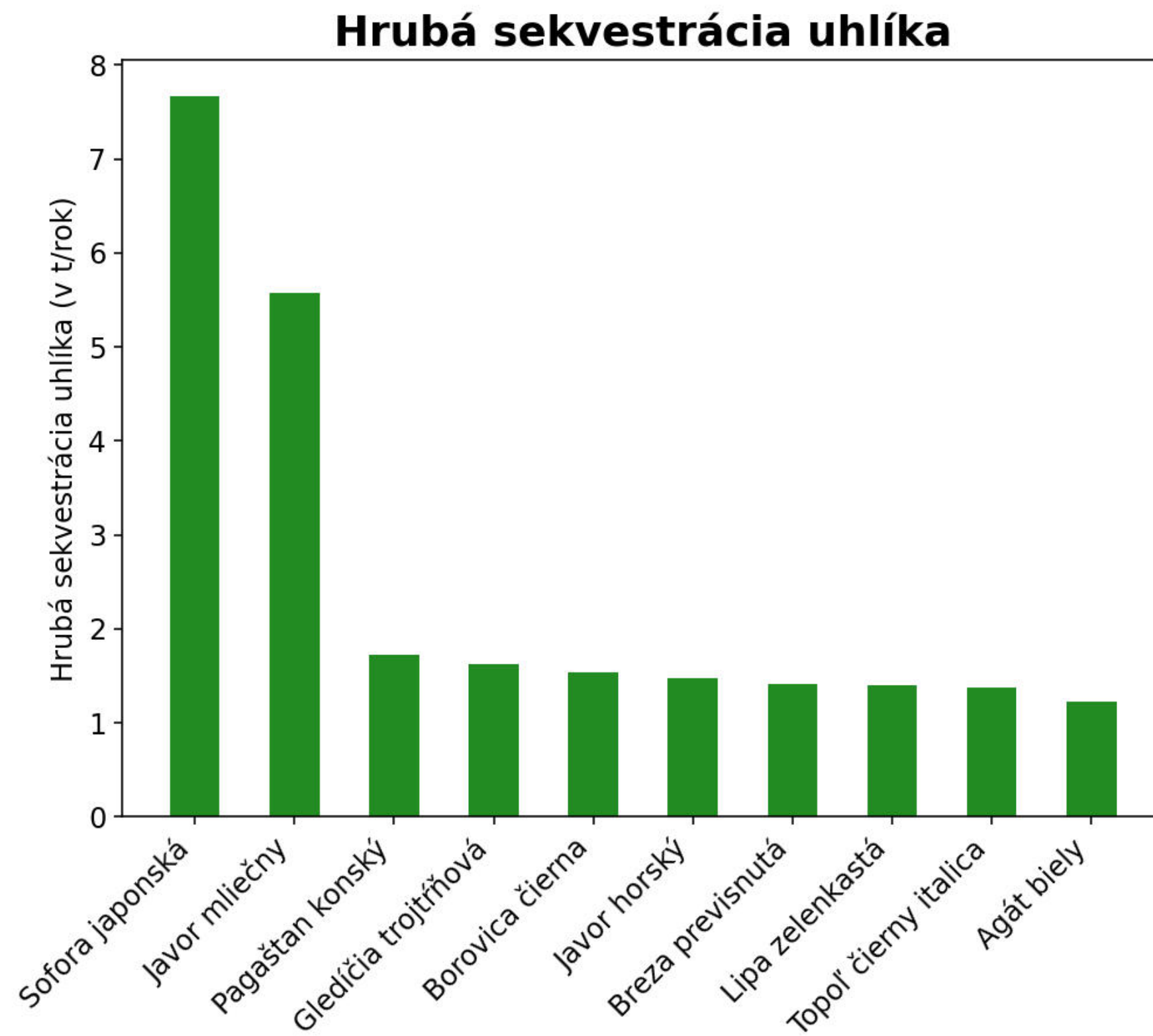


# Vybrané druhy stromov podľa štruktúry DBH



# Hrubá sekvestrácia uhlíka

- vhodné sú rýchlorastúce stromy s hustou biomasou (agát, gledíčia, pagašan, breza, lipa, borovica)
- produkcia kyslíka detto



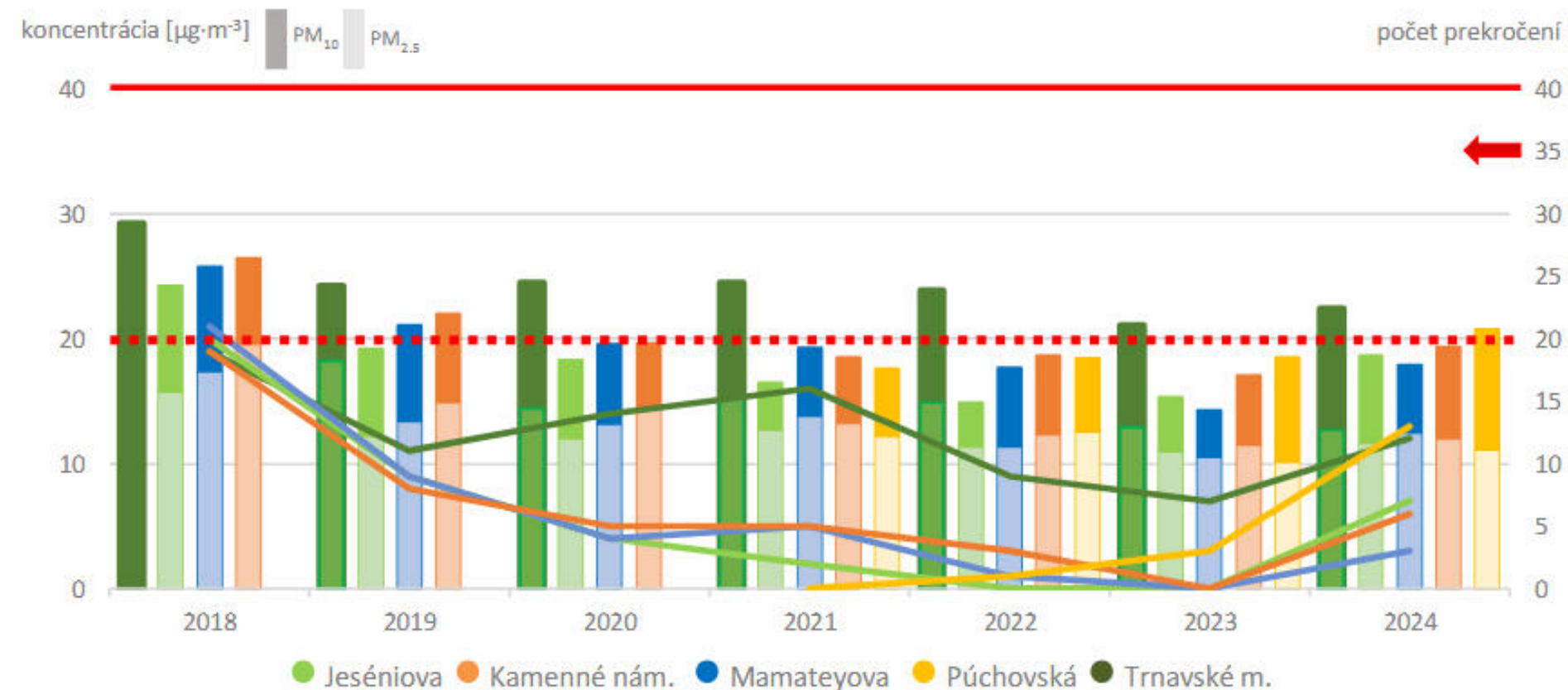
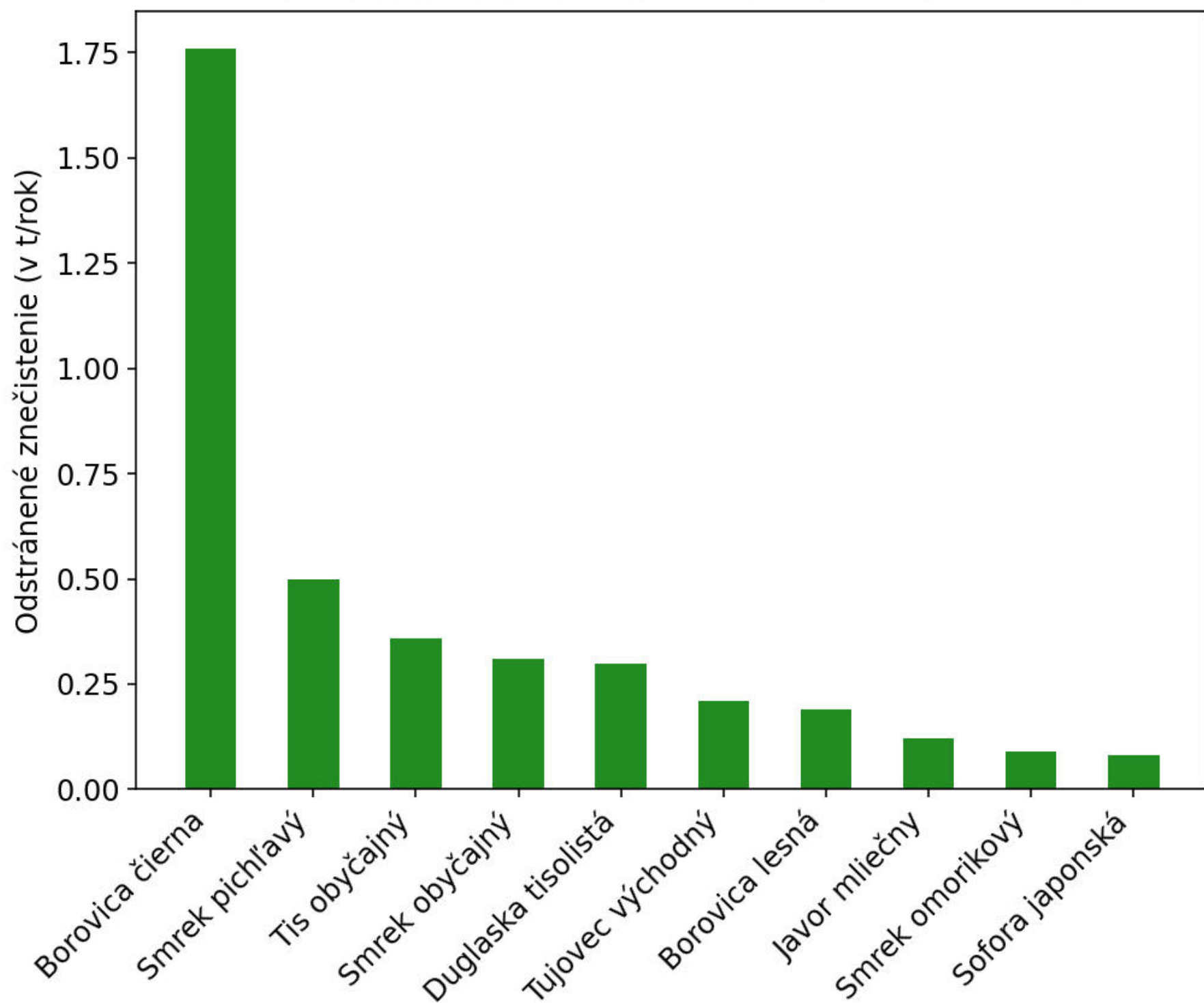
# Odstraňovanie znečistenia ovzdušia

- najdôležitejšie **ihličnaté stromy** - čistia vzduch po celý rok



- O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> a CO
- PM<sub>10</sub> a PM<sub>2.5</sub> chýbajú

## Odstraňovanie znečistenia ovzdušia

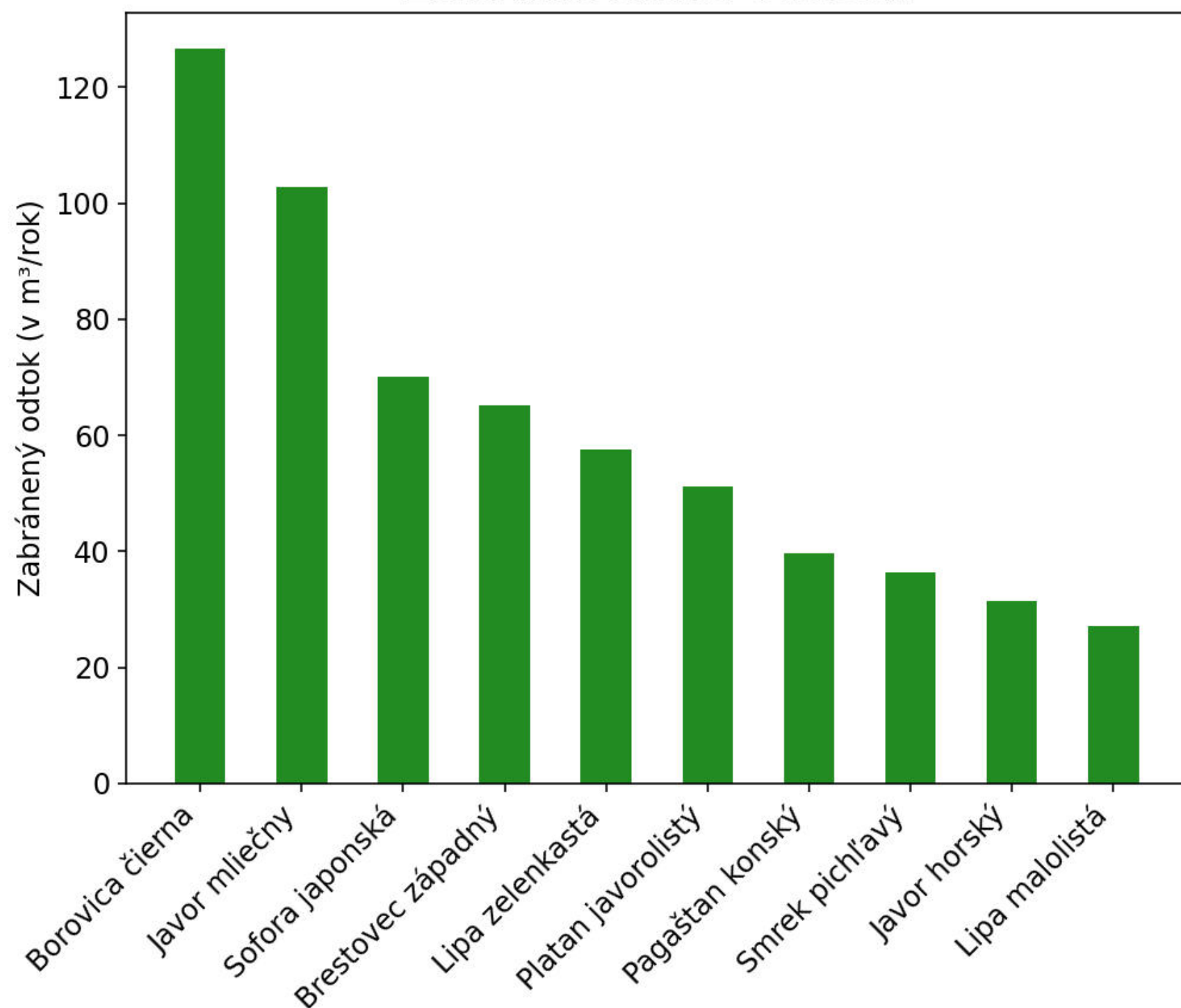


# Zabraňovanie odtoku

- **borovica čierna** - najpočetnejšia
- listnaté stromy s veľkou listovou plochou - evapotranspirácia



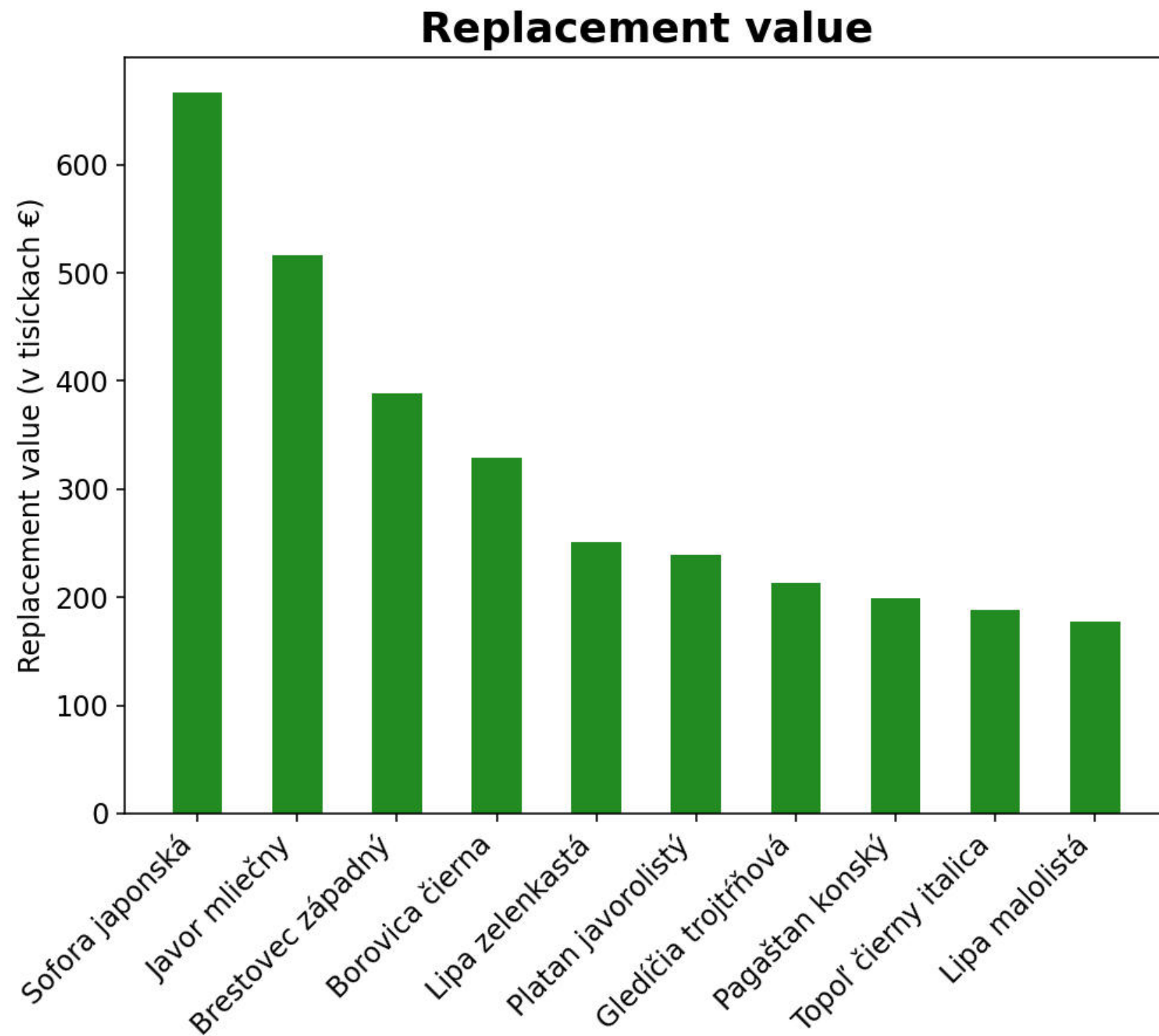
**Zabraňovanie odtoku**



- rozdiel medzi odtokom vody z oblasti bez stromov a so stromami
- hodinové hydrologické dáta z vybranej meteorologickej stanice (BA - letisko)
- podiel nepriepustných povrchov však nie je presne stanovený

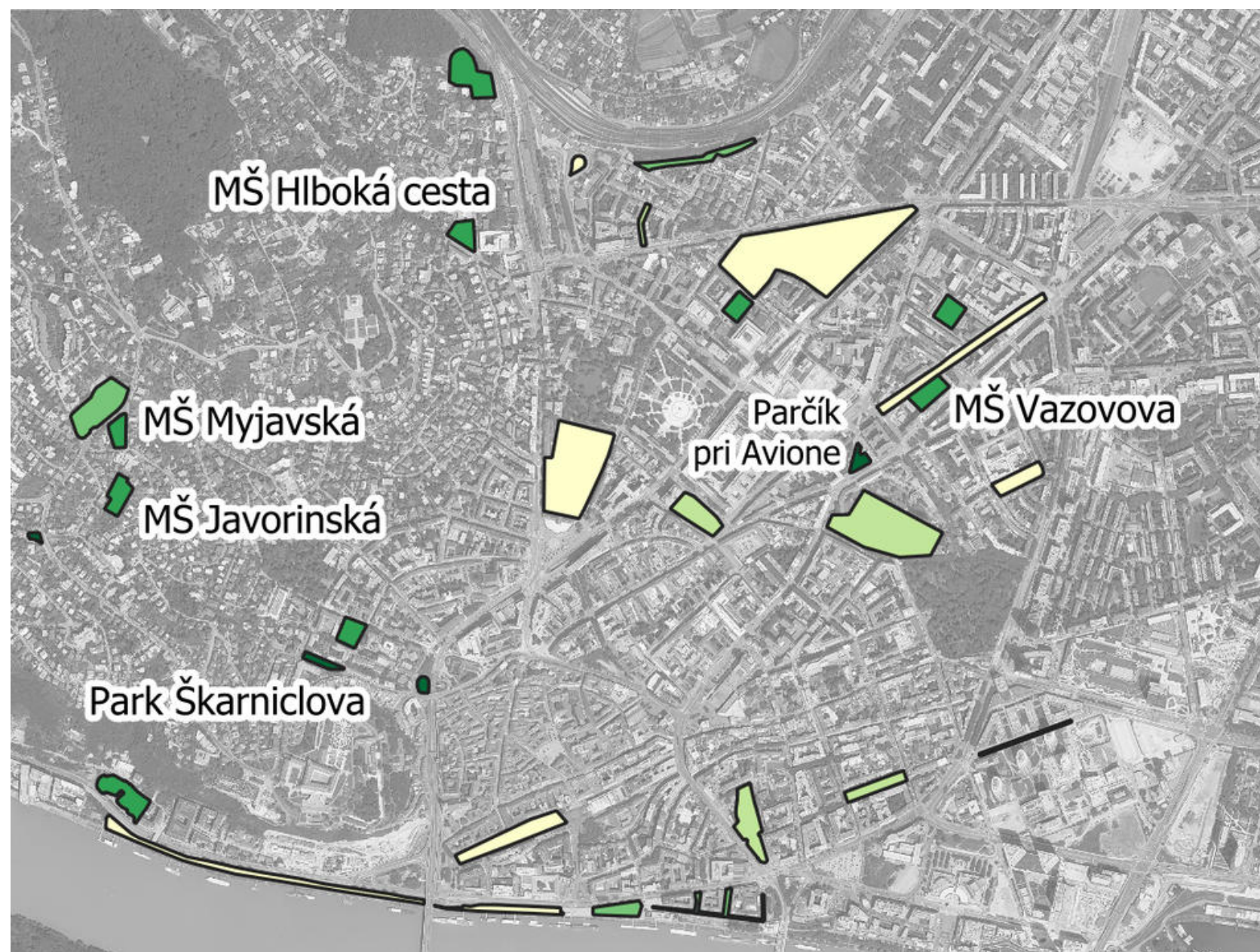
# Replacement value

- najcennejšia je **sofora japonská**  
(vysoká početnosť a priemer DBH nad 30 cm)



**Sofora japonská - Blumentálska ulica**

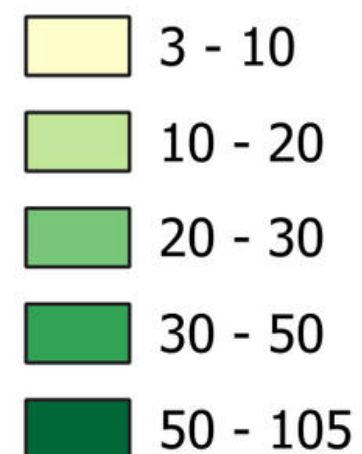
# Štruktúra testovacích plôch



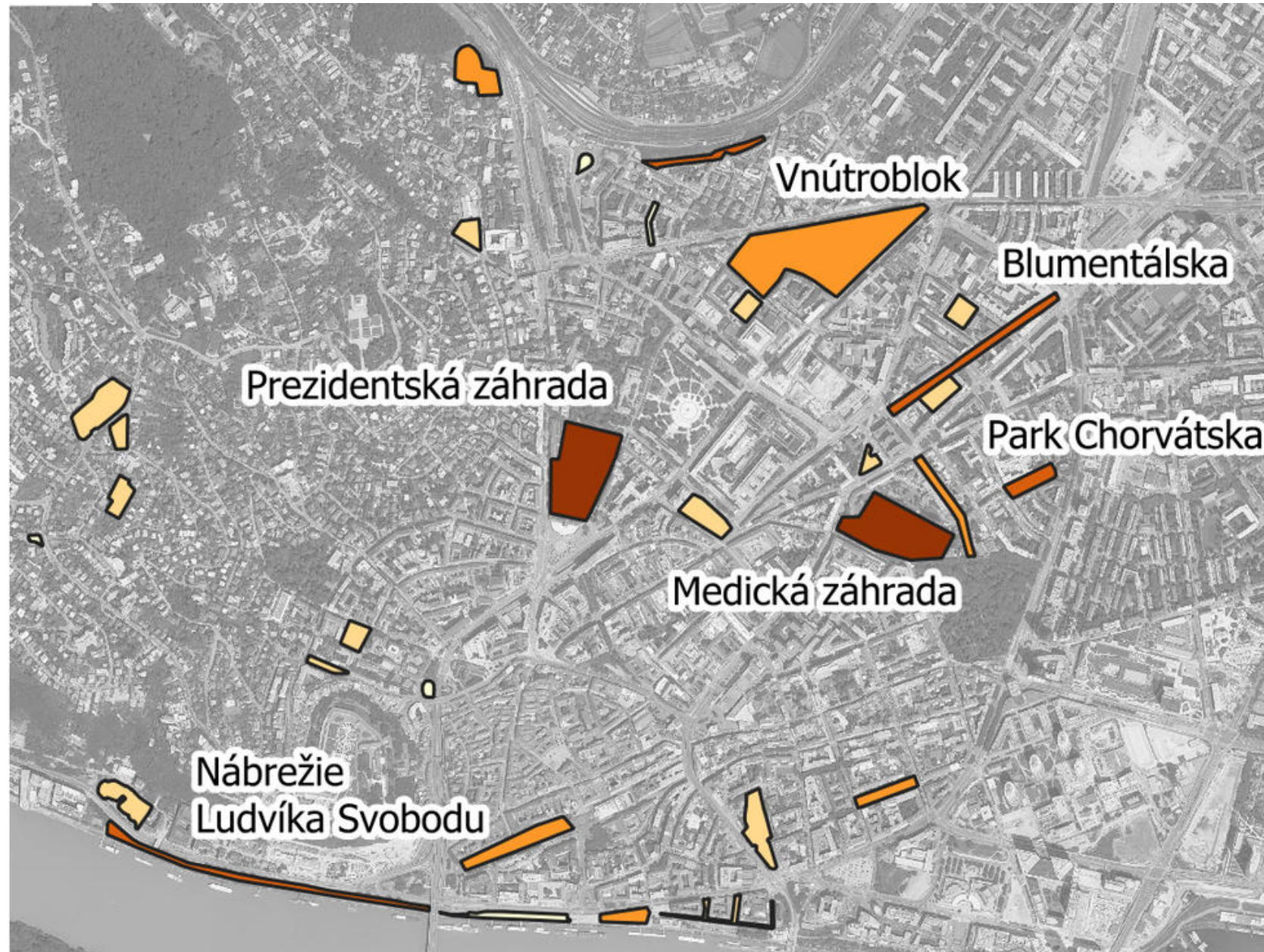
Source: ZBGIS ortophotomosaic, GKÚ Bratislava, NLC.

Land use	Count	Area (ha)	Number of trees	Tree Density (No / ha)	Richness	SPP/ha
Parks	13	13.27	1348	101.50	75	5.70
Residential	8	11.27	1378	122.20	89	7.90
Institutional	10	6.18	800	129.50	70	11.30
Transport	2	0.25	74	284.60	7	27.70
Commercial	1	0.18	25	131.60	2	11.00
	<b>34</b>	<b>31.15</b>	<b>3625</b>	<b>116.20</b>	<b>115</b>	<b>3.70</b>

Species/ha



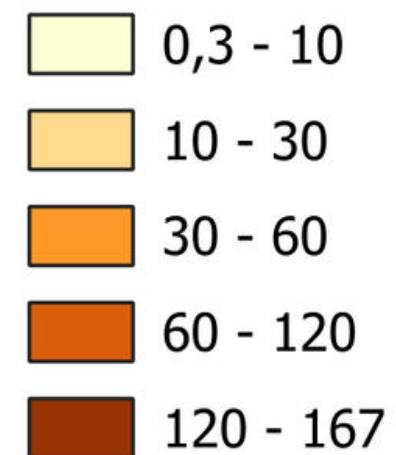
# Ukladanie uhlíka



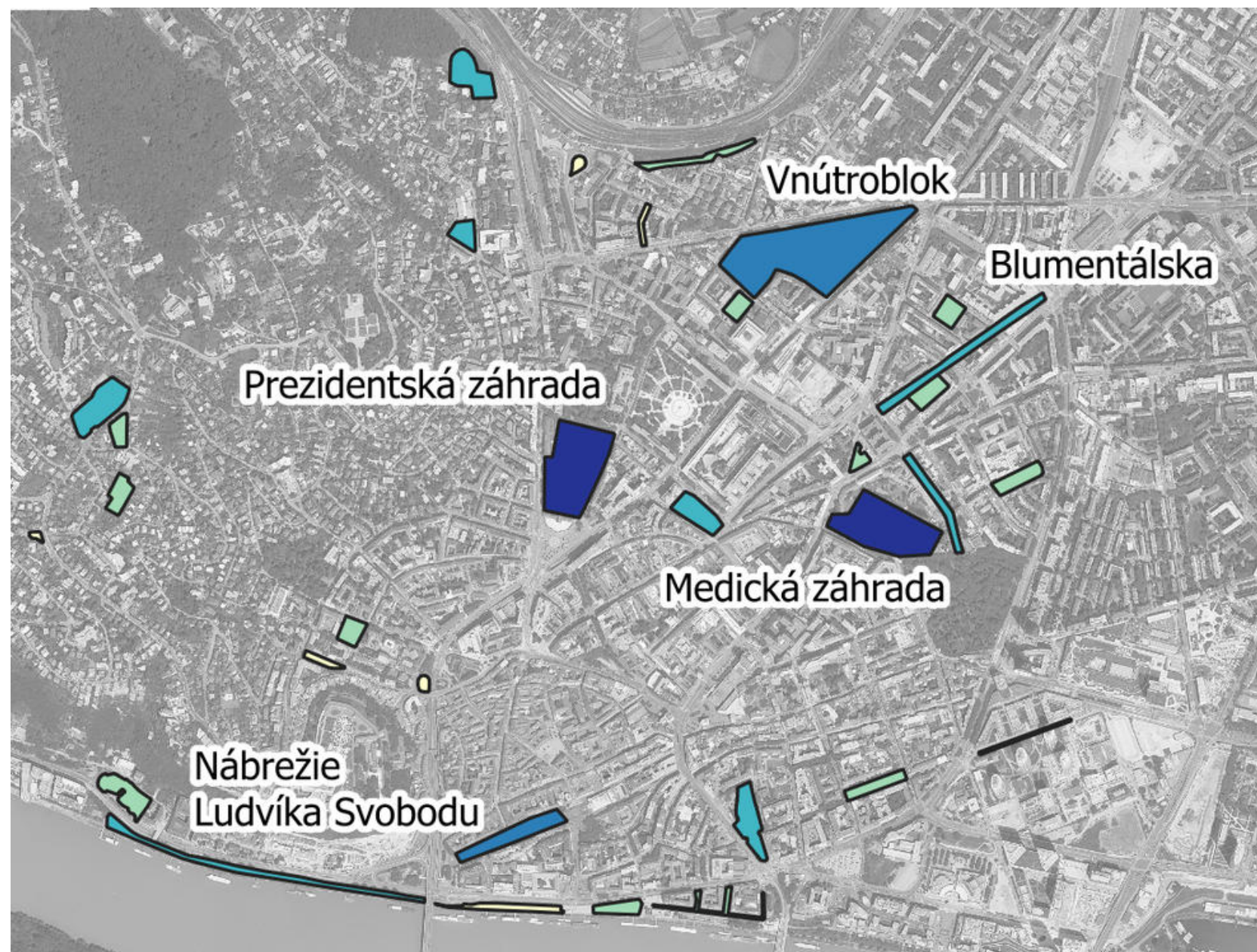
Source: ZBGIS ortophotomosaic, GKÚ Bratislava, NLC.

Land use	Leaf area (ha)	Leaf area (%)	Leaf area density (m <sup>2</sup> /ha)	Carbon storage (t)	Carbon storage (%)	CO <sub>2</sub> eq. (t)
Parks	46.31	56.9%	34875.57	668.50	46.3%	2451.20
Residential	18.60	22.9%	16493.30	358.80	24.9%	1315.70
Institutional	15.98	19.6%	25853.62	410.20	28.4%	1504.20
Transport	0.38	0.5%	14471.32	4.70	0.3%	17.10
Commercial	0.06	0.1%	3148.15	0.40	0.0%	1.30
	<b>81.33</b>	<b>100.0%</b>	<b>26076.57</b>	<b>1442.60</b>	<b>100%</b>	<b>5289.50</b>

Carbon storage (in t)



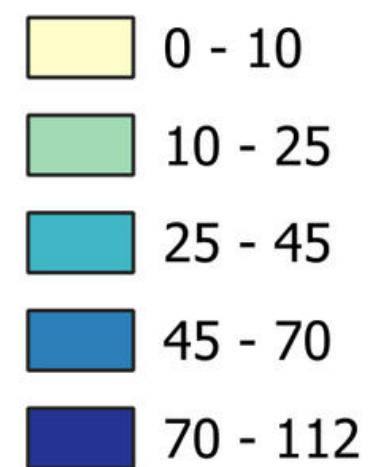
# Zabraňovanie odtoku vody



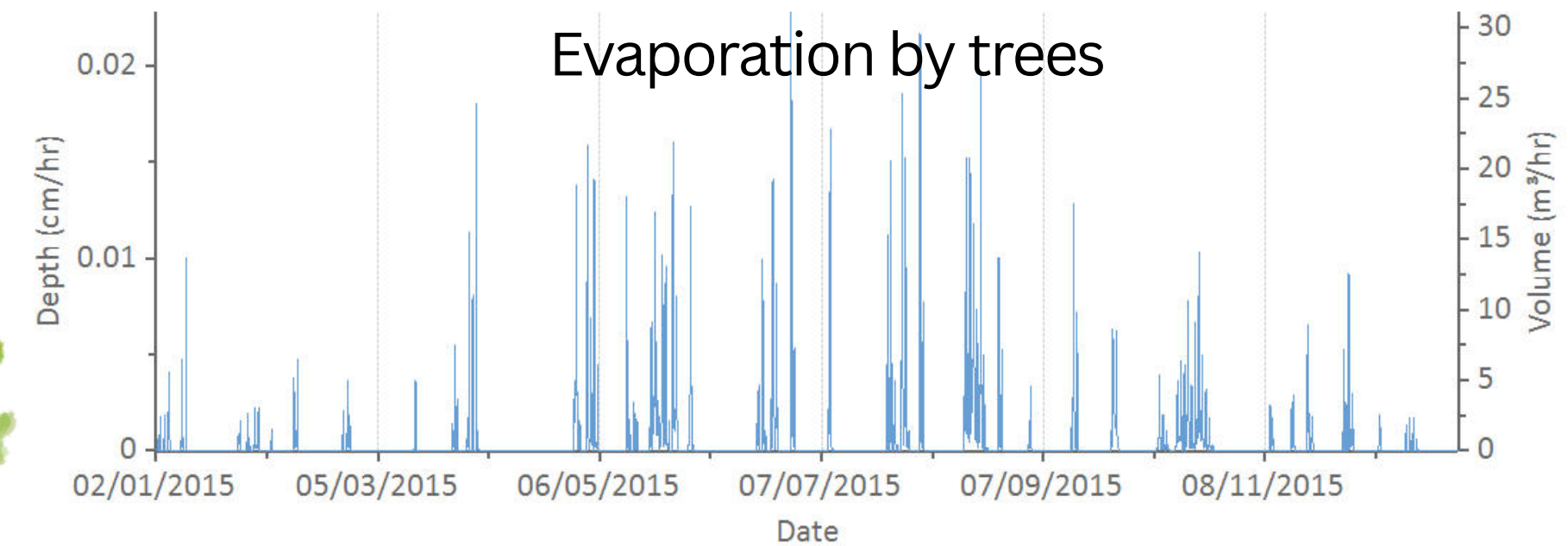
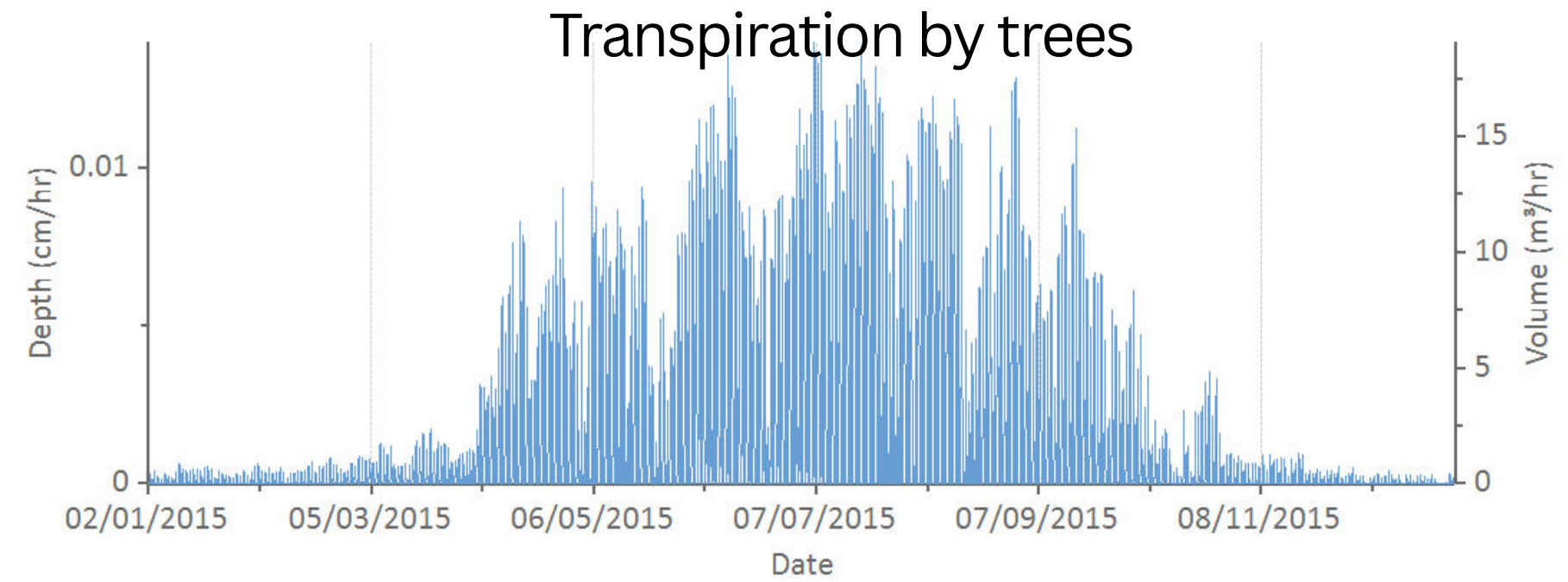
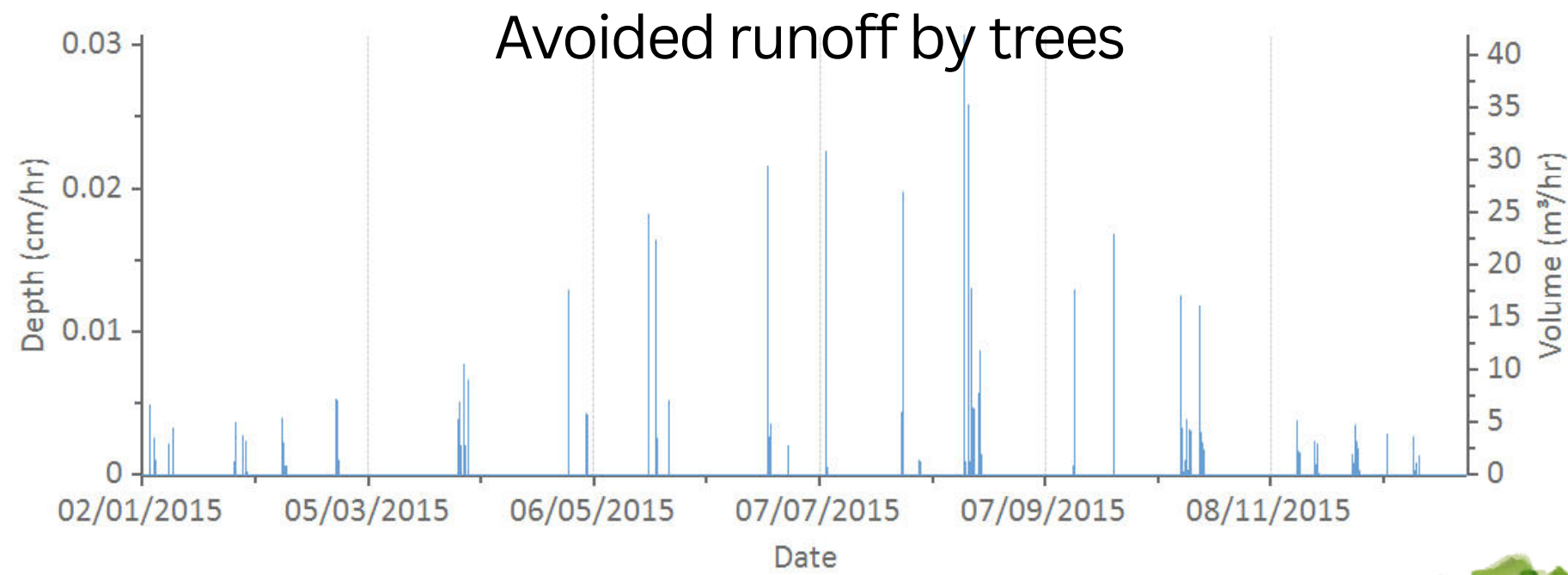
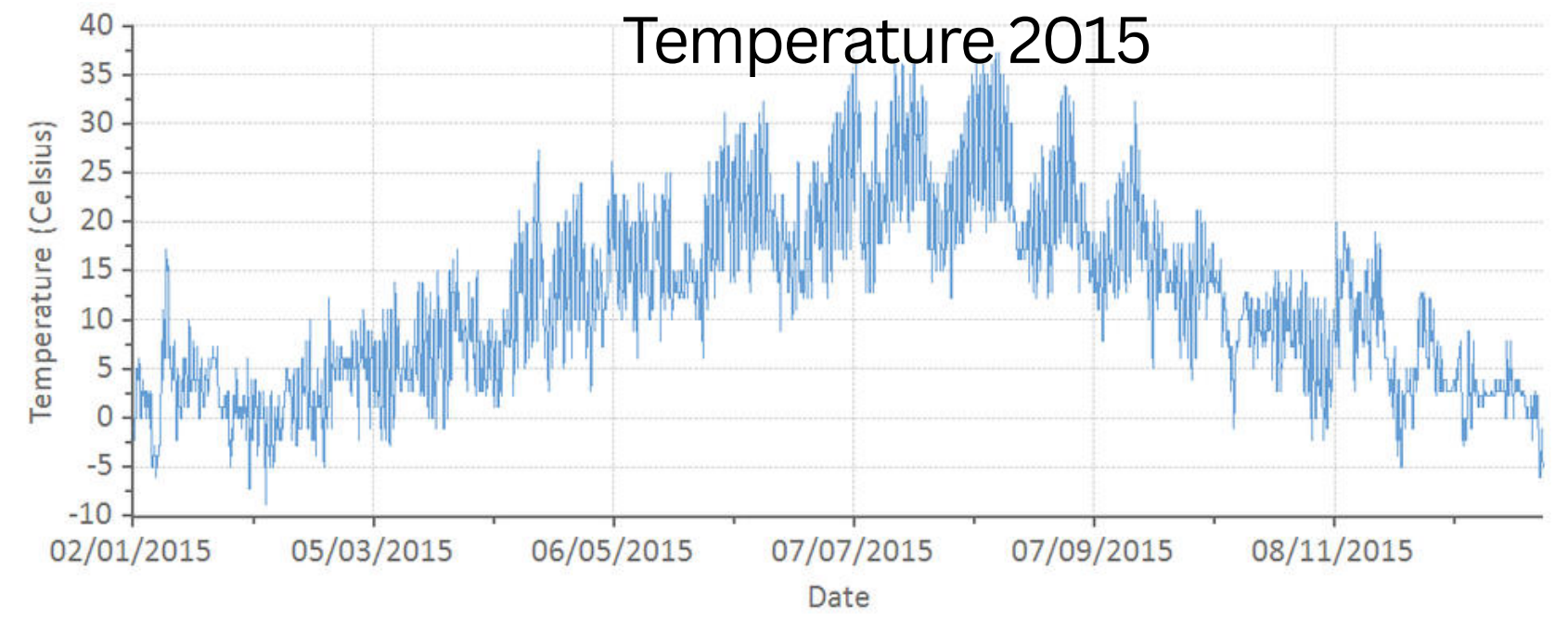
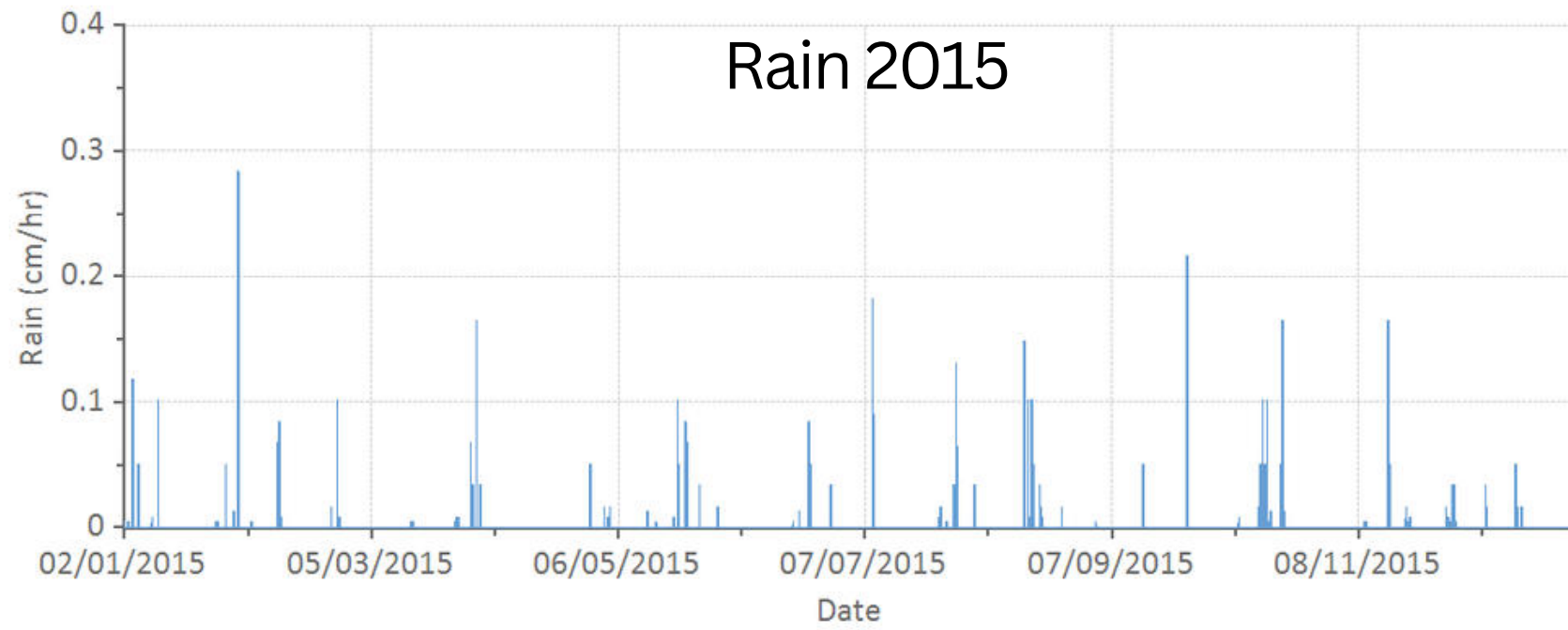
Source: ZBGIS orthophotomosaic, GKÚ Bratislava, NLC.

Land use	Potential evapotranspiration (m <sup>3</sup> /yr)	Evaporation (m <sup>3</sup> /yr)	Transpiration (m <sup>3</sup> /yr)	Water intercepted (m <sup>3</sup> /yr)	Avoided runoff (m <sup>3</sup> /yr)
Parks	28665.14	3170.45	9369.13	3173.55	498.21
Residential	12321.12	1454.64	4203.42	1455.89	240.76
Institutional	10881.69	1316.68	3456.07	1317.75	221.89
Transport	365.19	55.47	90.86	55.49	10.71
Commercial	35.00	3.64	9.54	3.65	0.54
	<b>52268.15</b>	<b>6000.87</b>	<b>17129.01</b>	<b>6006.32</b>	<b>972.12</b>

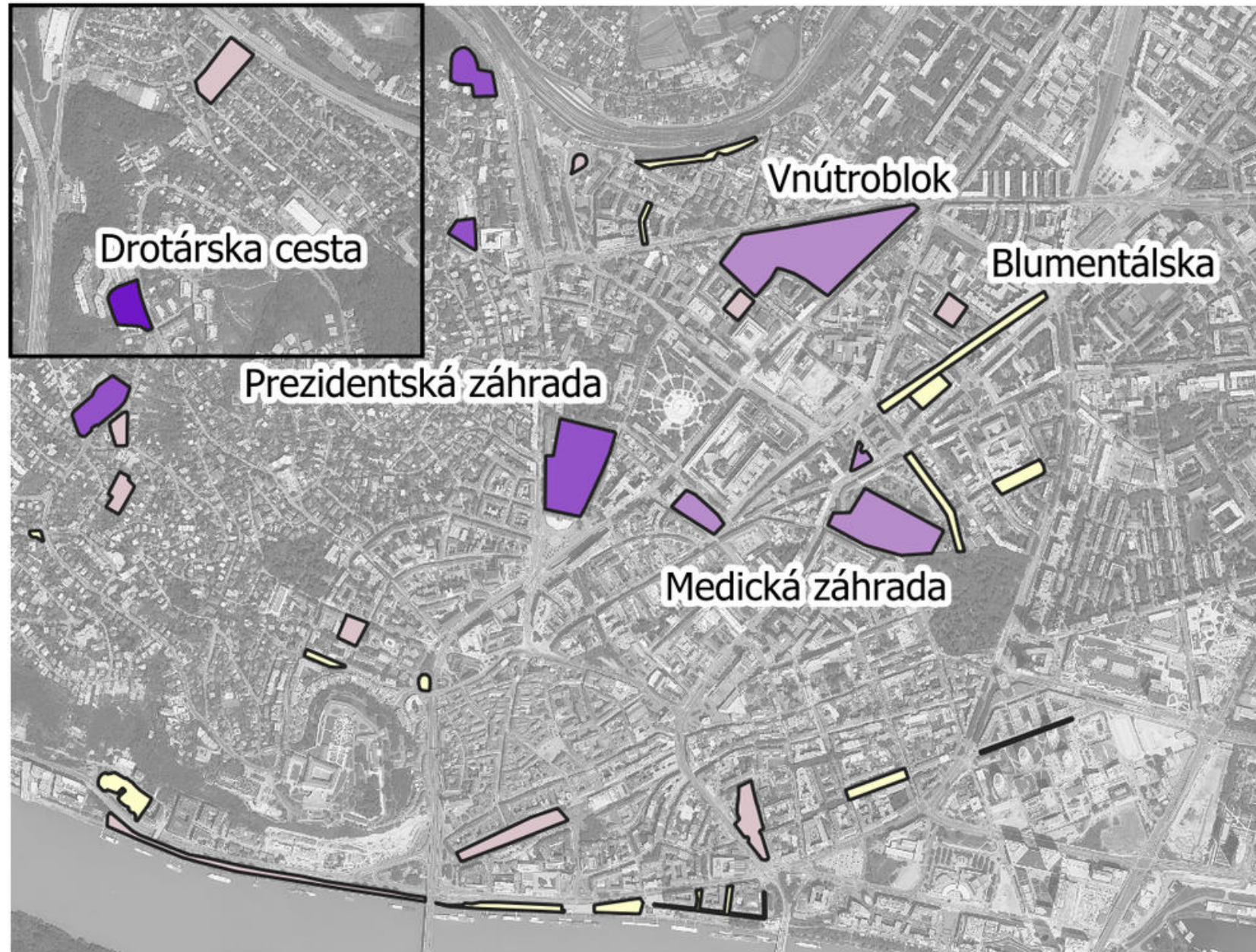
Avoided runoff (in m<sup>3</sup>/yr)



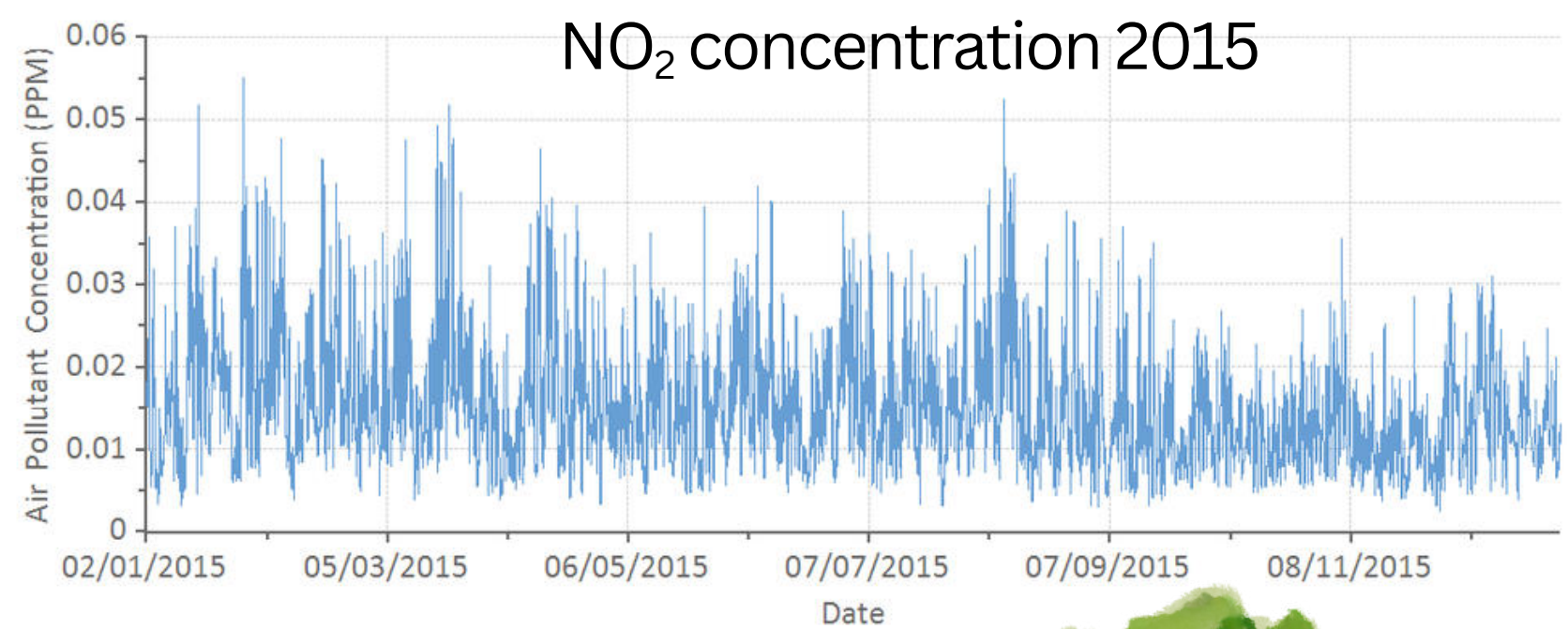
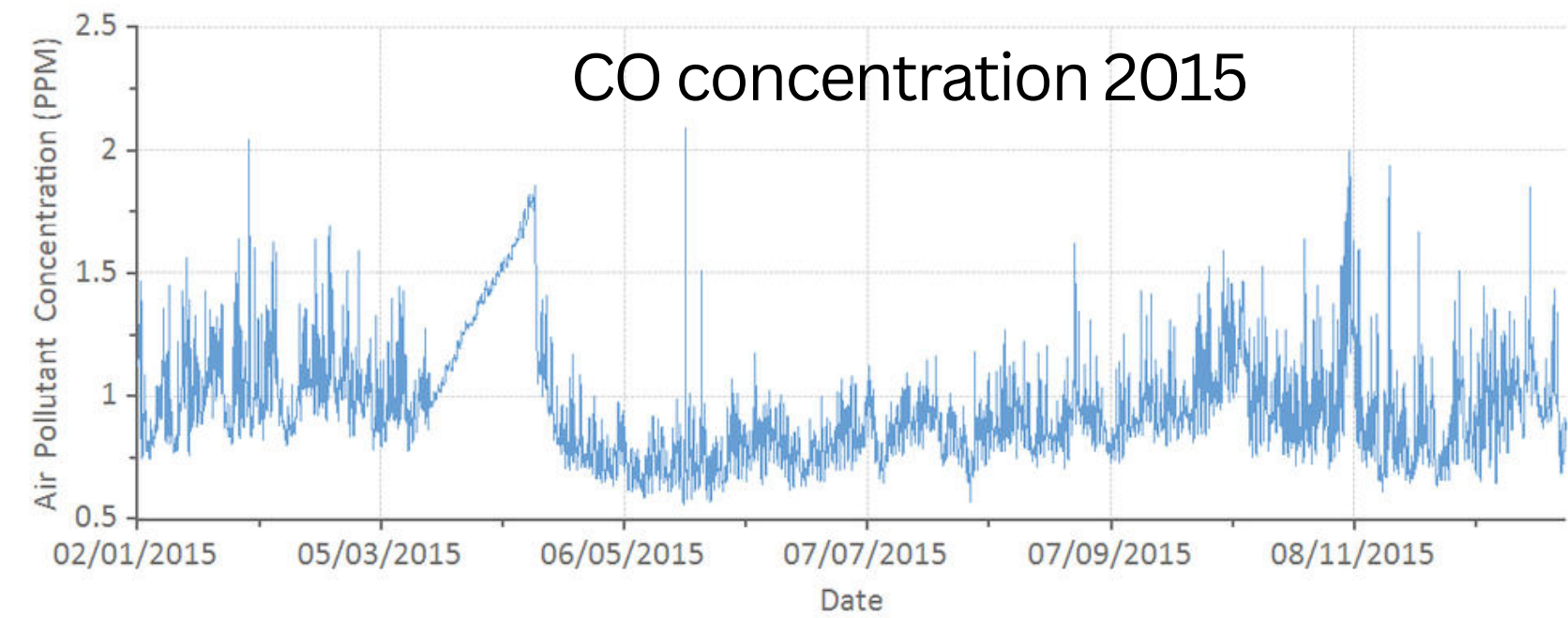
# Zabraňovanie odtoku vody



# Odstraňovanie znečistenia ovzdušia



Source: ZBGIS ortophotomosaic, GKÚ Bratislava, NLC.

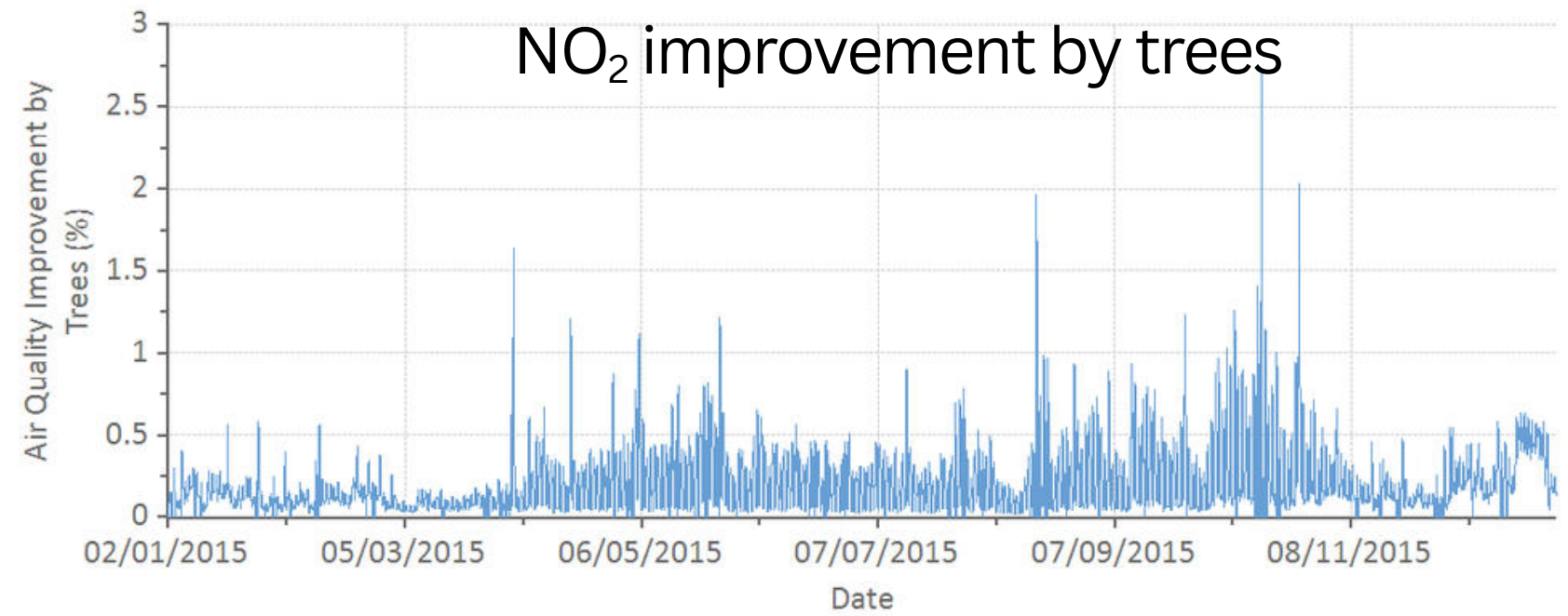
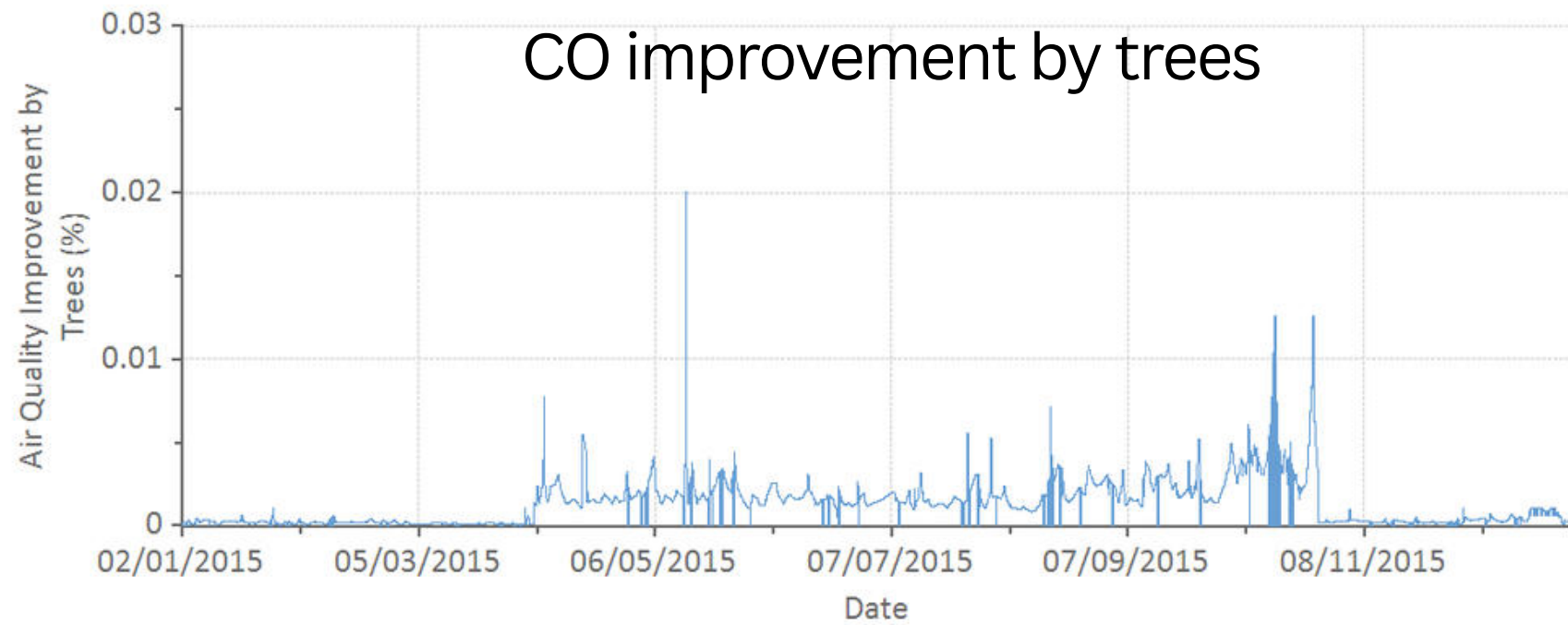
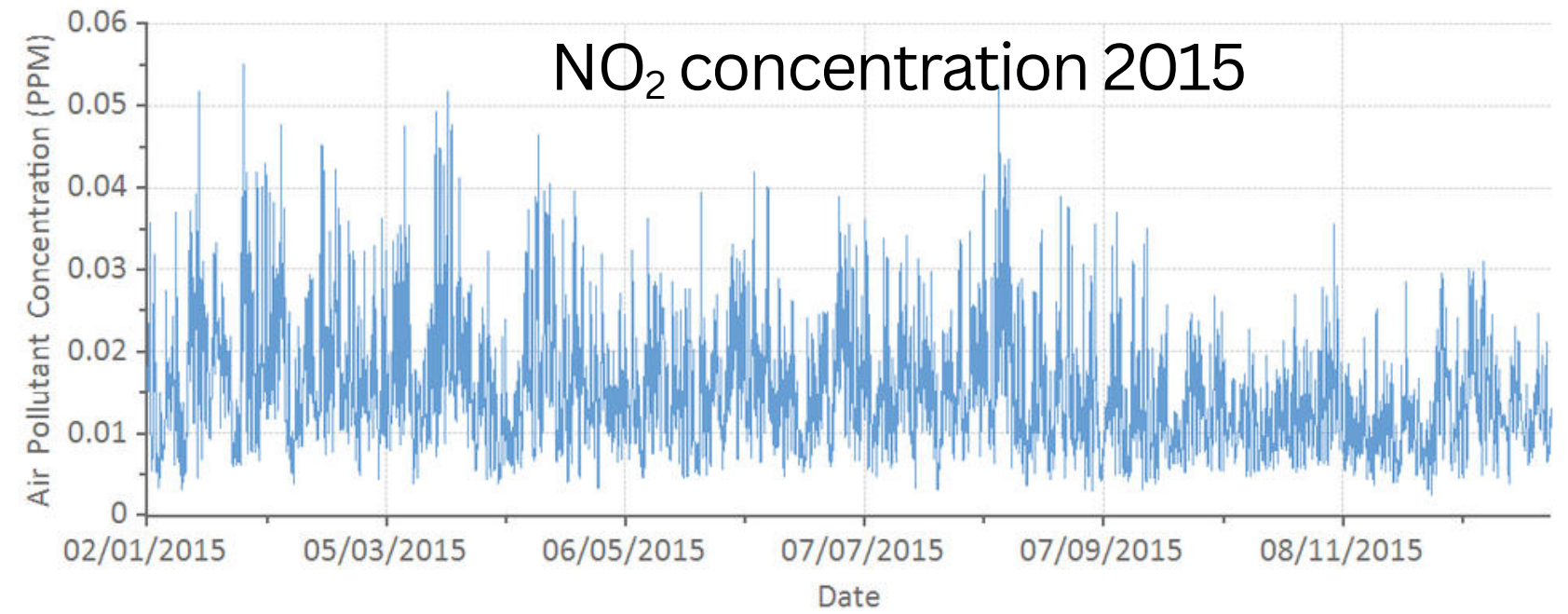
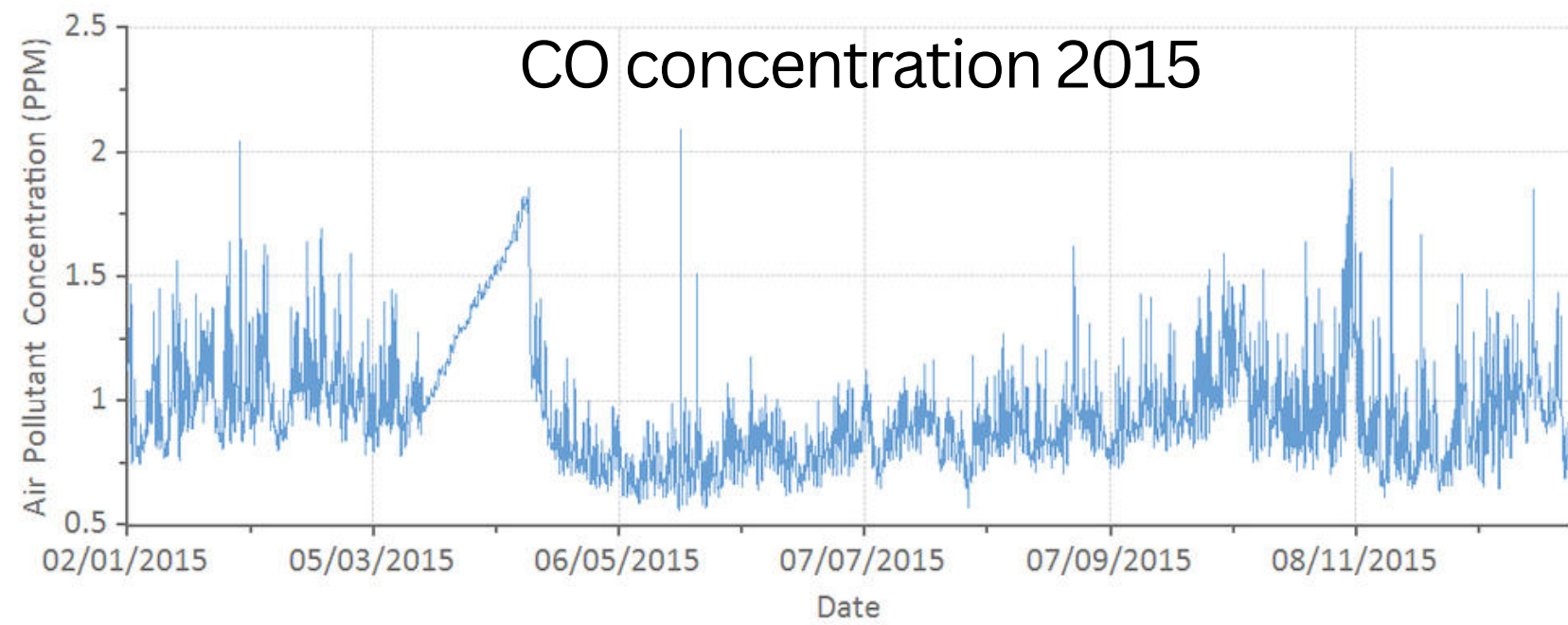


Pollution removal (in kg/yr)

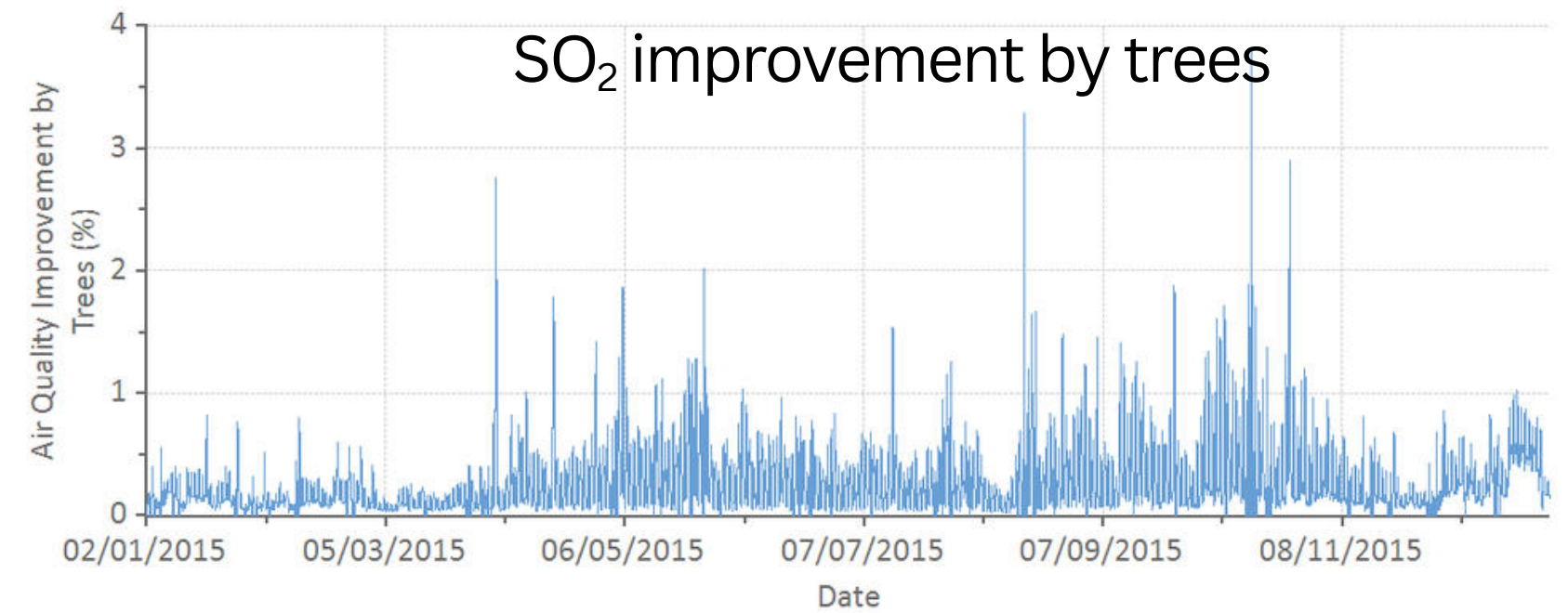
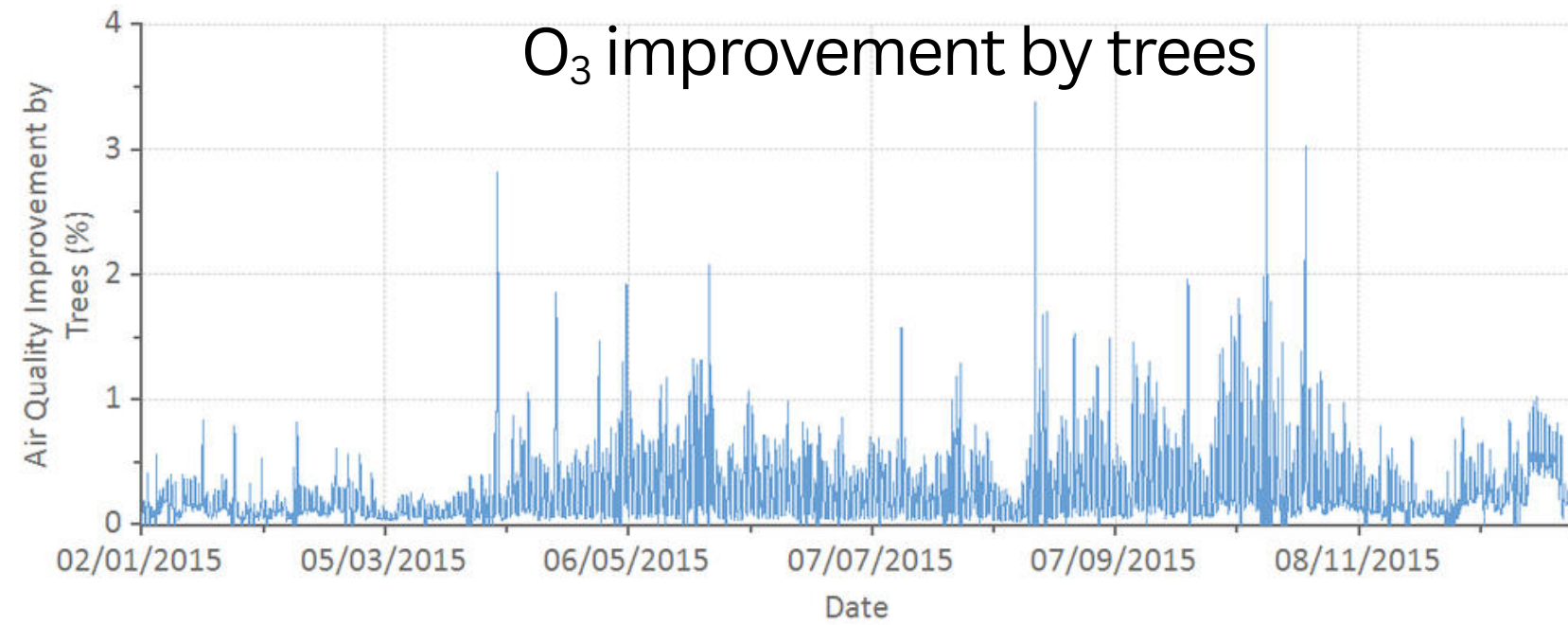
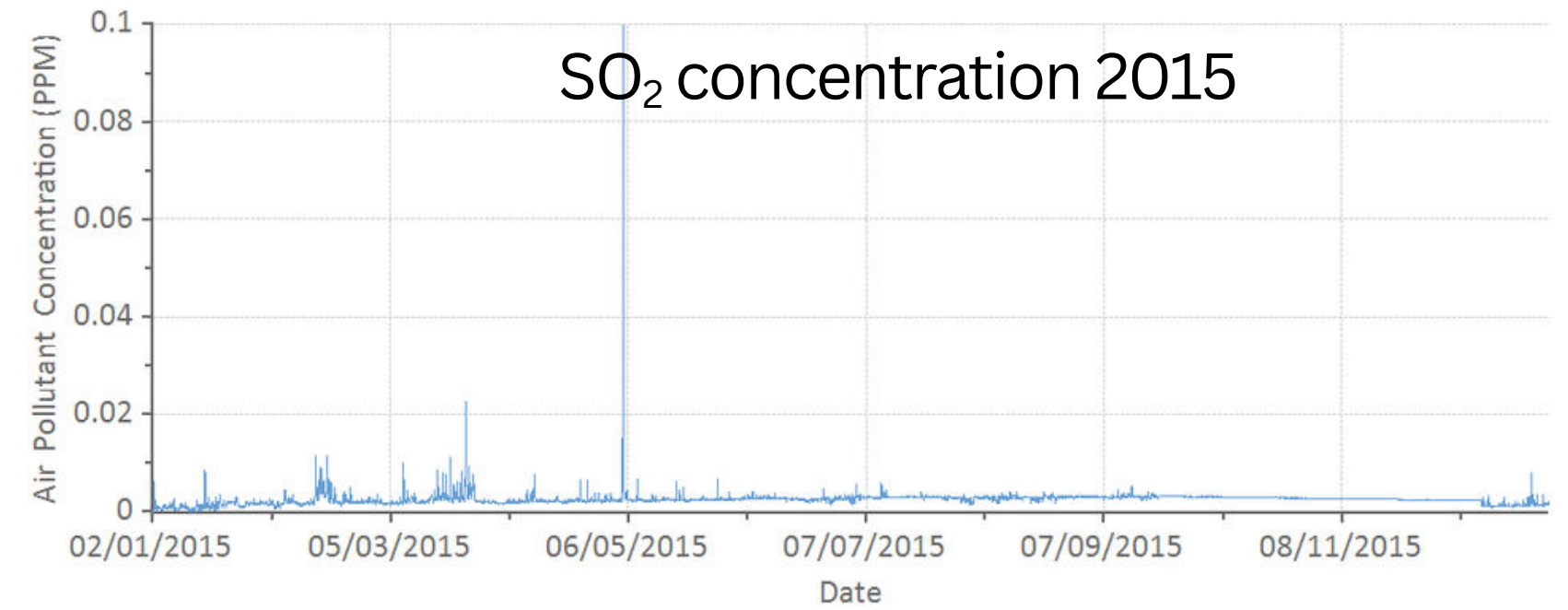
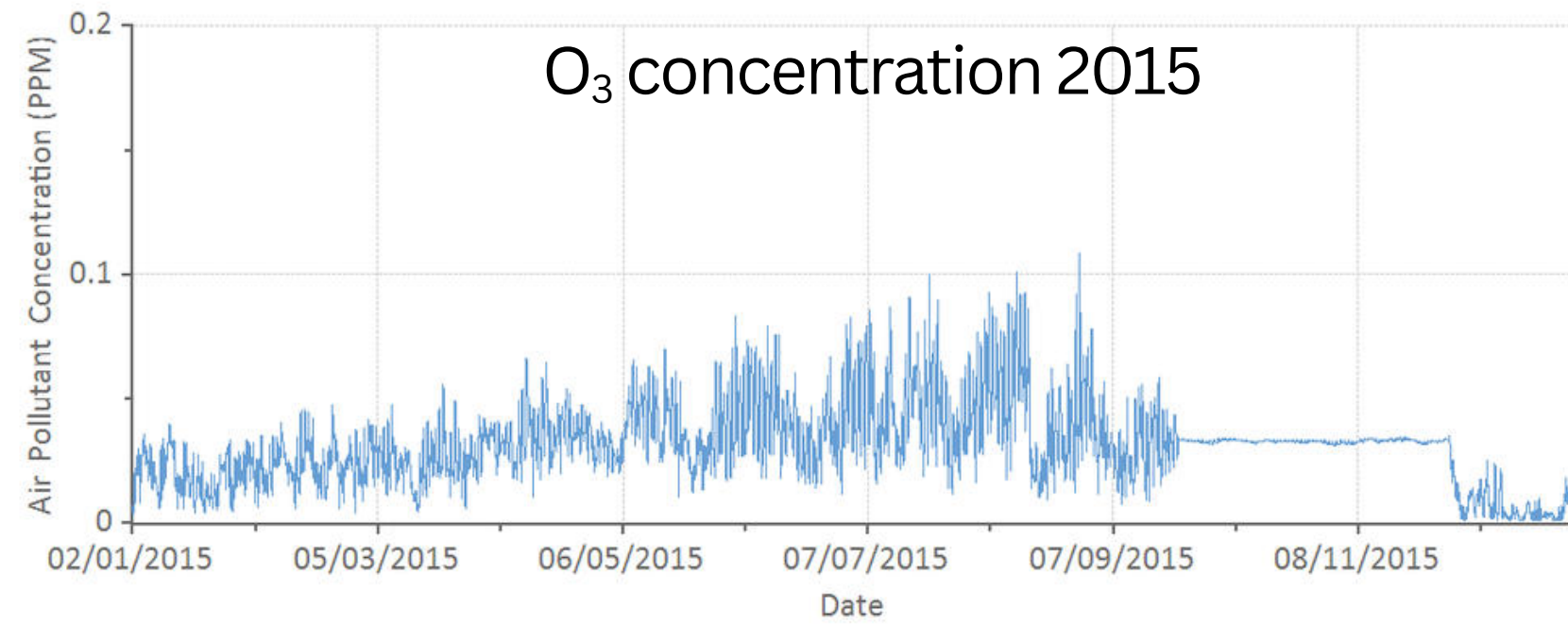
- 0,6 - 50
- 50 - 200
- 200 - 300
- 300 - 500
- 500 - 700



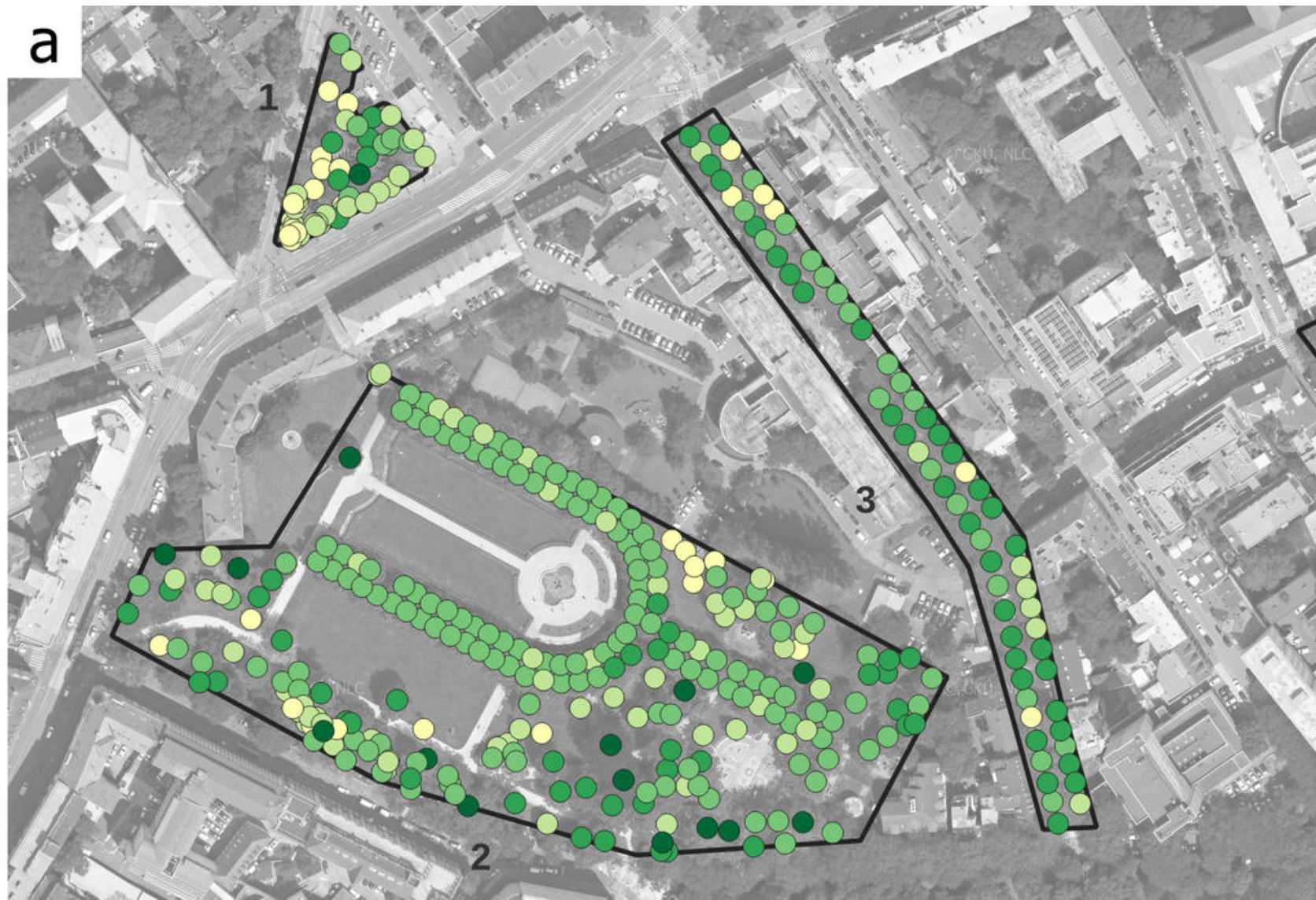
# Odstraňovanie znečistenia ovzdušia



# Odstraňovanie znečistenia ovzdušia



# Ekologické benefity jednotlivých stromov



DBH (in cm)

- 1 - 15
- 15 - 30
- 30 - 50
- 50 - 80
- 80 - 162

Dieback (in %)

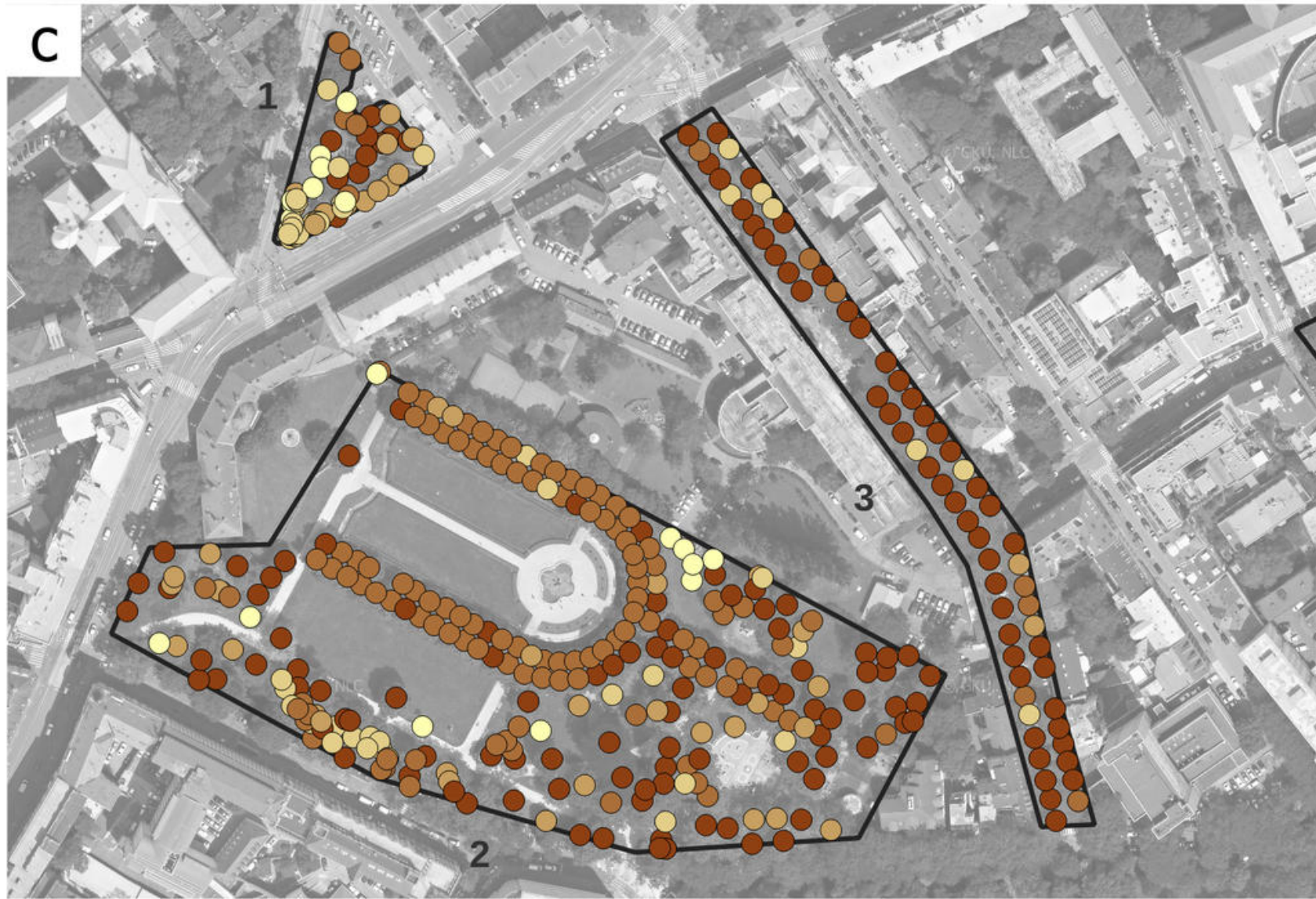
- 0
- 1 - 20
- 20 - 40
- 40 - 60
- 60 - 100

□ plots



Source: ZBGIS ortophotomosaic, GKÚ Bratislava, NLC.

# Ekologické benefity jednotlivých stromov



Source: ZBGIS ortophotomosaic, GKÚ Bratislava, NLC.

Carbon storage (in kg)

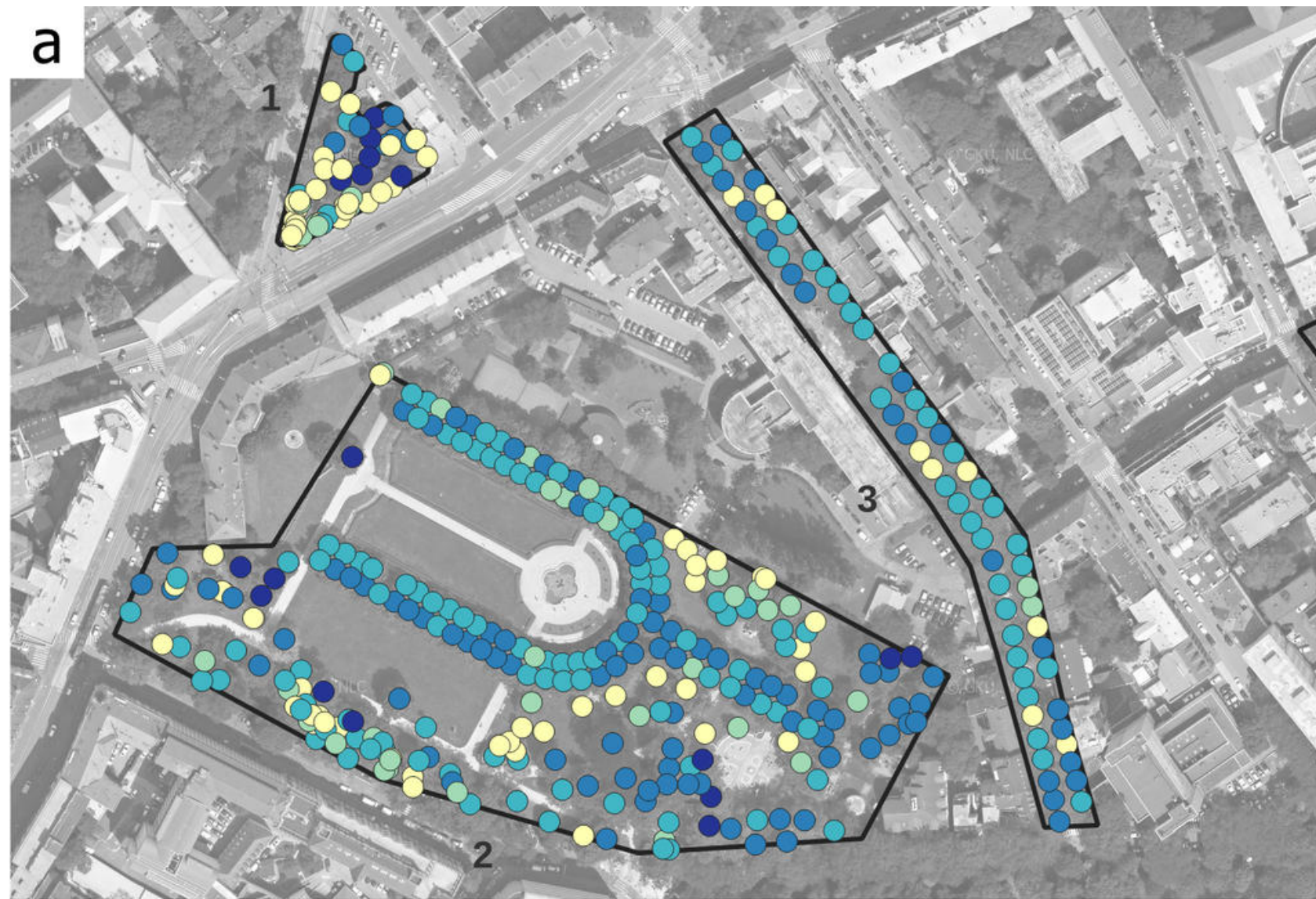
- 0 - 22
- 22 - 71
- 71 - 155
- 155 - 399
- 399 - 7500

Gross carbon sequestration (in kg/yr)

- 0 - 4
- 4 - 10
- 10 - 20
- 20 - 40
- 40 - 83.2



# Ekologické benefity jednotlivých stromov



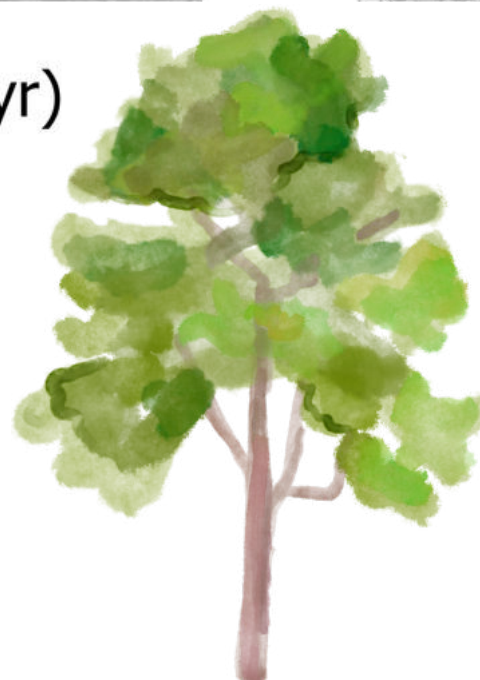
Avoided runoff (in m<sup>3</sup>/yr)

- 0 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 1
- 1 - 3.4

□ plots

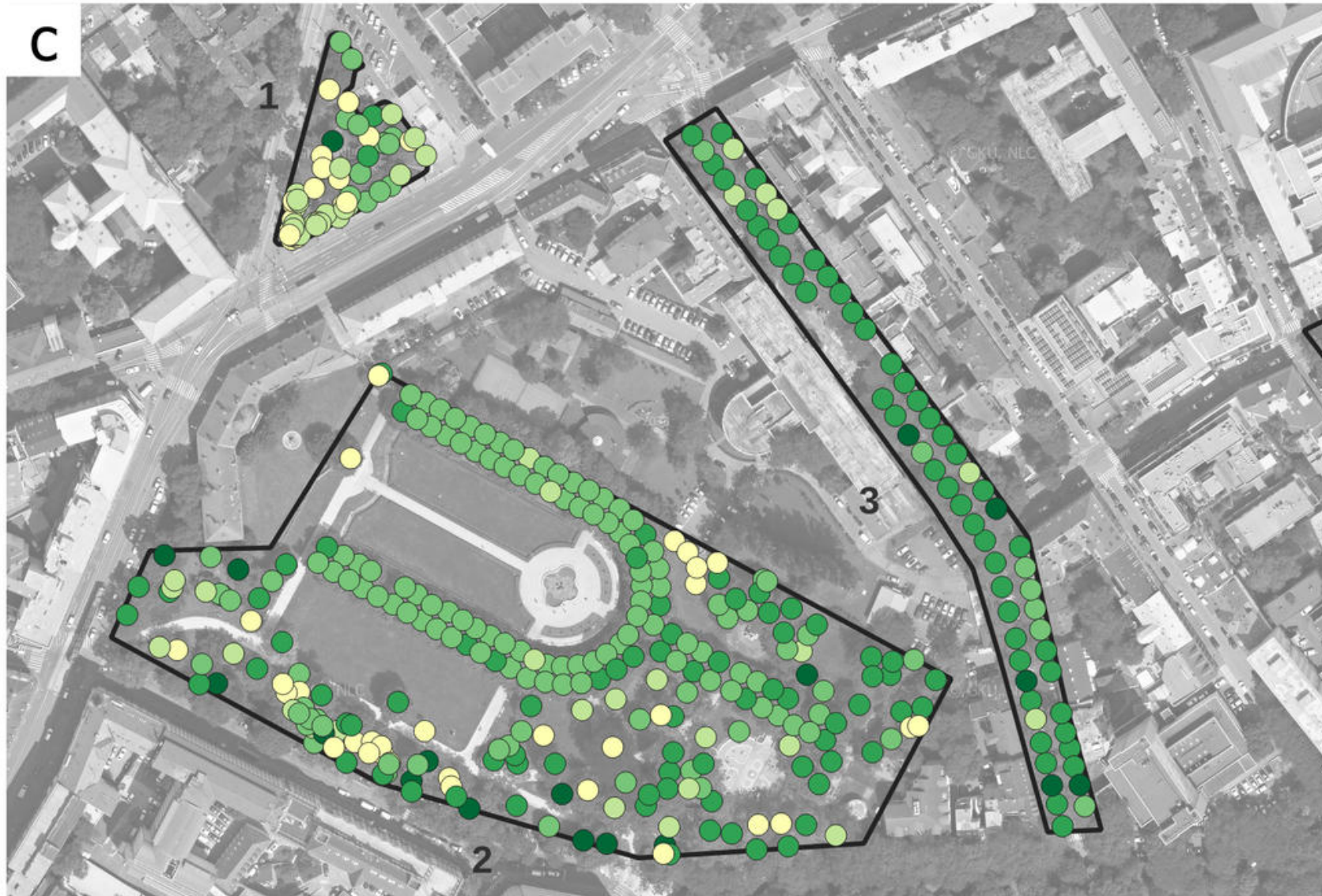
Pollution removal (in g/yr)

- 0 - 50
- 50 - 200
- 200 - 500
- 500 - 20000
- 20000 - 45895



Source: ZBGIS ortophotomosaic, GKÚ Bratislava, NLC.

# Ekologické benefity jednotlivých stromov



Source: ZBGIS ortophotomosaic, GKÚ Bratislava, NLC.

Oxygen production (in kg/yr)

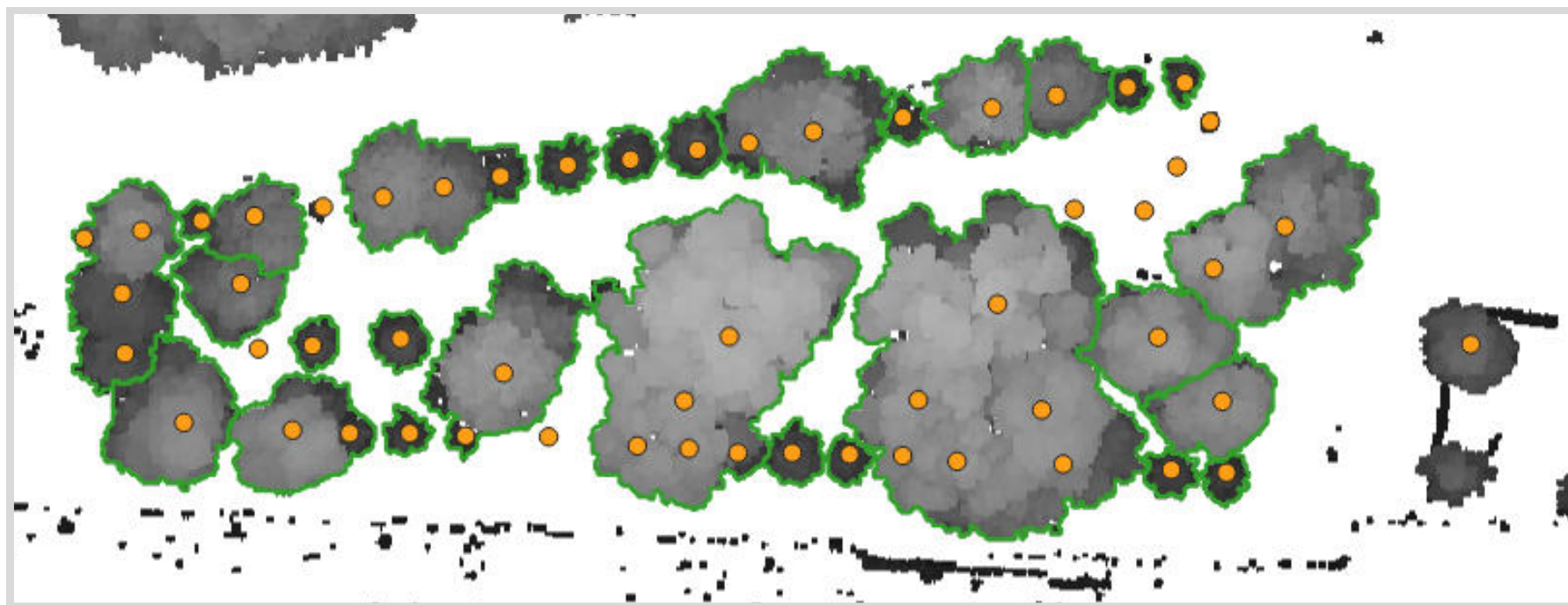
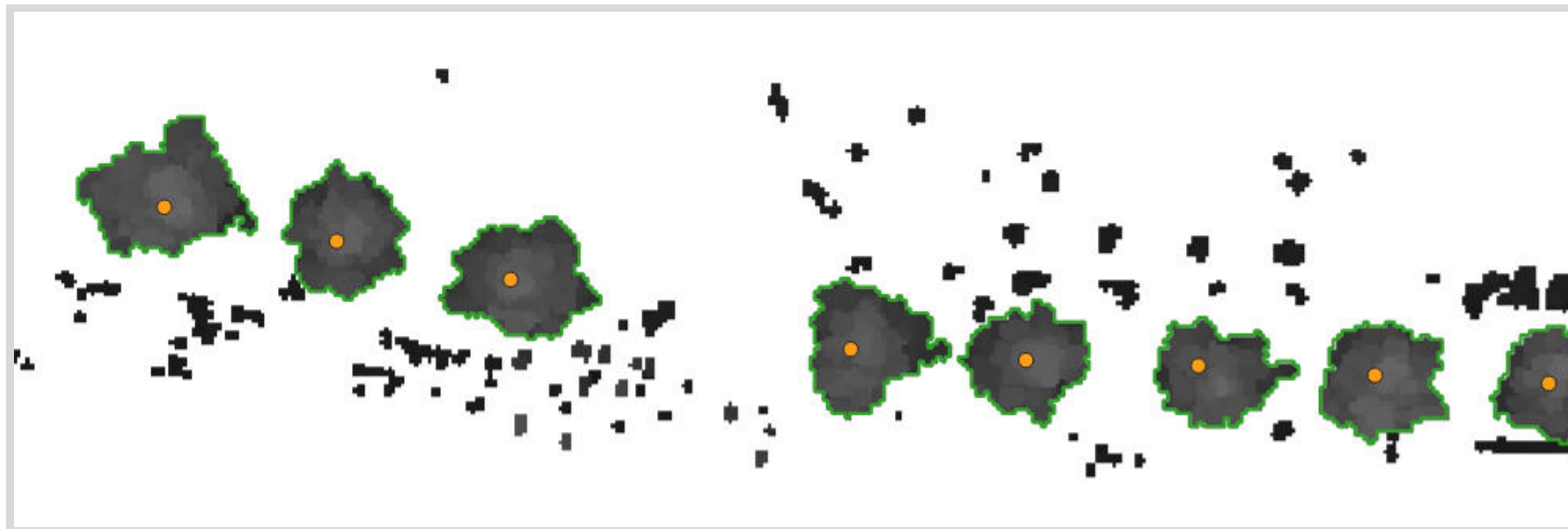
- 0 - 7
- 7 - 15
- 15 - 35
- 35 - 100
- 100 - 222

Energy savings (in €/yr)

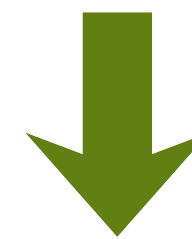
- 3 - 0
- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 78
- buildings (up to 3 stories)



## Identifikácia korún stromov



- ZBGIS letecké laserové skenovanie 2.cyklus (LLS2)
- Canopy Height Model 0.25m
- watershed segmentácia (eCognition)



- výpočet metrík korún stromov z LLS2
- modelovanie biomasy a ukladania uhlíka
- odhad ukladania uhlíka na lokalitách bez pasportu zelene

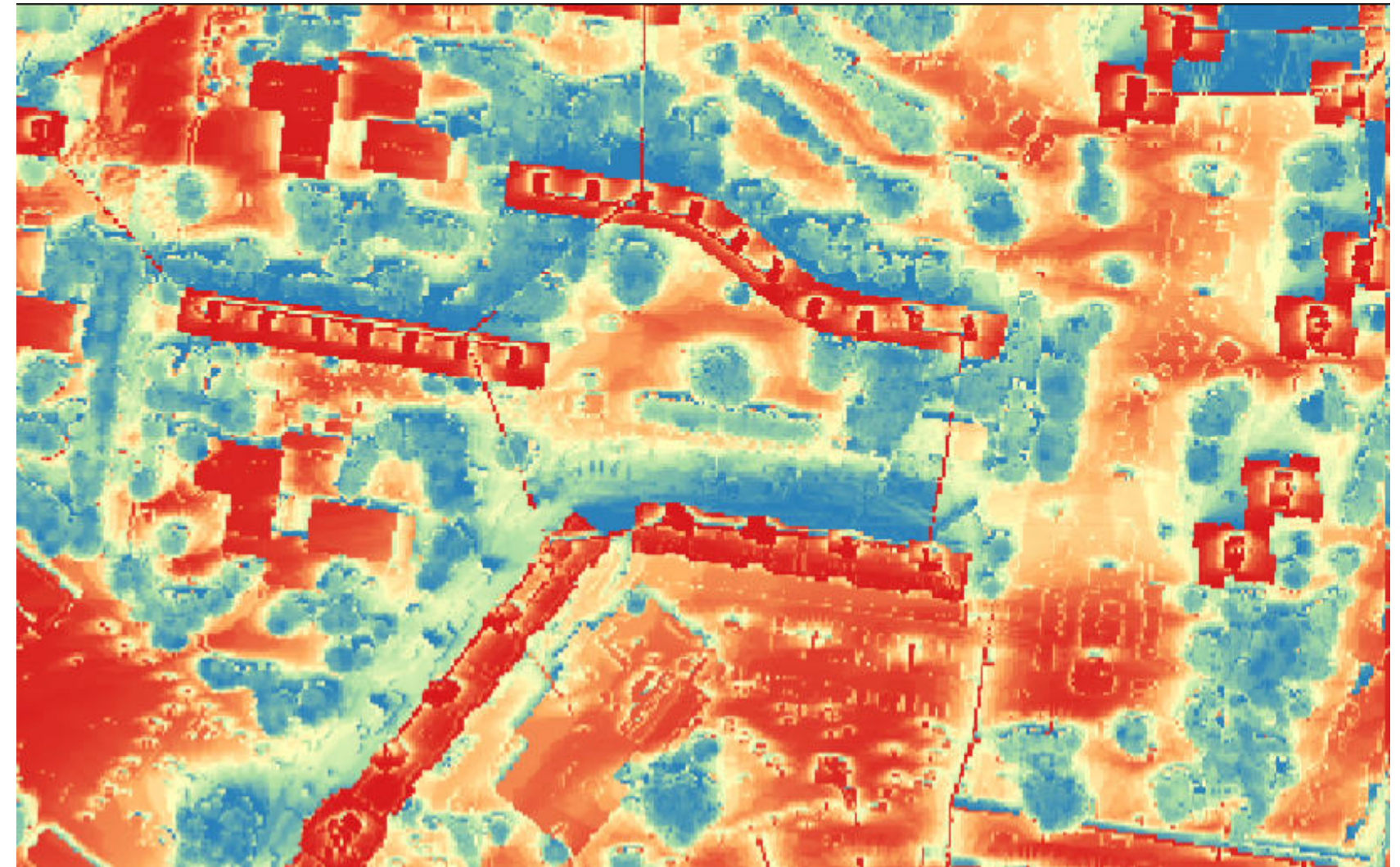


# Analýza tieniaceho potenciálu stromovej vegetácie

Bratislava - Petržalka (Fedinova ulica)



Solárne žiarenie 15.júla



- **Light Penetration Index** vypočítaný z lidarového mračna - simulácia zatienenenia oblohy vegetáciou podľa hustoty odrazov





Financované  
Európskou úniou  
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



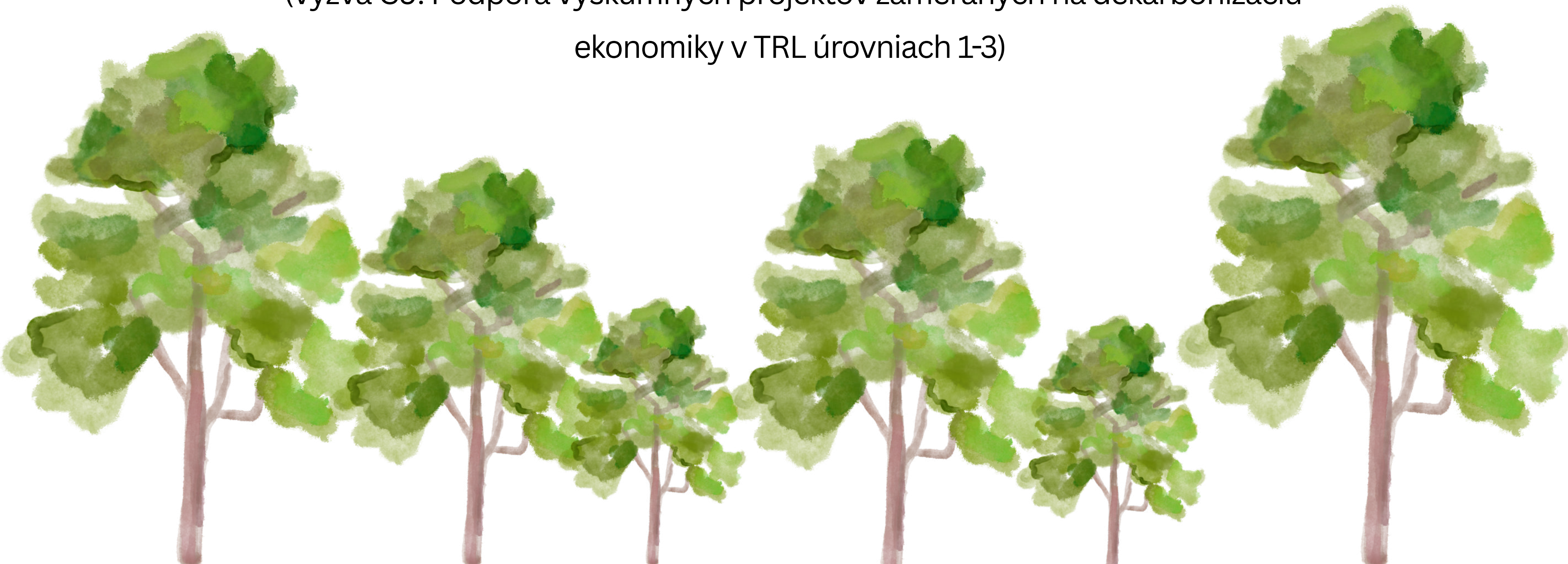
ÚRAD VLÁDY  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



Tento výskum vznikol v rámci projektu **č.09I04-03-V02-00002**

**Climate Neutral Municipality**, financovaného z Plánu obnovy

(výzva C9: Podpora výskumných projektov zameraných na dekarbonizáciu ekonomiky v TRL úrovniach 1-3)



Ďakujeme mestskej časti Bratislava - Staré Mesto za poskytnutie údajov.

**Ďakujem za pozornosť!**

hana.bobalova@uniba.sk

