



VĚSTNÍK

MINISTERSTVA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

www.mzp.cz

OBSAH

SDĚLENÍ

Sdělení odboru posuzování vlivů na životní prostředí a integrované prevence MŽP o autorizovaných osobách (úplný seznam k 15. 12. 2023) ve smyslu zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění pozdějších předpisů.....1

METODIKY

Metodiky samostatného oddělení bezpečnosti a krizového řízení „Metodika hodnocení plochy zeleně, její druhové skladby a hodnocení stavu ve městech s cílem snížení dopadů meteorologických extrémů“ a „Hodnocení městského klimatu, zvláště tepelného ostrova (a postupy a opatření pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na obyvatele a životní prostředí)“2

PŘÍLOHY

Příloha č.1: Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí.

Příloha č.2: Hodnocení městského klimatu, zvláště tepelného ostrova (a postupy a opatření pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na obyvatele a životní prostředí).

Příloha č.3: Metodika hodnocení plochy zeleně, její druhové skladby a hodnocení stavu ve městech s cílem snížení dopadů meteorologických extrémů.

SDĚLENÍ

**Sdělení
odboru posuzování vlivů na životní prostředí
a integrované prevence MŽP o autorizovaných osobách
(úplný seznam k 15. 12. 2023) ve smyslu zákona
č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí
a o změně některých souvisejících zákonů
(zákon o posuzování vlivů na životní prostředí),
ve znění pozdějších předpisů**

Odbor posuzování vlivů na životní prostředí a integrované prevence Ministerstva životního prostředí v souladu s ustanovením § 21 písm. j) zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění pozdějších předpisů, uveřejňuje v příloze Věstníku Ministerstva životního prostředí úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí. Jedná se o osoby, které jsou držiteli autorizace dle § 19 tohoto zákona. V důsledku legislativních změn, účinných od 1. ledna 2024, se jedná o poslední uveřejnění tohoto seznamu ve Věstníku MŽP.

Sdělujeme, že veškeré změny údajů jsou prováděny výhradně na základě písemných žádostí autorizovaných osob.

Mgr. Evžen Doležal

ředitel odboru posuzování vlivů
na životní prostředí a integrované
prevence

Příloha č.1: *Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí* je nedílnou součástí Věstníku MŽP, částky 10, ročníku XXXIII.

METODIKY

Metodiky

samostatného oddělení bezpečnosti a krizového řízení „Metodika hodnocení plochy zeleně, její druhové skladby a hodnocení stavu ve městech s cílem snížení dopadů meteorologických extrémů“ a „Hodnocení městského klimatu, zvláště tepelného ostrova (a postupy a opatření pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na obyvatele a životní prostředí)“

Extrémní meteorologické jevy (např. vysoké teploty) související se změnou klimatu, ovlivňují kvalitu městského prostředí a života jeho obyvatel. Předložené metodiky určují vhodné postupy pro zlepšení městského prostředí, včetně specifikace postupu pro provedení analýzy klimatu daného města. V metodikách jsou prezentovány soubory doporučení a zásad pro zajištění plně funkční zeleně tak, aby byly respektovány nároky a požadavky při jejím vysazování v městské infrastruktuře a zeleň mohla efektivněji zmírňovat tzv. tepelný ostrov města. Podpora ekosystému mimo jiné vhodnou úpravou urbanizovaného prostředí je významnou součástí adaptace na měnící se klima.

Na základě Koncepce environmentální bezpečnosti 2020-2030 s výhledem do roku 2050 předkládá samostatné oddělení bezpečnosti a krizového řízení dvě metodiky, které mohou pomoci při přijímání cílených opatření pro prevenci negativních dopadů extrémních klimatických jevů:

- Hodnocení městského klimatu, zvláště tepelného ostrova (a postupy a opatření pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na obyvatele a životní prostředí)
- Metodika hodnocení plochy zeleně, její druhové skladby a hodnocení stavu ve městech s cílem snížení dopadů meteorologických extrémů

Metodiky jsou výstupem zpracovaným v rámci řešení výzkumného projektu Programu bezpečnostního výzkumu pro potřeby státu 2016-2021. Projekt č. VH20202021052 (Stanovení metod hodnocení městského klimatu, zvláště tepelného ostrova, určení postupů a návrh opatření pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na obyvatele a životní prostředí, zejména ve velkých městských aglomeracích).

PhDr. Pavel Ondrášek, Ph.D.
bezpečnostní ředitel
a vedoucí samostatného oddělení
bezpečnosti
a krizového řízení

Příloha č.2: *Hodnocení městského klimatu, zvláště tepelného ostrova (a postupy a opatření pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na obyvatele a životní prostředí)* je nedílnou součástí Věstníku MŽP, částky 10, ročníku XXXIII.

Příloha č.3: *Metodika hodnocení plochy zeleně, její druhové skladby a hodnocení stavu ve městech s cílem snížení dopadů meteorologických extrémů* je nedílnou součástí Věstníku MŽP, částky 10, ročníku XXXIII.

(Poznámka: Autorizované osoby pro zpracování dokumentace, posudku a vyhodnocení jsou pro účely tohoto seznamu řazeny abecedně. V levém sloupci je uvedeno jméno autorizované osoby pro zpracování dokumentace, posudku a vyhodnocení, na dalším řádku pak platnost autorizace, a následně adresa bydliště a kontaktní údaje (pokud byly MŽP poskytnuty), v pravém sloupci jsou pak uvedeny kontaktní údaje pracoviště (pokud byly MŽP poskytnuty).)

Adamec Petr Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
K Cihelně 313/41
190 15 Praha 9 - Satalice
tel.: 286 850 152
e-mail: petradamec@email.cz

A-EKO
K Cihelně 313/41
190 15 Praha 9 - Satalice
tel.: 286 850 177, 724 362 386

Ambrožová Kateřina Ing.
Platnost autorizace do: 16. 1. 2026
Praha 5

Ředitelství silnic a dálnic ČR,
samostatné oddělení ŽP
Čerčanská 2023/12
140 00 Praha 4
tel.: 727 970 476
e-mail: katerina.ambrozova@rsd.cz

Bajer Tomáš RNDr., CSc.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Šafaříkova 436
533 51 Pardubice
tel.: 603 483 099
e-mail: tom.bajer@centrum.cz

Bajerová Lenka, Ing.
Platnost autorizace do: 16. 3. 2028
Tyršovo návrší 254
664 01 Řícmanice
tel.: 724 006 601
e-mail: bajerovi@centrum.cz

Geotest, a.s.
Šmahova 112
627 00 Brno
tel.: 724 006 601
e-mail: bajerova@geotest.cz

Banaš Marek RNDr., Ph.D.
Platnost autorizace do: 16. 7. 2024
Pohořany 59
783 16 Dolany u Olomouce
tel.: 605 567 905

Ekogroup Czech, s.r.o.
Dolany 52
783 16 Dolany u Olomouce
tel.: 605 567 905
e-mail: banas@ekogroup.cz

Bauer Pavel Mgr.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Březový Vrch 737/13
460 15 Liberec XV
tel.: 607 857 900
e-mail: ekobau@seznam.cz

Bělohávek Jiří Mgr.
Platnost autorizace do: 19. 6. 2028
Bylany 66
284 01 Kutná Hora
tel.: 722 221 108
e-mail: belohlavek@tisea.cz

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Beran Pavel Ing., Ph.D.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Holubí 1238/7
165 00 Praha 6
tel.: 776 126 579

Ing. Pavel Beran, Ph.D. – Rustical B
Holubí 1238/7
165 00 Praha 6 - Suchdol
tel.: 776 126 579
e-mail: rustical@volny.cz

Bílek Dalibor RNDr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
e-mail: vasque16@email.cz

AQUATIS a.s.
Botanická 834/56
602 00 Brno
tel.: 541 554 329
e-mail: dalibor.bilek@aquatis.cz

Bílek Ondřej RNDr.
Platnost autorizace do: 29. 4. 2029
Stupno 275
338 24 Břasy
tel.: 724 088 651

GeoVision, s.r.o.
Brojova 16
326 00 Plzeň
tel.: 377 241 203, 724 088 651
e-mail: bilek@geovision.cz

Blahník Petr RNDr.
Platnost autorizace do: 5. 3. 2028
Spořilovská 137
503 41 Hradec Králové
tel.: 603 107 883
e-mail: blahnik@seznam.cz

Ecological consulting, a.s.
Legionářská 1085/8
779 00 Olomouc
tel.: 605 107 525, 585 203 166
e-mail: petr.blahnik@ecological.cz

Blažek Jiří Ing., CSc.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Javorová 414
253 03 Chýně
tel.: 603 251 904

LI-VI Praha, spol. s r.o.
Jana Želivského 8
130 00 Praha 3
tel.: 603 251 904
e-mail: blazek@livi.cz

Blažičková Helena Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Plzenecká 1732/53
326 00 Plzeň
tel.: 604 207 595, 371 420 776
e-mail: ENVI@volny.cz

Bosák Jaroslav Bc. RNDr., MBA.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
U Kapličky 15
779 00 Olomouc
tel.: 603 584 222
e-mail: jaroslav.bosak@email.cz

SAGASTA, s.r.o.
Tylova 1136/4
779 00 Olomouc
tel.: 603 584 222

Březová Kateřina Bc.
Platnost autorizace do: 20. 6. 2027
Řisuty č. 42
273 78 Řisuty u Slaného
tel.: 607 522 100
e-mail: brezova@tiscali.cz

Bc. Kateřina Březová – Ekoporadenství
Nová Studnice 7
273 04 Hradečno – Nová Studnice
tel.: 604 113 145
e-mail: brezova@ekoporadenstvi.ic.cz

Bubák Daniel Ing., Ph.D.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
tel.: 724 550 206

GET, s.r.o.
Perucká 2540/11a
120 00 Praha 2 - Vinohrady
tel.: 233 370 741
e-mail: bubak@get.cz

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Bury Daniela Ing.
Platnost autorizace do: 29. 1. 2027
Baška 481
739 01 Baška
tel.: 774 742 888
e-mail: daniela.bury@seznam.cz

Cetl Pavel Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Demlova 276/24
613 00 Brno
e-mail: cetl@post.cz

Čepelík Jan Mgr.
Platnost autorizace do: 4. 12. 2026
Sedlecko 25
338 24 Bušovice
tel.: 602 549 354
e-mail: cepelik@seznam.cz

Čurnová Alexandra Ing.
Platnost autorizace do: 25. 5. 2025
Vrbová 14
373 16 Dobrá Voda u Českých Budějovic
e-mail: curnova@eiaservis.cz

Damek Michal Ing.
Platnost autorizace do: 30. 6. 2028
Bulharská 1418/9
708 00 Ostrava – Poruba
tel.: 724 318 233

Dušková Pavla Mgr.
Platnost autorizace do: 28. 12. 2025
tel.: 732 650 740

Dvořáková Irena RNDr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Slezská 549
537 05 Chrudim
tel.: 605 762 872

Fialová Martina Mgr., Ph.D.
Platnost autorizace do: 4. 6. 2029
Koželužská 25
779 00 Olomouc
tel.: 723 393 890
e-mail: fialice@seznam.cz

Fojtík Stanislav RNDr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Sluneční 429
273 64 Doksy okr. Kladno
tel.: 312 267 493, 603 731 784
e-mail: sfojtik@iol.cz

EnviDoc
Demlova 276/24
613 00 Brno
tel.: 608 968 368

EIA SERVIS s.r.o.
U Malše 20
370 01 České Budějovice
tel.: 386 354 942, 606 680 878
e-mail: vyhnalek@eiaservis.cz

DOPRAVOPROJEKT Ostrava, a.s.
Masarykovo náměstí 5/5
702 00 Ostrava 1
tel.: 595 132 049
e-mail: m.damek@dpova.cz

EIA SERVIS s.r.o.
U Malše 20
370 01 České Budějovice
tel.: 386 354 942
e-mail: duskova@eiaservis.cz

RNDr. Irena Dvořáková E-AUDIT
Slezská 549
537 05 Chrudim
tel.: 605 762 872
e-mail: eaudit@seznam.cz

EXprojekt s.r.o.
Heršpická 758/13
619 00 Brno
tel.: 724 188 210
e-mail: fialova@exprojekt.cz

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Frélich Zdeněk Mgr.
Platnost autorizace do: 20. 7. 2024
Náměstí Slezského odboje 7
746 01 Opava
tel.: 777 024 136
e-mail: zdenek_f@email.cz

EKOTOXA, s.r.o.
Fišova 7
602 00 Brno – Černá Pole
tel.: 558 900 010

Frola František Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Štefánikova 314/13
500 11 Hradec Králové 11
e-mail: f.frola@seznam.cz

ADMIRAL HK, s.r.o.
Štefánikova 314/13
500 11 Hradec Králové 11
tel.: 732 476 593

Götthans Petr Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Tř. Kosmonautů 1028/7
779 00 Olomouc
tel.: 602 526 415
e-mail: petr@gotthans.cz

Gresl Josef Ing.
Platnost autorizace do: 17. 7. 2027
Podvesná XI/6470
760 01 Zlín

Gresl-EIA.cz
Školní 492
760 01 Zlín
tel.: 777 678 270
e-mail: josef@gresl-eia.cz

Hammer Václav Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Hornoměřcholupská 663/141
109 00 Praha 10
tel.: 739 271 227
e-mail: v.hammer@seznam.cz

Hanslík Aleš Ing., Ph.D.
Platnost autorizace do: 24. 7. 2027
Vladislava Vančury 424/44
748 01 Hlučín
tel.: 739 064 455
e-mail: ales.hanslik@gmail.com; info@aleshanslik.cz

Hezina František Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Na Folimance 2154/17
120 00 Praha 2
tel.: 603 216 983, 774 100 570

NATURCHEM s.r.o.
Rudolfovská tř. 119/57
370 01 České Budějovice
e-mail: naturchem@seznam.cz,
hezina@naturchem.cz

Hladká Kateřina Ing., Ph.D.
Platnost autorizace do: 8. 3. 2026
Holšická 2721
190 16 Praha 9
tel.: 732 369 388
e-mail: katerina.hladka@centrum.cz

SUDOP PRAHA, a.s.
Olšanská 1a
130 00 Praha 3
tel.: 605 229 101
e-mail: katerina.hladka@sudop.cz

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Hosnedl Petr Ing.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Perunova 889/7
130 00 Praha 3
tel.: 606 754 759
e-mail: hosnedl@email.cz

Charouzek Josef Ing. ml.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Brodského 1667/10
149 00 Praha
tel.: 606 765 571
e-mail: j.charouzek@centrum.cz

Jareš Radek Mgr.
Platnost autorizace do: 18. 1. 2026
tel.: 774 276 380

Jurnečková Romana Mgr.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Merhautova 986/111
613 00 Brno

Kadlecová Zuzana RNDr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Stříbrná 549
760 01 Zlín – Kudlov
tel.: 606 448 182
e-mail: zuzana.kadlecova@gmail.com

Karel Jan Mgr.
Platnost autorizace do: 3. 2. 2025
Sněženková 2/3095
106 00 Praha 10

Kašpar Alan Mgr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Za Díly 2248
755 01 Vsetín
tel.: 725 684 999
e-mail: alan.kaspar@seznam.cz

Klepalová Dana Mgr.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Růžičkova 32, Radonice
250 73 Jenštejn
tel.: 606 924 638
e-mail: d.klepalova@seznam.cz

GET s.r.o.
Perucká 2540/11a
120 00 Praha 2
tel.: 233 370 741
e-mail: charouzek@get.cz

ATEM – Atelier ekologických modelů, s.r.o.
Roztylská 1860/1
148 00 Praha 4
tel.: 774 276 380
e-mail: jares@atem.cz

GEOTEST, a.s.
Šmahova 1244/112
627 00 Brno
tel.: 602 491 959
e-mail: jurneckova@geotest.cz

RNDr. ZUZANA KADLECOVÁ
nám T.G. Masaryka 2433
760 01 Zlín
tel.: 606 448 182

ATEM – Atelier ekologických modelů, s.r.o.
Hvoždanská 3/2053
148 01 Praha 4
tel.: 241 494 425
e-mail: karel@atem.cz

AKCC, s.r.o.
Gregorova 1339/17
741 01 Nový Jičín
tel.: 725 684 999

Klicpera Jiří Ing., CSc.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Gočárova 615
533 41 Lázně Bohdaneč
tel.: 466 921 106, 602 649 164
e-mail: klicpera@iol.cz, JKlicpera@seznam.cz

Kolář Karel Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Nad Sokolovnou 874
463 12 Liberec 25
tel.: 607 187 757
e-mail: ekoline.lbc@tiscali.cz

Kolářová Hana Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Nad Sokolovnou 874
463 12 Liberec 25
tel.: 731 405 230
e-mail: kolarovaha@email.cz; info@envigold.cz

Konečná Květoslava Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Podlesí 312
471 23 Zákupy
tel.: 603 217 985

ENVIKON, s.r.o.
Podlesí 312
471 23 Zákupy
tel.: 603 217 985, 604 287 351
e-mail: envikon@envikon.cz

Koppová Hana RNDr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Na Nivách 281
783 91 Uničov
tel.: 736 268 215
e-mail: h.koppova@seznam.cz, hana@koppova.cz

Dekonta, a.s.
Dřetovice 109
273 42 Stehelčevy
e-mail: koppova@dekonta.cz

Kos Miroslav, Ing., CSc., MBA
autorizace do: 28. 10. 2027
Sladovnická 777
149 00 Praha 4 – Šeberov
tel.: 602 363 968
e-mail: miroslav.kos@icloud.com

STRABAG Rail a.s, divize Platnost
vodohospodářských staveb
Železničářská 1385/29
400 03 Střekov, Ústí nad Labem

Kovář Roman Dr. Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
V Solníkách 2374
252 63 Roztoky
tel.: 606 569 963

Ecodis s.r.o.
Na Dlouhém Lánu 16
160 00 Praha 6
tel.: 606 569 963
e-mail: ecom@seznam.cz

Kovář Stanislav Ing. arch., CSc.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Polní 9
373 71 Rudolfov
tel.: 604 602 972

A-SPEKTRUM, s.r.o.
Polní 9
373 71 Rudolfov
tel.: 604 602 972
e-mail: aspektum@volny.cz

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Krajíček Libor RNDr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Macešková 2026/30
106 00 Praha 10
tel.: 724 047 422

Atelier T-plan, s.r.o.
Sezimova 380/13
140 00 Praha 4 - Nusle
tel.: 222 200 631
e-mail: krajicek@t-plan.cz

Král Jan Ing.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Vyšehradská 320/49
128 00 Praha 2
tel.: 602 166 066

JK envi s.r.o.
Vyšehradská 320/49
128 00 Praha 2
tel.: 602 166 066
e-mail: kral@jkenvi.cz

Krejčová Jitka Ing.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
130 00 Praha 3

PRAGOPROJEKT, a.s.
K Ryšánce 1668/16
147 54 Praha 4
tel.: 736 622 641
e-mail: jitka.krejцова@pragoprojekt.cz

Kučera Petr doc. Ing., Ph.D.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Prokofjevova 2
623 00 Brno
e-mail: kucera@ekodilna.cz

Mendelova univerzita v Brně
Prokofjevova 2
623 00 Brno
tel.: 603 148 813

Kuk Richard Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
148 00 Praha 4

PUDIS, a.s.
Podbabská 1014/20
160 00 Praha 6 - Bubeneč
tel.: 602 662 530
e-mail: richard.kuk@pudis.cz

Ládyš Libor Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Praha
e-mail: libor.ladys@ekolagroup.cz

EKOLA group, spol. s r.o.
Mistrovská 558/4
108 00 Praha 10
tel.: 274 784 927 - 9
e-mail: ekola@ekolagroup.cz

Lapčík Vladimír prof. Ing., CSc.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
K Odře 67/10
700 300 Ostrava – Výškovice
tel.: 596 744 750
e-mail: vladi.lapcik@seznam.cz

VŠB – Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 2172/15
708 00 Ostrava – Poruba
e-mail: vladimir.lapcik@vsb.cz

Lázníčka Vladimír Ing., Ph.D.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Vojtova 3
639 00 Brno
tel.: 608 624 949
e-mail: vladimir.laznicka@gmail.com

Mendelova univerzita v Brně
Zemědělská 1
613 00 Brno

Lenz Stanislav RNDr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Střimelická 2
141 00 Praha 4

Bilfinger Tebodin Czech Republic s.r.o.
Prvního pluku 20
186 59 Praha 8
tel.: 251 038 300
e-mail: stanislav.lenz@bilfinger.com

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Licková Gabriela Bc. RNDr., Ph.D.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Blanická 166/20
350 02 Cheb
tel.: 777 293 278
misot@misot.cz

MISOT, s.r.o.
Pařížská 1524/5
415 01 Teplice
tel.: 354 436 299
e-mail: lickova@misot.cz,

Ludvík Vladimír RNDr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Šafaříkova 484
500 02 Hradec Králové
tel.: 603 224 626

EKOTEAM
Veverkova 1343
500 02 Hradec Králové
tel.: 603 224 626
e-mail: ekoteam@atlas.cz

Lundáková Ivana Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Obory 95
263 01 Dobříš
tel.: 604 255 536

Středisko odpadů Mníšek, s.r.o.
Pražská 900
252 10 Mníšek pod Brdy
tel.: 318 591 770
e-mail: lundakova@somnisek.cz

Macháček Milan RNDr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Holíkova 3834/71
586 01 Jihlava 5
tel.: 603 891 284

RNDr. Milan Macháček – EKOEX Jihlava
Holíkova 3834/71
586 01 Jihlava
tel.: 567 308 871, 603 891 284
e-mail: ekoex@post.cz

Marek Jiří Dr. Ing.
Platnost autorizace do: 9. 7. 2027
Na Větrníku 1208
537 05 Chrudim
tel.: 776 415 156
e-mail: jiri_marek@hotmail.com

Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o.
Píšťovy 820
537 01 Chrudim
tel.: 469 682 303-05
e-mail: jiri.marek@ekomonitor.cz

Marek Josef Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Ciolkovského 847/7
161 00 Praha 6
tel.: 737 738 433

Ing. Josef Marek - PROEKO
Ciolkovského 847/7
161 00 Praha 6
tel.: 737 738 433
e-mail: marek-proeko@volny.cz

Mertl Alexandr Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Javorník 62
568 01 Javorník u Svitav
tel.: 777 903 767
e-mail: mertl@iol.cz

M-envi s.r.o.
Brtnice 357
588 32 Brtnice
tel.: 777 903 767

Michálková Jana Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2028
Vančurova 54
339 01 Klatovy
tel.: 604 171 572
e-mail: JanaMichalkova@seznam.cz

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Mitev Pavel Ing.
Platnost autorizace do: 20. 8. 2027
Barvičova 31/33
602 00 Brno
tel.: 773 068 161
e-mail: pavel.mitev@seznam.cz

AFRY CZ s.r.o.
Vídeňská 188/119d
619 00 Brno
tel.: 730 118 217
e-mail: pavel.mitev@afry.com

Morávek Tomáš Ing.
Platnost autorizace do: 5. 4. 2027
Jižní 467
513 01 Semily
tel.: 776 148 293
e-mail: tomas.moravek@centrum.cz

Motl Luboš Mgr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Litvínov – Hamr

Environmentální a ekologické služby, s.r.o.
Jiráskova 413
436 01 Litvínov
tel.: 731 411 700
e-mail: info@ees-servis.cz

Mužík Radomír Mgr.
Platnost autorizace do: 26. 5. 2025
A. Barcala 28
370 05 České Budějovice
tel.: 776 732 352
e-mail: rmusa@seznam.cz

EIA SERVIS s.r.o.
U Malše 20
370 01 České Budějovice
e-mail: muzik@eiaservis.cz

Mynář Petr Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Rekreační 240/7e
635 00 Brno
tel.: 603 223 591
e-mail: mynar@atlas.cz

INVEK s.r.o.
Vinohrady 998/46
639 00 Brno
tel.: 546 211 349, 603 223 591
e-mail: mynar@invek.cz

Nešpor Miroslav Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Na Zádole 211
250 63 Veleň, pošta Mratín
tel.: 602 375 603
e-mail: nesor.projekt@volny.cz

Novák Stanislav RNDr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Prakšická 990
688 01 Uherský Brod
tel.: 572 637 405, 603 545 773
e-mail: novak.zp@iol.cz

Obal Libor Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Sokolí 487/6
725 29 Ostrava – Petřkovice
tel.: 602 418 360, 596 124 897

Technické služby ochrany ovzduší
Ostrava, s.r.o.
Janáčkova 1020/7
702 00 Ostrava – Moravská Ostrava
tel.: 596 124 897, 602 418 360
e-mail: l.obal@teso-ostrava.cz

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Obluk Václav Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Lékořicová 166/13
104 00 Praha
e-mail: vaclav.obluk@volny.cz

Ing. Václav Obluk – OSVČ
Morseova 245
109 00 Praha
tel.: 604 825 980

Obrdlík Pavel Ing.
Platnost autorizace do: 21. 1. 2026
Cejl 511/43
602 00 Brno

EKOPONTIS, s.r.o.
Cejl 511/43
602 00 Brno
tel.: 774 854 447
e-mail: obrdlik@ekopontis.cz

Ondrůšek Tomáš Mgr.
Platnost autorizace do: 12. 3. 2027
Nad Ostrůvkem 314
664 07 Pozořice
tel.: 724 081 452
e-mail: tomas.ondrusek73@gmail.com

Paciorková Jarmila Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Čeladná
tel.: 602 749 482

JP EPROJ s.r.o.
U Statku 301/1
736 01 Havířov
tel.: 602 749 482
e-mail: eproj@volny.cz

Pačesná Daniela RNDr., Ph.D.
Platnost autorizace do: 15. 6. 2026
V Lukách 446/12
503 41 Hradec Králové
e-mail: d.pacesna@seznam.cz

DP ECO-CONSULT s.r.o.
V Lukách 446/12
503 41 Hradec Králové
tel.: 776 813 743
e-mail: dpacesna@eco-consult.cz

Pantoflíček Petr Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Přestavky č.p. 14
257 23 Přestavky u Čerčan
tel.: 602 331 975
e-mail: petrpantoflicek@seznam.cz

Patrná Dana Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
U Zvoničky 10/7
162 00 Praha 6
tel.: 720 179 752
e-mail: mpatrna@tiscali.cz

Letiště Praha, s.p.
K letišti 6/1019
160 08 Praha 6
tel.: 220 111 809

Pešková Hana Ing.
Platnost autorizace do: 13. 1. 2026
Kostelní 165
381 01 Český Krumlov
tel.: 606 606 986

DHW, s.r.o.
Na Příkopě 988/31
110 00 Praha 1
tel.: 606 606 986
e-mail: peskova@dhw-eko.cz

Peterková Lucie Mgr., Ph.D.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Na Vozovce 37
779 00 Olomouc
tel.: 774 855 694
e-mail: peter.lucie@seznam.cz

ECOLOGICAL CONSULTING a.s.
Legionářská 1085/8
779 00 Olomouc
tel.: 585 203 166
e-mail: lucie.peterkova@ecological.cz

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Petrů Mario Ing.
Platnost autorizace do: 17. 7. 2027
Olgy Havlové 19
130 00 Praha 3
tel.: 721 621 059
e-mail: petru.mario@gmail.com

Píša Radek Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Konečná 2770
530 02 Pardubice
tel.: 731 518 606
e-mail: pisa@radekpisa.cz

Plachý Vladimír Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
500 02 Hradec Králové
tel.: 777 769 087

EMPLA AG, spol s r.o.
Za Škodovkou 305
503 11 Hradec Králové
tel.: 495 212 495, 495 217 499,
495 218 875
e-mail: plachy@empla.cz;
empla@empla.cz

Plevová Ilona Ing.
Platnost autorizace do: 19. 1. 2026

Pragoprojekt, a.s.
Na Ryšánce 1668/16
147 00 Praha 4
tel.: 378 771 132
e-mail: ilona.plevova@pragoprojekt.cz

Postbiegl Stanislav Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Milešovice 3
683 54 Otnice
tel.: 732 224 583

Jacobs Clean Energy s.r.o.
Křenová 58
602 00 Brno
tel.: 725 607 978
e-mail: postbiegl@jacobscz.cz

Povýšilová Petra Mgr. Bc.
Platnost autorizace do: 13. 10. 2027
Balkán 612
798 03 Plumlov
tel.: 608 320 529
e-mail: petra.povysilova@email.cz

Pozděna Petr Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Lonkova 470
530 09 Pardubice
tel.: 603 289 332
e-mail: petr.pozdena@gmail.com

Přílepek Radek Ing.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Bydlinského 871
391 01 Sezimovo Ústí
tel.: 602 539 541
e-mail: radek.prilepek@seznam.cz

FARMTEC, a.s.
Tisová 326
391 33 Jistebnice
tel.: 381 491 427

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Rimmel Vladimír Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Náměstí 69
742 83 Klimkovice
tel.: 603 112 170

Regionální centrum EIA, s.r.o.
Lidická 1
742 83 Klimkovice
e-mail: rimmel@rceia.cz

Rosa Alexandr Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Podůlšany 7
533 45 Opatovice nad Labem
tel.: 736 745 989
e-mail: alexandr.rosa@seznam.cz

Růžička Jaroslav RNDr.
Platnost autorizace do: 28. 11. 2028
Arbesova 1014/10
360 17 Karlovy Vary
tel.: 602 133 864

ENVIKV
Arbesova 1014/10
360 17 Karlovy Vary
tel.: 602 133 864
e-mail: envikv@seznam.cz

Řezníčková Eva Ing.
Platnost autorizace do: 5. 1. 2029
Kolová 102
357 51 Kynšperk nad Ohří
tel.: 608 538 991
e-mail: salamoun@seznam.cz, csop.kynspersko@seznam.cz

Schmidt Pavel Ing.
Platnost autorizace do: 15. 12. 2027
Nová 264
436 03 Litvínov 3

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s.
tř. Budovatelů 2830/3
434 01 Most
tel.: 728 756 864
e-mail: schmidt@vuhu.cz

Skácel Alexander RNDr., CSc.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Průkopnická 24
700 30 Ostrava
tel.: 777 674 897
e-mail: skacel.alex@seznam.cz

Skořepa Zdeněk Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Bzenecká 4
323 00 Plzeň
tel.: 602 104 905

Valbek, spol. s.r.o. – středisko Plzeň
Parková 1205/11
326 00 Plzeň
tel.: 602 104 905
e-mail: zdenek.skorepa@valbek.cz

Skoumal Vladimír Dr. Ing.
Platnost autorizace do: 28. 12. 2024
Hrabenov 260
789 63 Ruda nad Moravou

ČEPS Invest, a.s.
Elektrárenská 774/2
101 52 Praha 10
tel.: 602 694 164, 581 108 301
e-mail: skoumal@cepsinvest.cz

Skoumal Zdeněk Ing.
Platnost autorizace do: 28. 11. 2026
Kouty 29
675 08 Kouty
tel.: 604 189 449
e-mail: skoumal.z@centrum.cz

KOVOPROJEKTA Brno, a.s.
Šumavská 416/15
602 00 Brno
tel.: 532 153 237

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Skybová Marie Ing., Ph.D.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Zahradní 241
747 91 Štítina
tel.: 775 079 928
e-mail: Marie.Skybova@seznam.cz

Smrčková Alena Mgr., Ph.D.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Závist 1159
156 00 Praha 5 – Zbraslav
tel.: 244 402 740, 724 039 528
e-mail: asmrckova@seznam.cz

Smutný Martin Mgr.
Platnost autorizace do: 8. 11. 2024
Malenovice 305
739 11 Malenovice
tel.: 724 110 779

Integra Consulting s.r.o
Pobřežní 18/16
186 00 Praha 8
tel.: 234 134 236
e-mail: martin.smutny@integracons.com

Staněk Ivo RNDr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Ibsenova 11
638 00 Brno
e-mail: stanek.ivo@post.cz

Sulek Bohumil Ing., CSc.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Na Pláni 2863/9
150 00 Praha 5
tel.: 602 353 194
e-mail: bob.sulek@seznam.cz

Šambergerová Olga Ing.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
tel.: 723 243 301

PUDIS a.s.
Podbabská 1014/20
100 00 Praha 6 - Bubeneč
tel.: 723 243 301
e-mail: olga.sambergerova@pudis.cz
info@pudis.cz

Šebela Vladimír doc. PhDr. Ing., CSc.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Fibichova 16
690 02 Břeclav
tel.: 519 322 722, 723 023 230
e-mail: sebela.vladimir@gmail.com

Šikula Tomáš RNDr.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Ve Stromovce 715/6
500 11 Hradec Králové
tel.: 605 536 053
e-mail: sikula@eia-sea.com

HBH Projekt, spol. s r.o.
Kabátníkova 5
602 00 Brno
tel.: 549 123 480
e-mail: t.sikula@hbh.cz

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Štancl Luboš Ing.
Platnost autorizace do: 19. 5. 2025
Antošovická 256/54
711 00 Ostrava
tel.: 603 874 098

AZ GEO, s.r.o.
Chittussiho 1186/14
710 00 Ostrava
tel.: 596 114 030
e-mail: stancl@azgeo.cz

Šulcová Kateřina Mgr.
Platnost autorizace do: 31. 1. 2025
Dukelská 2541
276 01 Mělník
tel.: 724 677 562
e-mail: katerina@sulcova.eu

Švábová Nezvalová Jana Mgr.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Pavlovova 19
568 02 Svitavy
tel.: 608 129 375
e-mail: jana.nezvalov@post.cz

Jacobs Clean Energy s.r.o.
Křenová 58
602 00 Brno
tel.: 725 607 975
e-mail: nezvalova@jacobscz.cz

Švehlík Petr Mgr. et Mgr.
Platnost autorizace do: 8. 7. 2026

Ekopontis, s.r.o.
Cejl 511/43
602 00 Brno
tel.: 773 499 208
e-mail: svehlik@ekopontis.cz

Teska Jaroslav Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Klínec 168
252 10 Klínec
tel.: 736 612 787

ENVI-TRADE s.r.o.
Klínec 168
252 10 Klínec
tel.: 736 612 787
e-mail: info@envi-trade.cz

Tížková Věra RNDr.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Baarova 976/7
709 00 Ostrava

G-Consult, spol. s r.o.
Výstavní 367/109
703 00 Ostrava
tel.: 597 430 932, 602 781 126
e-mail: tizkova@g-consult.cz

Tomášek Josef Ing., CSc.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Klínec 150
252 10 Mníšek pod Brdy
tel.: 603 525 045

Středisko odpadů Mníšek, s.r.o.
Pražská 900
252 10 Mníšek pod Brdy
tel.: 318 591 771, 603 525 045
e-mail: som@sommnisek.cz

Toniková Zuzana Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Průchova 3168
272 01 Kladno 1
tel.: 311 254 043, 604 530 664
e-mail: zuzana.tonikova@seznam.cz

Tuček Roman Mgr.
Platnost autorizace do: 20. 7. 2026
Praha 4
tel.: 601 131 810

ČEPS Invest, a.s.
Elektrárenská 774/2
101 52 Praha 10
tel.: 211 044 188
e-mail: tucek@cepsinvest.cz

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Ujčík Pavel Ing.
Platnost autorizace do: 19. 7. 2026
Zlín

EKOME, spol. s r.o.
Tečovská 257
763 02 Zlín – Malenovice
tel.: 577 105 191, 732 607 295
e-mail: ujcik@ekome.cz,
ekome@ekome.cz

Vacek Oldřich RNDr., CSc.
Platnost autorizace do: 27. 9. 2027
Mochtín 144
339 01 Klatovy
tel.: 603 858 558
e-mail: vacek.oldrich@gmail.com

Česká zemědělská univerzita v Praze,
Katedra zahradní a krajinné architektury
Kamýcká 129
160 00 Praha 6 - Suchdol
e-mail: vacek@af.czu.cz

Varga Pavel Ing.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Komenského 34
471 24 Mimoň
tel.: 485 179 054, 606 423 363
e-mail: pavel.varga@seznam.cz

DIAMO, státní podnik – odštěpný závod
Těžba a úprava uranu
Pod Vinicí 84
471 27 Stráž pod Ralskem
tel.: 487 892 083
e-mail: varga@diamo.cz

Vašíček Ladislav Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Mezi Mlaty 804/30
697 01 Kyjov
tel.: 602 508 264
e-mail: info@ekologievasicek.cz

Vavrečková Jitka Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Nerudova 603
793 76 Zlaté Hory
tel.: 724 622 988
e-mail: vavreckova.jitka@gmail.com

Vejr Martin Ing.
Platnost autorizace do: 1. 11. 2027
Křešínská 412
262 23 Jince
tel.: 318 692 580, 607 863 335
e-mail: vejrmartin@gmail.com

Veselý Pavel Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Lamačova 906
152 00 Praha 5
tel.: 724 040 042
e-mail: vesely.p.j@volny.cz

DEKONTA, a.s.
Lamačova 906
152 00 Praha 5
tel.: 235 522 252

Vlachová Barbora Ing. (Vorlová)
Platnost autorizace do: 19. 1. 2025
Mírová 159
262 02 Stará Huť
tel.: 724 368 934

GET, s.r.o.
Perucká 11a
120 00 Praha 2
tel.: 233 370 741
e-mail: vorlova@get.cz

Úplný seznam autorizovaných osob pro oblast posuzování vlivů na životní prostředí (k 15. 12. 2023)

Vokurková Radka Ing.
Platnost autorizace do: 10. 5. 2024
Krnsko 159
294 31 Krnsko
tel.: 777 331 771

Consulteco s.r.o.
Táborská 922
293 01 Mladá Boleslav
tel.: 777 331 771
e-mail: radka.vokurkova@consulteco.cz

Vostal Dalibor Ing.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Kounicova 31
602 00 Brno
tel.: 603 886 030
e-mail: info@vostal.cz

OSVČ
Smetanova 8
602 00 Brno

Vrátná Iva Ing.
Platnost autorizace do: 19. 6. 2028
Skalka 32
261 01 Příbram
tel.: 603 942 121

EKOLINE
Skalka 32
261 01 Příbram
tel.: 603 942 121
e-mail: iva@ekoline.org

Vravníková Lucie Mgr.
Platnost autorizace do: 27. 10. 2025
Brantice 310
793 93 Brantice
tel.: 602 304 508
e-mail: vravnikovalucie@gmail.com

Vurm Karel Ing., CSc.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Ortenovo náměstí 1488/13
170 00 Praha 7
tel.: 602 772 093
e-mail: karel.vurm@volny.cz

KAREKO
Ortenovo náměstí 1488/13
170 00 Praha 7

Zdražil Vladimír Ing., Ph.D.
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026
Tismice 128
282 01 Český Brod
tel.: 603 216 643

Fakulta životního prostředí ČZU
Kamýcká 129
165 00 Praha 6 Suchdol
tel.: 224 384 350
e-mail: zdrazil@fzp.czu.cz

Zemancová Monika Ing.
Platnost autorizace do: 19. 1. 2025
Dražická 144/6
294 71 Benátky nad Jizerou
tel.: 724 368 935
e-mail: zemonika@seznam.cz

GET, s.r.o.
Perucká 11a
120 00 Praha 2
e-mail: zemancova@get.cz

Zýval Vladimír Ing.
Platnost autorizace do: 16. 5. 2028
Kvilda

Geo Vision s.r.o.
Chodovická 472/4
193 00 Praha 9
tel.: 737 815 046
e-mail: zyval.vl@geovision.cz

Žák Vilém Ing.

Platnost autorizace do: 31. 12. 2026

Sukova 1233

271 01 Nové Strašecí

tel.: 606 626 318

e-mail: vilem@vilemzak.cz

Žídková Pavla Ing.

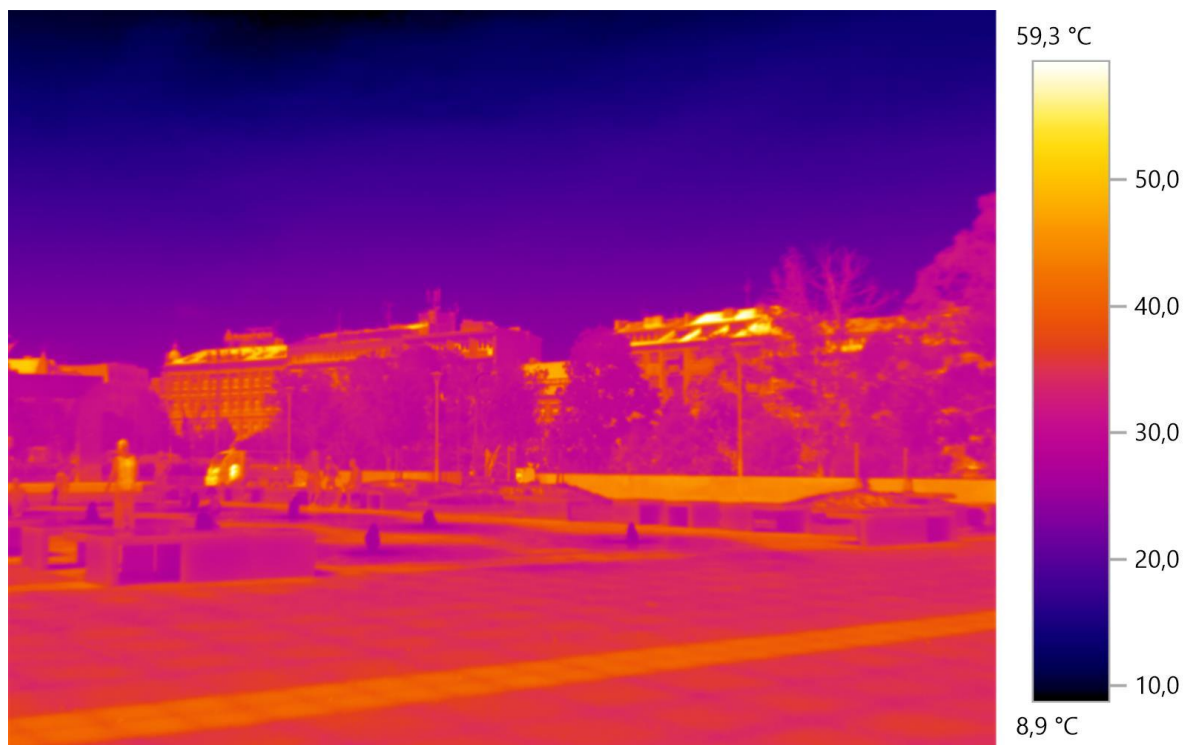
Platnost autorizace do: 31. 12. 2026

Polní 293

747 62 Mokré Lazce

tel.: 777 807 191

e-mail: zidkova.pavla@seznam.cz



Hodnocení městského klimatu, zvláště tepelného ostrova (a postupy a opatření pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na obyvatele a životní prostředí)

Metodika

Jaroslav Rožnovský, Pavel Zahradníček, Pavel Lipina, Petr Štěpánek, Pavel Danihelka, Daniel Kopkáně, Jáchym Brzezina, Markéta Holíková, Petr Novotný, Petr Hora, Martina Brenčíč, Filip Chuchma, Gražyna Knozová, Michal Žák, Ilona Zusková, Luboš Němec, Stanislav Toman, Miroslav Řepka, Petr Münster, Stanislava Kliegrová, Aleš Farda, Hana Středová, Tomáš Středa, Martin Stráník, Petra Marková

2021

Český hydrometeorologický ústav
Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.
Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i.

Hodnocení městského klimatu, zvláště tepelného ostrova (a postupy a opatření pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na obyvatele a životní prostředí)“

Metodika

Jaroslav Rožnovský, Pavel Zahradníček, Pavel Lipina, Petr Štěpánek, Pavel Danihelka,
Daniel Kopkáně, Jáchym Brzezina, Markéta Holíková, Petr Novotný, Petr Hora,
Martina Brenčíč, Filip Chuchma, Gražyna Knozová, Michal Žák, Ilona Zusková,
Luboš Němec, Stanislav Toman, Miroslav Řepka, Petr Münster, Stanislava Kliegrová,
Aleš Farda, Hana Středová, Tomáš Středa, Martin Stráník, Petra Marková

Dedikace:

Metodika je jedním z výstupů projektu MV ČR „Stanovení metod hodnocení městského klimatu, zvláště tepelného ostrova, určení postupů a návrh opatření pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na obyvatele a životní prostředí, zejména ve velkých městských aglomeracích“, VH20202021052.

Metodika byla certifikována Ministerstvem životního prostředí ČR, odborem bezpečnosti a krizového řízení pod číslem jednacím MŽP/2022/020/43

Autoři (abecedně)

Ing. Martina Brenčič¹
Mgr. Jáchym Brzezina, Ph.D.¹
prof. RNDr. Pavel Danihelka, CSc.³
RNDr. Aleš Farda, Ph.D.²
Markéta Holíková¹
Mgr. Petr Hora¹
RNDr. Filip Chuchma, Ph.D.¹
Mgr. Stanislava Kliegrová, Ph.D.¹
Dr. Grażyna Knozová¹
Ing. Daniel Kopkáně, Ph.D.²
Ing. Pavel Lipina¹
Ing. Petra Marková¹
Mgr. Petr Münster¹
RNDr. Luboš Němec¹
Ing. Petr Novotný, Ph.D.³
RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc.¹
Mgr. Miroslav Řepka¹
Mgr. Martin Stráník¹
doc. Ing. Tomáš Středa, Ph.D.¹
doc. Ing. Hana Středová, Ph.D.¹
Mgr. Petr Štěpánek, Ph.D.¹
Ing. Stanislav Toman¹
Mgr. Pavel Zahradníček, Ph.D.¹
Mgr. Ilona Zusková¹
Mgr. Michal Žák, Ph.D.¹

¹Český hydrometeorologický ústav

²Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.

³Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i.

Obsah

Úvod.....	6
Cíl.....	7
1 Naše podnebí, městské klima a tepelný ostrov města.....	8
1.1 Naše podnebí	8
1.2 Městské klima.....	9
1.3 Tepelný ostrov města.....	10
2 Zdroje meteorologických a klimatologických dat	11
2.1 Metody měření mezo a mikroklimatu města	11
2.2 Měřicí jízdy.....	12
3 Analýza tepelného ostrova města Prahy na základě dlouhých časových řad	14
4 Měření pomocí účelových, příklad Ostrava, umístění – popis druhů městského prostředí, uvedení průběhu teploty a vlhkosti, intenzity srážek, využití synoptických situací	19
5 Letecké snímkování, postupy, hodnocení získaných map, dálkový průzkum	24
5.1 Mapy struktury pokryvu a teploty povrchů obcí	24
5.2 Mapa teploty povrchů a mapa širokopásmové emisivity povrchů	24
5.3 Mapy modelu reliéfu terénu, modelu reliéfu povrchu a modelu normalizovaných výšek povrchu.....	25
5.4 Postup zpracování mapy holého terénu, mapy výšek a mapy povrchu	25
5.5 Mapy tříd pokryvu	26
6 Kvalita ovzduší	27
6.1 Znečišťující látky v ovzduší	28
6.2 Vztahy mezi TOM a kvalitou ovzduší.....	29
7 Metodický postup pro prevenci a mitigaci akutních dopadů tepelných ostrovů měst.....	29
7.1 Fáze a kroky řešení metodiky	30
8 Závěr	34
9 Seznam literatury	35

Úvod

Pojem městské klima je stále více uváděn nejen v odborné literatuře, ve vědeckém výzkumu, ale také v běžném životě, protože města mají stále více obyvatel. Rozrůstají, nahrazují původní krajinu, takže se mění podmínky, ve kterých jejich obyvatelé žijí. Ovšem rozvoj měst nemá jen pozitiva, ale také se stále více projevují dílčí negativní vlivy, které dopadají na obyvatele měst. Je tedy velmi potřebné věnovat pozornost vývoji městského prostředí, jeho nejdynamičtější složce, tedy městskému počasí a podnebí. Ovšem nestačí studovat městské klima bez vazeb na okolní prostředí, na celkové klimatické poměry a všechny další souvislosti, ovlivňující vzájemnou vazbu mezi městy, jejich hospodářskou činností a obyvateli na jedné straně a okolím až po makro měřítko na straně druhé. V tomto smyslu je sestavena i tato metodika.

Jednou z posledních významných celosvětových aktivit byl klimatický summit OSN COP26 v Glasgow mezi 31. 10. až 13. 11. 2021. Připomenutím tohoto summitu poukážeme na skutečnost, že se mění názor nejen nejvyšších představitelů světových velmocí, ale i dalších zemí na problematiku změny klimatu, a hlavně jejich dopadů. Tuto skutečnost je nutné zdůraznit proto, že poznatky klimatologů nebyly zcela respektovány i v naší republice. Je pozitivní, že v posledních několika letech se tento pohled mění a naše společnost tuto oblast daleko více vnímá.

Počasí a jeho dlouhodobý režim podnebí jsou nejdynamičtější přírodní složkou životního prostředí. Vývoj lidstva je spjat se změnami přírodního prostředí, které s využitím vědeckých poznatků z různých oborů bylo a je významně měněno. Přitom proměnlivost podnebí je jeho přirozenou vlastností, intenzita proměnlivosti je potom dána změnami v krajině. S rozvojem průmyslu a celkové hospodářské činnosti lidstva je ovlivňováno i podnebí, jak dokládají četné klimatologické studie. Projevy změny klimatu mají často negativní dopady na celou lidskou společnost. Nejsou to jen rozsáhlé výskyty povodní či sucha, vichřic, vysokých teplot vzduchu nebo naopak výskyty mimořádně silných mrazů, ale také podmínky pracovního či obytného prostředí. Život ve městech je přírodními projevy, přes veškerý technický i technologický pokrok, významně limitován. Jak se prokazuje, stále jsme závislí na přírodních zdrojích, proto musíme vycházet z celkových poměrů až po detaily.

Změna klimatu ovlivňuje i městské klima, které má navíc svá specifika, takže mnohdy dochází až k synergii těchto procesů, jindy naopak výrazné diferenci. Proto musíme vycházet z podkladů stanovených pro naše území. K základním patří v závěru roku 2020 vládou schválená „Koncepce environmentální bezpečnosti 2021-2030 s výhledem do roku 2050“. V ní jsou uvedena environmentální rizika přírodního původu, která právě rozvojem lidské společnosti stále více ovlivňují životní prostředí. A jak dokládají výskyty až katastrof v minulosti, může díky chybám techniky, ale i chybných zásahů člověka, právě riziko do podoby environmentálních katastrof přejít. Musíme si uvědomovat, že environmentální rizika přírodního původu jsou v podmínkách ČR podmíněna extrémními stavy počasí. A musíme mít neustále na paměti, že právě městské klima tyto extrémní stav počasí umocňuje.

K problematice změny klimatu a jejích dopadů byly schváleny další významné materiály, není nutné je zde podrobně rozebírat, ale musíme z nich vycházet. Z našich studií vyplývá, že městské prostředí je nutné vést právě ve směru adaptací na změnu klimatu, ideálně ve směru mitigačním. Současně jsme si vědomi širší problematiky městského prostředí a v jeho rámci městského klimatu. Obsah této metodiky vychází z našich poznatků o potřebné úrovni monitoringu městského klimatu, využití dostupných údajů o meteorologických podmínkách, a jejich vhodném zpracování. Dále uvádíme v podstatě upozornění na výskyty hodnot projevů klimatu odpovídajících uvedeným environmentálním rizikům a přehled vhodných postupů pro jejich předcházení, případně řešení. Využitím této metodiky při zpracování územních plánů, úpravách ve městech a dalších činnostech je možné nejen snížení negativních dopadů meteorologických extrémů, ale těmto přímo předcházet.

Cíl

Změna klimatu souvisí úzce s problematikou městského klimatu a cílem této metodiky je přenést do praktického využití poznatky z projektu „Stanovení metod hodnocení městského klimatu, zvláště tepelného ostrova, určení postupů a návrh opatření pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na obyvatele a životní prostředí, zejména ve velkých městských aglomeracích“, VH20202021052.

Uvedeny jsou vhodné postupy, zvláště pro velké městské aglomerace, a to od metod monitoringu, zpracování naměřených dat, sestavení výstupů pro charakteristiku městského klimatu, až po vymezení tzv. tepelného ostrova (dále jen TOM). Dále návrhy možných postupů pro stanovení rizik daných meteorologickými extrémů a opatření k omezení jejich negativních dopadů. Obsah předkládané metodiky představuje přehledný návod, jaké volit postupy pro zlepšení stávajícího městského prostředí, ale také jak postupovat při formulování územních plánů pro město s tím, že nebude prohlubován rozsah tepelného ostrova. Cílem metodiky je také ukázat, že zlepšení městského prostředí je možné jen s využitím konkrétních dat, která budou naměřena na konkrétních městských lokalitách. Současně dokládáme, jakými postupy je potřebné při zajištění údajů pro dané město postupovat, jaké údaje dané zdroje poskytují a jak tyto využít.

1 Naše podnebí, městské klima a tepelný ostrov města

Problematika vývoje podnebí na Zemi je předmětem studia mnoha klimatologů a dalších odborníků. Jak vyplývá z různých studií, tyto změny jsou příčinou zvyšující se četnosti výskytů extrémních stavů počasí. Probíhající změna klimatu je nejčastěji dokládána zvyšováním teploty vzduchu, hovoříme o tzv. globálním oteplování (Rožnovský, 2019). Možné dopady změn našeho podnebí jsou studovány v širokých souvislostech již od devadesátých let minulého století, jak dokládají mnohé rozsáhlé studie (Brázdil a Rožnovský et al., 1995).

1.1 Naše podnebí

Základem pro charakterizování městského klimatu a jeho dynamiky je znalost podnebí daného místa. Pro naše podnebí je typická proměnlivost, která je dána geografickou polohou a reliéfem našeho území. Jsme součástí mírného klimatického pásu, ovšem v oblasti přechodného klimatu středoevropského. Významnou roli sehrávají cirkulační a geografické poměry. Po převážnou část roku u nás převládá vzduch mírného pásma, ale na našem území se projevuje v krátkých obdobích i vzduch tropický, ale také vzduch arktický. Atlantický oceán způsobuje, že oceanita našeho podnebí je vyšší v Čechách, kde jsou častěji mírnější zimy a chladnější léta, srážky jsou rozděleny rovnoměrněji. Naopak kontinentalita je oproti Čechám vyšší na Moravě a ve Slezsku, kde jsou také větší teplotní amplitudy.

Z geografických podmínek mají vliv naše hory, které vytvářejí tzv. klimatické přehradu, kdy zčásti zabraňují vpádům studeného vzduchu od severu více v Čechách, ale vzhledem k západnímu proudění vyvolávají dešťový stín. Významnou roli pro naše počasí má cyklonální činnost, která ovlivňuje přechody atmosférických front přes naše území, a tím výskyt srážek. V Atlasu podnebí Československa (1958) a Podnebí ČSSR-Tabulky (1960) jsou uvedeny výstupy zpracování za období 1901 až 1950. Mapy v Atlasu podnebí Česka (Tolasz et al., 2007) byly vypracovány z meteorologických údajů za období 1961 až 2000.

Z analýz našeho podnebí v posledních desetiletích vyplývá, že roste počet extrémních projevů počasí, statisticky prokazatelně se zvyšuje teplota vzduchu. Od 80. let 20. století je pozorován významný nárůst teplot vzduchu, a to ve všech sezónách s výjimkou podzimu (Střešník et al., 2014, Rožnovský a Střešník, 2021). Převážný počet roků v posledním desetiletí měl extrémně vysoké teploty vzduchu. Jde o roky 2012, 2015, 2017, 2018, ale také 2019. Připomínáme, že nejvyšší maximum teploty vzduchu na území ČR bylo naměřeno 20. 8. 2012 v Dobřichovicích, a to 40,4 °C a nejnižší minimum teploty vzduchu, - 42,2 °C se vyskytlo v Litvínovicích u Českých Budějovic 11. února 1929. Tedy takřka před sto lety. I zde vidíme projevy změny klimatu, kdy za období 1961 až 2020 na našem území vzrostly zimní teploty vzduchu. Jižní části naší republiky mají místa, kde za posledních třicet let (1991 až 2020) jsou průměrné teploty vzduchu za zimu nad 0 °C.

Projevem změny našeho podnebí jsou častější povodně i sucho, které se ale na našem území vyskytují nepravidelně. Mimořádně vysoké úhrny srážek vyvolávají plošné povodně, jak tomu bylo v letech 1997, 2002 a díky rychlému tání vysoké sněhové pokrývky i v roce 2006. V roce 2010 byly zaznamenány vysoké srážkové úhrny a výskyt mnoha lokálních povodní z přívalových dešťů. Ovšem z dlouhodobého hodnocení vyplývá, že roční úhrny srážek na našem území nemají trend, tedy nerostou ani neklesají. Vysokou dynamikou výskytu srážek je v posledních dvou desetiletích dána rostoucí četností stavů sucha, které jsou vyvolány nízkými úhrny srážek hlavně během teplého půlroku (duben až září) s trváním od několika týdnů až po několik měsíců. Výskyt mimořádného sucha takřka na celém území ČR jsme zaznamenali v letech 2000, 2003, 2012, 2015, 2017, 2018 i 2019.

1.1.1 Možná změna našeho podnebí

Změna klimatu přináší statisticky prokazatelné změny hodnot jednotlivých klimatických prvků. Podle nejnovějších výstupů s největší pravděpodobností se naše území do poloviny století oteplí v průměru o 2 °C, podle některých modelů ještě více. Oproti tomu studie srážek dokládají, že za posledních takřka šedesát let nedošlo ke statisticky významné změně celkových ročních úhrnů srážek, ale zvyšuje se dynamika jejich výskytu jak v jednotlivých letech, tak v průběhu kalendářního roku, mění se skladba srážek, významně se projevuje četnost výskytu intenzivních srážek, prodlužují se bezsrážková období v teplé části roku. V nejbližším období 2021–2040 lze očekávat nárůst o 1 °C. Do konce století tato minimální změna může činit 3 °C, ale zde doufáme v podstatnou redukci skleníkových plynů a zpomalení tempa nárůstu teplot. Pro srážkové úhrny lze očekávat nezměněné srážkové úhrny, případně jejich malý pokles – statisticky nevýznamný – a to především v létě (což ale v kombinaci s vyšší teplotou vzduchu každopádně znamená mj. vyšší hodnoty evapotranspirace, a tedy značné riziko častějších a delších epizod sucha). Počet tropických dnů, které mají výrazný dopad na přírodu (vysušování krajiny) a lidský organismus (např. nárůst úmrtnosti) podle ensemblového průměru z vybraných RCM simulací do budoucna rovněž poroste. V případě RCP 8.5 očekáváme, že nárůst tropických dnů v období 2021–2040 bude o čtvrtinu vyšší a na dvojnásobek oproti současnosti vystoupá do poloviny století. Podobně jako u srážkových úhrnů dochází u počtu dnů se srážkami (1, 10, 20 a 50 mm a více) k nárůstu oproti současnosti. Počet dnů se srážkami 1 mm a více se již ale v blízké ani vzdálené budoucnosti příliš nezmění. V případě počtu dnů se srážkami alespoň 10, a 20 mm hodnoty do budoucna porostou – především v blízké budoucnosti (a to hlavně v zimě), naopak u počtu dnů 50 mm a více především ve vzdálené budoucnosti. To znamená významný nárůst přívalových dešťů. Ovšem podle výsledků dostupných studií se tyto negativní extrémní projevy budou ve městech prohlubovat, pokud nebude provedena podrobná analýza městského prostředí, jeho dopadů na zdraví obyvatel, ale také nastavení postupů, jak naopak tato negativa snižovat, přitom s co největším využitím přírodních postupů.

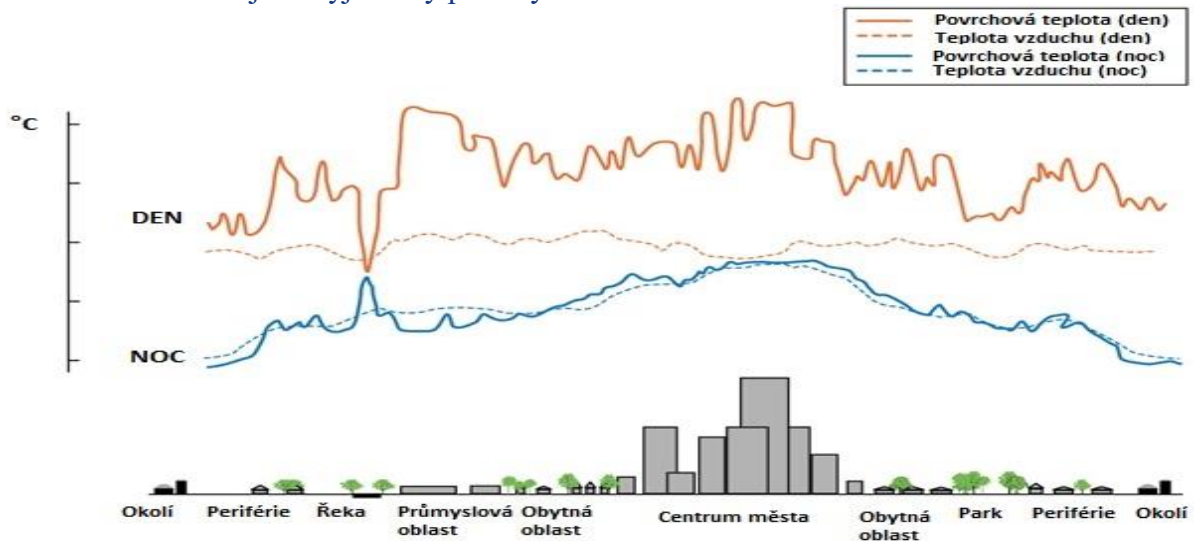
1.2 Městské klima

Všechny tyto projevy změn podnebí jsou ještě umocněny specifiky městského prostředí, zvláště ve velkých městských aglomeracích. Celosvětově je uváděno, že roste počet obyvatel měst, protože poskytují větší pracovní příležitosti, společenské vyžití apod. Rozdílnost městského prostředí oproti volné krajině spočívá ve vytváření umělých povrchů. Tímto je podmíněna odlišná radiační bilance, protože sluneční záření je různě odráženo a pohlcováno pevnými materiály (povrch vozovek, střech apod.) oproti porostům. Dochází k tomu, že tyto povrchy se v době dopadu slunečních paprsků více ohřívají, a tím zvyšují teplotu vzduchu, a tak dochází i k ovlivnění jejich vlhkosti. Rozdílné teploty povrchu potom ovlivňují teplotní režim v průběhu noci, kdy jsou rozhodující hodnoty vyzařování. Hodnocení městského prostředí vycházejí z analýz výskytu extrémů, výpočtů pocitových kategorií i v kombinacích se znečištěním ovzduší. Problémem je také světelné znečištění. Změny mezo- a mikroklimatu včetně zhoršení kvality ovzduší se stále více negativně projevují na kvalitě městského prostředí vzhledem k jeho obyvatelům.

První vědecká srovnání teplotního režimu města a přilehlých venkovských oblastí provedl Howard ve studii *Climate of London* z roku 1833. Studie městského klimatu včetně bioklimatu byla vypracována pro Bratislavu (Petrovič, 1979). Vlivům městského prostředí, včetně dopadům na zdraví obyvatel byla věnována pozornost mnoha autorů, např. Thom (1959), Oke (1973), Toy (2007), Litschmann, T. a Rožnovský, J. (2009, 2012), Středová et al. (2010), Tomáš (2012), Técher et al. (2021) a mnoho dalších.

Rozsáhlou studii městského prostředí na příkladu města Brna, která vycházela ze sítě účelových meteorologických stanic, najdeme v publikaci *Klima Brna* (Dobrovolný et al., 2012).

V porovnání s venkovskou krajinou mohou být ve městech nejen v denních maximech, ale i v nočních hodinách teploty i o 10 °C vyšší, což má přímý vliv nejen na lidské zdraví, ale i důsledky ekonomické. Změna geometrie aktivního povrchu – zvětšení jeho velikosti a převaha vertikálních povrchů - vede ke zvýšení množství pohlceného slunečního záření a k jeho četným odrazům. Názorně jsou vyjádřeny poměry mezi a mikroklimatu na Obr. 1.



Obr. 1 Rozložení teploty vzduchu a povrchové teploty v průběhu dne a noci nad městem a okolím (Oke, 1973)

Uzavřené prostory mezi budovami způsobují omezení dlouhovělného vyzařování v nočních hodinách, a tím dochází ke snížení ztrát tepla, změně tepelných vlastností aktivního povrchu – budovy mají poměrně značnou tepelnou kapacitu, což umožňuje zvýšené pohlcování tepla v období pozitivní energetické bilance a jeho uvolňování během negativní energetické bilance. Jde také o změnu v hydrologické bilanci, kdy převaha nepropustných povrchů vede ke snížení dostupného množství vody k evapotranspiraci a současně i ke snížení latentního toku tepla a naopak ke zvýšení turbulentního toku. Díky potřebě co nejefektivnějšího využití plochy měst dochází k tomu, že není rozšiřována, ale naopak snižována plocha zeleně. Přitom právě zeleň přispívá ke snížení negativních dopadů městského prostředí několika způsoby, od přímého snižování teploty vzduchu, zvyšování jeho vlhkosti, zachycování nečistot apod. až po vytváření prostředí pro odpočinek a well-being (pohodu) obyvatel města.

Mnoha studii bylo potvrzeno, že pevné povrchy ve městech (dlažba, asphalt, střechy domů apod.) ovlivňují mikroklimatické poměry, a to logicky nejvíce v centrální části města, kde významně zvyšují teplotu vzduchu. Platí poznatek, že pokud je zeleň nahrazena stavebními materiály, dochází ke změnám radiční a energetické bilance a zvýšení dynamiky hlavně teploty a vlhkosti vzduchu. V odborné literatuře označujeme tepelné změny jako „tepelný ostrov měst“. Vychází se často jen z měření teploty a vlhkosti vzduchu, ale jde v podstatě o stav „počasí“ člověka v městském prostředí. Díky povrchu ze stavebních materiálů rostou teplotní amplitudy.

1.3 Tepelný ostrov města

Jde o jev, který zjednodušeně vyjadřuje stav, kdy jsou ve městech zaznamenávány vyšší teploty než v okolních venkovských oblastech. Tepelný ostrov města (TOM), podle anglického názvu Urban Heat Island též označovaný jako UHI. Zvláště teplé body s charakteristickými znaky (parkoviště, průmyslová zařízení, ploché střechy, asphaltové komunikace apod.) jsou definovány jako „micro urban heat islands - MUHI“.

TOM je funkcí meteorologických prvků (teplota vzduchu, srážky, sluneční radiace, oblačnost, proudění vzduchu, evapotranspirace) a charakteru samotného města (počet a hustota obyvatel, topografie terénu, nadmořská výška, zastoupení vodních ploch, pokryv povrchu – podíl zastavěného území, vegetace, barva povrchu (absorpční a emisní vlastnosti ve VIS/IR oblasti), vzdálenost mezi budovami, výška budov, tepelná kapacita použitých materiálů, rezistence povrchu, geometrie povrchu města - tzv. „městský kaňon“, „antropogenní teplo“ z vytápění a průmyslu, retence povrchu).

Ke sledování a kvantifikaci TOM jsou nejčastěji používány metody pozemního termálního monitoringu (IR senzory), dálkového průzkumu země (termální družicové snímky), metoda eddy kovariance a další. Klasickou metodou pro vymezení TOM (týká se teplot a vlhkosti vzduchu) je srovnání průběhu meteorologických prvků z městských a mimoměstských stanic.

2 Zdroje meteorologických a klimatologických dat

Pro hodnocení podnebí na našem území máme k dispozici meteorologická data ze sítě klimatologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu (dále jen ČHMÚ). Jde o bohatou databázi meteorologických měření z počtu kolem dvou set stanic, ovšem z měření podle směrnic Světové meteorologické organizace pro klimatologické účely, tedy charakteristiku podnebí volné krajiny. Tyto stanice musí splňovat stanovené podmínky. Základní požadavek je, že pro dané okolí musí být reprezentativní, nemohou být v extrémních polohách, mají mít rovinný povrch s krátce střiženým trávníkem. Dále jejich vzdálenost od překážek musí být minimálně 4násobek jejich výšky, ve vzdálenosti 25 m od středu pozemku stanice nemají být žádné překážky vyšší než 2 m, veškerá zařízení musí být natřena bíle (Lipina, P. et al., 2014).

Z těchto měření jsou prováděny podrobné analýzy. Jako modelové oblasti byly vybrány naše velké městské aglomerace, a to Praha, Brno, Ostrava a Hradec Králové. Jde o města s rozdílnou plochou, zastoupením zeleně, průmyslu apod. U všech těchto měst probíhají dlouhodobě meteorologická měření na klimatologických stanicích. Z dosavadních analýz vyplývá, že stávající klimatologické stanice umístěné ve městech (např. pražské Klementinum, v Brně stanice na ulici Kroftově) jsou ovlivněné městským prostředím. Ovšem to pro jeho ověření nestačí, proto je nutné provádět meteorologická měření přímo v městském prostředí přesto, že to není v souladu se stávajícími předpisy pro klimatologická měření.

2.1 Metody měření mezo a mikroklimatu města

Jak z výše uvedeného vyplývá, městské prostředí až na výjimky splnění těchto podmínek nedovoluje. Ale pro účely vyjádření městského klimatu musíme naopak měřit v typických podmínkách města, proto musíme zajistit meteorologická měření, která nám klima měst vyjádří. Toho dosáhneme instalací účelových meteorologických stanic v různých podmínkách města, s cílem vyjádřit vliv různých povrchů, zástavby, rozptýlené i souvislé zeleně apod. Oproti volné krajině je ve městech rozdílná nejen výše, ale také dynamika meteorologických prvků měřených meteorologickými stanicemi. Senzory musí monitorovat teplotu a vlhkost vzduchu v desetiminutovém intervalu, který odpovídá standardním měřením v síti klimatologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu. Tyto plní funkci referenčních stanic, aby tak byly vymezeny rozdíly v chodu teplot a vlhkosti vzduchu vlivem mikroklimatu na měřících bodech. Mimo vyšší teplotu je ve městech zvýšená oblačnost a četnost mlh, snížená dohlednost (větší zákal), a tím zeslabené sluneční záření, zvýšené úhrny srážek a četnost bouřek, snížená rychlost větru a vlhkost vzduchu. TOM není možné identifikovat měřením teploty nebo vlhkosti vzduchu na standardních klimatologických stanicích, musí být zajištěna účelová měření ve

speciální síti stanic v odlišných podmínkách, na různých površích. Zvláště teplé body (malé plochy) s charakteristickými znaky (parkoviště, průmyslová zařízení, ploché střechy, asfaltové komunikace apod.) jsou definovány jako „micro urban heat islands - MUHI“.

Příkladem instalace účelových meteorologických stanic je výzkum mezo a mikroklimatu na území města Hradec Králové. Charakteristická místa pro hodnocení městského klimatu představují následující lokality. Vzrostlá dřevinná vegetace v centru města, travní pokryv, celodenní stín, blízkost soutoku dvou velkých toků. Městské lesy, středněvěký, převážně jehličnatý lesní porost, absence významných ploch s umělým povrchem Historické centrum města – Hudební síň, uzavřený areál (nádvoří) s vertikálními povrchy a limitovaným prouděním vzduchu, umělý pevný povrch, od dopoledních do odpoledních hodin osluněno. Místo v bytové zástavbě do pěti pater výšky, bezprostřední okolí měření s výskytem dřevinné a keřové vegetace, travní pokryv, převážně zastíněno, částečně osluněno v odpoledních hodinách. Okraj příměstské rodinné zástavby, výskyt dřevinné a keřové vegetace, travní pokryv, většinu dne zastíněno, osluněno v odpoledních hodinách. Měření v průmyslové zóně, betonový povrch, blízkost hal, po část dne zastínění, ale vliv vyzařování stěn hal apod.

Zdrojem meteorologických dat mohou být měření, která provádějí některé instituce pro své potřeby. Ovšem před využitím těchto dat musí vždy proběhnout podrobná analýza podmínek, za kterých byly získány. Musí se ověřit jednak kvalita čidel, kdy byly, či zda vůbec byly cejchovány. Běžně prodávaná teplotní a vlhkostní čidla vykazují velké rozdíly, a pokud nebyla před měřením cejchována, jsou soubory dat nepoužitelné. Důležité je též umístění čidel, pokud jsou v blízkosti budov, na různě orientovaných ke světovým stranám, potom je jejich využití omezeno pouze na charakteristiku jejich umístění, tedy z hlediska vlivu typu povrchu na jednotlivých lokalitách, např. využití území, zastínění lokality apod. Jestliže popis umístění chybí, nelze využití těchto dat doporučit. Důležité je též ověřit formu zápisu a nastavení času, viz připomínka k měřením v době platnosti SELČ.

2.2 Měřicí jízdy

Pro poznání podrobnějšího rozložení teploty vzduchu na území města je nutné získat co nejvíce údajů v co nejkratším čase a na co největší ploše města, s vyjádřením vlivu různých povrchů. S ohledem na tyto požadavky, tedy co nejrychleji provést měření na území města, se osvědčily měřicí jízdy osobním autem, a to vzhledem ke kvalitě ovzduší nejlépe elektromobilem (Obr. 2). Je možné použít i jiné mobilní prostředky, např. použita byla i měření s čidly umístěnými na tramvajích (Quitt, 1972). Jejich významným nedostatkem je, že měření jsou dána vymezenou trasou, není možná plynulost jízdy apod., proto je v podstatě nedoporučujeme.

Pro mobilní formu měření je potřebné použít teplotní a vlhkostní čidla s vysokou citlivostí a vysokou kapacitou paměti, protože je vhodné mít záznamy dat každých 10 sekund. Čidla musí být vždy pod radiačním krytem, aby nedocházelo k jejich ohřívání slunečním zářením. Nad střechou auta musí být umístěna jednak tak, aby měřila ve výši 2 m nad zemí, ale také byla alespoň 30 cm nad střechou auta. Jistěže jde o měření nad vozovkami, ale díky pohybu vzduchu a umístění čidla lze tyto údaje použít k vymezení teplotního pole města.

Časový záznam o průjezdu vytypovanými lokalitami je možný různými formami, nejvhodnější je automatický záznam s využitím GPS. Zápis času lze provádět pomocí mobilního telefonu k vytypované lokalitě na trase během jízdy do sdílené Google tabulky, kde v řádku byl zápis času konkrétní jízdy pro lokality definované ve sloupcích. Pracnější je forma namlouvání do diktafonu, případně provádění zápisu spolujezdcem. V těchto dvou formách je náročné následně přepisování naměřených údajů do počítače ke zpracování.



Obr. 2 Umístění čidel teploty a vlhkosti vzduchu na měřícím elektromobilu

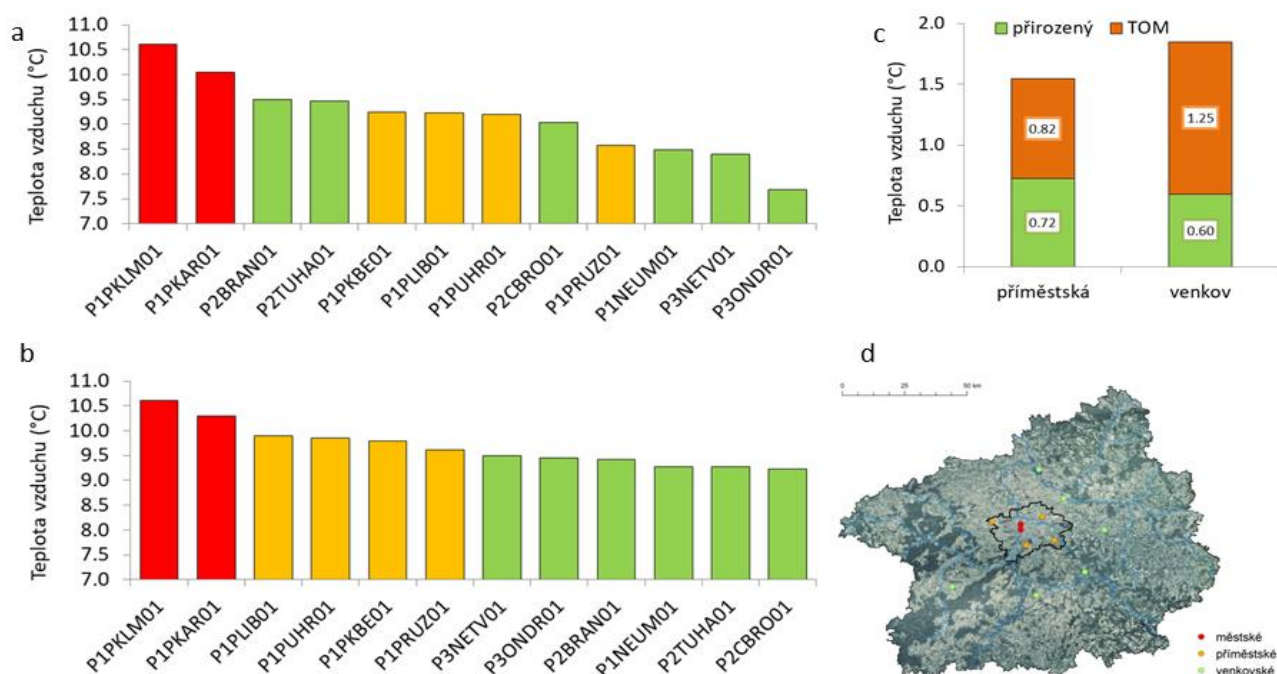
Doporučený postup pro měřící jízdy autem

- Základem pro měření je stanovení měřících okruhů po městě. Tyto musí být vedeny tak, aby byly záznamy ze všech částí města, tedy jak centrum, tak části města s různými povrchy, ale také okraje, alespoň ve všech hlavních světových stranách a s ohledem na tvar městského území. Přitom průjezdy centrem by měly být nejčastější. Vždy musí být vedeny jednotlivé okruhy tak, aby procházely přes centrum města.
- S ohledem na význam zeleně pro rozložení teploty je potřebné zařadit průjezdy parky, většími zelenými plochami, stromořadími apod. Podobně je potřebné vést jízdy kolem vodních ploch, včetně podél toků, aby bylo možné posoudit jejich vliv na teplotu vzduchu.
- Doba měření závisí na možnostech počtu měřících jízd. Pro krátká či orientační měření by měla být vždy v době krátce po kulminaci slunce (dochází k nejvyššímu ohřátí vzduchu od vyzařujících stěn budov a vozovek), tedy v době nejvyšších denních teplot vzduchu. Pro podrobnou charakteristiku teplotního pole města je nutné zajistit jízdy v průběhu dne, tedy již v uvedené době kulminace slunce, ale také i několik nočních jízd, protože povrchy města významně ovlivňují teplotu vzduchu v noci. Určitě by měla být provedena měření krátce po východu slunce, kdy se projevuje denní minimální teplota vzduchu.
- Teplotu významně ovlivňuje stav počasí, takže nejvhodnější jsou dny bez oblačnosti s nízkými rychlostmi větru. Ovšem při podrobné analýze teplotního pole je potřebné měřit i v době, kdy je zamračeno.
- Výběr termínů měření nelze plánovat na delší období, protože počasí na našem území je proměnlivé. Z hlediska synoptického jsou nejvhodnější výskyty tlakových výší. Výběr termínů měření by měl být veden podle předpovědi počasí (portál chmi).
- Volba ročního období pro měření je opět dána cílem měření. Základem je provést měření při výskytu extrémních teplot vzduchu. Nejčastěji jsou prováděna měření v době maximálních letních teplot vzduchu, tedy v tropických dnech. Zvláště při výskytu horkých vln (více tropických dnů po sobě následujících) dochází k významnému dopadu na obyvatelstvo ve městě. Ovšem pro podrobnější poznání teplotního režimu města je potřebné měřit i v dalších ročních obdobích. V zimním období při výskytu ledových dnů, kdy denní maximum teploty je nižší než 0 °C), ale také při mimořádně teplých dnech. Vzhledem ke stále teplejším zimám dochází ke zkracování počtu dnů ledových i mrazových, což se jednoznačně projevuje na teplotních poměrech ve městech, např. ovlivněním zeleně.

- Důležité je zajištění přesného záznamu. Zápis lze v daném čase k určité lokalitě provádět ručně, pohodlnější je do mobilu během jízdy do sdílené Google tabulky s předem připravenými pozicemi zápisu. Doporučujeme využít mobilní aplikace, např. „Stopař“ aj.
- Vysokou pozornost je nutné věnovat druhu času záznamu, výsledky srovnání s klimatologickými stanicemi, které vždy měří ve středoevropském času (SEČ) a jsou takto uváděna i na portálu ČHMÚ, může poznamenat nerespektování hodinového posunu v době platnosti letního času – (SELČ).
- Pro kvalitní zajištění záznamů je vhodné, aby záznamy neprováděl řidič, ale spolujezdec, který byl o podstatě měření poučen.

3 Analýza tepelného ostrova města Prahy na základě dlouhých časových řad

Pro každé město lze využít různé typy podkladů. Jeden ze zdrojů jsou dlouhé časové řady, které se používají hlavně pro detekci rychlosti nárůstu teploty vzduchu při srovnání městské, příměstské a venkovské stanice. Ideálním příkladem v rámci České republiky je město Praha a okolí, kde se nacházejí dostatečně dlouhé časové řady jednotlivých typů stanic (Obr. 3d). Pro městské klima lze použít dvě stanice, a to Praha Klementinum (P1PKLE01) a Praha – Karlov (P1PKAR01). Jako příměstské stanice se pro analýzy využívají Praha-Libuš (P1PLIB01), Praha-Ruzyně (P1PRUZ01), Praha-Kbely (P1PKBE01) a Praha-Uhřetěves (P1PUHR01). V okolí Prahy se pak nachází větší množství venkovských stanic. Do této kategorie jsou zařazovány i stanice, která měří například v intravilánu obce, ale je mimo prostředí velkého města. Doporučení je používat stanice Netvořice (P3NETV01), Ondřejov (P3ONDR01), Brandýs nad Labem (P2BRAN01), Neumětely (P1NEUM01), Tuháň (P1TUHA01) a Český Brod (P2CBRO01).



Obr. 3 Průměrná teplota vzduchu na jednotlivých stanicích v Praze a okolí (a) a jejich hodnoty po přepočtu na jednotnou nadmořskou výšku 191 m n. m. (b) v letech 1961–2020, velikost tepelného ostrova (c) a mapa stanic (d)

Identifikace tepelného ostrova města Prahy je ztížena kvůli větším rozdílům nadmořské výšky v celých středních Čechách a v samotné Praze. Proto jsou rozdíly teploty vzduchu způsobeny i přirozenými faktory, jako je pokles teploty vzduchu s rostoucí nadmořskou výškou (v průměru $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ na 100 m). Z těchto důvodů se doporučuje sjednotit průměrné roční teploty vzduchu na jednotnou hodnotu nadmořské výšky. Pro Prahu byla zvolena výška 191 m n. m. , v které leží Praha-Klementinum. Pro jednoduchou analýzu je zcela postačující aplikovat základní přepočít $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Bez přepočtu na jednotnou nadmořskou výšku vychází jako nejteplejší obě městské stanice, ale poté následují stanice venkovské Brandýs nad Labem a Tuháň (Obr. 3a), což je dáno jejich nižší polohou a situováním do teplého Polabí. To poskytuje zavádějící výsledek a neidentifikuje vlastní velikost tepelného ostrova města Prahy. Po přepočtu na jednotnou nadmořskou výšku zůstávají nejteplejší obě městské stanice Klementinum a Karlov, a poté již všechny příměstské stanice následované venkovskými (Obr. 3b). Zde už tedy jednoznačně vystupuje role tepelného ostrova města. Rozdíl mezi centrem města a venkovem je v průměrné roční hodnotě $1,84\text{ }^{\circ}\text{C}$. Z toho $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ je způsobeno přirozenými faktory a $1,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ tepelným ostrovem města (Obr. 3c), což znamená, že vliv TOM (druh zástavby, použitých materiálů atd.) je dvojnásobný oproti vlivu reliéfu.

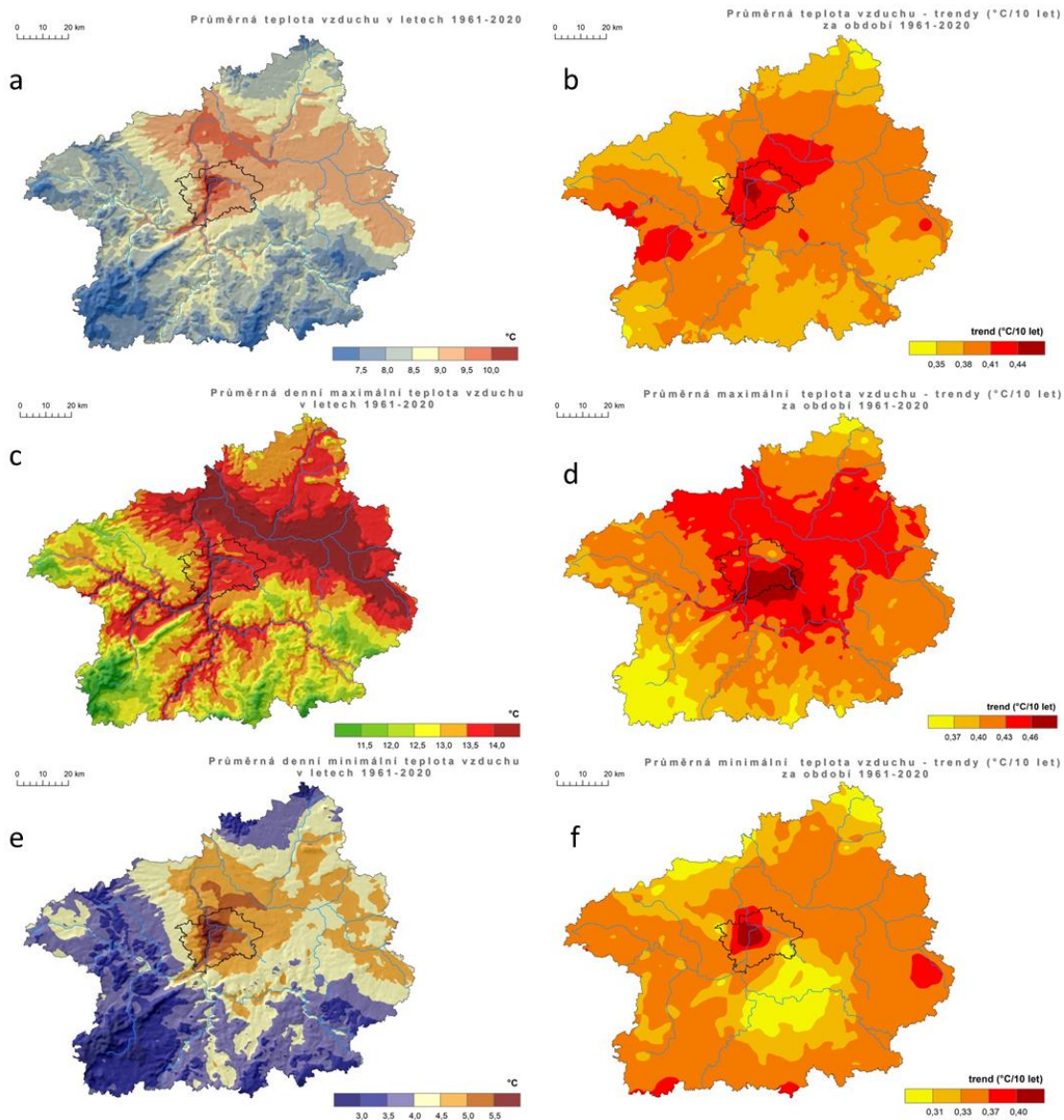
Probíhající růst teplot vzduchu v rámci klimatické změny může být ještě umocněn vlivem zesilujícího tepelného ostrova města. Jelikož v Česku je nejsilnější tepelný ostrov v Praze, tak i teploty vzduchu zde rostou nejrychleji z celé republiky. Průměrná roční teplota v celé České republice roste statisticky významně o $0,36\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 10 let . To v období $1961\text{--}2020$ znamená změnu o $2,16\text{ }^{\circ}\text{C}$. V centru Prahy je rychlost růstu průměrné denní teploty vzduchu nejvyšší z celé republiky. Praha-Klementinum vykazuje trend $0,46\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 10 let , což znamená oteplení o $2,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ za posledních 60 let (Obr. 4a,b).

V případě maximálních teplot vzduchu je situace mírně odlišná. V celé oblasti Prahy a okolí dosahuje nejvyšších teplot nejen centrum města, ale také Polabí. Nejrychlejší růst teplot vzduchu pak není vázán přímo na centrum Prahy, ale na jihovýchodní část, kde se v posledních desítkách let zintenzivnila výstavba, a to jak sídlištních typů bydlení, tak logistických center (Obr. 4c,d). Průměrné maximální teploty vzduchu rostou v rámci republiky v průměru o $0,40\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 10 let , ale v případě centra Prahy je to o $0,48\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 10 let .

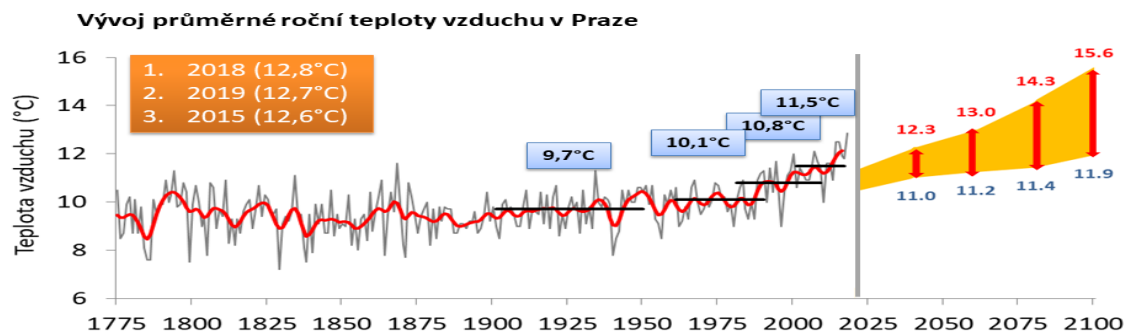
Nejviditelnější projev tepelného ostrova města je v minimálních teplotách (většinou jde o teplotu dosaženou v noci). Zde je nárůst těchto teplot v centru Prahy markantní (Obr. 4e,f). Průměrný trend pro Českou republiku je $0,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 10 let , ale pro centrum Prahy je o 70% vyšší a to $0,56\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 10 let . Minimální teploty tedy vzrostly v České republice za posledních 60 let o $1,98\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale v Praze-Klementinu o $3,36\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Na Obr. 5 lze vidět nejdelsí řadu teploty vzduchu v České republice a to Praha-Klementinum. Ta měří od roku 1775 do současnosti. Nejteplejší období bylo zaznamenáno v letech $2011\text{--}2020$, kdy teplota byla vyšší o $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ než v letech $1851\text{--}1900$. Nejteplejší roky byly na této stanici, ale i v rámci České republiky zaznamenány v letech $2015, 2018, 2019$. Pro tuto řadu existuje i projekce změny teploty vzduchu do budoucnosti, které očekává v nejhorsím scénáři ke konci století oteplení o $6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ oproti druhé polovině $19.$ století.

Jedním z důležitých charakteristik zkoumaných v rámci tepelného ostrova města je počet tropických dnů (teplota dosáhla aspoň $30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Jelikož okolí Prahy je obecně také velmi teplé díky Polabí, tak v létě nejsou zaznamenány dramatické rozdíly mezi centrem Prahy a venkovskou krajinou (Obr. 6a). Naopak rozdíl mezi městskou a příměstskou oblastí je již znatelný, jelikož není tolik zkreslen přirozenými faktory. V centru Prahy se v období $1961\text{--}2020$ objevilo v průměru $12,8$ dnů za rok a v příměstských oblastech okolo $7,7$ dne za rok. V jednotlivých letech jsou rozdíly i kolem $10\text{--}15$ dnů. Rozdíly se zvětšují v posledních letech, jelikož rostoucí trend počtu tropických dnů je výrazně větší v centru než v okrajových částech (Obr. 6b,c).



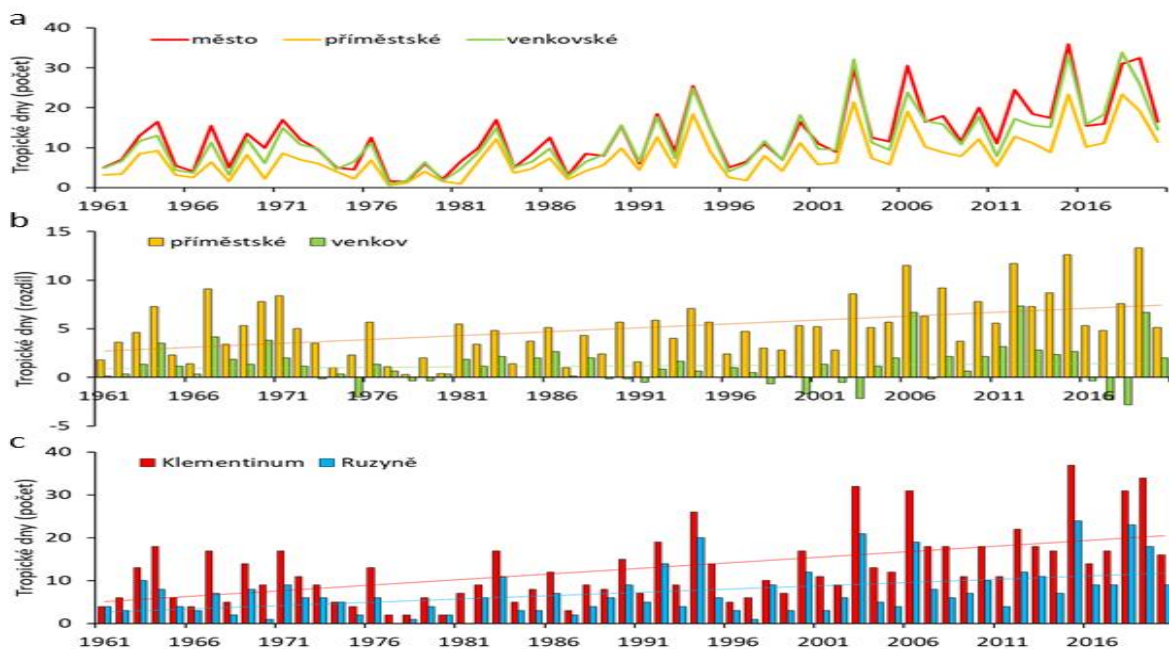
Obr. 4 Průměrná (a), maximální (c) a minimální (e) teplota vzduchu a jejich trendy (b, d, f) v období 1961–2020 na území Prahy a středních Čech.



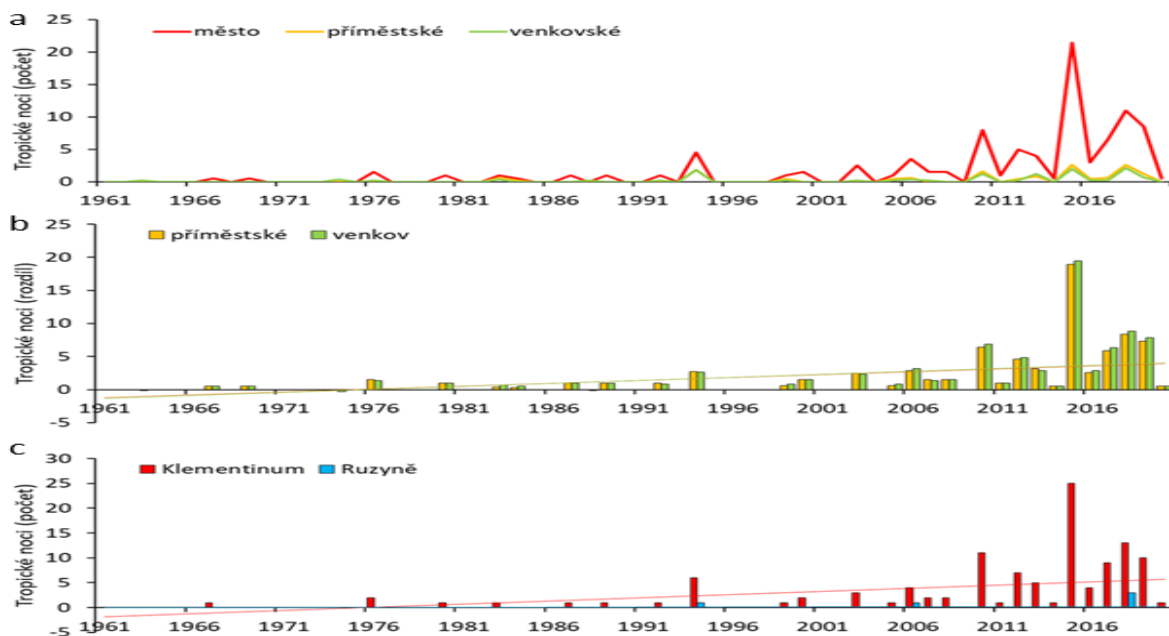
CzechGlobe Vytvořeno na základě klimatických modelů EURO-CORDEX (studený-střední-vlhký model, RCP 2,6-8,5) Sust/ES

Obr. 5 Vývoj průměrné roční teploty vzduchu v Praze-Klementinum (1775–2100). Budoucí klima, klimatické modely EURO-CORDEX (Zdroj: Ústav výzkumu globální změny AV ČR)

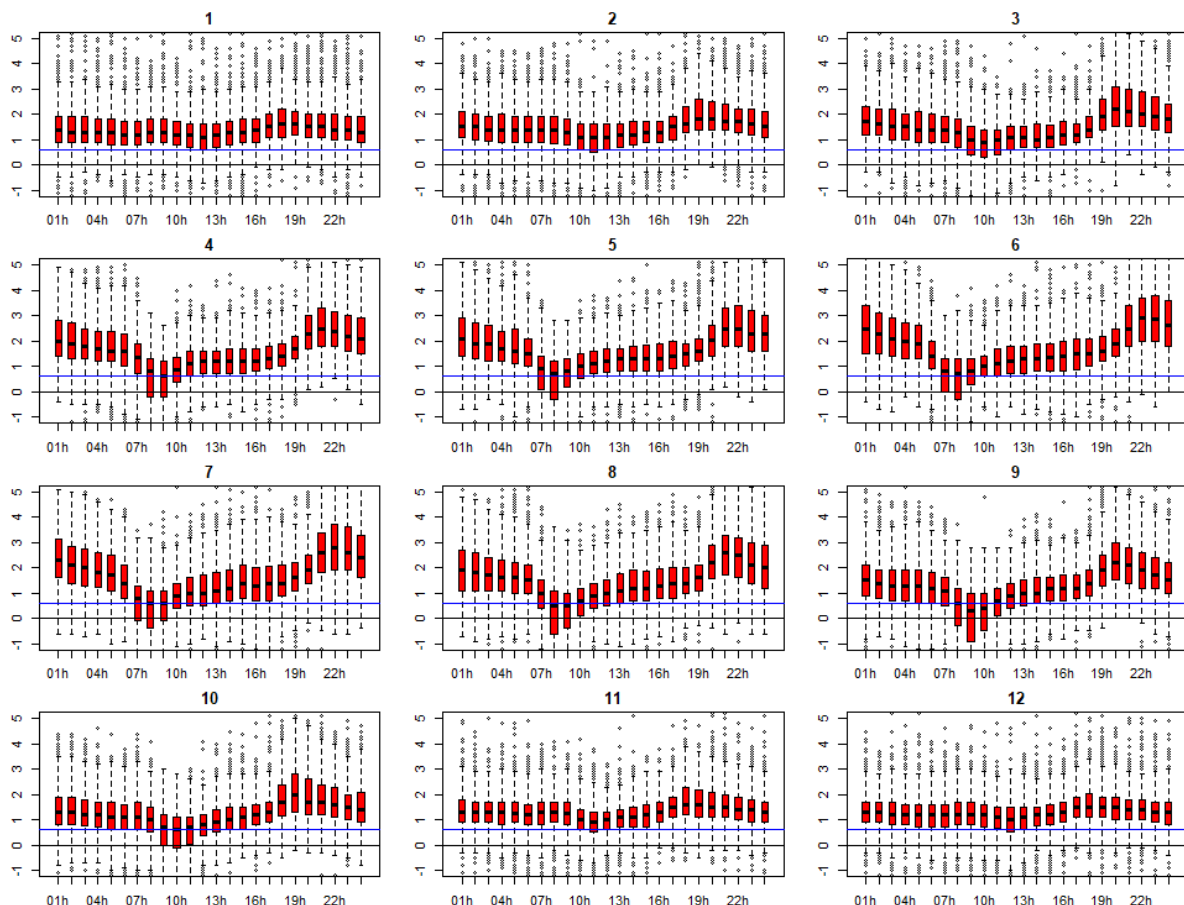
V poslední dekádě 2011–2020 narostl počet tropických dnů 2,3krát oproti období 1961–1970. Průměrný počet tropických dnů v centru Prahy v období 2011–2020 byl 21,9. U příměstských stanic to bylo jen 13,7 dnů, a i velmi teplé okolí mělo těchto dnů nepatrně méně než centrum města (19,8 dne).



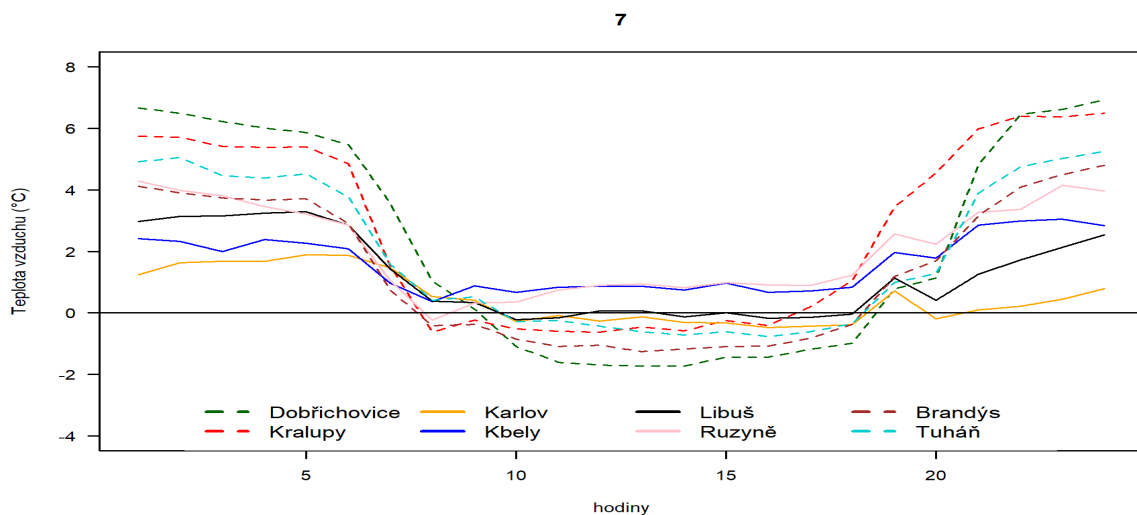
Obr. 6 Počet tropických dnů v centru, v příměstských částech a na venkově (a), rozdíl jejich počtu v centru města oproti okolí (b) a porovnání dvou reprezentativních stanic Klementinum (městská stanice) a Ruzyně (příměstská stanice) (c)



Obr. 7 Počet tropických nocí v centru, v příměstských částech a na venkově (a), rozdíl jejich počtu v centru města oproti okolí (b) a porovnání dvou reprezentativních stanic Klementinum (městská stanice) a Ruzyně (příměstská stanice) (c)



Obr. 8 Rozdíl teploty vzduchu v jednotlivých hodinách a měsících mezi pražskými stanicemi Karlov (městská stanice) a Ruzyně (venkovská stanice).



Obr. 9 Rozdíl teploty vzduchu v jednotlivých hodinách v červenci mezi Prahou-Klementinem (městská stanice) a okolím do 30 km.

Další důležitou charakteristikou je počet tropických nocí (teplota vzduchu neklesne pod 20 °C). Ty se typicky vyskytují hlavně v centru města a je to fenomén spjatý v České republice s klimatickou změnou umocněnou o působení tepelného ostrova města. Jak lze vidět na Obr. 7, do roku 2000 se tento jev objevoval sporadicky. Po tomto roce dochází k markantnímu nárůstu,

ale výhradně v centru města. V posledních 10 let se vyskytly v průměru tyto dny 6krát za rok, ale například v roce 2015 jich bylo v Klementinu zaznamenáno dokonce 25.

Jak už z předešlého textu vyplývá, největší rozdíl mezi centrem města a okolím je pozorován v nočních hodinách, což je způsobeno špatnou ventilací městských ulic (efekt kaňonu) a také použitými materiály, které se během dne více rozežřejí a ukládají teplo, a zároveň se ve městě zmenšuje přirozený výpar (voda kanalizací z ulic rychle odteče). Pro zjištění, v jakou část dne je vliv tepelného ostrova největší, můžeme porovnat jednotlivé hodiny.

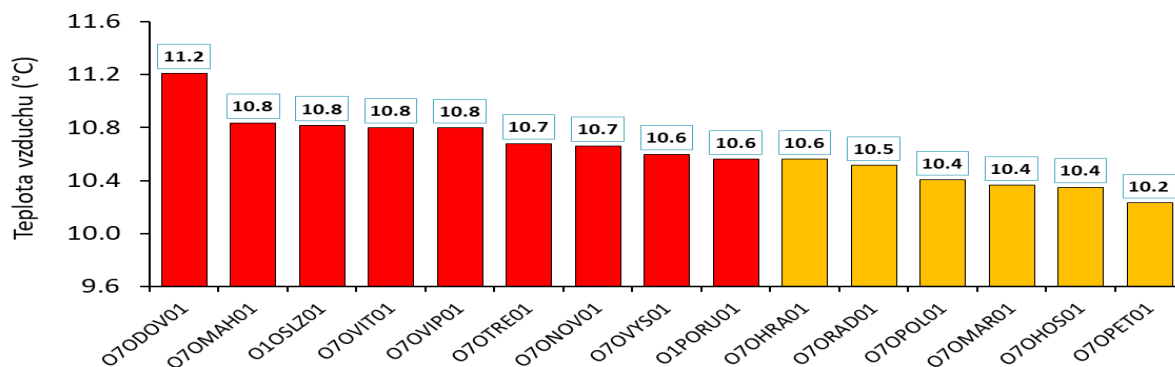
Na Obr. 8 lze vidět rozdíl mezi Karlovem (městská stanice) a Ruzyní (příměstská stanice) v jednotlivých hodinách a měsících. Obecně lze konstatovat, že největší rozdíly jsou po západu a před východem Slunce. Naopak nejmenší odlišnost nastává krátce po rozednění, a pak rozdíl postupně narůstá. Průměrné rozdíly na těchto dvou zkoumaných stanicích během celého roku jsou mezi 19 a 22 hodinou, kdy přesahují 2 °C. Nejmenší pak mezi 7 a 9 hodinu, a to okolo 0,8 °C. V odpoledních hodinách je to pak od 1,1-1,4 °C. Během roku nastávají největší rozdíly v období duben až říjen. Jelikož toto vyhodnocení s uvážením všech případů může být částečně zkreslující, doporučujeme sledovat jednotlivé situace. Pro tyto účely byly vybrány pouze slunečné dny bez oblačnosti, a to v červenci (Obr. 9). Při porovnání Klementina a stanic v okolí do 30 km je vidět, že během dne se dokáže okolí rozežrát i více než vlastní centrum města, ale se západem Slunce dochází k dramatickému rozdílu, kdy hustě zastavěná část města se nedokáže výrazně vychladit, a je tam teplota vyšší až o 7 °C.

4 Měření pomocí účelových, příklad Ostrava, umístění – popis druhů městského prostředí, uvedení průběhu teploty a vlhkosti, intenzity srážek, využití synoptických situací

Tepelný ostrov Ostravy identifikovaný pomocí husté sítě meteorologických stanic

Město Ostrava je ideální ukázkou možnosti zkoumání tepelného ostrova města na základě husté sítě účelových meteorologických stanic. Ty jsou k dispozici od roku 2018, proto analýza bude zaměřena na období 2018–2020. Stanice byly rozděleny na městské (10), příměstské (6) a venkovské (3). Stanice O7ODOV02 (Dolní oblast Vítkovic, Vysoká pec) nebyla do analýz počítána, jelikož její řada je kratší.

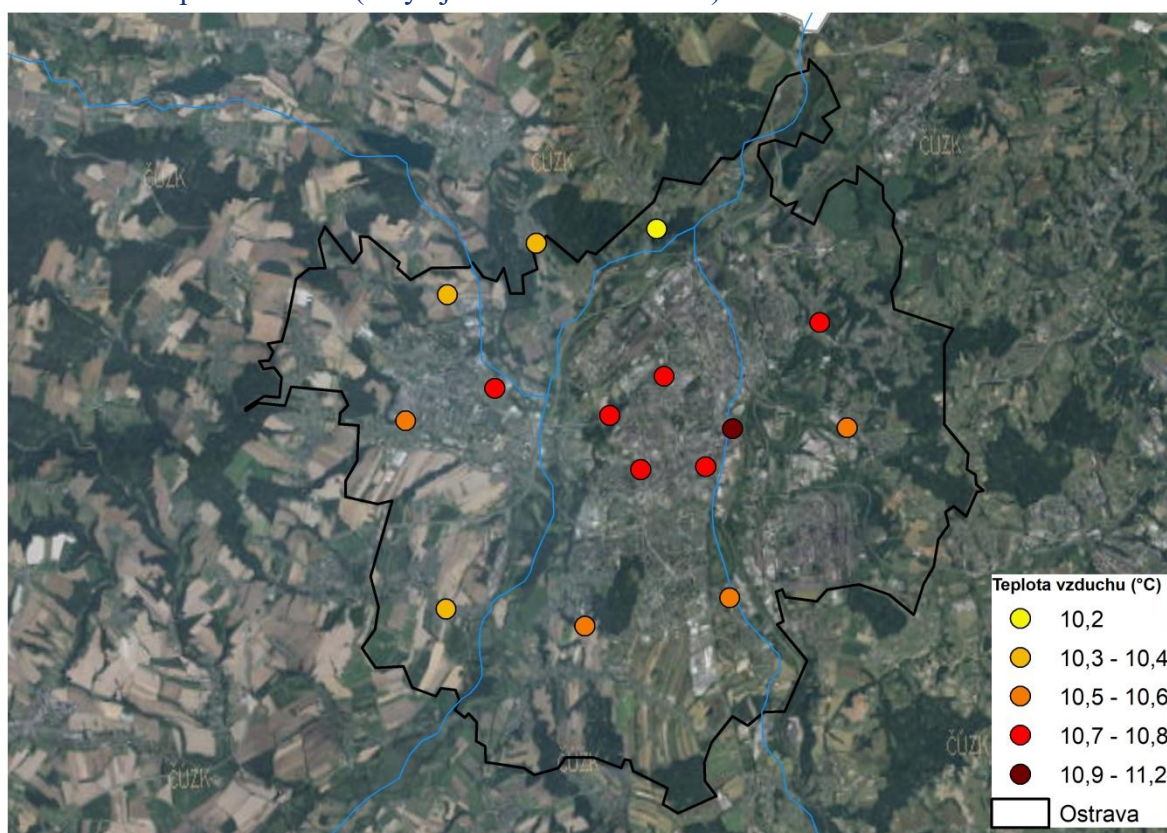
Pro první představu o chování tepelného ostrova v rámci města sloužilo pouhé porovnání průměrné roční teploty vzduchu na městských a příměstských stanicích, tedy na velmi malém prostoru. Průměrná teplota vzduchu byla použita jako univerzální prvotní ukazatel. Všechny 10 městských stanic mělo vyšší průměrnou roční teploty v letech 2018–2020 než stanice příměstské (Obr. 10).



Obr. 10 Průměrná roční teplota vzduchu na městských (červeně) a příměstských (oranžově) meteorologických stanicích v Ostravě v letech 2018–2020

Nejteplejší stanicí je O7ODOV01 (Dolní oblast Vítkovic) s průměrnou teplotou 11,2 °C. Naopak nechladiější je příměstská stanice O7OPET01 (Petřkovice) s průměrnou teplotou 10,2 °C (Obr. 11). Rozdíl tedy činí 1 °C. Rozdíl všech městských a příměstských stanic je v průměru 0,4 °C.

Největší rozdíl mezi průměrnou teplotou vzduchu ve městě Ostrava a venkovem je v dubnu až srpnu, kdy městské stanice jsou o 0,6 °C teplejší (Obr. 12a). Naopak malý rozdíl je spíše v chladném půlroce. Rozdíl oproti příměstským stanicím je během celého roku vesměs vyrovnaný a to okolo 0,4 °C ve prospěch města. Maximální teploty vzduchu jsou u příměstských stanic v období květen až srpen dokonce vyšší než u městských (Obr. 13b), tedy okraj města se nám v tomto případě rozežřeje více, což je pravděpodobně dáno specifickou strukturou města Ostrava. Oproti venkovským stanicím je ale město v období od dubna do srpna teplejší (+0,4 °C). Naopak v zimě jsou maximální teploty vzduchu vyšší v okolí Ostravy než ve městě. Jak už ukázaly předešlé analýzy, tak největší a nejmarkantnější rozdíl je v případě minimálních teplot vzduchu (tedy zjednodušeně nočních).

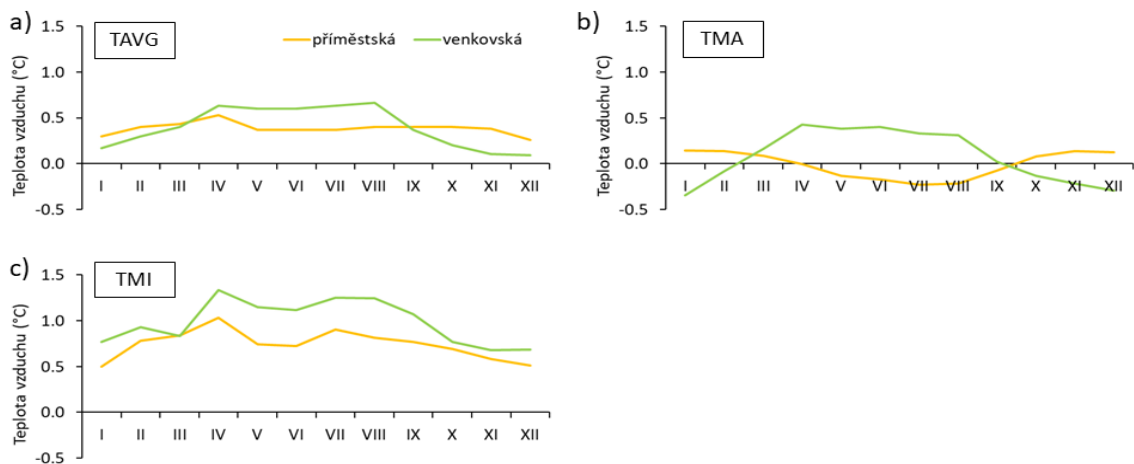


Obr. 11 Rozmístění stanic v Ostravě s označením nejteplejší a nechladiější

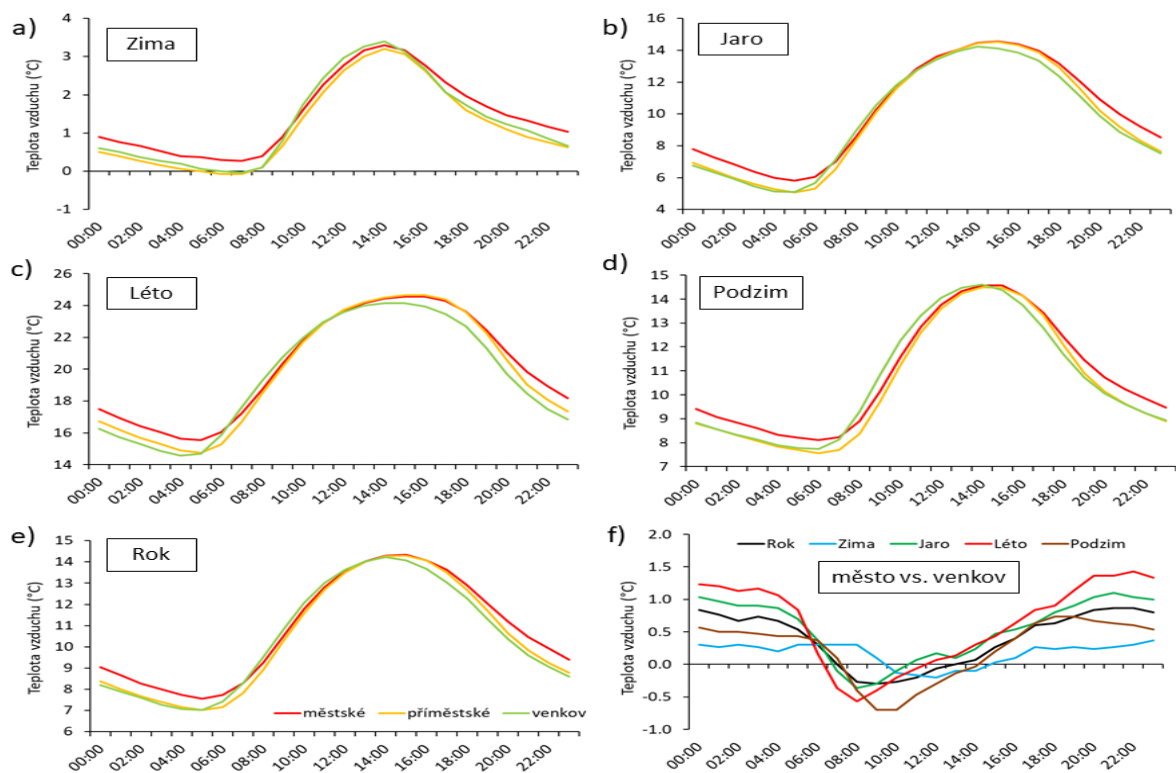
Konkrétně oproti okolí jsou minima ve městě vyšší v průměru nejvíce v dubnu, červenci a srpnu a to o 1,3 °C (Obr. 12c). Nejmenší rozdíl je v listopadu a prosinci, kdy je oblast města teplejší o 0,7 °C než venkov.

Pro posouzení tepelného ostrova města je hlavním nástrojem analýza denního chodu teploty vzduchu. Ta se pro většinu měst shoduje v jednom faktoru. Jak už naznačovala analýza jednotlivých teplot vzduchu (maxima, minima, průměry), tak městské prostředí je teplejší v nočních hodinách než během dne. I na příkladu husté sítě měření v Ostravě se to potvrzuje, a to během celého roku. Největší rozdíly jsou mezi 20. a 7. hodinou ranní (Obr. 13). Pokud analyzujeme všechny dny během roku v letech 2018–2020, tak nejvyšší průměrný rozdíl byl 0,7 °C ve 22 hodin (SEČ) mezi městským a příměstským prostředím a 0,9 °C v 21 a 22 hodin (SEČ) mezi městskými a venkovskými meteorologickými stanicemi (Obr. 13e,f). Nejvyšší

průměrné rozdíly nastávají na jaře a v létě (Obr. 13b,c,f). V létě je město v průměru o 1,4 °C teplejší než venkov a to ve 22 hodin. Na jaře je tento rozdíl o něco nižší a to 1,1 °C (ve 21 hodin). V zimě je rozdíl mezi městem a okolím vyšší pro příměstské oblasti než pro venkovské (Obr. 13a,f). Opět platí, že tepleji je ve městě hlavně mezi 22. a 6. hodinou, a to až okolo 0,4 °C. Na podzim (Obr. 13d,f) se největší rozdíl časově posouvá a město je oproti venkovu nejteplejší v 18 a 19 hodin (o 0,7 °C). Naopak po ranním svítání je dopoledne (8-11 hodin) okolí města většinou teplejší než vlastní město. Průměrná roční hodnota činí zhruba 0,3 °C ve prospěch venkova.



Obr. 12 Rozdíl průměrné (TAVG), maximální (TMA) a minimální (TMI) teploty vzduchu na městských stanicích oproti příměstským a venkovským v jednotlivých měsících v Ostravě a okolí v letech 2018–2020

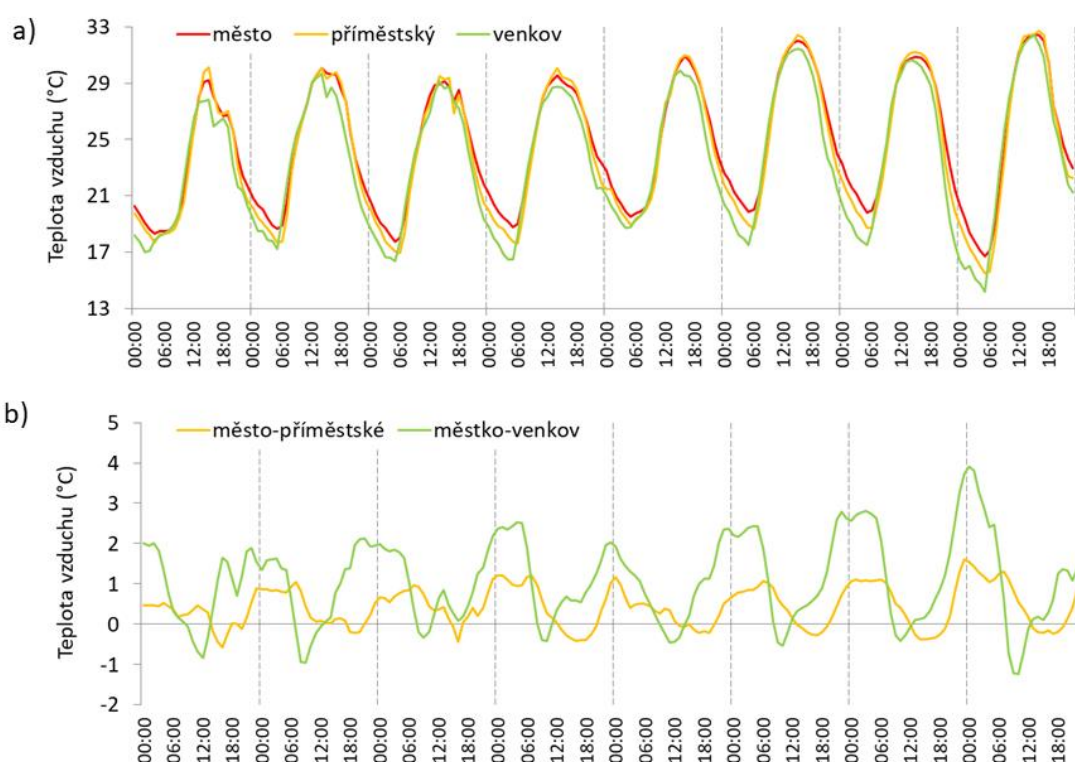


Obr. 13 Denní chod teplot v městském, příměstském a venkovském prostředí v Ostravě a okolí v jednotlivých sezonách (a-e) a rozdíl mezi městem a venkovem (f)

Pro analýzu chování tepelného ostrova města je dobré vybrat si určitou horkou vlnu a během ní zkoumat, jak se vyvíjely teploty vzduchu. Je totiž předpoklad, že ve změněném budoucím klimatu budou podobné vlny nastávat častěji. Jako příklad uvádíme 8denní horkou vlnu z období 28. 7. až 4. 8. 2018. Nebyly v ní sice dosahovány rekordní teploty, ale šlo o souvislou delší epizodu. Průměrná denní teplota vzduchu (počítána z hodinových dat) na městských stanicích byla 24,6 °C, na příměstských pak o 0,4 °C a u venkovských o 1,1 °C nižší. Tyto rozdíly byly dány opět převážně nočními, tedy minimálními teplotami vzduchu. Maximální teplota během epizody činila 32,7 °C jako průměr příměstských stanic a 32,4 °C jako průměr na městských a venkovských stanicích. Minimální teplota klesla na venkovských stanicích klesnout na 14,2 °C, na městských bylo minimum vyšší o 2,6 °C.

S rostoucí délkou horké vlny se zvyšuje i rozdíl mezi městem a venkovem, a to převážně v noci (Obr. 14). Nejviditelnější rozdíl je mezi 22. a 3. hodinou ranní. První den bylo město v noci teplejší než okolí o 2 °C, ale v poslední den horké vlny už činil rozdíl v nočních hodinách až 4°C. Mezi městským a příměstským prostředím byl znatelný rozdíl jen v noci. Naopak mezi městem a venkovem nastává i během odpoledních hodin.

Horká vlna 28.7-4.8.2018



Obr. 14 Průběh (a) a rozdíl (b) teplot vzduchu během horké vlny 28. 7. – 4. 8. 2018 v Ostravě a okolí

Teplota vzduchu se odráží ve výskytu klimatických indexů, které mohou lépe popsat chování tepelného ostrova města. Mezi vybrané charakteristiky patří počet letních, tropických a mrazových dnů a také tropických nocí.

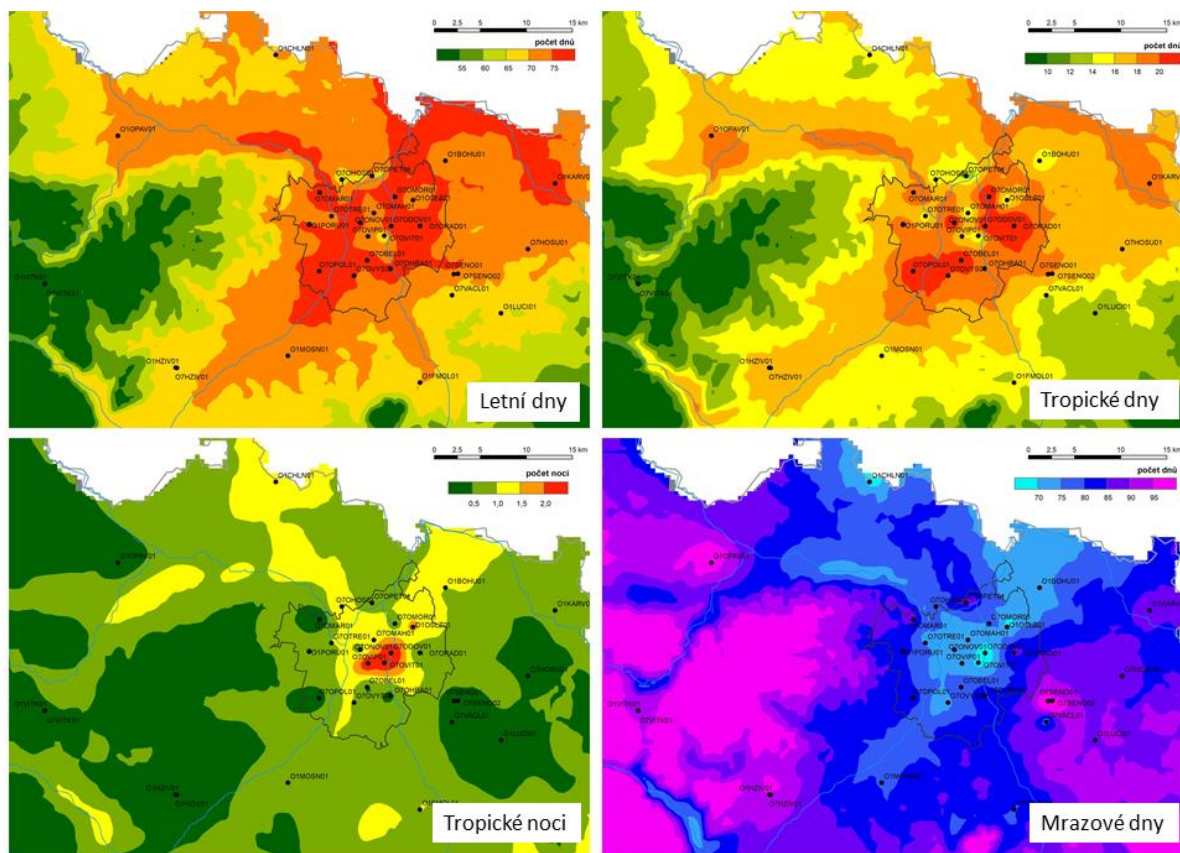
Letní den nastává, když teplota vzduchu dosáhne aspoň 25°C. Průměrný počet letních dnů v letech 2018–2020 v katastru Ostravy byl 75,4. Nejvíce v celém Moravskoslezském kraji bylo těchto dnů zaznamenáno v centru města Ostravy na stanici O7ORAD01 (Radvanice) a to 86,7 dne. Jak lze vidět na Obr. 15, tak nejvíce dnů připadá právě na město Ostrava. Na druhou stranu příměstské stanice O7OHOS01 (Hošťálkovice) a O7OPET01 (Petřkovice) mají jen 69,0 a 70,3

letních dnů, což je o 19 % méně než městské stanici Radvanice. Na našich vybraných venkovských stanicích byl tento počet mezi 66,7 až 74,7 dne.

Tropický den nastává, když teplota vzduchu dosáhne aspoň 30°C. Průměrný počet tropických dnů byl v oblasti katastru Ostravy 18,8 v letech 2018–2020. Nejvíce jich bylo opět zaznamenáno na stanici Radvanice a to 27. Opět je vidět, že nejvíce těchto dnů připadá na centrum města Ostravy (Obr. 15). V kategorii nad 20 dnů není žádná stanice mimo město Ostrava. Naopak stanice Hošťálkovice měla těch dnů o 44 % méně (15,3 dne). Na venkovských stanicích byl tento počet od 12,3 do 18,0.

Tropická noc nastává, když teplota v noci neklesne pod 20°C. Na mapě (Obr. 15) je zcela zřetelně vidět, že tropické noci jsou vázány hlavně na středy města a jsou dány horší ventilací a také nočním sáláním nahromaděného tepla z betonových povrchů. Tropická noc je hlavně nebezpečná v kombinaci s tropickým dnem, následek zvýšená zdravotní rizika. Průměrně se vyskytne na katastru Ostravy jedna tropická noc za rok, při značných prostorových rozdílech. Na stanici O7ODOV01 (Dolní Vítkovice) se vyskytly v průměru 3 noci za rok v letech 2018–2020. Naopak na příměstské stanici O7OMAR01 (Martinov) se nevyskytl ani jeden den.

Tepečný ostrov se neprojevuje jen během letních měsíců, ale i například v zimě. Jako dobrý ukazatel slouží počet mrazových dnů (minimální teplota vzduchu je pod bodem mrazu, ale maximální je kladná). Průměrný počet mrazových dnů na území Ostravy byl v letech 2018–2020 78,1. Nejméně jich je v oblasti Vítkovic a to 64,7 dne (Obr. 15). Naopak na příměstské stanici Petřkovice jich je 86,3, tedy o 35 % více. Na venkovské stanici O7SENO01 (Šenov) jich bylo dokonce 92,3, což je o 44 % více než ve Vítkovicích. To má dopad na menší množství sněhu a tvorbu námrazových jevů. Z tohoto pohledu má centrum města výhodu, může být méně náročné na úklid množství sněhu a na menší množství posypových materiálů.



Obr. 15 Počty dnů s charakteristickou teplotou vzduchu v Ostravě a okolí v letech 2018–2020

5 Letecké snímkování, postupy, hodnocení získaných map, dálkový průzkum

Přístrojové vybavení použité pro letecké skenování se skládalo ze tří hyperspektrálních skenerů - CASI, SASI, TASI (ITRES Research Limited), snímajících obrazová data v rozsahu viditelného, krátkovlnného a dlouhovlnného infračerveného elektromagnetického záření. Současně s hyperspektrálním skenováním probíhalo 3D letecké laserové skenování (LiDAR), pro které byl využit přístroj Riegl LMS Q-780. Pozice a prostorová orientace leteckého nosiče byla zaznamenávána dvěma GNSS/IMU jednotkami Applanix. Dataily technických parametrů jsou dostupné v odkazu [<https://olc.czechglobe.cz/flis/>].

Kroky předzpracování obrazových leteckých dat. Všechna data získaná metodami dálkového průzkumu Země jsou ovlivněna charakteristikou snímací aparatury a vlastnostmi atmosféry mezi senzorem a snímaným povrchem. Z tohoto důvodu, před vlastní analýzou/interpretací, se v závislosti na kategorii dat provádí několik kroků (korekcí). Tyto postupy jsou blíže popsány v následujících odkazech [<https://olc.czechglobe.cz/zpracovani-dat/zpracovani-casi-a-sasi/>], [<https://olc.czechglobe.cz/zpracovani-dat/zpracovani-tasi/>], [<https://olc.czechglobe.cz/zpracovani-dat/zpracovani-dat-z-laseroveho-skeneru/>].

5.1 Mapy struktury pokryvu a teploty povrchů obcí

Pod mapovým výstupem zde rozumíme graficky upravenou tematickou mapu v png/pdf souboru, primárně vhodnou k vizuální interpretaci po jejím zobrazení či vytištění. Digitálním tematickým výstupem rozumíme georeferencovaná data, ze kterých je pdf soubor vytvořen po doplnění mapových sounáležitostí (měřítko, legenda, atd.). Tyto tematické vrstvy jsou pro experty z magistrátů měst (např. Oddělení dat, analýz a evaluací MMB) velmi důležitými vstupy do jejich analýz a územního plánování. Pro jednoduchost budeme v dalším textu nazývat oba produkty jako mapy. Výsledkem zpracovaných leteckých hyperspektrálních, leteckých LiDARových a pozemních dat jsou pro všechna zájmová území následující mapy aktuální k termínu snímání:

1. mapa teploty povrchů
2. mapa průměrné emisivity povrchů
3. model reliéfu terénu
4. model reliéfu povrchu
5. mapa normalizovaných výšek povrchu
6. mapa tříd pokryvu

Všechny tyto výstupy jsou uživatelům k dispozici ve třech datových typech: 1/soubor PDF/PNG/JPG jako mapa pro tisk; 2/soubor GEOTIF pro další aktivní využití aplikačními garanty.

Metody zpracování map

Společným jmenovatelem pro vytvoření výše uvedených map jsou data z leteckého skenování nasnímaná po jednotlivých liniích opakovaných přeletů letadla nad daným územím. Pro data získaná z pasivně snímajících hyperspektrálních skenerů CASI, SASI a TASI jsou kroky předzpracování podobné a využívají i podobný či stejný software. Jedná se o radiometrické, atmosférické korekce a georeferencování. Předzpracování i vlastní zpracování dat z aktivního LiDAR skenování se od předcházejících liší.

5.2 Mapa teploty povrchů a mapa širokopásmové emisivity povrchů

Oba produkty jsou výsledky získanými z dat hyperspektrálního skeneru TASI.

5.2.1 Radiometrické korekce

Radiometrické korekce nasnímaných dat se provádí v programu RadCorr Ver. 9.3.6.0. V průběhu radiometrických korekcí je nejprve provedeno odečtení pozadíového šumu senzoru (DS - Dark Subtraction). Takto ošetřená data jednotlivých linií jsou převedena na radiometrické hodnoty

$[\mu\text{W cm}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}]$. Pro tento přepočítání jsou použity koeficienty odvozené z dat kalibračních těles snímaných na začátku a konci každé letové linie.

5.2.2 Georeferencování

Metoda georeferencování je totožná pro všechny 3 použité hyperspektrální senzory. Georeferencování se provádí metodou parametrického geokódování za pomoci dat pořízených GNSS/IMU jednotkou a digitálního modelu terénu v programu GeoCor Ver. 5.6.3. (ITRES Research Limited). V jednom kroku jsou provedeny geometrické korekce, ortorektifikace i georeferencování dat. Pro pře-vzorkování dat do souřadnicového systému je použita metoda nejbližšího souseda (nearest neighbor). Hyperspektrální data jsou georeferencována do souřadnicového systému UTM (zóna 33N, ETRS89). Z jednotlivých georeferencovaných linií jsou v programu ENVI (Harris Corporation) vytvořeny mozaiky celého pokryvu snímaných lokalit.

5.3 Mapy modelu reliéfu terénu, modelu reliéfu povrchu a modelu normalizovaných výšek povrchu

Datovým zdrojem pro vytvoření těchto modelů jsou mračna bodů nasnímaná leteckým LiDARem. Předzpracování dat spočívá ve výpočtu trajektorií letu, georeferencování a vyrovnání relativní orientace laserových linií (stripů).

5.3.1 Výpočet trajektorií

Pro výpočet trajektorií je používán software POSPac 7.1 (Applanix - a Trimble Company) a ke konverzi trajektorií software Riegl -POFImport 1.7.3 (RIEGL Laser Measurement Systems GmbH). Vstupními daty jsou GNSS zápisy v systému ETRS89 a IMU měření s frekvencí 200 HZ a výstupem je trajektorie letu v systému ETRS 89.

5.3.2 Georeferencování

Pro georeferencování laserových dat je používán následující software od společnosti RIEGL Laser Measurement System GmbH: RiPROCESS 1.8.4 – software k výpočtům urovnání ALS dat; RiWORLD 5.1.3 – software ke georeferencování ALS dat; GeoSysManager 2.0.8 – správa databáze souřadnicových systémů a projekcí.

5.3.3 Vyrovnání relativní orientace laserových stripů

Jako laserový strip jsou označována data nasnímaná v průběhu jedné letové linie. Při přímém georeferencování je v důsledku přesnosti měření GNSS/IMU jednotek patrná prostorová chyba mezi jednotlivými liniemi, kterou lze potlačit procesem relativní orientace. Vstupními daty pro urovnání laserových stripů jsou surová data z leteckého skeneru a vypočítané trajektorie letů. Data jsou načtena do softwaru RiPROCES (pro minimalizaci prostorové chyby se používá metoda nejmenších čtverců) a zpracována metodickým postupem určeným pro tento program. Nejdříve jsou vypočteny polohové a úhlové ofsety jednotlivých laserových stripů, které jsou po vzájemném vyrovnání exportovány do jednoho datového souboru (bodového mračna) pro snímanou lokalitu.

5.4 Postup zpracování mapy holého terénu, mapy výšek a mapy povrchu

V dalším se odkazujeme na skripty z balíku lastools¹ které kombinujeme s vlastními skripty v jazyce Python do kompletního zpracovatelského řetězce.

- Rozdělení zájmového území na dlaždice o velikosti 1000×1000 m (*lastile*). Tento krok je nezbytný z důvodů datové a výpočetní náročnosti. Práce s bufferovými zónami okolo dlaždic zaručuje, že při zpětném sesazení do celkové mozaiky předcházíme artefaktům na hranicích.
- Odstranění šumových bodů (*lasnoise*). Šumové body se mohou vyskytovat v mračnu nad úrovní povrchu města nebo naopak pod úrovní terénu, coby důsledek náhodných odrazů v atmosféře nebo důsledek koutových odrazů a chyb geometrické korekce. Jejich množství závisí na atmosférických podmínkách během skenování i na charakteru snímaného území. Za šumové se považují body, které se vyskytují osamoceně (neadekvátně očekávané hustotě mračna) nebo které se vyskytují příliš vysoko nad úrovní terénu či naopak pod ní. (Aproximaci terénu předpokládáme dle oficiálního zdroje DMR4g zpracovaného ČÚZKⁱⁱ.)
- Klasifikace bodů terénu. Realizováno skriptem *lasground* s nastavením pro metropoli (odpovídá předpokládanému výskytu velkoplošných budov). Po následné vizuální kontrole byla klasifikace terénu na několika místech manuálně zpřesněna. Produktem rasterizace bodů klasifikovaných jako terén je **mapa holého terénu** (v prostorovém rozlišení 1 m, hodnoty jednotlivých pixelů představují nadmořskou výšku holého terénu).
- Přepočítání Z-souřadnice bodů z nadmořské výšky na výšku nad terénem (*lasheight*).
- Rasterizace bodového mračna (*lasgrid*) s přihlédnutím pouze k nejvyšším bodům uvnitř buněk.
- Ošetření rastru speciálním vícekrokovým mediánovým filtrem s cílem zacelit mezery v povrchu budov a stromů. Výsledným produktem je **mapa výšek** (v prostorovém rozlišení 0.25 m, hodnoty jednotlivých pixelů představují výšku nad terénem).
- Sečtením mapy holého terénu a mapy výšek vzniká **mapa povrchu** (v prostorovém rozlišení 0.25 m, hodnoty jednotlivých pixelů představují nadmořskou výšku nejvyššího povrchu v daném místě).

5.5 Mapy tříd pokryvu

Pro získání mapy aktuálního stavu pokryvu v katastru města byly využity vstupy z předzpracovaných dat hyperspektrálních (HS) skenerů CASI, SASI a LiDAR (ALS). Jedná se o následující datové vrstvy:

- ALS – *výška* rastrová data v rozlišení 0.25 m, význam ... výška objektů nad terénem, zpracováno na základě bodového mračna laserového skenování pomocí skriptů *lastools*ⁱⁱⁱ a vlastních skriptů
- ALS – *amplitude, pulse width, nr of echos* rastrová data v rozlišení 0.25 m, význam veličiny popisující detailní charakteristiku odražených vln laserového skenování (síla odrazu, šířka odraženého pulzu a počet odrazů z jednoho paprsku), zpracováno na základě bodového mračna laserového skenování pomocí skriptů *lastools*, *opals*^{iv} a vlastních
- HS – *NDVI, SJSK* indexy
- rastrová data v rozlišení 0.8 / 2.0 m, význam ... vitalita vegetace odhadovaná z hodnoty typických poměrových vegetačních indexů (*NDVI*^v ... v blízké / *SJSK*^{vi} ... ve střední infračervené oblasti spektra), zpracováno v software^{vii}
- maska zájmového území rastrová binární data v rozlišení 2.0 m, zpracováno v software QGIS^{viii} (rasterizací vektorového vymezení zájmového území = katastr města + buffer 500 m)

- maska *voda* rasterová data pomocného charakteru v rozlišení 2.0 m vznikla jakou součet tří masek: a) prahování bodové hustoty mračna laserového skenování (*voda* v této vlnové délce neodráží); b) prahování hyperspektrálního kanálu ve střední infračervené oblasti (*voda* má v této vlnové délce nízkou odrazivost); c) oficiální vektorová vrstva vodních prvků DIBAVOD^{ix} dočištěná na základě našich leteckých dat

Zvolené třídy pokryvu:

1. **voda** ... výrazné vodní prvky = řeky, rybníky; drobnější vodní prvky = bazény apod., jsou-li rozlišitelné
2. přírodní povrchy s nezanedbatelnou výškou nad terénem >1m... vyšší vegetace = **stromy**, keře
3. přírodní povrchy se zanedbatelnou výškou nad terénem <1m... nízká vegetace = **trávníky**, zelená pole
4. umělé povrchy s nezanedbatelnou výškou nad terénem ... **budovy**
5. umělé povrchy se zanedbatelnou výškou nad terénem ... **silnice**, chodníky, holá půda

Postup:

1. Software eCognition = objektově orientovaná klasifikace (dlaždicové zpracování z důvodu výpočetních nároků ... jednotná pravidla, tedy bez vlivu na výsledek po mozaikování).
2. Vymezení zájmového území – maska katastru.
3. Segmentace na malé homogenní objekty s využitím všech datových vrstev.
(Poznámka: Tyto virtuální objekty nemají ambici vymezovat hranice objektů reálného světa, např. celých budov, jejich smyslem je víceméně homogenním rozložením hodnot datových vrstev umožnit zatřídění každého polygonu do cílových tříd.)
4. Klasifikace na základě vrstvy *výška* na vysoké a nízké objekty.
5. Třídění vysokých objektů na **stromy** a **budovy** na základě vrstvy *NDVI*.
6. Vymezení třídy **voda** z nízkých objektů na základě masky *voda*. Třídění zbývajících nízkých objektů na **trávníky** a **silnice** na základě vrstvy *NDVI*.
7. Reklasifikační úpravy:
 - Vyřazení z třídy **budovy**, pokud je objekt nižší než zadaný práh a prostorově méně rozlehlý než zadaný práh.
 - Přeřazení do třídy **voda**, pokud objekt sousedí s plochou vody a splňuje méně přísný práh v masce *voda*.
 - Přeřazení mezi třídami **stromy** a **budovy** na základě vrstvy *nr of echos*.
 - Zařazení neklasifikovaných drobných objektů do třídy s nejdelší společnou hranicí.
8. Export klasifikace ve formátu geotiff.

6 Kvalita ovzduší

Kvalita ovzduší obecně je do velké míry ovlivňována meteorologickými a rozptylovými podmínkami. V podmínkách České republiky jsou tyto faktory dokonce klíčové v meziroční variabilitě míry znečištění ovzduší. Mezi faktory ovlivňující míru znečištění ovzduší patří kromě již zmiňovaných meteorologických a rozptylových podmínek i množství emisí (množství znečišťujících látek emitovaných do ovzduší), sekundární reakce látek v ovzduší či výchozí stav.

Z meteorologických podmínek má na kvalitu ovzduší vliv například teplota a vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru, množství srážek, intenzita slunečního záření či například teplotní zvrstvení atmosféry. Vliv teploty vzduchu na kvalitu ovzduší nelze paušalizovat. Jak vyšší, tak

nižší teplota vzduchu totiž může mít na kvalitu ovzduší pozitivní dopad, zásadní roli zde sehrává zejména roční období.

Nepřímý vliv spočívá v závislosti intenzity vytápění na venkovní teplotě. Jelikož je lokální vytápění domácností, zejména pak vytápění ve starých kotlích na tuhá paliva (uhlí, dřevo apod.), nejvýznamnějším a u některých látek téměř výhradním zdrojem emisí, je právě intenzita vytápění velmi významným faktorem kvality ovzduší. Obecně můžeme říci, že nejhorší bývá v ČR kvalita ovzduší při velmi nízkých teplotách v zimě, popř. v kombinaci se špatnými rozptylovými podmínkami. Teplotní zvrstvení atmosféry se projevuje na kvalitě ovzduší přímo – při vzniku přízemní teplotní inverze nedochází k dostatečnému rozptylu látek ve vertikálním směru a ty se tedy kumulují u povrchu. V těchto situacích je kvalita ovzduší výrazně zhoršená. Vliv tepelného ostrova města na kvalitu ovzduší je velmi komplexní a jejich vzájemný vztah je poměrně komplikovaný. Navíc je potřeba říci, že se nejedná o vztah jednosměrný – tak jako TOM může ovlivňovat kvalitu ovzduší, může kvalita ovzduší ovlivňovat intenzitu TOM.

Vysoké koncentrace aerosolových částic v ovzduší mohou zachycovat dlouhovlnné záření a v návaznosti na to zvyšovat intenzitu TOM. Na straně druhé mohou tyto vyšší koncentrace částic v ovzduší zároveň vyvolávat ochlazování mechanismem radičního působení (radiative forcing) tak, že odráží přicházející sluneční záření zpět do atmosféry před jeho dopadem na povrch (Cao et al., 2016).

6.1 Znečišťující látky v ovzduší

Obecně můžeme říci, že koncentrace každé monitorované znečišťující látky vykazují určitý specifický roční chod. Nejvyšší koncentrace bývají pozorované v zimě (z důvodu vytápění a z důvodu častějšího výskytu zhoršených rozptylových podmínek), naopak nejnižší v létě. Výjimkou je v tomto směru přízemní ozon, jehož chod je přesně opačný – nejvyšší hodnoty jsou pozorovány v létě za horkých jasných dní, nejnižší potom v zimě při oblačném počasí.

Města jsou plynofikovaná, navíc je zde významný podíl centrálně vytápěných bytů a domů. Tento způsob vytápění představuje z pohledu kvality ovzduší výrazně lepší variantu než vytápění v individuálních kotlech na tuhá paliva. V chladné části roku tedy bývají koncentrace některých znečišťujících látek, zejména suspendovaných částic PM₁₀ a PM_{2,5} a karcinogenního benzo[*a*]pyrenu, výrazně vyšší v některých malých obcích než ve městech.

Vysoké koncentrace aerosolových částic v ovzduší mohou zachycovat dlouhovlnné záření a tím zvyšovat intenzitu TOM, zároveň však mohou tyto vyšší koncentrace částic odrážet sluneční záření, zamezit tak jeho dopadu na povrch a vyvolat efekt ochlazování. Snížením aerosolu může dojít ke snížení intenzity TOM, a to primárně v noci, zároveň je však ve hře i fakt, že snížení intenzity TOM má negativní dopad na koncentraci aerosolových znečišťujících látek v blízkosti zemského povrchu. Teplejší dny s vlnou veder v létě a chladnější dny v zimě vykazovaly větší intenzitu výskytu aerosolu.

Poměrně komplikovaný je i vztah mezi TOM a koncentrací přízemního ozónu (Ngarambe, 2021). Jak již bylo zmíněno, nejvyšších koncentrací dosahuje přízemní ozón v letních měsících, kdy bývají teploty a intenzita slunečního záření nejvyšší. V poslední době se v Evropě navíc stává problémem dálkový přenos O₃, který je umožněn prouděním vzduchu ze zdrojových oblastí v jihovýchodní Asii do Evropy a Severní Ameriky. Studii byla zjištěna pozitivní korelace mezi intenzitou TOM a koncentracemi znečišťujících látek SO₂, NO₂, PM a CO. Naopak mezi intenzitou TOM a koncentrací O₃ byla zjištěna negativní korelace – s rostoucí intenzitou TOM klesala koncentrace O₃. Bylo pozorováno, že v noci naopak došlo k poklesu koncentrace O₃, neboť ozon byl spotřebováván přítomným oxidem dusnatým.

6.2 Vztahy mezi TOM a kvalitou ovzduší

Problematika městského tepelného ostrova úzce souvisí s kvalitou ovzduší a na celou věc je nutné pohlížet komplexně. Z výše uvedeného vyplývá, že strategie zmírňování TOM by měly respektovat vzájemné interakce mezi TOM a fenoménem městského znečištění ovzduší (Urban Pollution Island, UPI). Samotný vztah mezi TOM a kvalitou ovzduší je poměrně komplikovaný a ovlivňovat se navzájem mohou jak pozitivně, tak negativně. Příkladem zmírňovací strategie TOM může být výsadba zeleně, díky které sice lze snížit intenzitu TOM, zároveň ale může dojít vzhledem ke snížené cirkulaci vzduchu a jeho omezenému promíchávání k nárůstu koncentrací NO a CO. Velmi zde záleží na konkrétním provedení opatření – například i na mezerách mezi stromy, druhu stromů apod.

Některé druhy stromů navíc produkují těkavé organické látky a přispívají tím ke tvorbě O₃. Podobně je tomu u použití vysoce odrazivých materiálů na městské povrchy – sice dochází ke snížení intenzity TOM, zároveň se však snižuje i planetární mezní vrstva (PBL) a tím dochází k nárůstu PM₁₀ a vzhledem k vyšší míře odrazu slunečních paprsků roste i koncentrace přízemního ozonu.

Případová studie vztahu mezi TOM a UPI probíhala v Berlíně (Li, 2018) v letních měsících v průběhu let 2010-2017. Bylo zjištěno, že oba jmenované fenomény, TOM a UPI, spolu interagují. Ze studie vyplývá, že zvýšená teplota vzduchu způsobená vlivem TOM snižuje míru znečištění ovzduší tím, že podporuje disperzi aerosolových částic směrem k vyšším mezním vrstvám atmosféry. Snížením intenzity TOM tedy dochází k nárůstu koncentrací PM₁₀ v blízkosti povrchu.

Problematika TOM se nevyhýbá ani naší zemi, a tak se i v rámci České republiky intenzivně zkoumá nástroj, který slouží mimo jiné k posuzování vlivu běžně zvažovaných opatření vedoucích ke zmírnění městských tepelných ostrovů na kvalitu ovzduší (Belda et al, 2021). Předmětem této studie je model Palm 6.0, pomocí něhož je simulován tok městské mezní vrstvy poblíž frekventované křižovatky v Praze. Díky aplikovanému modelu lze například sledovat vliv výsadby městské zeleně či použití vysoce odrazivých materiálů na městské povrchy na TOM a kvalitu ovzduší.

7 Metodický postup pro prevenci a mitigaci akutních dopadů tepelných ostrovů měst

Cílem této části metodiky je návrh souboru opatření k omezení možných negativních dopadů tepelných ostrovů měst. Soubor opatření se sestává z analytické části, z krátkodobých opatření, která jsou vázána na vznik krizové situace a z dlouhodobých opatření, obvykle urbanistického charakteru.

Předmětem této části metodiky je stanovení postupů pro prevenci a mitigaci akutních dopadů tepelných ostrovů (TOM), a to hlavně dopadů na zdraví obyvatel. Tato část metodiky se zaměřuje na preventivní kroky vedoucí k omezení dopadů krizových situací podporovaných TOM. Součástí je také stanovení podmínek, při nichž dochází k aktivaci nebo dalšímu rozvoji rizika. Dále tato část obsahuje možnosti reakce na vznikající krizovou situaci, možný způsob zajištění včasného varování a podklady pro zajištění individuální a kolektivní ochrany pro bezprostřední reakci ke snížení dopadů tepelných ostrovů měst.

Předpokládání uživatelé metodiky nebo jejích výstupů mohou být rozděleni do skupin:

- a) Veřejná správa a autority;
- b) Právnícké a podnikající fyzické osoby;
- c) Obyvatelstvo.

V rámci skupiny a) je vhodné využití metodiky zejména na úrovni veřejné správy, dále u IZS, zdravotnických a sociálních služeb. Tato skupina uživatelů může přímo působit na snižování negativních následků tepelných ostrovů měst či nepřímo napomáhat ke snižování rizika vzniku tepelných ostrovů měst, např. skrze územní plánování.

V rámci skupiny b) je doporučováno využití u zaměstnavatelů, neboť tito jsou dle Zákoníku práce povinni přijímat opatření ke snižování negativního ovlivňování zdraví nebo životů svých zaměstnanců. Do této skupiny uživatelů také patří další právnické či podnikající fyzické osoby vyvíjející aktivity, jež mohou mít dopad na obyvatele.

V rámci skupiny c): Opatření pro zmírnění dopadů TOM budou využitelná pro všechny skupiny obyvatelstva, avšak predispoziční a jiné faktory určitých skupin obyvatelstva (starší osoby, nemocné osoby, těhotné ženy, děti, ale i těžce pracující atd.) vyžadují tvorbu specifických adaptací pro tyto skupiny.

Vzhledem k využití kombinace prostorových aspektů, časově proměnných aspektů a zranitelnosti je možné opatření rozdělit následovně:

- Dlouhodobá opatření, např. změna v urbanistice a architektuře a zlepšení stávajícího stavu;
- Střednědobá opatření, např. tvorba systému pro včasné varování a vzdělávání; ta sice mají charakter obdobný dlouhodobým opatřením, ale ve skutečnosti obvykle slouží k vybudování připravenosti na krizové situace a ke zvyšování resilience
- Krátkodobá (akutní) opatření, např. ochrana jednotlivých osob nebo aktuální přemístění nejvíce zranitelných skupin osob do vhodného prostoru.

7.1 Fáze a kroky řešení metodiky

Metodika je rozdělena na základní fáze, které svojí posloupností umožňují uplatnění základních principů managementu rizik dle ČSN EN ISO 31001. Fáze řešení metodiky jsou sestaveny následovně:

- I) Identifikace možné hrozby a rozhodnutí o jejím řešení;
- II) Analýza hrozby a jejího prostorového rozložení;
- III) Nástroje k hodnocení hrozby včetně rozpoznání její aktivity;
- IV) Preventivní opatření
- V) Mitigační opatření

Nedílnou součástí metodiky jsou procesy kontinuálního zlepšování na základě Demingova (PDCA) cyklu¹, efektivní komunikace napříč zainteresovanými stranami a monitorování celého procesu.

7.1.1 Fáze I: Identifikace možné hrozby a rozhodnutí o jejím řešení

Jedná se o vstupní fázi, v níž dojde, nejlépe na základě konzultace s klimatologickým pracovištěm nebo zkušeností s již proběhlými vlnami veder, k rozhodnutí o potřebě řešení rizik souvisejících s TOM. Pokud je tato potřeba shledána, dojde k započetí procesu metodiky a vytvoření příslušné pracovní skupiny a jejímu vybavení potřebným mandátem. Pracovní skupina v ideálním případě zahrnuje orgány veřejné správy, urbanisty, klimatology, krizové manažery, IZS, zdravotníky a sociální pracovníky a případně další stakeholdery.

7.1.2 Fáze II: Analýza potenciální hrozby a jejího prostorového rozložení

Tato fáze je zaměřena na procesy získání a vyhodnocení dat a ke znalostně orientovanému rozhodování ve všech výše uvedených časových horizontech (Obr. 16). Zahrnuje tři typy aspektů:

- a) **Prostorové aspekty**, které jsou vázány na zvyšování nebezpečnosti tepelného stresu a jeho dopadů vyplývajících z charakteru prostředí hodnoceného místa (mikroklimatické prvky) a z klimatických podmínek v dané lokalitě. Cílem analýzy prostorových aspektů je nalezení a klasifikace prostor (oblastí) vykazujících nebezpečí svázané s projevy TOM. Nalezení zmíněných prostor (oblastí) je možné s využitím postupu v jiných částech této metodiky. Výstupem analýzy aspektů je zařídění prostor (oblastí) do kategorií charakterizujících úroveň přírůstku efektivní teploty v důsledku vytvoření TOM v episodách veder a jejich prostorové zobrazení. Tyto aspekty mají v podstatě trvalý charakter, ale TOM vytvářejí pouze v omezených časových periodách vln veder.
- b) **Aspekty expozice** jsou vázány na vystavení aktuálním účinkům tepla, kterému jsou lidé (nebo jiný zranitelný cíl, například technologie) vystaveni. Expozice je výsledkem kombinace intenzity tepla a doby působení. Intenzita působení je umocňována negativními vlivy vyplývajících z projevů TOM v určitém prostoru (oblasti), tzn. že souvisí s prostorovými aspekty, které zvyšují tepelné zatížení působící na zranitelný cíl. Aspekty vázané na čas působení vyplývají z aktuálního stavu počasí a lze se o nich poučit také z historických záznamů a predikčních modelů.
- c) Součástí aspektů expozice je předpověď blízkého počasí – 2 až 3 dny. Za účelem stanovení aspektů expozice je možné využít i varování a předpovědi vydávané ČHMÚ (zatím obsahují jediný parametr – teplotu), ale také další parametry používané v jiných zemích nebo nově vyvinuté, např. indexy tepelné zátěže, WBGT index² nebo pocitové teploty. Tyto indexy jsou chápány jako plošné pro celou městskou aglomeraci, tedy ještě nezohledňují TOM jako takový.
- d) **Zranitelnost** je vlastností cíle, na který riziko působí. Z toho důvodu se jedná o osoby, na které mohou mít tepelné účinky včetně vlivu TOM zvýšené negativní důsledky. Zranitelnost je ovlivňována aktuálním stavem jedince, hydratací, oblečením včetně pokrývky hlavy, úrovní aklimatizace, fyzickou zátěží a dalšími aspekty. Pomocným vodítkem může být Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Zranitelnost jedince je také ovlivňována predispozicemi ovlivňující předcházející faktory, např. staré nebo nemocné osoby, těhotné ženy, případně další predispozice, které by měly být zohledněny ve faktorech zmíněných výše. Vhodným, nikoliv však jediným možným, výstupem analýzy zranitelnosti je zařazení do jedné z následujících úrovní zranitelnosti: nízká (tzn. normální/běžná), střední (zvýšená), vysoká. Zranitelnost se projevuje tím, že již menší tepelný stres způsobuje negativní účinky, a proto ji lze transponovat tak, jako by pro zranitelné osoby či subjekty byla aktuální teplota vyšší, tedy jako virtuální příspěvek k teplotě.



Obr. 16 Vztah jednotlivých kritérií a požadovaného výstupu hodnocení

7.1.3 Fáze III: Nástroje k hodnocení hrozby včetně rozpoznání její aktivace

Teplota expozice t_{exp} na lokální úrovni je pak vypočteno jako:

$$t_{exp} = t_{akt} + t_{TOM} + t_{virt}$$

Ohrožení tepelným stresem je stanoveno jako kombinovaný účinek tepla expozice a vlhkosti vzduchu s použitím hodnotících kritérií ILO, WHO nebo NIOSH. Na Obr. 17 je doporučena tabulka ILO³ s vyznačenými oblastmi úrovně ohrožení danými kombinacemi tepla a vlhkosti: Tímto postupem dojde k zařazení každého hodnoceného místa do jedné ze čtyř kategorií: I - pozornost, II - velká pozornost, III - nebezpečí, IV - extrémní nebezpečí.

		Relativní vlhkost [%]														
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
Teplota vzduchu [°C]	43.3	57.8													IV - Extrémní nebezpečí	
	42.2	54.4	58.3													IV - Extrémní nebezpečí Vysoké riziko mrtvice, vysoká pravděpodobnost úžehu
	41.1	51.1	54.4	58.3												
	40	48.3	51.1	55.5	58.3											
	38.9	45.6	48.3	51.1	54.4	58.3									III - Nebezpečí	
	37.8	42.8	45.6	47.8	51.1	53.9	57.8									III - Nebezpečí Riziko úpalu, svalových křečí a/nebo vyčerpání z tepla
	36.7	40.6	42.8	45.6	47.8	50.6	53.9	56.7								
	35.6	38.3	40.6	42.8	44.4	46.7	49.4	52.6	55.6							
	34.4	36.1	37.8	39.4	41.3	43.6	45.3	48.1	51.9	53.2	57.2					II - Velká pozornost
	33.3	34.4	35.6	37.2	38.3	40.6	42.4	44.4	46.7	49.4	52.6	55.6			II - Velká pozornost Možný vznik úpalu, svalových křečí a/nebo vyčerpání z tepla	
	32.2	32.8	33.9	35.5	36.6	37.8	39.4	41.3	42.4	45.6	47.2	50.6	52.6	55.6		
	31.1	31.1	31.7	32.8	33.9	35.5	36.6	37.8	39.4	41.3	43.6	45.6	47.2	49.4		
	30	29.4	30.6	31.1	31.7	32.8	33.9	35.5	36.6	37.8	38.9	40.6	42.4	44.4	I - Pozornost	
	28.9	28.3	28.9	29.4	30.6	31.1	31.7	32.8	33.9	34.4	35.5	36.6	37.8	39.4		I - Pozornost Možný vznik únavy
	27.8	27.2	27.8	28.3	28.9	28.9	29.4	30.6	31.1	31.7	32.8	32.8	33.9	35.5		
26.6	26.7	26.7	27.2	27.2	27.8	27.8	28.3	28.9	28.9	29.4	30.6	30.6	30.6			

Obr. 17 Ohrožení při různých hodnotách relativní vlhkosti a teploty vzduchu (ILO, 2010)

7.1.4 Fáze IV: Preventivní opatření

Preventivní opatření jsou realizována převážně v období mimo vlny veder, a to v dlouhodobém nebo střednědobém předstihu. Všechna opatření, jak preventivní, tak mitigační, se dělí do

celkem 5 úrovní a zohledňuje lokální situace. Jednotlivé části města, i relativně malé, mohou spadat do různých úrovní podle prostorového rozložení TOM.

Úroveň 0 (Plánování) *Celoroční plánování pro horké počasí, ohrožení 0.* Zahrnuje především urbanistická a životnímu prostředí blízká řešení, dále pak organizační opatření. Na úrovni místních komunit by mělo docházet k plánování, jakým způsobem je možné udržet budovy a prostory v chladu (urbanistické a arboristické úpravy, zateplení domů, světlé fasády, zatahování závěsů atd.), ale také plánování zajištění léků a chladných prostor. Tyto kroky by měly probíhat zejména v období mimo aktivaci vyšších úrovní opatření. Plánování je určeno zejména pro místní orgány a služby, pečovatelské domy a nemocnice. Jeho obsahem je příprava a plánování pro zmírňování dopadů pro nejvíce ohrožené skupiny obyvatel (staří, nemocní, děti). Dlouhodobá opatření: vzdělávání obyvatel, včasné varování, plánování urbanistických změn a jejich realizace.

Úroveň 1 (Připravenost) *Realizace přípravy na horké počasí mezi 1. červnem a 15. zářím.* Aktuální ohrožení max. I. Tato úroveň opatření je nastavena pro období, kdy je možné předpokládat výskyt vln veder. Hlavním účelem je revize připravených opatření, kontrola lokalizace nejvíce ohrožených osob nebo skupiny osob, kontrola existence a dosažitelnosti plánů pro horké počasí. Na počátku období je nezbytné provést detailní kontrolu, zdali neexistují další osoby, jež by mohly při nastalé vlně veder potřebovat pomoc a že obyvatelé vědí, jak udržet sebe v bezpečí před vlnami vedra (co, kdy a jak dělat).

Úroveň 2 (Pohotovost) *Jsou předpovídaný vysoké teploty s potenciálem negativního ovlivňování zdraví osob (v příštích dvou až třech) dnech, ohrožení max. II.* Realizace kroků této úrovně je standardně vázána na vydanou předpověď ČHMÚ v rámci SIVS na nebezpečný jev „vysoké teploty“ nebo „velmi vysoké teploty“, je však doporučeno využít také zhodnocení vlhkosti a zranitelnosti. Základním předpokladem je, že obyvatelé, zaměstnanci a jiné exponované osoby mají k dispozici potřebné informace. Mezi základní činnosti patří kontrola teploty v místnostech, zajištění chladných míst a zajištění dostatečného množství studené vody (zejm. pro osoby se sklonem k dehydrataci – např. starší osoby, děti). Místní komunity by měli věnovat pozornost předpovědi, mít zajištěné léky pro nemocné, kontrolovat dostatečný chlad v domácnostech osob, a dále se pravidelně kontrolují osoby, které mohou potřebovat pomoc.

7.1.5 Fáze V: Mitigační opatření

Je-li předpokládán výskyt jevu „*extrémně vysoké teploty*“, pak se přistoupí k realizaci opatření na úrovni 3 a 4 případně zároveň, a to dle rozhodnutí příslušného orgánu veřejného zdraví nebo krizového řízení (i na lokální úrovni). Je aktivován systém včasného varování.

Úroveň 3 (Velké nebezpečí pro zranitelné) *Při dosažení limitních hodnot nebezpečí.* Realizace kroků je při dosažení limitního ohrožení na úrovni III pro běžnou populaci a/nebo IV pro zranitelné skupiny. Realizace opatření je plánována veřejnou správou, podniky, personálem pečovatelských domů, nemocnic, škol a školek, pečovatelskými službami atd. Při realizaci dochází k aktivaci připravených plánů jednotlivých institucí, udržování provozu a služeb v upraveném režimu, zaměstnanci aktivně poskytují rady na pomoc potřebným skupinám osob, rady na udržování v bezpečí a chladu, doporučení na omezení cestování, kontrola návštěv a schůzek. Mezi další kroky patří doporučení k navštěvování nebo telefonování ohroženým skupinám osob (pečovatelské služby, charity, terénní péče atd.), akceptování doporučení a činností dle plánů, opětovné zveřejňování rad a doporučení k zajištění bezpečnosti v horkém počasí. Místní komunity (nebo rodiny) by měly v pravidelných intervalech kontrolovat osoby, které potřebují pomoc. V zaměstnání se aktivuje systém přátelské kontroly – zaměstnanci na sebe vzájemně dohlížejí.

Úroveň 4 (Krizová situace) *Výskyt extrémně vysokých teplot.* Realizace kroků je plánována při dosažení kategorie nebezpečnosti IV pro běžnou populaci. Opatření jsou obdobná jako na

úrovni 3, ale platí plošně pro celou populaci. Zranitelné skupiny jsou chráněny se zvýšenou péčí, zdravotní a sociální služby posíleny.

8 Závěr

Počasi a jeho dlouholetý režim, tedy podnebí, přes veškerý technický rozvoj významně ovlivňují lidskou společnost, která naopak svými aktivitami působí na celý klimatický systém. Přes veškeré zpochybňování o vlivu našich aktivit na tvorbu počasí a podnebí, je hospodářská činnost lidstva významným klimatickým faktorem. Jak dokládají klimatologické analýzy, dynamika vývoje klimatu může mít negativní dopady nejen na přírodu, ale i na nás, obyvatele Země.

Města jsou jednoznačně výtvořky člověka. Poskytují pro své obyvatele příznivější podmínky, proto jsou také stále více vyhledávána, tedy roste nejen jejich počet, ale i velikost. Městské prostředí se však stále více liší přírodních poměrů, ve kterých probíhal vývoj člověka. Proto se projevují i negativní dopady městského prostředí. Změna klimatu se nejvíce projevuje rostoucími teplotami vzduchu, ve městech, kde je radiální bilance ovlivněna umělými povrchy jsou potom teploty vzduchu, ale i povrchů za určitých situací ještě vyšší, hovoří se o tzv. tepelný ostrov města. Na těchto částech města jsou potom negativní dopady extrémů teplot častější a intenzivnější. Proto musíme využít všechny postupy na snížení jeho tvorby, ideálně jeho výskytu zabránit.

Tato metodika přináší podklady, jakými postupy získat údaje pro vyjádření městského klimatu tak, aby ve městech bylo vhodné klima, aby se co nejvíce omezily negativní dopady meteorologických extrémů jak na obyvatele, tak na prostředí měst.

Pro kvalitní analýzu klimatu daného města je základem příprava celého procesu od popisu podnebí dané oblasti, přes podrobné seznámení s poměry ve městě a stanovení lokalit pro měření pomocí účelové sítě, rozhodnutí o dalších formách měření včetně metod dálkového snímání. Důležitá je fáze využití získaných dat a jejich zpracování až do podoby mapových podkladů. Z těchto výstupů provést analýzu rizik a možných adaptačních a mitigačních opatření. Každý takto připravený projekt musí vést odborník a mít k dispozici zacvičené pomocníky. V každém případě je třeba zvážit vazbu mezi potřebnými údaji a finančními možnostmi.

Jak je v textu zdůvodněno, pro charakteristiku městského klimatu, zvláště potom tepelného ostrova, nestačí dostupná data ze sítě klimatologických stanic ČHMÚ. V metodice jsou popsány postupy více úrovněového systému monitoringu území měst. Jistě, že je nutné vycházet z klimatologických podmínek pro oblast měst, to je základní charakteristika pro další postupy. Uvádíme, jak zajistit co nejpodrobnější údaje o meteorologických podmínkách daných různými povrchy, tedy měření účelovými stanicemi. Upozorňujeme na možnost využití meteorologických měření, které provádějí některé instituce pro své potřeby. Ale současně zdůrazňujeme nutnou podrobnou kontrolu jejich umístění, kvality měřicí techniky a dobu měření.

Dále pro plošné vyjádření teplotního pole zvláště za extrémně vysokých teplot vzduchu, tedy převážně tropických dnů, doplnit databázi údaji z měřících jízd. Tyto připravovat s využitím předpovědí počasí s pozorností zaměřenou na výskyty tlakových výší.

Letecké snímání má velkou výhodu v plošném vyjádření teplotního pole, či podkladů ve volitelných spektrech. V kombinaci s naměřenými teplotami vzduchu umožňuje podrobnější analýzu teplotních poměrů ve městě, včetně vyzařování budov a povrchů, takže lze provést komplexní vymezení nejen tepelného ostrova, ale také části města s negativními dopady.

V rámci naplnění cíle metodiky je též rozpracována oblast pro stanovení rizik zvláště v částech s tepelným ostrovem a vhodných adaptačních a mitigačních opatření. Popsány jsou postupy pro charakteristiku prostředí pomocí vhodných indexů.

Uvedený přehled obsahu této metodiky je rozsáhlý, má návaznost na další výstupy z uvedeného projektu, a to k významu zeleně v městském prostředí. Současně však uvádíme, že jsme si vědomi, že každé město je svým způsobem specifické, a že tato metodika nepokrývá celou šíři problematiky městského klimatu a možných řešení.

9 Seznam literatury

- Bednář, J. a O. Zikmunda. *Fyzika mezní vrstvy atmosféry*. Praha: Academia, 1985, 248
- Belda, M., Resler, J., Geletič, J., Krč, P., Maronga, B., Sühling, M., Kurppa, M., Kanani-Sühling, F., Fuka, V., Eben, K., Benešová, N., and Auvinen, M, 2021. Sensitivity analysis of the PALM model system 6.0 in the urban environment, *Geosci. Model Dev.*, 14, 4443–4464.
- Brázdil, R., Rožnovský, J. et al. Impacts of a potential climate change on agriculture of the Czech republic. *Národní klimatický program České republiky*, Praha ČHMÚ 1996, sv. 21, s. 146
- Cao, C., Lee, X., Liu, S., Schultz, N., Xiao, W., Zhang, M. and Zhao, L., 2016. Urban heat islands in China enhanced by haze pollution. *Nature communications*, 7(1), pp. 1-7.
- control in climatological databases (Budapest, 25. - 30. May 2008), WCDMP, WMO, 2008. p
- Dobrovolný, P., L. Řezníčková, R. Brázdil, L. Krahula, P. Zahradníček, M. Hradil, M. Doležalová, M. Šálek, P. Štěpánek, J. Rožnovský, H. Valášek, K. Kirchner a J. Kolečka. 2012, *Klima Brna. Víceúrovňová analýza městského klimatu*. Brno: Masarykova univerzita, 200 s. ISBN 978-80-210-6029-6.
- Falasca, S. and Curci, G., 2018. Impact of highly reflective materials on meteorology, PM10 and ozone in urban areas: a modeling study with WRF-CHIMERE at high resolution over Milan (Italy). *Urban Science*, 2(1), p. 18.
- Fallmann, J., Forkel, R. and Emeis, S., 2016. Secondary effects of urban heat island mitigation measures on air quality. *Atmospheric Environment*, 125, pp. 199-211.
- Chi X, Li R, Cubasch U, Cao W (2018) The thermal comfort and its changes in the 31 provincial capital cities of mainland China in the past 30 years. *Theoret Appl Climatol* 132(1):599–619
- KOLEKTIV AUTORŮ (1958): Atlas podnebí Československé republiky. Ústřední správageodézie a kartografie, Praha.
- KOLEKTIV: Podnebí ČSSR - Tabulky. HMÚ Praha 1961, 379 s.
- Kopec, R. J. (1970): Further observations of the urban heat island in a small city. *Bulletin American meteorological Society*, Vol. 51, No. 7, s. 602-606
- Li, H., Sodoudi, S., Liu, J., Tao, W., 2020. Temporal variation of urban aerosol pollution island and its relationship with urban heat island. *Atmospheric Research*, 241.
- Lipina, P., Kain, I., Židek, D. *Návod pro pozorovatele automatizovaných meteorologických stanic: Metodický předpis ČHMÚ č. 13a*. 2. upravené vydání. Praha: ČHMÚ, 2014. 96 s. ISBN 978-80-87577-34-9.
- Litschmann, T., Rožnovský, J., 2009. The incidence of heat index levels in urban areas of Brno. In: *Sustainable development and bioclimate: Reviewed Conference Proceedings*, Eds. Pribullová and Bičarová. Geophysical Institute of the Slovak Academy of Science and Slovak Bioclimatological Society of the Slovak Academy of Science, Stará Lesná, pp. 205–206. ISBN 978-80900450-1-9.

- Litschmann, T., Rožnovský, J., 2012. Zhodnocení indexu HUMIDEX na území města Brna. 20th International Poster Day Transport of Water, Chemicals and Energy in the Soil-Plant-Atmosphere System, Bratislava, 15. 11. 2012, ISBN 978-80-89139-28-6
- Meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS), ČMeS, dostupný na: <http://slovník.cmes.cz>
- Ngarambe, J., Joen, S.J., Han C., J., Yun, G.Y., 2021. Exploring the relationship between particulate matter, CO, SO₂, NO₂, O₃ and urban heat island in Seoul, Korea. *Journal of Hazardous Materials*, 403
- Oke, T.R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* 7, 769-779.
- Petrovič, Š., 1979. Klíma a bioklíma Bratislavy. VEDA, Bratislava, 272 s.
- Quitt., E. (1972): Měřicí jízdy jako jedna z cest k racionalizaci mezoklimatického výzkumu. *Meteorologické zprávy*, č. 6, s. 172-176
- Středová H., Fukalová P., Rožnovský J., 2010: Specific of temperature extremes under the conditions of urban climate. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 40, 249–261.
- Střešník, J., J. Rožnovský, P. Štěpánek a P. Zahradníček, 2014. Increase of annual and seasonal air temperatures in the Czech Republic during 1961-2010. In:
- Técher, M, Haddou, HA, Aguejdad, R. Characterization of the urban microclimate by the modelling of urban planning policies in France_ *Journal of Physics: Conference Series*, 2021
- Thom, E.C. (1959): The discomfort index. *Weatherwise* 12, s. 57 – 60
- Tolasz, R., et al. (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (CHMI), 978-80-244-1626-7 (UP).
- Tomáš, M., 2012. Letní teploty vzduchu v Olomouci v letech 2010-2011 z hlediska teplotního komfortu člověka. *Meteorologické zprávy*, Vol. 65, No. 3, s. 75–82. ISSN 0026-1173.
- Toy, s. a kol. (2007): Determination of bioclimatological comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey. *Building and Environment* 42, s. 1315 – 1318
- Widyasamratri H et al 2022 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 955 012023

**Metodika hodnocení plochy zeleně, její druhové skladby a
hodnocení stavu ve městech s cílem snížení dopadů
meteorologických extrémů**



2021

Podpořeno z Programu bezpečnostního výzkumu pro potřeby státu 2016-2021 (BV III/2 – VZ). Projekt č. VH 20202021052 (**Stanovení metod hodnocení městského klimatu, zvláště tepelného ostrova, určení postupů a návrh opatření pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na obyvatele a životní prostředí, zejména ve velkých městských aglomeracích**), doba řešení 2020-2021, Ministerstvo vnitra ČR.

OBSAH

1. Úvod	6
2. Cíl metodiky	7
3. Současný stav problematiky	7
3.1 Aplikace ekosystémového přístupu k zeleni	
3.1.1 Zelená infrastruktura	
3.1.2 Vytváření sítí	
3.1.3 Zeleň ve městě	
3.1.4 Vliv kompozice a uspořádání uličního prostoru na klima	
3.1.5 Modrá infrastruktura	
3.1.6 Koeficient zeleně	
3.1.7 Rozsah a dostupnost městské zeleně	
3.2 Hodnocení stavu zeleně	
3.2.1 Hodnocení stresových faktorů působících na dřeviny	
3.2.2 Hodnocení půdního prostředí	
4. Vlastní popis metodiky	17
4.1 Doporučení postupu plánování koncepce zeleně v rámci zvyšování odolnosti prostředí vůči působení tepelného ostrova města	
4.2 Možnost zvýšení potenciálu zelené infrastruktury v rámci strategie adaptace na změnu klimatu	
4.2.1 Vertikální vegetační prvky a zelené fasády – životní nároky a limity rostlin	
4.2.2 Etický aspekt zakládání prvků zelené infrastruktury	
4.2.3 Hodnota a rizika vzrostlých stromů a starých výsadeb v městském prostředí	
4.2.4 Hodnocení taxonů zastoupených v městské zeleni z hlediska citlivosti k působícím stresům	
4.2.5. Hodnocení půdního prostředí v městské zeleni	
5. Návrh zásad a opatření	35
5.1. Doporučený sortiment dřevin pro výsadbu do městského prostředí a kritéria pro výběr dřevin	
5.2. Doporučení pro hodnocení stavu zeleně, uspořádání výsadeb a nápravná opatření s cílem snížení efektu tepelného ostrova	
5.3 Doporučení pro optimalizaci půdního prostředí s vazbou na zakládání zeleně a nápravná opatření u stávající zeleně	
6. Ekonomické aspekty	48
7. Seznam použité související literatury	48

Seznam tabulek

Tab. 1: Potenciál hrozby stromu – kategorizace	27
Tab. 2: Míra společenského rizika jednotlivých stromů	28
Tab. 3: Hodnocení půdního druhu při orientačním stanovení (Vokoun a kol. 2002)	31
Tab. 4: Parametry kvality a referenční hodnoty městské půdy	33
Tab. 5: Doporučené taxony dřevin	36
Tab. 6: Přehled doporučených preventivních a nápravných opatření - zeleň	44
Tab. 7: Přehled doporučených preventivních a nápravných opatření - půda	45

Seznam obrázků

Obr. 1: Park Žižkovy sady, Hradec Králové – kladný příklad zelené infrastruktury	9
Obr. 2: Prvky zeleně propojené do funkční sítě	10
Obr. 3: Moderní řešení veřejného prostranství s vodní plochou – Campus Park Brno	12
Obr. 4: Stresové faktory působící na dřeviny v městském prostředí (Upraveno dle: Czaja et al., 2020)	14
Obr. 5: Funkční propojení šedé infrastruktury se zelenou. Travnatý tramvajový pás v ulici Nové Sady v Brně, plnící řadu funkcí: klimatickou, hygienickou (tlumení hluku) a estetickou	20
Obr. 6: Dešťový záhon Brno – Nový Lískovec	21
Obr. 7: Pnoucí růže na konstrukci vytvářející vertikální zeleň v omezeném prostoru a zároveň zabraňují přehřívání zdi, ke které jsou přichyceny	22
Obr. 8: V hůře udržovatelném terénu lze využít popínavé rostliny (<i>Parthenocissus</i> sp., <i>Hedera helix</i>), které se aktivně přichytávají podkladu příčepivými kořeny, nebo terčíky a tím zabezpečují i funkci zpevňovací	22
Obr. 9: Hradec Králové – nevyhovující podmínky pro zdárný růst dřevin	23
Obr. 10: Brno, park Lužánky – vyhovující podmínky pro zdárný růst dřevin	24
Obr. 11: Stromy jírovce ošetřené injektáží vůči klíněnce jírovcové, vpravo se nachází jedinec, u kterého nebyl injektovaný roztok dřevinou přijat – pozitivní příklad péče o vzrostlé dřeviny	25
Obr. 12: Schéma analýzy rizika hrozby stromů	26
Obr. 13: Trojúhelníkový diagram pro určení zrnitostních tříd podle NRSCS-USDA	31
Obr. 14: Grafické zobrazení optimálních fyzikálních a chemických parametrů půdy	34
Obr. 15: Ukázka porovnání referenčních a naměřených parametrů u vybraných stanovišť	34

Kolektiv autorů:

Salaš Petr; Burg Patrik; Žallmannová Eva; Burgová Jana; Mašán Vladimír; Danihelka Pavel; Drobiličová Irena; Čížková Alice; Vlk Radoslav; Borowiecki Ondřej

Autoři textů metodiky:

Mendelova univerzita v Brně, Zahradnická fakulta se sídlem v Lednici

doc. Dr. Ing. Petr Salaš
prof. Ing. Patrik Burg, Ph.D.
Ing. Eva Žallmannová, Ph.D.
Ing. Jana Burgová, Ph.D.
Ing. Vladimír Mašán, Ph.D.
Irena Drobiličová
Ing. Alice Čížková
Mgr. Radoslav Vlk, Ph.D.
Ing. Ondřej Borowiecki

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., Praha, regionální kancelář Ostrava
prof. RNDr. Pavel Danihelka, CSc.

Fotodokumentace a obrazový materiál: autorský kolektiv (není-li uvedeno jinak)

Certifikace:

Číslo jednací: MZP/2022/020/21
Datum certifikace metodiky: 17.1.2022
Uživatel metodiky: Ministerstvo životního prostředí

1. Úvod

Městské prostředí je charakteristické vysokým podílem zastavěných ploch, vysokým podílem umělých povrchových materiálů a často nedostatečným množstvím zelených ploch. Tento stav se pak negativním způsobem promítá do změn v mikroklimatu a celkově vede ke zhoršení tepelné pohody ve venkovním městském prostoru. Tepelný stres obyvatel může zvyšovat jejich nemocnost a úmrtnost zejména u starších osob. Tyto extrémny jsou více patrné v rámci výskytu, v poslední době stále čtenějších vlnách veder. Je potřeba vyvinout účinnou strategii pro zmírňování dopadů městského tepelného ostrova na obyvatele. Tato metodika se zaměřuje na zmírňování tepelného ostrova města pomocí zeleně. Jenom zdravá a plně funkční zeleň může působit na ochlazování městského prostředí. Správnou optimalizací designu zeleně je možné dosáhnout co největšího „chladícího“ účinku i v těch nejexponovanějších místech veřejného prostoru.

Předpokládá se, že metodika bude standardně uplatňována pro oblast územního plánování, pro potřeby projektové přípravy a realizaci výsadeb městské zeleně a dále při rozhodování dotčených orgánů veřejné správy, včetně zapracování částí textu metodiky do vyhlášek a krizové dokumentace. Metodika svým dílem přispívá k prevenci negativních dopadů krizových situací, způsobených například extrémně vysokými teplotami či nárazy větru, vydatnými srážkami či jinými krizovými jevy.

Konkrétními relevantními uživateli metodiky budou zejména:

- úřady vykonávající státní správu v odvětví ochrany životního prostředí (MŽP a MV)
- poskytovatelé dotací na realizaci výsadeb (krajské úřady, SFŽP ČR)
- samosprávné orgány obcí, měst a krajů
- zpracovatelé rozptylových studií
- zpracovatelé posouzení vlivů na životní prostředí (EIA, SEA)
- projektanti vegetačních úprav
- projektanti staveb dopravní infrastruktury
- žadatelé o dotace na realizaci výsadeb vegetace podél komunikací
- zprostředkovatelé dotací z fondů EU a z národních zdrojů
- subjekty zajišťující výsadby a správu zeleně

2. Cíl metodiky

Cílem metodiky je zpracovat soubor vzájemně provázaných metodických postupů a doporučení (zásad) respektujících nároky a požadavky vysazované a vzrostlé zeleně v městském prostředí, z hlediska jejich optimalizace, při současné minimalizaci negativních vlivů, vedoucích k zabezpečení plné funkčnosti této zeleně (včetně vlivu na snižování teploty v okolním prostředí zeleně).

3. Současný stav problematiky

3.1 Aplikace ekosystémového přístupu k městské zeleni

Lidstvo se ve stále intenzivnější míře přesunuje z venkovských oblastí do měst, přesto však naše přežití stále závisí na přírodě.

Ekosystém je funkční soustava živých a neživých složek životního prostředí, jež jsou navzájem spojeny výměnou látek, tokem energie a předáváním informací a které se vzájemně ovlivňují a vyvíjejí v určitém prostoru a čase (§ 3 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí). Ekosystém je obecně každá soustava, v níž je přítomen alespoň jeden živý prvek.

Ekosystémové služby jsou výhody, které lidská populace získává z ekosystémů (Bolund et Hunhammar, 1999). Dle Koncepce environmentální bezpečnosti 2021-2030 s výhledem do roku 2050 (MŽP, 2020) ekosystémové služby zahrnují ekologické a ostatní přírodní procesy, které poskytují člověku prokazatelné přínosy, např. potrava, voda, čistý vzduch, energie, bezpečné útočiště apod. V případě, že bezpečnost ekosystému je ohrožena až na hranici přijatelné míry rizika, může dojít ke vzniku krizové situace. Podle Evropské komise (EK, 2016) mohou ekosystémové služby kromě **zajišťujících funkcí** (např. poskytování potravy, čistého vzduchu, surovin) poskytovat i funkce **regulující** (regulace vody a klimatu, oběh živin, opylování, vznik úrodných půd), nebo **kulturní** (příležitosti k rekreaci, inspirace přírodou, atd.). Přírodní ekosystémy jsou zároveň multifunkční – poskytují širokou škálu služeb najednou. Rozsah a přísun těchto výhod závisí do velké míry na biodiverzitě a celkovém stavu ekosystému.

Města jsou závislá na ekosystémech, které se nachází mimo jejich hranice, využívají však také výhod, poskytovaných ekosystémy přítomnými přímo v urbanizovaném prostoru, v intravilánech měst.

Udržování a podpora ekosystémových služeb je významnou součástí adaptace na měnící se klima, mimo jiné vhodným plánováním a úpravou urbanizovaného prostředí s cílem zajištění zdraví a kvality života obyvatel.

V prostředí měst se mohou nacházet velmi pestré soubory ekosystémů různých typů. Nejčastěji se jedná o uliční zeleň, především různé typy alejí a stromořadí, parky, travnaté plochy, městské lesy, obdělávaná půda (například enklávy zahrádek v městských zahrádkových koloniích, které jsou v řadě českých a moravských měst přítomny i přímo v intravilánu, často i v bezprostřední blízkosti historického centra (např. Žlutý kopec v Brně), dále vodní plochy, mokřady a vodní toky. Relativně novým prvkem, který však rapidně získává na oblíbenosti a rozšířenosti, jsou zelené střechy.

Tyto systémy generují celou řadu ekosystémových služeb, zejména filtraci a zachytávání pevných částic ze vzduchu, regulace mikroklimatu, snižování hlučnosti, zachycování a retence srážkové vody, filtrace odpadních vod kořenovými systémy, a v neposlední řadě poskytování rekreační funkce, kulturních a estetických hodnot. Ekosystémové služby generované ekosystémy v daném místě mají zásadní vliv na kvalitu života ve městě a v urbanizovaném prostředí obecně.

Současným trendem rozvoje měst je intenzivní úsilí o zvýšení udržitelnosti na všech úrovních, mimo jiné podporou „chytrých“ řešení, tedy schopnosti využívat pokročilých technologií a zdrojů inteligentním a integrovaným způsobem pro dosažení společensky a ekologicky udržitelného ekonomického růstu. Transformace městského prostředí směrem k urbánním ekosystémům se prosazuje jako praktické řešení spojující aspekt „chytrosti“ a udržitelnosti v rámci současného trendu vytváření smart city – chytrého města.

Zaměření na obyvatele a rozvoj zelené infrastruktury jsou klíčovými hodnotami kýžené „chytrosti“ měst, o jejíž dosažení usilují současné trendy v urbanismu a územním plánování.

3.1.1 Zelená infrastruktura

Zelená infrastruktura je síť přírodních a přírodě blízkých prvků společně s dalšími prvky prostředí, která je **výsledkem strategického plánování a péče** směřované k zajištění široké škály ekosystémových služeb, jako jsou např. čistá voda a vzduch, prostor pro rekreaci, zmírňování dopadů klimatu. Tato síť zelených (terestrických) a modrých (vodních) prvků zlepšuje podmínky životního prostředí a tím také zdraví a kvalitu života obyvatel. Zelená infrastruktura podporuje zelenou ekonomiku, vytváří pracovní příležitosti a zvyšuje biodiverzitu (Evropská komise, 2016).

Termín zelená infrastruktura se používá od poloviny devadesátých let minulého století a svůj původ má v USA (Firehock, 2010). Samotný koncept, že ekosystémy by měly být považovány za infrastrukturu, je znám již od osmdesátých let minulého století (da Silva a Wheeler, 2017).

Zelená infrastruktura je multifunkční (Evropská komise, 2016). Tento multifunkční charakter znamená, že zelená infrastruktura dodává řadu služeb a uspokojuje širokou škálu potřeb. Typy zelené infrastruktury potřebné pro dané místo závisí na potřebách lidí a životního prostředí v konkrétním místě, např. v centrech měst je potřebný prostor pro kulturní (rekreace) a klimatické služby (snižování efektu tepelných ostrovů, řízení odtoku srážkových vod, apod.).



Obr. 1: Park Žižkovy sady, Hradec Králové – kladný příklad zelené infrastruktury

3.1.2 Vytváření sítí

Významným aspektem uplatnění ekosystémového přístupu pro zlepšení životních podmínek ve městech je vytváření sítí. Síť zdravých a dobře fungujících ekosystémů totiž představuje ekonomickou alternativu k tradiční „šedé“ infrastruktuře (komunikace, cyklostezky, železnice, atd.) a nabízí tak výhody jak pro obyvatele měst, tak pro životní prostředí. Je to i jeden z důvodů, proč EU podporuje implementaci řešení založených na přirozené zelené a modré infrastruktuře.

Princip vytváření sítí se významně uplatňuje i v zelené infrastruktuře města – jednotlivé typy prvků zeleně (parky, stromořadí, travnaté plochy) jsou významně efektivnější v poskytování ekosystémových služeb, než ostrůvkovitě rozmístěná zeleň bez vzájemného propojení. Prvky zeleně propojené do funkční sítě generují žádoucí synergii a tvoří základ zdravého města.

Prvky městské zeleně propojené do sítě:

- příznivě regulují klima
- vytvářejí zdravé prostředí pro život obyvatel
- poskytují životní nebo migrační prostor pro živé organismy a zajišťují tak zachování a podporu biologické rozmanitosti
- vytvářejí příležitosti pro sport a rekreaci i bez speciálních ploch sportovišť
- zlepšují prostupnost města pro pěší a cyklisty
- zvyšují celkovou atraktivitu místa (a tím i významně ovlivňují hodnotu nemovitostí)
- zvyšují celkovou kvalitu života ve městě

Díky dobře propojené síti zeleně se intravilán města může stát funkční součástí územního systému ekologické stability. Je proto velmi důležité, aby se při vytváření územních a rozvojových plánů počítalo s přesahem přes hranice dané obce. Aby byly sítě zelené infrastruktury funkční částí územních systémů ekologické stability (ÚSES), musí být plánovány a vytvářeny nezávisle na administrativních hranicích.



Obr. 2: Prvky zeleně propojené do funkční sítě

3.1.3 Zeleň ve městě

Dřeviny, především stromy, hrají významnou roli v zajištění udržitelnosti našich měst. Vegetační prvky zahrnující taxony správně zvolené, vhodně vzhledem ke svému umístění, správně založené a dobře udržované, poskytují řadu služeb, včetně stínu, zlepšování kvality vzduchu, útočiště a životního prostoru pro živočišné druhy, zmírňování dopadů vlivů klimatu, zachytávání a retence srážkové vody, atd. V neposlední řadě také mají vliv na zvýšení estetiky a celkové kvality prostoru města, který je jinak tvořen tvrdými povrchy a umělými materiály městského prostředí.

Životní podmínky dřevin v městském prostředí se značně liší od podmínek volné krajiny a zahrad. Vegetační prvky ve městech jsou vystaveny působení řady stresorů. Rostliny na ně reagují různou mírou a strategiemi adaptace. S přihlédnutím k této skutečnosti je proto výběr druhů dřevin, které jsou schopny prosperovat v náročných podmínkách městských ulic, omezený oproti zakládání výsadeb ve volné krajině. Hlavními determinujícími limity výběru taxonů je vyšší teplota a nižší relativní vzdušná vlhkost, znečištění ovzduší a vlivy dopravy, vodní deficit, kdy srážková voda z většiny zpevněných ploch odtéká bez využití do kanalizace, zhutněná půda s narušeným vodním a vzdušným režimem, obecným nedostatkem živin a minerálů. Na vegetační prvky ve městech dále negativně působí psí moč, v zimním období posypová sůl, úniky pohonných hmot a mechanické poškození parkujícími automobily.

Chronickým problémem je absence dostatečného prokořenitelného prostoru, případně prostoru pro správný rozvoj architektury koruny s mnoha důsledky v podobě předčasného úhynu dřeviny, nutnosti časté nákladné údržby při snižování estetické a ekologické hodnoty, atd. K vyjmenovaným nárokům se dále připojují další specifické požadavky na zeleň ve městě, kde na rozdíl od volné krajiny působí problémy i mnohé přirozené životní projevy rostlin, například kvetení (potenciální alergenita), tvorba plodů (zvýšené nároky na úklid ulice, vábení bodavého hmyzu, znečišťování až poškozování majetku, zaparkovaných vozidel apod. padajícími těžšími plody).

3.1.4 Vliv kompozice a uspořádání uličního prostoru na klima

Životní podmínky stromů v městském prostředí do značné míry ovlivňuje také prostorové uspořádání ulic a volných prostranství, které jsou jejich životním prostředím. Stromy jako prvky zelené infrastruktury plní řadu ekosystémových služeb.

V reakci na působící stres se dřeviny různými způsoby adaptují, často na úkor jejich estetické a ekologické kvality, což se projevuje v potřebě zvýšené intenzity údržby, nutnosti zavádění nákladných zmírňujících opatření, provozně i finančně náročných péstebních zásahů, atd. Výsledkem je snížená vitalita dřevin vedoucí k jejich předčasnému úhynu a tedy přerušení dodávky služeb, které jako součást ekosystému poskytovaly. K výpadku zajištění ekosystémových služeb dochází také při aplikaci radikálních péstebních zásahů (např. hlavový řez, sesazování korun např. u topolů a lip, udržování tvaru pyramidálních kultivarů, výměna částí nebo celých stromořadí, apod.).

V uličním prostoru moderních velkoměst s výškovými budovami je často vytvářen efekt tzv. uličního kaňonu (z angl. *urban canyon*). Budovy zde omezují proudění vzduchu a tím i rozptyl pevných částic emisí z dopravy (Yuhan Huang *et al.*, 2021).

Změnu vzorců proudění vzduchu v urbanizovaném prostředí vyvolává také zahušťování zástavby budováním nových bloků a technických struktur v intravilánu města (Erlwein *et al.*, 2020). Zahušťování výstavby je přitom jedním ze současných urbanistických trendů cílících na omezení rozšiřování plochy zástavby na úkor volné krajiny a volné půdy. Ačkoli mají oba zmíněné jevy závažný dopad na kvalitu ovzduší a zdraví obyvatel, bývají v projektech i plánovacích dokumentech přehlíženy.

Integrace prvků zelené infrastruktury do uličního prostoru je jednou ze strategií snižování negativních dopadů zástavby, včetně zmíněného kaňonového efektu, nicméně i na dřeviny má, společně se změnou uspořádání prostoru zahušťováním zástavby, negativní dopad jako důsledek současného působení různých stresorů. Dřeviny vystavené působení efektu uličního kaňonu jsou více zatíženy stresem, v jehož důsledku více trpí chorobami a snižuje se jejich kapacita efektivně ochlazovat prostor ve svém bezprostředním okolí. Vliv na potenciál evapotranspirace dřevin má v neposlední řadě i zastínění okolními budovami (Morakinyo *et al.*, 2020).

Erlwein *et al.* (2020) uvádí, že zelená infrastruktura má potenciál kompenzovat negativní působení efektů zástavby na denní tepelný komfort v ulicích, avšak nikoli dopady na přísun proudícího chladného vzduchu (z angl. CAVF - Cold Air Volume Flow), který intravilány měst ochlazuje především v nočních hodinách za předpokladu přítomnosti ploch, které mají ochlazující efekt (vodní plochy, rozsáhlejší plochy zeleně, lesní porosty, trvalé travní porosty jak v intravilánu, tak v extravilánu). CAVF ovlivňuje především zahušťování zástavby, zvláště zvyšování výšky městských budov. K ventilaci a ochlazení městských ulic dochází v noci, kdy ohřátý vzduch z ulic stoupá a je nahrazován chladným vzduchem proudícím z míst o nižší teplotě. Zahušťování a zvyšování zástavby vytváří překážku této účinné ventilaci a naopak podporuje vznik tepelného ostrova. Zelená infrastruktura, především stromořadí, parky a skupinové výsadby vzrostlých stromů, má potenciál kompenzovat tento nežádoucí efekt a umožňují zachovat cyklus nočního zchlazování center měst, ve dne pak účinně zchlazují vzduch ve svém bezprostředním okolí. Tato problematika je podrobněji řešena v metodice s názvem „Metodika hodnocení výskytu tepelného ostrova ve městech“.

Také vegetační střechy a zelené fasády, ač netvoří stín, mají v městském prostoru nezanedbatelný význam – oproti strukturám a povrchům z pevných materiálů mají totiž nižší povrchovou teplotu a přispívají k celkovému ochlazení povrchů ve svém okolí.

3.1.5 Modrá infrastruktura

Stále větší důraz se klade také význam a funkce vodních prvků a vodních ploch v městské zástavbě, analogicky k pojmu zelená infrastruktura zahrnovaných pod tzv. modrou infrastrukturu. Součástí modré infrastruktury jsou veškeré vodní prvky přítomné v intravilánu města, a to jak přírodní (řeky, potoky, jezera, mokřady, nivní zóny vodních toků) tak umělé (vodní kanály, náhony, veškeré umělé nádrže včetně rybníků a požárních nádrží, zařízení pro úpravu vody, atd. K modré infrastruktuře náleží také systémy zachycující a zadržující dešťovou vodu (svody, rezervoáry, závlahové systémy), jakož i vodní prvky s estetickou, uměleckou a historickou hodnotou (fontány, kašny, uliční pítka, pumpy, apod.).



Obr. 3: Moderní řešení veřejného prostranství s vodní plochou – Campus Park Brno

Systematicky rozvíjená a udržovaná modrá infrastruktura v součinnosti se zelenou infrastrukturou působí synergicky a přispívá ke zvyšování kvality života ve městech, podílí se na spoluvytváření typického obrazu místa, genia loci a jedinečné atmosféry jednotlivých měst. Vodní prvky mají svou nezastupitelnou hodnotu zejména v historických centrech měst, stále častěji se však uplatňují také v nové zástavbě včetně kancelářských komplexů. Architektonická řešení veřejných ploch zahrnující vodní prvky s mělkými nádržemi a mokřady se stávají stále více preferovanou alternativou k řešením využívajícím pouze šedou infrastrukturu.

3.1.6 Koeficient zeleně

V územně-plánovacích podkladech koeficient zeleně (KZ) vyjadřuje poměr mezi započítatelnými plochami zeleně (zeleň na rostlém terénu, zeleň nad podzemními konstrukcemi) a plochou pozemku. Např. při KZ 0,4 zastavitelné plochy pozemku vůči ploše, která musí zůstat nezastavěná, může v rámci realizace stavebního projektu dojít k zastavění 60 % plochy, přičemž 40 % plochy musí zůstat nezastavěných a plnit funkci zeleně. Koeficienty zeleně si města / obecní samosprávy stanovují individuálně na základě místních podmínek a potřeb, liší se také pro jednotlivé typy pozemky dle jejich účelu. Např. u pozemků určených k zastavění rodinným domem bývá KZ zpravidla ve výši okolo 0,6 u větších pozemků okolo 0,80. V centrech měst se KZ určuje individuálně, přičemž nezáleží na typu zastavěné plochy (dům, garáž, příjezdová cesta).

3.1.7 Rozsah a dostupnost městské zeleně

Moderní města tvoří kompaktní strukturu s převahou zástavby a množstvím různých funkcí. Zeleň, jako významný prvek této struktury, přispívá k formování funkčního designu měst podporujících využitelnost a zejména udržitelnost ekosystémových služeb. (Russo *et al.*, 2018). Pro kompaktní město je typická vysoká hustota zástavby a pestrý mix funkčních ploch s dostatkem prostoru ponechaným pro přírodní prvky a rekreaci. Světová zdravotnická organizace (WHO, 2012) doporučuje jako ideální rozsah plochy městské zeleně 50 m² na obyvatele a zároveň stanovuje 9 m² na osobu jako naprosté minimum nezbytné k zajištění kvality života obyvatel.

Dostupnost zeleně a její snadná dosažitelnost významně souvisí se zdravím obyvatel a řadou socio-demografických faktorů, jako je spokojenost obyvatel, délka dožití a podobně (WHO, 2016).

3.2 Hodnocení stavu zeleně

K hodnocení stavu zeleně se může přistupovat z několika různých hledisek. Hodnocení může probíhat posuzováním všech vegetačních prvků daného stanoviště, nebo pouze u vybraných (například pouze u stromů). Hodnocení stavu zeleně může probíhat na stávajících porostech buď přímým měřením vybraných parametrů, či jejich vizuálním posouzením. Často se v rámci hodnocení přistupuje k modelování organizace zeleně, která by mohla vést k zvýšení účinnosti funkce zeleně na daném místě (Mirzaei, 2017; Park *et al.*, 2021).

V současné době se hodnotí zeleň většinou z pohledu hodnocení kvalitativních a souvisejících atributů zeleně, jako jsou například základní dendrometrické údaje, vitalita, zdravotní stav, stabilita, provozní bezpečnost, fyziologické stáří, sadovnická hodnota apod., které jsou poté podkladem pro stanovení zejména další péče o tuto zeleň (Kolařík *et al.*, 2018).

Z pohledu snižování teploty v městském prostoru v důsledku přítomnosti zeleně se hodnotí její schopnost vytvářet stín (ve vazbě na velikost dřevin, listy), zachycovat dlouhovlnné a krátkovlnné záření, podíl na evapotranspiraci, snižování povrchové teploty ale i její plošné a druhové zastoupení v daném prostoru (Venhari *et al.*, 2017).

3.2.1 Hodnocení stresových faktorů působících na dřeviny

Městské prostředí se liší od přirozených ekologických nároků dřevin, které vyžadují pro svůj zdárný růst. Často je to prostředí, které je významně změněné a stává se pro dřeviny stresujícím. Stresované dřeviny posléze trpí různými poškozeními a nemocemi (hniloby, zlomy apod.), které z počátku mohou vykazovat pouze omezení plnění některých funkcí zeleně, jako je například estetická, ale při dlouhodobě trvajícím stresu, nebo intenzivním působení některých stresových faktorů dřevina může způsobovat významné problémy v rámci její provozní bezpečnosti, a mohou vést až jejich zániku (Lüttge a Buckeridge, 2020). Nejvíce exponované dřeviny vystavené stresovým podmínkám lze nalézt v husté zástavbě a v blízkosti komunikací. Životnost těchto dřevin je podstatně kratší než u dřevin, které se nacházejí v okolní přírodě, na perifériích města nebo v městských parcích (Czaja *et al.*, 2020).

Stresové faktory (viz. Obr. 4) na dřeviny v městském prostředí působí jak přes nadzemní částí dřevin, tak i přes jejich kořeny. Jejich stav tak může sloužit jako ukazatel podmínek prostředí, ve kterém se nacházejí.



Obr. 4: Stresové faktory působící na dřeviny v městském prostředí (Upraveno dle: Czaja *et al.*, 2020)

3.2.2 Hodnocení půdního prostředí

Půda je významnou složkou prostředí, místem přeměny, filtrace a ukládání mnoha látek, vody, živin a uhlíku. Půda udržuje rostoucí populaci, která ve stále větším měřítku osídluje města (FAO and ITPS, 2015). V důsledku toho dochází k neustálému rozšiřování měst a záboru příměstské půdy, což v konečném důsledku vede k jejímu úplnému odstranění nebo přeměně na urbánní (městskou) půdu.

Výzkum městských půd představuje v posledních letech velmi aktuální téma (De Kimpe a Morel, 2000; Madrid *et al.*, 2004; Murray *et al.*, 2004). Certini a Scalenghe (2011) označují současnou lidskou činnost spojenou s vlivy na půdní prostředí za éru antropocenu. Mnoho zemí vytváří a rozvíjí klasifikační systémy pro hodnocení antropogenních půd. Jedná se však o rozdílné systémy s odlišnými koncepty klasifikace, terminologické a nomenklaturní nekonzistence, což ztěžuje studium těchto půd.

Pojem „městská půda“ byl poprvé představen Bockheimem (1974) jako materiál, u něhož došlo k narušení a přemístění činností člověka a používá se jako médium pro růst rostlin. Sobocká (2003) klasifikuje „městské půdy“ jako půdy vyskytující se ve městech, v průmyslových, dopravních, těžebních a vojenských oblastech. Další autoři např. Greinert (2015), Shaw (2015) považují průzkum a mapování městských půd za složitý úkol, protože lidská činnost sehrává při distribuci zemin a mateřských substrátů významnou roli se silným dopadem na pedogenetické procesy.

U antropogenních půd většinou dominuje minerální materiál překrytý kompostovanými organickými látkami (Rejšek, 2012). Dle Pejchala (2008) se jedná o pedologickou kategorii definovatelnou jako nevyvinuté půdní substráty na recentních útvarech všech druhů a typů.

V kontextu městského prostředí potenciálně poskytují antropogenní půdy stejné ekosystémové služby jako ostatní půdy, výrazně však dominuje jejich role v oblasti fyzické podpory při rozvoji infrastruktur (Grimm *et al.*, 2008). Městské půdy jsou důležité pro regulaci mikroklima tím, že poskytují stín a umožňují infiltraci a odpařování vody (Bowler *et al.*, 2010). Navíc zlepšují kvalitu ovzduší (Janhäll, 2015), zabraňují povodním tím, že snižují odtok povrchové vody (Bolund a Hunhammar, 1999), ukládají značné množství půdního organického uhlíku (Edmondson *et al.*, 2012) apod.

Ve většině případů dochází u městských půd k vážnému narušení jejich základních funkcí spojených zejména s produkcí biomasy, ochranou biodiverzity a sekvestrací uhlíku. V podmínkách dynamického městského prostředí závisí využití půdy v zásadě na poloze lokality a procesech její kontinuální reorganizace (výstavba budov a infrastruktury, aj.). Orniční horizonty jsou zde činností člověka často narušovány, míseny, odstraňovány, nebo nahrazovány alochtonními materiály (Nuisl *et al.*, 2009; Nehls *et al.*, 2013). V důsledku toho mají městské půdy vysoce variabilní a proměnlivou kvalitu s projevy četných forem degradace (Evropská agentura pro životní prostředí, 2011).

Městské půdy jsou vystaveny nepřetržitému hromadění kontaminantů, které mohou pocházet z lokalizovaných nebo rozptýlených zdrojů (Biasoli *et al.*, 2006). Hlavními zdroji znečištění městských sídel jsou průmyslové emise, doprava, spalování fosilních paliv a odpad z průmyslové a rezidenční činnosti.

Vedle kontaminace městských půd ovlivňují negativním způsobem jejich vlastnosti degradační procesy. Jejich nejčastější příčiny vznikají v důsledku chůze a pojezdů

motorových vozidel po jejich povrchu. Proces pedokompakce narušuje půdní pórovitost. Skládání materiálů a cílené hutnění ploch při výstavbě infrastruktury omezuje výměnu plynů, infiltrační procesy, činnost půdních mikroorganismů, rozklad organických látek (Balder, 1998; Gaertig, 2007).

U městských půd se na rozdíl od půd v přirozených podmínkách, výrazně projevuje rozdílné zásobení živinami. V nedostatečném množství bývá zastoupen K a Mg, zatímco P a Ca jsou zastoupeny v nadbytku. Podíl vápenité sutě, malty, popele a strusky ze stavební činnosti často vede ke zvyšování hodnoty pH. Nadbytek vápenatých iontů v půdním roztoku omezuje příjem ostatních kationtů. Vysoké pH zhoršuje příjem stopových prvků např. Fe, Cu a Mn (Balder, 1998; Endlicher, 2012). Zpevnění ploch plnicích zejména komunikační funkce (chodníky, vozovky, parkoviště aj.) a jejich údržba (odstranění rostlinných zbytků, prachových částic aj.) vede k omezení přísunu organické hmoty do půdy, což je doprovázeno snížením biodiverzity půdního edafonu. Dalším problémem je přítomnost těžkých kovů, které se do půdy dostávají transportními emisními toky v důsledku antropogenní činnosti (Piczak *et al.*, 2003) a znečišťující organické látky (Wang *et al.*, 2012).

Proces urbanizace významně mění funkce městských půd. Ty se přesouvají z oblasti produkční do oblastí environmentální. Ve městech jsou v této souvislosti vysoce ceněny „zelené plochy“, z nichž především parky a výsadby pouličních stromů vytvářejí v městském prostředí zajímavé a dynamické veřejné prostory. Primární účel pouličních stromů se za posledních 30 let změnil z estetických funkcí na funkce spojené s poskytováním služeb, které zlepšují kvalitu ovzduší, snižují teplotu a poskytují příjemné prostředí pro jejich obyvatele apod. (Sobocká, 2006). Řádné plnění těchto funkcí však v řadě měst není plně realizovatelné, protože je růst stromů v uličních stromořadích často omezen řadou kritických problémů, které nevytváří rostlinám vhodné stanovištní podmínky. Mezi zelení a prostředím, kde jsou vysazovány a kde rostou, existují složité vzájemné interakce.

Ve městech je stále obtížnější vytvořit a udržet kvalitativní systém zeleně kvůli vysoké hustotě budov, rostoucímu objemu dopravy a zvyšující se hustotě zalidnění. Fyziologická a vizuální kvalita zeleně je ovlivněna komplexní interakcí mnoha faktorů prostředí, jako jsou např. mikroklima, půdní podmínky, znečištění ovzduší, biotické faktory atd. (Craul, 1999).

Ekologie půdy a koloběh živin v městských zelených oblastech se mění z důvodu turbulence půdy, zhutnění a znečištění. Chemické složení půdy a odpovídající přísun živin jsou velmi důležité faktory pro normální růst a vývoj rostlin. Rovněž existují různé požadavky na obsah živin pro různé druhy rostlin (Rinçis a Ramane, 1989, Sobocká *et al.*, 2004).

Mezi charakteristické vlastnosti městských půd patří vysoká objemová hmotnost půdy, nízký obsah organické hmoty, špatná struktura, vysoké pH, nízká retenční kapacita, snížená stabilita půdních agregátů, nedostatečná mikrobiální aktivita a často omezený objem půdy pro růst kořenů (Jim, 1998; Scharenbroch *et al.*, 2005).

Nevyhovující půdní podmínky přispívají v komplexu s řadou dalších faktorů (teplotní stres, nedostatek vody, znečištění....) k omezení růstu a často až zaschnutí městské zeleně, které v prvních dvou letech od výsadby činí až 35% (Nowak *et al.*, 1990). Nejnovější výzkumní poznatky naznačují, že půda ovlivňuje růst zeleně až z 70% (Layman *et al.*, 2016).

4. Vlastní popis metodiky

Sběr informací, průzkumné a experimentální práce

V rámci práce na projektu „Stanovení metod hodnocení městského klimatu, zvláště tepelného ostrova, určení postupů a návrh opatření pro omezení negativních dopadů meteorologických extrémů na obyvatele a životní prostředí, zejména ve velkých městských aglomeracích.“ byla provedena analýza vybraných prvků zeleně ve třech modelových městech: ve Znojmě, Brně a v Hradci Králové. Předložená metodika demonstruje možný postup při analýze a hodnocení stavu zelené infrastruktury města.

Důraz byl kladen na posouzení jednotlivých aspektů stavu a kvality prvků zelené infrastruktury. Hodnoceny byly následující aspekty městských ploch zeleně:

- Funkce prvku zeleně
- Typ pěstební substrátu
- Přítomnost závlahy a dalších pěstebních systémů
- Kompozice
- Zastoupené vegetační prvky (solitérní stromy, stromořadí, keřové skupiny)
- Stresory působící na vegetační prvky
- Přehled zastoupených taxonů
- Zdravotní stav dřevin
- Stav travnatých ploch
- Kvalita půdního prostředí.

V rámci metodiky byl vypracován přehled potenciálně vhodných taxonů, které stres v městském prostředí snášejí relativně dobře a i při omezených podmínkách jsou schopny kvalitní existence na stanovišti a dlouhodobého poskytování ekosystémových služeb.

4.1 Doporučení postupu plánování koncepce zeleně v rámci zvyšování odolnosti prostředí vůči působení tepelného ostrova města

V rámci plánování budoucí podoby intravilánů sídel, ale i jiných urbanizovaných ploch (např. průmyslových areálů, kancelářských a nákupních zón apod.) je základem provedení analýzy konkrétní lokality – identifikace stávajících městských ekosystémů, jejich stavu a fungování, jakož i ekosystémových služeb, které v prostředí daného sídla generují.

Změnou nebo úpravou kompozice a prostorového uspořádání prvků městské zeleně lze relativně snadno dosáhnout vzájemného propojení různých ekosystémových služeb a tím i žádoucí synergie.

V prostředí našich měst je již nyní přítomna celá řada různých typů urbánních ekosystémů. Mnohé z nich jsou ve vzájemné interakci a vytvářejí žádoucí synergie (regulace klimatu, příznivý vliv na čistotu ovzduší, zvyšování celkové atraktivity prostředí), velké množství jich však vzniká nekoncepčně, bez návaznosti na ekosystémy v jejich blízkosti, případně se jim nedostává údržby nezbytné k jejich rozvoji a dlouhodobé udržitelnosti; tím se snižuje jak jejich životnost, tak i funkčnost v rámci města jako celku.

Relativně malá velikost prvků městské zeleně umožňuje velmi detailní plánování a realizaci úprav vedoucích ke zmírnění dopadů změny klimatu a celkového zvýšení kvality života i v malém měřítku jednotlivých ulic, veřejných prostranství a obytných bloků.

1. / Analýza stávajících ekosystémů v místě

- identifikace a klasifikace jednotlivých ekosystémů přítomných ve městě
- posouzení, zda jsou přítomny všechny typy ekosystémů – žádoucí je zastoupení všech typů, tj.:
 - uliční zeleň
 - parky
 - travnaté plochy
 - zelené střechy
 - městské lesy
 - obdělávaná půda (včetně mikro zahrádek, komunitních zahrad, apod.)
 - vodní plochy a mokřady
 - vodní toky
- vyhodnocení chybějících typů ekosystémů, případně typů, které jsou potlačeny na úkor jiných – v českých městech to typicky bývají vodní prvky všech typů
 - doporučení rozšíření ploch zeleně ve městě o chybějící typy
 - identifikace vhodných lokalit pro vytvoření nových ploch zeleně
 - zapracování návrhu do rozvojových plánů
 - při zadávání a výběru projektů klást velký důraz na zajištění dlouhodobé udržitelnosti nově zakládaných prvků zeleně a kvalitní údržby (závlaha, infrastruktura umožňující bezpečný přístup a péči, atd.)
 - realizace – v průběhu realizace důraz na zabezpečení základních životních potřeb vegetačních prvků (dostatečný prokořenitelný prostor pro stromy a keře, kvalitní substrát, ochrana proti působení stresorů)

2. / Identifikace služeb poskytovaných místními ekosystémy

- zajišťující ekosystémové služby
- regulující ekosystémové služby
- kulturní ekosystémové služby

V případě absence nebo nedostatečného zastoupení některé z kategorií ekosystémových služeb: vypracování analýzy možností vytvoření příležitostí pro doplnění těchto služeb (rozšiřování ploch zeleně, rozšiřování vodních ploch, zvyšování podílu zeleně, zvyšování pestrosti druhové skladby výsadeb, apod.)

3. / Analýza stavu prvků městské zeleně

- inventarizace kvantitativních a kvalitativních indikátorů (počet, plocha, stav dřevin)
- zhodnocení zdravotního stavu stromových a keřových vegetačních prvků, identifikace škůdců a chorob
 - návrh pěstebních opatření (kácení, řez, zmlazení, výměna, dosadba, specializovaný arboristický zásah, atd.)

- posouzení vhodnosti použitých taxonů v daných podmínkách (odolnost vůči suchu, schopnost regenerace)
 - v případě chronicky zhoršeného stavu dřevin návrh výměny za odolnější taxony
- zhodnocení prostorového uspořádání a kompozice
 - estetické působení, atraktivnost prvků zeleně
 - návrh péstebních opatření na zvýšení atraktivity a vizuálního dopadu
 - funkčnost kompozice z hlediska vlivu na klima
- zhodnocení stavu travnatých ploch
 - při nepříznivém stavu návrh opatření ke zlepšení stavu
 - rekonstrukce nebo výměna trávníku
 - změna druhové skladby (např. na vysušných, sešlapávaných plochách doplnění odolnějších výběžkatých druhů trav, apod.)
 - analýza stávající intenzity a frekvence údržby, případně úprava
 - v intenzivně zatěžovaných plochách instalace závlahového systému napojeného na prvky modré infrastruktury (využívání srážkové vody)
- zhodnocení celkového stavu a technických prvků, návrh opatření k nápravě nevyhovujícího stavu
 - stav chodníků
 - stav závlahových systémů
 - stav ochranných prvků (závlahové vaky, obrubníky, krycí mříže, opěrné prvky pro popínavé rostliny,
 - celkový stav údržby a hygieny prostranství a pobytových prvků, návrh opatření k nápravě nevyhovujícího stavu

4. / Analýza sítě zelené infrastruktury

- identifikace a inventarizace prvků a ploch zeleně
- analýza a vyhodnocení návaznosti prvků – zda tvoří spojitou síť
- identifikace problémových míst s absencí prvků zelené infrastruktury
- návrh doplnění městské sítě zelené infrastruktury do spojitého funkčního celku
- analýza návaznosti městské sítě zelené infrastruktury na regionální síť územního systému ekologické stability
- návrh napojení městské sítě zelené infrastruktury na síť ÚSES tak, aby došlo k propojení jednotlivých prvků zelené infrastruktury a ÚSES do celku funkčního v regionálním i nadregionálním měřítku

4.2 Možnost zvýšení potenciálu zelené infrastruktury v rámci strategie adaptace na změnu klimatu

Součástí strategie adaptace na změnu klimatu je cílené začleňování zelené infrastruktury do střednědobých a dlouhodobých strategií urbanistického plánování.

Podrobně zpracovanou strategii adaptace na změnu klimatu má například Mnichov (Landeshauptstadt München, 2016). Její součástí je definice standardů pro plochy zeleně s cílem rozsah ploch zeleně v intravilánu, například cíleným ozeleňováním rovných střech o ploše větší než 100 m², zakládání zelených střech na garážích, vjezdech do podzemních parkovacích prostor a stanovení minimálních požadavků na výsadbu stromů ve městě (Landeshauptstadt München, 2011).

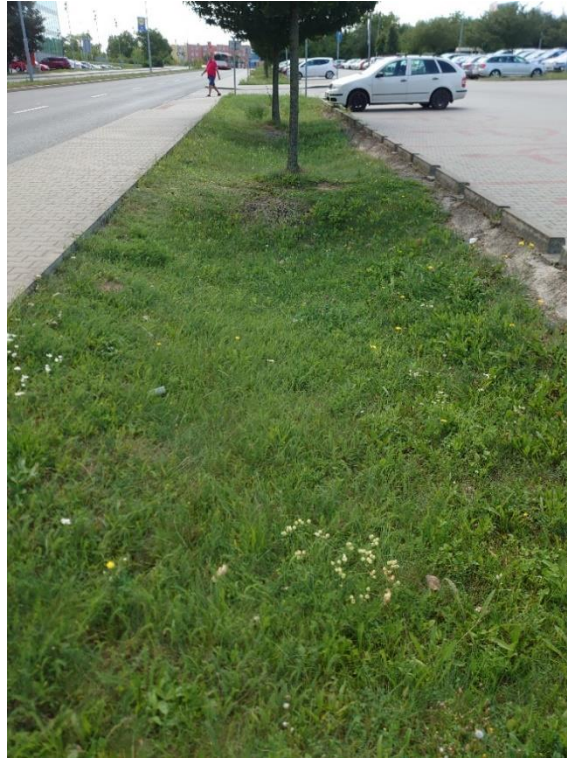
Smyslem je vytváření ploch, které mají schopnost příznivě ovlivňovat klima, tj. přispívat k lokálnímu zchlazování a zvyšování vzdušné vlhkosti v intravilánu. Kromě rozšiřování stávajících ploch zeleně a zakládání nových to zahrnuje úpravu stávající šedé infrastruktury cíleným ozeleňováním.

Mezi možné strategie rozšiřování zelené infrastruktury v místech s již vybudovanou infrastrukturou šedou patří:

- ozeleňování rovných střech a střech s malým sklonem
- při budování struktur zastřešených projektovat střechu na vegetační pokryv
- povrchová úprava parkovacích a odstavných ploch vegetačními rošty nebo tvarovkami
- úprava fasád vertikálními vegetačními prvky pro popínavé rostliny (podrobněji dále)
- zaměření na modrou infrastrukturu – při budování nových projektů a rekonstrukci stávajících vytvářet prvky zachytávající a využívající srážkovou vodu (podzemní jímky napojené na systémy závlah, tzv. dešťové záhony, tj. prohlubně ve zpevněném povrchu vyplněné substrátem a osázené směsí bylin a trav, případně keřů; princip dešťového záhonu lze využít při úpravě středových dělicích pásů a krajnic vozovky, chodníků a komunikací obecně, kruhových objezdů, atd.



Obr. 5: Funkční propojení šedé infrastruktury se zelenou. Travnatý tramvajový pás v ulici Nové Sady v Brně, plníci řadu funkcí: klimatickou, hygienickou (tlumení hluku) a estetickou



Obr. 6: Dešťový záhon Brno – Nový Lískovec

4.2.1 Vertikální vegetační prvky a zelené fasády – životní nároky a limity rostlin

Nezbytný vhodný povrch umožňující uchycení rostlin, tj. zdrsňený povrch s výstupky pro rostliny s příčepivými terčíky a kořínky – *Hedera helix*, *Parthenocissus* sp., vytváření konstrukcí pro ovíjivé a šplhavé druhy rostlin – *Lonicera* sp., *Rosa* sp., *Clematis* sp. a další vhodné taxony.



Obr. 7: Pnocí růže na konstrukci vytvářející vertikální zeleň v omezeném prostoru a zároveň zabraňují přehřívání zdi, ke které jsou přichyceny



Obr. 8: V hůře udržovatelném terénu lze využít popínavé rostliny (*Parthenocissus* sp., *Hedera helix*), které se aktivně přichytávají podkladu přičepivými kořeny, nebo terčíky a tím zabezpečují i funkci zpevňovací

4.2.2 Etický aspekt zakládání prvků zelené infrastruktury

Každá rostlina je živý organismus schopný plnohodnotného života pouze jako součást ekosystému, tj. při zajištění základních podmínek pro život a přítomnosti dalších součástí ekosystému.

Zakládání vegetačních prvků bez vytvoření vhodných podmínek pro dlouhodobý život rostlin je neetické a ve svém důsledku také naprosto neekonomické.

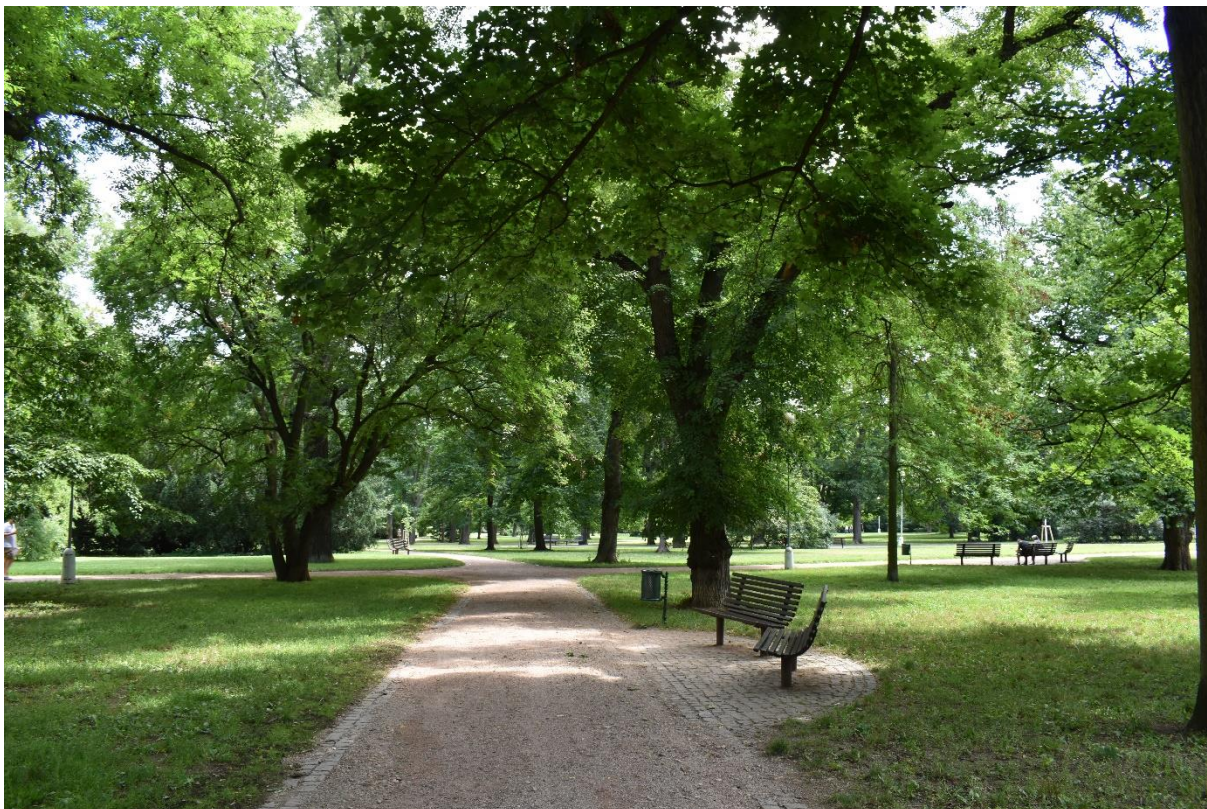
Vegetační prvek v městském prostředí má potenciál plnit celou řadu funkcí a poskytovat širokou škálu služeb, často však bývají jeho možnosti omezeny jen na plnění funkce estetické.

Typickým příkladem nevhodné praxe jsou dlouhověké dřeviny vysazované do velikostně i funkčně zcela nevyhovujících nádob, kde po výsadbě, i při zajištění zálivky a doplňování živin, dřevina jen chřadne, než je vyměněna za novou, esteticky atraktivnější.

Stabilního fungování a poskytování služeb v rámci ekosystému jsou rostliny schopny pouze tehdy, jsou-li jejich základní životní potřeby (prostor, voda, světlo, živiny) zajištěny dlouhodobě.



Obr. 9: Hradec Králové – nevyhovující podmínky pro zdárný růst dřevin



Obr. 10: Brno, park Lužánky – vyhovující podmínky pro zdárný růst dřevin

4.2.3 Hodnota a rizika vzrostlých stromů a starých výsadeb v městském prostředí

Díky obrovské listové ploše a evapotranspiračnímu výkonu se vzrostlé stromy zásadním způsobem podílejí na regulaci klimatu v intravilánech měst. V tomto ohledu představují obrovskou hodnotu i stromy velmi staré, ač mnohdy trpí různými chorobami a v důsledku toho mohou být i esteticky méně atraktivní než nové výsadby. Podle některých studií (např. Erlwein *et al.*, 2020) trvá až 50 let, než nové výsadby začnou plnit funkci regulace klimatu a zcela převz mou funkci vzrostlých stromů. Péče o staré stromy a jejich zachování má tedy z hlediska vlivu na klima zásadní význam a představuje smysluplnou investici s dlouhodobým dopadem na kvalitu života ve městě.



Obr. 11: Stromy jírovce ošetřené injektáží vůči klíněnce jírovcové, vpravo se nachází jedinec, u kterého nebyl injektovaný roztok dřevinou přijat – pozitivní příklad péče o vzrostlé dřeviny

Na druhou stranu stromy vzbuzují obavy tím, že se mohou zřítit na lidi pod nimi či na cenné objekty a způsobit tak škody na zdraví, lidských životech nebo materiálních hodnotách. Toto riziko roste v místech zasažených tepelným ostrovem města (TOM), kde mohou být stromy oslabeny nebo poškozeny. To vede k potřebě systému analýzy a hodnocení rizika pádu stromů, který bude splňovat řadu požadavků: dostatečnou rozlišovací schopnost různých úrovní stavu stromu z hlediska rizik, mít co nejvíce objektivní, kontrolovatelný a reprodukovatelný postup analýzy, využitelnost dat získaných pro jiné účely (např. pro údržbu stromů ve městě), nalezení vazby mezi lokalitou stromu a ohroženou populací atd.

Použitá východiska a metody práce

Účelem metodiky je analýza společenských rizik způsobených potenciálním pádem stromu nebo jeho částí v městské aglomeraci. Metodika respektuje následující požadavky:

- Využívá principy analytické části normy ČSN EN ISO 31 000 „Management rizik“ a v současnosti platná paradigmatu teorie analýzy rizik
- Metodika je transparentní, použité algoritmy budou otevřeně popsány
- Má možnost využívat data existující v digitalizované podobě a periodicky aktualizovaná kontrolovaným procesem, včetně datových souborů GIS
- Metodika je semikvantitativní, pracuje s indexy jednotlivých vlastností, typicky na pěti úrovních a je flexibilní; v případě potřeby změny požadovaných hodnot ji lze snadno a transparentně modifikovat
- Metodika poskytne podklady pro následné řízení rizik, tedy provedení příslušných korektivních akcí nebo plánování dalších aktivit, např. periodické kontroly.

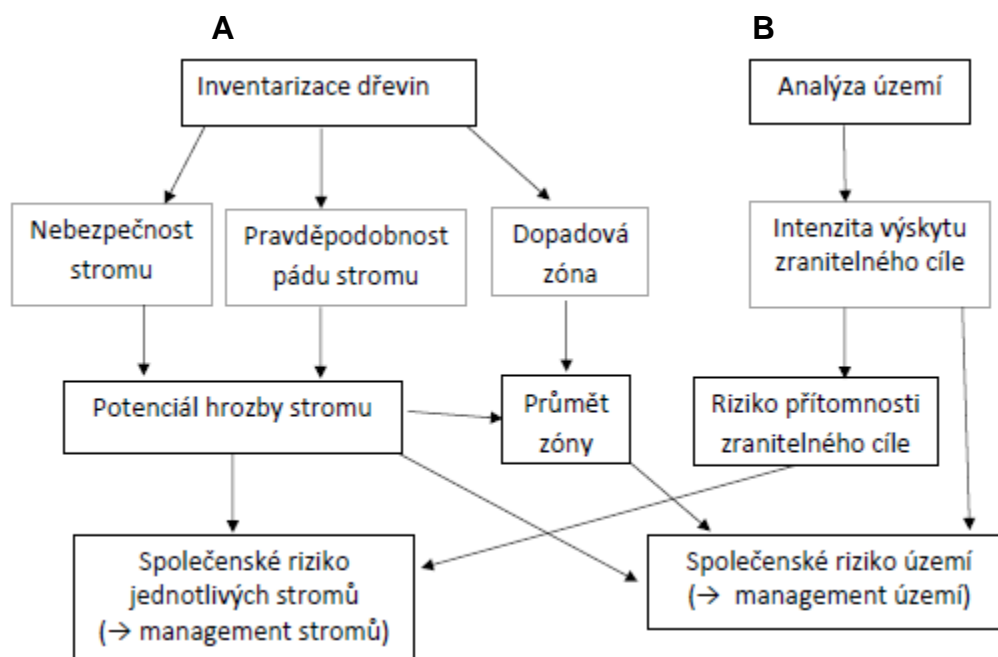
Postup analýzy rizik

Analýza rizik vychází z teorie rizik, tedy postupně ze stanovení nebezpečí, dále pak zhodnocení subjektů, které mohou být nebezpečím ohroženy, následně míry, do jaké by mohlo ohrožení poškozovat cíl a pravděpodobnosti, že dojde ke koincidenci aktivace hrozby (pádu stromu) a přítomnosti zranitelného cíle a tudíž k jeho poškození.

Metodika vychází ze dvou analytických částí, A a B:

- A) Potenciál hrozby stromů** – analýza je zaměřena na vyhodnocení vlastností stromu z hlediska velikosti nebezpečí, které strom reprezentuje; to závisí od velikosti stromu a od celkového stavu (kondice) stromu
- B) Riziko přítomnosti zranitelného cíle** (subjektu, objektu). Tato část je zaměřena na vyhodnocení prostředí, ve kterém se strom nachází, v souvislosti s intenzitou výskytu zranitelného cíle. Tímto cílem mohou být různé hodnoty, např. materiální nebo kulturní statky, infrastruktura atd., avšak jednoznačně nejvýznamnějším jsou lidské zdraví a životy.

Celkový postup v základní podobě ukazuje následující schéma:



Obr. 12: Schéma analýzy rizika hrozby stromů

Jednotlivé kroky analýzy pak využívají následující pravidla:

Hrozba pádu stromu:

Hrozba pádu stromů vyplývá ze dvou faktorů, které musí být oba přítomny, a to a) z nebezpečí, což je potenciální energie dané hmotností větví a kmene a jejich umístěním ve výšce nad zemí, a b) z možnosti pádu, tedy pravděpodobnosti zlomení nebo vyvrácení stromu (obecně „selhání“) díky jeho špatnému stavu ve formě snížené pevnosti buď bezprostřední, nebo očekávatelné v krátké době. Ze zmíněných dvou faktorů vyplývají dva využitě indexy, a to index nebezpečnosti stromu (N) a index pravděpodobnosti selhání stromu (P). Indexy N a P představují vstupní hodnoty pro

vyhodnocení potenciálu hrozby stromu. V procesu analýzy jsou hodnoceny samostatně a ve výsledku spojeny.

Nebezpečnost stromu N je potenciální energie stromu daná jeho hmotou umístěnou ve výšce, která by mohla v případě selhání způsobit škody. Na základě kombinace těchto hodnot pak lze stromy podle nebezpečnosti zařadit do pěti kategorií od zanedbatelné po velmi vysokou nebezpečnost.

Pravděpodobnost selhání stromu P je šance, že dojde k pádu alespoň části stromu v důsledku nepříznivých charakteristik jeho celkového stavu. Určující jsou statická stabilita, zdravotní stav a vitalita, ale také stres způsobený TOM. Hodnoty atributů jsou určeny podle metodiky hodnocení dřevin k inventarizaci dřevin a také pravděpodobnost selhání je kategorizována do pěti úrovní.

Hrozba stromů závisí od velikosti obou indexů, N i P, a na jejich kombinaci. Čím vyšší je nebezpečnost a pravděpodobnost selhání (pádu) stromu, tím vyšší je i hrozba. To vede k vytvoření vztahové matice, podle které se pak celková hrozba individuálního stromu zařadí do jedné z pěti kategorií:

Tab. 1: Potenciál hrozby stromu – kategorizace

Kategorie	Charakteristika stromu a hrozby, kterou tvoří	Výsledná hodnota v matici
zanedbatelný potenciál	strom je malý, lehký a stabilní, nelze očekávat jeho pád a i kdyby k němu došlo, neohrozí vážně lidi ve svém okolí	1
nízký potenciál	strom je středně velký až velký, ale dostatečně stabilní a zdravý. Vyvrácen nebo zlomen může být pouze za zcela výjimečných podmínek	2
střední potenciál	strom je velký až velmi velký, za normálních okolností nelze očekávat pád, nelze však tento vyloučit za extrémního počasí nebo při existenci skryté vady či nemoci	3
vysoký potenciál	strom velkých rozměrů s výrazným poškozením, dostatečně masivní na to, aby vážně ohrozil lidský život nebo zdraví	4
velmi vysoký potenciál	hrozí bezprostřední selhání velkého rozsahu, strom velkých rozměrů velmi silně poškozený, může v krátké době spadnout celý nebo se ulomit velká větev; může ohrozit život lidí i majetek	5

Potenciál hrozby stromů lze promítnout do území v mapových podkladech; při respektování vysoké úrovně bezpečnosti byl využit jeden a půl násobek výšky stromu jako potenciální místo dopadu.

Stanovení rizika přítomnosti zranitelného cíle

Pro riziko musí kromě zdroje nebezpečí existovat také cíl, který může být nebezpečím zasažen a je natolik zranitelný, že bude poškozen. Jedná se především o lidské zdraví, svůj význam má i majetek a funkce infrastruktury. Celkově je pak velikost rizika dána pravděpodobností, že budou zranitelné cíle (např. lidé) právě v okamžiku nehody na místě pádu stromu. Stanovení rizika je tak prostorovou úlohou, kdy různá místa ve

městě mají různou frekvenci výskytu lidí, což musí být zohledněno. Frekvence (intenzita) výskytu lidí závisí od jejich výskytu/pohybu kolem různých zdrojů (např. veřejná prostranství, školy, školky, veřejné budovy, zastávky MHD atd.). Jednotlivé zdroje jsou samostatně vyhodnoceny pomocí modelového nastavení a následně kombinovány podle reálného rozmístění v území. Výsledkem jsou hodnoty pravděpodobnosti výskytu lidí/zranitelného cíle v relativních číslech. Pro potřeby analýzy rizik jsou hodnoty výskytu lidí rozděleny do 5 stupňů intenzity výskytu, dle kterých je území modelu rozčleněno na zóny intenzity výskytu zranitelného cíle.

Doporučuje se pro stanovení rizika přítomnosti zranitelného cíle rozdělení území do 5 stupňů, vhodných k využití pro řízení rizik, tedy s důrazem na jemnější rozdělení u vyšších rizik. Navrhované dělení je: 6 % (nejvyšší riziko) – 10 % – 15 % – 25 % – 44 % (nejnižší riziko) z celkové analyzované plochy; tuto volbu lze modifikovat, doporučuje se však zachovat spíše geometrickou řadu. Flexibilita spočívá v tom, že příslušné rozdělení lze provést automaticky v informačním systému, a tedy i pružně aktualizovat.

Do výsledného modelu intenzity výskytu zranitelného cíle se promítnou dopadové zóny stromů (1,5 násobek výšky stromu) a z jejich průniku získá každý strom příslušnou hodnotu intenzity výskytu zranitelného cíle.

Výsledné zhodnocení a grafická prezentace rizik

Míra společenského rizika jednotlivých stromů je stanovena za pomoci kombinace potenciálu hrozby stromu a pravděpodobnosti výskytu zranitelného cíle. Pro hodnocení je využívána standardní matice rizik. Dle výsledků matice je každý hodnocený strom zařazený do jednoho z pěti stupňů společenského rizika 1 – 5:

Tab. 2: Míra společenského rizika jednotlivých stromů

Stupeň rizika	Charakteristika společenského rizika stromů	Výsledná hodnota v matici
zanedbatelné riziko	stromy ve vyhovujícím stavu, se zanedbatelným potenciálem hrozby, umístění téměř není rozhodující	1
nízké riziko	stromy dostatečně stabilní, s nízkým potenciálem hrozby, s výskytem ve všech zónách území	2
střední riziko	stromy s vysokým potenciálem hrozby v málo frekventovaném území, stromy se středním potenciálem hrozby v území s vyšší intenzitou výskytu zranitelného cíle	3
vysoké riziko	stromy v nevyhovujícím stavu, s vysokým potenciálem hrozby, vyžadující opatření k řešení, v případě přechování na stanovišti vyžadují častou kontrolu	4
velmi vysoké riziko	nebezpečné stromy v území s vysokou nebo velmi vysokou intenzitou výskytu zranitelného cíle, řešení je nutné v nejbližším možném termínu	5

Získaná data umožňují vytváření map v geografických informačních systémech, přičemž pro management rizik lze vytvářet dva rozdílné typy map. První je mapa společenského rizika jednotlivých stromů, kde míra jejich rizika je zobrazena barvou bodu jejich umístění. Druhou pak tvoří mapa společenského rizika v území, kde

výsledkem je plošné rozdělení území s ohledem na přítomnost rizika pádu stromů, jeho velikosti a dosahu padajícího stromu. Obě mapy pak lze superpozicí vhodně kombinovat.

Závěry - využití pro management rizik stromů a území

Management rizik stromů je primárním cílem metodiky a měl by být upřednostňován před managementem rizik území, protože se jedná o opatření dlouhodobějšího charakteru s větší účinností. Je zaměřen na opatření ke snížení potenciálu hrozby stromu s využitím speciálních opatření navržených dle odborného posouzení a k omezení možnosti vzniku situace, při níž by se stav stromu zhoršil pod přijatelnou úroveň v období mezi kontrolami.

Prioritně je management rizik realizován u velmi vysokého rizika ošetřením stromu (pokácení, zpevnění, seříznutí...), u ostatních stupňů rizika pak je kromě ošetření stromu možno použít i nastavení periody kontroly, např. příští kontrola v době 1, 3, 5 a 10 let.

Management území je zaměřen na řešení rizik v zónách území s vysokým a velmi vysokým rizikem způsobeným přítomností stromu s vysokým potenciálem hrozby. Je určen pro časově omezené situace, kdy vnější vlivy, obvykle extrémní meteorologické podmínky (extrémní vítr, podmáčení, námraza atd.) zvyšují okamžitý potenciál pádu stromu, který ještě nebyl dostatečně ošetřen. Management území spočívá například v omezení přístupu do ohrožených zón nebo v poskytnutí informace obyvatelům, která území mají zvýšené riziko a že je doporučeno pobyt v nich minimalizovat. Data získaná v rámci této analýzy mají potenciál dalšího využití v rámci koncepce systému sídelní zeleně, ale také pro jiné bezpečnostní analýzy a pro další formy bezpečnostního plánování a managementu rizik.

4.2.4 Hodnocení taxonů zastoupených v městské zeleni z hlediska citlivosti k působícím stresům

Kromě vizuálního posouzení (viz kap. 4.1) je možné ke sledování citlivosti dřevin vůči působícím stresovým faktorům využít specializované průzkumy za pomoci přístrojové techniky. V dnešní době je na trhu dostupná řada přenosných přístrojů, jejichž pomocí lze nedestruktivním způsobem zkoumat strukturu a funkci fotosyntetického aparátu rostlin (fluorescence chlorofylu, obsah chlorofylu v listech apod.), jakož i fyziologické reakce rostlin vůči vodnímu stresu (průduchová vodivost, transpirace, vodní potenciál, dendrometrie, termografie apod.) (Rolando a Little, 2003; Sepúlveda a Johnstone, 2019; Meineke a Frank, 2018, Alizadeh *et al.*, 2021).

Na základě těchto přímých měření lze kvantifikovat úroveň stresového faktoru a doporučit případné nápravné opatření.

4.2.5 Hodnocení půdního prostředí v městské zeleni

S přímou vazbou na městskou zeleň představuje půda jednu z nejvýznamnějších složek městského prostředí. Právě nevyhovující kvalita půdy může být základním limitujícím faktorem pro její optimální využití a růst rostlin. V důsledku častého narušení městských půd proto existuje značný zájem vedoucí k nápravě a zlepšení jejich vlastností a funkcí, které odpovídají potřebám zeleně (Cogger, 2005; Sloan *et al.*, 2012).

Z uvedených důvodů je nezbytné hledání metod umožňujících rychlé a snadné posouzení kvality městských půd. Hodnocení kvality městské půdy je zásadní pro identifikaci změn v půdních zdrojích a jejich potenciálu pro rostlinnou vegetaci. Vlastnosti městské půdy jsou vedle přírodních faktorů ovlivňovány hlavně antropogenní činností. Všechny tyto faktory působí společně v různých prostorových a časových měřítcích. K hlavním rysům městských půd patří vysoká prostorová heterogenita jejich fyzikálních a chemických vlastností (Béchet *et al.*, 2009; 2018). Hlavním úkolem při návrhu a uplatnění nových metod pro hodnocení kvality městských půd by primárně mělo být stanovení jejich fyzikálních a chemických vlastností, sekundárně i biologických vlastností půd (Blanchart *et al.*, 2018).

V současnosti jsou hledány, navrhovány a implementovány rozdílné metody a systémy klasifikace městských půd, vycházející z rozdílných předpokladů a respektující různé vlastnosti (Bouzouidja *et al.*, 2021). Správné pochopení a interpretace půdních vlastností (fyzikálních, chemických a biologických) je velmi komplikované. V oblasti vědy a výzkumu, i provozní praxe proto vzrůstá zájem po tvorbě jednoduchých klasifikačních systémů. Např. Blanchart *et al.* (2018) navrhl systém založený na použití omezeného počtu indikátorů (souboru parametrů vyplývajících z měření a výpočtů), použití popisného seznamu indikátorů vyjadřujících fungování půdy, integraci vertikální a horizontální heterogenity městské půdy a použití adekvátního systému hodnocení pro každý ze zvolených indikátorů.

Zjednodušené systémy hodnocení vlastností městských půd jsou zajímavé, protože je možné je v praxi snadno implementovat, na druhou stranu však mohou mít i celou řadu omezení.

Hlavním cílem navržené zjednodušené metodiky je identifikace vybraných fyzikálních a chemických parametrů městských půd s přímou vazbou na městskou zeleň. Metodika by měla být snadno přenositelným nástrojem podpory rozhodování pro správné plánování a udržitelné hospodaření s půdními zdroji ve městech.

Data použitá pro potřeby této metodiky vycházejí z údajů doposud publikovaných prací i z řady vlastních realizovaných měření. I přes skutečnost, že jsou městské půdy silně ovlivněny přírodními a antropickými faktory (např. emise z vozidel, průmyslové odpady, kaly z odpadních vod, zbytky ze stavební činnosti a další antropické materiály) je hodnocení parametrů městské půdy provedeno za předpokladu, že lze jejich vlastnosti interpretovat obdobným způsobem jako vlastnosti zemědělských půd.

Byl sestaven soubor parametrů fyzikálních - objemová hmotnost redukovaná (OHR), penetrometrický odpor (PO), celková pórovitost (CP), koeficient strukturnosti (KS), hydraulická nasycená vodivost (HNV) a chemických – obsah celkového dusíku (N), fosforu (P), draslíku (K), vápníku (Ca), hořčíku (Mg) a obsahu humusu (OH), pH půdy umožňujících interpretaci vlastností městských půd s vazbou na městskou zeleň a s možností následného přijetí nápravných opatření.

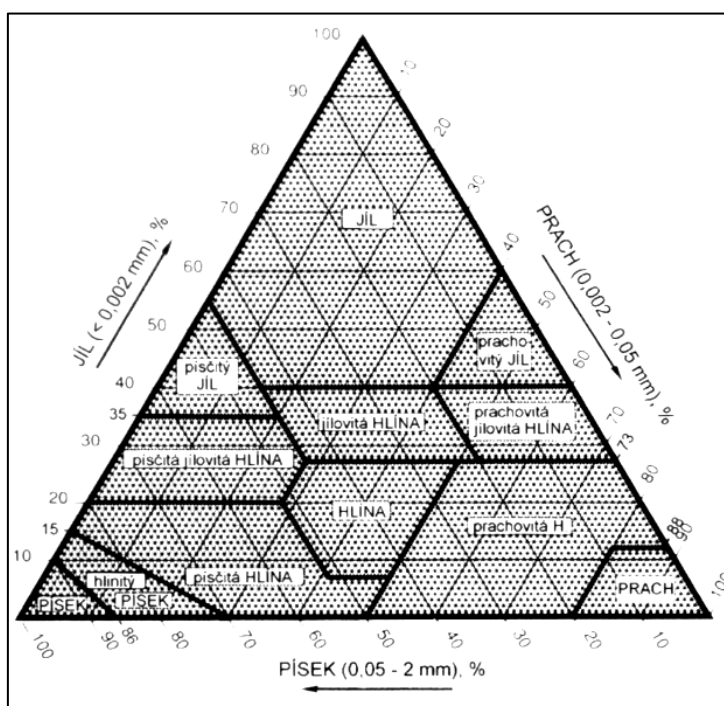
První krok stanovení spočívá v zrnitostním rozboru půdy, který charakterizuje procentuální zastoupení částic určité velikosti a je základem klasifikace půdy podle druhu nebo zrnitostní třídy. V pedologické praxi lze metody stanovení rozdělit na orientační a laboratorní.

Při orientačním stanovení dochází k posouzení odebraného vzorku půdy (případně jemnozeme), který se vezme do prstů, ovlhčí se vodou o teplotě 30-40°C, následně se mezi prsty roztírá při současném posouzení vlastností a zastoupení písčitých a jílnatých částic.

Tab. 3: Hodnocení půdního druhu při orientačním stanovení (Vokoun a kol. 2002)

Označení půdního druhu		% částic		Vlastnosti půdy za vlhka
zkratka	název	> 0,01mm		
Lehká	P	písčítá	0–10	nesoudržná, za sucha sypká
	HP	hlinitopísčítá	10–20	slabě soudržná, nelze vytvořit váleček; otisk kožních lišt prstů je nezřetelný
Střední	PH	písčitohlinitá	20–30	soudržná, lze vytvořit váleček, který se ale snadno rozpadá, otisk kožních lišt prstů je už zřetelný; při roztírání mezi prsty zrnka písku
	H	hlinitá	30–45	dobře tvárná, váleček se při prohnutí ještě rozlamuje; při roztírání mezi prsty nejvyšší drobná zrnka písku; tlakem vytvořené plošky jsou hladké, ale matné
Těžká	JH	jílovitohlinitá	45–60	velmi dobře tvárná až plastická, tenké válečky se při prohnutí nerozlamují; tlakem vytvořené plošky jsou lesklé
	JV	jílovitá	60–75	výrazně plastická, lze vyválet velmi tenké, ohebné válečky; tlakem vytvořené plošky jsou velmi lesklé
	J	až jílu	> 75	

Laboratorní metody využívají k třídění zrn vodu (např. sedimentační, elutriační či hustoměrná metoda). V praxi se ke stanovení zrnitostních tříd využívá trojúhelníkový diagram (Obr. 13).



Obr. 13: Trojúhelníkový diagram pro určení zrnitostních tříd podle NRSCS-USDA

Na základě výsledků stanovení je možné půdu přesně zařadit do skupiny zrnitosti (textury) podle poměru jednotlivých frakcí. Frakce (soubor zrn různé velikosti) jsou – písek, prach, jílnaté částice a jíly. Přímo ovlivňují pevnou minerální složku půdy a půdní vlastnosti. Podle zastoupení frakcí můžeme klasifikovat půdní druhy. Rozlišujeme půdy lehké (písčité a hlinitopísčité) s převahou hrubších, písčitých částic; půdy středí (písčitolhinité a hlinité) s převahou prachovitých částic; těžké (jílovitolhinité, jílovité a jíly) s převahou nejjemnějších jílovitých částic – viz Tab. 1. Půdní druh ovlivňuje zvláště sorpční schopnost půd, pufrovitost a řadu dalších půdních vlastností. Má rozhodující význam při vyhodnocování obsahu přístupných živin, mikrobiogenních živin i cizorodých prvků.

Dalším krokem je laboratorní stanovení hodnot parametrů u odebraných půdních vzorků nebo zajištění hodnot vycházejících z terénních měření. Při analýzách odebraných vzorků městských půd a při terénních měřeních byly uplatněny následující metody odběru, postupy a použita přístrojová vybavení.

Struktura půdy – byla stanovena proséváním suché zeminy na sítích o průměrných otvorech 0,25; 0,5; 2; 5; 10; 20 mm. Vzorky byly odebrány ze dvou hloubek 0-0,15 a 0,15-0,30 m ve třech opakováních. Každá strukturní frakce byla samostatně zvážena a přepočtena na procenta. Pro vlastní hodnocení byl vypočítán koeficient strukturnosti, který vyjadřuje vztah mezi agronomicky hodnotnými (0,25-10 mm) a méně hodnotnými strukturními elementy (>10 a <0,25 mm).

Fyzikální vlastnosti půdy z půdních vzorků v neporušeném stavu dle Kopeckého byly odebrány z hloubek 0-0,15 m, 0,15-0,30 m a zahrnují tato stanovení: objemovou hmotnost redukovanou, celkovou porovitost.

Chemické analýzy byly provedeny na základní obsah živin v půdě, a sice: N_{celk} , P, K, Mg, Ca, C_{ox} , obsah humusu z hloubek 0-0,15 m, 0,15-0,30 m. Vzorky byly odebrány současně se vzorky pro stanovení obsahu humusu. Obsah přístupného fosforu, draslíku a hořčíku byl stanoven na spektrofotometru metodou podle Melicha III (vyjádřeno v mg na 1 kg půdy) a obsah celkového dusíku mineralizací, destilační metodou podle Kjedahla (vyjádřen v %). Celkový obsah uhlíku (C_{ox}) byl stanoven oxidimetrickou titrací podle Nelson a Sommers (1982) a přepočten daným koeficientem na humus. Pro určení kvality humusu byl zjištěn poměr huminových kyselin k fulvokyselinám. Stanovení výměnného pH půd bylo provedeno extrakcí pomocí 0,01M CaCl_2 (k 10 g jemnozeme se přidává 50 ml 0,01 M CaCl_2 , 60 min. se třepe na rotační třepačce a po dalším 60 min. stání se promíchá a proměří pH skleněnou elektrodou).

Penetrometrické měření byla realizována pomocí digitálního penetrolloggeru Eijkelkamp P1.52. do hloubky 520 mm. Na experimentálních stanovištích byla měření provedena opakovaně (min. 10 x).

Měření infiltrace bylo realizováno pomocí infiltrometru SATURO. Jedná se o automatický přístroj pro měření propustnosti a nasycené hydraulické vodivosti (K_{fs}) v půdě. Při měření je uplatňována analýza multitlakovou hlavici k zjednodušení korekcí pro třírozměrný průtok jedno okružným infiltrometrem, což umožňuje rychlé měření hydraulické vodivosti bez nutnosti následného zpracování. Tento automatický postup zmenšuje chybovost při určení hydraulické vodivosti (Reynold a Elrick 1990).

Hodnocené parametry kvality a referenční údaje městské půdy jsou uvedeny v Tab. 2. Hodnota každého parametru je zde hodnocena pomocí systému bodového hodnocení. Tento systém zahrnuje čtyři kategorie s bodovým hodnocením od 0 do 3.

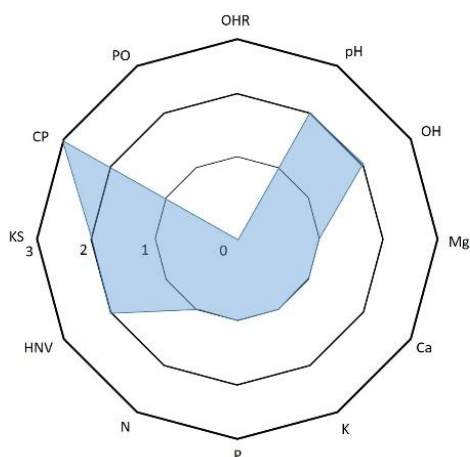
Tyto ukazatele lze považovat za reprezentativní s vazbou na celkovou kvalitu městské půdy.

Tab. 4: Parametry kvality a referenční hodnoty městské půdy

Označení parametru	Jednotka	Bodové hodnocení	Rozsah parametru pro			Komentář
			Lehké půdy	Střední půdy	Těžké půdy	
Objemová hmotnost redukováná	g.cm ⁻³	0	< 1,60	< 1,34	< 1,17	Optimální
		1	1,60-1,65	1,34-1,37	1,17-1,35	Nízká
		2	1,65-1,7	1,37-1,40	1,35-1,45	Vysoká
		3	> 1,7	> 1,40	> 1,45	Velmi vysoká
Penetrometrický odpor půdy	MPa	0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	Nízký
		1	1,0-3,9	1,0-3,7	1,0-2,7	Střední
		2	4,0-6,0	3,8-5,0	2,8-3,7	Vysoký
		3	> 6,0	> 5,0	> 3,7	Extrémně vysoký
Celková pórovitost	%	0	<35	< 45	< 50	Nestrukturní stav horizontu
		1	35,1-40,0	45,1-50,0	50,1-60,0	Nevyhovující stav horizontu
		2	40,1- 45,0	50,1-55,0	60,1-70,0	Dobrý stav horizontu
		3	> 45,0	> 55,0	> 70,0	Výborný stav horizontu
Koeficient strukturnosti	-	0	< 1,0			Nevyhovující
		1	1,0-2,0			Nízký
		2	2,1-4,0			Střední
		3	> 4,0			Vysoký
Hydraulická nasycená vodivost	cm.s ⁻¹	0	< 10 ⁻⁵	< 10 ⁻⁷	< 10 ⁻⁹	Nepropustná
		1	10 ⁻⁵ -10 ⁻³	10 ⁻⁷ -10 ⁻⁵	10 ⁻⁹ -10 ⁻⁷	Málo propustná
		2	10 ⁻³ -10 ⁻¹	10 ⁻⁵ -10 ⁻³	10 ⁻⁷ -10 ⁻⁴	Propustná
		3	> 10 ⁻¹	> 10 ⁻³	> 10 ⁻⁴	Velmi propustná
N	%	0	< 0,07			Nízký
		1	0,07-0,2			Střední (optimální)
		2	0,21-0,3			Dobrý
		3	> 0,30			Vysoký
P	mg.kg ⁻¹	0	< 50	< 50	< 50	Nízký
		1	50-80	50-80	50-80	Střední (optimální)
		2	80,1-120	80,1-120	80,1-120	Dobrý
		3	> 120	> 120	> 120	Vysoký
K	mg.kg ⁻¹	0	< 100	< 105	< 170	Nízký
		1	101-160	106-170	171-260	Střední (optimální)
		2	161-380	171-420	261-510	Dobrý
		3	> 380	> 420	> 510	Vysoký
Ca	mg.kg ⁻¹	0	< 500	< 900	< 1600	Nízký
		1	501- 1600	901-2100	1601-2800	Střední (optimální)
		2	1601-2100	2101 - 3000	2801-3900	Dobrý
		3	> 2100	> 3000	> 3900	Vysoký
Mg	mg.kg ⁻¹	0	< 80	< 105	< 120	Nízký
		1	81-135	106-160	121-220	Střední (optimální)
		2	136-285	161-330	221-460	Dobrý
		3	> 285	> 330	> 460	Vysoký
Obsah humusu	%	0	0	0	0	Bezhumózní
		1	<1,0	<2,0	<2,0	Slabě humózní
		2	1,0-2,0	2,0-5,0	2,0-5,0	Středně humózní
		3	>2,0	>5,0	>5,0	Silně humózní
pH	-	0	<5,5 nebo> 8,5			Nepříznivé
		1	5,5-6,5			Málo příznivé
		2	6,6-7,5			Optimální
		3	7,6-8,5			Středně příznivé

Pozn.: upraveno dle Sáňka et al., 2018

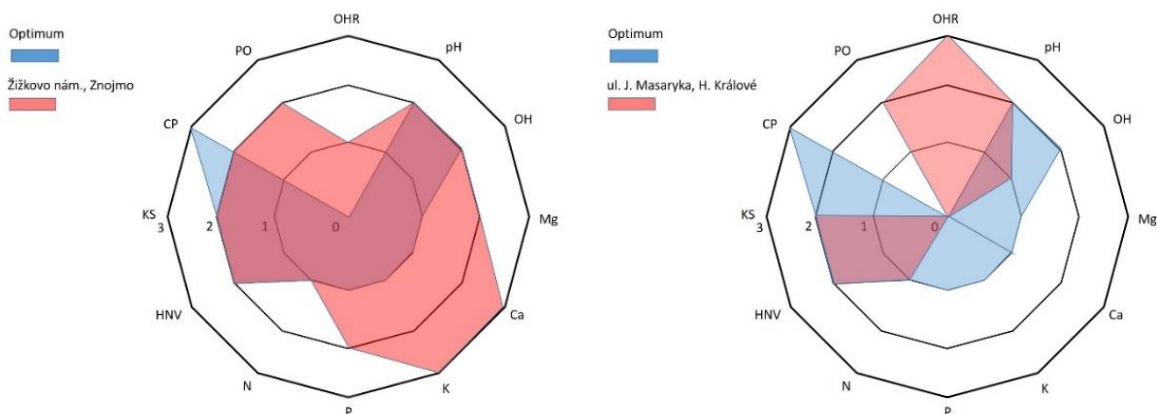
Na základě parametrů kvality a referenční hodnot městských půd z Tab. 2, byl sestaven graf, ve kterém je modrou barvou vyznačena plocha charakterizující jejich optimální hodnoty.



Obr. 14: Grafické zobrazení optimálních fyzikálních a chemických parametrů půdy

Legenda použitých zkratk: OHR – objemová hmotnost redukovaná, PO – penetrometrický odpor půdy, CP – celková pórovitost, KS – koeficient strukturnosti, HNV – hydraulická nasycená vodivost, N – obsah dusíku, P – obsah fosforu, K – obsah draslíku, Ca – obsah vápníku, Mg – obsah hořčíku, OH – obsah humusu, pH – půdní reakce

S ohledem na měření realizovaná přímo v konkrétních podmínkách (jednotlivá stanoviště v podmínkách městského prostředí) a s ohledem na výsledky laboratorních rozborů odebraných vzorků půd byla získaná data vyjadřující skutečný stav pro jednotlivé hodnocené parametry zatříděny podle rozsahu a následně přeneseny do grafu s přihlédnutím k jejich bodovému hodnocení. Hodnocené stanoviště je tak individuálně podrobena multikriteriálnímu hodnocení (12 kritérií, viz. Obr. 14). Podíl plochy podbarvené červenou barvou přesahující vymezené optimum určuje, který z hodnocených parametrů neodpovídá optimu a nachází se pod nebo nad jeho hranicí. Tento způsob hodnocení umožní pro individuální stanoviště navrhnout soubor dílčích nebo komplexních opatření, která by vedla k úpravě jednotlivých parametrů směrem k jejich optimálním hodnotám.



Obr. 15: Ukázka porovnání referenčních a naměřených parametrů u vybraných stanovišť

5. Návrh zásad a opatření

5.1. Doporučený sortiment dřevin pro výsadbu do městského prostředí a kritéria pro výběr dřevin

Dřeviny určené pro nové výsadby v městském prostředí by měly splňovat několik hlavních kritérií, které jsou předpokladem k vytváření odolnosti zelené infrastruktury vůči klimatickým změnám a extrémům, jakým je i tepelný ostrov města. Nově vysazované dřeviny by měly splňovat požadavky, týkající se vyhovujících růstových parametrů pro dané stanoviště. To znamená, že musí mít přiměřenou výšku, šířku a tvar koruny vzhledem k prostorovým možnostem daného stanoviště. Měly by být zohledňovány nejen prostorové nároky nadzemních částí dřevin, ale i jejich kořenové části, a to i vzhledem typu utvářené kořenové soustavy.

Dalším kritériem, ke kterému je potřeba přihlížet při výběru dřevin na konkrétní stanoviště, jsou požadavky dřevin na půdní prostředí. Dřeviny vysazené ve vhodných půdních podmínkách, které dávají předpoklad jejich zdárného růstu, mohou plnit všechny svoje funkce. Pokud se na daném stanovišti vyskytují některé z negativních faktorů, jako je například příliš nízké, nebo vysoké pH, zasolení, nízký obsah kyslíku v půdním prostředí (zhutnění, zamokření), a tento faktor nelze plně eliminovat, měly by se při výběru dřeviny vybírat takové taxony, které jsou schopny tyto podmínky alespoň tolerovat.

Ve vztahu k měnícím se klimatickým podmínkám, které s sebou přinášejí extrémy, které jsou navíc umocňovány městským prostředím, měly by být vybírány dřeviny, které jsou schopny zejména odolávat suchu, vysokým i nízkým teplotám, nadměrné větrné zátěži a příležitostnému zamokření. Ve vztahu k ovlivňování mikroklimatu daného stanoviště by bylo vhodné vybírat taxony, které například vytvářejí větší Index listové plochy (LAI), tj. dřeviny s většími listy, hustě větvené, s čím je spojena problematika poskytování dostatečného stínícího efektu, ale i větší druhově specifickou potenciální transpirací.

Při výběru vhodného taxonu by se měly zohledňovat i další vlastnosti, například tvorba plodů, která buď může být žádoucí (poskytování potravy pro faunu), nebo naopak nežádoucí (znečišťování okolí). Do míst s vysokou koncentrací zástavby a zvýšenou přítomností obyvatel by nedílnou součástí výběru vhodného druhu dřeviny pro výsadbu měl být i aspekt alergenity.

V neposlední řadě by vybrané druhy dřevin měly splňovat požadavky na dostatečnou odolnost vůči chorobám a škůdcům, jakož i nízkou náročností na další pěstební zásahy.

V Tab. 5 jsou uvedeny vlastnosti vybraných taxonů dřevin s ohledem na regulaci klimatu ve městě a z hlediska k citlivosti k působícím stresům. Pro výsadbu do městského prostředí nelze zobecňovat a doporučit pouze některé druhy dřevin. Výběr dřevin je potřeba upravovat dle individuálních podmínek stanoviště a funkce, kterou má daná výsadba dřevin splňovat.

Tab. 5: Doporučené taxony dřevin

Taxon – latinsky	Český název	Přínosy	Nedostatky
Listnaté dřeviny			
<i>Acer campestre</i> + kultivary (Elsrijk, Elegant, Red Shine,...)	javor babyka	- odolný suchu - snáší městské prostředí - snáší zasolení - vhodný i do zpevněných ploch	- náchylnost k padlí - náchylnost k tvorbě mrazových trhlin - medovice na listech
<i>Acer ginala</i>	javor ginala	- odolný suchu - snáší městské prostředí - snáší zasolení - vhodný i do zpevněných ploch	- krátkověký
<i>Acer pseudoplatanus</i> + kultivary (Rubra, Atropurpureum, Erectum,...)	javor klen	- odolný suchu - mrazuvzdorný - velká listová plocha	- citlivý na posypovou sůl - medovice na listech - náchylný na korní spálu
<i>Acer saccharinum</i> + kultivary (Pyramidale)	javor stříbrný	- odolný suchu - snáší městské prostředí	- citlivý na posypovou sůl - medovice na listech - nepoužívat do zpevněných ploch - křehké dřevo
<i>Aesculus x carnea</i> 'Briotii'	jírovec pleťový	- odolnost vysokým teplotám - málo plodí - velká listová plocha - odolný vůči klíněnce jírovcové	- nepoužívat do zpevněných ploch - citlivý na posypovou sůl

Tabulka 5 - pokračování

Taxon – latinsky	Český název	Přínosy	Nedostatky
Listnaté dřeviny			
<i>Amelanchier</i> sp. (<i>A. arborea</i> , <i>A. lamarckii</i>) + kultivary	muchovník (m. stromovitý, m. Lamarckův)	- snáší městské prostředí - snáší zasolení - vhodný i do zpevněných ploch - plody – potrava ptákům	- krátkověká dřevina - opad dužnatých plodů – znečištění - na vápenatých půdách trpí chlorózou - za sucha - zasychání listů
<i>Catalpa bignonioides</i> + kultivary (Nana)	katalpa trubačovitá	- odolnost suchu - odolnost k vysokým teplotám - velká listová plocha - vhodná i do zpevněných ploch	- krátkověká dřevina - vhodná do teplejších oblastí - citlivá na posypovou sůl
<i>Catalpa speciosa</i>	katalpa nádherná	- viz <i>Catalpa bignonioides</i> - mrazuvzdornější než <i>C. bignonioides</i>	- viz <i>Catalpa bignonioides</i>
<i>Celtis occidentalis</i>	břestovec západní	- odolnost k vysokým teplotám - mrazuvzdorný - vhodný i do zpevněných ploch	- spíše pro teplejší oblasti - citlivý na posypovou sůl - náročný na prostor
<i>Cornus mas</i>	dřín obecný	- snáší městské prostředí - odolnost k vysokým teplotám a suchu	- citlivé na posypovou sůl - krátkověké dřeviny - malá listová plocha - nepoužívat do zpevněných ploch

Tabulka 5 – pokračování

Taxon – latinsky	Český název	Přínosy	Nedostatky
Listnaté dřeviny			
<i>Corylus colurna</i>	líška turecká	<ul style="list-style-type: none"> - snáší městské prostředí - odolnost k vysokým teplotám - vhodná i do zpevněných ploch - velká listová plocha 	<ul style="list-style-type: none"> - citlivá na posypovou sůl - dlouhodobé sucho – zasychání listů, zkrácení životnosti výsadeb - relativně krátkověká - opad plodů - znečištění
<i>Crataegus sp.</i> (<i>C. laevigata</i> , <i>C. x lavellei</i> , <i>C. monogyna</i>) + kultivary	hloh (h. obecný, h. Lavallův, h. jednosemenný)	<ul style="list-style-type: none"> - snáší městské prostředí - odolnost k vysokým teplotám a suchu - vhodné i do zpevněných ploch 	<ul style="list-style-type: none"> - citlivé na posypovou sůl - krátkověké dřeviny - některé druhy mají drobné listy a malou listovou plochu - často napadány chorobami (snížená vitalita a estetická funkce)
<i>Fagus sylvatica</i> + kultivary (Dawyck, Dawyck Gold, Dawyck Purple)	buk lesní	<ul style="list-style-type: none"> - odolnost městskému prostředí - kultivary - úzká koruna 	<ul style="list-style-type: none"> - vyžaduje dostatek prostoru - nepoužívat do zpevněných ploch - náchylný na choroby a škůdce - citlivý na posypovou sůl - nemá rád přísušky
<i>Fraxinus angustifolia</i> 'Raywood'	jasan úzkolistý	<ul style="list-style-type: none"> - odolnost městskému prostředí - odolnost k vysokým teplotám - snáší zasolení 	<ul style="list-style-type: none"> - citlivý na sucho - vhodný spíše do zatravněných pl. - povrchové kořeny - menší listová plocha ve srovnání s ostatními druhy
<i>Fraxinus excelsior</i> + kultivary (Atlas, Altena, Globosum, Jaspidea)	jasan ztepilý	<ul style="list-style-type: none"> - odolnost k městskému prostředí - možnost výsadby do zpevněných povrchů - snáší zasolení 	<ul style="list-style-type: none"> - citlivý na sucho - vhodný spíše do zatravněných ploch

Tabulka 5 – pokračování

Taxon – latinsky	Český název	Přínosy	Nedostatky
Listnaté dřeviny			
<i>Fraxinus ornus</i> + kultivary	jasan manový	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - možnost výsadby do zpevněných povrchů - snáší zasolení	- teplomilný – může namrzat
<i>Gleditsia triacanthos</i> + kultivary (Moraine, Skyline, Sunburst)	dřezovec trojtrnný	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - odolná vůči zasolení - možnost výsadby do zpevněných povrchů	- poskytuje řídký stín - křehké dřevě - vzdušné koruny – řídký stín - povrchový kořenový systém
<i>Koelreuteria paniculata</i>	svitel latnatý	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - odolnost k městskému prostředí	- teplomilná – může namrzat
<i>Liquidambar styraciflua</i> + kultivary	ambroň západní	- odolnost k městskému prostředí - odolnost k vysokým teplotám	- nepoužívat do zpevněných ploch - citlivý na zasolení - povrchový kořenový systém - teplomilná dřevina
<i>Liriodendron tulipifera</i>	liliovník tulipánokvětý	- odolnost k vysokým teplotám	- na suchých půdách trpí mšicemi - nepoužívat do zpevněných ploch - citlivý na zasolení
<i>Magnolia kobus</i>	šácholan kobus	- mrazuvzdorný - bohatě kvete a plodí (esteticky zajímavý)	- nepoužívat do zpevněných ploch - citlivý na zasolení - nevhodný pro Ca půdy – chloróza

Tabulka 5 – pokračování

Taxon – latinsky	Český název	Přínosy	Nedostatky
Listnaté dřeviny			
<i>Malus</i> sp. (<i>M. baccata</i> , <i>M. floribunda</i> , ...) + kultivary (Adirondack, Street Parade, Evereste, Madonna, Mokum, Red Sentinel, Royalty, ...)	jabloň (j. drobnoplodá, j. mnohokvětá) + kultivary	- bohatě kvetou a plodí - esteticky zajímavé po celý rok	- trpí chorobami a škůdci - krátkověká dřevina - nepoužívat do zpevněných ploch - citlivé na zasolení - krátkověké dřeviny
<i>Platanus x acerifolia</i> + kultivary (Pyramidalis, Tremonia, Alphen's Globe, Obelisk)	platan javorolistý	- velká listová plocha - vysoký evapotranspirační výkon - rychlý růst - snáší vysoké teploty - mrazuvzdorný - odolnost k vysokým teplotám a suchu - snáší zasolení	- náročný na prostor pro kořeny i korunu - v užších ulicích se mění architektura koruny - ve vyšším věku náročnější na údržbu - velký objem spadaného listí - náročnější údržba
<i>Platanus orientalis</i>	platan východní	- viz. <i>Platanus x acerifolia</i>	- viz. <i>Platanus x acerifolia</i>
<i>Prunus avium</i> + kultivary (Plena)	třešeň ptačí	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - nevytváří plody	- trpí klejotokem - krátkověká dřevina - nepoužívat do zpevněných ploch - citlivé na zasolení
<i>Prunus cerasifera</i> + kultivary (Nigra)	slivoň myrobalán	- odolnost k městskému prostředí - možnost výsadby do zpevněných povrchů	- trpí klejotokem - krátkověká dřevina - opad plodů - citlivé na zasolení
<i>Prunus serrulata</i> + kultivary (Amanogawa, Royal Burgundy, Sunset Boulevard, ...)	třešeň pilovitá	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - odolnost k městskému prostředí	- trpí klejotokem a dalšími chorobami - krátkověká dřevina - citlivá na zasolení

Tabulka 5 – pokračování

Taxon – latinsky	Český název	Přínosy	Nedostatky
Listnaté dřeviny			
<i>Pyrus communis</i> + kultivary (Beech Hill), <i>Pyrus salicifolia</i>	hrušeň obecná, hrušeň vrboolistá	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - odolnost k městskému prostředí	- citlivá na zasolení - opad plodů
<i>Quercus robur</i> + kultivary (Fastigiata Koster)	dub letní	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - odolnost k městskému prostředí - možnost výsadby do zpevněných povrchů - úzká koruna	- náchylný na choroby (zvláště padlí)
<i>Quercus rubra</i>	dub červený	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - odolnost k městskému prostředí - možnost výsadby do zpevněných povrchů	- náročný na prostor - na Ca půdách trpí chlorózou
<i>Robinia pseudoacacia</i> + kultivary (Bessoniana, Umbraculifera)	trnovník akát	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - odolnost k městskému prostředí - možnost výsadby do zpevněných povrchů	- nevhodné pro výsadbu do nádob - krátkověká dřevina - povrchový kořenový systém - jedovatá dřevina
<i>Sophora japonica</i> + kultivary	jerlín japonský	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - odolnost k městskému prostředí - možnost výsadby do zpevněných povrchů - odolná vůči zasolení	- jedovatá dřevina - při dlouhodobém suchu žloutnou a propadávají listy

Tabulka 5 – pokračování

Taxon – latinsky	Český název	Přínosy	Nedostatky
Listnaté dřeviny			
<i>Sorbus</i> sp. (<i>S. intermedia</i> , <i>S. x thuringiaca</i>) + kultivary	jeřáb (j. prostřední, j. duryňský)	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - odolnost k městskému prostředí	- citlivé na zasolení - nevhodné do zpevněných povrchů - krátkověké dřeviny
<i>Tilia tomentosa</i> + kultivary (Brabant, Siver Globe)	lípa stříbrná	- odolnost městskému prostředí - odolnost k vysokým teplotám	- citlivá na zasolení - nevhodné do zpevněných povrchů - sucho – zasychání listů
Jehličnaté dřeviny			
<i>Abies concolor</i> + kultivary		- odolnost k vysokým teplotám a suchu - stálezelená dřevina	- citlivá k zasolení - nevysazovat do zpevněných ploch - může namrzat
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> , <i>Ch. nootkatensis</i> + kultivary	cypřišek Lawsonův, cypřišek nutkajský	- stálezelená dřevina - odolnost městskému prostředí	- citlivé na zasolení - nesnáší dlouhotrvající sucho - nevhodný do zpevněných ploch
<i>Juniperus scopulorum</i> + kultivary	jalovec skalní	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - odolnost městskému prostředí	- citlivé na zasolení - nevhodný do zpevněných ploch
<i>Juniperus virginiana</i> + kultivary	jalovec virginský	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - odolnost městskému prostředí	- citlivé na zasolení - nevhodný do zpevněných ploch
<i>Metasequoia glyptostroboides</i> + kultivary	metasekvoje čínská	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - snáší znečištěné ovzduší	- citlivá na zasolení - v suchu pomalu roste a je krátkověká

Tabulka 5 – dokončení

Taxon – latinsky	Český název	Přínosy	Nedostatky
Jehličnaté dřeviny			
<i>Picea omorika</i> + kultivary	smrk omorika	- odolnost k vysokým teplotám a suchu - snáší znečištěné ovzduší	- vyžaduje slunné stanoviště - relativně krátkověký
<i>Picea pungens</i> + kultivary	smrk pichlavý	- nenáročný na půdu - odolnost k vysokým teplotám a suchu - snáší znečištěné ovzduší - mrazuvzdorný	- nevhodný do zpevněných ploch - citlivý na zasolení
<i>Pinus sylvestris</i> + kultivary	borovice lesní	- nenáročná na půdu - odolnost k vysokým teplotám a suchu - mrazuvzdorný	- nevhodná do zpevněných ploch - citlivá na zasolení - citlivá na znečištěné ovzduší
<i>Taxus baccata</i> + kultivary	tis červený	- nenáročný na půdu a stanoviště - odolnost k vysokým teplotám a suchu	- nevhodný do zpevněných ploch - citlivý na zasolení
<i>Thuja sp. (T. occidentalis, T.plicata)</i> + kultivary	zerav (z. západní, z. obrovský)	- rychlerostoucí - odolnost k vysokým teplotám	- nevhodné do zpevněných ploch - citlivé na zasolení - nesnáší sucho a přísušky
<i>x Cupresociparis leylandii</i> + kultivary		- odolnost k vysokým teplotám a suchu - snáší znečištěné ovzduší - mrazuvzdorný	- vyžaduje dostatečný prostor

Upraveno dle: Pejchal (1994), Málek *et al.* (2012)

5.2 Doporučení pro hodnocení stavu zeleně, uspořádání výsadeb a nápravná opatření s cílem snížení efektu tepelného ostrova

Doporučené hodnocení stavu zeleně, a potenciální preventivní a nápravná opatření vychází z výsledků jejich hodnocení podle postupu v kapitole 4.1 a 4.2. Jednotlivá opatření musí respektovat podmínky konkrétní lokality, přihlížet k jejímu cílovému využití a současně respektovat platné legislativní předpisy, normy a standardy. V Tab. 6 je uveden souhrnný přehled navrhovaných preventivních a nápravných opatření u stávající zeleně a pro nové výsadby zeleně. V řadě případů je nutné na opatření nahlížet v provázaném kontextu i spolu s doporučeními uvedenými v kap. 5.3.

Tab. 6: Přehled doporučených preventivních a nápravných opatření - zeleň

č.	Preventivní a nápravná opatření
1	Provedení analýzy stávajících ekosystémů <i>Při zjištění absence některého z typu ekosystému včetně modré infrastruktury, navrhnout a vypracovat plán na jeho zařazení do stávajících ploch zeleně jejich následná realizace.</i>
2	Analýza stresových faktorů působících jednotlivé prvky zeleně <i>Návrh zmírnění dopadů stresových faktorů na daném stanovišti.</i>
3	Analýza stavu prvků městské zeleně <i>Pravidelná kontrola kvantitativních a kvalitativních vlastností jednotlivých prvků zeleně za pomoci specializovaných průzkumů a přístrojové techniky. Při zjištění nevyhovujícího stavu vypracovat plán nápravných opatření, následuje ošetření a jejich následná realizace. U vzrostlých stromů je potřeba pečlivě vyhodnocovat potenciální riziko pro své okolí.</i>
4	Posouzení prostorového uspořádání a kompozice prvků městské zeleně <i>Při zjištění nedostatků navrhnout a vypracovat plán zařazení chybějících prvků zeleně, návrh jejich propojení a jejich následná realizace.</i>
5	Analýza stavu technických prvků zeleně (chodníky, závlahové prvky, ochranné prvky,...) <i>Při zjištění nevyhovujícího stavu zahájit kroky k jejich nápravě.</i>
6	Síť zelené infrastruktury <i>Budování spojitě sítě prvků a ploch zeleně, případně vytvoření návrhu doplnění chybějících prvků.</i>

5.3 Doporučení pro optimalizaci půdního prostředí s vazbou na zakládání zeleně a nápravná opatření u stávající zeleně

Preventivní a nápravná opatření směřující k optimalizaci půdních parametrů na daném stanovišti vychází z výsledků jejich hodnocení podle postupu v kapitole 4.2.4. Hodnocení půdního prostředí. Jednotlivá opatření musí respektovat podmínky konkrétní lokality, přihlížet k jejímu cílovému využití a současně respektovat platné legislativní předpisy, normy a standardy. V Tab. 7 je uveden souhrnný přehled doporučených nápravných opatření respektující optimalizaci půdního prostředí s vazbou na zakládání zeleně a nápravná opatření u stávající zeleně. V řadě případů je nutné na opatření nahlížet v provázaném kontextu. Opatření jsou vedena pod číselným značením a je na ně v dalším textu níže odkazováno.

Tab. 7: Přehled doporučených preventivních a nápravných opatření - půda

č.	Preventivní a nápravná opatření
1	<p>Výběr kvalitních půd a příprava substrátů pro výsadbu</p> <p><i>Při zhoršených nebo nevhodných půdních podmínkách je potřebné jejich zlepšení přidávkem jednotlivých komponent nebo pomocných půdních látek v celém prokořitelném prostoru. Využít lze např. komposty, bentonit, jíl, biouhel, minerální substráty, hydroabsorbenty, mykorhizu, bakteriální přípravky, stimulanty atd., které vedou ke zlepšení fyzikálních, chemických a biologických vlastností půd. S ohledem na stav porostu je možné opakované provedení ve víceletém časovém horizontu.</i></p>
2	<p>Podpora obnovy zásoby organické hmoty v půdě</p> <p><i>S přihlédnutím ke stanovištním podmínkám lze zajistit pravidelnou aplikaci organické hmoty, např. kompostů (volně ložených, peletizovaných). Obdobný účinek lze dosáhnout pomocí rostlinného podrostu. Jedná se např. o letničky, trvalky, zelené hnojení aj. Tyto výsadby lze pro tento účel mulčovat a následně zapravit do půdy.</i></p>
3	<p>Zabezpečení dostatečného objemu prokořitelného prostoru</p> <p><i>Pro správné prokoření, kotvení dřevin a vymezení prostoru pro rozvoj kořenové zóny lze uplatnit výsadbové skruže a boxy, kořenové separátory, mosty atd., nebo systém bariér zamezující prorůstání kořenů do inženýrských sítí.</i></p>
4	<p>Výměna případně odstranění kontaminované půdy</p> <p><i>V případě znečištění kontaminujícími látkami (těžké kovy, ropné látky apod.) lze s ohledem na rozsah kontaminace i charakter výsadby provést částečnou nebo úplnou výměnu půdy, v případě kontaminace půdy menšího rozsahu lze uplatnit bakteriální přípravky nebo fytoremediaci.</i></p>
5	<p>Odstranění nežádoucích materiálů z půdy</p> <p><i>Jedná se o odstranění kamenů, stavební sutě, odpadů v podobě plastů a kovů do hloubky odpovídající hloubce kořenové zóny.</i></p>
6	<p>Zamezení vzniku zhutnění půdy a zlepšení fyzikálních poměrů</p> <p><i>Instalace technických řešení zamezujících pojezdu a parkování aut, nebo průchodu chodců po povrchu půdy nad kořeny dřevin. Běžně se doporučuje vymezit plochu kopírující obvod koruny plně vzrostlého jedince. Uplatnit lze zejména zemní mříže, zábrany, sloupky, půdní buňky, kořenové cesty a mosty aj. Lokálně lze využít technologii hloubkového provzdušňování pomocí vzduchu nebo vody, půdních vrtů nebo prokypření povrchových vrstev půdy pomocí pneumatických rýčů.</i></p>
7	<p>Budování propustných povrchů</p> <p><i>Na větších zpevněných plochách lze místo nepropustných vrstev, provedených např. z betonu a asfaltu, použít zatravnovací rohože, ekologické vsakovací dlažby, porosty, mlatové cesty a chodníky.</i></p>
8	<p>Zvyšování retence vody</p> <p><i>Vytváření závlahových mís u nových výsadeb, využívání strukturních substrátů, vyspádování zpevněných ploch k vysazovaným dřevinám, vysokotlaká hloubková injektáž hydroabsorbentů aj.</i></p>

Tabulka 7 - pokračování

č.	Preventivní a nápravná opatření
9	<p>Závlahové systémy</p> <p><i>S ohledem na stanovištní podmínky instalace závlahových systémů nebo doplňkové závlahy např. pomocí závlahových vaků (nadzemní), závlahových šachet, retenčních nádrží (podzemních), které závlahovou vodu dodávají průběžně. Řešení představují také vsakovací vrty, nebo rýhy vyplněné propustným materiálem, pomocí kterých lze aplikovat i hnojivou zálivku přímo do kořenové zóny, které dokáží pojmout i větší množství srážkové vody.</i></p>
10	<p>Údržba travnatých ploch s ohledem na stávající výsadby dřevin</p> <p><i>Při provádění údržby trávníků, zejména sečení, je významným aspektem zamezení poškozování kmenů dřevin. Vhodná je instalace kmenových chrániček v plastovém i ocelovém provedení</i></p>
11	<p>Hnojení</p> <p><i>Podle stanoveného obsahu živin v půdě provést výběr vhodných druhů minerálních hnojiv a stanovit jejich optimální dávku. U nových výsadeb lze uplatnit zásobní hnojení, u stávajících dřevin aplikaci živin do kořenové zóny, do větší hloubky pomocí půdní injektaže. Minimalizaci ztrát živin a delší účinnost aplikovaného hnojiva lze dosáhnout použitím hnojiv s řízeným uvolňováním živin. V případě akutního nedostatku živin lze použít hnojivou zálivku nebo aplikaci na list.</i></p>
12	<p>Úprava půdní reakce</p> <p><i>Optimální pH podporuje půdní organická hmota a celkově dobrý stav půdy. V případě potřeby rychlé změny pH je možné upravovat aplikací dolomitického vápence, rašeliny, v menší míře aplikací minerálních hnojiv, nebo dílčí výměnou substrátu</i></p>
13	<p>Zlepšení vlastností povrchové vrstvy půdy trávníku</p> <p><i>Povrchová aplikace kvalitního substrátu, křemičitého písku, nebo stabilního a hygienizovaného kompostu (inaktivována semena plevelů a mikroorganizmy) ve vrstvě několika milimetrů, která podpoří rozklad stařiny a odnožování trávníku.</i></p>
14	<p>Prokypření povrchové vrstvy půdy trávníku</p> <p><i>Soubor operací spočívající v prokypření půdy do hloubky několika mm, při současné likvidaci/vyhrabání stařiny a urovnání půdního povrchu. Lze provádět pomocí lehkých bran, např. prutových, vertikutátorů, nebo pomocí hřebových válců.</i></p>
15	<p>Dosev trávníku</p> <p><i>S ohledem na charakter a druhové složení travního porostu je vhodná dávka osiva v množství 2–10 g.m². Aplikaci lze zajistit volným rozhozením s následným zapravením pomocí např. prutových bran, nebo s využitím dosévacích strojů.</i></p>

Objemová hmotnost redukována a penetrometrický odpor půdy

Objemová hmotnost udává poměr váhy a objemu suchého vzorku. Závisí na struktuře, obsahu volného prostoru v půdě i na půdním utužení a látkovém složení. Utužení půdy ve vertikálním směru je definováno zvýšeným penetrometrickým odporem půdy (Lukas *et al.*, 2011). Rostoucí hodnoty obou parametrů vedou v konečném důsledku k redukci rychlosti růstu kořenů i tvorbě kořenového vlášení (Hůla, *et al.*, 2010; Schaffert a Glynn, 2016). Tento stav může ve výsledku vést k zakrnění kořenové soustavy a následně i celé rostliny, špatnému kotvení zejména stromů v půdě, prorůstání kořenů do míst s nižším odporem půdy tj. inženýrské sítě a dalším problémům (Riikonen *et al.*, 2020).

Mezi opatření u nově vysazovaných porostů lze doporučit číslo 1; 2; 3; 5; 7; 8; 9.

U stávající zeleně lze doporučit opatření číslo 2; 4; 6; 8.

Pro travnaté plochy lze doporučit opatření číslo 13; 14.

Celková pórovitost, koeficient strukturnosti a hydraulická nasycená vodivost

Pórovitost udává procentuální zastoupení póru v půdě, které slouží zejména pro výměnu plynů mezi půdním prostředím (půdní fauna a flora včetně kořenů) a okolním prostředím. Část kapacity póru je využitelná i pro uchování vody a živin v podobě spodní vody i vsaku povrchové vody. Proudění vody přes půdní prostředí ke kořenům rostlin a hlouběji popisuje hydraulická nasycená vodivost. Ta je ovlivněna výskytem preferenčních cest, trhlin, organických zbytků atd., ve kterých je proudění vody rychlejší (Kameníčková *et al.*, 2012). Z tohoto důvodu má půdní zhutnění negativní vliv i na celkovou pórovitost a hydraulickou nasycenou vodivost. Zamezení výměny plynů má za následek odumírání půdního života i kořenů, kořeny se soustřeďují do svrchních vrstev půdy, následně nadzvedávají dlažbu, dochází k jejich nedostatečnému kotvení v půdě s následky v podobě vývrátů atd. Degradovaná půda má sníženou retenční schopnost, velké množství vody povrchově odtéká do kanalizace, nebo způsobuje lokální povodně. Dobrý strukturní stav půdy (vhodný poměr různě velkých agregátů) zamezuje rozplavování půdy, povrchovému odtoku, půdní erozi a lépe zadržuje živiny a vodu. K charakteristickým znakům patří u městské půdy vláhový deficit, který se negativně projevuje na růstu zeleně, která následně nedokáže dostatečně plnit své funkce. Důsledkem je vznik tzv. tepelného ostrova města (TOM), kdy vlivem minimálního výparu a snížené transpirace nedochází k ochlazení prostředí (Trowbridge a Bassuk, 2004).

Mezi opatření u nově vysazovaných porostů lze doporučit číslo 1; 2; 6; 7; 8; 9.

U stávající zeleně lze doporučit opatření číslo 2; 4; 6; 9.

Pro travnaté plochy lze doporučit opatření číslo 10, 13; 14.

Obsah živin, humusu a půdní reakce

Mírným paradoxem stavu městských půd je relativně dobrá zásoba živin v půdě. Ta je zapříčiněna jak podílem stavebních materiálů (stavební suti, lomového šterku), které jsou bohaté na minerály, ale také častou aplikací vyšších dávek minerálních hnojiv. Další příčinou je i neschopnost rostlin v jinak degradované půdě tyto živiny přijmout v potřebné míře. Z přebytku živin následně plynou další problémy v podobě vyplavování živin, jejich vysrážení do formy nepřístupných koloidů, vzájemná blokáce příjmu a změna pH půdy. Kvalitní půda a dostatek organické hmoty dokážou zmíněné problémy částečně tlumit (mají pufrční schopnost) a živiny pro rostliny zpřístupňovat (Berner *et al.*, 2013). Na půdu v městském prostředí negativně působí i moč a výkaly domácích

zvířat včetně ropných látek unikajících z motorových vozidel. Tyto druhy znečištění dokážou výrazně inhibovat život v půdě (Watson *et al.*, 2020).

Mezi opatření u nově vysazovaných porostů lze doporučit číslo 1; 2; 11; 12.

U stávající zeleně lze doporučit opatření číslo 2; 11; 12; 14.

Pro travnaté plochy lze doporučit opatření číslo 11; 12; 13; 15.

Udržitelné zakládání a péče o městskou zeleň představuje v soudobých podmínkách i s výhledem do budoucnosti vysoce aktuální téma. Pro zajištění optimálních podmínek pro růst dřevin, snížení frekvence jejich obměny, nebo minimalizace realizace náročných stabilizačních opatření je nezbytné zajistit kontinuální proces vzdělávání všech dotčených osoby v oblasti plánování, zakládání a údržby městské zeleně (zahradních architektů, stavebních inženýrů, urbanistů, úředníků a zahradníků), podložený nejnovějšími výzkumnými poznatky.

6. Ekonomické aspekty

Přímé ekonomické přínosy jsou s ohledem na rozsah platnosti metodiky obtížně kvantifikovatelné. Za významné lze považovat zejména ekonomické přínosy v oblasti snížení nákladů na návrhy, zakládání a údržbu zeleně v podmínkách městského prostředí. Důležité jsou ale také nepřímé (těžko kvantifikovatelné) přínosy kvalitní a dlouhodobé zeleně na kvalitu života ve městech, hodnotu nemovitostí, minimalizaci dopadů extrémů počasí atd. Kvalitně založené výsadby zeleně plní svou funkci po mnohem delší období své životnosti, což nejen kvalitativně zvyšuje celkový účinek zeleně, ale zároveň také snižuje celkové náklady na údržbu zeleně. Celková výše těchto ekonomických přínosů může s ohledem na rozsah, charakter zeleně s přihlédnutím ke konkrétním stanovištním podmínkám dosahovat desítky až stovky tisíc korun (i řádově více u stromových výsadeb). V této souvislosti nelze opomíjet ani soubor vedlejších přínosů s přesahem do environmentální oblasti, jako je např. snížení teploty vzduchu, úprava vlhkosti vzduchu v městském prostředí, snížení prašnosti, hluku a emisí, zvýšení biodiverzity aj., které se projeví ve snížení imisní zátěže a zdravotních rizik obyvatel měst. Celkové souhrnné ekonomické vyjádření všech těchto faktorů může pro podmínky území celé ČR činit v řádu až desítek milionů Kč ročně.

Lze očekávat, že s rostoucím osídlením měst a požadavky na další rozvoj infrastruktury vzrostou požadavky na podporu výsadby městské zeleně. Předložená metodika tak může být hlavním vodítkem pro výběr rostlinného materiálu s přihlédnutím k jeho plánovaným funkcím.

Metodika je zcela v souladu s koncepcí udržitelného rozvoje městské zeleně v rámci ČR, tak i v rámci EU.

7. Seznam použité související literatury

§ 3 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí

Alizadeh, A., Toudeshki, A., Ehsani, R., Migliaccio, K., Wang, D. 2021: Detecting tree water stress using a trunk relative water content measurement sensor. *Smart Agricultural Technology*. Vol. 1: 100003. doi: 10.1016/j.atech.2021.100003.

- BALDER, H. 1998: Die Wurzeln der Stadtbäume: Ein Handbuch zum vorbeugenden und nachsorgenden Wurzelschutz. Preyer Buchverlag, Berlin. 180 stran. ISBN 978-3-8001-4549-2.
- BERNER, A. 2013: Základy půdní úrodnosti: utváření vztahu k půdě. Olomouc: Bioinstitut. Praktická příručka (Bioinstitut). 32 stran. ISBN 978-80-87371-22-0.
- BIASIOLI, M., BARBERIS, R., AJMONE-MARSAN, F. 2006: The influence of a large city on some soil properties and metals content, *Science of The Total Environment*, Vol. 356, 1–3: 154–164, ISSN 0048-9697. doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.04.033.
- BOCKHEIM, J., G. 1974: Nature and Properties of Highly Disturbed Urban Soils. Philadelphia, Pennsylvania. Div. S-5, Soil Science Society of America, Chicago, Illinois.
- BOLUND, P., and HUNHAMMAR, S. 1999: Ecosystem services in urban areas. *Ecol. Econ.* Vol. 29: 293–301. doi: S0921-8009(99)00013-0.
- BOLUND, P., HUNHAMMAR, S. 1999: Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, Vol. 29: 2: 293–301. doi: 10.1016/S0921-8009(99)00013-0.
- BOUZOUIDJA, R., BÉCHET, B., HANZLIKOVÁ, J. et al. 2021: Simplified performance assessment methodology for addressing soil quality of nature-based solutions. *J Soils Sediments*. Vol. 21: 1909–1927. doi: 10.1007/s11368-020-02731-y.
- BOWLER, D.E., BUYUNG-ALI, L., KNIGHT, T.M., AND PULLIN, A.S., 2010: Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence. *Landsc. Urban Plann.* Vol. 97, 3: 147–155. doi: 10.1016/j.landurbplan.2010.05.006.
- CERTINI, G., SCALENGHE, R. 2011: Anthropogenic soils are the golden spikes for the Anthropocene. *The holocene*. Vol. 21, 8: 1269–1274. doi: <https://doi.org/10.1177/0959683611408454>.
- CRAUL, P., J. 1999: Urban Soils: Applications and Practices. Wiley, London. 384 stran. ISBN: 978-0-471-18903-9.
- CZAJA, M., KOLTON, A., MURAS, P. 2020: The complex issue of urban trees—stress factor accumulation and ecological service possibilities. *Forests*. Vol. 11: 932. doi:10.3390/f11090932.
- DE KIMPE, C., R., MOREL, J., L. 2000: Urban Soil Management A Growing Concern,” *Soil Science*, Vol. 165, 1: 31–40. doi: 10.1097/00010694-200001000-00005.
- EDMONDSON, J., L., DAVIES, Z., G., MCHUGH, N., GASTON, K., J., LEAKE, J., R. 2012: Organic carbon hidden in urban ecosystems. *Sci. Rep.* Vol. 2: 963. doi: 10.1038/srep00963.
- ENDLICHER, W. 2012: Einführung in die Stadtökologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 272 stran. ISBN 978-3-8252-3640-3.
- ERLWEIN, S., ZÖLCH, T., PAULEIT, S. 2021: Regulating the microclimate with urban green in densifying cities: Joint assessment on two scales. *Building and Environment*, Vol. 205: 108233. doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108233.
- EUROPEAN COMMISSION: The EU Strategy on Green Infrastructure. [online]. [cit. 19-08-2021]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/strategy/index_en.htm

EUROPEAN COMMISSION. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT, Technical information on Green Infrastructure (GI). SWD(2013) 155 Final. [online]. [cit. 19-08-2021]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructures/1_EN_autre_document_travail_service_part1_v2.pdf

FAO and ITPS. 2015: Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. 650 stran. ISBN 978-92-5-109004-6.

GAERTIG, T. 2007: Atemnot im Wurzelraum – Der Einfluss der Gasdurchlässigkeit des Bodens auf die Feinwurzelschließung und die Vitalität von Bäumen: in Jahrbuch der Baumpflege 2007. Hrsg.: DUJESIEFKEN D.; KOCKERBECK P., 11. Ausgabe. Haymarket Media Verlag. Braunschweig. 169 stran.

GREINERT, A. 2015: The heterogeneity of urban soils in the light of their properties. *J Soils Sediments*. Vol. 15: 1725–1737. doi: 10.1007/s11368-014-1054-6.

GRIMM, N., B., FAETH, S., H., GOLUBIEWSKI, N., E. 2008: Global change and the ecology of cities. *Science*. Vol. 319, 5864: 756–760. doi: 10.1126/science.1150195.

HILLEL, D. 1998: Environmental Soil Physics. San Diego: Academic Press. 801 stran. ISBN 0-12-348525-8.

HUANG, Y., LEI, CH., LIU, CH., PEREZ, P., FOREHEAD, H., KONG, S., ZHOU, J., L. 2021: A review of strategies for mitigating roadside air pollution in urban street canyons. *Environmental Pollution*. Vol. 280: 116971. doi: 10.1016/j.envpol.2021.116971.

HŮLA *et al.* 2010: Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. 58 stran. ISBN 978-80-86884-53-0.

JANHÄLL, S. 2015: Review on urban vegetation and particle air pollution - Deposition and dispersion. *Atmos. Environ.* Vol. 105: 130–137. doi: 10.1016/j.atmosenv.2015.01.052.

JIM, C., Y. 1998: Soil characteristics and management in an urban park in Hong Kong. *Environ. Manag.* Vol. 22: 683–695. doi: 10.1007/s002679900139.

KAMENÍČKOVÁ, I., LARIŠOVÁ, L., STOKLÁSKOVÁ, A. 2012: Vliv různých agrotechnologií na nasycenou hydraulickou vodivost K_s hlinité půdy v lokalitě Bohaté Málkovice. *Littera Scripta*. Vol. 5, 2: 233–242. ISSN 1802-503X.

KOLAŘÍK, J., JANÍKOVÁ, J., KRÁSA, A., MIKITA, T., PRAUS, L., ROMANSKÝ, M., ŠIMEK, P., VOJÁČKOVÁ, B., WEBEROVÁ, Š. 2018: Standardy péče o přírodu a krajinu: Hodnocení stavu stromů, SPPK A01 001:2018. 56 stran.

Koncepce environmentální bezpečnosti 2021-2030 s výhledem do roku 2050 [online]. Praha: MŽP, 2020 [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/environmentalni_bezpecnost

LAYMAN, R., M., DAY, S., D., MITCHELL, D., K., CHEN, Y., HARRIS, J., R., DANIELS, W. 2016: Below ground matters: urban soil rehabilitation increases tree canopy and speeds establishment. *Urban For. Urban Green*. Vol. 16: 25–35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.01.004>.

LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN, Freiflächengestaltungssatzung. [online]. [cit. 20-

08-2021]. Dostupné z: <https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Stadtplanung-und-Bauordnung/Lokalbaukommission/Kundeninfo/Freiflaechengestaltungssatzung.html>

LUKAS, V., NEUDERT, L., KŘEN, J. 2011: Mapování variability půdy a porostů v precizním zemědělství: metodika pro praxi. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-562-1.

LÜTTGE, U., BUCKERIDGE, M. 2020: Trees: structure and function and the challenges of urbanization. *Trees*. 1432–2285. doi: <https://doi.org/10.1007/s00468-020-01964-1>.

MADRID, L., DÍAZ-BARRIENTOS, E., REINOSO, R., MADRID, F. 2004: Metals in urban soils of Sevilla: seasonal changes and relations with other soil components and plant contents. *Eur J Soil Sci*. Vol. 55, 2: 209–217. doi: 10.1046/j.1365-2389.2004.00589.x.

MÁLEK, Z., HORÁČEK, P., KIESENBAUER, Z. 2012: Stromy pro sídla a krajinu. Olomouc: Baštan, Arboeko. 357 stran. ISBN 978-80-87091-36-4.

MARSHALL, T., J., HOLMES, J. W., ROSE, C., W. 1996: *Soil Physics*. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press. 472 stran. ISBN 978-0-521-45151-2.

MEINEKE, E., K., FRANK, S., D. 2018: Water availability drives urban tree growth responses to herbivory and warming. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 55, 4: 1701–1713. doi: 10.1111/1365-2664.13130

MIRZAEI, P., A. 2017: Recent challenges in modeling of urban heat island. *Sustainable Cities and Society*. Vol. 19: 200 – 206. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.04.001>

MORAKINYO, T., E., OUYANG, W., LAU, K., K., REN, CH., NG, E. 2020: Right tree, right place (urban canyon): Tree species selection approach for optimum urban heat mitigation - development and evaluation. *Science of The Total Environment*, Vol. 719: 137461. doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720309712>

MURRAY, K., S., ROGERS, D., T., KAUFMAN, M., M. 2004: Heavy metals in an Urban Watershed in , Southeastern Michigan. *J Environ Qual* Vol. 33, 1: 163–172. doi: 10.2134/jeq2004.1630.

NEHLS, T., ROKIA, S., MEKIFFER, B. *et al.* 2013: Contribution of bricks to urban soil properties. *J Soils Sediments*. Vol. 13: 575–584. doi: <https://doi.org/10.1007/s11368-012-0559-0>.

NĚMEČEK, J. a kol. 2011: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. ČZU Praha. 94 stran. ISBN 978-80-213-2155-7.

NOWAK, D., J., MCBRIDE, J., R., BEATTY, R., A. 1990: Newly planted street tree growth and mortality. *J. Arboric*. Vol 16, 5: 124–130.

NUSSL, H., HAASE, D., LANZENDORF, M., WITTMER, H. 2009: Land use policy. Environmental impact assessment of urban land transition – a context sensitive approach. *Land Use Policy*. Vol. 26, 2: 414–424.

PARK, Y., GULDMANN, J., M., LIU, D. 2021: Impacts of tree and building shades on the urban heat island: Combining remote sensing, 3D digital city and spatial regression approaches. *Computers, Environment and Urban Systems*. Vol. 88: 101655. doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2021.101655

PATTERSON, J., MURRAY, J., SHORT, J., 1980: The impact of urban soils on vegetation. Third Conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance, Piscataway, Vol. 3: 33–56.

PEJCHAL, M. 2008: Arboristika I. Obecná dendrologie. Mělník: Vyšší odborná škola zahradnická a střední zahradnická škola. 168 stran.

PEJCHAL, M. 1994: Hodnocení vitality stromů v městských ulicích. In: Stromy v ulicích. Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu. 87 stran.

PICKETT, S., T., A., CADENASSO, M., L., GROVE, J., M., BOONE, C., G., GROFFMAN, P., M., IRWIN, E., KAUSHAL, S., S., MARSHALL, V., MCGRATH, B., P., NILON, C., H., POUYAT, R., V., SZLAVECZ, K., TROY, A., WARREN, P. 2011: Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress. *J Environ Manag.* Vol. 92, 3: 331–362. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.08.022.

PICZAK, K., LEŚNIEWICZ, A., ŻYRNICKI, W. 2003: Metal concentrations in deciduous tree leaves from urban areas in Poland. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 86, 3: 273–287. doi: 10.1023/a:1024076504099.

REJSEK, K., VRANOVA, V., PAVELKA, M., FORMANEK, P. 2012: Acid phosphomonoesterase (E.C. 3.1.3.2) location in soil. *J Plant Nutr Soil Sci.* Vol. 175: 196–211. doi:10.1002/jpln.201000139.

RIIKONEN, A., KÄMÄRÄINEN, A., SIMOJOKI, A., LINDÉN, L. 2020: Soil aeration in two street tree establishment methods. In WATSON, G., MORGENROTH, J., SCHARENBRUCH, B., GILMAN, E., MIESBAUER, J. 2020. *The Landscape Below Ground IV: Proceedings of the Fourth International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils.* International Society of Arboriculture. 792 stran. ISBN 9781943378074.

RINKIS, G., RAMANE, H. 1989: *Kā barojas augi (Plant Nutrition)* Avots, Riga (in Latvian). 151 stran.

ROLANDO, C., A., LITTLE, K., M. 2003: Using chlorophyll fluorescence to determine stress in *Eucalyptus grandis* seedlings: scientific paper. *Southern African Forestry Journal.* Vol. 197: 5-12. doi: 10.1080/20702620.2003.10431716.

SAMNEGÅRD, U., PERSSON, A.S., and SMITH, H., G. 2011: Gardens benefit bees and enhance pollination in intensively managed farmland. *Biol. Conserv.* Vol. 144, 11: 2602–2606. doi: 10.1016/j.biocon.2011.07.008.

SÁŇKA, M., VÁCHA, R., POLÁKOVÁ, Š., FIALA, P. 2018: *Kritéria pro hodnocení produkčních a ekologických vlastností půd.* Praha: MŽP ČR. 1. vyd. 99 s. ISBN 978-80-7212-627-9.

SHAW, R. K. 2015: Soils in Urban Areas Characterization, Management, Challenges. *Soil Science.* Vol. 180, 4/5: 135. doi: 10.1097/SS.000000000000138.

SCHAFFERT, E., GLYNN, P. 2016: The Influence of Biochar, Slow-Release Molasses, and an Organic N:P:K Fertilizer on Transplant Survival of *Pyrus communis* 'Williams' Bon Chrétien'. *Arboriculture & Urban Forestry.* Vol. 42, 2: 102–110. doi: 10.48044/jauf.2016.009.

SCHARENBRUCH, B., C., LLOYD, J., E., JOHNSON-MAYNARD, J., L. 2005: Distinguishing urban soils with physical, chemical, and biological properties. *Pedobiologia*, Vol. 49: 283–296.

- SEPÚLVEDA, P., JOHNSTONE, D., M. 2019: A Novel Way of Assessing Plant Vitality in Urban Trees. *Forests*. Vol. 10, 2: 18. doi: 10.3390/f10010002.
- SILVA, J., M., C., WHEELER, E. 2017. Ecosystems as infrastructure. *Perspectives in Ecology and Conservation* Vol. 15, 1: 32–35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2016.11.005>.
- SOBOCKÁ, J. 2006: The genesis of urban ecosystems (in Slovak). *Proceedings: Pedogenesis and qualitative changes of soils in condition of natural and anthropically influenced areas*. Olomouc. Strana 19–22.
- SOBOCKÁ, J., 2003: Urban soils vs. anthropogenic soils, their characteristics and functions. *Phytopedon*, Vol. 2: 76–80.
- SOBOCKÁ, J., JAĎUĎA, M., POLTÁRSKA, K. 2004: Urban soils of the city Bratislava and their environment. *VÚPOP, Bratislava*. Strana 53–61.
- TESHNEHDEL, S., AKBARI, H., GIUSEPPE, E., BROWN, R., D. 2020: Effect of tree cover and tree species on microclimate and pedestrian comfort in a residential district in Iran. *Building and Environment*. Vol. 178: 106899. doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132320302584>.
- TROWBRIDGE, P., J., BASSUK, N., L. 2004: *Trees in the urban landscape: site assessment, design, and installation*. Hoboken: Wiley. 232 stran. ISBN 978-0-471-39246-0.
- VENHARI, A., A., TENPIERIK, M., HAKAK, A., M. 2017: Heat mitigation by greening the cities, a review study. *Environment, Earth and Ecology*; Vol. 1: 5–32. doi: <https://doi.org/10.24051/eee/67281>.
- VOKOUN, J., *et. al.* 2002: *Příručka pro průzkum lesních půd: Taxonomický klasifikační systém půd ČR (Jan Němeček a kol.) v lesnické praxi*. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem. 43 stran.
- WANG, XS., ZHANG, P., ZHOU H., A., FU, J., 2012: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Urban Topsoils: Concentration and Source Analysis in Xuzhou, China. *International Journal of Environmental Studies*, Vol. 69: 4: 602–615. doi: 10.1080 / 00207233.2012.693288.
- WATSON, G., MORGENROTH, J., SCHARENBRUCH, B., GILMAN, E., MIESBAUER, J. 2020. *The Landscape Below Ground IV: Proceedings of the Fourth International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils*. International Society of Arboriculture. 792 stran. ISBN 9781943378074.
- WIRTH, V., SCHNEIDER, M., RUPP, J., TEICHMANN, U., BRÜNDL, W., KOSSMANN, M., MÜHLBACHER, G. 2016: *Konzept zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in der Landeshauptstadt München*. [online]. Edited by Referat für Gesundheit und Umwelt. München, Augsburg, Berlin. [cit. 20-08-2021]. Dostupné z: https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:8eb68d50-5c21-4948-92ae-62fa129ab566/bericht_klwa_10_2016.pdf.
- World Health Organization. 2012: *Health Indicators of Sustainable Cities in the Context of the Rio+20 UN Conference on Sustainable Development*. 2016f. WHO/HSE/PHE/7.6.2012f.
- World Health Organization. 2016: *Urban green spaces and health*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.