



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Erasmus+

Vademecum pro udržitelné plánování městské zeleně





Tento dokument byl zpracován v rámci projektu Erasmus Plus „Viridis Loci“ (2021–1 - IT01 – KA220 – VET - 000025302).

Podpora Evropské komise pro vydání této publikace neznamena schválení jejího obsahu, který odráží pouze názory autorů, přičemž Evropská komise nenese odpovědnost za jakékoli použití informací v ní obsažených.

Forma výsledku: Metodiky / směrnice – Metodický rámec pro implementaci



Vademecum pro udržitelné plánování městské zeleně

Obsah:

1. Popis projektu
2. Cíle dokumentu
3. Ekosystémové služby – definice
4. Analýza a kvantifikace ekosystémových služeb
5. Závěry a další kroky
6. Odkazy

1. Popis projektu

Cílem projektu Viridis Loci (VL) je zajistit odborné vzdělávání a přípravu/přenos dovedností v oblasti řádné správy zeleně a parků v obcích a městech pro pracovníky veřejné správy a soukromé subjekty, v jejichž zájmu je vzdělávat se v oblasti profesionální správy městské zeleně na třech evropských ostrovech: Sardinii, Baleárských ostrovech a Madeiře. S ohledem na roli a přítomnost českého partnera nutno říci, že Česká republika přispěje k realizaci projektu jako jedna z evropských zemí, kde je „kultura dobře spravovaných zelených ploch ve městech hluboce zakořeněna jako ekosystémová a sociální služba prováděna pro celou společnost.“

Partneři projektu pocházejí ze čtyř evropských zemí: Itálie, Španělska, Portugalska a České republiky. Italskými partnery jsou: ANCI Sardegna (vedoucí projektu), Fito-consult a ATM Consulting; španělským partnerem je FELIB (Federace obcí Baleárských ostrovů); portugalským partnerem je AREAM (Regionální agentura pro energii a životní prostředí autonomní oblasti Madeira). Českým partnerem je ABA International (nezisková mezinárodní vzdělávací asociace a certifikační orgán).

Konsorcium předložilo tento projekt ze tří hlavních důvodů:

- 1) Environmentální udržitelnost a boj proti změně klimatu: zdůrazňuje roli dobře spravovaných zelených ploch/parků ve městech a obcích všeobecně zacílenou na poskytování ekosystémových služeb (přínosy, které lidem z přírody plynou, např. regulace klimatu, zachycování CO₂, zlepšování kvality ovzduší, kulturní hodnoty, veřejné zdraví a ochrana biologické rozmanitosti).
- 2) Teritoriální rozsah projektu. Projekt bude realizován na třech ostrovech v jižní Evropě, které jsou díky své poloze zpravidla izolované a ve srovnání s ostatními regiony kontinentu trvale ekonomicky znevýhodněné.
- 3) Překonání nedostatků ve znalostech s využitím ICT technologií a předání pokročilé technologické a inovativní pracovní metodiky.

Projekt bude realizován na třech ostrovech v jižní Evropě, které jsou díky své poloze zpravidla izolované a ve srovnání s ostatními regiony kontinentu trvale ekonomicky



znevýhodněné. Ostrovy mají tendenci hospodářsky zaostávat a inovační procesy mají negativní dopad na komunity, které na nich žijí. Míra nezaměstnanosti na těchto třech ostrovech je vysoká, a to zejména mezi mladými lidmi a ve všech případech je vyšší než příslušné národní průměry: Sardinie (18 % - nezaměstnanost mladých lidí okolo 45 %), Baleárské ostrovy (nezaměstnanost mladých lidí 17 % - přibližně 40 %) a Madeira (10 % - nezaměstnanost mladých lidí 50,5 %).

2. Cíle dokumentu

„Vademecum pro udržitelné plánování městské zeleně“ je klíčovým výsledkem projektu Viridis Loci. Cílem tohoto dokumentu je:

- zavádění nových koncepcí a dovedností, které jsou zacílené na zúčastněné strany působící v oblasti městského a územního plánování,
- navržení digitálních řešení, která jsou schopna kvantifikovat přínosy městské vegetace pro životní prostředí (konkrétně ekosystémové služby),
- zlepšení informovanosti zúčastněných stran o přínosech městské vegetace a řešeních založených na přírodě.

To povede k uvědomělejšímu územnímu plánování a údržbě měst, a tím ke zvýšení udržitelnosti zeleně v městských oblastech.

Vademecum je odpovědí na rostoucí potřebu zainteresovaných stran a občanů, kteří mají zájem o nové, kompletní a systémové metodiky hodnocení a posuzování městské vegetace. Dokument je nutno vnímat jako kompas pro orientaci v nových koncepcích a jako výchozí bod pro seznámení se s nejnovějšími digitálními řešeními, která lze ve městech aplikovat. Nicméně pro ty, kteří mají konkrétní zájem popsání metodiky použít, může být užitečné si prostudovat i příslušnou literaturu (viz příloha) a vždy mít na paměti, že v konkrétních lokalitách může být nutné provést i kalibrace a validace.

Potřeba navrhnout Vademecum, které by bylo schopno představit nový přístup k hodnocení, správě a plánování městské zeleně, navíc vychází z rostoucího významu a složitosti současné městské zelené infrastruktury. Zelená infrastruktura totiž zlepšuje kvalitu života obyvatel měst a Vademecum pomůže dosáhnout cíle Agendy 2030, včetně environmentální, sociální a ekonomické udržitelnosti.

Vzhledem k většímu významu a rostoucímu povědomí občanů muselo v posledních letech mnoho obcí v rámci svých rozvojových projektů environmentální a sociokulturní roli městské zeleně zohlednit. A to často pod hlavičkou „regenerace měst“, kde však nebylo ani dosaženo ani vyčísleno hmatatelné zlepšení městského prostředí, zejména pokud jde o městskou zeleň. V současné době totiž nemáme žádné přijaté rámce pro posouzení a

stanovení hodnoty městského přírodního bohatství a poskytovaných ekosystémových služeb. Většina dostupných metodik se zaměřuje na jednotlivé složky, např. půdu nebo stromy, přičemž nezohledňuje systémovou složitost typickou pro každý jednotlivý ekosystém. V současnosti dostupné hodnotící rámce navíc nabízejí kvalitativní a subjektivní výsledky, přičemž případná ekonomická hodnota závisí na omezeném souboru ukazatelů, často odvozených z jiných vědních oborů a přizpůsobených městským ekosystémům.

Proto je zapotřebí zcela nový přístup, který bude systémový a kvantitativní. Jeho podstatou je městská vegetace. Městská vegetace, která zahrnuje všechny stromy, keře, trávníky a další městskou vegetaci, může při vhodné správě sehrát důležitou roli při zajišťování lepší kvality života a pomůže splnit cíle stanovené Agendou 2030 (2), čímž napomůže dosažení 15 cílů udržitelného rozvoje (3): v městském prostředí totiž může poskytovat řadu ekosystémových služeb, jako je pročištění ovzduší, regulace globálního klimatu, regulace teploty, zmírňování odtoku vody a také rekreační příležitosti a vyšší estetické hodnoty (3). Stručně řečeno, městská vegetace může přispět k tomu, aby byla města bezpečnější, zdravější, bohatší a atraktivnější, přičemž její přínosy lze rozdělit do sociálních, komunálních, environmentálních a ekonomických kategorií (4). Navzdory této ústřední roli není městská vegetace často rozhodovacími orgány považována za prioritu, takže rozpočtové prostředky jsou přidělovány jiným oblastem, které jsou vnímány jako důležitější.

A co hůř, většinou se na ně pohlíží jen jako na náklady, i když studie prokázaly, že přínosy městských stromů převyšují náklady v poměru 1,37 až 3,09 (5), přičemž hodnota poskytnutých ekosystémových služeb se ve Spojených státech amerických odhaduje na 3,8 miliardy dolarů ročně (6). Navzdory dlouholetým výzkumům a vzhledem k tomu, že se městské prostředí liší od přírodního, roste tedy městská vegetace v nehostinných podmínkách, a proto je její životnost omezená, strom se ve městě dožívá v průměru 19 až 28 let (7), a ovlivní to i její schopnost být dlouhodobě prospěšná (8). Z důvodu podhodnocení tohoto významu začalo v posledních letech mnoho vědců připravovat strategie, ve kterých zdůrazňují vliv přírody na lidská osídlení, přičemž městské přírodě, její implementaci a managementu, který je klíčový pro zajištění optimálního přínosu k fyziologickému, sociologickému a ekonomickému blahobytu městské společnosti, přisuzují primární

vědeckou roli, ovšem s mnoha možnostmi vývoje (3). Městská vegetace by ve městech a jejich okolí měla být studována za použití integrovaného, interdisciplinárního, participativního a strategického přístupu k plánování a řízení (3). Plánování a řízení městské vegetace je tedy meziodvětvovým oborem, a proto se jedná o velmi složitý proces, který se musí zabývat hned několika tématy, jako je krajinná ekologie, arboristika, urbanismus a vědy o životním prostředí; zároveň však musí uspokojovat různé zájmy zúčastněných stran, především občanů, veřejných orgánů, výzkumných pracovníků a dotčených průmyslových odvětví.

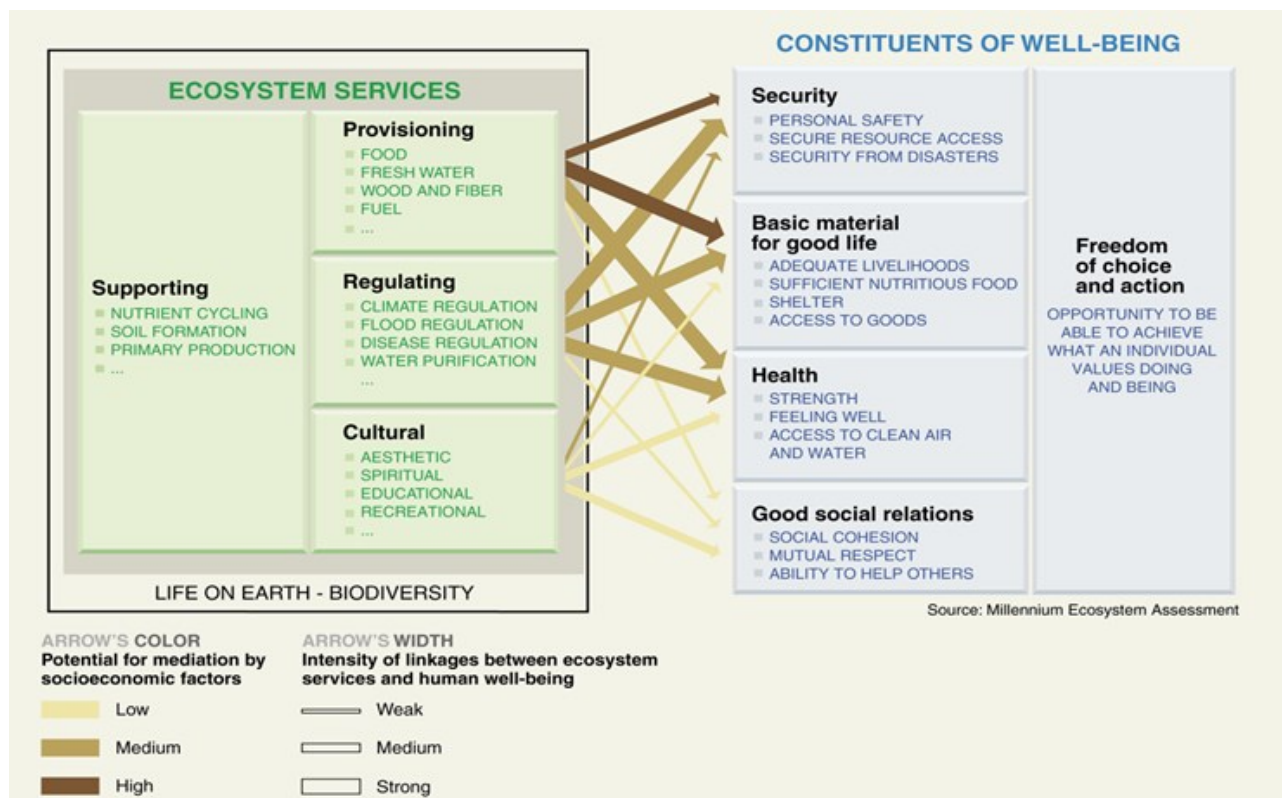
V současné době potřebuje celkový městský přírodní kapitál pro svůj dlouhodobý rozvoj silnou podporu výzkumu, který by se měl zabývat čtyřmi hlavními body:

1. Ochrana, implementace a adaptace přírodních entit ve městech s cílem zlepšit jejich vhodnost pro městské prostředí, a tím zlepšit poskytované ekosystémové služby.
2. Prostorové rozložení městské zeleně: dobře navržené a naplánované systémy mohou zajistit lepší ochranu biologické rozmanitosti a propojit venkovské a městské oblasti.
3. Správa městské přírody, což je aspekt, který je třeba ještě důkladně prozkoumat, vypracování lokálních a na míru šitých plánů, které budou schopny uspokojit specifické potřeby.
4. Rozhodovací procesy musí být více participativní a transparentní s kvantitativními údaji, které získáme ze spolehlivých zdrojů.

Následující dokument chce představit jeden z prvních pokusů v tomto směru. To znamená metodiku, kterou je třeba ještě doladit a komentovat a implementovat ji v podobných případových studiích.

3. Ekosystémové služby - definice

Výraz ekosystémové služby (ES) byl zaveden na počátku 80. let 20. století a v následujícím desetiletí se rozšířil, a to zejména díky výzkumům Dailyho (9) a Costanzy (10). Druhý jmenovaný provedl jeden z prvních globálních odhadů (10), jehož cílem bylo vypočítat celkovou hodnotu ES, které Země ročně lidstvu poskytuje, přičemž výsledná částka byla mezi 16 000 a 54 000 miliardami dolarů. Tyto studie vedly k dalším výzkumům prováděným pouze v omezených oblastech, jež byly poprvé integrovány do mezinárodního měřítka v rámci projektu hodnocení změn ekosystémů Millennium Ecosystem Assessment (11). ES jsou zde definovány jako přínosy, které lidstvo má nebo může získat z ekosystémů. Costanza navrhl 17 typů ES, zatímco MEA je redukuje na 4 hlavní kategorie, přičemž důrazně zdůrazňuje úzké vztahy (s různým potenciálem a intenzitou) mezi ES a lidským blahobytem, pokud jde o bezpečnost, základní materiální zajištění, zdraví a sociální vztahy, což jsou aspekty naprosto zásadní pro zaručení svobody při rozhodování a jednání. MEA analyzuje koncepci ES s použitím přímé užitné hodnoty (k označení přínosů plynoucích z přímého užití, jejichž hodnotu lze získat prostřednictvím průzkumů) nebo nepřímé užitné hodnoty (k označení přínosů plynoucích z procesů, které tedy nejsou přímo dostupné, jako jsou procesy vedoucí k tvorbě půdy, čištění vody, opylování...). MEA navíc přidává deklinaci hodnoty ES v různých individuálních a budoucích úrovních (udává částku neboli hodnotu, kterou jsme ochotni použít pro zachování a předání přírodních zdrojů dalším generacím, tedy nevyužívání části dostupných přírodních zdrojů).



Obr. 1 Ekosystémové služby, jejich klasifikace a vztahy k lidskému blahobytu.

Zdroj: Hodnocení změn ekosystémů (Millennium Ecosystem Assessment), 2005.

MEA představuje zásadní milník: nejenže definuje čtyři kategorie ES, ale také obrací pozornost akademiků a zainteresovaných stran ke stavu degradace přírodního prostředí, protože více než 60 % ES bylo klasifikováno jako ohrožených (12).

Tyto čtyři kategorie zahrnují zásobovací služby (např. hmotné věci, jako jsou potraviny, pitná voda, dřevo, vlákna, léčivé rostliny), regulační služby (např. environmentální procesy, které mají vliv na přírodní kapitál i na antropogenní činnosti) a kulturní služby (např. převážně nemateriální, jako je duchovní obohacení, kognitivní rozvoj, rekreační aktivity, estetické hodnoty a zážitky, znalostní systémy, sociální vztahy). K těmto třem hlavním kategoriím byly přidány podpůrné služby, které označují základní procesy, např. produkci atmosférického kyslíku, tvorbu a ochranu půdy, koloběh vody, tvorbu a udržování habitatů, které jsou pro zachování prvních tří kategorií nezbytné.

V posledních letech nabyl koncept ES ještě většího významu díky Agendě 2030 a dosažení jejích cílů, které zdůrazňují význam ekosystémových služeb pro blaho lidí: např. cíl 11 Agendy zdůrazňuje potřebu udržitelnosti ve městech a stanovuje přesné cíle, kterých by mělo být do roku 2030 dosaženo:

- *11.6 Snížení negativního dopadu na životní prostředí/na obyvatele se zvláštním důrazem na kvalitu ovzduší a nakládání s komunálním odpadem.*
- *11.7 Zajištění všeobecného přístupu k bezpečným, inkluzivním a přístupným zeleným veřejným prostranstvím, zejména pro ženy, děti, starší osoby a osoby se zdravotním postižením.*
- *11.a Podpora pozitivní ekonomické, sociální a environmentální vazby mezi městskými, příměstskými a venkovskými oblastmi a posílení národního a regionálního rozvojového plánování.*
- *11.b Výrazné zvýšení počtu měst, která přijímají a provádějí integrované politiky a plány na podporu začleňování, účinného využívání zdrojů, zmírňování změny klimatu a přizpůsobování se této změně, odolnosti vůči katastrofám, které podporují a provádějí holistické řízení rizik katastrof na všech úrovních v návaznosti na Sendajskou strategii pro snižování rizika katastrof 2015-2030.*

Proto je nezbytné zachovat, zkvalitnit a implementovat zelené plochy v městských a příměstských oblastech, posílit a zhodnotit ekosystémové služby tak, aby bylo možné dosáhnout ambiciózních cílů Agendy 2030 a zajistit pro obyvatele udržitelné a příjemné prostředí.

4. Analýza a kvantifikace ekosystémových služeb

Z tohoto akademického výchozího bodu se partneři Viridis Loci zaměřují na převedení do praktických a použitelných pokynů pro každodenní pracovní situace se zaměřením na to, co může městská vegetace nabídnout z hlediska ekosystémových služeb. V posledních desetiletích mnoho studií prokázalo význam městské vegetace a městských stromů při poskytování ekosystémových služeb. Patří mezi ně zachycování dešťové vody a chlazení zastavěného prostředí, zachycování škodlivin z ovzduší. Jak bylo uvedeno, donedávna nebylo možné tyto ekosystémové služby měřit a finančně ohodnotit. Konkrétních znalostí o přínosech zeleně pro naše města bylo příliš málo.

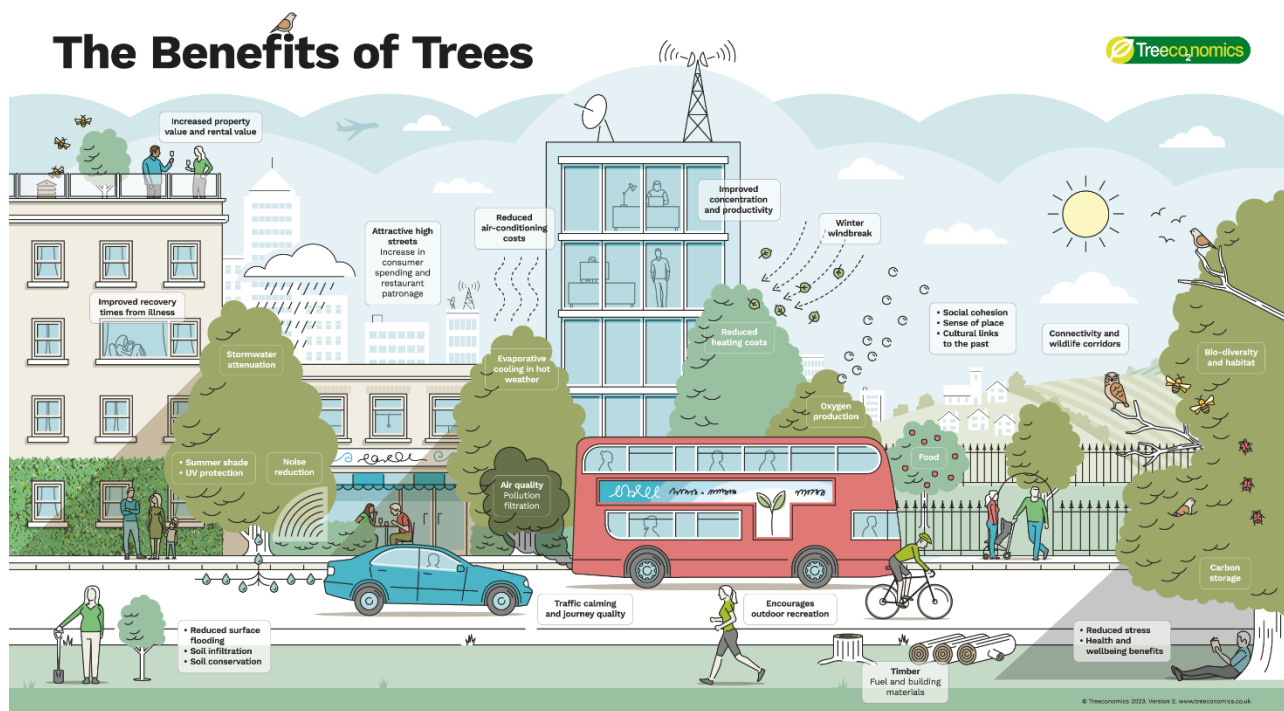
V současné době jsou k dispozici různé metodiky pro provádění analýzy městských stromů. Ve většině případů je cílem hodnocení stanovit ekonomické hodnoty stromů a/nebo hodnocení rizika stromů. Například v Itálii rozšířený systém je založen na hodnocení fixních faktorů – jejichž definice je částečně ponechána na subjektivitě hodnotitele – násobených cenovým koeficientem, zvaným „jednotková cena“, což je desetina ceny stromu o deseti cm² bazální plochy (např. o průměru 3,57 cm nebo o obvodu 11 cm), převzatého z ceníku lesní školky. Tato metodika bere v úvahu různé parametry stromu (estetickou hodnotu, fyto-sanitární stav, velikost a polohu) vynásobené ekonomickou hodnotou, aby bylo dosaženo celkové ekonomické hodnoty stromu. Ve většině případů je však konečná hodnota velmi nízká ve srovnání se skutečnými velikostmi a rozměry stromu: např. je jasné, že strom s obvodem 11 cm nelze považovat za rovnocenný dospělému exempláři s obvodem větším než 200 cm. Proto jsou informace pocházející z tohoto druhu hodnocení často zavádějící a nepřesné.

Zpráva se navíc kromě ekonomického výpočtu zaměřuje především na takové aspekty stromů jako jsou estetika, poloha a velikost jednotlivých exemplářů, přičemž nezohledňuje systémový rozměr území. Nebyly analyzovány různé prvky - např. půda a její vlastnosti, bylinná vrstva, koloběh vody, vnímání zeleně občany a uživateli. Všechny tyto prvky mají pro tvorbu přírodního kapitálu území zásadní význam a měly by být v projektu zohledněny, protože aktivně přispívají k definování hodnoty území. Jedná se o zjevný nedostatek v hodnotící metodice, který vede k nesprávnému odhadu skutečné hodnoty území: tento

nedostatek však nelze přičítat projektantům a architektům, ale spíše současné metodice, kterou vyžaduje většina italských měst.

Pokud jde o hodnocení rizik stromu, obvykle se hodnotitelé řídí specifickými protokoly – např. protokolem ISA –, aby vyhodnotili statické podmínky stromu a poté rozhodovali o nezbytných zásazích podle logického procesu založeného na čtyřech základních fázích: anamnéze, diagnostice, prognóze a návrhu řešení. Cíl je tedy jiný a nezahrnuje kvantifikaci ekosystémových služeb, ale týká se především řízení rizik. V běžnějších protokolech je prvním základním krokem individuální vyhodnocení každého stromu, vyplnění formuláře VTA (Visual Tree Assessment), ve kterém jsou uvedeny charakteristiky stromu a jakékoli viditelné vady, s obecnými informacemi o prostředí, ve kterém je zakořeněn. V případě potřeby může hodnotitel analýzu obohatit o vhodné nástroje a techniky (např. dendrodenzimetr, sonickou tomografii, tahové zkoušky metodou SIM) tak, aby mohl detailněji prozkoumat stabilitu stromu a na závěr mu přidělit příslušnou kategorii (A, B, C, C/D, D), která představuje propedeutiku při selhání a stanovení opakovaných kontrol v následujících letech nebo údržbu stromu či jeho odstranění (stupeň C/D a D), které je třeba provést okamžitě.

Jak je tedy možné hodnotit a kvantifikovat ekosystémové služby, které městské stromy nabízejí?

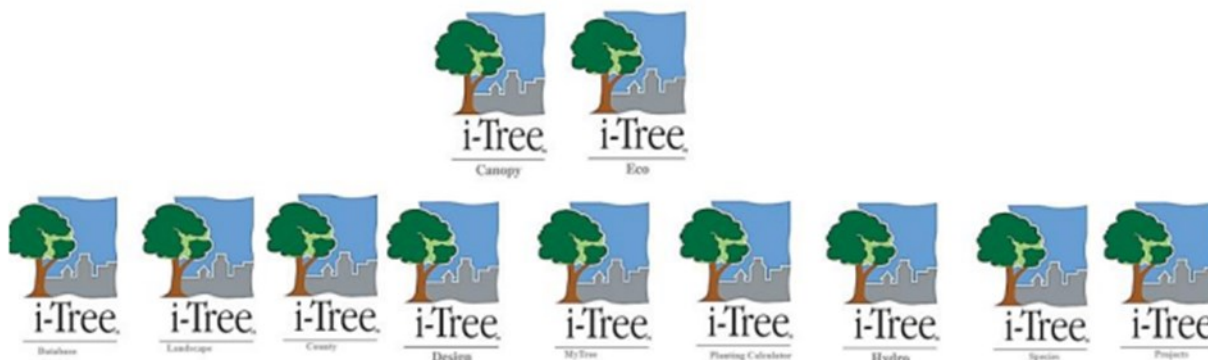


Obr. 2 Různé výhody nabízené stromy v městských oblastech. Kredit: Treeconomics

Mezi různými nástroji, které byly vyvinuty v posledních letech, je nejpřesnější a nejrozšířenější I-Tree, vyvinutý ministerstvem zemědělství Spojených států amerických (USDA). Tento software dokáže vypočítat různé výhody poskytované stromy a keři v městském prostředí. Partnerství mezi USDA Forest Service a různými spolupracovníky (včetně The Davey Tree Expert Company, The Arbor Day Foundation, Society of Municipal Arborists, International Society of Arboriculture a Casey Trees) vydalo I-Tree v roce 2006. I-Tree, zakořeněný v Urban Forest Effects (UFORE), je program využívaný organizací USDA Forest Service k posouzení rozmanitých přínosů stromů v různých lokalitách, vyniká jako recenzovaný nástroj, přístupný všem bez poplatku. Uživatelé aktivně přispívají k jeho neustálému vývoji. I-Tree rozšířil svůj dosah do mnoha evropských zemí, začlenil místní druhy stromů a využil údaje o počasí a znečištění pocházející z evropských monitorovacích stanic, s podporou Evropské agentury pro životní prostředí (EEA). Nedávná data z let 2015 až 2020 pro vybrané stanice pro sledování počasí a znečištění podporují výpočty ekosystémových služeb v rámci I-Tree. Tato integrace evropských dat umožňuje uživatelům přizpůsobit analýzy jejich specifickým lokalitám výběrem odpovídajících monitorovacích

stanic: do roku 2021 přesáhla globální komunita uživatelů I-Tree 622 000, přičemž více než 93 000 uživatelů působí mimo USA.

I-Tree se skládá z 11 různých softwarů, jako je Landscape, County, Design, Hydro atd.



Obrázek 3: Přehled sady I-Tree Suite s různým volně dostupným softwarem. Zdroj: I-Tree.

Každý z nich se zaměřuje na odlišné aspekty, ať už jde o specifické ekosystémové služby, jako je Hydro, které se ponoří do účinků využívání půdy na hospodaření s vodou, nebo různá měřítka, jako je krajina I-Tree. I-Tree Canopy a Eco vynikají jako nejpoužívanější a nejvhodnější pro evropské poměry, protože integrují data o počasí a znečištění ovzduší. I-Tree Canopy funguje online a vyhovuje větším oblastem, jako jsou čtvrti, okresy a města. Na druhou stranu I-Tree Eco, který je k dispozici ke stažení zdarma, zahrnuje jednotlivé stromy až celé kmeny stromů v určené oblasti. I-Tree Eco je zdaleka nejpoužívanější software, který nabízí pohled na tři zásadní aspekty stromové inventury města nebo oblasti: strukturu, funkci a ekonomickou hodnotu. Výpočty s I-Tree Eco mohou vycházet z komplexní inventury nebo studie pozemku. Druhá metoda, využívající výběr náhodně rozmístěných pozemků o průměru 22,6 metru v celé projektové oblasti, poskytuje holistický přehled o struktuře, funkci a hodnotě místních stromů – veřejné i soukromé.

Studie pozemku se ukázala jako obzvláště vhodná pro implementaci I-Tree Eco v rozsáhlých regionech, jako jsou celá města nebo zalesněné oblasti. Prozkoumáním minimálně 200 pozemků se objeví přesné zobrazení ekosystémových služeb v celé oblasti projektu. Naopak úplný inventář zahrnuje všechny stromy v určené oblasti, příkladem je projekt Million

Tree Project v New Yorku, který inventarizoval všech 592 130 obecních stromů, což znamená průkopnickou rozsáhlou implementaci programu I-Tree Eco. K provedení výpočtu I-Tree Eco jsou vyžadovány základní údaje, jako je druh a průměr kmene jednotlivých stromů. I-Tree poté využívá tyto informace k modelování každého stromu, což usnadňuje výpočty listové plochy. Pro zvýšení přesnosti se doporučují další vstupy dat, jako je využití půdy, výška stromu, rozměry koruny, zdravotní stav a vystavení světlu. Přesnost a komplexnost těchto dat významně ovlivňuje výsledné výpočty ekosystémových služeb. Data lze importovat do aplikace pomocí různých prostředků, jako je Excel, nebo přímo vkládat. Po zajištění úplnosti a přesnosti dat jsou data odeslána na server se sídlem v USA pro výpočty i-Tree. Během krátké doby, obvykle za několik hodin, uživatelé obdrží upozornění na získání výsledků z aplikace.

Jsou použity různé a četné parametry v I-Tree jako vstup. S uvedenými vstupy dokáže software vypočítat následující výstupy:

- strukturu a složení městských lesů,
- ukládání a sekvestraci uhlíku,
- produkci kyslíku,
- odstranění látek znečišťujících ovzduší (PM 2,5; O₃ ; NO₂ ; CO),
- vliv na koloběh vody (zamezení odtoku).

Pro každý z těchto výstupů může software – kromě kvantifikace – vypočítat ekonomickou hodnotu, odpovídající odebraným množstvím vynásobeným peněžními koeficienty. Každý výstup je kvantifikován za použití různých matematických modelů kalibrovaných a validovaných pro jednotlivé simulace. Tyto modely jsou vysoce spolehlivé, což je potvrzeno několika recenzovanými vědeckými články, jakož i dalšími případovými studiemi týkajícími se analýzy městských lesů v různých částech světa.

Struktura a složení městských lesů

Pochopení skutečného složení městských lesů (UF) je pro správné posouzení a kvantifikaci poskytovaných ekosystémových služeb zásadní. Z tohoto hlediska má databáze velký význam: čím podrobnější jsou údaje, tím je analýza přesnější. Jak bylo vysvětleno, případová studie vychází z částečného sběru dat, a je tedy ve srovnání s původní strukturou a složením porostu neúplná. I přesto může software I-Tree městský les analyzovat a poskytnout například úplný rámec přítomných druhů, nejčastějších průměrových tříd a jejich původu. Kromě těchto čistě informativních výstupů dokáže I-Tree vypočítat listovou plochu a vegetační pokryvnost, které se používají jako metadata pro kvantifikaci ekosystémových služeb.

Ukládání a sekvestrace uhlíku

Úloha městského lesa při zmírňování klimatických změn je dobře známá, protože les je schopen sekvestrovat a ukládat atmosférický uhlík. Zejména stromy snižují množství uhlíku tím, že jej sekvestrují z atmosféry a ukládají do nového porostu, který každoročně vyrůstá. Pro odhad množství pohlceného uhlíku vychází model z průměrů kmene jednotlivých stromů, což je vstupní údaj v uvažovaném roce 0, a následně se vypočítá odhadovaný průměrný roční přírůstek s využitím konkrétních rodových a druhových parametrů a zdravotních podmínek. I-Tree tedy odhaduje průměr stromu a relativní sekvestraci v roce 0 + 1 (19).

Ukládání uhlíku lze také definovat jako množství uhlíku v biomase stromů – nadzemní i podzemní (20). V takovém případě model odhaduje celkovou biomasu každého stromu, přičemž vychází z naměřených údajů a bibliografických odkazů. Vzhledem k tomu, že stromy s rozšířenou korunou, které jsou předmětem údržby stejně jako naše analyzované stromy, mají obecně méně biomasy než stromy v přirozeném prostředí, kde je většina modelů kalibrována, řeší I-Tree tento problém tak, že výsledky násobí standardním koeficientem 0,8. Tato úprava se neprovádí u stromů, u kterých se předpokládá, že vyrostly v přírodních podmínkách. Nakonec model vynásobí suchou biomasu koeficientem 0,5, což je množství uhlíku uložené v každém jednotlivém stromu.

Produkce kyslíku

Produkce kyslíku je jednou z hlavních a nejznámějších výhod, které nám z městského lesa plynou (21). Množství každoročně vyprodukovaného kyslíku přímo souvisí s aktivitou sekvestrace uhlíku. Celkový vyprodukovaný kyslík se tedy odhaduje díky sekvestrovanému uhlíku a jeho atomové hmotnosti:

$$\text{O}_2 \text{ vyrobený (kg/rok)} = \text{čistý sekvestrovaný C (kg/rok)} / 32/12$$

Je zajímavé, že produkce kyslíku vegetací má z globálního hlediska poměrně malý dopad: naše atmosféra totiž obsahuje vysoké a stabilní množství kyslíku, a to především díky vodním plochám planety.

Odbourávání znečištěného ovzduší

Špatná kvalita ovzduší je v mnoha městských oblastech všeobecným problémem a jejím důsledkem mohou být zdravotní problémy obyvatel a problémy ovlivňující přírodní ekosystémové procesy (22). Vegetace, zejména v městském prostředí, kde je antropogenní tlak maximální, může vést ke zlepšení kvality ovzduší, například snížením teploty okolního vzduchu, přímým odstraňováním znečišťujících látek a snížením spotřeby energie v blízkých budovách, což následně snižuje emise látek znečišťujících ovzduší v důsledku spotřeby energie. V naší analýze se model zabývá vlivem vegetace na odstraňování nejběžnějších městských znečišťujících látek: ozonu, oxidu siřičitého, oxidu dusičitého, oxidu uhelnatého a pevných částic (PM) o velikosti 2,5 mikronu.

Tyto odhady odstraňování znečištěného ovzduší vycházejí z různých modelů (23), které zohledňují hodinové odpory listů, vypočtené pomocí hybridního modelu listů. Kromě toho, protože odstraňování oxidu uhelnatého a PM není přímo spojeno s transpirací, byly míry odstraňování těchto znečišťujících látek vypočteny z průměrných hodnot získaných z literatury, upravených podle fenologie a listové plochy. Pokud jde o odstraňování jemných atmosférických částic, model uvažuje míru resuspenze rovnající se 50 % usazených částic,

které se následně v důsledku nepříznivého počasí vracejí do atmosféry, což může v konkrétních případech vést i ke zvýšení koncentrace PM 2,5 v atmosféře (24).

Simulace budoucích ekosystémových služeb

Pro kvantifikaci budoucího stavu ekosystémových služeb je možné využít nástroj I-Tree Forecast. Tento nástroj simuluje růst a vývoj městských stromů v budoucím období. Na základě geografických údajů a informací o stromu může model simulovat roční vývoj lesa, přičemž bere v úvahu možné rušivé faktory (parazity, nepříznivé povětrnostní jevy), které mohou růst stromu ovlivnit. Nástroj také umožňuje nastavit některé parametry týkající se vitality stromů, včetně míry odumírání a míry přírůstků nových rostlin/rok, které ovlivňují konzistenci a složení lesa. Nástroj je tak schopen simulovat poskytování následujících služeb: Skladování uhlíku; sekvestrace uhlíku; odstraňování znečištění ovzduší (odstraňování NO₂, O₃ and SO₂).

Výsledky

Díky této metodologii a nutnosti komplexu souboru dat je I-Tree schopen prezentovat své výsledky různými způsoby v závislosti na potřebách a zájmech uživatelů. Písemná zpráva je poskytována ve formě souboru pdf s hlavními výstupy a grafikou pro všechny výše uvedené ekosystémové služby. Kromě toho je možné prohloubit analýzu, např. pro vyhodnocení příspěvku jednotlivých jedinců a/nebo druhů. To je specificky zamýšleno tak, aby se usnadnilo porozumění a použití většímu publiku zúčastněných stran, a proto se výhody městské vegetace staly běžnějšími.

Data pak mohou být použita pro přizpůsobené mediální a osvětové kampaně. Pozitivním příkladem je kampaň TreeTag, která začala v Nizozemsku a nyní běží v různých evropských zemích (další informace na www.treetags.eu). Pius Floris Tree Care vyvinul informační plakát (TreeTag) a aplikoval jej na 150 městských stromů. Každý plakát poskytuje pohled na výhody konkrétního stromu na základě výpočtů programu I-Tree Eco s cílem zapojit místní obyvatele do ochrany stromů. Data I-Stromu byla ještě více zpřístupněna díky převodu do srozumitelnějších metrik, jako je počet ujetých kilometrů ušetřených v CO₂ nebo počet dní kyslíku na jednoho člověka, které tento strom vyprodukuje.



Obr. 4 Příklad instalace plakátu TreeTag na *Quercus rubra* v Nizozemsku: Pius Floris Boomverzorging.

5. Závěry a další kroky

Cílem tohoto dokumentu je předvést jedno ze současných dostupných řešení pro hodnocení a kvantifikaci ekosystémových služeb poskytovaných městskou vegetací, se zvláštním zřetelem na městské stromy.

Partnerství Viridis Loci věří, že implementací tohoto a podobných přístupů lze dosáhnout zvýšeného povědomí o výhodách městské zeleně s pozitivními důsledky pro územní plánování a řízení, a během rozhodovacího procesu. Zde prezentovaná metodika nechce nabídnout úplnou odpověď nebo poskytnout „univerzální“ řešení. Do analýzy lze skutečně přidat několik bodů, počínaje službami kulturních ekosystémů až po vytváření stanovišť pro zvířata a další vegetační a půdní vrstvy.

Díky několika probíhajícím projektům a minulým i současným výzkumům se ve světě akademiků a praktiků rozšířilo povědomí o těchto potřebách a snaze mít cennou městskou vegetaci pro obyvatelná a zdravá města.

Je proto důležité, aby místní zainteresované strany byly o tomto tématu informovány a aktualizovány, a aby se jejich profesní profil zlepšil pomocí nových metodologií, které jim mohou pomoci v každodenní práci.

6. Příloha

Chcete-li získat další informace a ponořit se do tématu, jako zdroj doporučujeme následující materiály:

- European Environmental Agency, 2014. Víceletý pracovní program 2014–2018: Rozšíření znalostní základny pro provádění politiky a dlouhodobý přechod. European Environment Agency, Copenhagen Denmark
- UN News Centre. *UN Adopts New Global Goals, Charting Sustainable Development for People and Planet by 2030*; United Nations Department of Economic and Social Affairs: New York, NY, USA, 2015; doi:10.1080/02513625.2015.1038080
- FAO, 2016. Guidelines on urban and peri-urban forestry, by F. Salbitano, S. Borelli, M. Conigliaro and Y. Chen. FAO Forestry Paper No. 178, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- International Society of Arboriculture, 2011. Benefits of trees, k dispozici na: https://www.treesaregood.org/portals/0/docs/treecare/benefits_trees.pdf
- McPherson, E., Van Doorn, N., De Goede, J., 2016. Structure, function and value of street trees in California, USA, *Urban Forestry & Urban Greening*, 17, 104-115.
- Nowak, D.J. 2006. Institutionalizing urban forestry as a “biotechnology” to improve environmental quality. *Urban Forestry & Urban Greening* 5: 93–100.
- Roman, L.A., Scatena, F.N., 2011. Street tree survival rates: Meta-analysis of previous studies and application to a field survey in Philadelphia, PA, USA, *Urban Forestry & Urban Greening*, 10.
- Polomski, F., 2017. Cultivate biodiversity in the quest for tough trees for tough urban sites, *Arborist News*, Vol. 26, N. 4, 44-49
- Daily, Gretchen C.. "Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems (1997)". *The Future of Nature*, edited by Libby Robin, Sverker Sörlin and Paul Warde, New Haven: Yale University Press, 2013, pp. 454-464. <https://doi.org/10.12987/9780300188479-039>
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260 (1997). <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- World Resource Institute, 2008. *Ecosystem Services: a guide to decision-makers*. ISBN 978-1-56973-669-2
- Comune di Milano, 2017. Regolamento d'uso e tutela del verde pubblico e privato. Available at: <https://www.comune.milano.it/documents/20126/1003516/Regolamento+d%27uso+e+tutela+del+verde+pubblico+e+privato.pdf/686eb7d4-f765-4c8e-a9d3-ce59e034181a?t=1551271304040>



- International Society of Arboriculture, 2017. Using the ISA Basic Tree Risk Assessment Form, k dispozici na: https://www.isa-arbor.com/education/resources/ISABasicTreeRiskAssessmentForm_Instructions.pdf
- I-Tree User's manual. 2008. Tools for assessing and managing Community Forests. Software Suite. Available at: <http://www.itreetools.org>.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., 2000. The Urban Forest Effects (UFORE) Model: Quantifying urban forest structure and functions. In Integrated tools for natural resources inventories in the 21st century, ed. M. Hansen, and T. Burk, pp 714–720. St. Paul: North Central Research Station.
- Pataki, D.E., Alig, R. J., 2006. Urban ecosystems and the North American carbon cycle, *Global Change Biology*, Vol. 12, Issue 11, 2092-2102.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C., Hoehn, R.E., Walton, J. T., 2008a. A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services. *Arboriculture & Urban Forestry* 34: 347–358.
- Nowak, D.J., 1994. Air pollution removal by Chicago's urban forest. In *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*, ed. E.G. McPherson, D.J. Nowak, and R.A. Rowntree, pp. 63–81. Radnor: USDA Forest Service General Technical Report NE-186.
- Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A., Hoehn, R. 2013. Modeled PM2.5 removal by trees in ten U.S. cities and associated health effects. *Environmental Pollution*. 178: 395-402.
- I-Tree Eco: Using the forecast model Available at: https://www.itreetools.org/documents/273/ECov6Guide_UsingForecast.pdf
- Ditto D. et al., 2016, Step by step development of HIRM-KW: a field-scale run-off model, *Italian Journal of Agrometeorology*.
- Donatelli M., Acutis M., 2001. SOILPAR 2.00: software to estimate soil hydrological parameters and functions, *European Journal of Agronomy*, Volume 18, Issues 3–4, 2003, Pages 373-377, ISSN 1161-0301, [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00128-4](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00128-4).
- Collins C., Cook-Monie I., Raum S., 2019. What do people know? Ecosystem service, public perception and sustainable management of urban park trees in London, U.K. *Urban Forestry & Urban Greening*, 43, 126362
- European Commission, Climate Change Service – C3S Climate & Energy Education Demo. Available at: <https://edudemo.climate.copernicus.eu/>
- Council of Tree and Landscape Appraisers (CTLA), 1992, *Guide for Plant Appraisal*, International Society of Arboriculture, Savoy, IL
- U.S. Environmental Protection Agency 2015, Interagency Working Group on Social Cost of Carbon 2015. K dispozici na:



<https://archive.epa.gov/epa/production/files/2016-07/documents/social-cost-carbon.pdf>

- I-Tree in Europe, Pius Floris Boomverzorging, Jahrbuch der Deutsche Baumpflege 2024