

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



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 extrémy jsou více patrné v rámci výskytu, v poslední době stále četnějších 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 rozšíření, 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. Sít' 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 propustnost 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 ochlazování 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 můžou 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 části 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 (Nuißl *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 oblasti 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 (Rinķis 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 demonstuje 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 pěstebního 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 výsušných, 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).

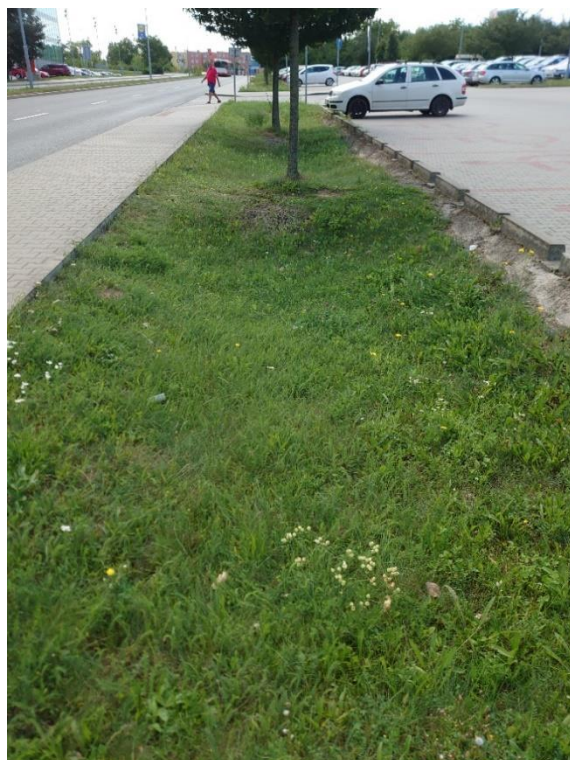
Smyslem je vytváření ploch, které mají schopnost příznivě ovlivňovat klima, tj. přispívat k lokálnímu zchlazování a zvyšování vzdušné vlhkosti v intravilánu. Kromě rozšiřování stávajících ploch zeleně a zakládání nových to zahrnuje úpravu stávající šedé infrastruktury cíleným ozeleňováním.

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, plní 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: *Pnoucí 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 příčepivými 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.

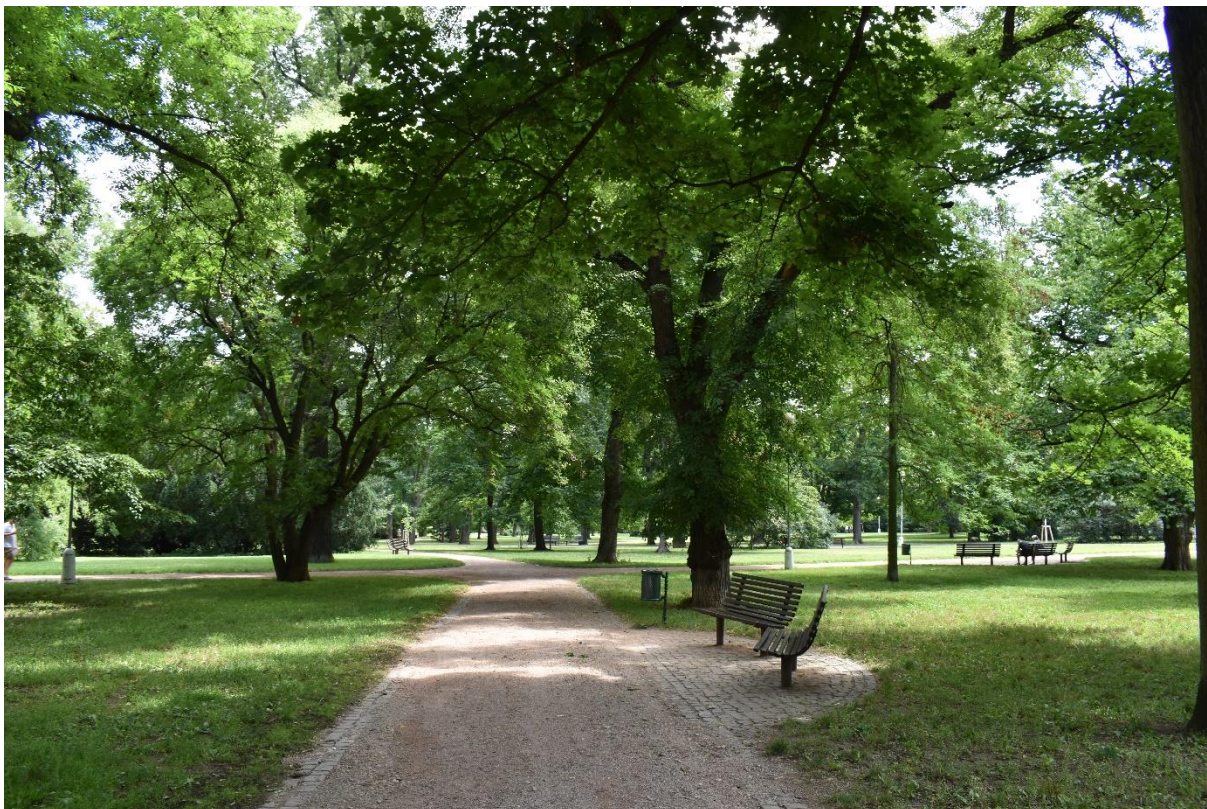
Vegetační prvek v městském prostředí má potenciál plnit celou řadu funkcí a poskytovat širokou škálu služeb, často však bývají jeho možnosti omezeny jen na plnění funkce estetické.

Typickým příkladem nevhodné praxe jsou dlouhověkové 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 převzmou 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 paradigmata 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.

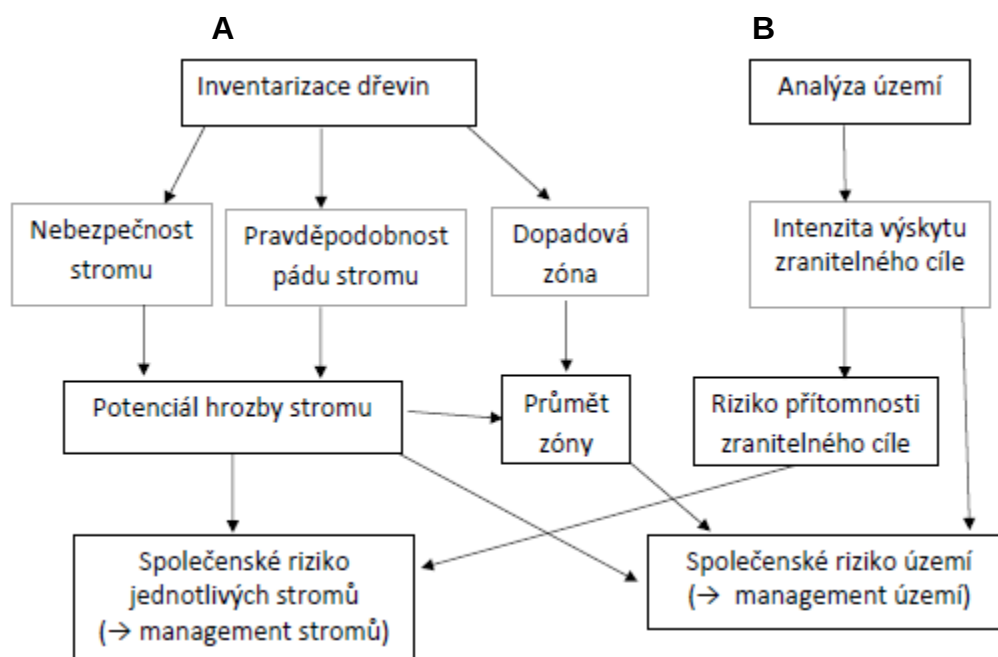
Postup analýzy rizik

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 využití 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 redukováná (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.

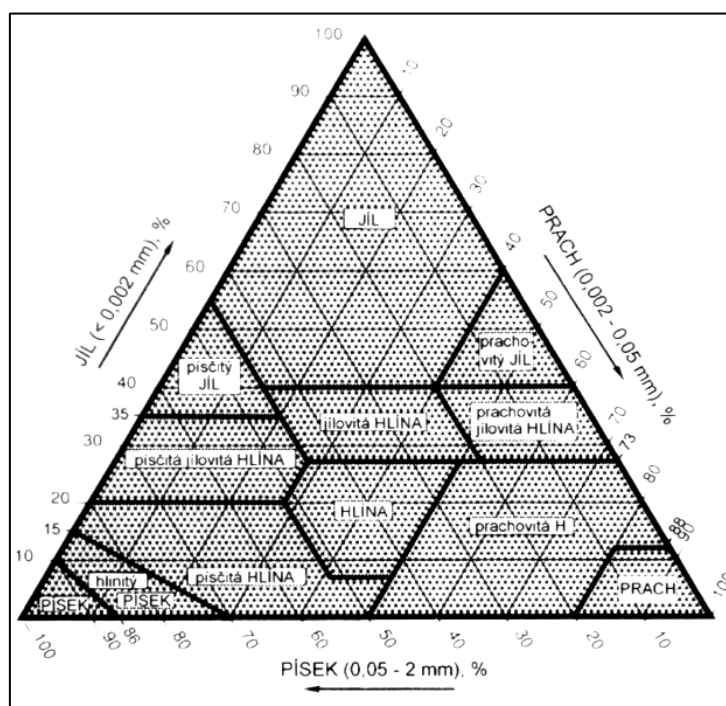
První krok stanovení spočívá v zrnitostním rozboru půdy, který charakterizuje procentuální zastoupení částic určité velikosti a je základem klasifikace půdy podle druhu nebo zrnitostní třídy. V pedologické praxi lze metody stanovení rozdělit na orientační a laboratorní.

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 jíl	> 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 jíl. 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 (písčitohlinité a hlinité) s převahou prachovitých částic; těžké (jílovitohlinité, 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 odebírány 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 pórovitost.

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 odebírány 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 jemnozemě 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 okružovým 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.

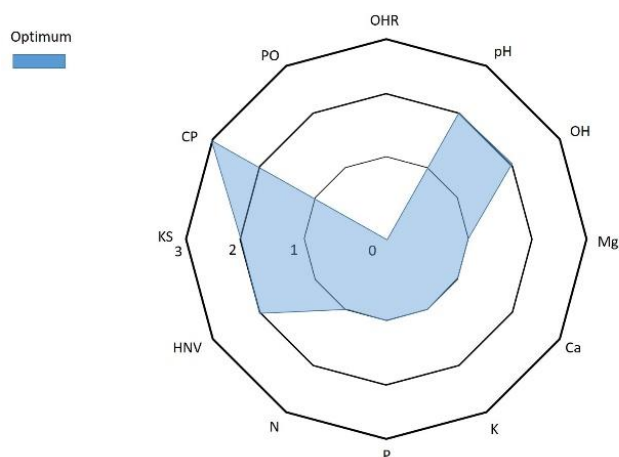
Tyto ukazatele lze považovat za reprezentativní s vazbou na celkovou kvalitu městské půdy.

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

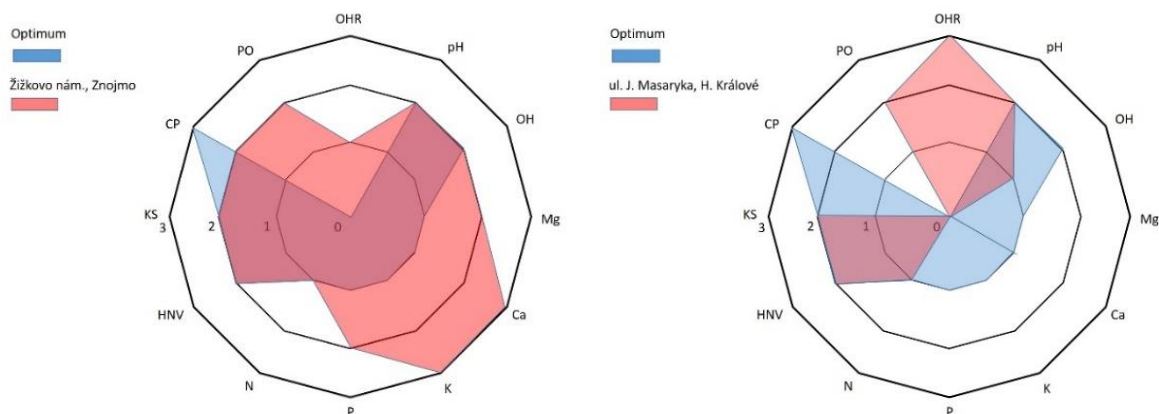
Na základě parametrů kvality a referenční hodnot městských půd z Tab. 2, byl sestaven graf, ve kterém je modrou barvou vyznačena plocha charakterizující jejich optimální hodnoty.



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

Legenda použitých zkratk: OHR – objemová hmotnost reduková, 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	- snáší městské prostředí - odolnost k vysokým teplotám - vhodná i do zpevněných ploch - velká listová plocha	- 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 lavalleyi</i> , <i>C. monogyna</i>) + kultivary	hloh (h. obecný, h. Lavallův, h. jednosemenný)	- snáší městské prostředí - odolnost k vysokým teplotám a suchu - vhodné i do zpevněných ploch	- 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	- odolnost městskému prostředí - kultivary - úzká koruna	- 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	- odolnost městskému prostředí - odolnost k vysokým teplotám - snáší zasolení	- citlivý na suchu - 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	- odolnost k městskému prostředí - možnost výsadby do zpevněných povrchů - snáší zasolení	- citlivý na suchu - 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 dřevo - 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	ambrož 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	Výběr kvalitních půd a příprava substrátů pro výsadbu <i>Při zhoršených nebo nevhodných půdních podmínkách je potřebné jejich zlepšení přidavkem 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>
2	Podpora obnovy zásoby organické hmoty v půdě <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>
3	Zabezpečení dostatečného objemu prokořitelného prostoru <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>
4	Výměna případně odstranění kontaminované půdy <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>
5	Odstranění nežádoucích materiálů z půdy <i>Jedná se o odstranění kamenů, stavební sutě, odpadů v podobě plastů a kovů do hloubky odpovídající hloubce kořenové zóny.</i>
6	Zamezení vzniku zhutnění půdy a zlepšení fyzikálních poměrů <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>
7	Budování propustných povrchů <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>
8	Zvyšování retence vody <i>Vytváření závlahových mís u nových výsadeb, využívání strukturních substrátů, vyspádování zpevněných ploch k vysazovaným dřevinám, vysokotlaká hloubková injektáž hydroabsorbentů aj.</i>

Tabulka 7 - pokračování

č.	Preventivní a nápravná opatření
9	Závlahové systémy <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>
10	Údržba travnatých ploch s ohledem na stávající výsadby dřevin <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>
11	Hnojení <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 injektáže. 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>
12	Úprava půdní reakce <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>
13	Zlepšení vlastností povrchové vrstvy půdy trávníku <i>Povrchová aplikace kvalitního substrátu, křemičitého písku, nebo stabilního a hygienizovaného kompostu (inaktivována semena plevelů a mikroorganismy) ve vrstvě několika milimetrů, která podpoří rozklad stařiny a odnožování trávníku.</i>
14	Prokypření povrchové vrstvy půdy trávníku <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>
15	Dosev trávníku <i>S ohledem na charakter a druhové složení travního porostu je vhodná dávka osiva v množství 2–10 g.m⁻². Aplikaci lze zajistit volným rozhozením s následným zapravením pomocí např. prutových bran, nebo s využitím dosévacích strojů.</i>

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 sutí, 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 pufrací 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 dlouhověké 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 Feinwurzelerschießung 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 Ks 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.

NUISSEL, 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., GULDMMANN, 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.0000000000000138.

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*. 20162. WHO/HSE/PHE/7.6.2012f.

World Health Organization. 2016: *Urban green spaces and health*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.