Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce

Systém údržby trávních porostů ve městech pro zmírnění dopadů změny klimatu

Bakalářská práce

Autor práce: Katarína Kanásová

Obor studia: Veřejná správa v zemědělství, rozvoji venkova a krajiny

Vedoucí práce: Dr. Ing. Martin Možný

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Systém údržby travních porostů ve městech pro zmírnění dopadů změny klimatu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20. 4. 2023 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce Dr. Ing. Martinovi Možnému za jeho vedení, četné konzultace, trpělivost a Ing. Anně Pilařové za stylistické a jazykové poradenství. V neposlední řadě děkuji za podporu své rodině, přátelům za vytvoření vstřícných podmínek během psaní práce samotné.

Systém údržby travních porostů ve městech pro zmírnění dopadů změny klimatu

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá stanovením optimálního systému údržby travních porostů ve městech a jeho následnou implementaci do běžné praxe na úrovni městských celků. Potřebu najít jednotný postup na řešení dané otázky vyvolala absence komplexních metod při dodržování starostlivosti o zatravněné plochy.

Samotná problematika nebyla zúžena pouze na oblast seče porostu, ale i na jeho funkčnost ve významu schopnosti retence vody v krajině. Tato podstatná funkce půd je i s ohledem na neodborné zacházení do určité míry omezená a není tak možné využít retenční potenciál v plném rozsahu. Globální změna klimatu klade stále větší nároky na udržování travních porostů, zejména ve městech, která jsou postiženy efektem tepelného ostrovu, který teploty ještě zvyšuje. Při posuzování frekvence starostlivosti o travní plochy byla zahrnuta do zhodnocování i biologická diverzita, která má dopad i na možnost aktivního využívání daného typu míst jejími obyvateli.

Pro analýzu byla použita data z experimentálních mikroklimatických měření na vybraných územích v České republice, kde byla pomocí čidel monitorována teplota půdy ve dvou hloubkách a teplota vzduchu bezprostředně nad povrchem půdy. Do vyhodnocení byly dále využity hodnoty naměřené na meteorologické stanici v Českých Budějovicích (část Rožnov) a to srážky, maximální teplota a vlhkost půdy.

Experiment probíhal v areálu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, trval od druhé půlky června do začátku listopadu 2021. Na základě vyhodnocení výsledků z dosažených měření je patrné, že trávníky s extenzivním managementem a systémem seči mozaikově jsou schopné zadržovat větší podíl vlhkosti v půdě. Zejména v rozmezí měsíců červenec a srpen kde jsou nejvyšší průměrné teploty během roku a tím i zvýšený výpar. V dlouhodobém horizontu z dosažených výsledků vyplývá, že management travních ploch na území městských celků vyžaduje pro zabezpečení zvýšení retenční schopnosti snížení četnosti seče na 2–3krát ročně, což může pomoci k udržitelnějšímu životnímu prostředí. Z naměřených dat vyplývá, že je vhodné zvolit na travních plochách kombinovaní seče intenzivní a extenzivní. Tenhle model seče by bylo možné uplatnit proto, že na mozaikově sečené ploše byly dosažené hodnoty půdní vlhkosti podobné jako hodnoty na ploše s extenzivním managementem.

Vzhledem k současnému vývoji globální změny a oteplování klimatu je nutno zohlednit i městské oblasti České republiky a snažit se uplatnit systém pro efektivní starostlivost o zatravněné plochy.

Klíčová slova: travní porosty, retence vody, změna klimatu, sjednocení systému, management trávníků, teplota ve městech

An urban grassland maintenance system for mitigating the impacts of climate change

Summary

This bachelor thesis deals with determining the optimal maintenance system for urban grasslands and its subsequent implementation into common practice at the level of urban units. The need to find a unified approach to addressing this issue was caused by the lack of comprehensive methods for caring for grassy areas.

The issue itself was not limited only to the area of mowing the growth, but also to its functionality in terms of the ability to retain water in the landscape. This significant function of the soil is somewhat limited due to improper handling and therefore, the full potential of retention cannot be utilized. The global climate change is placing increasing demands on the maintenance of grasslands, especially in cities, which are affected by the heat island effect, which further increases temperatures.

When assessing the frequency of grassland care, the evaluation also included biological diversity, which has an impact on the possibility of active use of the given type of places by its inhabitants. Data from experimental microclimatic measurements in selected areas in the Czech Republic were used for the analysis, where the temperature of the soil at two depths and the air temperature immediately above the soil surface were monitored using sensors. Values measured at the meteorological station in České Budějovice (part of Rožnov) were also used for the evaluation, including precipitation, maximum temperature, and soil moisture.

The experiment took place in the area of the University of South Bohemia in České Budějovice, from the second half of June to the beginning of November 2021. Based on the evaluation of the results from the measurements, it is evident that lawns with extensive management and a mosaic mowing system are able to retain a greater share of moisture in the soil, especially during the months of July and August when the average temperatures are highest and thus, the evaporation is increased. In the long term, the results indicate that the management of grassy areas in urban units requires a reduction in the frequency of mowing to 2–3 times a year to ensure an increase in retention capacity, which can help towards a more sustainable environment. The measured data suggest that a combination of intensive and extensive mowing is suitable for grassy areas. This mowing model could be applied as the values of soil moisture on the mosaic mowed area were similar to those on the area with extensive management.

Given the current development of global climate change and warming, it is necessary to consider urban areas in the Czech Republic and try to apply a system for effective care of grassy areas.

Keywords: lawns, water retention, climate change, system unification, lawn management, urban temperature

Obsah

1 Úvod 7

2 Cíl práce 8

3 Literární rešerše 9

3.1 Definice pojmů 9

3.2 Charakteristika trav a trávníků 11

3.2.1 Morfologické a biologické vlastnosti trav 11

3.2.2 Rozdělení trávníků 12

3.2.3 Význam trávníku a jeho funkce 13

3.2.4 Travní plochy a jejich urbanistický význam 14

3.3 Travní plochy ve městech České republiky a ve světě 15

3.3.1 Zastoupení travních ploch ve městech České republiky 15

3.3.2 Příklady managementu travních ploch ve světě 15

3.3.3 Příklad managementu travních ploch v Praze a vybrané místní části 17

3.3.4 Zachování a rozvoj biodiverzity 18

3.4 Změna klimatu na území České republiky 19

3.4.1 Vývoj teploty a predikce oteplování 19

3.4.2 Sucho a srážky 22

3.4.3 Tepelné ostrovy ve městech 23

3.4.4 Vlhkost půdy 26

4 Materiál a metody 28

4.1 Pokus v Českých Budějovicích 28

4.2 Popis čidla TOMST Measurement System 29

4.3 Metodika experimentu 29

4.4 Metodika zpracování dat 30

5 Výsledky 31

6 Diskuze 34

7 Závěr 37

8 Literatura 38

9 Samostatné přílohy 1

1 Úvod

Následující text bakalářské práce se věnuje problematice údržby travní zeleně ve městech s ohledem na probíhající změnu klimatu. V rámci literární rešerše byly popsány travní porosty pěstované ve městech, provedeno jejich srovnání se světem a popsána probíhající změna klimatu v České republice.

Dále byl založen pokusný experiment v Českých Budějovicích s cílem získat poznatky o vlivu seči trávníku na teplotní a vlhkostní stav půd. Práce se zaměřuje na trávníky, které se nacházejí ve městech a jsou součástí městské zeleně (UUR 2017). Vzhledem k predikcím se bude podíl obyvatelstva žijícího ve městech i nadále zvyšovat, a proto bude potřebné se více zajímat o městský prostor a jeho adaptaci i na zvyšování teplot (UN 2022). Trávy jsou na základě svých vlastností a pozitivních funkcí schopné zlepšovat jejich adekvátním managementem prostředí kolem sebe (Cagaš & Svobodová 2013).

Na základě scénářů vývoje podnebí se bude oblast evropského kontinentu rozhodně oteplovat (MŽP 2021). Vzhledem ke zvyšující se teplotě, a to zejména během léta, budeme zažívat zvýšenou bouřkovou aktivitu (ČHMÚ 2022). Srážky, v porovnávaní s lety minulými, sice v průměru nezaznamenaly pokles, ale mění se jejich rozložení v čase (MŽP 2021). Samotné zvyšování teploty bude citelnější ve městech, a to z důvodu tzv. efektu tepelného ostrova, který tyto změny ještě víc umocňuje. K těmto tendencím bude vhodné přizpůsobit i zeleň ve městech, protože má potenciál prostředí ochlazovat (Ward et al. 2016).

Další výzvou je sjednocení režimu starostlivosti o travní plochy. V současnosti je zejména v hlavním městě České republiky patrná značná komplikovanost ve správním členění jednotlivých ploch. Tento fakt popisuje i Aronson et al. (2017) jako jednu ze stěžejních výzev k řešení při snaze o podpoření biodiverzity ve městech.

Získané poznatky z experimentálních mikroklimatických měření mohou posloužit k potenciálnímu návrhu managementu travních porostů ve městech. Důraz může být kladen na stanovení takového systému údržby trávníků, včetně vhodně zvolené četnosti seče, aby byla zachována funkce trávníků a nedošlo k jejich nadměrnému zasychání z důvodů nedostatku půdní vlhkosti.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit dosavadní literární zdroje zabývající se problematikou dopadů změny klimatu na travní povrchy ve městech. Tyto povrchy by měly vykazovat při správném typu managementu vlastnosti, které mohou pozitivně ovlivňovat hospodaření s vodními zdroji ve městech a tím přispívat k tak potřebnému ochlazování prostředí především během letních měsíců.

Nadměrná seč travních porostů může negativně ovlivnit půdní vlhkost a způsobit proschlý porost trávníku. Naopak omezení seče způsobí prorostlý a nevzhledný porost. Důležité je proto zohlednit a zachovat i estetickou a rekreační funkci trávníků ve městech.

Cílem experimentu provedeného v areálu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích bylo poukázat na provázanost vlivu intenzity seče na vlhkost půdy.

Cílem této bakalářské práce je zhodnotit na základě provedeného experimentu výběr vhodného typu managementu trávníků, který by se dal aplikovat v městském prostředí, aby byly eliminované negativní dopady klimatických změn.

Dále se práce zaměřuje na zhodnocení vlivu teploty na zvýšený výpar, a to zejména v letním období. Zároveň chce poukázat, jak prostřednictvím vhodně zvolených opatření, jako je např. seč, můžeme minimalizovat negativní dopady vysokých teplot na funkčnost trávníku.

3 Literární rešerše

3.1 Definice pojmů

Pro snadnější orientaci a přehlednost uvádím stěžejní pojmy, které lze jasně definovat, a vyskytují se opakovaně v tomto textu.

Pojmem zeleň se dle České státní normy (ČSN) 83 9001 (1999) rozumí „soubor tvořený živými a neživými prvky zeleně, záměrně založenými nebo spontánně vzniklými, o které je zpravidla pečováno sadovnicko-krajinářskými metodami, výjimečně jej může tvořit i jeden vegetační prvek“. Výše zmíněná norma zmiňuje i sídelní zeleň a vymezuje ji jako zeleň v zastavěném území sídel. Dříve užívaný pojem „veřejná zeleň“ je již nahrazen pojmem zeleň veřejnosti volně přístupná. Tato zeleň je na pozemku veřejném i pozemku ve vlastnictví právnické či fyzické osoby, která k takovému způsobu využívání objektu zeleně dala souhlas (ČSN 1999). Ježek (1978) charakterizuje zeleň jako všechny plochy porostlé vegetací na území sídel i ve volné krajině, které jsou využívány pro různé funkce. Patří k nim i prvky liniového a bodového charakteru (solitérní dřeviny, skupiny dřevin, aleje, břehové porosty apod.) a plochy zemědělské půdy, pokud jsou využívány jako sad nebo trvalý drn.

Městská zeleň je dle Asociace pro urbanismus a územní plánování (ÚÚR 2017) definována jako plocha vegetace funkčně náležející k území města. Tuto definici si můžeme vysvětlit tak, že všechnu zeleň vyskytující se na území města lze charakterizovat jako městskou zeleň.

Zahraniční literatura používá k popisu travnatých ploch neboli zeleně pojem green space. Ve spojitosti s městským prostředím se vyskytuje doplněný pojem; urban green spaces, což lze přeložit jako městské zelené plochy neboli městská zeleň (Šimek & Štefl 2020).

Pojem trávník je dle normy ČSN 83 9001(1999) definován jako „rostlinný pokryv tvořený travami, včetně vegetační vrstvy pevně prorostlé jejich kořeny a odnožemi, který zpravidla není zemědělsky využíván“. Trávník dle své charakteristiky spadá pod prvky zeleně, a pokud se vyskytuje v městském prostředí lze o něm hovořit také jako o součásti městské zeleně. Jedná se také o veškeré plochy, na kterých mají převahu víceleté trávy s částečným zastoupením bylin (Cagaš & Svobodová 2013). Ojediněle se lze setkat i s výskytem vikvovitých druhů, u kterých výběr, tak jako i u ostatních částí trávníků, volíme s ohledem na danou lokalitu (Straková et al 2015). Jejich účel může být různorodý a z toho důvodu jsou rozmanité i trávníky samotné. Podle úrovně ošetřování (např. intenzita hnojení, seče, závlahy atd.) lze trávníky rozdělit na intenzivní a extenzivní (Cagaš & Svobodová 2013).

Počasí se charakterizuje jako komplex veškerých meteorologických prvků a atmosférických jevů, které probíhají v určitém místě a čase. Je definována především momentálním stavem atmosféry (ČMES 2017). Na rozdíl od podnebí neboli klimatu, které je vymezeno dlouhodobými projevy počasí na určitém místě na Zemi, je jedinečné pro každé zkoumané prostředí (ČMES 2017).

Rámcová úmluva OSN o změně klimatu „United Nations Framework Convention on Climate Change“ definuje klimatické změny jako změnu klimatu, která je či už přímo nebo nepřímo ovlivněna působností lidí (UN 1992). Následkem těchto vlivů se mění složení celosvětové atmosféry ale i za přítomnosti působení přirozených změn klimatu, které lze porovnávat s relevantními časovými obdobími.

Teplota vzduchu je meteorologický prvek, který stanovuje tepelnou situaci v ovzduší. Standardně probíhají měření v meteorologické budce, která je umístěna 2 m nad zemí. Uvnitř budky se nacházejí teploměry a tzv. staničním teploměrem se zaznamenávají hodnoty teplot vzduchu v časech 7, 14 a 21 hod. místního času. Dalšími teploměry, které se nacházejí v budce je teploměr na měření teplotního maxima a minima. TMA °C – představuje maximální teplotu naměřenou během dne, v rozmezí od 7.00 do 21.00 hod. místního času a teplotní minimum (noční) je teplota zaznamenávaná v čase od 21.00 do 7.00 hod. místního času (Tolasz et al. 2023; ČHMÚ$_3$ 2023).

Srážky atmosférické jsou výsledkem procesu kondenzace vodní páry v atmosféře a jejím následným ochlazením vznikají oblaka. Následně se vytvářejí srážky kapalné nebo tuhé konzistence. Množství srážek se měří v milimetrech, nejčastěji za časový úsek 24 hodin a 1 mm spadených srážek představuje spád 1 l vody na 1 m^2. Déšť spadá pod kapalné atmosférické srážky a tvoří ho vodní kapky o průměru kolem 0,5 mm (ČHMÚ$_1$ 2023; ČHMÚ$_2$).

Přívalový déšť je jedním z doprovodných znaků bouřkových jevů, které vznikají převážně koncem jara a v létě, když dochází k většímu oteplování atmosféry. Obyčejně probíhají v krátkém časovém úseku kolem 30 minut. V případě, že na povrch dopadá extrémní objem srážek a nestačí se absorbovat ani přirozeně odtékat, nastávají přívalové povodně (ČHMÚ$_3$). Když nejsou naplněny očekávané srážky ve stanoveném časovém úseku, a to v měsíci nebo v ročním období můžeme mluvit o suchu (Wilhite 2005).

Teplota půdy je měření teploty pod zemským povrchem. Každý půdní profil má jinou tepelnou vodivost, která je proměnlivá v různých hloubkách. Standardně se v podmínkách České republiky měří půdní teplota v hloubkách 5, 10, 20, 50 a 100 cm. Pro tento typ měření byly stanoveny tři stanice Českého hydrometeorologického ústavu, a to v Doksanech, Havlíčkově Brodě a v Olomouci, aby byly zastoupeny různorodé půdní profily (Tolasz 2007).

Vlhkost půdy nám udává množství obsažené vody společně s vodní párou. Může být vyjádřena hmotností nebo objemem, obě hodnoty jsou vyjádřené v procentech (ČMES 2017). Obě možnosti patří mezi přímé metody stanovení půdní vlhkosti, které jsou vyhodnocené na základě přesných postupů manipulace s půdním vzorkem. Dalším způsobem stanovení je nepřímé měření, které poskytne informace o půdní vlhkosti okamžitě. Tyto nepřímé metody neměří přímo půdní vlhkost ale veličinu, která je na vlhkosti půdy závislá (Muñoz-Carpena 2004).

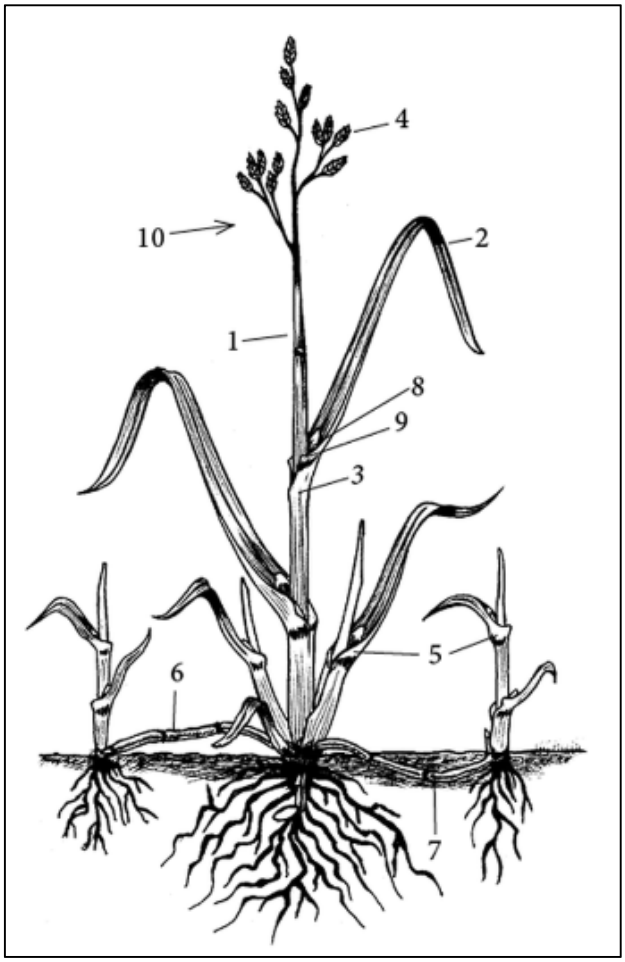
Evapotranspirace je proces, při kterém voda z půdy a rostlin uniká do atmosféry vodními výpary. Jedná se o kombinaci dvou procesů: vypařování vody z půdy a rostlin, evaporace a transpirace vody z rostlin (resp. zejména listů) do atmosféry (Brutsaert 2005).

Pojem, který souvisí s městským prostředím a jeho fungováním je urbanismus. Tato vědní disciplína, která se zabývá myšlenkou tvorby a přetváření lidských sídel a měst (ÚÚR 2016). Je zaměřen zejména na otázky dopadu na životní prostředí, řeší uspořádání staveb a komplexní estetické otázky. Podílí se na rozvoji územního plánování, který problematiku zachycuje po stránce technické, ekonomické a sociální ve vazbě na určité území (UZEMI$_1$ 2023). Proces, který popisuje přesun obyvatel z venkovních sídel do městského prostředí a zároveň přenášení městského způsobu života na venkov se nazývá urbanizace. Tento jev nabil na síle hlavně posílením růstu průmyslu v 19. a 20. století (UZEMI$_2$ 2023).

3.2 Charakteristika trav a trávníků

3.2.1 Morfologické a biologické vlastnosti trav

Následující text vychází z poznatků Hrabě et al. (2003) a Cagaše & Svobodové (2013). Trávy se zařazují k jednoděložným druhům. Obr. 1 zobrazuje rozložení jednotlivých částí rostliny trav. Mezi nadzemní části patří převážně vegetativní orgány: stonek (stéblo), listy, listové čepele a nadzemní výběžky (stolony). Nacházejí se zde i generativní části, a to travní semeno neboli obilka, které je tvořeno z květenství. V podzemní části se nachází kořenový systém a podzemní výběžky (rhizomy). Charakteristickým znakem trav je, že vytvářejí travní drn, což je základem trávníků. Ten je tvořen listovou vrstvou a plstí, která je složená ze směsi stolonu a odumřelých částí rostliny.



1 – stéblo
2 – listová čepel
3 – listová pochva
4 – květenství
5 – dceřiné odnože (sterilní výhonky)
6 – nadzemní výběžek (stolon)
7 – podzemní výběžek (rhizom)
8 – jazýček
9 – ouška
10 – fertilní výhonek

Obr. 1 – Schéma rostliny. (Zdroj: Cagaš & Svobodová 2013).

Trávy se rozmnožují vegetativně (nepohlavně) a to vytvářením výběžků v průběhu celého jejich života, tento proces označujeme jako odnožování. Z pohledu stavby rostliny lze trávy rozdělit na trsnaté a výběžkaté. Trsnaté trávy se dělí na hustě a volně trsnaté a odnožují se intravaginálně. Takové druhy trav nejsou vhodné pro trávníkářství, protože stébla jsou po seči hrubá a trávník rychle vysychá. Dalším druhem jsou výběžkaté trávy, odnožují se extravaginálně (patří sem i některé druhy volně trsnatých trav) a ty se dále dělí na trávy s nadzemními nebo podzemními výběžky. Rostlina tvoří nové odnože v průběhu celého roku. Tvorba odnoží záleží i na průběhu počasí, kde velké sucho nebo teploty pod bodem mrazu mohou tento proces ovlivnit.

Větší část odnožování se odehrává ve dvou fázích, a to v průběhu jarních měsíců (březen–duben) a koncem letních až podzimních měsíců (srpen–říjen). Květenství je uspořádané do klasů, lichoklasů či rozvětvených lat. Z hlediska včasnosti metání lze rozdělit trávy na trávy ozimého a jarního charakteru. Na základě úrovně teplotních a světelných vlivů

lze charakterizovat tři druhy nadzemních výhonků: stébelné fertilní (plodné), stébelné sterilní (neúplná květenství) a zkrácené sterilní (listové).

Výběr vhodných druhů trav na konkrétní stanoviště nezávisí pouze na nárocích druhu na prostředí, ale i na jejich morfologických a biologických vlastnostech, ale i jak jsou vhodné pro stanovený typ zátěže.

3.2.2 Rozdělení trávníků

Příslušná norma rozděluje trávníky do čtyř kategorií podle účelu jejich pěstování, z toho první tři spadají pod intenzivně ošetřované trávníky. Zařazení do jednotlivých kategorií probíhá na základě oblasti použití, vlastností a nároků na péči:

I. parterové (okrasné):

- jsou využívány na místa s reprezentačním charakterem, zkrášlují náměstí, lázeňské kolonády, partery, v okolí významných budov, památníků a doplňují květinové záhony,
- tvoří je hustý kobercový trávník, sytě zelené barvy,
- zakládají se z jemnolistých trav, které odpovídají požadavkům pro nízkou zatížitelnost,
- výška porostu se udržuje kolem 30–40 mm, vyznačuje se častým sečením 30krát a více ročně, výška seče je 20 mm,

II. parkové (rekreační):

- tvoří rozsáhlejší plochy ve veřejné zeleni, nalezneme je i v oblasti zahrad a domů, v obytných souborech (sídliště) či v průmyslových podnicích,
- snášejí střední úroveň zatížitelnosti, protože jsou využívány k pobytu a rekreaci, odolné vůči suchu,
- výška porostu se udržuje kolem 60–100 mm, potřeba seče je 8–20krát ročně,
- kvalita trávníků není konstantní, odvíjí se od intenzity hnojení a seče, lze říci, že hustější porosty lépe odolávají nepříznivým podmínkám,
- zakládají se ze směsi nízkých druhů trav a odrůd, které odpovídají požadavkům pro střední zátěž a jsou odolné vůči suchu,

III. sportovní (zátěžové):

- jsou součástí větších parkových úprav, využívaných pro sport, hrací a odpočinkové aktivity, parkoviště,
- odolávají vysokému celoročnímu zatížení,
- vzhledem k aktivitám na tomto typu trávníku jsou často mechanicky poškozené,
- zakládají se odolnými travními druhy a odrůdami s vysokou regenerační schopností (Cagaš & Svobodová 2013),

IV. krajinné (extenzivní):

- patří sem převážně extenzivně využívané i pěstované porosty ve veřejné a soukromé zeleni v krajině, druhově bohaté porosty lučního charakteru, trávníkové pásy u komunikací, i porosty na rekultivovaných plochách,
- jsou to trávníky se širokým spektrem použití podle účelu a stanoviště, např. jako ochrana proti erozi či odolnost na extrémních stanovištích, základ pro rozvoj stanoviště vhodných biotopů,

- nejsou určené k zatížení nebo pouze ve velmi malé míře, častý je výskyt dvouděložných druhů,
- seč na těchto plochách probíhá 2–3krát do roka a její výška je 60–100 mm.

3.2.3 Význam trávníku a jeho funkce

Dle výše uvedeného rozdělení trávníků (viz kapitola 3.2.2) se za veřejnou zeleň pokládají i trávníky. Co se týče funkcí městské zeleně neboli zeleně ve městech, lze na tyto funkce nahlížet jako na nadstavbu benefitů, které nám vyplývají už z výhod trávníků. Zmíněné funkce lze zařadit do mimoprodukčních funkcí trávníků (Kovář 2014).

Dle Cagaše & Svobodové (2013) nacházíme význam trávníků právě v jejich funkcích. Zmiňují následující funkce:

I. *Funkce estetická* – trávníky do určité míry tvoří náhradu za přirozené přírodní prostředí, kterým jsme jako lidstvo byli obklopeni ještě před zahájením jejich cíleného vytváření. Poskytují nám vizuální rozčlenění a změkčení jednotvárných ploch. Taková kulturní krajina má na lidi upokojující vliv. Stěžejním prvkem vhodného managementu krajiny je správně zvolená členitost prostředí. Jednotvárné travní plochy bez dřevin v lidech evokují pustinu, souvislá dřevní monokultura naopak pocit stísněnosti.

Doporučený poměr mezi dřevinami a travnatými plochami je 2 : 3 ve prospěch trávnatých ploch. Toto doporučení není závazné, ale svoje opodstatnění nalezne právě ve vhodném členění krajiny. Trávníky tvoří podstatné spojovací prvky mezi lesem, květinovými pásy či mezi případnými stavbami. Svoji úlohu v estetické rovině zastává i barevná charakteristika travního porostu, určité případy vyžadují barevnou jednotnost porostu i jeho jednodruhovost.

II. *Funkce rekreační a obytná* – je přímo propojená s funkcí estetickou, protože právě dojem z trávníků napomáhá samotnému oddechu a rekreaci. Především svými morfologickými a biologickým vlastnostmi jsou trávy předurčeny k vytváření tzv. přirozených koberců, tj. trávníků. Právě jejich rychlá regenerace a odolnost proti poškození snáší pravidelné sečení a zátěž v podobě rozmanitých aktivit lidí.

III. *Funkce biologicko-hygienická a ekologická* – jedním z největších benefitů trávníků ve městech je, že chrání půdu před vodní a větrnou erozí. Protierozní funkce trávníků je definována zapojeností, hustotou a celkovou kondicí porostu. Samotný travní porost se podílí na částečném tlumení nárazů deště a snižuje rozsah vymývání půdy. Obzvláště při návalových deštích dokážou trávníky pojmout značné množství srážkové vody a tím zabránit přeplnění kanalizačních systémů a podílet se tak na cirkulaci vody. Nadzemní část trav zastiňuje půdu, zabraňuje i jejímu přehřívání a zachycuje rosu, což má za následek pomoc s odbouráním prašnosti, protože prachové částečky jsou zachycované právě na rose a nevíří se v ovzduší. Neméně důležitý kořenový systém svojí aktivitou obohacuje půdu o organický materiál a tím se podílí na zesílení půdního profilu a také zlepšuje retenci vody ze srážek. Kořenový systém je schopen v půdě zadržet cenné živiny, které potřebuje pro vlastní výživu, sekundárně pak snižuje kontaminaci vody zadržením dusíkatých látek. Trávníky se podílejí i na ochlazování mikroklimatu ve městech, ale pouze

v případě, že okolní teplota nepřesahuje 35 °C. Vyšší teploty způsobují vysychání samotné rostliny. Významná je i délka produkce kyslíku během roku. Srovnáním travních porostů a listnatých stromů zjistíme, že stromy produkují kyslík podstatně kratší čas, a to kvůli opadávání listů. Cagaš & Svobodová (2013) zmiňují ale i negativní vlivy nevhodně udržovaného trávníku, ku příkladu je to výskyt prázdných míst bez trav nebo s plevelem. Nedostatečná neboli pozdní seč zvyšuje prašnost a produkci pylu, který je častým alergenem ve společnosti. Všechny výše zmíněné funkce trávníků na sebe vzájemně působí a lze je do určité míry ovlivnit vhodným výběrem druhů trav a s výběrem a použitím optimálního managementu.

3.2.4 Travní plochy a jejich urbanistický význam

Trávní plochy v městském prostředí představují významnou a nedílnou složku urbanistické struktury města. Zároveň jsou součástí územního systému ekologické stability (ÚSES), který tvoří seskupení přírodě blízkých ekosystémů a tvoří nepravidelnou síť propojených částí. Význam ÚSES se odráží i v územním plánování, kde je nezbytné zvážit propojenost biocenter a biokoridorů, které jsou nezbytné pro zachování ekologické interakce (Kovář 2014).

Andrašová (2021) poukazuje na stále vypouklejší problematiku městských sídel v reakci na klimatické změny, které více postihují právě města. Rozpínající zástavba kolem měst neumožňuje jejich patřičné ochlazování. Z tohoto důvodu je vhodnější zaměřit pozornost na úpravu stávajících ploch a zvýšit podíl zeleně. Účinným krokem je výstavba parků z náležitě zvoleným druhovým zastoupením zeleně. Důraz by měl být kladen i na výběr podloží, svažitost terénu, a tím pádem zabezpečení efektivní absorpce dešťové vody (Bednár 2020 in Andrašová 2021). Tyto změny budou mít pozitivní dopad na výpar vody působením zeleně, zlepšením vzduchu i jeho ochlazením (Andrašová 2021). Pro realizaci je nezbytná i úprava územního plánování a zaměření se na vznik tzv. Energeticky plusových čtvrtí (Zero energy neighbourhood, ZEN). V České republice takové projekty prozatím neexistují, spíše se u nás objevují projekty tzv. přírodě blízké město (Low impact development, LID). Soubor postupů pod názvem Low Impact Development, je určen pro správu dešťové vody a minimalizaci negativního dopadu rozvoje na životní prostředí. LID je založen na principu zpomalování odtoku dešťové vody a jejího odklonění od kanalizační sítě do přírodních systémů, jako jsou zelené střechy, dešťové zahrady, mokřady a dešťové nádrže. Tyto techniky pomáhají snižovat náklady na kanalizaci a předcházejí problémům s přetížením kanalizační sítě zejména během silných dešťů. Kromě toho pomáhají zlepšit kvalitu vody, snižují erozi a zvyšují biodiverzitu. LID je široce využíván v urbanistickém plánování a stavebnictví jako prostředek pro udržitelný rozvoj a ochranu životního prostředí (Dietz 2007). Tento typ projektů se u nás uskutečňuje v mimoměstských prostředích, příkladem jsou soběstačné vesnice Kněžice a Hoštětín (Andrašová 2021).

3.3 Travní plochy ve městech České republiky a ve světě

3.3.1 Zastoupení travních ploch ve městech České republiky

Nelze popřít, že zastoupení obyvatelstva ve městech neustále narůstá. Svědčí o tom i data od Organizace spojených národů (OSN). V roce 1950 žilo ve městech pouhých 30 % světové populace, zatímco v roce 2021 již 56,61 % (UN 2014). Na základě trendů OSN se předpokládá, že ve městech bude žít do roku 2050 až 66 % celkové populace (UN 2022).

V současnosti žije v České republice 10 533 399 obyvatel (ČSÚ$_1$ 2023), z toho 68 % obyvatel státu žije ve 608 městech o celkové rozloze 21,1 tis. km² (ČSÚ 2022). Obyvatelé měst tráví svůj volný čas využívaním zatravněných ploch k rekreaci, sportu v kombinaci s načerpáním psychických sil. Efektivnější managemen trávníků prospěje nejen nám, jakožto člověku pohybujícímu se nejen v městském prostoru, ale také široké škále rostlin i živočichů.

Celosvětově jsou sestavovány žebříčky, které hodnotí podíl plochy zeleně, kondici zeleně a další hodnoty. V hlavním městě České republiky Praha, žije 1 286 120 obyvatel na území o rozloze 496 km² (ČSÚ$_2$ 2023). Podle indexu HUGSI pokrývá až 57 % rozlohy Prahy oblast označovaná jako urban green space, neboli městské zelené plochy. Do charakteristiky spadají zatravněná území, která tvoří 29 %, dále zalesněná území, která tvoří stejný podíl a vodní plochy v zastoupení jednoho procenta. Na jednoho obyvatele připadá až 183,2 m² zelené plochy. Do celkového hodnocení indexu HUGSI se započítává i kondice vegetace a další podrobná data. V průběhu roku 2022 se seznam měst zapojených do hodnocení zvýšil ze 155 na 255. Praha se tak se svýma hodnotami ocitá na 35. místě ze zapojených evropských měst a 44 místě v žebříčku nejzelenějších metropolí světa (HUGSI 2023).

Zatravněná území vyžadují správný technologický postup ošetřování. Největší důraz má být kladen na zachování co největších přínosů pro zde se nacházející flóru i faunu. Neopomenutelnou složkou je také význam pozitivního urbanistického vyznění pro dané území a jeho obyvatele. Tento aspekt tvoří komplexní složku, která má vliv na celkovou pohodu a bytí jedince v prostředí. Zahrnuje zejména využitelnost zatravněných území pro rekreaci a aktivní pobyt (Ambrožová 2010).

3.3.2 Příklady managementu travních ploch ve světě

Problematikou řízení městských travních porostů se věnují početné studie z celého světa. Důležité je uvědomit si nutnost změn zacházení se současnými zelenými plochami a maximalizovat jejich potenciál rostlinné druhové diverzity, šíři zastoupení živočišných organismů a schopnosti zmírnění dopadů změn klimatu (Aronson et al. 2017).

Studie trvající 25 let na plochách veřejné zeleně ve městě Rennes (Francie) o 210 000 obyvatelích ukázala, že právě snížení frekvence seče v městských porostech má rozhodný vliv na zesílení taxonomické, funkční a fylogenetické rozmanitosti rostlin (Chollet et al. 2018). V biotopech, které jsou nepřetržitě namáhány nedochází k dostatečně rychlé obnově vegetace (Grime 2006). Střední úroveň intenzity sečení neukázala žádná pozitiva jak pro rostliny, tak pro živočichy. Proces transformace od městských trávníků k městským loukám vyžaduje kombinaci dvou faktorů, a to snížení intenzity obhospodařování trávníků (Grime 2006) a

posunutí doby seče na základě doporučení agroenvironmentálních programů Evropské komise (European Parliament 2020).

Sehrt et al. (2020) uvádí, že již za šest let po zavedení režimu seče 1–2 za sezónu je možné i na městských trávnících pozorovat zvýšení druhové diverzity již o 30 %. Součástí zkoumaných oblastí byly také plochy luk, které se nacházely v blízkosti trávníků s intenzivní péčí. Na základě druhové skladby nalezené na trávnících (*Dactylis glomerata* L, *Festuca pratensis* Huds., *Galium mollugo* L. s. str., *Poa pratenis* L., *Ranuculus acris* L., *Ranunculus bulbosus*, *Trifolium pratense* L., *Vicia sepium* L.) je možné předpokládat, že současné trávníky se přetvořily z luk častým sekáním (Sehrt et al. 2020).

Na druhou stranu jsou městské travní porosty neustále mechanicky narušovány a tím vznikají prázdné plochy. Taková místa slouží ke spontánnímu uchycení právě těch druhů, které jsou v krajině běžně zastoupeny. Jejich masový efekt hraje při kolonizaci zásadní roli (Mudrák et al. 2018).

Do budoucna je nutné stanovit cíle pro ekologickou obnovu nebo rehabilitaci silně degradovaných městských ekosystémů (Klaus & Kiehl 2021). Některá opatření mohou být levná, jiná o poznání nákladnější, ale obě varianty se mohou vyplatit, pokud budou účinně zlepšovat ekosystémové služby mezi které patří: retence vody, ukládání uhlíku, snižování tepla, využitelnost ale i atraktivní vzhled pro obyvatele (Klaus & Kiehl 2021).

Studie, která zkoumala vliv četnosti seče na schopnost uvolňování oxidu uhličitého tvořeného lidskou činností a biogenního CO_2, vytvářeného rostlinami ukázala i vliv seče na další parametry. Ukázalo se, že samotná výška trávy nezodpovídala za vlhkost půdy ani za její teplotu, ale že tyto parametry ovlivňovala teplota vzduchu (Lerman & Contosta 2019).

Při managementu travních porostů nelze opomenout i vliv jejich morfologických a biologických vlastností. Trávy jsou jednoděložné rostliny a oproti dvouděložným vytvářejí značně rozvětvenou kořenovou soustavu. Právě pomocí ní jsou schopné přijímat živiny, vodu ale i uskladňovat zásobní látky a zabezpečit tak pevné propojení s půdou. Tato schopnost vytváření hluboké kořenové soustavy je omezená právě častým sečením. U intenzivně sečených trávníků se 80–90 % kořenové biomasy vyskytuje v úrovni 0–50 mm pod povrchem země (Hrabě et al. 2003).

Technická správa komunikací (TSK) hlavního města Prahy spravují 5,3 km^2 travnatých ploch. Ve své správě má parkové trávníky, které seče 10krát ročně z toho jsou 4krát ročně tyto plochy mulčované. Dále jsou to travnaté pásy uvnitř města a plochy v rezidenčních čtvrtích, které seče 5–6krát ročně. Travní plochy kolem komunikací I. a II. kategorie, které tvoří kategorii liniové vegetace jsou sečené 4–5krát ročně. Poslední kategorií jsou louky a ostatní plochy, které jsou sečeny 2krát ročně. TSK má oblast Prahy rozdělenou do 17 oblastí. Seče v každé oblasti probíhají 3 týdny, přičemž tento nový systém zavedli od roku 2022. Pro udržení efektivnosti je každá ze 17 oblastí rozdělená ještě na menší části, které mají pevně stanovené termíny sečí. Průběh seče je řízen i schvalován systémem CDSw, jehož součástí je pasport zeleně, který zaznamenáva veškeré druhy zeleně na mapovaném území (TSK 2023).

3.3.3 Příklad managementu travních ploch v Praze a vybrané místní části

Na základě „Koncepce péče o zeleň v hlavním městě Praze“ (MHMP$_1$ 2010), se městská zeleň v Praze třídí z hlediska funkčního, majetkoprávního a významu ploch. Při vzniku nové koncepce navazuje město na dokument „Zásady péče o zeleň v hlavním městě Praze“, který byl v platnosti od roku 1996 (MHMP$_1$ 2010). Současné nařízení rozděluje správu nad plochami zeleně identicky, a to dle jejich významu na tři úrovně. Do první úrovně starostlivosti zahrnujeme zeleň celopražského významu, jenž má ve správě přímo Magistrát hl. m. Prahy (MHMP). Tato koncepce zůstala nezměněná oproti minulosti. Úprava nastává při druhé úrovni, a to starostlivost o zeleň místního významu. Zastřešují ji jednotlivé městské části (MČ). Tyto samostatné MČ mají pravomoc v určování podstatných kroků v oblasti správy zeleně. V minulosti tato úroveň zastřešovala plochy celoměstského významu, plochy městského významu a plochy doplňkové. Změnou koncepce od roku 2010 přišlo v této kategorii k určitému zjednodušenému roztřídění. Zatímco poslední úroveň, ostatní plochy, jsou i nadále zastřešené několika správci. Patří sem například tyto organizace: Technická správa komunikací, Ředitelství silnic a dálnic a Odbor správy majetku MHMP. Nenaplněným cílem města Prahy zatím zůstává převzetí všech ostatních ploch pod jednoho správce, aby bylo možné zefektivnit celkové hospodaření a náklady s ním spojené (MHMP$_1$ 2010; MHMP$_2$ 2010).

Prakticky si můžeme uvést rozdělení pravomocí při spravování městské zeleně na příkladu území městské části Prahy 11. Tato městská část má celkovou rozlohu 979 ha, je tvořena celkově 450 ha zeleně a lesů.

Spravování městské zeleně je zde rozděleno následovně (MHMP$_1$ 2010; MHMP$_3$ 2013; Petr 2021):

1. Magistrát hl. m. Prahy – v tomto bodě se péče rozvětvuje na plochy pod správou:
   - firma URBIA s.r.o. – 20 ha, která zastřešuje údržbu předzahrádek před bytovými objekty, přičemž si tuto společnost pronajímá MHMP,
   - Technická správa komunikací – 11,3 ha, spravující zeleň uprostřed komunikací a v okolí parkovišť,
   - Lesy hlavního města Prahy – 121 ha, spravující Milíčovský les, který spadá pod MČ Praha 11,
2. Městská část Praha 11 – obhospodařuje 196,22 ha,
3. Soukromí vlastníci – tyto pozemky tvoří navíc 19 ha ve vlastnictví soukromých osob, které přenechávají jejich údržbu MČ Praha 11; dalšími vlastníky jsou právnické osoby, a to převážně developeři, kteří si servis svých pozemků zabezpečují samostatně.

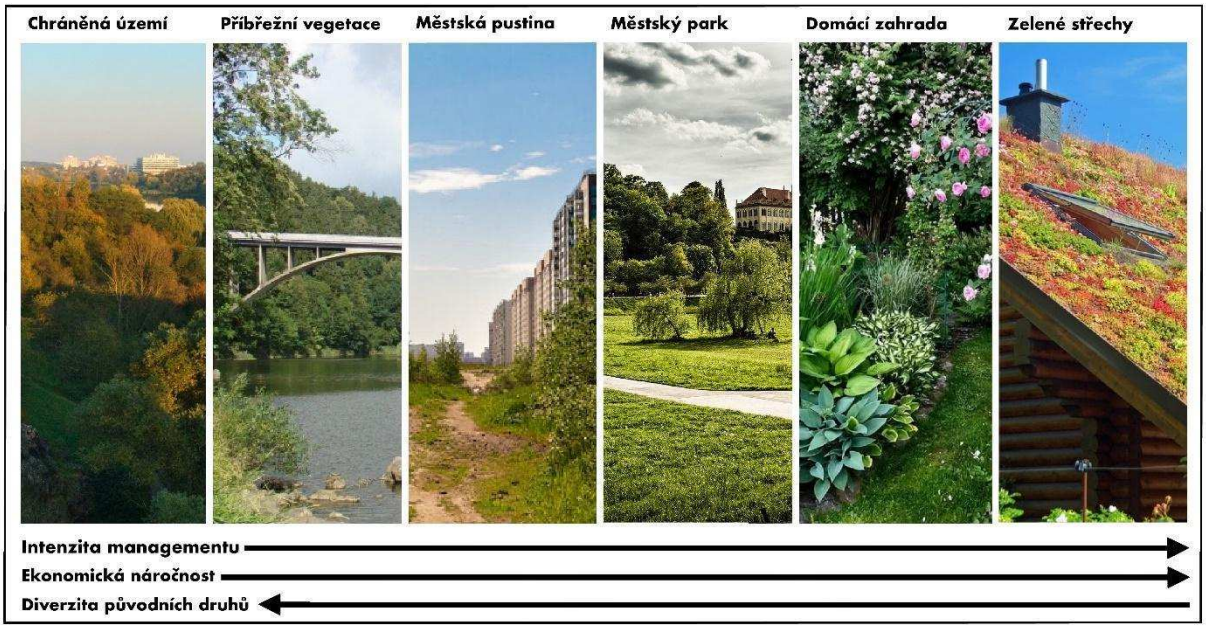
Z důvodu nejednotnosti majetkoprávních poměrů je proces zabezpečení nápravy určitého nedostatku odborem životního prostředí (OŽP) MČ Prahy 11 zhoršen. OŽP postupuje při došetření problematiky zákonně stanoveným postupem. Prvním krokem je zjištění majitele, uživatele nebo správce dotčeného pozemku. Možnosti OŽP pro dosažení náprav škod jsou omezené – může maximálně vymoct nápravu pod hrozbou sankcí. Fakticky ale uplatňuje sankce pouze v omezených případech, v návaznosti na stanovené a platné právní předpisy (Petr 2021).

Komplikovanost rozdělení jednotlivých pravomocí ve správě ploch městské zeleně zapříčiňuje také obtíže pro samotné občany. Zejména postup při podávání podnětů k vyřešení

může být zkomplikován (Petr 2021). Městská část Prahy 11 má řešení této problematiky zajištěnou přes možnost podání věci k prošetření pomocí internetového portálu Prahy 11. Pomocí sekce „Otázky a odpovědi“, nebo pomocí sekce „Vyfoť to“, kde je možné přidat přímo fotografii daného problému.

3.3.4 Zachování a rozvoj biodiverzity

Městské zelené plochy (Urban green spaces, UGS) jsou tvořeny rozmanitou škálou území od neporušených přírodních rezervací přes chráněná území, břehy řek, veřejných městských parků, zahrad v soukromém vlastnictví až po prvky zelené infrastruktury. Obr. 2 znázorňuje intenzitu zásahu do různých druhů zelených ploch jako i ekonomickou náročnost a původní druhovou diverzitu (Aronson et al. 2017). Druhová diverzita trav nebyla ovlivněna během letních sečí, avšak přišlo ke snížení zastoupení bylin o polovinu. Může to být zdůvodněno rozdílnou morfologickou stavbou těchto rostlin a umístněním dělivého pletiva v rostlině. Zároveň bylo prokázáno, že při absenci narušení trav, klesá jejich druhové bohatství a pro jeho zvýšení je nutné odstranění plstě pro zabezpečení přístupu světla (Fynn et al. 2004). Poukázalo se, že snížení intenzity seče má pozitivní vliv na druhovou pestrost a současně snižuje výskyt škůdců. Dále Watson et al. (2020) poukazují na snížení ekonomického zatížení pro města, při snížení intenzity seče.



Obr. 2 – Různé typy městských zelených ploch (Zdroj: Aronson 2017, upraveno autorem)

Aronson et al. (2017) popisují ve své studii čtyři zásadní výzvy při řešení otázky biodiverzity ve městech. Jednou z nich je i ta, že poukazují na diverzifikaci území a různorodou skladbu majitelů zelených ploch. Problém spočívá v nejednotnosti aplikace odlišných druhů managementu travních ploch jak jednotlivci, tak zejména soukromými majiteli pozemků.

V této oblasti je potřebné stanovit plány v dlouhodobém časovém horizontu. Podstatné je uvědomit si, že městská příroda je tvořena různorodými biotopy, které se společně ovlivňují. Řešením této problematiky by bylo propojení více správců zeleně a soukromých vlastníku do

jednoho celku z pohledu organizačního, resp. know-how. Společným záměrem bude dosažení jednotných cílů, což ale není organizačně ani finančně snadné.

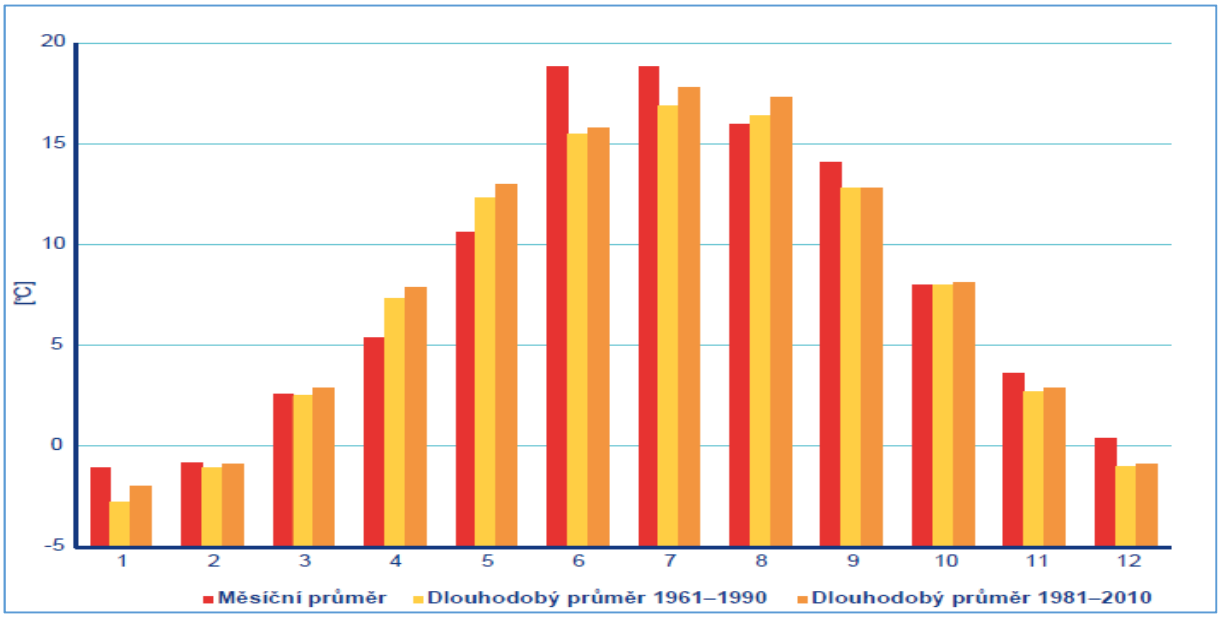
Úspěšným příkladem takového fungování je projekt koalice Milwaukee River Greenway, která má na starosti území podél řeky Milwaukee o velikosti 355 ha, což je více než rozloha newyorského Central Parku (341 ha). Vedoucí organizací koalice je River Revitalization Foundation (Nadace pro revitalizaci). Na projektu dále participují okres a město Milwaukee vlastnící 70 % pozemků, které jsou zmíněným projektem spravovány, dále obec Shorewood, nezisková organizace Milwaukee, další spolupracující organizace a stovky občanů (RRF 2023). První vyhlášky pro ochranu údolí řeky Milwaukee byly přijaty v roce 2006 a od roku 2010 byl vypracován Milwaukee River Greenway Master Plan, který stanovuje vizi pro jedinečnou městskou divočinu obsahující obnovená přírodní společenstva a rekreační příležitosti pro veřejnost (Plunkett 2010). Společným cílem bylo zlepšení kvality řeky, zatraktivnění přírodního prostředí pro rekreanty, zejména vodních aktivit, a zvýšení biodiverzity území. Splnění těchto cílů můžeme hodnotit jako úspěšně zvládnuto, zejména zásluhou sjednocení zájmů vícero aktérů. Proto je důležité stanovit si i v našich městských prostředích jednotné a zejména společné cíle při starostlivosti o městskou zeleň. Základním předpokladem pro úspěšnou péči o životní prostředí ve městech je systematická správa jejich zeleně (Aronson et al. 2017).

3.4 Změna klimatu na území České republiky

3.4.1 Vývoj teploty a predikce oteplování

Všechna data ze základních klimatologických charakteristik na území České republiky jsou k dispozici díky měřením v síti meteorologických, klimatologických a srážkoměrných stanic ve správě Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), ale i dalších doplňkových stanic (ČHMÚ 2022). Za rok 2020 se na území České republiky nacházelo celkově 801 stanic různých kategorií a stupňů automatizace. Jedním z hledisek na základě, kterého lze stanice rozdělit je podle způsobu obsluhy, a to na synoptické (profesionální), které poskytují nejširší pokrytí měřených jevů, a na dobrovolnické. Hlavní meteorologickou staniční síť tvoří 41 synoptických stanic. Za synoptické se považují stanice, které se podílí na tvorbě zprávy o přízemních meteorologických pozorováních z pozemních stanic (SYNOP). Zároveň jsou opatřené obsluhou profesionálního pozorovatele, a to v nepřetržitém režimu nebo v tzv. kombinovaném provozu, který představuje následovný režim: v časovém rozmezí 6.00–22.00 hod. je zabezpečená lidská obsluha a v časovém rozmezí 22.00–6.00 hod. je zabezpečené automatické měření. Dobrovolnické stanice se člení na základě úrovně automatizace zpracování dat, přístrojové vybavenosti, škále měřených dat a frekvence přítomnosti pozorovatelů. Dále se rozlišují stanice standardní, které svoje výstupy zpřístupňují jako podklady pro tvorbu standardních klimatologických charakteristik, a zároveň jsou součástí standardní klimatologické sítě. Podmínkou pro používání takto získaných dat je pravidelná kontrola a kalibrace měřících zařízení. Stanice, které nepodléhají nutnosti pravidelných klimatologických kontrol se řadí do kategorie doplňkových stanic. Údaje z těchto stanic jsou však i navzdory výše uvedenému i tak součástí databáze CLIDA, která zahrnuje data z více než 34 krajin a slouží pro správu klimatických databází (Lipina 2021).

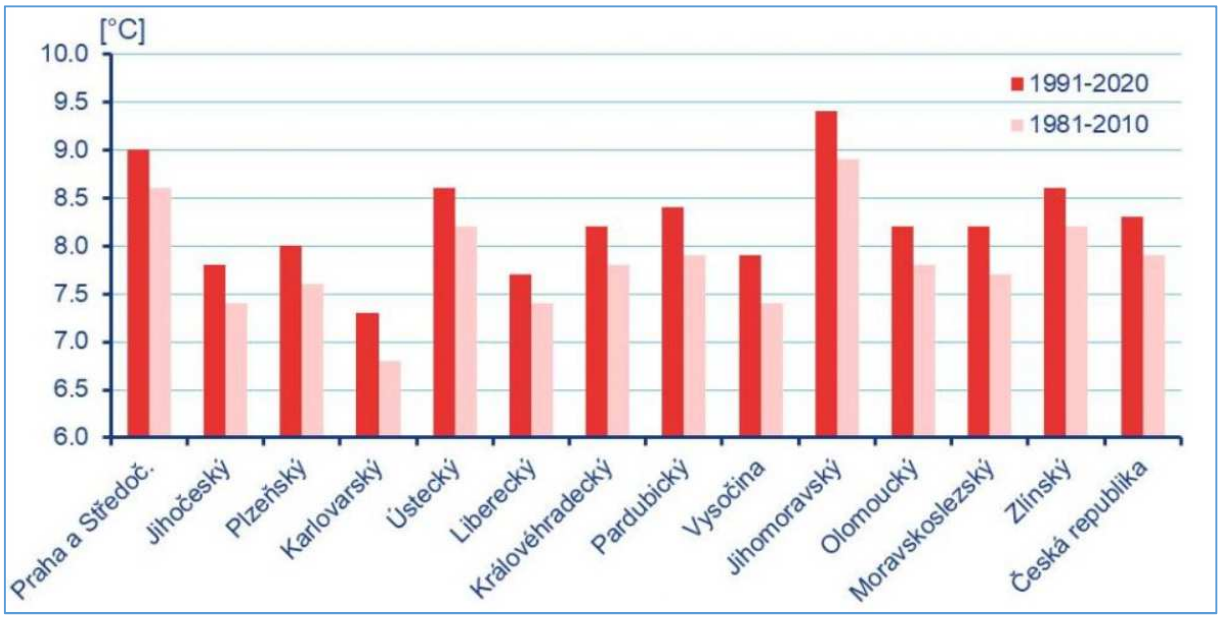
Pro možnost sledování vývoje naměřených dat v čase se používá srovnávání s klimatickým normálem. Ten představuje časový úsek 30 let a od minulého roku (2022) je novým klimatickým normálem období od 1991–2020. Na základě doporučení Světové meteorologické organizace (World Meteorological Organization, WMO) v platnosti zůstává také předešlý normál z let 1981–2010, který slouží pro hodnocení dlouhodobých změn klimatu (Crhová 2022). Z Obr. 3 je zřejmé zejména oteplení vzduchu v letních měsících červen a červenec což způsobuje i zvýšenou bouřkovou aktivitu. Za rok 2021 byla na území ČR naměřená průměrná denní teplota vzduchu 8,0 °C což je v porovnání s lety 1991–2020 nižší než normální teplota (ČHMÚ 2022).



Obr. 3 – Roční chod teploty vzduchu v roce 2021 ve srovnání s dlouhodobými průměry za období 1961–1990 a 1981–2010 (plošné průměry teploty pro území Česka). (Zdroj: ČHMÚ 2022)

Letní měsíce oscilovaly teplotně okolo normálních hodnot pro toto období, srpen byl většinu dní pod hodnotou teplotního normálu. Tropický den, tedy teplota překračující 30 °C, byl naměřen 31krát během roku 2021, což je stejný počet jako v roce 2020. Z grafu na Obr. 3 vyplývá, že červen byl v roku 2021 velmi nadprůměrný, což zapříčinilo i vznik extrémně silného tornáda na Břeclavsku a Hodonínsku (ČHMÚ 2022). Nabilo síly F4, což podle Fujitovy stupnice, která má rozptyl od F0–F5, představuje zničující škody zapříčiněné intenzitou nárazu větru (ČMES 2014).

Signifikantní je oteplování v každém kraji v České republice, jak je zobrazeno na Obr. 4. Průměrné roční teploty v období 1991–2010 byly 8,3 °C, což představuje zvýšení o 0,4 °C oproti období 1981–2000 (Crhová 2022).



Obr. 4 – Normál průměrné roční teploty vzduchu na území ČR a jednotlivých krajů pro období 1991–2020 a 1981–2010. (Zdroj: Crhová 2022)

Proces globálního oteplování spočívá ve zvyšování průměrných teplot vzduchu na planetě Zemi, data z tohoto jevu jsou zaznamenávaná už od 80. let. Tento proces je v současnosti považován za hlavní příčinu stávajících klimatických změn v kombinaci s přirozenou variabilitou klimatu. Princip oteplování je dáván do souvislosti s antropogenními vlivy, což jsou například pěstování rýže, chov skotu, výrub lesů, spalování fosilních paliv, výroba cementu a dusíkatých hnojiv. Tyto činnosti zvětšují přirozený skleníkový efekt a nadměrnou produkci a koncentraci plynů – CO_2, CH_4, N_2O a O_3 (Brázdil et al. 2015).

Na základě dokumentu „Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR“ (2021) (dále jen „Strategie“), budou projevy změny klimatu následující: dlouhodobé sucho, vydatné srážky, vznikající povodně, přívalové povodně, zvyšování teplot do extrémních hodnot, extrémní vítr a požáry vegetace. Mezi jednou z hlavních oblastí dopadů těchto změn bude i urbanizovaná krajina. Strategie predikuje očekávaný vývoj klimatu do roku 2030 s výhledem do roku 2050 a současně přináší návrh konkrétních kroků pro adaptaci v návaznosti na dosavadní dokumenty platné v této oblasti. Možné modely vývoje změn pro území ČR byly nasimulovány na základě regionálních klimatických modelů, globálních klimatických modelů a pozorovaných změn v následujících meteorologických charakteristikách: globální radiace, maximální a minimální teploty, úhrn srážek, rychlost větru a relativní vlhkost vzduchu. V návaznosti i na scénáře publikované Mezivládním panelem pro změnu klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) (více o IPCC viz podkapitola 3.4.3) se průměrná teplota zvýší do konce roku 2100 na základě scénáře RCP 4.5 o 2 °C a až o 4,1 °C při RCP 8.5 v porovnání s referenčním obdobím 1981–2010. Na základě předpovězených scénářů by mělo docházet k oteplování zejména v průběhu zimních měsíců, a to v rozmezí 2,4–4,9 °C. Větší změny se očekávají u minimálních teplot, a to zvýšení až o 8,3 °C v zimě při scénáři RCP 8.5 (MŽP 2021). Evropské klima se bude postupem času měnit, ale tyto změny budou rozmanitější, ovlivněné samotným geografickým umístěním evropského kontinentu a širokou škálou vlivů. Nárůst teploty je zaručený a její navýšení závisí opět na aplikaci jednoho

ze scénářů RCP v závislosti na objemu produkce skleníkových plynů. Pokud emise dosáhnou svého maxima, hrozí v roce 2040 zvýšení o 1–4,5 °C. V případě, že emise nepřestanou soustavně růst až do konce 21. století, lze předpokládat zvýšení teploty o 2,6–4,8 °C. Tyto predikce jsou vytvořeny na základě porovnávaných let 2081–2100 vůči 1986–2005 (MŽP 2021).

I na základě dosavadních měření a možných scénářů je jisté, že arktická oblast se bude oteplovat rychleji, než je globální průměr a průměrné oteplení pro pevninské oblasti v porovnání s oceány bude vyšší (Brázdil et al. 2015).

3.4.2 Sucho a srážky

Situace, která nastane kombinací událostí jako nadprůměrná teplota vzduchu a podprůměrný úhrn srážek vede k možnosti výskytu extrémního sucha (Brázdil et al. 2015). Analýza přízemního tlaku vzduchu v evropsko-atlantské oblasti poukazuje na to, že extrémně suché měsíce se vyznačují zásadně vyšším tlakem vzduchu ve střední a jihovýchodní Evropě (Brázdil et al. 2015). Sucho lze dělit na klimatické (meteorologické), půdní (zemědělské) a hydrologické (ČHMÚ$_4$). Wilhite (2005) definuje i sucho socioekonomické, které má dopad na kvalitu života lidí.

Pro oblast České republiky za rok 2021 dle indexu Standardizovaný srážkový evapotranspirační index (SPEI) jsme zaznamenali mimořádné sucho v červnu pro oblast severní a jihovýchodní Moravy (Příloha 1). Ve stejném roce v září, silné sucho převládalo na většině území ČR (ČHMÚ 2022). Index SPEI je založen na pravidelných denních meteorologických měřeních, které jsou následně využívaný k výpočtu rozdílu úhrnu srážek a potenciální evapotranspirace travního porostu za měřené období pomocí statistického rozdělení pravděpodobnosti (Brázdil et al. 2015; ČHMÚ 2022) Zhodnocením měření indexu SPEI za 24 měsíců od konce března 2015 do konce května 2021 můžeme hovořit o nejdéle trvajícím nepřetržitém obdobím sucha, což indikuje hodnota zaznamenaného indexu, která byla pod hodnotou 0 (ČHMÚ 2022).

Dalším ukazatelem je hodnota půdního sucha. Nastává z nedostatku srážek, zpravidla po přetrvávajícím klimatickém suchu a projevuje se nepřítomností vody v kořenové vrstvě půdy (Brázdil et al. 2015). Pro jeho stanovení se sleduje hodnota půdní vlhkosti a její kolísání. Využitelná vodní kapacita (dále VVK) je maximální množství vody, které je půda za určitých fyzikálních vlastností a zvolené hloubky profilu schopna pojmout. Hodnota pod 30 % VVK nám stanovuje hranici půdního sucha.

Na základě údajů z Klimatologické ročenky za rok 2021 (2022), vrcholilo půdní sucho naměřené v profilu 0–40 cm, především v nížinách, a to v období od konce dubna do druhé půlky června. Za velmi suchý lze hodnotit podzim, kdy oproti srážkovému normálu 1991–2020 spadlo jenom 57 % srážek (ČHMÚ 2022). Ze statistického hlediska nejsou odchylky v úhrnu srážek významné, jak je zřejmé z Tab. 1. Za posledních třicet let od roku 1961–2020 byl průměrný objem srážek 684 mm.

Tab. 1 – Průměrný úhrn srážek v ČR za jednotlivé normálové období.

Roční úhrny srážek v ČR	
Období	Úhrny srážek v mm
1961 - 1990	682
1971 - 2000	672
1981 - 2010	695
1991 - 2018	687

(Zdroj: autor dle dat z ČHMÚ, 2023)

Mění se ale jejich rozložení v průběhu roku a setkáváme se s intenzivními srážkami během bouřkových období a delšími obdobími s minimálním nebo žádným úhrnem (MŽP 2021). Toto potvrzuje i průběh srážek za rok 2021. Hodnoty srážek v Čechách se nacházely na úrovni normálu, ale na území Moravy a Slezska byly nižší než normál. Z naměřených průměrných ročních úhrnů srážek 683 mm za rok 2021, představuje tato hodnota 100 % normálu. Letní měsíce téhož roku měly následující výšku srážek: červen 88 mm, červenec 107 mm a byl blízko normálu pro daný měsíc. Měsícem s nejvyšším spádem srážek byl srpen, a to 106 mm, v porovnání s normálem byl nadnormální, v procentuálním vyjádření dosáhnul 136 % (ČHMÚ 2022).

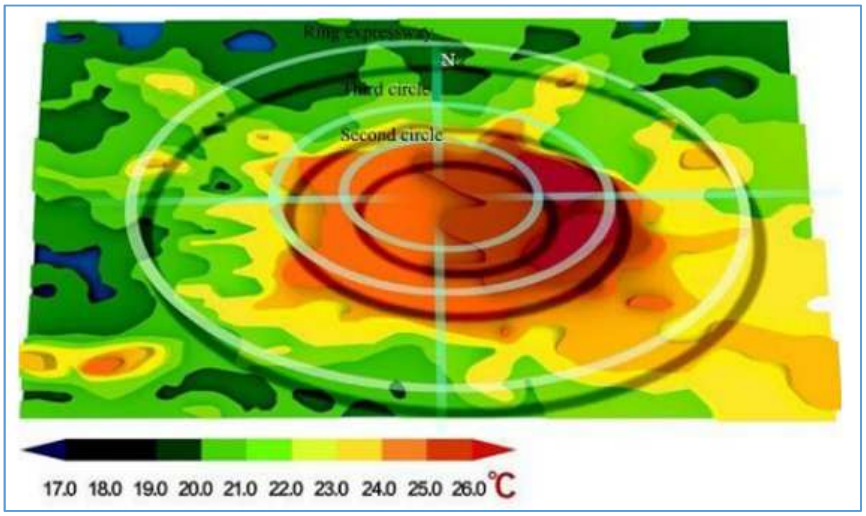
Při zaměření se na trávníky (zatravněná území), jako potenciální subjekty uchovávání srážkové vody ve městech, je nutno zohlednit predikce změn klimatických jevů na našem území, a tomu přizpůsobit i systém jejich údržby. Mezi jedním z cílů dokumentu „Strategický rámec ČR 2030“ je i snaha o adaptování krajiny na změny klimatu tak, aby vzniklá opatření směřovala ke zlepšování fungování retence vody v krajině (Úřad vlády 2017). McPherson et al. (2018) uvádějí, že trávníky dokážou zachytit podstatné množství srážkové vody, a tím snížit zátěž kanalizačního systému, zejména při intenzivních bouřkových aktivitách.

3.4.3 Tepelné ostrovy ve městech

Efekt městského tepelného ostrova (Urban heat island, UHI) patří mezi stěžejní faktory, které přispívají ke globálnímu oteplování a neočekávaným klimatickým změnám (Deilami et al. 2018). Městská zeleň vykazuje pozitivní vlastnosti vzhledem k její schopnosti evapotranspirace, jako potenciál ochlazení prostředí v porovnání s materiály, které se nacházejí ve městech a okolní prostředí oteplují (Ward et al. 2016). Při porovnání zelených ploch, jejichž součástí byly i stromy a plochy bez stromů se ukázalo, že travní plochy bez stromů jsou během dne značně zahřívané, zvlášť když je půda suchá a tím je jejich potenciální benefit eliminován, a naopak zvyšují okolní teplotu (Ward et al. 2016).

Dokument „Strategický rámec ČR 2030“ (2017) na základě prognóz zhodnocuje také dopady rostoucích teplot ve městech. Vzhledem ke klimatickým změnám bude toto území vystavené velkým teplotním výkyvům, období sucha budou střídat přívalové deště. Následkem urbanizace čili zvětšování počtu obyvatel ve městech a lidí žijících městským stylem, se s těmito situacemi bude potýkat stále větší část obyvatelstva (Musil 2018). Zejména ve velkých

městech budeme pozorovat zesílení efektu tzv. tepelných ostrovů (Úřad vlády 2017). Tento jev pozorujeme, když nastává zvýšený teplotní rozdíl mezi vysokou teplotou uvnitř města a okolní, zejména venkovní krajinou (Voogt & Oke 2003). Okolnosti, jež vedou k danému stavu nastávají kombinací faktorů typických pro městské prostředí, charakter zástavby, její rozměr, použité materiály, a díky tomu i následné udržování a zvyšování teploty vzduchu (Beranová & Huth 2003).Právě efekt tepelného ostrova je jednou ze skutečností, které působí na městské klima a ovlivňuje funkce v městských ekologických systémech jako vodní hospodaření, vlastnosti půd a atmosférické prostředí (Yang et al. 2016). Na Obr. 5 je znázorněná simulace efektu městského tepelného ostrova v Čínském městě Bozhou, kde je vidět šíře dopadu tohoto efektu.



Obr. 5 – Simulace zobrazující efekt městského tepelného ostrova s teplotní škálou (Zdroj: Yang 2016)

Předpokládaný nárůst teplot související s klimatickými změnami, při kterých můžeme očekávat nárazové teplotní vlny, bude mít ochlazovací efekt způsobený využitím zelených ploch nepostradatelný význam (Yan et al. 2018).

Mezivládní panel pro změnu klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) publikuje hodnotící zprávy, které predikují možné vývoje klimatických změn. Také pátá hodnotící zpráva (The Fifth Assessment Report, AR5) je zaměřená na pochopení podstaty dopadů změny klimatu, skládá se ze souhrnné zprávy a podrobných dílčích tří částí, kde má každou část na starosti příslušná pracovní skupina (Working group I., II., III.). Jednotlivé skupiny v pořadí poukazují na: fyzikální aspekty změny klimatu; adaptaci, zranitelnost a dopady klimatické změny; mitigační opatření na řešení dopadů klimatické změny (IPCC 2023). Tato zpráva je založená na možných scénářích změn Reprezentativních směrů vývoje koncentrací (Representative Concentration Pathways, RCPs). Ke stanovení možného vývoje se měří objem emisí skleníkových plynů a předpokládá se jejich koncentrace v atmosféře způsobená antropogenním přičiněním do roku 2100 (IPCC 2023). Ve své páté hodnotící zprávě IPCC (2013_1) stanovuje na základě radiačního působení a předpokládané koncentrace emisí čtyři možné scénáře vývoje klimatické změny a to:

- *RCP 2.6*:
    - průměrné oteplení o 1 °C,
    - velikost populace je odhadována na 9 miliard v roce 2100,

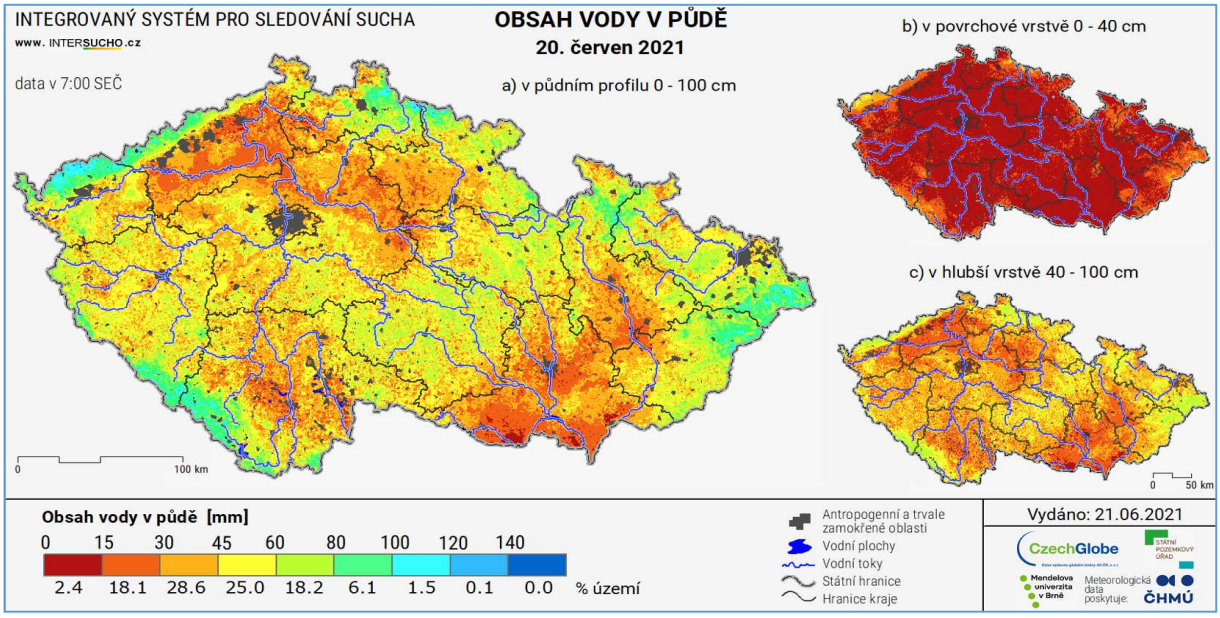
    - včasné zavedení přísných mitigačních opatření v kombinaci s promptním uplatněním technologií redukujících emise má za následek značně nízké emise a koncentraci skleníkových plynů,
- *RCP 4.5*:
    - průměrné oteplení o 1,8 °C,
    - předpokládaný mírný nárůst populace,
    - tento scénář je charakterizován stabilizací emisí CO_2, po dosažení jejích vrcholů v roce 2050, kde se počítá s jejich postupným klesáním a ustálením o dalších 30 let, kdy dosáhnou poloviční hodnoty z roku 2000 s uvažovanou střední produkcí emisí,
- *RCP 6.0*:
    - průměrné oteplení o 2,2 °C,
    - populační maximum je předpokládáno kolem 10 miliard v roce 2100,
    - nastane dvakrát větší objem emisí CO_2 do roku 2080 (činilo by to 75 % nárůst v porovnání s aktuálními hodnotami), po tomto vrcholu by následovalo markantní snížení hodnot, které by se stabilizovalo přibližně na 25 % nad aktuálními hodnotami s uvažovanou střední produkce emisí,
- *RCP 8.5*:
    - průměrné oteplení o 3,7 °C,
    - populační maximum je stanoveno na 12 miliard kolem roku 2100,
    - rychlý nárůst a koncentrace emisí CO_2, přičemž i po roce 2100 je předpokládané jejich další zvyšování, jediný ze scénářů, kde nejsou aplikované žádné mitigační opatření na zmírnění dopadů změny klimatu (Kopecká 2017).

Případová studie z Indiany (USA) zaměřená na dopady změn klimatu pro správu městské zelené infrastruktury pracuje s porovnáním dvou scénářů RCP 4.5 a RCP 8.5 oteplení v dané oblasti (Reynolds et al. 2020). Studie mapuje tři města, na severovýchodě státu je to Fort Wayne, ve střední části Indianapolis a v jihozápadní oblasti Evansville, čímž si zabezpečuje proporcionální vzorek napříč klimatickým gradientem. Reynolds et al. (2020) zde vycházejí z predikcí Mezivládního panelu pro změnu klimatu a konkrétně z jeho páté hodnotící zprávy.

Reynolds et al. (2020) považují za východiskový bod pro porovnávání scénářů RCP 4.5 a RCP 8.5 hodnoty z období od let 1971–2000. Pro stát Indiana se ve výše zmíněných scénářích počítá s oteplením oblasti v časovém horizontu o 60 až 70 let v rozmezí 3,3–5,6 °C. Z těchto scénářů vyplývá, že pro danou oblast lze očekávat více extrémně horkých dnů s maximální teplotou vyšší než 35 °C, více dnů bez teplot pod bodem mrazu a méně extrémně chladných dnů s minimální teplotou nižší než –15 °C. Dané změny budou mít dopad na zvýšení ztráty vody evapotranspirací, teplejší a vlhčí zimy, větší výskyt chorob, škůdců a plevelů, co bude mít za následek zvýšení spotřeby pesticidů. Zvýšení teplot bude mít dopad i na posunutí fenologických fází rostlin na jaře, což bude mít za následek dřívější i časově delší seč trávníků (Reynolds et al. 2020).

3.4.4 Vlhkost půdy

Důležitým aspektem možnosti reagovat na projevy sucha a mít přehled o půdní vlhkosti je monitoring těchto hodnot. K tomuto účelu slouží „Integrovaný systém pro sledování sucha“, který kombinuje data z pozemních měření, dynamický model vodní bilance, ale i metody dálkového průzkumu Země. Z těchto podkladů vznikají přehledné mapy, které pro každé území zobrazují údaje o aktuální i referenční evapotranspiraci. Dále zobrazují obsah vody v půdě vyjádřen jako nasycení půdního profilu v % a též obsah půdní vláhy v mm. Aktuální hodnoty jsou vyjádřeny v porovnání s vlhkostním normálem za období 1961–2010 (INTERSUCHO 2023). Na Obr. 6 je znázorněný obsah vody v půdě, který zobrazuje aktuální zásoby vody v půdě a její dostupnost pro rostliny v jednotlivých vrstvách.



Obr. 6 – Obsah vody v půdě. (Zdroj: INTERSUCHO.cz)

Dalším sledovaným parametrem je relativní nasycení půdy, které vyjadřuje nasycení půdního profilu. Parametr je stanovený na stupnici 0–1, kde 0 znamená, že půdní profil neobsahuje žádnou dostupnou vláhu a 1 definuje, že půda dosáhla minimálního nasycení do bodu polní vodní kapacity (INTERSUCHO$_2$ 2023). Polní vodní kapacita je jedním z tzv. hydrolimitů a představuje nejvyšší možnou schopnost půdy udržet v půdních kapilárních pórech objem vody bez její ztráty i za působení gravitace během stanoveného časového úseku (Možný 1999; Kohout 2010).

Jedním z ukazatelů půdní vlhkosti, který je zaznamenáván na denní bázi je modelová vlhkost půdy v % VVK (využitelná vodní kapacita). Je zaznamenávaná ve vrstvě 0–20 cm pod povrchem trávníků a data slouží ke stanovení týdenních výstupů (ČHMÚ$_5$). Využitelná vodní kapacita představuje rozdíl mezi polní vodní kapacitou a bodem vadnutí (Kohut 2010).

To, jaký dopad bude mít sucho na půdu, záleží především na půdních vlastnostech, zejména na infiltrační a retenční schopnosti půdy. Zmíněné vlastnosti půdy jsou ovlivněné sníženým zastoupením organické hmoty, půda je pak nestabilní a snadno zhutnitelná. Infiltrační schopnost půdy se definuje jako schopnost půdy pohlcovat zejména srážkovou vodu. Efektivitu

absorbování vody půdou označujeme jako rychlost infiltrace a propustnosti vody. Rozlišujeme pět skupin s různou propustností a infiltrací na základě kategorizací stěžejních půdních jednotek, a to: vysokou, vyšší střední, střední, nižší střední, nízkou úroveň. Dále patří mezi půdní vlastnost jejich retenční vodní kapacita, která je charakterizovaná jako schopnost půd udržet vodu v půdních kapilárách a zpřístupňovat ji pro rostliny. Schopnost půd kategorizujeme také do pěti skupin: nízkou, nižší střední, vysokou, vyšší střední, střední úroveň retence ($VUMOP_2$). Pro zamezení možnosti vodní eroze a zároveň pro vytvoření rezervy půdní vláhy pro případ následujícího období sucha je vyhovující střední až vysoká infiltrační schopnost půdy (Brázdil et al. 2015). Druhou vlastností je retenční schopnost půdy, která vyjadřuje schopnost půdy zadržet vodu v půdním profilu. Tato vlastnost je klíčová pro překlenutí období sucha. Plně nasycený půdní profil s vysokou retenční schopností dokáže po dobu až 50 dní sucha zabezpečit rezervní půdní vláhu. Hlinité až jílovitohlinité půdy, spadají do skupiny půd s vysokou retenční kapacitou Vyskytují se na území České republiky především v oblastech nejvíc postižených suchem. Poměrně rozsáhlá jsou i území s půdami s nižšími retenčními vlastnostmi, což má za následek horší dopady sucha na takové oblasti (Brázdil et. al 2015).

Pro území města Prahy byly vytvořené na základě prostorové analýzy, geologického podloží, úrovně hladiny podzemní vody, morfologie terénu a jeho sklonitosti vsakovací mapy (viz Příloha 2). Mají zabezpečit znalosti podloží už při plánování modro-zelené infrastruktury a usnadnit tak výběr míst vhodných na infiltraci srážkové vody. Rozděluje schopnost vsakování vody na plochy vhodné, podmíněné vhodné a nevhodné ($MHMP_4$). Modro-zelená infrastruktura je soubor přírodních a infrastrukturních prvků, které mají za úkol zlepšovat kvalitu životního prostředí a zvyšovat odolnost měst vůči extrémním klimatickým jevům, jako jsou povodně, sucha, vlny veder a znečištění ovzduší (EC 2023). Půdní složení v Praze je rozmanité, největší zastoupení mají černozemě, nacházejí se převážné na území městských lesů a parků. I když tyto půdy patří mezi půdy s převážně příznivým vodním režimem, většina ploch je v Praze nevhodná vzhledem ke schopnosti vsakování, což může být zapříčiněno například. utuženými povrchy ($VUMOP_1$ 2020).

Posouvá se i nabytí maximálních hodnot referenční a aktuální evapotranspirace. V současnosti je dosažená už na konci května, zatímco v 60. letech byla nabytá až v druhé půlce června. Klíčovým obdobím vegetační sezóny je květen. Vliv na snižovaní obou typů evapotranspirace mají změny teploty vzduchu, úroveň globálního záření i relativní vlhkost vzduchu. Na začátku vegetačního období rostliny čerpají půdní vláhu ze srážek, které půda absorbovala během zimních měsíců. Vyčerpáním těchto zásob vody klesají hodnoty aktuální evapotranspirace a tím jsou rostliny víc odkázané na úhrn srážek během vegetačního období. (Brázdil et al. 2015).

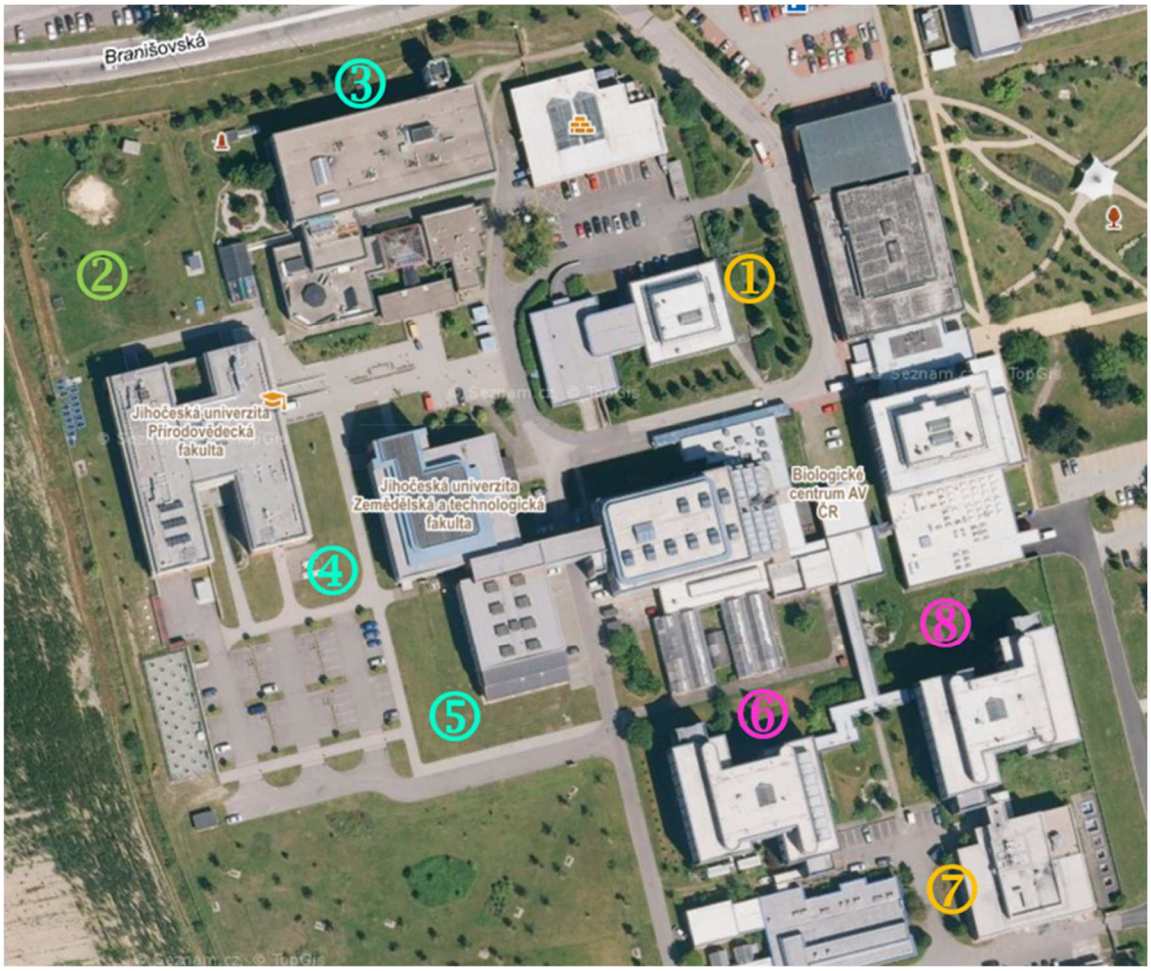
4 Materiál a metody

V této části bakalářské práce je popsáno prostředí a zdejší přírodní podmínky v rámci kterých probíhal experiment. Následuje popis ploch, na kterých byly měřené hodnoty pomocí čidel a samotné měřící zařízení – TOMST Measurement System. Dále je popsána metodika experimentu a samotná metodika zpracování výsledků.

4.1 Pokus v Českých Budějovicích

Experiment probíhal v roce 2021 od 22. června do 9. listopadu na území Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Oblast Jihočeské univerzity se nachází ve městě České Budějovice v nadmořské výšce 391 m n.m. Prochází tudy Českobudějovická pánev což je 70 km dlouhá tektonická sníženina s mírně zvlněným povrchem (Demek et al. 2003). Na území města se nacházejí převážně fluvizemě a kambizemě ($MŽP_1$).

Pro měření byly vymezeny čtyři typy stanovišť spolu s osmi měřícími čidly viz Obr. 7. Zastoupení čidel na různých travních plochách bylo následující: dvě plochy s květnatými pásy (čidla 1, 7), tři plochy s trávníky sečenými intenzivně (čidla 3, 4, 5), jedna plocha s extenzivním managementem (čidlo 2) a dvě plochy sečené mozaikově – extenzivně (čidla 6 a 8). Dále v popisu výsledků budou tato čidla označována čísly s přidáním písmena B.



Obr. 7 – Rozložení čidel na území Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (Zdroj: googlemaps, upraveno autorem)

4.2 Popis čidla TOMST Measurement System

Pro experiment na univerzitě byla použita měřící zařízení TOMST Measurement System, konkrétně standardní TMS–4 datalogger tzv. Lízátko (Příloha 3). Toto čidlo je schopné na základě tří teplotních senzorů (MAXIM/DALLAS Semiconductor DS7505U+) měřit vzdušnou i půdní teplotu, a to s rozlišením 0,0625 °C s přesností ±0,5 °C. Současně pomocí vlhkostního senzoru je zaznamenávaná i půdní vlhkost. Čidlo je o velikosti 29 cm a váží 108 g a jeho chod zabezpečuje lithiová baterie. Dokáže zaznamenávat teplotní rozmezí –60 až +85 °C avšak s nepříznivým dopadem na životnost baterie, proto se standardně používá rozptyl jen –40 až +60 °C. Předností tohoto měřícího zařízení je, že v porovnání se standardními meteorologickými stanicemi poskytuje značně přesnější data. Je to zapříčiněné zejména jeho drobnou velikostí, díky čemuž dokáže měřit mikroklimatické podmínky u povrchu a těsně pod povrchem půdy (TOMST 2023).

4.3 Metodika experimentu

Proběhlo stanovení ploch vhodných pro daný experiment. Poté proběhlo umístnění čidel do stanovených vhodných ploch. Následovalo stažení a instalace aplikace Lolly Manager, která slouží jako kontrolní software pro TMS dataloggery a umožňuje shromažďování a vyhodnocování naměřených dat a další možnosti nastavení pro aktuální měření. Následovalo připojení TMD adaptéru přes USB port počítače nebo notebooku. Dále se přiložil snímač čidla k adaptéru a proběhlo načtení základních údajů o stavu a nastavení čidla, informace se zobrazily na úvodní kartě „tabInfo“.

Vlastnosti samotného TMS čidla i vlastnosti programu byly nastaveny na druhé kartě „Options“, (viz Příloha 4). V prvním řádku vlevo se zaškrtla možnost „Read data“, tento mód zabezpečil automatické stahování dat z čidla po přiložení k TMS adaptéru. V případě problému s touto možností lze pro stahování dat použít možnost „Safe mode“, nebo „Repair mode“. Dále následovala volba v horním levém okně. Zde umožnil software přečíst všechna naměřená data od určitého dne nebo vytvořit bookmark (záložku) a načíst pak data jen od něj. Data se ukládala dle základního nastavení na konkrétní složku v počítači avšak tohle původní nastavení lze změnit v sekci „Save folder“. Na kartě „Options“ lze upravit možnost pro zobrazení grafu po stažení dat – „Show graph after reading the data“ a vypnutí led kontrolky – „No LED light“. Nezbytné bylo nastavění intenzity měření, k dispozici bylo na výběr z 5 možností modu měření v sekci „Change mode to“. Pro tento experiment byl zvolen režim „Basic Mode“, to jest zaznamenávaní hodnot každých 15 minut (viz Příloha 5).

Při připojení k internetu byla zaškrtnuta volba „Check updates on start“, což umožnila aktualizace aplikace Lolly Manager, přičemž tento krok umožnil přípravu čidla k měření.

Čidla byla umístěna do středu každé experimentální plochy trávníků po jednom kuse. Při zabodávání TMS čidel do půdy bylo postupováno opatrně, vzhledem ke konstrukci čidla. Čidla se umístila do půdy horizontálně zelenou plochou (viz Příloha 3).

4.4 Metodika zpracování dat

Stažení dat se provádělo přes TMD-USB adaptér a program Lolly Manager. Po zaškrtnutí možnosti „Read all“ se senzor (konektor čidla) přiložil k adaptéru a proběhlo čtení dat. Data se uložila do zvolené složky ve formátu csv, který je vhodný i pro následné zpracování dat v TMS Calibr Tool.

Struktura dat, která jsou výsledkem měření je následující:

- index number of the measure (indexové číslo měření),
- date and time in UTC time zone (datum a čas v UTC časovém pásmě),
- T_1, T_2, T_3 (teplota),
- soil moisture count (půdní vlhkost),
- shake (otřesy).

Každé měření bylo zobrazeno na samostatném řádku, přičemž mělo následující formát s jednotlivými údajmi, které byly odděleny středníkem, a to např. 0;31.10.2015;11:45;0;21.5625;22.0625;23.125;148;1;0. Bylo nutno provést přepočet údajů o času na místní časové pásmo. Orientaci mezi daty zabezpečovalo unikátní číslo každého TMS čidla.

Na úvodní stránce v záložce „tabInfo“ se zvolila volba „Show data“ a zobrazil se prohlížeč dat „Log view“. Ve spodní části byla stažená data umístěna do složky „data“.

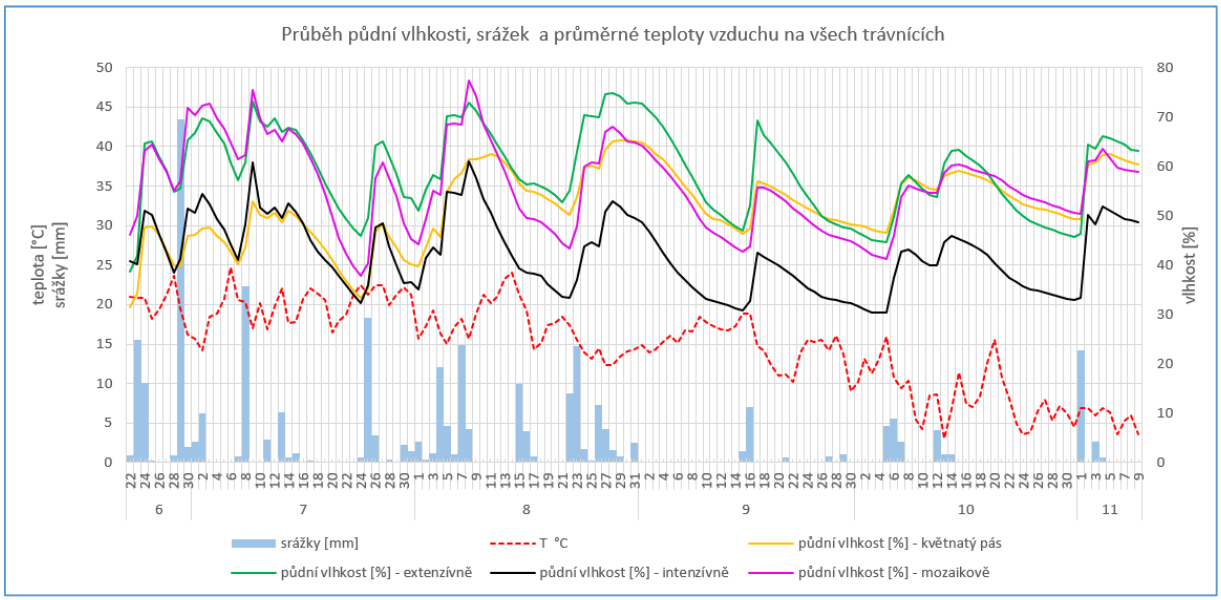
Hodnoty půdní vlhkosti byly konvertované do skutečných hodnot objemové půdní vlhkosti pomocí TMS Calibr Tool. Pro výsledky byly použity hodnoty půdní vlhkosti. Teplota (T) půdy byla zaznamenávaná ve dvou úrovních hloubky půdy, T_1 – 10 cm a T_2 – 5 cm, dále byla zaznamenávána ještě teplota vzduchu T_3 – teplota vzduchu bezprostředně nad povrchem půdy.

Ke zpracovávaným datům z čidel byla doplněna ještě data z meteorologické stanice v Českých Budějovicích. Stanice se nachází v nadmořské výšce 394,6 m n. m., což je podobná výška, v jaké se nachází i areál Jihočeské univerzity, na kterém byl prováděn pokus. Konkrétně se jedná o hodnoty průměrné a maximální denní teploty vzduchu, denní úhrn srážek a denní vlhkost půdy HPU1 (v hloubce 5 cm).

Botanická nomenklatura byla sjednocena dle Klíče ke květeně ČR.

5 Výsledky

Na základě dat z měření bylo zjištěno, jak je patrné na Obr. 8 (i v Příloze 6), že povrchem, který dokáže udržet nejnižší procento vlhkosti půdy je trávník s intenzivním sečením. Během experimentu byly plochy s intenzivním systémem údržby sečeny 3krát, konkrétně ve dnech 14.7., 19.8., a 20.9. a navíc před začátkem experimentu byly tyto plochy sečené ještě dvakrát (18.5. a 14.6.). Z dat půdní vlhkosti naměřených na trávnících sečených extenzivně a mozaikově vyplývá, že hodnoty půdní vlhkosti se udržovaly na stabilnějších vyšších hodnotách i v průběhu letních měsíců během července a srpna.



Obr. 8 – Graf průběhu půdní vlhkosti, srážek a průměrné teploty vzduchu na všech sledovaných trávnících v Českých Budějovicích v roce 2021.

V Tab. 2 je porovnán vývoj teplot a srážek za poslední dva roky, tj. rok 2021 a 2022. Úhrn srážek za rok 2021 byl 583,9 mm a 636,7 mm za rok 2022. Můžeme zde pozorovat nerovnoměrné rozložení srážek během roku a jejich vyšší koncentraci během letních měsíců.

Tab. 2 – Přehled teplot a srážek v Českých Budějovicích za roky 2021–2022.

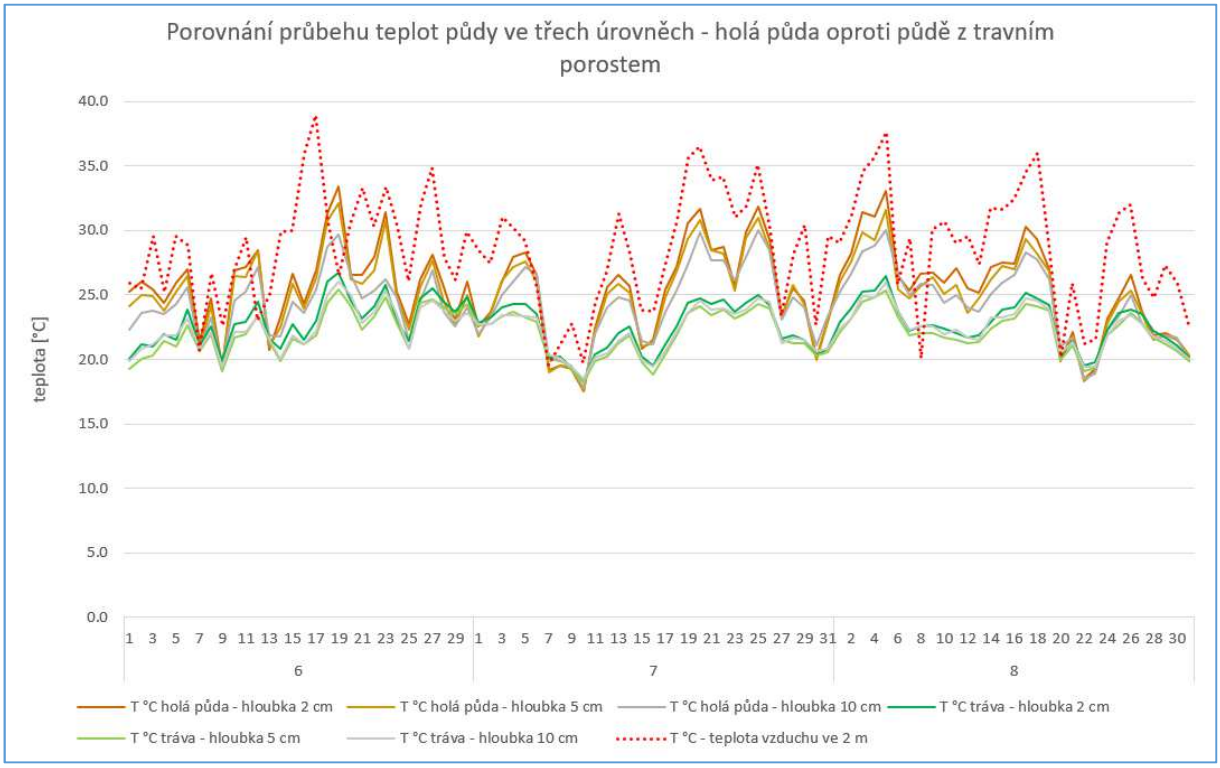
Přehled teplot a srážek v Českých Budějovicích za roky 2021 - 2022												
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
průměrná měsíční teplota za rok 2021	1	1,6	3,6	6,9	11,7	20,1	19,9	17	15,1	8,4	4	2,1
průměrná měsíční teplota za rok 2022	1,9	4,3	3,8	7,5	15,7	20,0	20,1	19,6	12,9	12,1	5,0	1,7
měsíční úhrn srážek za rok 2021	43,2	18,8	24,3	32,5	96,2	100,3	70,0	97,9	11,1	19,4	34,9	35,3
měsíční úhrn srážek za rok 2021	19,1	10,8	11,8	43,4	56,7	166,7	74,2	74,6	57,3	32,5	45,9	43,7

(Zdroj, vlastní zpracování na základě dat z ČHMÚ, 2023)

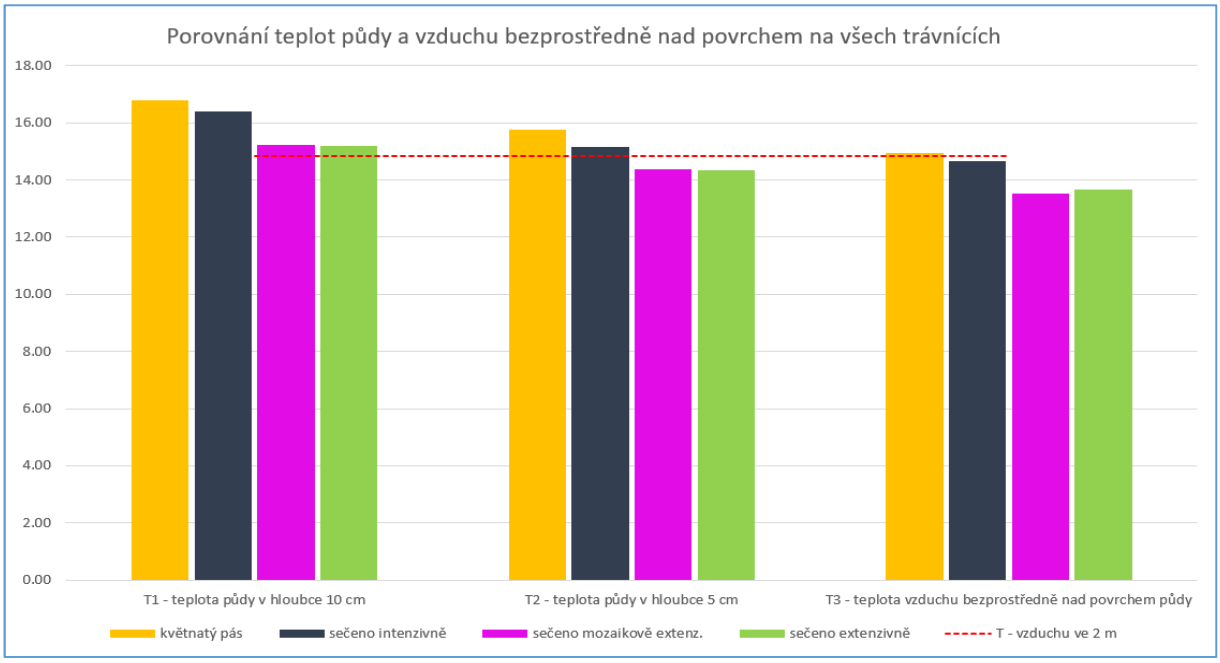
Celkový chod průběhu srážek, půdní vlhkosti, teplot (T_1, T_2, T_3), teploty vzduchu a doby seče během trvání experimentu v Českých Budějovicích v období od 22. června do 9. listopadu je zobrazen pro každý typ trávníku samostatně v Přílohách 7–10.

Svou roli v oteplování povrchu a její intenzitě sehrává i výška porostu trávníků. Porost poskytuje stín a tím ovlivňuje teplotu povrchu. Toto tvrzení podporuje pokus, který byl v

rozmezí měsíců červen až srpen v roce 2022 prováděn v Doksanech (Možný 2023). V tomto případě se porovnávaly teploty holé půdy s teplotou půdy s trávním porostem. Obr. 9 zobrazuje nižší hodnoty teploty s travním porostem v porovnání s holou půdou.

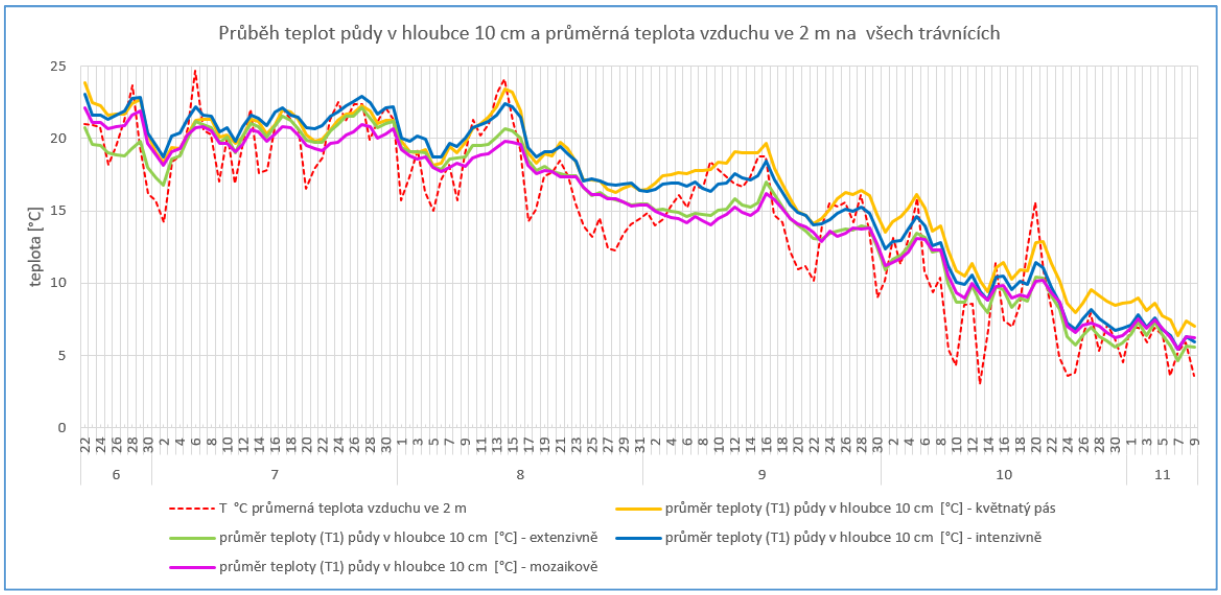


Obr. 9 – Graf porovnávající průběh teplot půdy ve třech úrovních hloubky v Doksanech v roce 2022.



Obr. 10 – Graf porovnávající průměrné teploty půdy a vzduchu bezprostředně nad povrchem s teplotou vzduchu ve 2 m na všech trávnících v Českých Budějovicích v roce 2021.

Obr. 10 zachycuje graf porovnání průměrných teplot půdy v hloubce 5 a 10 cm i bezprostředně nad povrchem půdy na čtyřech typech managementů travních ploch. Při porovnání teplot z experimentu v Českých Budějovicích se vycházelo ze stanovišť B2 jako zástupce extenzivně sečené plochy a B5 jako reprezentanta intenzivně sečené plochy. Jak je patrné i na mapce na Obr. 6, tato stanoviště mají podobné světelné podmínky a většinu dne nejsou zastíněny okolními budovami. Při porovnání teploty bezprostředně nad povrchem (T_3) intenzivně sečené plochy (B5) byla tato půda v průměru o 1,01 °C teplejší v porovnání s plochou extenzivně sečenou (B2). Porovnání teploty v hloubce 5 cm (T_2) mezi výše zmíněnými povrchy vykazuje teplotní rozdíl 0,89 °C. Tento trend se potvrzuje i v porovnání s průměrnými teplotami ze všech ploch intenzivních trávníků (B3, B4, B5), a to v porovnání s extenzivním trávníkem (B2).



Obr. 11 – Graf zobrazující průběh teplot půdy v hloubce 10 cm a průměrnou teplotu vzduchu ve 2 m na všech trávnících v Českých Budějovicích v roce 2021.

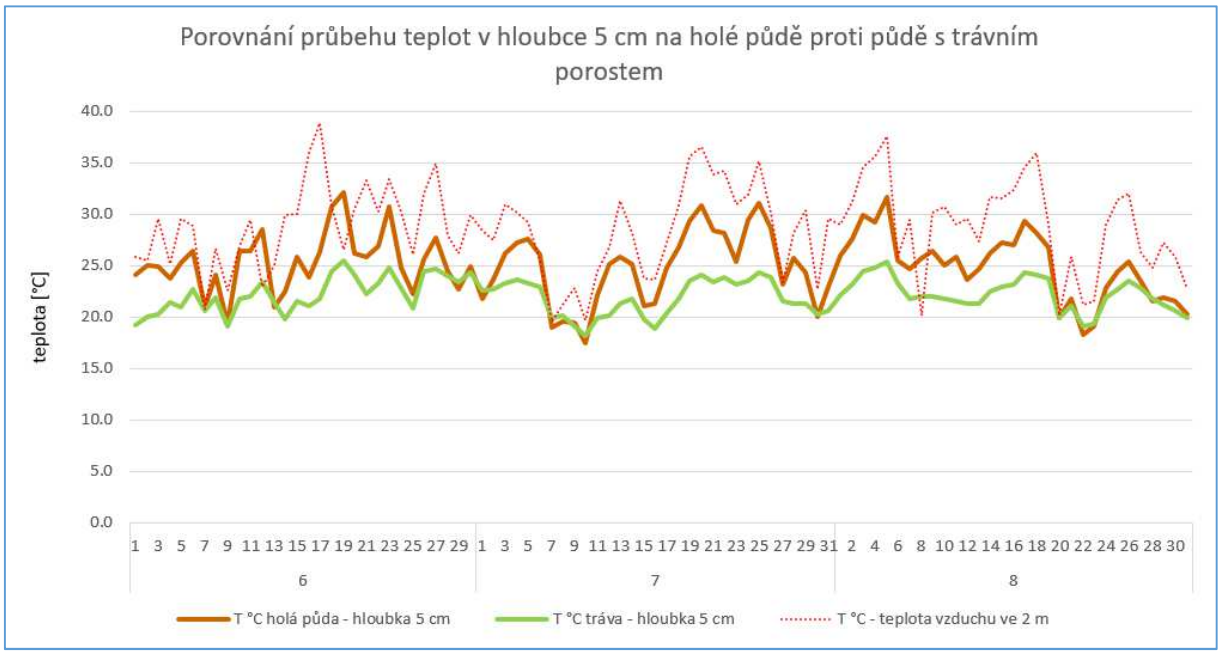
Na Obr. 11 je zobrazen graf průběhu teplot půdy v hloubce 10 cm na všech typech trávníků. Je zřejmé, že teploty na různých typech managementu seče trávního porostu si zachovávají teplotní rozdíl i v hloubce 10 cm. Tento teplotní rozdíl lze pozorovat i na grafech (viz Příloha 11 a 12), kde jsou zobrazené teploty na všech typech trávníků pro hloubku 5 cm a bezprostředně nad povrchem půdy.

6 Diskuze

Na travnatých plochách ve městě vidíme realizaci nevhodného typu intenzivního managementu, který vytváří často prázdná místa bez porostu, jak zmiňují Mudrák et al. (2018). Jak se ukázalo v experimentu probíhajícím v areálu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, intenzivně sečené trávy nejsou schopné udržovat vlhkost v půdě na delší dobu (viz Příloha 6). Je to způsobené četností seče, přičemž povrch půdy je méně chráněn porostem, a tím je víc přehříván, zadržená vlhkost je z něho dřív vypařena. Pokud chceme zachovat schopnost zeleně ochlazovat města, jak zmiňuje Andrašová (2021), je nutno zabránit nadměrné evapotranspiraci a snažit se udržet vlhkost v povrchu i v trávách.

Z pokusů vyplývá, že je vhodné zvolit kompromisní typ mozaikově sečených ploch (viz Obr. 10), kde jedna část je sečena intenzivně a druhá extenzivně. Povrch je tak rozdělen na více částí, a při vhodném rozčlenění těchto dvou typů ploch je schopný nabídnout povrchy pro intenzivní rekreaci, a zároveň i částí, kde bude vláha schopna díky vyššímu porostu přetrvat delší dobu, a to zejména v obdobích bez intenzivních dešťů, kdy bude tato půda schopná lepší absorpce nadměrných srážek. Za těchto podmínek může být dodržená i estetická funkce trávníků, zejména v očích obyvatelstva. Studie Hwang et al. (2019) nám ukazuje možnost vizualizovat takový režim seče a dokonce s ním zvyšovat rostlinnou i druhovou diverzitu (viz Příloha 13). V Příloze 13 v prvním řádku je zobrazen přímo městský trávník se zapojením dřevěného chodníku (walkways), laviček (bench) i jednotek s prvky pro hru (play facility). V druhém řádku ve stejné příloze se nachází boční pohled s výše zmíněnými prvky, které vizuální kompaktnost porostu nenarušují a zachovávají jeho vysokou estetickou hodnotu. Třetí řádek ve stejné příloze zobrazuje druhovou pestrost živočichů na takových stanovištích městské zeleně.

Na základě experimentu v Doksanech (Možný 2023), lze srovnat teploty holé půdy a teploty půdy s travním porostem. Pro porovnání byla zvolena teplota v hloubce 5 cm (viz Obr. 12), kde je patrný teplotní rozdíl 2,9 °C mezi teplotou holé půdy ve srovnání s teplotou půdy s travním porostem. Na základě tohoto experimentu lze potvrdit, že travní porost poskytuje větší stín a zabezpečuje tak ochlazování povrchu půdy. Experiment zaznamenával dále teploty půdy v obou variantách i pro hloubku 2 cm. Teplota půdy s travním porostem v dané hloubce 2 cm (22,7 °C) byla v průměru o 5,9 °C nižší než teplota vzduchu ve výšce 2 m (28,6 °C). Pokud porovnáváme průměrnou teplotu vzduchu ve výšce 2 m (28,6 °C) proti teplotě v hloubce 2 cm u holé půdy (25,5 °C) je tento rozdíl pouze 3,1 °C. Opět tak vidíme potenciál trávního porostu ochlazovat povrch půdy na nižší teplotu, než je teplota vzduchu. Důležitost stínění povrchu zmiňují i Ward et al. (2019), kde ve své studii berou v potaz i stínění stromů na travní povrch. Travní povrch bez zastínění stromů je nadměrně vystavován vysychání, a dokonce otepluje prostředí kolem sebe. Proto je i na základě, ač krátkého pokusu Doksan patrné, že holá půda je zahřívána ještě víc než půda s trávním porostem a tím také nadměrně otepluje své okolí.



Obr. 12 – Graf porovnání průběhu teplot v hloubce 5 cm na holé půdě proti půdě s trávním porostem v Doksanech 2022.

Experiment (Lerman & Contosta 2019) neprokázal vliv výšky trávy na teplotu povrchu. Může to být způsobeno tím, že se data sbírala jenom jednou týdně a zaznamenávali jen teplotu vzduchu a nesbírali mikroklimatická data, resp. tím, že trávu mulčovali. Studie Lerman & Contosta (2019) ukazuje, že vliv na půdní mikroklima a půdní respiraci mají zejména klimatické podmínky a stín stromů. Podle nich je půdní vlhkost i teplota ovlivňována zejména změnou klimatu a sezónními změnami počasí. Zmiňují, že vliv frekvence seče neovlivňoval signifikantně půdní respiraci, ale zato na ní měla vliv teplota půdy a výška trávního porostu. Jejich závěrečný model pro porovnání půdní vlhkosti nebral vůbec v potaz výšku trávního porostu. Naopak experiment v Českých Budějovicích sledoval právě vliv intenzity seče, a tím i vliv výšku porostu na hodnoty půdní vlhkosti, kde byl prokázané vliv intenzity seče na půdní vlhkosti.

Vzhledem k tomu, že seč neprobíhala až k samotnému čidlu (viz Příloha 14), nebyl porost sečen na výšku 4 mm po celém záběru experimentální plochy. V místě čidla zůstal porost vyšší, častokrát podobný porostu s extenzivní sečí. Vyšších rozdílů v teplotách pozorovaných ploch by bylo možné naměřit pečlivější sečí kolem čidla. Opatření nesekat v bezprostřední blízkosti čidla bylo zavedeno z důvodu neporušení čidla samotného a jeho senzorů.

Dále lze ilustrovat vhodnost vybrané plochy na experiment ve vztahu ke ploše květnatého pásu, a to konkrétně plochy B7 (viz Příloha 15). Květnatý pás je vyvýšen nad úroveň terénu a obehnán cihlovou zdí. Tato zeď byla zahřívána, což mělo negativní vliv na naměřené teploty samotné měřené plochy B7. Při porovnání teplot bezprostředně nad povrchem u květnatého pásu B7 a průměru teplot s intenzivním managementem seče (B3, B4, B5) je teplota květnatého pásu v průběhu trvání experimentu o 0,65 °C vyšší, ale zároveň si zachovává i vyšší průměrnou vlhkost. Tento jev může být zapříčiněn samotným stíněním květnatým porostem plochy. Naopak květnatý pás (B1) byl většinu dne zastíněný přilehlou budovou (viz Obr. 7). Jak je patrné z Obr. 10, dosahovaly experimentální plochy květnatých pásů (B1, B8) v průměru

nejvyšší teploty ze všech typů stanovišť. Průměrný teplotní rozdíl v případě hodnot teplot bezprostředně nad povrchem (T_3) a to mezi plochou s květnatým pásem (B7), která byla nadměrně zahřívána přes cihlovou zeď a plochou s květnatým pásem (B1), který byl většinu času zastíněn, byl průměrný teplotní rozdíl ve výši 0,74 °C.

Svou roli ve výsledcích z experimentu v Českých Budějovicích sehrávalo rozhodně i okolní prostředí travních ploch. Městské prostředí je také rozmanité a nacházejí se na něm plochy s vyšším zastíněním okolních budov, celodenním slunečním zářením. Dále jsou přítomné cesty, chodníky i samotné budovy, které se rychle rozpálí, a tím mají nepříznivý vliv na přehřívání přilehlých travních ploch. Trávník disponuje přirozeně funkcí ochlazovat své okolí. Je toho schopný, ale jenom když teploty kolem něho nepřesáhnou teplotu 35 °C (Cagaš & Svobodová 2013). Sporné do jaké míří bude mít samotní management travních porostů dopad na oteplovaní měst, když od určité teploty nebude schopný plnit svou ochlazovací funkci. Ward et al. (2019) poukazují na vliv přítomnosti zastínění travních porostů stromy, a tak podpořit jejích funkci, protože nebudou vystaveny přímému světelnému záření. Z toho vychází, že když chceme podpořit kondici trávníků a tím i jejich funkce měli bych podpořit komplexní starostlivost a rozšíření městské zeleně v urbanizovaném prostředí.

Pro městských oblasti lze i na základě experimentu na Jihočeské univerzitě doporučit úroveň intenzity seče i na základě prostředí v jakém se daný travnatý povrch nachází. Zejména je ale vhodné snížit intenzitu seče a umožnit tak porostu zastínit povrch. Takovými opatřeními by se podařilo snížit teplotu povrchu a umožnit půdnímu povrchu zadržet zejména srážkovou vodu i během sušších period.

7 Závěr

Na základě průzkumu literatury a experimentů, které zkoumaly vliv intenzity sečení na trávní porosty a obecně význam trávních porostů ve městech, byl prokázán jejich pozitivní dopad. V této oblasti jsou prováděny studie, které ukazují význam travních porostů při zmírňování dopadu změn klimatu. Nicméně je důležité uplatňovat doporučená opatření, zejména snížení intenzity managementu seče.

Výsledky měření půdní vlhkosti, srážek a teploty z experimentu na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích na různě intenzivně sečených trávnících vytvářejí doporučení, aby městské části přehodnotili četnost seče trávníků. Z výsledků totiž vyplývá, že trávníky se sníženou intenzitou seče: mozaikově (B6, B8) a extenzivní trávník (B2) měly v průběhu celého měření vyšší půdní vlhkost než trávníky s vysokou intenzitou seče (B3, B4, B5) (viz Příloha 6). Jak ukázalo i porovnání teplot vzduchu bezprostředně nad povrchem půdy, má vliv na teplotu půdy i zastínění poskytnuté samotným porostem. Teplota intenzivně sečené plochy byla v průměru o 1,01 °C teplejší než plocha extenzivně sečená.

Při porovnání teplot a srážek za poslední dva roky z dat meteorologické stanice v Českých Budějovicích bylo potvrzené nerovnoměrné rozložení srážek během roku s jejich vyšší koncentrací během letních měsíců.

Po vyhodnocení výsledků experimentu lze doporučit volbu kompromisního typu trávníku, který by zahrnoval jak části pro intenzivní rekreaci s intenzivním sečením, tak části s extenzivním sečením, které by byly schopny udržovat vyšší hodnoty půdní vlhkosti. Tento přístup by mohl přispět k vyšší vlhkosti, nižší teplotě ovzduší a tím i ke zlepšení kvality prostředí v městských oblastech.

8 Literatura

Ambrožová Z. 2010. Veřejné prostory malých měst–Teoretická východiska. Urbanismus a územní rozvoj **13**:14-20.

Andrašová D. 2021. Přírodě blízké město Pages 135-146 in Brynda F, Vetešníková K, Klingorová I, Kugl J, editors. Nové výzvy urbanismu. České vysoké učení technické v Praze, Praha. ISBN 978-80-01-06936-3.

Aronson MFJ, Lepczyk CA, Evans KL, Goddard MA, Lerman SB, MacIvor JS, Nilon CH, Vargo T. 2017. Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. Frontiers in Ecology and the Environment **15**:189–196. Wiley, Hoboken.

Balatka B. et al. 2006. Hesla A – Ž. Pages 55-533 in Demek J, Mackovič P, editors. Hory a nížiny – zeměpisný lexikon ČR. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Brno. ISBN 978-80-86064-99-9.

Brázdil R. et al. 2015. Historie počasí a podnebí v českých zemích. Svazek XI, Sucho v českých zemích: minulost, současnost a budoucnost. Centrum výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i., Brno. ISBN 9788087902110.

Brutsaert W. 2005. Hydrology: An Introduction. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. ISBN 9780521824798

Cagaš B, Svobodová M. 2013. Trávník: Zakládání, ošetřování a údržba. Grada Publishing, Praha. ISBN 978-80-247-4279-3.

Crhová L. 2022. Přechod na nový klimatický normál 1991–2010. Infomet. Český hydrometeorologický ústav, Praha. Available from http://www.infomet.cz/ (accessed April 2023).

Česká meteorologická společnost (ČMES). 2014. Elektronický meteorologický slovník. ČMES, Praha. Available from http://slovnik.cmes.cz/heslo/3684 (accessed April 2023).

Česká meteorologická společnost (ČMES). 2017. Elektronický meteorologický slovník. ČMES, Praha. Available from http://slovnik.cmes.cz/ (accessed April 2023).

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). 2022. Klimatologická ročenka České republiky 2021. Česká republika.

Český hydrometeorologický ústav ($ČHMÚ_1$). 2023. Základy meteorologické terminologie. Available from https://www.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/ceska-republika/meteorologicka-terminologie (accessed March 2023).

Český hydrometeorologický ústav ($ČHMÚ_2$). 2023. SIVS – kód VI. Dešťové srážky-Všeobecná charakteristika. Available from https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/vystrahy/napoveda/dest.html (accessed March 2023).

Český hydrometeorologický ústav ($ČHMÚ_3$). 2023 – SIVS – Bouřkové jevy – Všeobecná charakteristika. Available from https://www.chmi.cz/informace-a-sluzby/prezentace-a-vyuka/SIVS# (accessed March 2023).

Český hydrometeorologický ústav ($ČHMÚ_4$). 2023. Sucho. Available from https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/Definice_sucha.html (accessed March 2023).

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ$_5$). 2023. Modelová vlhkost půdy v % VVK ve vrstvě 0 až 20 cm pod trávníkem. Available from https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/vvk_20.html (accessed April 2023).

Český statistický úřad (ČSÚ$_1$). 2023. Obyvatelstvo. CZSO, Praha. Available from https://www.czso.cz/csu/czso/obyvatelstvo_lide (accessed April 2023).

Český statistický úřad (ČSÚ$_2$). 2023. Pohyb obyvatelstva v hl. m. Praze v roce 2022. CZSO, Praha. Available from https://www.czso.cz/csu/xa/pohyb-obyvatelstva-v-hl-m-praze-v-roce-2022 (accessed April 2023).

Český statistický úřad (ČSÚ). 2022. MOS – Městská a obecní statistika. CZSO, Praha. Available from https://vdb.czso.cz/mos/index.jsp (accessed August 2022).

ČSN 83 9001. 1999. Sadovnictví a krajinářství – Terminologie – Základní odborné termíny a definice. Český normalizační institut, Praha.

Deilami K, Kamruzzaman Md, Liu Y. 2018. Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation **67**:30–42.

Dietz ME. 2007. Low Impact Development Practices: A Review of Current Research and Recommendations for Future Directions. Water, Air, and Soil Pollution **186**:351–363.

European Parliament. 2020. EU agricultural policy and climate change, Strasbourg.

European commision (EC). 2023. Green infrastructure. Enviroment.ec.europa.eu. Available from https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/green-infrastructure_en (accessed March 2023).

Fynn RWS, Morris CD, Edwards TJ. 2004. Effect of burning and mowing on grass and forb diversity in a long-term grassland experiment. Applied Vegetation Science **7**:1–10.

Hrabě F. et al. 2003. Trávy a trávníky – co o nich ještě nevíte. Vydavatelství Ing. Petr Baštan – Hanácká reklamní, Olomouc

HUGSI. 2023. HUGSI.GREEN. Husqvarna AB, Husqvarna. Available from https://www.hugsi.green/city/?Prague (accessed January 2023).

Hwang YH, Yue ZEJ, Ling SK, Tan HHV. 2019. It's ok to be wilder: Preference for natural growth in urban green spaces in a tropical city. Urban Forestry & Urban Greening **38**:165–176.

Chollet S, Brabant C, Tessier S, Jung V. 2018. From urban lawns to urban meadows: Reduction of mowing frequency increases plant taxonomic, functional and phylogenetic diversity. Landscape and Urban Planning **180**:121–124.

Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy (IPR). 2023. Geologie-Vsakovací mapy. MHMP. Available from https://app.iprpraha.cz/apl/app/atlas-zp/ (accessed April 2023)

INTERSUCHO. 2023. Jak sucho monitorujeme. Ústav výzkumu globální změny AV ČR, Brno. Available from https://www.intersucho.cz/cz/o-suchu/jak-sucho-monitorujeme/ (accessed April 2023).

INTERSUCHO$_2$. 2023. Nasycení půdního profilu. Ústav výzkumu globální změny AV ČR, Brno. Available from https://www.intersucho.cz/cz/mapy/nasyceni-pudniho-profilu/?paginator-page=10 (accessed April 2023).

IPCC$_1$, 2013: Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP4.5 [van Oldenborgh, G.J., M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds.)]. In: Climate Change 2013: The Physical

Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Available from www.climatechange2013.org and www.ipcc.ch (accessed April 2023).

Ježek J. 1978. Zásady a pravidla územního plánování: Názvosloví. Brno: VÚVA. Available from https://www.uur.cz/media/nuhh1ym4/slovnik-ur-20220623.pdf (accessed March 2023).

Kaplan Z. 2019. Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha. ISBN 978-80-200-2660-6

Kohut M. et al. 2010. Dlouhodobá zásoba využitelné půdní vody a její variabilita na území České republiky. Voda v krajině. Pages 35-46. Český hydrometeorologický ústav, Brno.

Kopecká B. 2017. Emisní scénáře IPCC [Bakalářská práce]. Masarykova univerzita, Brno

Kovář P. 2014. Ekosystémová a Krajinná Ekologie. Karolinum, Praha. ISBN 978-80-246-2788-5

Lerman SB, Contosta AR. 2019. Lawn mowing frequency and its effects on biogenic and anthropogenic carbon dioxide emissions. Landscape and Urban Planning **182**:114–123.

Lipina P. et al. 2021. Meteorologická staniční síť ČHMÚ v roce 2020. Meteorologické zprávy **74**:149-164.

Magistrát HMP ($MHMP_1$). 2010. Koncepce péče o zeleň v hlavním městě Praze. Available from https://portalzp.praha.eu/public/e3/60/dd/1726820_422100_Praha_konc_peceozelen2010.pdf (accessed March 2023).

Magistrát HMP ($MHMP_2$). 2010 Available from https://portalzp.praha.eu/jnp/cz/priroda_krajina_a_zelen/koncepcni_dokumenty/koncepce_pece_o_zelen_v_hlavnim_meste.html článek o nové koncepce (accessed March 2023).

Magistrát HMP ($MHMP_3$). 2013. Milíčovský les. Available from http://www.praha-priroda.cz/lesy/milicovsky-les/ (accessed March 2023).

Magistrát HMP ($MHMP_4$). 2021. Vsakovací mapy hlavního města Prahy. Adaptacepraha.cz. MHMP. Available from https://adaptacepraha.cz/vsakovaci-mapy-hl-m-prahy/ (accessed April 2023).

McPherson EG, Berry AM, van Doorn NS. 2017. Performance testing to identify climate-ready trees. Urban Forestry & Urban Greening **29**:28–39.

Ministerstvo životního prostředí (MŽP). 2021. Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. MZP, Praha. Available from https://www.mzp.cz/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu (accessed April 2023).

Ministerstvo životního prostředí ($MŽP_1$). 2023. Půdni mapy Jihočeského kraje. MZP, Praha. Available from https://www.mzp.cz/cz/pudni_mapy (accessed April 2023).

Možný M. 1999. Zkušenosti s měřením vlhkosti půdy snímači VIRRIB. Meteorologické zprávy **5**:140-143.

Možný M. 2023. Experiment v Doksanech v roce 2022. Message to: xkank008@studenti.czu.cz. April 2023. Osobní komunikace

Mudrák O, Fajmon K, Jongepierová I, Prach K. 2018. Mass effects, clonality, and phenology but not seed traits predict species success in colonizing restored grasslands. Restoration Ecology **26**:489–496.

Muñoz-Carpena R. et al. 2004. Field Devices for Monitoring Soil Water Content. Department of Agricultural and Biological Engineering, University of Florida. Extension Bulletin. DOI:10.32473/edis-ae266-2004.

Musil J. 2018. ENCYKLOPEDIE.SOC. Urbanizace. Sociologický ústav AV ČR, v.v.i. Available from https://encyklopedie.soc.cas.cz/w/Urbanizace_(MSgS) (accessed February 2023).

Petr Havel. 2021. Roztříštěnost údržby zeleně na území MČ Praha 11. Avaialable from https://www.praha11.cz/cs/mestska-cast/zivotni-prostredi/verejna-zelen/roztristenost-udrzby-zelene-na-uzemi-mc-praha-11.html (accessed March 2023).

Plunkett Raysich Architects, LLP. 2010. Milwaukee River Greenway Master Plan A Vision for Recreation and Restoration. Wisconsin.

Reynolds HL, Brandt L, Fischer BC, Hardiman BS, Moxley DJ, Sandweiss E, Speer JH, Fei S. 2020. Implications of climate change for managing urban green infrastructure: an Indiana, US case study. Climatic Change **163**:1967–1984.

River Revitalization Foundation (RRF). 2023. Riverrevitalizationfoundation, Milwaukee. Avaialable from https://www.riverrevitalizationfoundation.org/milwaukee-river-greenway/ (accessed Frebruary 2023).

Šimek P, Štefl L. 2020. Urban Greenery Management – System Procedures and Planning Tools. Životné prostredie **54**:183–191.

Technická správa komunikací hlavního města Prahy, a.s. (TSK). 2023. Travnaté plochy. Zelenvpraze, Praha. Available from https://zelenvpraze.cz/travnate-plochy/ (accessed March 2023).

Tolasz R. et al. 2007. Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav. Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-86690-26-1

TOMST. 2023. TOMST, Praha. Available from TOMST. TMS-4. 2023https://tomst.com/web/cz/systemy/tms/tms-4/ (accessed February 2023).

United Nations (UN). 2014. UN. New York. Available from https://www.un.org/en/development/desa/publications/2014-revision-world-urbanization-prospects.html (accessed February 2023).

United Nations, Department of Economic and Social Affairs (UN). 2022. World Population Prospects 2022, Summary of results. New York.

United Nations (UN). 1992. United Nations framework convention on climate change. Rio de Janeiro.

Úřad vlády České republiky, Odbor pro udržitelný rozvoj. 2017. Strategický rámec Česká republika 2030. Česká republika.

Ústav územního rozvoje (ÚÚR). 2016. Slovník územního rozvoje. Urbanismus. Ústav územního rozvoje, Brno. Available from https://www.uur.cz/uzemni-planovani/slovnik-uzemniho-rozvoje/slovnik-ur/?page=1&search=urbanismus (accessed March 2023).

Ústav územního rozvoje (ÚÚR). 2017. Slovník územního rozvoje. Městská zeleň. Ústav územního rozvoje, Brno. Avaialable from https://www.uur.cz/uzemni-planovani/slovnik-uzemniho-rozvoje/slovnik-ur/?page=1&search=m%C4%9Bstsk%C3%A1+zele%C5%88 (accessed February 2023).

Katedra urbanismu a územního plánování, Fakulta stavební ČVUT v Praze ($UZEMI_1$). 2023. Slovník pojmů. Katedra urbanizmu a územního plánování, Praha. Available from

https://uzemi.eu/o-katedre/slovnik-pojmu/?dir=2&name_directory_startswith=U (accessed March 2023).

Katedra urbanismu a územního plánování, Fakulta stavební ČVUT v Praze (UZEMI$_2$). 2023. Slovník pojmů. Katedra urbanizmu a územního plánování, Praha. Available from https://uzemi.eu/o-katedre/slovnik-pojmu/?name-directory-search-value=urbanizace&dir=2 (accessed March 2023).

Voogt JA, Oke TR. 2003. Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environment **86**:370–384.

VUMOP$_1$. 2020. Základní charakteristiky BPEJ. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Available from https://statistiky.vumop.cz/?core=popis (accessed April 2023).

VUMOP$_2$. 2023. Hydrologické charakteristiky. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Available from https://www.vumop.cz/sites/default/files/20130529_katalogmap_hydrologicke_charakteristiky.pdf (accesed April 2023).

Ward K, Lauf S, Kleinschmit B, Endlicher W. 2016. Heat waves and urban heat islands in Europe: A review of relevant drivers. Science of The Total Environment **569–570**:527–539.

Watson CJ, Carignan-Guillemette L, Turcotte C, Maire V, Proulx R. 2020. Ecological and economic benefits of low-intensity urban lawn management. Journal of Applied Ecology **57**:436–446.

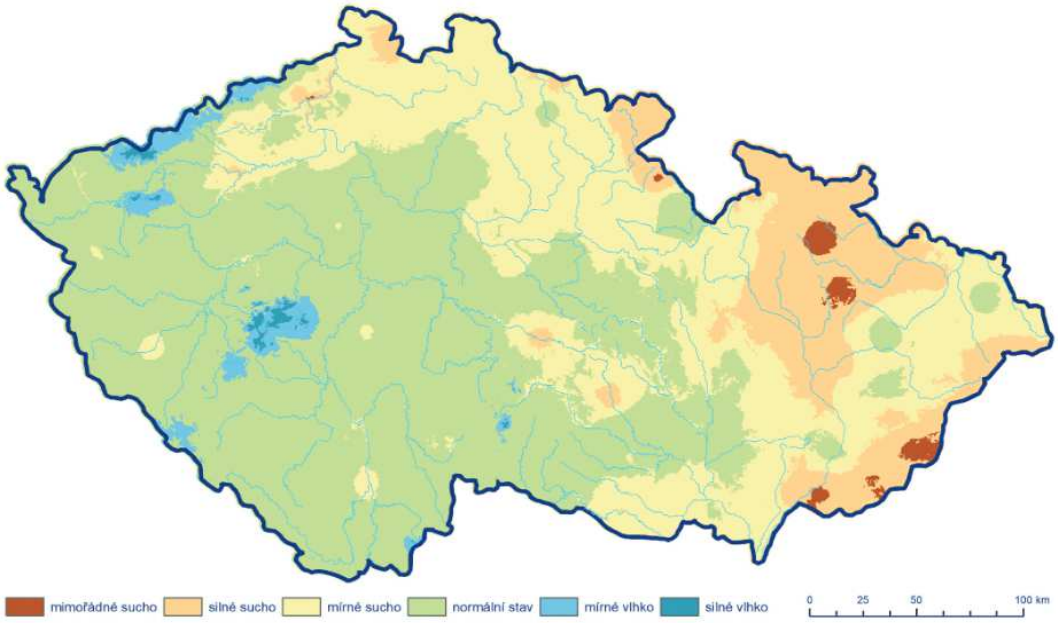
Wilhite AD. et. al. 2005. Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues. CRC Press, Florida. ISBN 978-0-429-12009-1.

Yan H, Wu F, Dong L. 2018. Influence of a large urban park on the local urban thermal environment. Science of The Total Environment **622–623**:882–891.

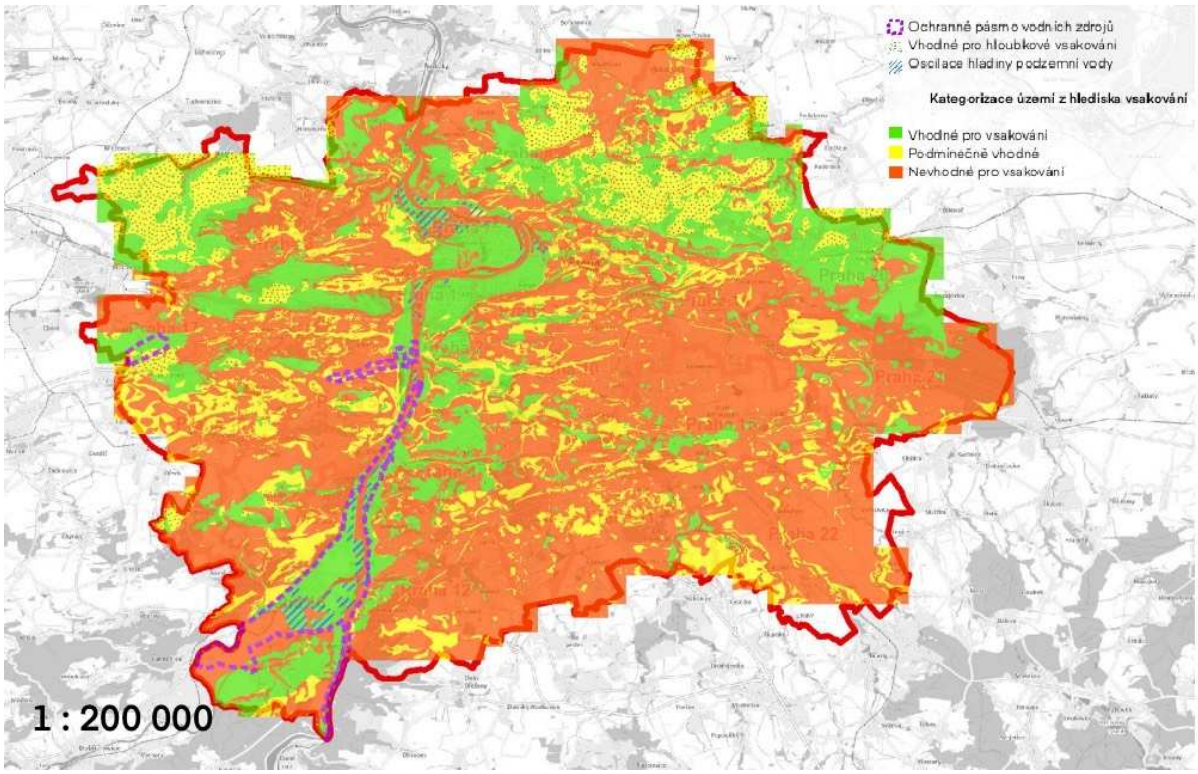
Yang L, Qian F, Song D-X, Zheng K-J. 2016. Research on Urban Heat-Island Effect. Procedia Engineering **169**:11–18.

Ye Y, Ding Y, Jiang Q, Wang F, Sun J, Zhu C. 2017. The role of receptor-like protein kinases (RLKs) in abiotic stress response in plants. Plant Cell Reports **36**:235–242.

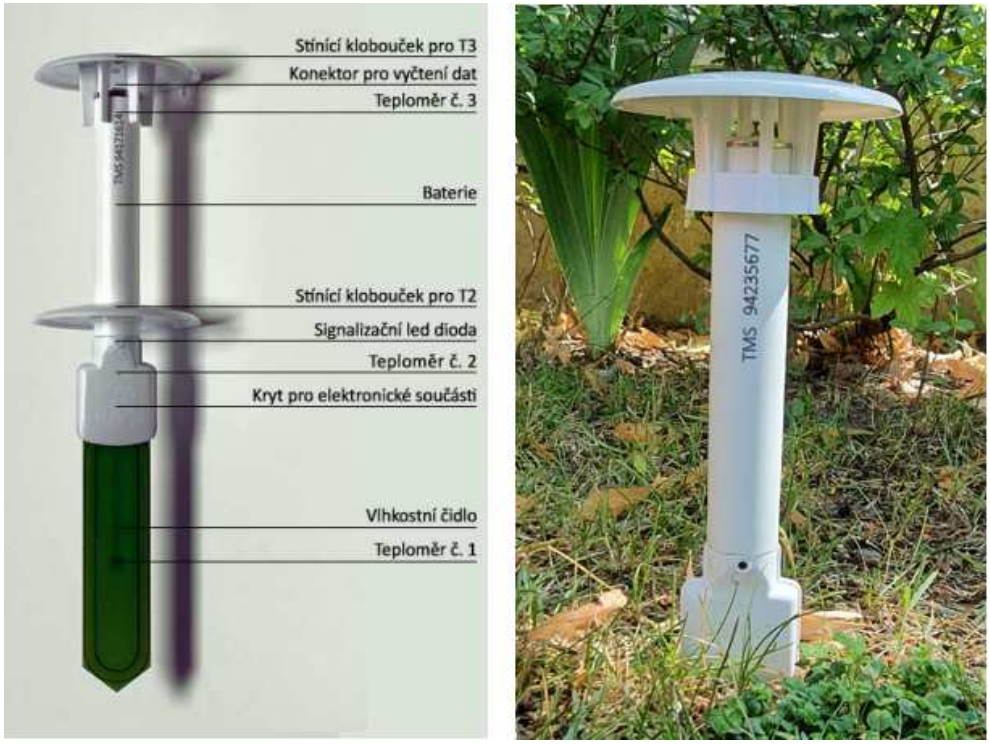
9 Samostatné přílohy



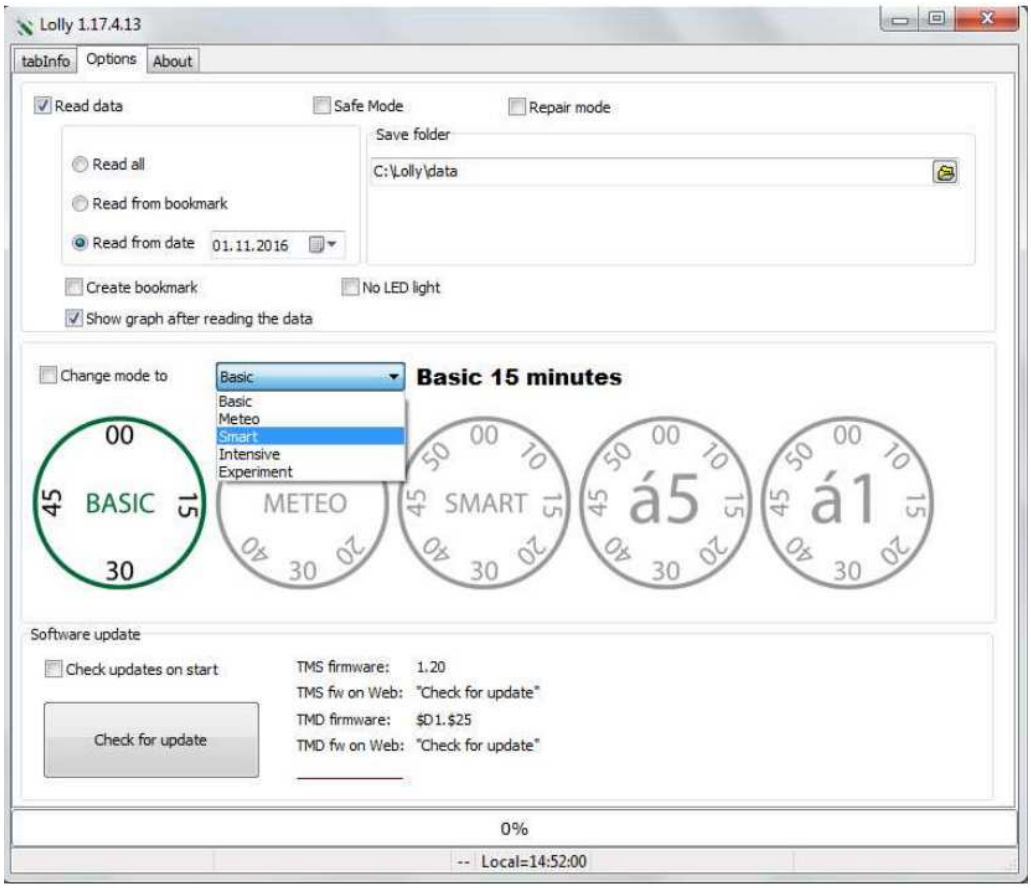
Příloha 1 – Sucho dle indexu SPEI, červen 2021 (Zdroj: Klimatologická ročenka ČHMÚ 2021).



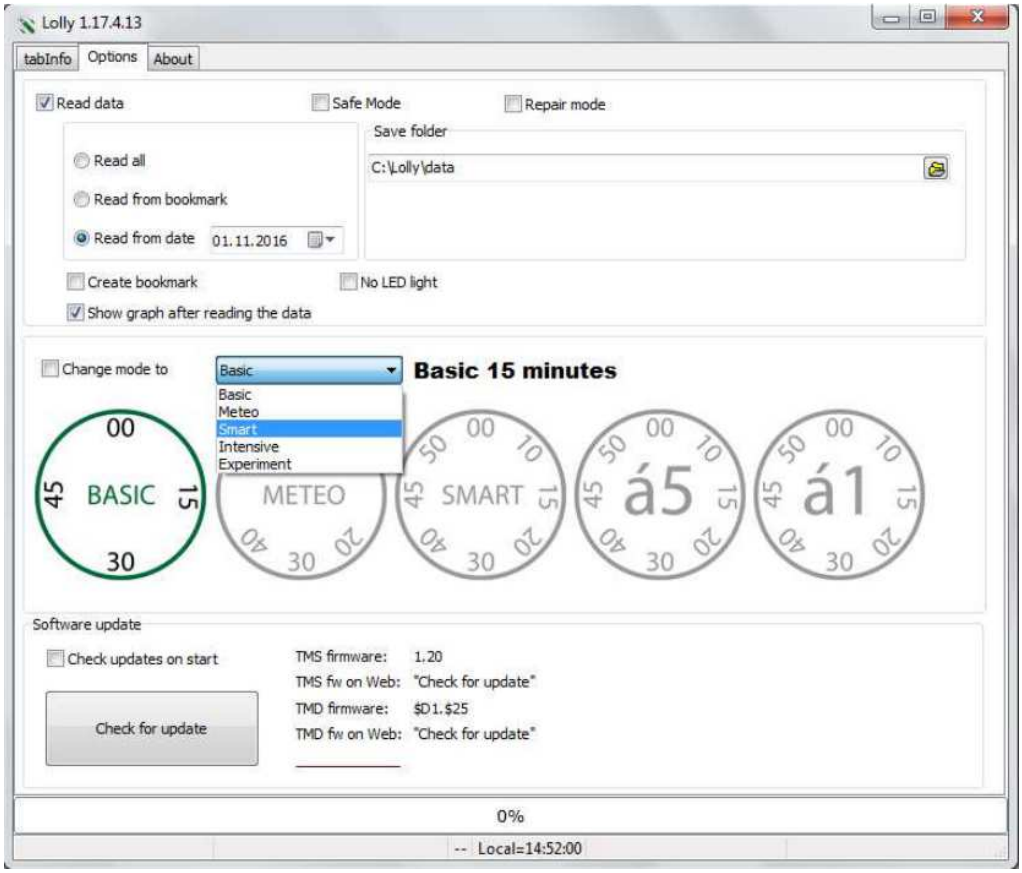
Příloha 2 – Vsakovací mapa Prahy (Zdroj: Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy, geoportalpraha.cz 2023).



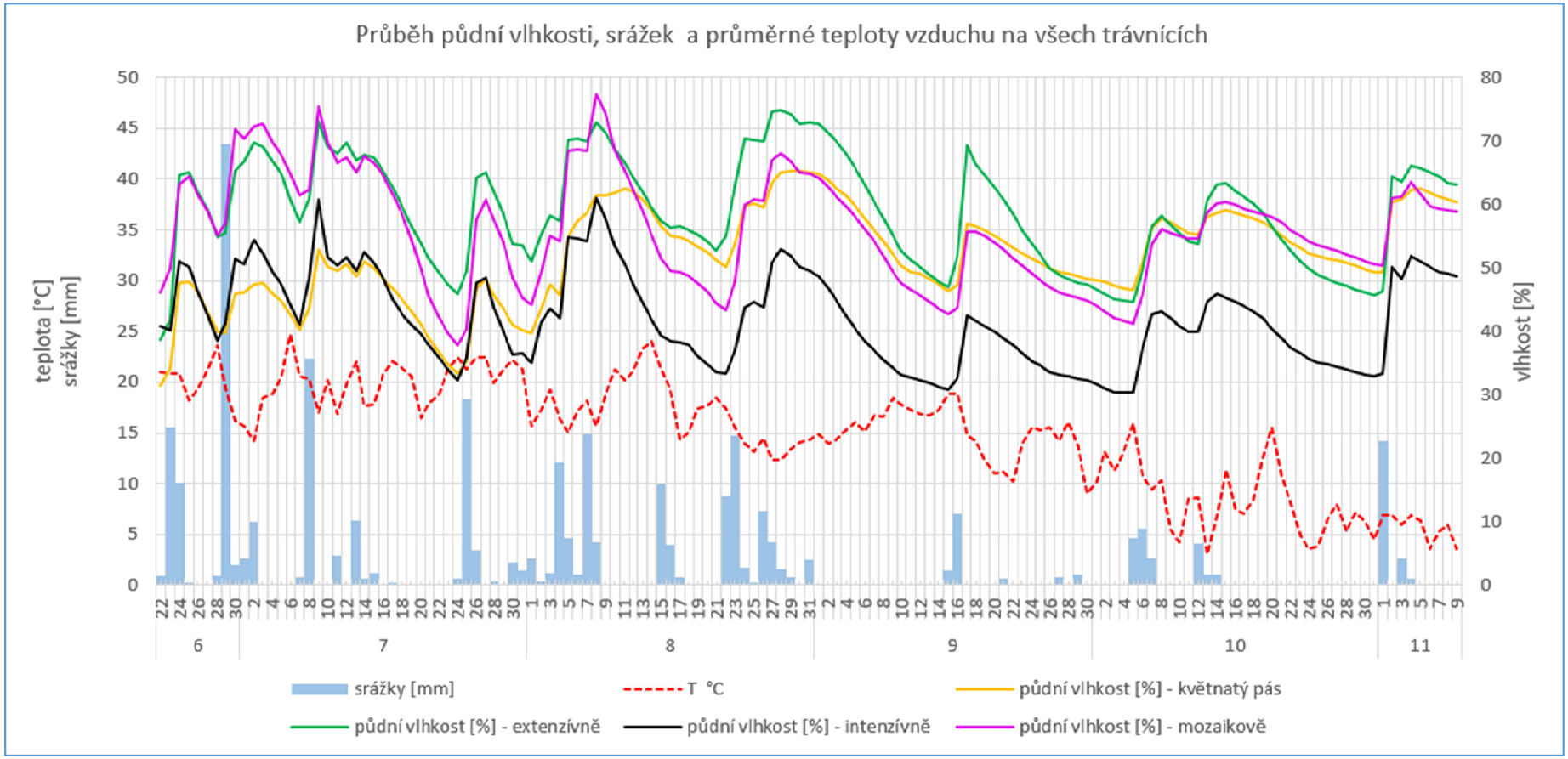
Příloha 3 – Měřící čidlo TMS–4 (popis jeho částí, čidlo v zemi).



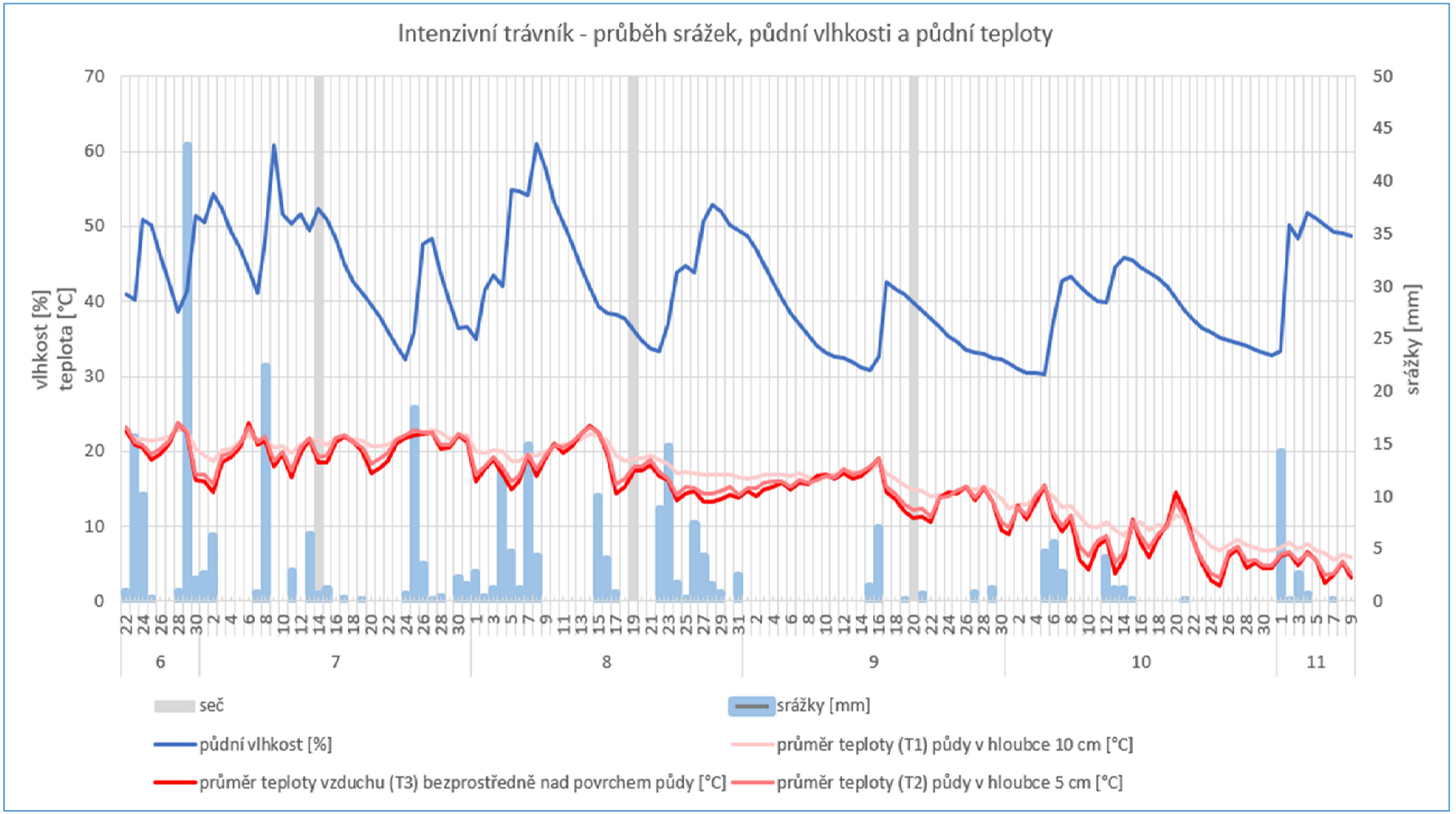
Příloha 4 - Úvodní karta ze softwaru Lolly Manager.



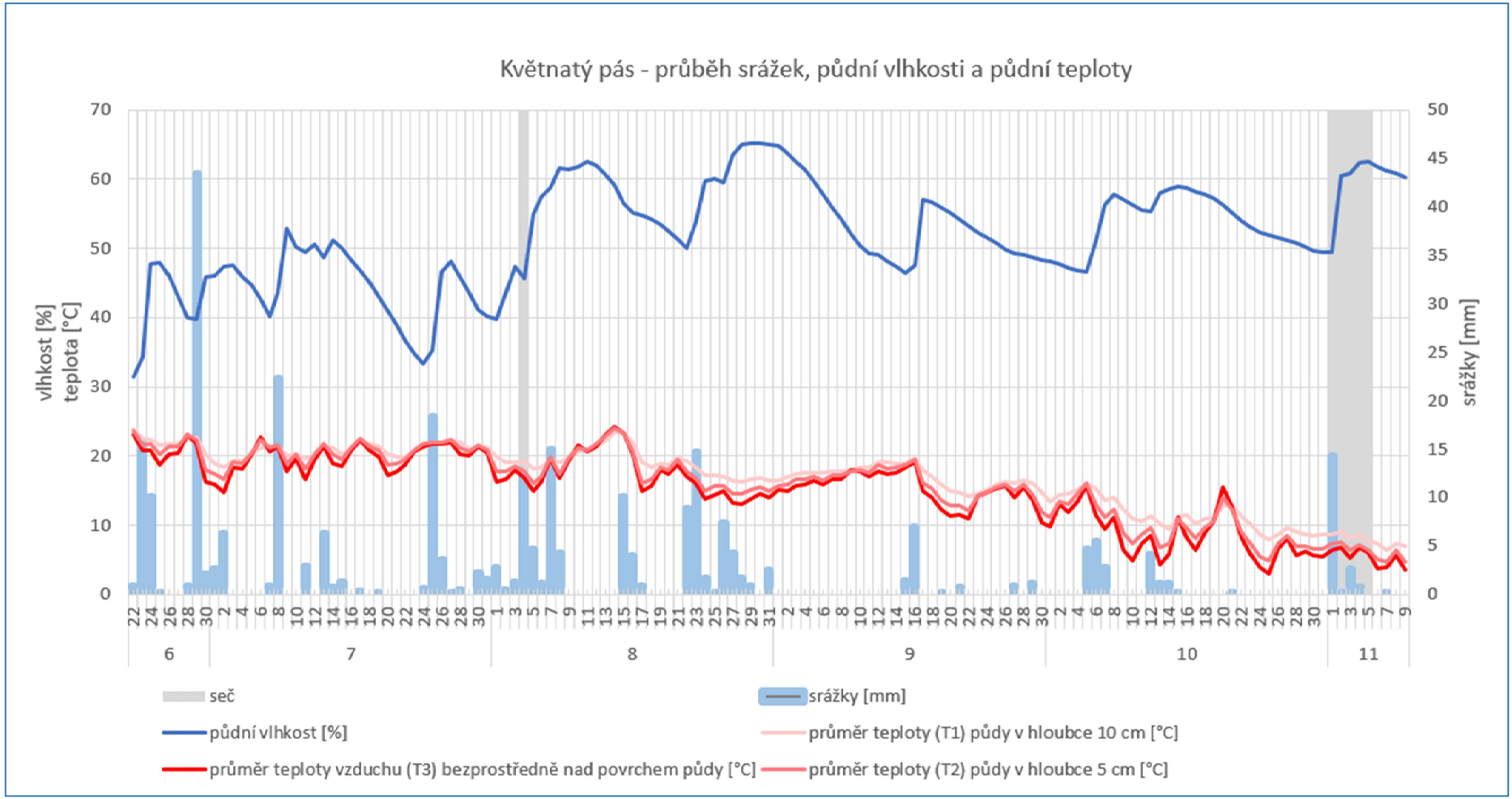
Příloha 5 - Nastavení intenzity modu měření.



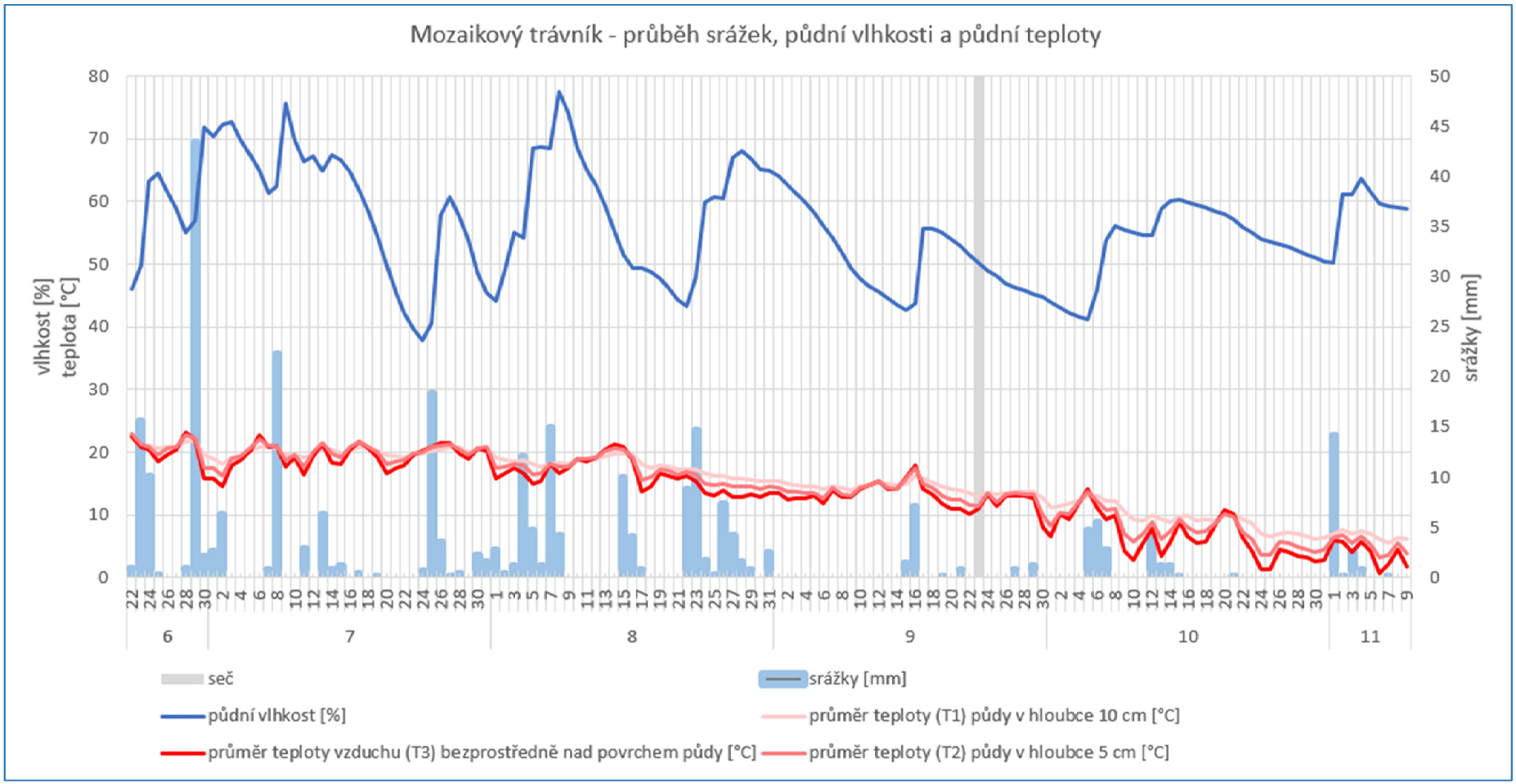
Příloha 6 - Graf zobrazující průběh teplot půdy v hloubce 10 cm a průměrnou teplotu vzduchu ve 2 m na všech trávnících v Českých Budějovicích v roce 2021.



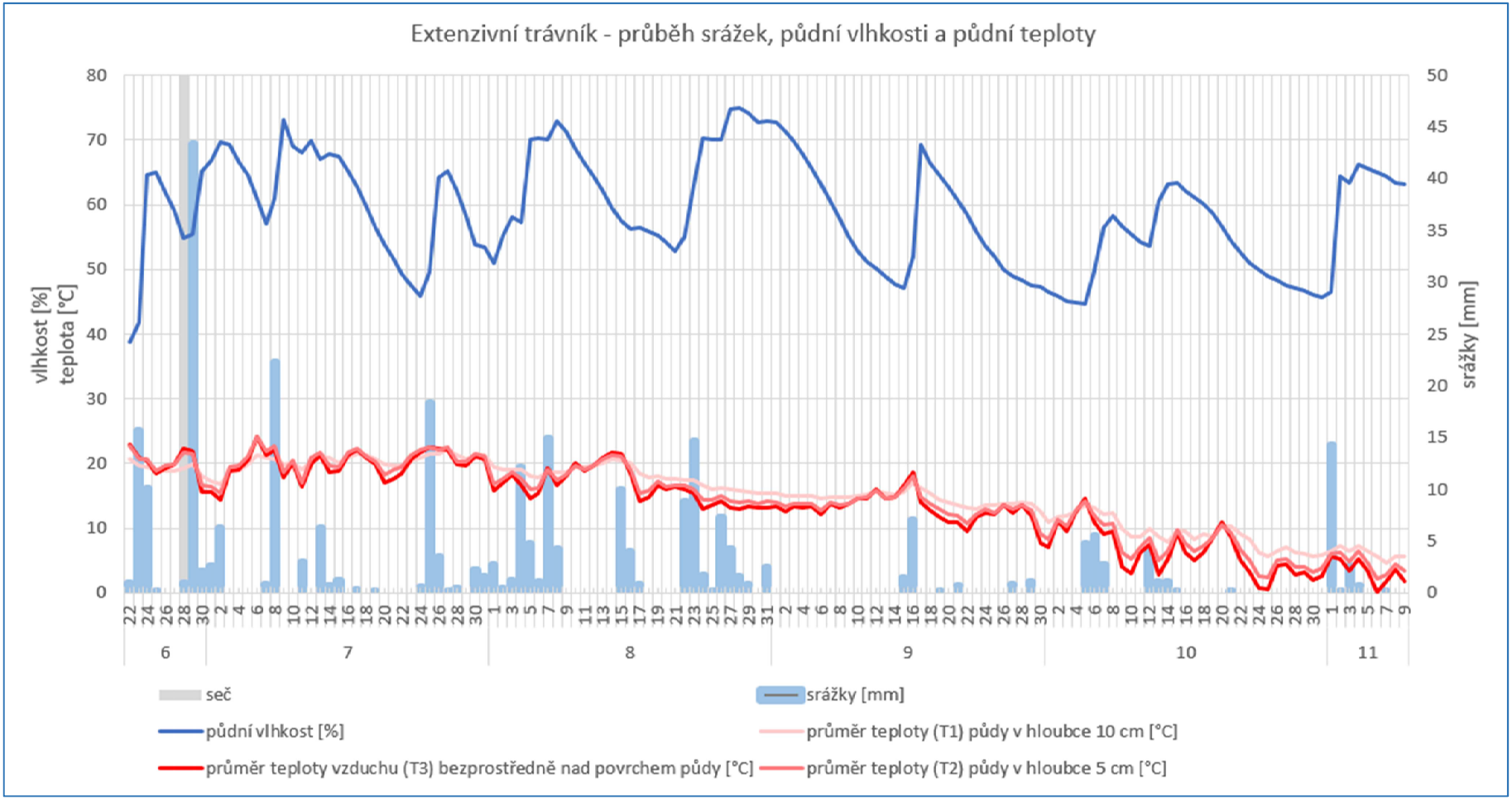
Příloha 7 – Graf znázorňující průběh srážek, půdní vlhkosti a půdní teploty na intenzivním trávníku.



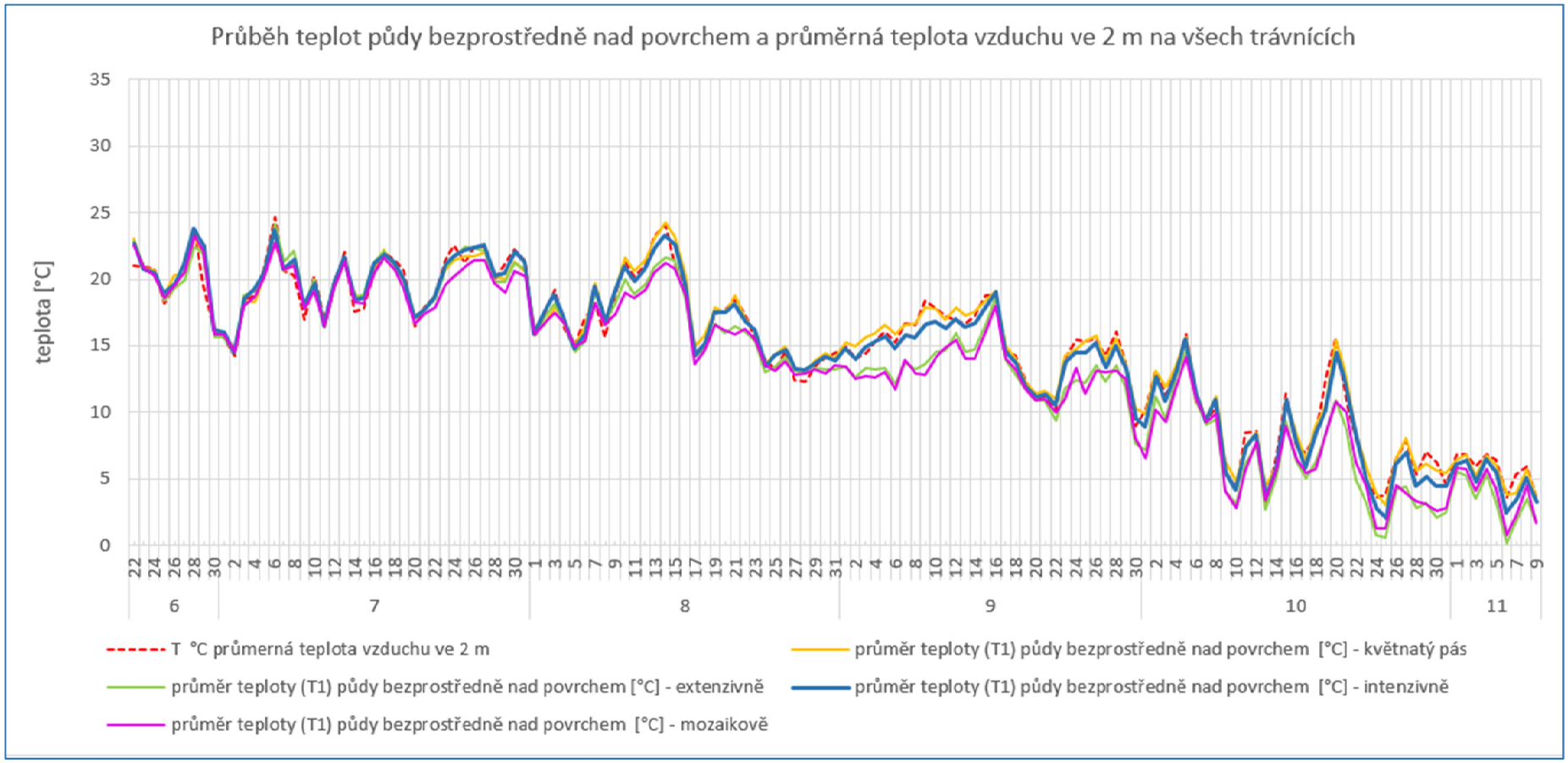
Příloha 8 – Graf znázorňující průběh srážek, půdní vlhkosti a půdní teploty na květnatém pásu.



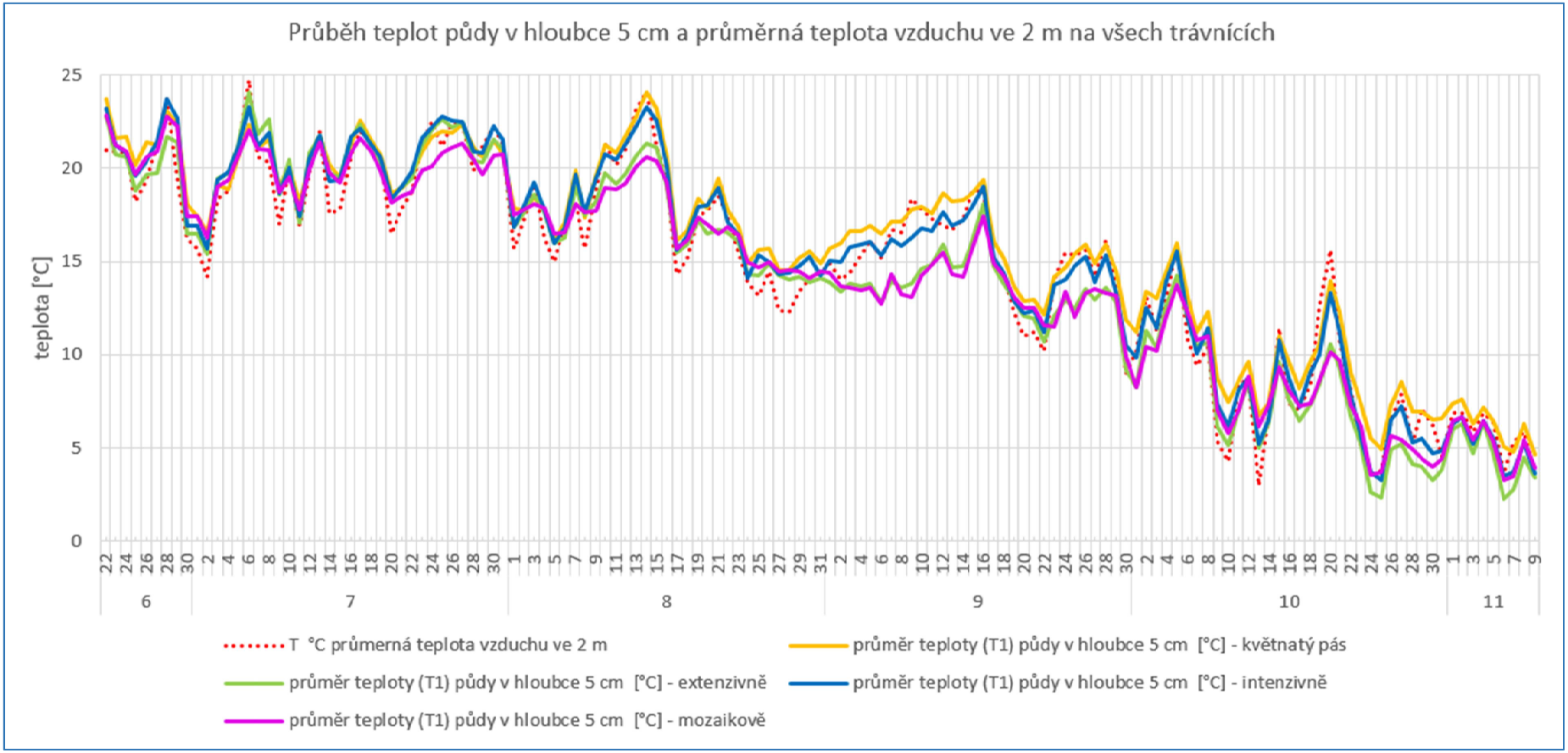
Příloha 9 – Graf znázorňující průběh srážek, půdní vlhkosti a půdní teploty na mozaikovém trávníku.



Příloha 10 – Graf znázorňující průběh srážek, půdní vlhkosti a půdní teploty na extenzivním trávníku.



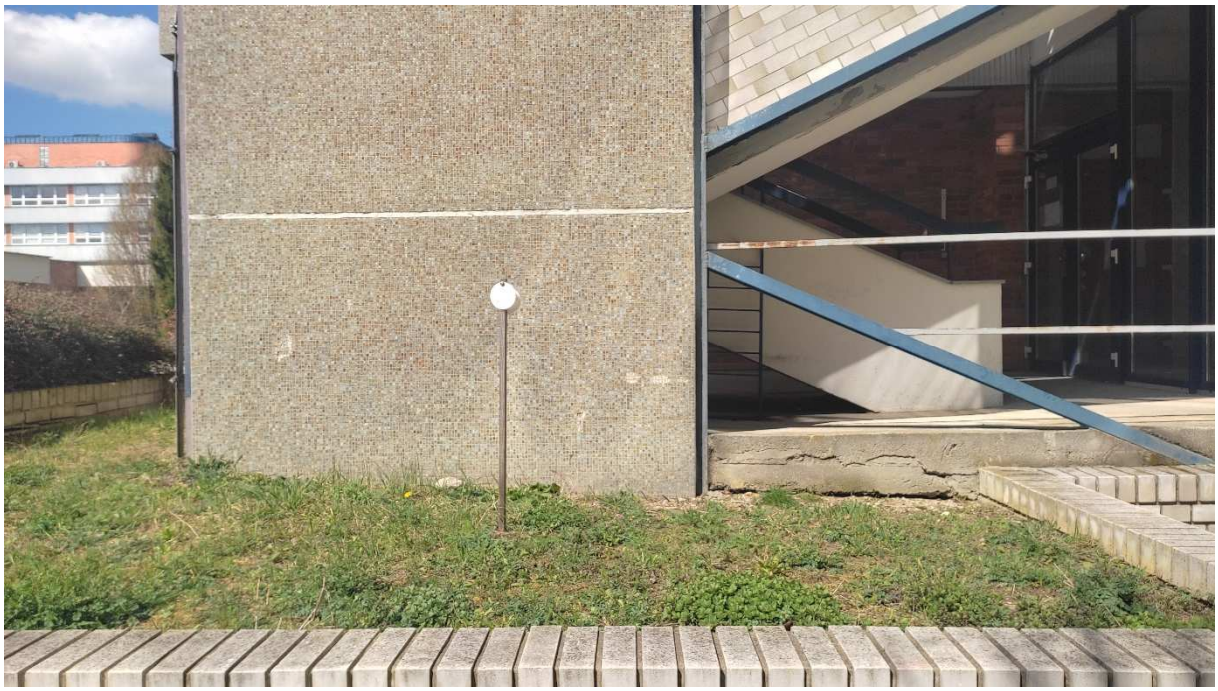
Příloha 11 – Graf zobrazující průběh teplot půdy bezprostředně nad povrchem a průměrnou teplotu vzduchu ve 2 m na všech trávnících.



Příloha 12 - Graf zobrazující průběh teplot půdy v hloubce 5 cm a průměrnou teplotu vzduchu ve 2 m na všech trávnících.

Příloha 13 – Zobrazení možností spojení extenzivní a intenzivní seče v městských parcích (Zdroj: Hwang 2019).

Příloha 14 – Intenzivně sečený trávník – plocha s čidlem B4 v Českých Budějovicích.



Příloha 15 – Květnatý pás – plocha s čidlem B7 v Českých Budějovicích.