

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra geografie

**Efekt trávníků na mikroklima městského prostředí v průběhu  
horkých vln**

Bakalářská práce

Autor: Kateřina KOLKOVÁ  
Vedoucí práce: Mgr. Jan GELETIČ, Ph.D.

Olomouc 2023

## Bibliografický záznam

Autor (osobní číslo): Kateřina Kolková (R20406)

Studijní obor: Geografie pro vzdělávání (maior)  
Historie se zaměřením na vzdělávání (minor)

Název práce: Efekt trávníků na mikroklíma městského prostředí v průběhu horkých vln

Title of thesis: Effects of grassy surfaces on urban microclimate in heat-wave episodes

Vedoucí práce: Mgr. Jan Geletič, Ph. D.

Rozsah práce: 58 stran

**Abstrakt:** Bakalářská práce se zabývá studiem mitigačních schopností městských trávníků v obdobích letních horkých vln. Primárně se zaměřuje na závislost mezi vlhkostí půdy, povrchovou teplotou a vazbou na spodní vrstvy půdy. Data pro vypracování byla získána pomocí terénního měření, které probíhalo v období jedné z nejvýznamnějších horkých vln roku 2022 v Olomouci; od 20. 7. 2022 do 22. 7. 2022. Bylo vybráno šest měřících lokalit, které byly měřeny pravidelně každé dvě hodiny od východu do západu slunce. Pro získávání povrchové teploty byla využita termokamera FLIR E6-XT, vlhkost půd byla měřena vlhkoměrem LabQuest2 se senzorem soil moisture. Výsledky měření byly zpracovány a vyhodnoceny v programu Microsoft Excel.

**Klíčová slova:** povrchová teplota, vlhkost půdy, mitigace, trávník, tepelný ostrov města

**Abstract:** The bachelor's thesis deals with the study of the mitigation capabilities of urban lawns in periods of summer heat waves. It primarily focuses on the dependence between soil moisture, surface temperature and binding to lower soil layers. The data for the elaboration was obtained using field measurements that took place during one of the most significant heat waves of 2022 in Olomouc; from 20. 7. 2022 to 22. 7. 2022. Six measuring locations were selected and measured regularly every two hours from sunrise to sunset. A FLIR E6-XT thermal camera was used to obtain the surface temperature, soil

moisture was measured with a LabQuest2 hygrometer with a soil moisture sensor. The measurement results were processed and evaluated in the Microsoft Excel program.

Keywords: surface temperature, soil moisture, mitigation, lawn, urban heat island

Prohlašuji, že jsem zadanou práci vypracovala sama pod vedením Mgr. Jana Geletiče, Ph.D.  
Veškeré zdroje literatury jsem v textu řádně odcitovala a zařadila do seznamu použité literatury a zdrojů.

V Olomouci dne: .....

.....

Podpis autora

Tímto bych chtěla poděkovat Mgr. Janu Geletičovi, Ph.D. za vedení mé práce, ochotný přístup a poskytnutí cenných informací. Rovněž bych chtěla poděkovat doc. Mgr. Michalu Lehnertovi, Ph.D. za zapůjčení přístrojů potřebných k terénnímu výzkumu.

# UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2021/2022

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Kateřina KOLKOVÁ**  
Osobní číslo: **R20406**  
Studijní program: **B0114A330002 Geografie pro vzdělávání**  
Téma práce: **Efekt trávníků na mikroklima městského prostředí v průběhu horkých vln**  
Zadávací katedra: **Katedra geografie**

### Zásady pro vypracování

Trávníky hrají ve městech důležitou roli ve vnímání teplotního a tepelného komfortu. Zároveň se travnaté plochy velmi často uplatňují jako adaptační nebo mitigační opatření vůči klimatické změně. Během letních dnů, případně horkých vln, je ale role trávníků závislá na jeho vlastnostech, jako je množství vody, struktura trávníku anebo vazba na spodní vrstvy půdy. V rámci BP bude v průběhu letního období provedeno terénní měření vlhkosti půdy a povrchové teploty na vybraných lokalitách s různým typem trávníků. V práci bude diskutován potenciální vliv vybraných charakteristik (vlhkost, povrchová teplota, vazba na spodní vrstvy atd.) na adaptační / mitigační efekt trávníku během letních dnů nebo horkých vln.

Rozsah pracovní zprávy: **5 000 – 8 000 slov**  
Rozsah grafických prací: **Podle potřeb zadání**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

### Seznam doporučené literatury:

- Dobrovolný, P., Řezníčková, L., Brázdil, R., Krahula, L., Zahradníček, P., Hradil, M., Doleželová, M., Šálek, M., Štěpánek, P., Rožnovský, J., Valášek, H., Kirchner, K., Kolečka, J. (2012). Klima Brna. Víceúrovňová analýza městského klimatu. Masarykova univerzita.
- Dunjić, J. (2019). Outdoor thermal comfort research in urban areas of Central and Southeast Europe: A review. *Geographica Pannonica*, 23, 4, 359–373. DOI: <https://doi.org/10.5937/gp23-24458>
- Geletič, J., Lehnert, M., Krč, P., Resler, J., Krayenhoff, E. S. (2021). High-resolution modelling of thermal exposure during a hot spell: a case study using PALM-4U in Prague, Czech Republic. *Atmosphere*, 12, 2, 175. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos12020175>
- Chlapcová, L., Urban, A., Kyselý, J. (2021). Vliv městského prostředí na tepelnou zátěž v centru Prahy. *Meteorologické zprávy* 74, 4, 113–120.
- Lehnert, M. (2016). Režim teploty půdy v městské a příměstské krajině Olomouce: prostorové rozdíly a jejich příčiny. Ostrava, 2016. disertační práce (Ph.D.). Ostravská univerzita v Ostravě, Přírodovědecká fakulta. Dostupné na: <https://portal.osu.cz//StagPortletsJSR168/CleanUrl?urlid=prohlizeni-prace-detail&praceldno=43332>
- Lehnert, M., Šimáček, P., Fiedor, D., Jurek, M. (2020). Spatial variability of soil temperature in an urban area: A case study for a medium-sized European city. *Geographica Pannonica*, 1, 25, 1–9. DOI: <https://doi.org/10.5937/gp25-29415>
- Lehnert, M., Tokar, V., Jurek, M., Geletič, J. (2021). Summer thermal comfort in Czech cities: measured effects of blue and green features in city centres. *International Journal of Biometeorology*, 65(8), 1277–1289. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02010-y>
- Resler, J., Eben, K., Geletič, J., Krč, P., Rosecký, M., Sühring, M., Belda, M., Fuka, V., Halenka, T., Huszár, P., Karlický, J., Benešová, N., Ďoubalová, J., Honzáková, K., Keder, J., Nápravníková, Š., and Vlček, O. (2021). Validation of the PALM model system 6.0 in a real urban environment: a case study in Dejvice, Prague, the Czech Republic. *Geosci. Model Dev.*, 14, 4797–4842. DOI: <https://doi.org/10.5194/gmd-14-4797-2021>

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Jan Geletič, Ph.D.**  
Katedra geografie

Datum zadání bakalářské práce: **23. března 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2023**

L.S.

---

**doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.**  
děkan

---

**prof. RNDr. Marián Halás, Ph.D.**  
vedoucí katedry

# Obsah

1. Úvod .....	9
2. Cíle .....	10
3. Charakteristika území .....	11
3.1. Geomorfologická charakteristika .....	11
3.2. Geologická charakteristika .....	11
3.3. Pedologická charakteristika .....	12
3.4. Hydrologická charakteristika .....	12
3.5. Klimatická charakteristika .....	12
3.6. Land Cover / Land Use .....	13
3.6.1. CORINE Land Cover .....	13
3.6.2. Urban Atlas .....	14
3.6.3. Místní klimatické zóny (LCZ) .....	15
4. Teoretická východiska .....	17
4.1. Výzkum městského klimatu .....	17
4.2. Tepelný ostrov města .....	18
4.3. Povrchová teplota .....	20
4.4. Městská vegetace .....	21
4.5. Mikroklima trávníků .....	22
5. Metody .....	24
6. Výsledky .....	27
6.1. Výsledky jednotlivých měření .....	27
6.1.1. Trávník u Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého .....	27
6.1.2. Trávník u nákupního střediska Šantovka .....	30
6.1.3. Trávník v Bezručových sadech .....	32
6.1.4. Trávník ve Smetanových sadech .....	35
6.1.5. Trávník na ulici Kosmonautů .....	38
6.1.6. Trávník u Tržnice .....	40
6.2. Porovnání výsledků .....	42
7. Diskuse .....	45
8. Závěr .....	47
9. Summary .....	48
10. Seznam literatury .....	50



# 1. Úvod

Světová změna klimatu je jeden z nejpálčivějších problémů dnešní doby (Dunjić, 2019). Kvůli rozdílným tepelným vlastnostem různých povrchů, je tato změna nejvíce citelná zejména ve městech, kde vzniká fenomén tzv. tepelného ostrova města. Počet světové populace žijící ve městech ovšem stoupá. V roce 2028 by jí mělo ve městech žít až 5 milionů a do roku 2041 přibližně 6 milionů (UN., 2019), proto je potřeba hledat cesty a možná řešení, jak snížit intenzitu tepelného ostrova. Pozitivní dopad na klima městských oblastí má zejména městská vegetace, jako jsou parky, trávníky či zelené střechy a stěny (Shashua-Bara et al., 2011). Naopak města, která snižují množství vegetace prokazují zhoršení tepelné pohody (Belda et al., 2021).

Výzkumů o vlivu parků a stromů na městské prostředí bylo již vydáno velké množství, ale jen menší část z nich se zaměřuje přímo na trávníky. Tato bakalářská práce se právě proto zabývá efektem trávníků na městské mikroklima. Konkrétně potenciálním vlivem vlhkosti, povrchové teploty a vazby na spodní vrstvy půdy na mitigační schopnosti městských trávníků. Jako výzkumné místo bylo vybráno město Olomouc, protože zde studuji a nabízí poměrně velké množství zelených ploch, které jsou k tomuto výzkumu potřeba. Dalším důvodem, proč jsem si toto téma vybrala je můj zájem o klimatologii a klimatickou krizi. Vidím v této práci smysl a potenciál pomoci obyvatelům měst, při zlepšování jejich kvality života v průběhu vyčerpávajících horkých letních dnů.

## 2. Cíle

Tato bakalářská práce se zabývá efektem trávníků na mikroklima městského prostředí v průběhu horkých vln. Primárním cílem je zjistit závislost mezi vlhkostí trávníků, jejich geologickou vazbou a povrchovou teplotou na jejich mitigační schopnosti. Data budou získána vlastním terénním výzkumem, který proběhne ve městě Olomouc. Doba výzkumu bude směřována do období, kdy tuto oblast zasáhne intenzivní vlna veder, při které teploty vzduchu budou přesahovat hranici 30 °C. Následně proběhne analýza dat a jejich vyhodnocení.

### 3. Charakteristika území

#### 3.1. Geomorfologická charakteristika

Převážná část města Olomouc se nachází v Hornomoravském úvalu, který je celkem Vněkarpatských sníženin (INSPIRE, 2012). Hornomoravský úval dosahující střední nadmořské výšky 225,8 m je protáhlá příkopová propadlina, která je složená z neogenních a kvartérních usazenin a jejímž středem protéká řeka Morava s širokou nivou (Demek – Mackovčín, 2006). Hornomoravský úval se skládá ze čtyř podcelků, ale pouze tři zasahují na území Olomouce. Ze západu to je Prostějovská pahorkatina, středem prochází Středomoravská niva a východní částí Uničovská plošina (INSPIRE, 2012).

Východní část Olomouce, od městské čtvrti Droždín, zasahuje již do celku Nízkého Jeseníku a jejího podcelku Domašovská vrchovina (INSPIRE, 2012). Domašovská vrchovina je členitá kerná vrchovina dosahující střední nadmořské výšky 547,5 m. V jihozápadní části, do níž Olomouc zasahuje, se vyznačuje členitějším povrchem a silně rozřezanými mladými hlubokými údolními. Nachází se převážně na spodnokarbonských břidlicích (Demek – Mackovčín, 2006).

#### 3.2. Geologická charakteristika

Většina geologického podloží na katastru města Olomouce je tvořena prekambriickými granity a granitoidy. V nadloží se poté nachází devonské vápence a spodnokarbonské droby, slepence, prachovce a jílovité břidlice (Vysoudil et al., 2012). Reliéf města Olomouce výrazně modelovala řeka Morava, jejíž široká niva se nachází na holocénních fluviálně písčítých hlínách s příměsí štěrků. Mezi Mlýnským potokem a hlavním náměstím se vyskytují droby s vložkami drobně a hrubě zrnitých slepenců. Centrum města a jeho přilehlé okolí je ovlivněno intenzivní antropogenní činností, proto zde tvoří mocnou vrstvu hlavně antropogenní uloženiny. Východní část Olomouce leží na jílovitých píscích a štěrcích s ostrůvky deluvio-fluviálních hlinitých a písčítých sedimentů. V městské čtvrti Černovír, v severní části Olomouce, bychom našli slatiny, tedy organické sedimenty (Česká geologická služba). Severovýchodní část města, která již leží v geomorfologickém celku Nízkého Jeseníku, je tvořena spodnokarbonskými břidlicemi a droby hornobenešovského a moravického souvrství (Vysoudil et al., 2012).

### 3.3. Pedologická charakteristika

V centrální části Olomouce se na půdním horizontu, stejně jako na geologickém podloží, výrazně podepsala antropogenní činnost, tyto městské části jsou tak tvořeny antropozeměmi. Na centrum Olomouce navazují ze severu a jihu fluvizemě (INSPIRE, 2012), které vznikají vlivem dočasných záplav v údolních nivách. Akumulačními procesy zde vznikl zemitý, prohumózní materiál (Vysoudil et al., 2012). Na severu Olomouce se nachází ještě dlouhý pás podmáčené glejové půdy navazující na organozemě. V západní části zkoumaného území se vyskytují úrodné černozemě a na východě luvické černozemě, luvizemě a kambizemě (INSPIRE, 2012).

### 3.4. Hydrologická charakteristika

Páteř celého Hornomoravského úvalu tvoří řeka Morava, která protéká severojižním směrem i Olomoucí. Pramení na jižních svazích Kralického Sněžníku a před Olomoucí vytváří široké meandry (Hruban, 2015). Průměrný roční průtok řeky Moravy na stanici Olomouc-Nové Sady je  $24,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  a průměrný roční stav vody 135 cm (ČHMÚ, 2023). Délka celého toku dosahuje na území města Olomouce 14 km. Levostrannými přítoky řeky Moravy v Olomouci jsou Oskava a Bystřice, pravostranným přítokem je Mlýnský potok, též nazývaný Střední Morava. Kvůli ničivým povodním je Morava v Olomouci silně regulována. Na katastru Olomouce se nachází i Chomoutovská jezera, jež vznikla po těžbě šterkopísku v 60. letech minulého století (Vysoudil et al., 2012). Zároveň se jedná i o maloplošně chráněné území, kde je předmětem ochrany soubor polopřirozených a přírodě blízkých vodních, mokřadních, lučních, lesních a křovinných ekosystémů. Vyskytují se zde i vzácné druhy planě rostoucích rostlin a volně žijících živočichů (ÚSOP).

### 3.5. Klimatická charakteristika

Dle Quittovy makroklimatické klasifikace spadá naprostá většina území Olomouce do zóny T2, tedy do teplé klimatické oblasti (INSPIRE, 2012). Ta je charakterizována jako oblast s poměrně krátkým, teplým až mírně teplým jarem a dlouhým, teplým a suchým létem. Podzim bývá poměrně krátký, teplý až mírně teplý a zima krátká, suchá až velmi suchá (Vysoudil et al., 2012). Do Olomouce zasahuje i mírně teplá klimatická oblast, ale jen do její

východní části v městských částech Svatý Kopeček, Lošov a Radíkov (INSPIRE, 2012). V této oblasti jsou jaro a podzim velmi krátké, léto teplé a mírně suché. Zima se zde vyskytuje mírně teplá s krátkým trváním zimní pokrývky (Vysoudil et al., 2012).

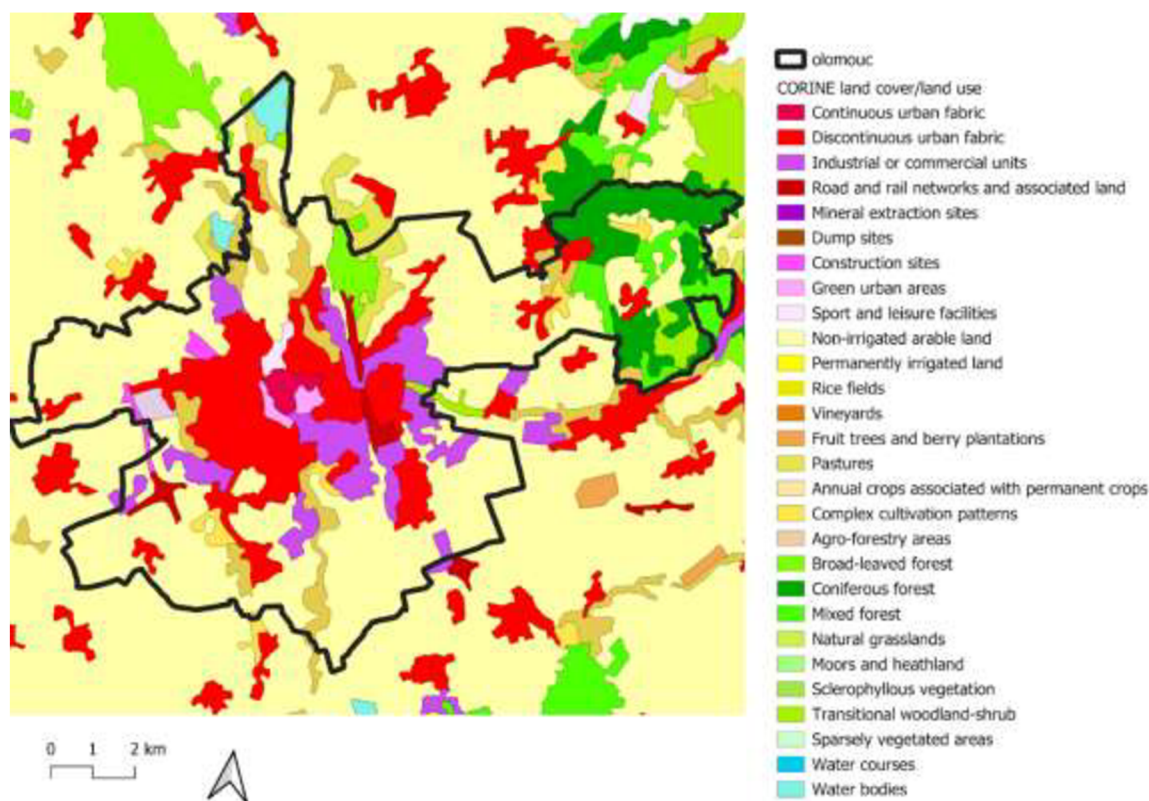
### 3.6. Land Cover / Land Use

Důležitým faktorem, jenž formuje teplotu prostředí, je tzv. aktivní povrch. Zvláště ve městech, která jsou charakteristická množstvím nepropustných antropogenních povrchů, lze snadno pozorovat rozdílné vlastnosti aktivních povrchů v porovnání s volnou krajinou. Aktivní povrch je plocha, na níž dochází k odrazu krátkovlnného slunečního záření a zároveň i k jeho přeměně na tepelnou energii (ČMeS, 2017). Hlavní roli v tomto procesu hraje materiál, jímž je aktivní povrch tvořen.

#### 3.6.1. CORINE Land Cover

Jedním ze zdrojů informací o land coveru a jeho využití je geodatabáze CORINE Land Cover (CLC, 2018). Povrch města Olomouce je tvořen primárně urbanizovanými plochami (Obr. 1). Centrální souvislá městská zástavba je obklopena městskými zelenými plochami; konkrétně se jedná o Smetanovy sady, Bezručovy sady a Čechovy sady, které přechází v nesouvislou městskou zástavbu a průmyslové areály. Průmyslové a obchodní areály více převažují ve východní části centrálního prostoru města. Jedná se o městské části Hodolany, Bělidla, Nový Svět a Holic. Na západě je to Řepčín, Slavonín a Nové sady.

Urbanizované plochy navazují v okrajových částech města na zemědělské plochy s ostrůvky nesouvislé městské zástavby. Výrazně zalesněnou oblastí je pouze severovýchodní část Olomouce v okolí Svatého kopečku, kde reliéf postupně stoupá (INSPIRE, 2012).



Obrázek 1 - CORINE land cover/land use v Olomouci a okolí

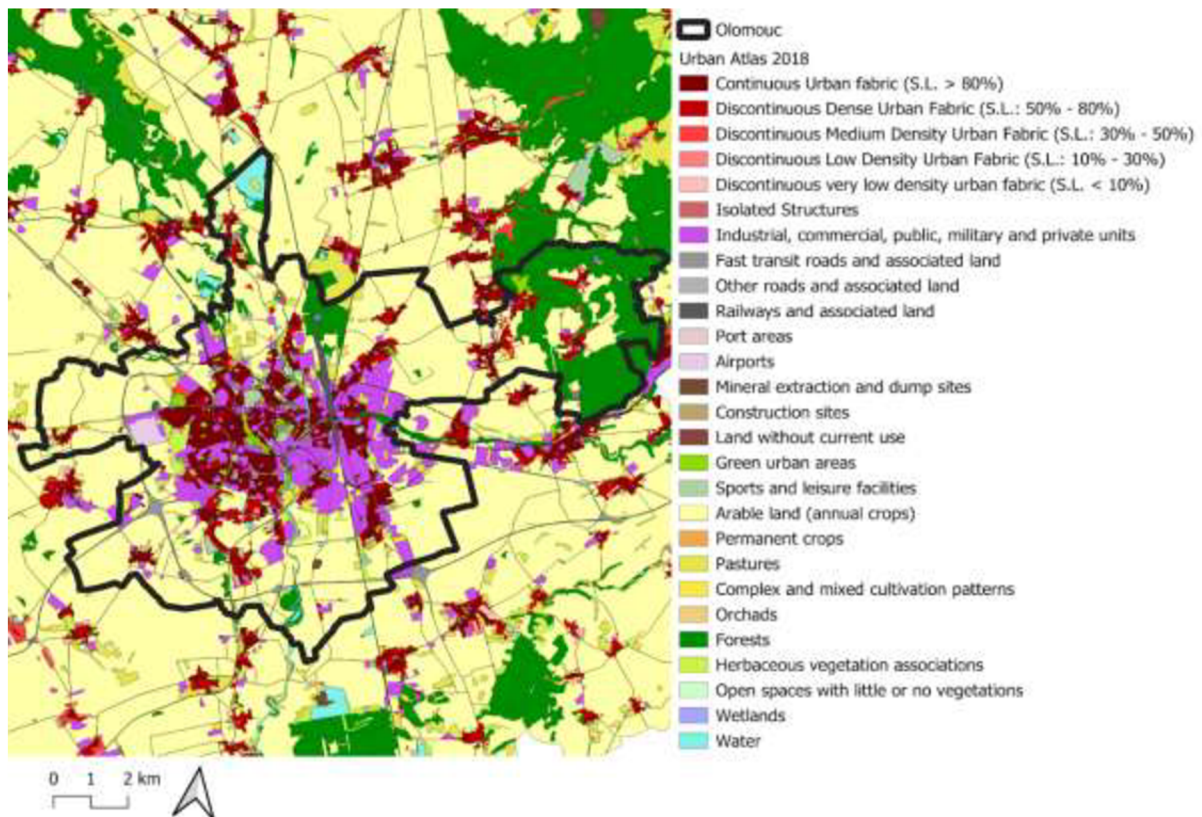
Zdroj 1 - Copernicus, vlastní zpracování QGIS

### 3.6.2. Urban Atlas

Detailnějším zdrojem informací o charakteru urbanizovaných oblastí je Urban Atlas (UA, 2018). Zde lze nalézt podrobnější zmapování aglomerací s více než 100 000 obyvateli. Urban Atlas je oproti CORINE Land Cover detailnější ve městech, ale v jejich okolí méně. Příkladem takto zmapovaných měst v České republice je Olomouc, Ostrava, Brno, Zlín, Pardubice, Praha nebo Plzeň.

Nejčastěji zastoupené povrchy v Olomouci jsou klasifikovány jako městská zástavba a průmyslové, obchodní, veřejné, vojenské a soukromé objekty (Obr. 2). Nachází se jak ve středu města, tak v jeho přilehlém okolí, zasahují do městských částí Nová Ulice, Nové Sady, Povel a Bělidla, Holice, Hodolany (UA, 2018). Díky vyššímu prostorovému rozlišení, než má CLC (2018), Urban Atlas ukazuje, jak centrum města obklopují tři městské parky spadající do kategorie městské zeleně. Tato kategorie se výjimečně vyskytuje i ve formě ostrůvkovité vegetace po celém městě, případně lemují ramena řeky Moravy. Převážně na sever od centra a jihovýchodně od Bezručových sadů se nacházejí sportovní a rekreační

oblasti. Východně od centra jsou železniční plochy a přidružené pozemky. Lesnaté plochy jsou nejvíce zastoupeny v severovýchodním výběžku Olomouce, malé plochy se nalézají i v městské části Černovír a podél vodního toku Bystřice. Zbylé okrajové části Olomouce pokrývá převážně zemědělská půda.



Obrázek 2 - Urban Atlas land cover/land use v Olomouci a okolí

Zdroj 2 - Copernicus, vlastní zpracování QGIS

### 3.6.3. Místní klimatické zóny (LCZ)

Dalším důležitým konceptem, který dokresluje specifika místního olomouckého klimatu, je teorie místních klimatických zón (LCZ). Ta byla původně vymyšlena pro klasifikaci okolí městských klimatických stanic (Stewart a Oke, 2012). Později se z ní stala metoda prostorové klasifikace (Bechtel – Daneke, 2012; Lelovics et al., 2014). Na podmínky českých měst tuto teorii adaptovali Geletič a Lehnert (2016). Jedná se o klasifikaci založenou na fyzikálních vlastnostech prostředí, jež bere v potaz i charakteristiku aktivních povrchů (Lehnert – Geletič, 2017).

Podle této klasifikace spadá střed města do kategorie LCZ 2. Jedná se o oblast s velmi hustou zástavbou středně vysokých budov. Stavebním materiálem je převážně kámen, cihla,

dlaždice a beton. V centrech měst se obecně vyskytuje málo stromů a vegetace, případně žádná. Na LCZ 2 navazuje LCZ 5, jež pokrývá největší plochu zkoumaného území a je charakterizována jako středně vysoká rozvolněná zástavba, v jejímž okolí se vyskytuje nízká vegetace a roztroušené stromy. Jsou zde zastoupeny jak propustné, tak i nepropustné povrchy. Některá panelová sídliště díky větší výšce budov spadají do kategorie LCZ 4. Jedná se o otevřené uspořádání vysokých budov, jejichž prostranství dotvářejí propustné a nepropustné povrchy. Nízká rozvolněná zástavba (LCZ 6) tvoří malé kompaktní ostrůvky dále od centra města a její prostranství je tvořeno více propustnými nežli nepropustnými materiály. Na okraji vnitřního města je možné nalézt nízkou zástavbu s rozlehlými objekty, jako jsou sklady a výrobní haly, jež spadají do kategorie LCZ 8. V prostředí České republiky se často zaměňují s LCZ 10, do níž již patří rozlehlé výrobní závody a průmyslové komplexy. LCZ 8 a 10 se prakticky odlišují pouze na základě hodnot emisí antropogenního tepla. Výrazně méně náchylná na výskyt vyšších teplot je kategorie LCZ 9, a to zejména díky významné přítomnosti vyšší vegetace (Lehnert – Geletič, 2017).

Podle land cover types disponuje Olomouc velmi malým zastoupením oblastí s vysokou vegetací, tedy kategoriemi LCZ A a LCZ B. Největší území zelených ploch zabírá oblast LCZ D, jež je charakterizována nízkou vegetací. Velmi náchylná na denní výkyv teplot je plocha LCZ E, která zastupuje například parkoviště, odstavné plochy či železniční tělesa. Jedná se zejména o málo nepropustné povrchy. Areály LCZ G (vodní plochy) nemají na Olomouc významný vliv (Lehnert – Geletič, 2017).



## 4. Teoretická východiska

### 4.1. Výzkum městského klimatu

Urbánní klimatologie není příliš starý obor, vznikl asi před dvě stě lety (Vysoudil, 2015). Avšak již antický filozof Seneca se ve svém díle zmiňuje o špatné kvalitě ovzduší v Římě. Situace se nezlepšila ani ve středověku. Například v Londýně bylo ve 13. století zakázáno spalování uhlí a na počátku 14. století vyšlo nařízení zakazující spalování uhlí v pecích na tavení železa. Problémy s londýnským ovzduším přetrvávaly i za vlády královny Alžběty I., která zakázala spalovat uhlí v době, kdy zasedal parlament. Nejhorší situace nastala v Londýně za vlády Alžběty II. v roce 1952. Tehdy bylo v ovzduší extrémní množství znečišťujících látek, což vedlo ke značnému počtu úmrtí a legislativním změnám, snažící se této krizi do budoucna předejít (Dobrovolný, 2012).

Společně s rozmachem prvních průmyslových měst v 18. století začínají i přístrojová meteorologická měření, jež přinesla daleko vědecktější přístup ke studiu problematiky městského klimatu (Vysoudil et al., 2012). Za zakladatele městské klimatologie je považován chemik a meteorolog Luke Howard. Ten v roce 1833 vydal knihu „*Climate of London Deduced from Meteorological Observation*“ (Howard, 1833), která vznikla na základě meteorologických měření mezi lety 1797-1831. Howard byl prvním klimatologem, který zaznamenal rozdíly v naměřených teplotách vzduchu mezi městem a jeho okolím, čímž popsal jev dnes známý jako tepelný ostrov města (Vysoudil, 2015). V roce 1855 navázal na Howarda Francouz E. Renau, jenž na základě výzkumu v Paříži zjistil rozdílné teploty vzduchu a rychlosti větru mezi městem a jeho okolím (Dobrovolný, 2012). Vědci si začali všimnout například i odlišných teplot v průběhu ročních období, a to zejména jejich extrémů. Například Mendenhall (1884) prokázal, že minimální teploty v městském prostředí dosahují vyšších hodnot než ty naměřené ve volné krajině (Vysoudil et al., 2012).

Ve 20. století se při výzkumu městského klimatu začaly používat i automobily, neboť s jejich pomocí je daleko snazší zachytit prostorovou variabilitu meteorologických prvků ve městech a volné krajině (Dobrovolný, 2012). Avšak daleko více dokázal výzkum zefektivnit nástup moderních informačních technologií, jež umožňují vytvářet i složitější modely procesů odehrávajících se v městské atmosféře a na aktivním povrchu. Jedním z nejvýznamnějších městských klimatologů tohoto období je Kanadčan Timothy R. Oke, který se pro lepší pochopení teplotního pole měst začal věnovat studiu radiční a energetické bilance (Vysoudil, 2015). V České republice se výzkumu městského klimatu za pomoci

mobilních a stacionárních měření věnují zejména v Praze (Brázdil – Budílková, 1999), Olomouci (Vysoudil et al., 2012) a v Brně (Dobrovolný et al., 2012). Dlouhodobá měření sítí stacionárních městských stanicích jsou stále spíše vzácností (Vysoudil, 2015).

Významný milník ve výzkumu městského klimatu ve 20. století přišel s rozvojem kosmických technologií, jejichž výstupy se začaly používat při studiu metodami dálkového průzkumu země (DPZ), který je dnes již nedílnou součástí většiny klimatologických výzkumů (Vysoudil, 2015). Jedná se o metodu získávání informací o jevech nebo objektech bez fyzického kontaktu s nimi. Toho je možné dosáhnout pomocí přístrojů (např. družic) umístěných na oběžné dráze Země, leteckým snímkováním povrchu nebo za využití speciálně uzpůsobených dronů (ČMeS, 2017). DPZ poskytuje data o teplotě povrchu z celého zkoumaného území, a to v relativně krátkém intervalu mezi jednotlivými po sobě jdoucími měřeními. DPZ urbanizovaných oblastí, resp. výše popsany rozdíl v energetické bilanci antropogenních povrchů, je založen na interpretaci dat získaných z tepelné části elektromagnetického záření. Mimo povrchové teploty lze pomocí DPZ odhadnout i vlhkost půdy, případně množství evapotranspirace z daného území. Metody DPZ závisí na dalších faktorech, například na atmosférických podmínkách nebo úhlu snímání (Varamesh et al., 2022). V dnešní době jsou nejčastěji používány snímky ze satelitů LANDSAT-8 TIRS a Terra-ASTER (Geletič et al., 2016). Významnými pomocníky klimatologů se staly i numerické modely, díky nimž je možné lépe zachytit časové a prostorové diference městského klimatu (Dobrovolný, 2012).

V posledních desetiletích se při studiu městského klimatu uplatňuje klasifikace LCZ (viz kapitola 1.6.3). Aktuálně se pohled odborníků na klima měst více zaměřuje směrem k výzkumu založeném na pocitových teplotách. Jednu z inovativních studií v ČR publikoval například Geletič et al. (2021). V Praze-Dejvicích zkoumali, jak městská zeleň dokáže ovlivnit pocitovou teplotu (Lehnert, Geletič a Jurek, 2023).

#### 4.2. Tepelný ostrov města

Teplotní ostrov města je možné definovat jako „*oblast zvýšené teploty vzduchu ve městě ve srovnání s okolní krajinou*“ (ČMeS, 2017). Jedná se o nejlépe zdokumentovaný jev městského klimatu (Arnfield, 2003). Města se neustále rozrůstají, mění charakter aktivních povrchů a geometrickou zástavbu prostoru. Dochází zde k intenzivnějšímu znečišťování ovzduší a větší produkci odpadního tepla. Právě tyto faktory mohou ovlivnit

hodnoty většiny meteorologických prvků v porovnání s rurálním územím (Středová et al., 2011).

Oke (2006) definoval dva typy tepelného ostrova měst: atmosférický (AUHI) a povrchový (SUHI). Atmosférický tepelný ostrov je možné měřit ve standardní meteorologické budce či pomocí měřicích jízdy. Vertikálně ho dále lze dělit na tepelný ostrov mezní vrstvy atmosféry (boundary layer UHI) a na tzv. canopy layer UHI. V mezní vrstvě atmosféry se bezprostředně projevuje vliv zemského povrchu na meteorologické prvky, které se pohybují v rozmezí několika set metrů až po 2 km nad zemským povrchem. Vlivem větší drsnosti povrchů a instability teplotního zvrstvení, které se v městském prostředí vyskytují, dosahuje mezní vrstva atmosféry nad městy větších výšek. Jako canopy layer se vyznačuje nejspodnější část mezní vrstvy atmosféry, která dosahuje výšky jen několik desítek metrů. Povrchový teplotní ostrov se tak týká pouze teploty přirozených či umělých povrchů a je definován jako „*teplotní anomálie aktivních povrchů v prostoru městské zástavby vůči přirozeným povrchům venkovské krajiny.*“ Oba typy tepelného ostrova města se od sebe liší zejména tím, že AUHI je během rána a dne slabší, ale na intenzitě nabírá po západu slunce, kdy na něho mají velký vliv umělé povrchy, které ho oteplují. SUHI naopak dosahuje svého maxima během dne, existuje však i v noci (Středová et al., 2011).

Voogt a Oke (2003) popisují, že ve městech dochází k modifikaci geometrie aktivních povrchů. Důležitým rozdílem je převaha vertikálně orientovaných povrchů, které dokáží zvýšit množství pohlceného krátkovlnného záření a přispívají k jeho častějším odrazům. Ve vysoké zástavbě navíc dochází ke snížení ochlazovacího efektu prostřednictvím konvekce. Efekt je patrný zejména v období negativní energetické bilance, kdy uzavřené prostory mezi budovami omezují výraznější ztrátu tepla. Se změnami aktivních povrchů souvisí i snížení množství propustných ploch, zvýšení (antropogenních) nepropustných ploch, což vede ke snížení evapotranspirace (Oke, 1997; Voogt, 2002).

Existence tepelného ostrova města byla dokázána měřeními prakticky po celém světě. Ve střední Evropě taková proběhla například v Maďarsku, kde činil maximální rozdíl teplot mezi centrem města a jeho okolím (tzv. intenzita tepelného ostrova města) až 2,5 °C (Bottyán et al., 2005). Fortuniak et al. (2006) naměřil dokonce intenzitu 8 °C. V městech České republiky dosahuje intenzita tepelného ostrova nejčastěji mezi 1–4 °C (Lehnert, Geletič a Jurek, 2023). Probíhaly i studie na téma, jak může tepelný ostrov města ovlivnit životní podmínky jeho obyvatel; byla prokázána závislost mezi zvýšeným počtem úmrtí lidí a horkými vlnami (Karl-Knight, 1997; Schär et al., 2004; Arsenović, 2019; Urban, 2022; Masselot et al., 2023).

### 4.3. Povrchová teplota

Při studiu městského klimatu hraje teplota povrchů hlavní roli (Voogt – Oke, 2003). Varamesh et al. (2022) uvádí, že teplota a albedo zemského povrchu jsou klíčovými regionálním / globálním parametrem při regulaci klimatu. Albedo označuje poměr mezi zářením odraženým od povrchu či tělesa ku množství záření, které na daný povrch nebo těleso původně dopadlo. Albedo ovlivňuje především barva povrchu. Například bílá barva má velmi vysoké albedo čili je schopna odrazit vysoké procento přímého záření (ČMeS, 2017). Naopak nejmenší míru odrazu záření zaznamenávají tmavé plochy, jež pohlcené záření zpravidla přeměňují na tepelnou energii. V praxi velmi často dochází k záměně pojmů „povrchová teplota“ a „teplota vzduchu“ (Geletič et al., 2020).

Města se rozrůstají na úkor okolní vegetace a vznikají umělé nepropustné povrchy s nízkým albedem, které dobře pohlcují teplo a v letních horkých dnech se dokáží rozehrát až na teplotu přesahující 60 °C (Mohajerani et al., 2017). Ve výzkumu Dobrovolného (2013) zabývajícího se monitoringem povrchových teplot (ST) města Brna a jeho okolí bylo zjištěno, že nejteplejší oblastí ve studovaném území se stala průmyslová, dopravní a obchodní oblast, která byla teplejší o 3–5 °C v porovnání se střední povrchovou teplotou studovaného území. Jako druhé nejteplejší se ukázaly být obytné oblasti. Nejchladnější byly oblasti venkovské krajiny s četnými zemědělskými plochami a lesy. Ke stejným výsledkům došli i Geletič, Dobrovolný a Lehnert (2016), kteří k výrazněji teplým plochám přiřadili i velké, nepropustné povrchy parkovišť a nádraží. Kromě povrchu pokrytého vegetací daleko nižší povrchové teploty vykazovaly i vodní plochy, jako Brněnská přehrada nebo řeka Vltava v Praze. Upozornili i na fakt, že vegetace se v průběhu ročních období mění, proto se mění i charakter přirozených povrchů. Z pohledu denního chodu teplot se jako první rozehřejí právě povrchy, které jsou v průmyslových oblastech, na nichž se nachází nízká zástavba s rozlehlými objekty a jednotvárné nepropustné plochy bez vegetace. V odpoledních hodinách bylo centrum města o 1–2 °C teplejší než příměstské oblasti a až o 4 °C teplejší než okolní lesy. Naopak v noci, v době negativní energetické bilance, bylo centrum města jen o 1 °C teplejší než příměstská oblast a jen 3 °C než přilehlý les (Geletič, Dobrovolný, Lehnert, 2016). Za zmínku stojí práce od Kumar a Mishra (2019), kteří ve svém výzkumu provedeném v Indii jako jedni z mála naměřili, že město bylo přes léto chladnější než jeho přilehlé rurální okolí.

#### 4.4. Městská vegetace

Z výše uvedeného vyplývá, že vegetace hraje velmi důležitou roli při zmírňování teploty povrchů. Městské zelené plochy jsou považovány za nejvhodnější způsob, jak snížit intenzitu UHI a ochladit své okolí. Tento jev se nazývá „urban green space cooling effect“ (Aram et al., 2019). Hlavní příčinou „chladícího“ procesu jsou dva důvody; prvním je evapotranspirace, druhým je stínění, jež zajišťují zejména vzrostlé stromy. Evapotranspiraci způsobuje sluneční energie. Při tomto procesu dochází ke snížení zjevného tepla uvolněného z povrchu pod stromy. Umělé městské povrchy, jako jsou asfalt a beton, prakticky nedokáží zadržet vodu, snadněji absorbují a zadržují tepelnou energii (Bowler et al., 2010).

Výzkumem povrchových teplot ve městech se zabýval Estoque et al. (2017), který porovnával tři velká města s rozdílným zastoupením zelených ploch. U všech tří se prokázalo, že povrchové teploty zelených ploch jsou nižší než povrchové teploty nepropustných městských ploch. Konkrétně průměrná povrchová teplota zelených ploch byla o 3 °C nižší. Tato studie rovněž došla k závěru, že rozdíl teplot jednotlivých povrchů může být ovlivněn mnoha faktory, například zeměpisnou polohou a dobou provádění výzkumu. Ke stejnému zjištění dospěl i Alavipanah et al. (2015), jenž zjistil, že povrchová teplota městských oblastí má tendenci klesat s výskytem vegetace. Čím více vegetace, tím větší pokles. K daleko většímu rozdílu mezi teplotami zelených ploch a městských nepropustných ploch došel Bokaie et al. (2016), který naměřil rozdíl 6 °C.

Shashua-Bar et al. (2009) ve výzkumu zjistil, že povrchová teplota chodníku vystaveného přímému slunci dosahovala 55 °C, u zastíněného chodníku stromy byla povrchová teplota naměřena daleko menší, a to 37–39 °C. Rovněž vyhodnocovali i povrchovou teplotu trávníku zastíněného stromy, jež byla pouhých 27 °C. Stromy tedy hrají důležitou roli při snižování teploty povrchu. Je však nutné dodat, že ne vždy je teplota vzduchu pod korunami stromů nižší; někdy může dojít k menšímu „oteplujícímu“ efektu. Wong et al. (2021) uvádí, že pokud je koruna stromu až moc hustá, může dojít k omezené ventilaci. Zároveň stromy mohou zachytit teplo nebo znečišťující látky. Vliv stromů na povrchovou teplotu ve městském prostředí evropských států a Turecka zkoumal Schwaab et al. (2021), jenž prokázal, že rozdíly teplot oblastí pokrytých stromy a oblastí s nepropustnými povrchy jsou značné. Největší ochlazení (v rámci jeho zkoumané oblasti) je patrné ve Francii, Velké Británii, střední a východní Evropě, kde dosahuje rozmezí –12 K až –8 K a vyskytuje se v letních měsících. Ovšem s nástupem extrémních vln veder dochází

ke značné ztrátě vlhkosti a ochlazující efekt stromů se snižuje, což je nejvíce patrné v jižní Evropě.

Jelikož je městská zástavba velmi kompaktní a obtížně se v ní hledá místo pro parky, je zapotřebí využít každou možnou plochu, která je vhodná pro pěstování zeleně. Řeč je hlavně o zelených střeších a stěnách, které stejně jako vegetace na zemi poskytují chladící efekt prostřednictvím evapotranspirace, zvýšením albeda a stíněním. Navíc ke všemu zvyšují tepelnou izolaci budovy. Četné studie ukazují, že vertikální a horizontální vegetace budov může snížit teplotu jejich povrchu v letních měsících až o 20 °C. Ovšem závisí i na druhu zelených střešů a stěn. Zelené střechy mohou být intenzivní nebo extenzivní. Intenzivní střešní vegetace má hlubší půdní profil a dají se na ní pěstovat i menší stromy a keře. Poskytuje také větší chladící efekt. Extenzivní střešní vegetace má naopak menší hloubku zeminy a pěstují se na ní převážně sukulenty a keře (Wong et al., 2021).

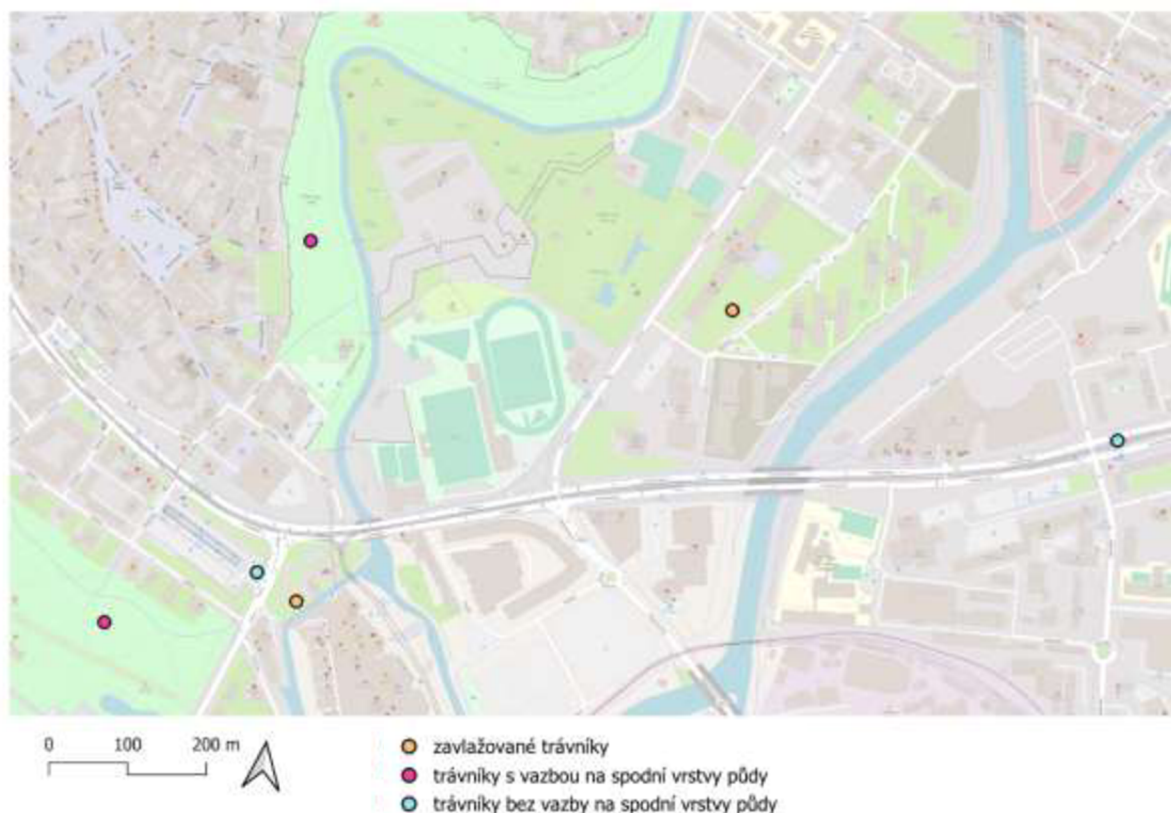
#### 4.5. Mikroklima trávníků

Trávníky patří do skupiny nízké vegetace, která není sama o sobě schopna vytvořit stín, proto jsou travnaté plochy bez stínu teplejší než zastíněné. Například Duncan et al. (2019) ve svém výzkumu naměřil, že povrchy s vysokou vegetací jsou v letní vlně veder o 7,86 °C chladnější než plochy s nízkou vegetací. Energetická bilance travnatých ploch je závislá především na vlhkosti půdy, charakteru vegetačního pokryvu a na indexu listové plochy (Resler et al., 2021). Trávníky jsou důležité zejména při zachytávání atmosférických srážek, které se vsakují do kořenového systému travního porostu. Tím zajistí potřebnou vlhkost pro výpar (evaporaci), jenž má důležitou roli při ochlazování prostředí a napomáhá regulaci místního mikroklimatu (CzechGlobe, 2017). Pokud není dostupná dostatečná vlhkost potřebná pro evaporaci, nemůže dojít k eliminaci citelného tepla. Při zvýšení citelného tepla je pak kladen ještě větší důraz na vypařování a k ještě větší ztrátě vlhkosti, která může vést až k vysušení trávníku, který již ztratí svou mitigační funkci (Seneviratne et al., 2010). V průběhu letních veder je většinou složité zabránit tomu, aby trávník neuschnul. Jedním z možných řešení se může stát vhodné sečení trávníku. Pokud se trávník seče příliš nízkou, je mnohem náchylnější na vysychání a má horší schopnost zachytit potřebné atmosférické srážky. Mariani et al. (2016) uvádí, že z hlediska vyššího snížení teploty měla závlaha vyšší efekt pro trávníky exponované přímému radiačnímu záření než na ty zastíněné. Vyšší trávníky

se lépe vyrovnávají s teplotními výkyvy a větší listová plocha zajišťuje vyšší výpar (klimasemeni, 2023).

## 5. Metody

Pro účely práce bylo vybráno šest měřicích lokalit v Olomouci, vždy po dvou zástupcích od každého typu trávníku. Prvním typem byly zavlažované trávníky, které se nachází za budovou Přírodovědné fakulty Univerzity Palackého a vedle nákupního centra Šantovka. Druhým typem byly trávníky s vazbou na hlubší vrstvy půdy, které se nachází např. v Bezručových a Smetanových sadech. Posledním typem byly trávníky bez vazby na podloží. Příkladem takového trávníku je zatravněný tramvajový pás na ulici Kosmonautů nebo zatravněný pás mezi chodníky u tramvajové zastávky Tržnice. Výběr lokalit byl proveden dle tří kritérií: 1. muselo se jednat o trávník, kde je jasně patrné, zda má vazbu na hlubší vrstvy; 2. lokality musely být od sebe v docházkové vzdálenosti; 3. měřené místo muselo být na volném prostranství, nemohlo se nacházet v celodenním stínu nebo pod vegetací.



Obrázek 3 - lokalizace měřených bodů

Zdroj 3 - vlastní zpracování QGIS



Měření povrchové teploty a vlhkosti půdy probíhalo od 20. 7. 2022 do 22. 7. 2022. Začalo s východem slunce v pět hodin ráno a skončilo se západem slunce v devět hodin večer; bylo měřeno jen období pozitivní energetické bilance. Každé měřící místo bylo sledováno v pravidelném intervalu dvou hodin. Na některých měřících místech, konkrétně v Bezručových sadech, Smetanových sadech a u Přírodovědecké fakulty, se v jednu dobu nacházely i plochy zastíněné stromy a plochy osluněné, bylo možné provést i jejich porovnání.

Teplota trávníků byla měřena kalibrovanou termální kamerou značky FLIR E6-XT. Tato kamera má rozlišení  $240 \times 180$  px a detektor s teplotním rozsahem  $-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – $550 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Přesnost uváděná výrobcem činí  $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pro účely měření byla nastavena emisivita na hodnotu 1. Kromě termálního snímku vyfotí kamera zároveň i snímek s viditelným světlem (TELEDYNE FLIR). Termokamera funguje na principu snímání elektromagnetického záření, konkrétně jeho infračervené části, a nepřímo vypočítá teplotu daného povrchu. Vztah mezi teplotou daného objektu a množstvím vyzářené energie lze popsat podle Stefan-Bolzmannova zákona, který hovoří o tom, že „*celková intenzita vyzářované energie roste se čtvrtou mocninou teploty objektu*“:

$$E = \sigma T^4$$

$E$  = celková intenzita záření [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ]

$\sigma$  = Stefan-Bolzmannova konstanta [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$ ]

$T$  = termodynamická teplota [ $\text{K}$ ]

(Nováková, 2021)

Z tohoto důvodu je nezbytné mít termální kameru, která umožňuje manuální nastavení emisivity. Princip snímání povrchové teploty je založen na množství tzv. zářivé energie (brightness temperature – BT) uvolněné povrchem. V případě výrobce FLIR se BT vypočte tzv. RBF metodou:

$$T = B / (\ln ((R / (S+J0) * J1) + F))$$

$R = 16556$

$B = 1428$

$F = 1,0$

$J0 = 89,796$

$J1 = 22,5916$

S = snímaná scéna

T = výsledná povrchová teplota

Vlhkost půdy byla měřena senzorem Soil Moisture Sensor od společnosti Vernier, který byl připojen na řídicí jednotku Vernier LabQuest 2. Senzor měří permitivitu půdy, která je přímo závislá na vlhkosti. Rozsah měřených hodnot se pohybuje mezi 0–45 % s citlivostí 1 % a přesnost měření se dosahuje  $\pm 4$  %. Každý den před prvním měřením byly vyhloubeny tři díry, aby se senzory vlhkoměru mohly zavést horizontálně pod povrch. Po zavedení senzorů bylo nutné čekat přibližně minutu, než přístroj správně vyhodnotil vlhkost půdy.

Všechna naměřená data byla po výzkumu zapsána do Microsoft Excel, kde byly spočítány průměrné povrchové teploty a vytvořeny grafy.

## 6. Výsledky

V první části výsledků budou vyhodnocena a analyzována naměřená data z jednotlivých lokalit za období 20. 7. až 21. 7. 2023. Nejprve budou popsány zavlažované trávníky, tedy lokality u Přírodovědecké fakulty a u nákupního centra Šantovka. Jako druhé budou interpretovány výsledky trávníků s vazbou na hlubší vrstvy půdy, konkrétně Smetanovy a Bezručovy sady. Jako poslední budou vyhodnoceny výsledky měření z trávníků bez vazby na podloží na lokalitách ulice Kosmonautů a u Tržnice. Na vybraných lokalitách zároveň proběhne porovnání teplot zastíněných ploch s nezastíněnými. Ve druhé části výsledků budou porovnány měření mezi sebou a stanoveny zákonitosti mezi sledovanými proměnnými.

### 6.1. Výsledky jednotlivých měření

#### 6.1.1. Trávník u Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého

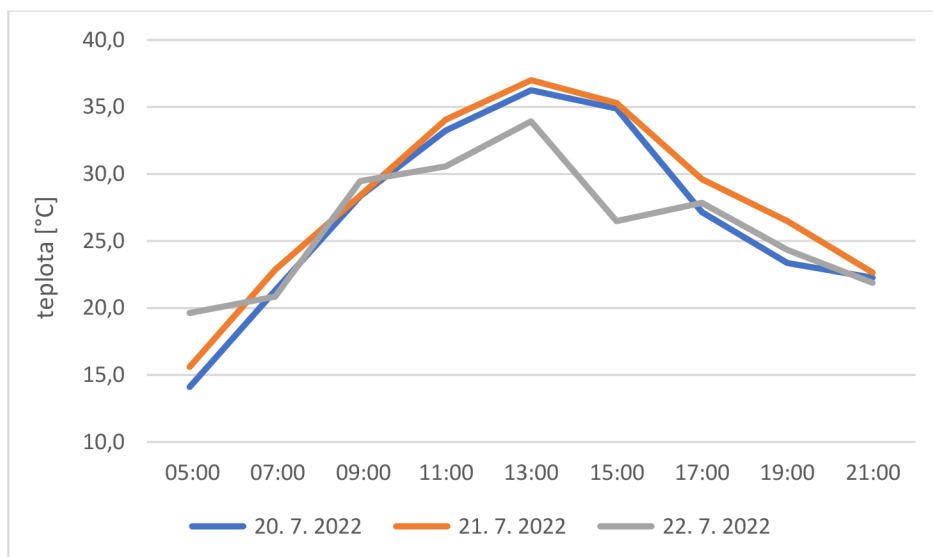
Zavlažovaný trávník za budovou Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci je druhově velmi pestrý a hustý. Při východu slunce je zastíněný stromy, jež lemují jeho okraje. Zastínění trvá až do desáté hodiny dopolední, poté je trávník vystaven přímému slunečnímu záření až do sedmé hodiny večerní. V tu dobu začne trávníku tvořit stín budova Přírodovědecké fakulty.



Obrázek 4 - trávník u Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého

Zdroj 4 - vlastní zpracování, pořízeno 22. 7. 2022

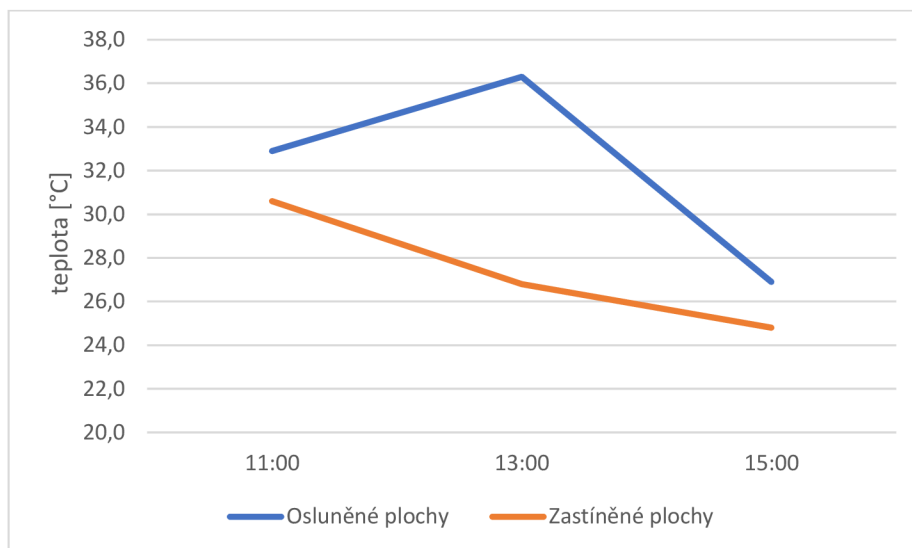
Povrchová teplota (ST) trávníku v průběhu dne narůstala; první den měření začínala průměrná teplota v 05:00 (SELČ; stejně jako všechny uvedené časy) na 14,1 °C, maxima dosáhla ve 13:00 (36,3 °C). Následně ST pozvolně klesala až na hodnotu 22,3 °C, která byla naměřena během posledního měření ve 21:00. Průměrná teplota zavlažovaného trávníku v první den měření, které se uskutečnilo 20. 7. 2022, byla 26,8 °C. Měření druhého dne vykazovalo podobný trend růstu teplot jako předchozí den. Nejnižší teplota byla naměřena v 05:00, kdy průměrná ST trávníku dosahovala 15,6 °C. Ve 13:00 ST dosáhla na nejvyšší hodnotu, 37,0 °C. Poté ST klesala až do posledního měření na hodnotu 22,7 °C. Průměrná ST druhého dne byla 28,0 °C. Třetí den výzkumu byla maximální ST naměřena opět ve 13:00 a vyšplhala se na hodnotu 33,9 °C. Následně ST klesala, avšak v 17:00 byla naměřena hodnota 27,8 °C, což bylo více než při předchozím měření v 15:00, kdy ST činila 26,5 °C. Průměrná ST zavlažovaného trávníku byla 26,1 °C.



Obrázek 5 - průměrná povrchová teplota trávníku u Přírodovědecké fakulty ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2022

Zdroj 5 - vlastní zpracování

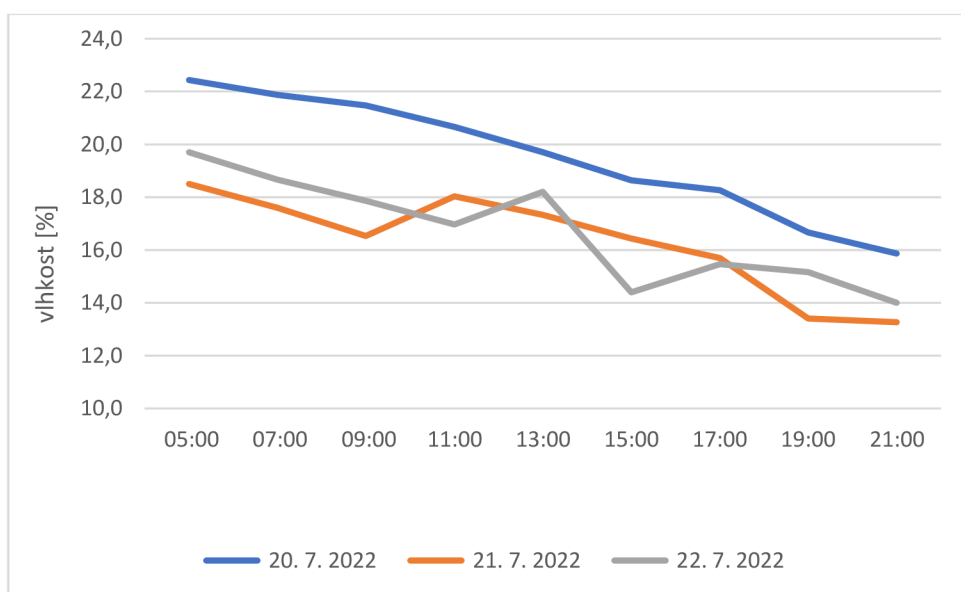
Zajímavostí je srovnání ST zastíněného a nezastíněného travnatého povrchu korunami stromů; maximální rozdíl byl zaznamenán ve 13:00 a dosáhl hodnoty 9,5 °C. V průměru byly trávníky stíněné stromy o 4,6 °C chladnější než trávníky vystavené přímému slunci.



Obrázek 6 - průměrný rozdíl povrchových teplot zastíněných a nezastíněných ploch u Přírodovědecké fakulty ve dnech 20. 7. až 22.7.2022

Zdroj 6 - vlastní zpracování

Vlhkost půdy zavlažovaného trávníku nejvyšších hodnot dosahuje ráno, tedy po nočním zavlažování. Rozpětí vlhkostí se první den pohybovalo v intervalu 15,8–22,4 %, průměrná vlhkost činila 19,5 %. Druhý sledovaný den se průměrná vlhkost pohybovala mezi 13,3–18,5 %, průměrná vlhkost dosáhla hodnoty 16,3 %. Poslední den měření bylo naměřeno průměrné rozpětí vlhkostí mezi 14–19,70 % a při zprůměrování vlhkostí trávníku vychází 16,71 %.



Obrázek 7 - průměrná vlhkost trávníku u Přírodovědecké fakulty ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2023

Zdroj 7 - vlastní zpracování

### 6.1.2. Trávník u nákupního střediska Šantovka

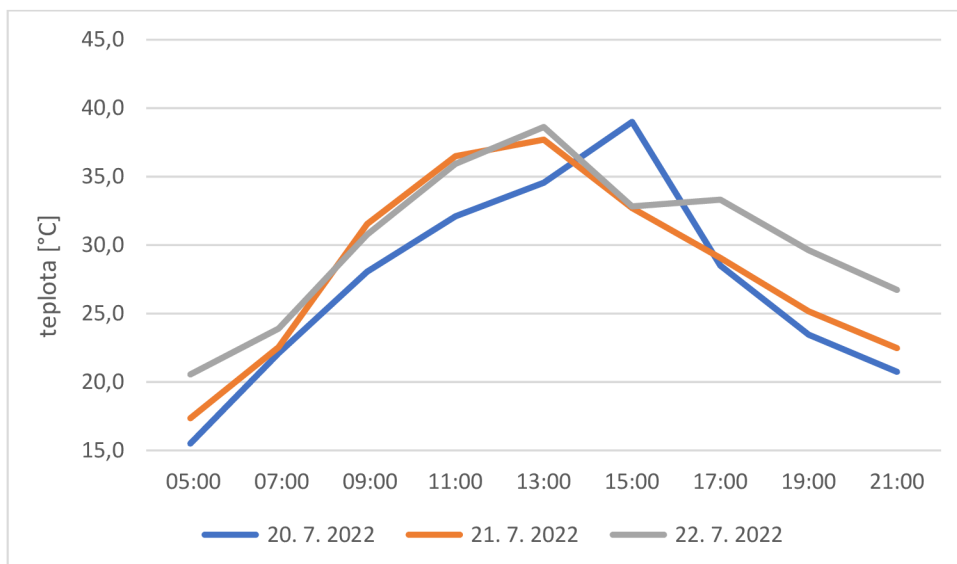
Zavlažovaný trávník vedle nákupního střediska Šantovka je stíněný pouze samotnou budovou nákupního centra. Ve sledovaném období na něho dopadal stín při prvním měření v 05:00 a při dalším měření v 07:00 byl zastíněn jen z půlky. Poté byl vystaven přímému slunečnímu záření až do 19:00.



Obrázek 8 - trávník u nákupního centra Šantovka

Zdroj 8 - vlastní zpracování, pořízeno 20. 4. 2023

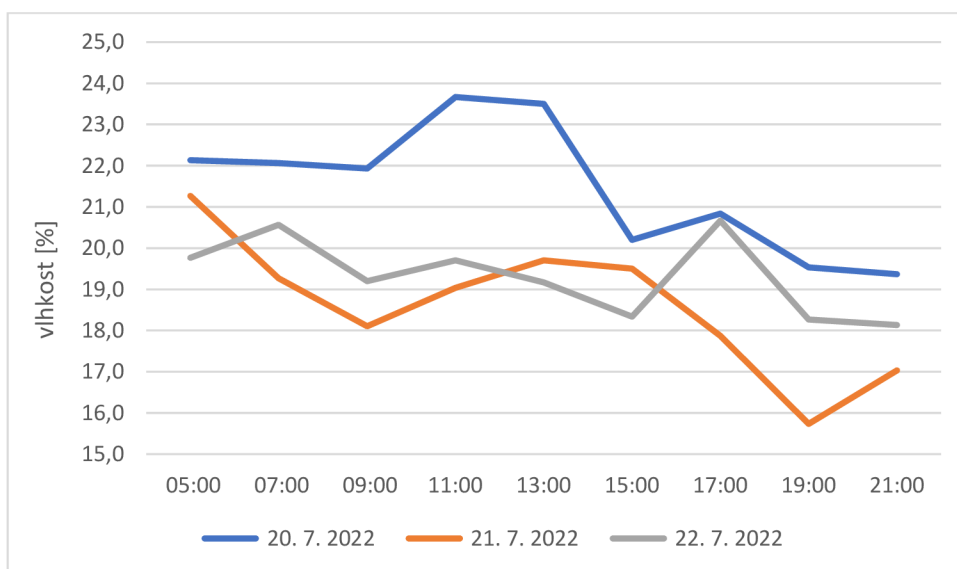
V první den měření začínala průměrná ST na 15,5 °C a nejvyšší hodnoty dosahovala v 15:00, kdy zde bylo naměřeno 39 °C. Poté teplota klesala. Průměrná denní ST zavlažovaného trávníku u obchodního střediska Šantovka činila 27,1 °C. Druhý den 21. 7. 2022 byla naměřena v 05:00 počáteční teplota 17,4 °C. V tento den byla naměřena nejvyšší denní ST ve 13:00, a to 37,7 °C. Průměrná denní ST činila 28,3 °C. V posledním sledovaném dnu dosahovala první naměřená hodnota trávníku 20,6 °C a rovněž nejvyšší hodnoty dosahovala ve 13:00 (38,63 °C). Poté už ST jen klesala. Průměrná ST za den 22. 7. 2022 činila 30,3 °C.



Obrázek 9 - průměrná povrchová teplota trávníku u Šantovky ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2022

Zdroj 9 - vlastní zpracování

Vlhkost zavlažovaného trávníku první sledovaný den nebyla největší hned ráno, ale nejvyšších hodnot dosahovala v 11:00, kdy činila 23,7 %. Nejnižší průměrná hodnota byla naměřena na konci dne a to 19,4 %. Průměrná vlhkost za celý den dosáhla hodnoty 21,5 %. Druhý den byla nejvyšší průměrná vlhkost naměřena hned v 05:00 a celý den se rozpětí vlhkostí pohybovalo od 21,3–15,7 %. Průměrná denní vlhkost trávníku dne 21. 7. 2022 dosahovala 18,6 %. Poslední sledovaný den se průměrná vlhkost pohybovala mezi 20,7–18,1 % a nejvyšší byla v 17:00. Denní průměrná vlhkost činila 19,3 %.



Obrázek 10 - průměrná vlhkost trávníku u nákupního centra Šantovka ve dnech 20. 7 až 22. 7. 2023

Zdroj 10 - vlastní zpracování

### 6.1.3. Trávník v Bezručových sadech

V Bezručových sadech bylo obtížné najít místo, které by nebylo většinu dne pod stínem stromů. Měřené místo se nacházelo zcela zastíněné do 07:00 a poté až od 19:00.

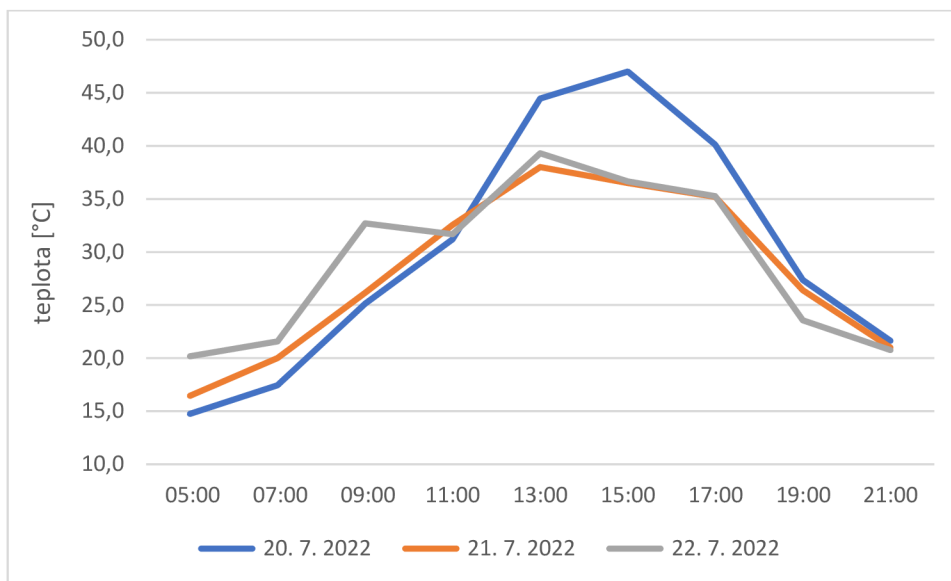


Obrázek 11 - Trávník v Bezručových sadech

Zdroj 11 - vlastní zpracování, pořízeno 22. 7. 2022

Nejnižší naměřená průměrná ST v Bezručových sadech začínala první den měření na 14,8 °C a svého maxima dosáhla v 15:00, kdy vyrostla na 47,0 °C a poté už jen klesala. Ve 21:00 byl ještě trávník rozpálený na 21,7 °C. Průměrná denní ST dne 20. 7. 2022 činila 29,9 °C. Druhý den měření začínal v 05:00 teplotou 16,5 °C a končil ve 21:00 na 21,0 °C. Nejvyšší průměrná ST byla zjištěna ve 13:00, kdy vyšplhala na 38 °C. Průměrná denní ST za den 21. 7. 2022 dosáhla 29,1 °C. Poslední sledovaný den začal průměrnou ST na 20,2 °C a končil téměř shodnou hodnotou 20,8 °C. Nejvyšší průměrná ST byla rovněž naměřena ve 13:00, kdy dosahovala 39,3 °C. Průměrná denní ST dosahovala 29,1 °C.

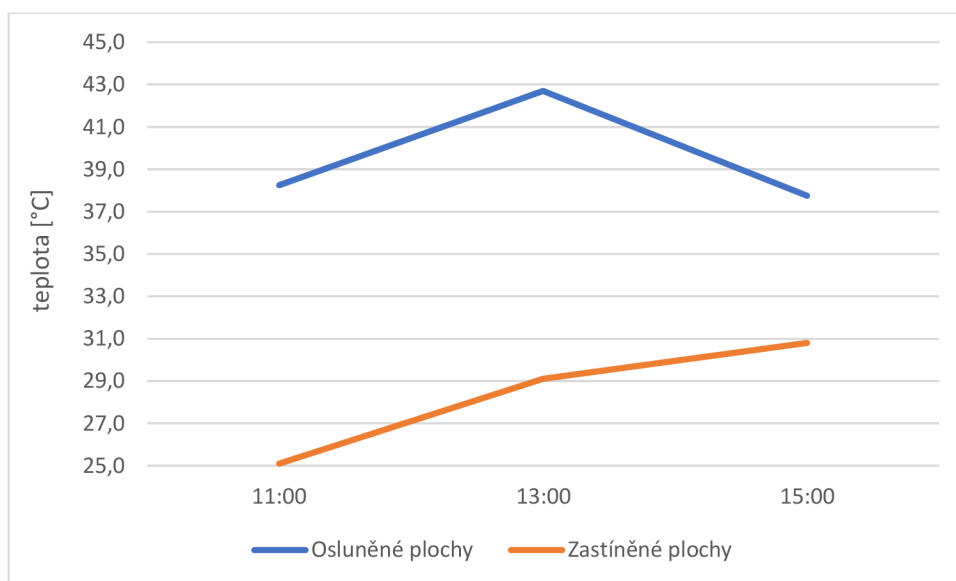




Obrázek 12 - průměrná povrchová teplota trávníku v Bezručových sadech ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2022

Zdroj 12 - vlastní zpracování

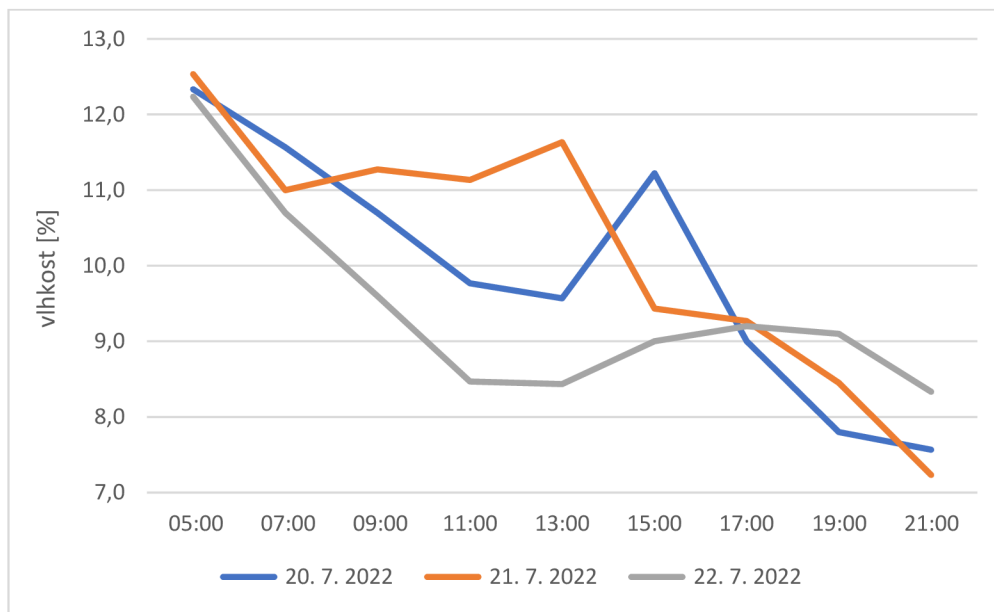
Porovnáním povrchových teplot zastíněného a nezastíněného území lze dospět k výsledku, že nezastíněné plochy jsou o 11,2 °C teplejší než ty zastíněné korunami stromů.



Obrázek 13 – průměrný rozdíl povrchových teplot zastíněných a nezastíněných ploch v Bezručových sadech ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2022

Zdroj 13 - vlastní zpracování

20.7.2022 se průměrná vlhkost trávníku v Bezručových sadech pohybovala na hodnotách 12,3–7,6 %. Průměrná vlhkost tak dosáhla 10,0 %. Druhý sledovaný den byly pozorovány hodnoty vlhkosti půdy mezi 12,5 % až 7,2 %. Průměrná vlhkost se 21. 7. 2022 pohybovala na hodnotě 10,2 %. V poslední den výzkumu 22. 7. 2022 se hodnoty vlhkosti trávníku držely mezi 12,2 % a 8,3 %. Průměrná vlhkost činila 9,5 %.



Obrázek 14 - průměrná vlhkost trávníku v Bezručových sadech ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2023

Zdroj 14 - vlastní zpracování

#### 6.1.4. Trávník ve Smetanových sadech

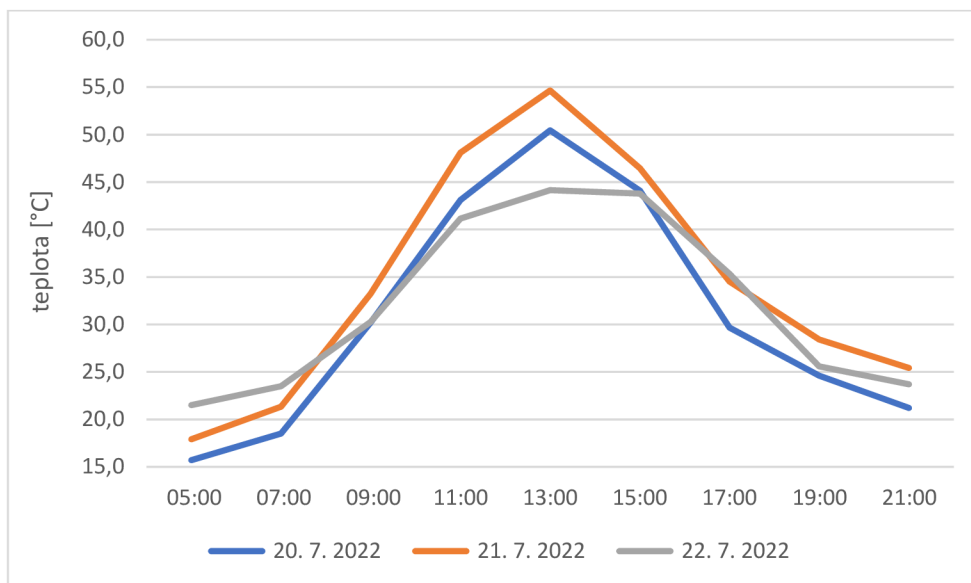
Jak v Bezručových sadech, tak i ve Smetanových se nachází jen málo míst, která nejsou po většinu dne ve stínu korun stromů. Měřené území se celé nacházelo ve stínu do 07:00 a poté znovu od 19:00.



*Obrázek 15 - trávník ve Smetanových sadech*

*Zdroj 15 - vlastní zpracování, pořizeno 22. 7. 2022*

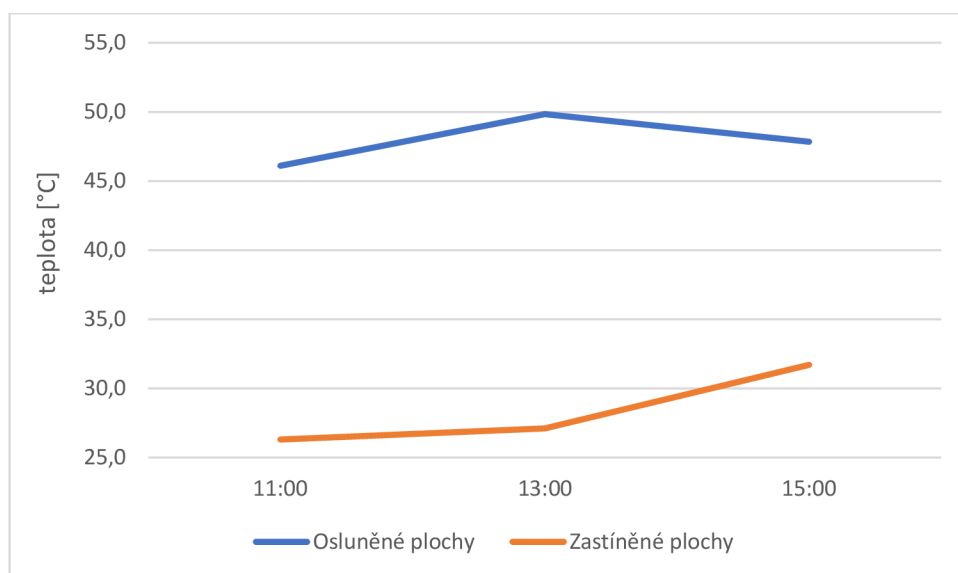
První sledovaný den byla naměřena nejnižší ST v 05:00 a to 15,7 °C. Poté stoupala a svého maxima dosáhla ve 13:00, kdy činila 50,5 °C. Průměrná denní ST ze dne 20. 7. 2022 dosahovala 30,8 °C. Druhý den se počáteční naměřená ST zvedla na 17,9 °C a stoupala až na hodnotu 54,7 °C, které dosáhla ve 13:00, po které už jen klesala. Průměrná denní ST trávníku ve Smetanových sadech dosáhla tohoto dne hodnoty 34,5 °C. V poslední sledovaný den byla opět teplota v 05:00 vyšší než v předchozí dva dny, činila 21,5 °C. Jako v předešlé dny byla ST nejvyšší ve 13:00 (44,15 °C). Průměrná denní ST trávníku ve Smetanových sadech dosáhla hodnoty 32,1 °C.



Obrázek 16 - průměrná povrchová teplota trávníku ve Smetanových sadech ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2022

Zdroj 16 - vlastní zpracování

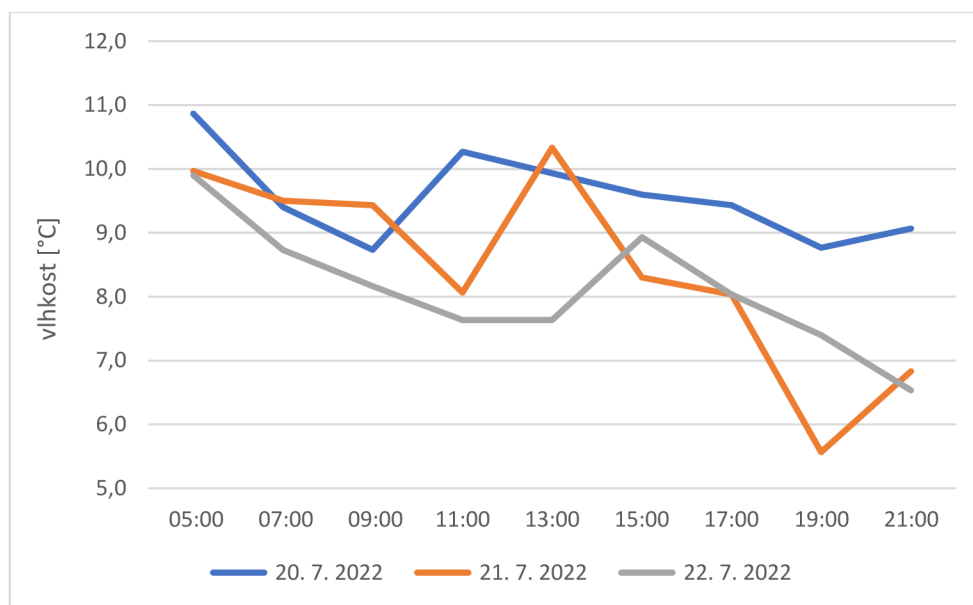
Na tomto měřicím místě je opět možné porovnat rozdíly teplot povrchu zastíněného a nezastíněného trávníku. Z měření vyplývá, že zastíněné místo je o 19,6 °C chladnější než plocha vystavená přímému slunci.



Obrázek 17 - průměrný rozdíl povrchových teplot zastíněných a nezastíněných ploch ve Smetanových sadech ve dnech 20. 7. až 22.7. 2022

Zdroj 17 - vlastní zpracování

Průměrné vlhkosti půdy se 20. 7. 2022 pohybovaly v rozmezí 10,9–8,7 %. Výchytkou mezi naměřenými hodnotami tohoto dne je hodnota v 11:00, která je výrazně vyšší než ty předchozí. Od tohoto měření už pak vlhkost půdy jen klesala. Průměrná denní vlhkost byla první sledovaný den 9,6 %. V druhý den měření se pohybovala průměrná vlhkost na hodnotách mezi 10,3–5,6 %. Stejně jako v předchozí den vystoupala vlhkost půdy velmi výrazně v průběhu dne, tentokrát ve 13:00. Průměrná vlhkost půdy ve Smetanových sadech dne 21. 7. 2022 dosáhla 8,5 %. Poslední sledovaný den se obešel bez výrazných výchylek naměřených hodnot v průběhu dne. Hodnoty se pohybovaly v průměru mezi 9,9 % až 6,5 %. Průměrná vlhkost půdy ze dne 22. 7. 2022 dosahovala hodnoty 8,1 %.



Obrázek 18 - průměrná vlhkost trávníku ve Smetanových sadech ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2023

Zdroj 18 - vlastní zpracování

### 6.1.5. Trávník na ulici Kosmonautů

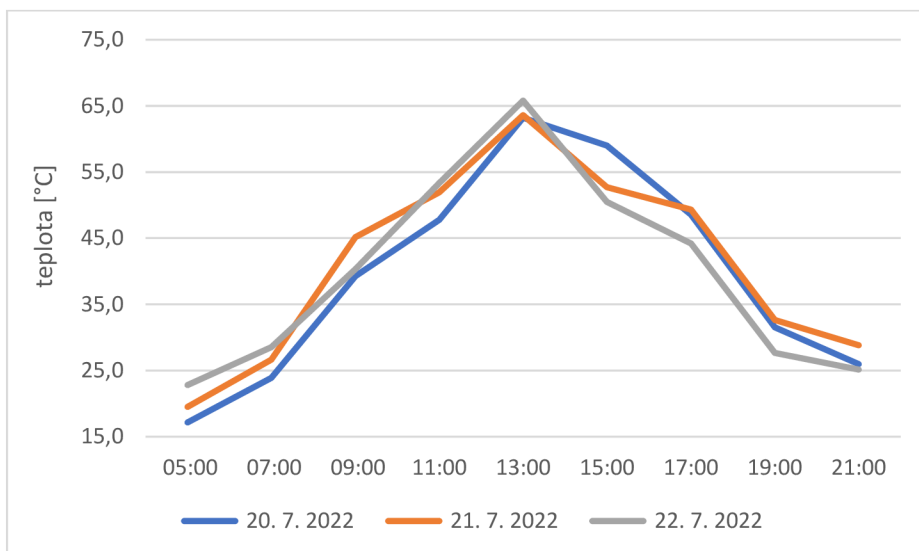
Sledovaný trávník na ulici Kosmonautů se nacházel u zatravněného tramvajového pásu a z větší části byl velmi vysušený. Přímému slunečnímu záření byl vystaven hned od rána až do 21:00, kdy ho pokryl stín okolních budov.



*Obrázek 19 - trávník na ulici Kosmonautů*

*Zdroj 19 - vlastní zpracování, pořízeno 22. 7. 2022*

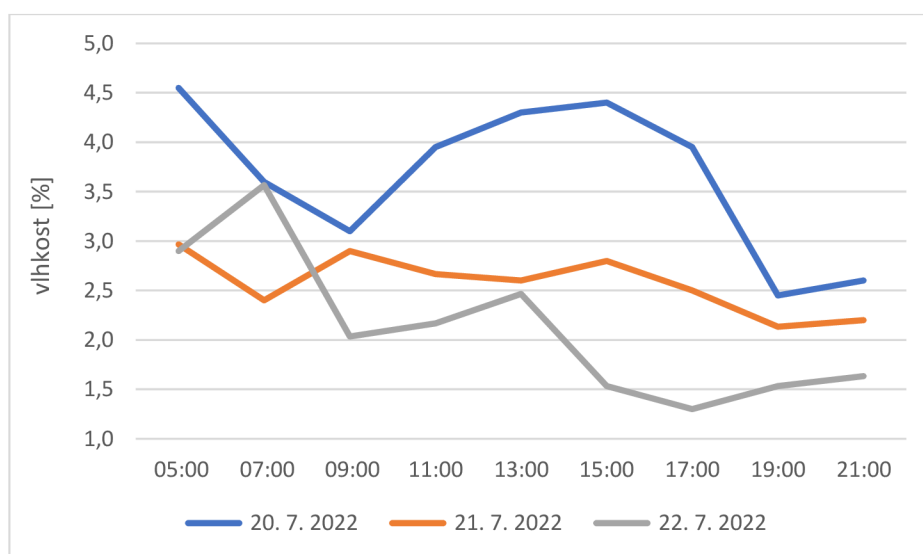
V první sledovaný den byla v 05:00 naměřena ST 17,2 °C a stoupala rovněž až do 13:00, kdy byla rozpálená na 63,2 °C. Průměrná ST ze dne 20. 7. 2022 činila 41,3 °C. Druhý sledovaný den stoupala ST z 19,5 °C na 63,6 °C a poté klesala. Průměrná denní ST 21. 7. 2022 byla 42,7 °C. Poslední sledovaný den 22. 7. 2022 byla už v 05:00 naměřená průměrná ST 22,8 °C a toho dne dosáhla ve 13:00 maxima dosahující hodnoty 65,8 °C. Ale průměrná denní ST byla nižší než předchozí den, a to 41,6 °C.



Obrázek 20 - průměrná povrchová teplota trávníku na ulici Kosmonautů ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2022

Zdroj 20 - vlastní zpracování

Vlhkosti půdy sledovaného trávníku na ulici Kosmonautů byly naměřeny velmi nízké. První den se průměry měřené vlhkosti pohybovaly na hodnotách 4,6–2,5 %. Průměrná denní vlhkost pro den 20. 7. 2022 dosahovala 3,7 %. Druhý den měření nezaznamenal velkou změnu. Průměrná vlhkost trávníku byla naměřena v průběhu dne mezi 3,0 % až 2,2 %. Průměrná vlhkost za celý den činí hodnotu 2,6 %. Třetí sledovaný den uskutečněný 22. 7. 2022 byla naměřena denní průměrná vlhkost trávníku na ulici Kosmonautů 2,1 %. Průměrné dvouhodinové měřené hodnoty byly naměřeny mezi 3,6–1,3 %.



Obrázek 21 - průměrná vlhkost trávníku na ulici Kosmonautů ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2022

Zdroj 21 - vlastní zpracování

### 6.1.6. Trávník u Tržnice

Sledovaný trávník u autobusového nástupiště Tržnice byl ve stínu pouze od 07:00 a pak opět od 19:00. V průběhu dne mu dělal částečné stínění jeden vzrostlý strom.

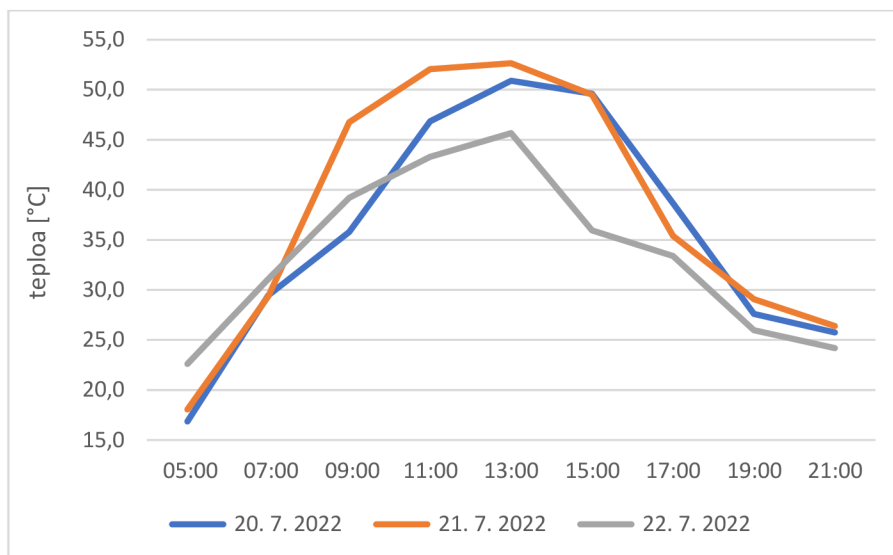


*Obrázek 22 - trávník u Tržnice*

*Zdroj 22 - vlastní zpracování, pořízeno 20. 4. 2023*

První sledovaný den začínala teplota povrchu trávníku v 05:00 na 16,9 °C a rostla až do 13:00 na hodnotu 51,0 °C. Průměrná ST dne 20. 7. 2022 dosahovala na tomto měřicím místě hodnoty 35,7 °C. Druhý den byla průměrná ST v 05:00 vyšší než v předchozí den. Dosahovala 18,1 °C a rovněž dosáhla nejvyšší hodnoty ve 13:00, kdy vystoupala na 52,7 °C. Průměrná ST trávníku byla 21. 7. 2022 37,7 °C. V poslední třetí den, kdy bylo prováděno měření, byla první naměřená hodnota už na teplotě 22,6 °C, ale maximální naměřená ST pro tento den dosahovala v porovnání s těmi předchozími jen 45 °C a poté poměrně prudce klesala. Průměrná denní ST tak činila 33,5 °C.

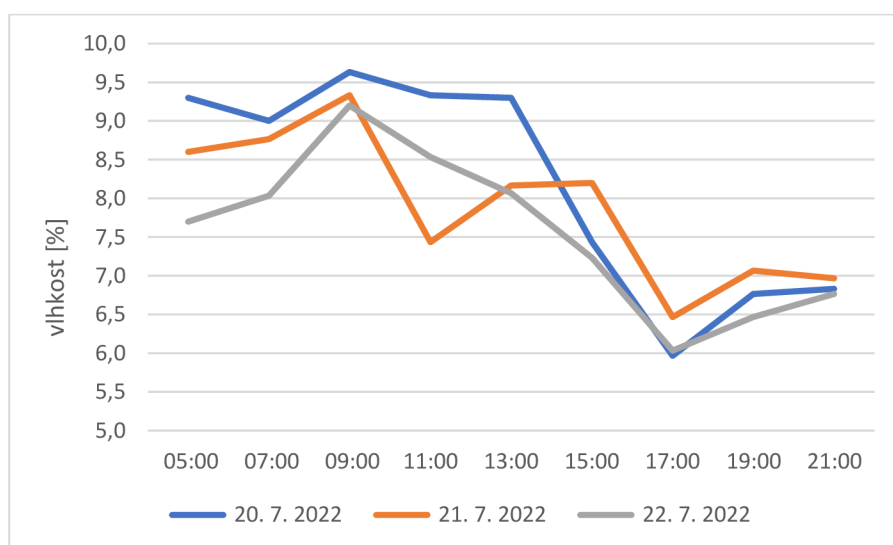




Obrázek 23 - průměrná povrchová teplota trávníku u Tržnice ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2022

Zdroj 23 - vlastní zpracování

Vlhkost půdy byla u Tržnice o něco vyšší než na ulici Kosmonautů, ale v porovnání s ostatními trávníky stále nízká. První den se pohybovala v průměru mezi 9,6 % a 6,0 %. V průměru pro celý den 20. 7. 2022 tak vlhkost činila 8,2 %. Druhý sledovaný den dosahovala průměrná denní vlhkost půdy 7,9 % a hodinové průměry se pohybovaly mezi hodnotami 9,3–6,5 %. Poslední den 22. 7. 2022 byly naměřené vlhkosti nejnižší. Hodinové průměry dosahovaly mezi 9,2–6,5 %, což bylo v denním průměru 7,6 %.

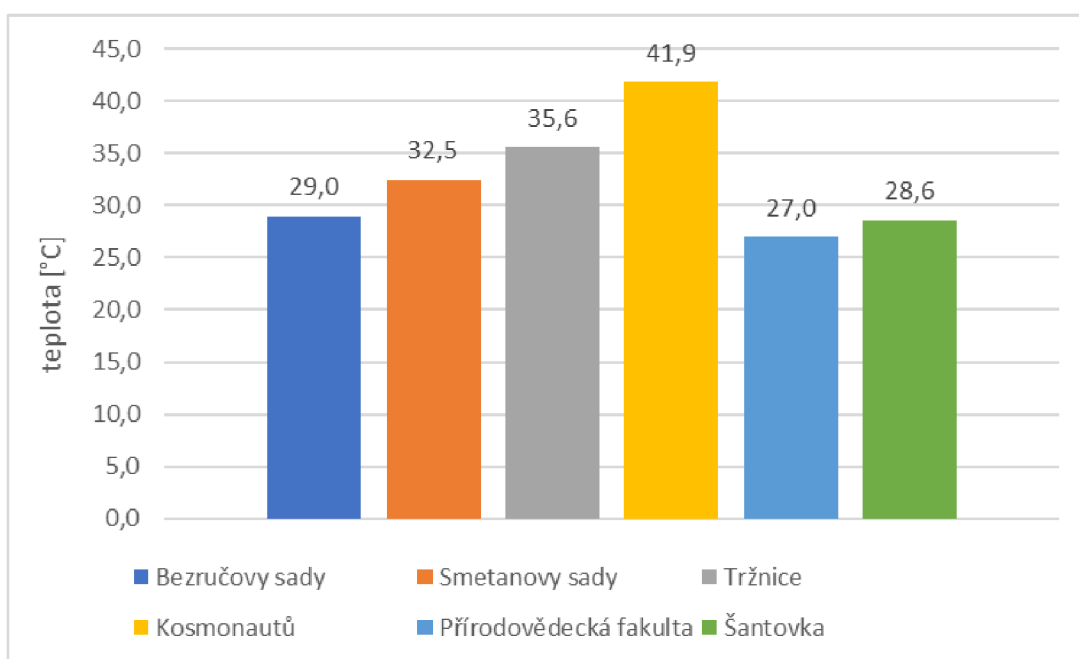


Obrázek 24 - průměrná vlhkost trávníku u Tržnice ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2022

Zdroj 24 - vlastní zpracování

## 6.2. Porovnání výsledků

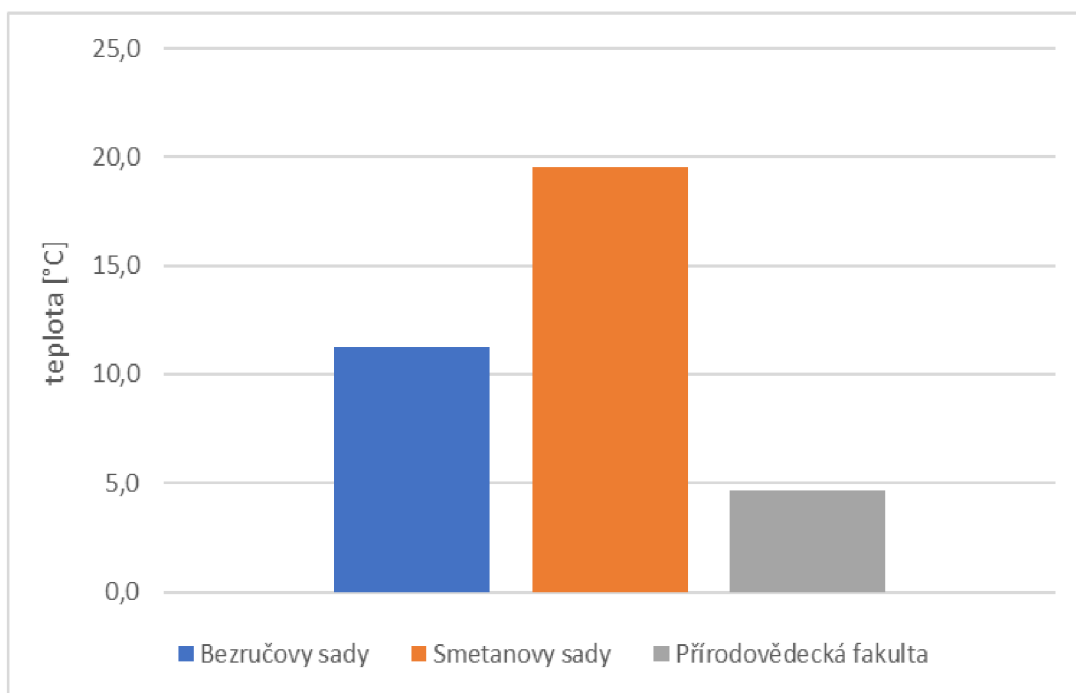
Z naměřených hodnot povrchových teplot trávníků lze vyvodit, že jednoznačně nejvyšší průměrné denní hodnoty ST se vyskytovaly u zatravněného tramvajového pásu na ulici Kosmonautů. Sledovaný trávník dosáhl i druhého extrému, konkrétně na něm byla naměřena nejnižší vlhkost půdy. Druhým nejteplejším a zároveň nejsušším se stal další trávník bez vazby na podloží, a to trávník na Tržnici. Rozdíl mezi ním a trávníkem na ulici Kosmonautů dosáhl v průměru za všechna tři sledovaná období 6,25 °C. Třetím nejteplejším a rovněž nejsušším, jsou Smetanovy sady, které jsou oproti trávníku na Tržnici chladnější o 3,17 °C. Čtvrtým nejteplejším a nejsušším je trávník v Bezručových sadech s teplotním rozdílem od Smetanových sadů 3,46 °C. Pátým nejteplejším a zároveň druhým nejchladnějším byl trávník u nákupního střediska Šantovka. Nejnižší povrchové teploty byly zjištěny u trávníku za Přírodovědeckou fakultou. Rozdíl mezi nimi činil 1,61 °C. Naopak je tomu s vlhkostí půdy, nejvyšší hodnoty byly naměřeny u Šantovky.



Obrázek 25 - průměrná povrchová teplota zkoumaných trávníků ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2022

Zdroj 25: vlastní zpracování

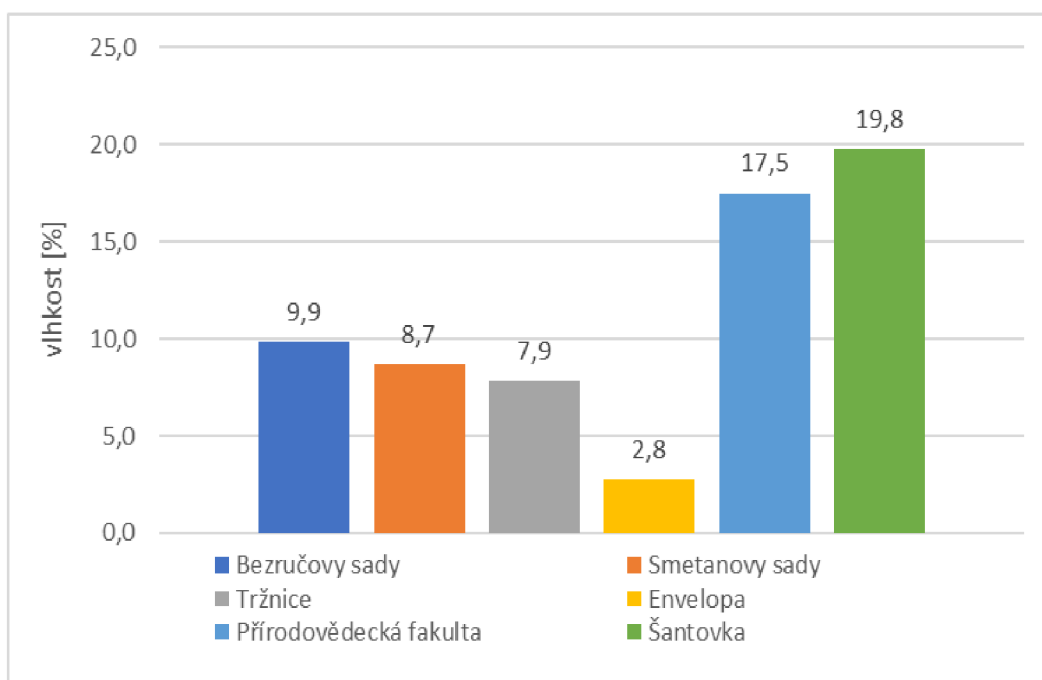
Na vybraných lokalitách byly porovnávány i teploty ploch zastíněných a nezastíněných korunami stromů. Z měření bylo zjištěno, že rozdíly teplot jsou v Bezručových a Smetanových sadech velmi výrazné. U zavlažovaného trávníku byly taktéž zjištěny nižší teploty ve stínech, ale rozdíly osluněných a neosluněných míst nebyly tak výrazné v porovnání se suššími trávníky.



Obrázek 26 - průměrný rozdíl povrchových teplot osluněných a zastíněných ploch ve dnech 20.7. až 22. 7. 2022

Zdroj 26 - vlastní zpracování

Z výsledků vyplývá, že vlhkost půdy do značné míry ovlivňuje povrchovou teplotu trávníku. U vlhčích trávníků byly zaznamenány nižší povrchové teploty. Rovněž lze z výsledků usoudit, že trávníky s vazbou na podloží jsou chladnější a vlhčí než trávníky bez vazby na geologické podloží. Velkou roli hraje i pravidelná zálaha. Kromě nejnižších povrchových teplot, které zavlažované trávníky vykazují, vyplývá z výzkumu i to, že zavlažované trávníky jsou daleko odolnější proti velkým tepelným výkyvům než zbylé dva typy. V tomto ohledu je na tom nejhůře trávník bez vazby na spodní vrstvy půdy.



Obrázek 27 - průměrné vlhkosti zkoumaných trávníků ve dnech 20. 7. až 22. 7. 2022

Zdroj 27 - vlastní zpracování

## 7. Diskuse

Vzájemné působení vlhkosti půdy a povrchové teploty byly zkoumány ve studii od Liu-Pu (2019) a jejich závěr se shoduje se závěry této bakalářské práce. Vlhkost půdy má výrazný vliv na povrchovou teplotu trávníků. Vlhčí podloží koreluje s nižšími povrchovými teplotami. V průběhu roku se tato závislost mění. Nejsilnější vztah povrchové teploty a vlhkosti půdy panuje přes den a v horkých letních měsících. Naopak nejmenší závislost je v průběhu noci a zimních měsíců. Z pohledu půdních horizontů hraje nejdůležitější roli vlhkost svrchní vrstvy půdy. Starší studie od Dai et al. (1999), zabývající se mimo jiné i vlivem vlhkostí půdy na teplotu povrchu potvrzuje, že s vyšší vlhkostí teplota povrchu klesá, ale výrazněji ovlivňuje pouze denní maxima, a ne denní minima teploty. Závěry předešlých tvrzení potvrdil i Benson et al. (2021), kteří se shodují v tom, že oblasti s vysokou povrchovou teplotou jsou zároveň oblasti s nízkou půdní vlhkostí. Pokud je vyčerpána půdní vlhkost, nemůže již docházet k přeměně radiační energie na latentní teplo, ale transformuje se do podoby citelného tepelného toku, který zvyšuje jak teplotu povrchu, tak teplotu vzduchu. Vlhkost půdy je ovlivněna více faktory a těmi jsou například charakter vegetačního pokryvu a půdní typy (Lakshmi et al., 2003). Rahman et al. (2021) uvádí, že při velmi suchém počasí vykazuje vysušený trávník téměř shodné hodnoty citelného tepelného toku jako zpevněný nepropustný povrch. Při porovnání výsledků zavlažovaných a nezavlažovaných ploch bylo navíc zjištěno, že zavlažované trávníky nedosahují tak vysokých denních výkyvů teploty povrchu jako ty nezavlažované.

Při terénním výzkumu bylo provedeno i porovnání povrchových teplot osluněných a zastíněných ploch. Stejně jako z práce od Rahman et al. (2021) bylo vyzpozorováno, že stíny hrají velmi důležitou roli při snížení povrchové teploty trávníků. Zjištěnou zajímavostí se v této části výzkumu stal fakt, že povrchové teploty osluněných a neosluněných ploch zavlažovaného trávníku nedosahovaly takových rozdílů jako u trávníků nezavlažovaných.

Tato bakalářská práce se zaměřila i na sledování vlivu vazby na spodní vrstvy půdy. Z terénního výzkumu vyšly trávníky bez zjevné vazby na spodní vrstvy jako ty nejteplejší a nejsušší. Tento jev si lze vysvětlit tím, že trávníky bez vazby nejsou schopné efektivně zadržet vodu, která se nedostane až do hlubších půdních vrstev a zůstává jen v přizemní vrstvě, která se rychleji zahřívá a voda se vypaří. Vegetační porost tohoto trávníku tak strádá nedostatkem vody, přestože kořenový systém dosahuje i do hlubších půdních vrstev. Ty však mají omezený přístup k vlhkosti a vegetace usychá. Tento možný vliv snižující mitigační

schopnost trávníků, zejména v městském prostředí, nezkoumá příliš odborníků. Proto by měly být provedeny důkladnější výzkumy zabývající se tímto jevem.

## 8. Závěr

Tato bakalářská práce se zaměřila na mitigační potenciál travníků. Konkrétně na to, jaký vztah má mezi sebou povrchová teplota travníku, vlhkost a vazba na spodní půdní vrstvy. Těžiště výzkumu spočívalo ve vlastním terénním měření, které bylo provedeno v Olomouci ve dnech 20. 7. 2022 až 22. 7. 2022, kdy bylo území České republiky zasaženo výraznou vlnou veder. Pro účely měření byly vybrány dva zavlažované travníky, dva travníky s vazbou na spodní vrstvy a dva travníky bez vazby na spodní vrstvy. Na každém měřeném místě byly sledovány teploty povrchů a půdní vlhkost. Měření probíhalo od východu do západu slunce v časovém intervalu dvou hodin.

Zákonnosti mitigačních schopností travníku mezi povrchovou teplotou, vlhkostí a vazbou na spodní vrstvy byly potvrzeny. Povrchová teplota travníků bez vazby na podloží z výzkumu vyšla jako nejvyšší a vlhkost půdy se zde vyskytovala nejnižší. V průměru byly travníky bez vazby teplejší o 8 °C a sušší o 4 % než travníky s vazbou na podloží. Oproti zavlažovaným travníkům vystoupaly rozdíly povrchové teploty na 11 °C a vlhkost se lišila o 13 %. Průměrná teplota travníků bez vazby na spodní vrstvy napříč zkoumaným obdobím byla 38,8 °C a průměrná vlhkost dosáhla 5,3 %. Nejnižších povrchových teplot dosahovaly zavlažované travníky, které vykazovaly nejnižší výkyv chodu denních teplot. Jejich průměrná teplota povrchu činila 27,8 °C. Rovněž mají podle očekávání i nejvyšší vlhkost, která dosahovala v průměru 18,7 %. Povrchová teplota travníků s vazbou na podloží dosahovala v průměru 30,7 °C a průměrná vlhkost se vyskytovala na 9,3 %. Ze získaných výsledků můžeme vypočítat, že povrchová teplota travníků je jasně ovlivněna jejich vlhkostí a vlhkost může být ovlivněna vazbou na spodní půdní vrstvy. Na některých lokalitách bylo možné změřit i povrchy zastíněné korunami stromů a porovnat je s povrchy vystavenými přímému slunečnímu záření. Stín stromů se projevil jako významný mitigační prvek travníků, protože dokázal v průměru snížit teplotu povrchu o 11,8 °C. Nejvýrazněji snižovaly stíny teplotu u nezavlažovaných travníků. Rozdíl povrchových teplot zastíněných a nezastíněných oblastí zavlažovaného travníku nebyl tak vysoký.

Jelikož se jen málo prací zabývá výzkumem mitigační schopností travníků v závislosti na jejich vazbu na spodní vrstvy, bylo by vhodné více se tímto tématem zabývat a provést více výzkumů. Do budoucna by tato bakalářská práce mohla být rozšířena o dlouhodobější měření.

## 9. Summary

This bachelor's thesis deals with the potential mitigation capabilities of lawns. It examines the influence between the surface temperature of lawns, humidity and binding to the lower soil layers. The data was obtained through own research, which took place on 20. 7. 2022 – 22. 7. 2022 in Olomouc. At this time, the observed area was hit by a significant heat wave. Two irrigated lawns, two lawns with binding to the lower soil layers and two lawns without binding were selected for research. The research took place from sunset to sunrise, and the monitored locations were measured at two-hour intervals. Repeated measurements of surface temperature and soil moisture were made at each measuring point. The surface temperature was determined by a thermal camera FLIR E6-XT and soil moisture by a hygrometer LabQuest2. The data were then evaluated in Microsoft Excel, where graphs were also created. The maps were then created in QGIS.

The first part of the work is theoretically focused. It deals with the geomorphological, geological, pedological, hydrological, climatological characteristics of the investigated city of Olomouc and analyses different types of land cover representation, such as CORINE Land Cover, Urban Atlas and Local Climate Zones. It then deals with the history of urban climate research and summarizes current findings on the heat island of the city, surface temperatures of urban areas, urban vegetation, and the microclimate of lawns.

The methodology of the work is described in the second part of the work, and the results of individual measurements are presented in the third. They showed that lawns without ties to the lower soil layers are the warmest and driest. The average surface temperature of the lawn without geological binding is 38.8 °C and the average humidity reached 5.3 %. The lowest surface temperatures were achieved by irrigated lawns, which showed the lowest fluctuations in daily temperatures. Their average surface temperature was 27.8 °C. As expected, they also have the highest humidity, which averaged 18.7 %. The surface temperature of the lawns with binding to the subsoil reached an average of 30.7 °C and the average humidity was 9.3 %. From the obtained results, we can observe that the surface temperature of lawns is clearly influenced by their humidity, and humidity can be influenced by binding to the lower soil layers. At some locations, it was also possible to measure surfaces shaded by tree crowns and compare them with surfaces exposed to direct sunlight. The shade of trees proved to be a significant mitigating element of lawns, as it was able to reduce the surface temperature by 11.8 °C on average. It reduced it most significantly in non-irrigated lawns. The difference in



surface temperatures of the shaded and non-shaded areas of the irrigated lawn was not that high.

## 10. Seznam literatury

Agentura ochrany přírody a krajiny ČR: Digitální registr ÚSOP. Chomoutovské jezero. Dostupné z: [https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/index.php?SHOW\\_ONE=1&ID=1663](https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/index.php?SHOW_ONE=1&ID=1663) [cit. 27. 3. 2023].

ALAVIPANAH, S. - WEGMANN, M. - QURESHI, S. - WENG, Q. - KOELLNER, T. (2015): *The Role of Vegetation in Mitigating Urban Land Surface Temperatures: A Case Study of Munich, Germany during the Warm Season*. Sustainability, 7 (4), 4689-4706. ISSN: 2071-1050. Dostupné z: [Sustainability | Free Full-Text | The Role of Vegetation in Mitigating Urban Land Surface Temperatures: A Case Study of Munich, Germany during the Warm Season \(mdpi.com\)](#) [cit. 19. 4. 2023].

ARAM, F. - GARCIA, E.H. - DOLGI, E. - MANSOURNIA, S. (2019): *Urban green space cooling effect in cities. Review article*. Heliyon, 5. ISSN: 2405-8440. Dostupné z: <https://1url.cz/mrcOE> [cit. 27. 3. 2023].

ARSENOVIĆ, D. - LEHNERT, M. - FIEDOR, D. - ŠIMÁČEK, P. - STŘEDOVÁ, H. - STŘEDA, T. - SAVIĆ, S. (2019): *Heat-waves and Mortality in Czech Cities: A Case Study for the Summers of 2015 and 2016*. Geographica Pannonica, 23 (3), 162-172. ISSN: 1820-7138. Dostupné z: <https://www.asestant.ceon.rs/index.php/geopan/article/view/22853/8326> [cit. 15. 4. 2023].

BECHTEL, B. - DANEKE, C. (2012:): *Classification of local climate zones based on multiple earth observation data*. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 5 (4), 1191–1202. ISSN: 2151-1535. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6186793> [14. 2. 2023].

BELDA, M. - RESLER, J. - GELETIČ, J. - KRČ, P. - MARONGA, B., SÜHRING, M. - KURPPA, M. - KANANI-SÜHRING, F. - FUKA, V. - EBEN, K. - BENEŠOVÁ, N. - AUVINEN, M. (2021): *Sensitivity analysis of the PALM model system 6.0 in the urban environment*. Geoscientific Model Development, 14, 4443–4464. ISSN: 1991-9603. Dostupné z: <https://gmd.copernicus.org/articles/14/4443/2021/> [cit. 25. 3. 2023].

BENSON, D.O. - DIRMEYER, P.A. (2021): *Characterizing the Relationship between Temperature and Soil Moisture Extremes and Their Role in the Exacerbation of Heat Waves over the Contiguous United States*. Journal of Climate, 34 (6), 2175–2187. ISSN: 1520-0442. Dostupné z: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/34/6/JCLI-D-20-0440.1.xml> [cit. 2. 4. 2023].

BOKAIE, M. - ZARKESH, M.K. - ARASTEH, P.D. - HOSSEINI, A. (2016): *Assessment of Urban Heat Island based on the relationship between land surface temperature and Land Use/ Land Cover in Tehran*. *Sustainable Cities and Society*, 23, 94-104. ISSN: 2210-6707

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670716300403> [cit. 19. 4. 2023].

BOTTYÁN, Z. - KIRCSI, A. - SZEGEDI, S. - UNGER, J. (2005): *The relationship between built-up areas and the spatial development of the mean maximum urban heat island in Debrecen, Hungary*.

*International Journal of Climatology*, 25, 405–418. ISSN: 1097-0088.

BOWLER, D. E. - BUYUNG-ALI, L. - KNIGHT, T. M. - PULLIN, A. S. (2010): *Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence*. *Landscape and urban planning*, 97 (3), s. 147–155. ISSN 0169-2046. Dostupné z:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204610001234> [cit. 27. 3. 2023].

BRÁZDIL, R. - BUDÍLKOVÁ, M. (1999): *An urban bias in air temperature fluctuations at the Klementinum, Prague, the Czech republic*. *Atmospheric Environment*, 33(24–25), s. 4211–4217. ISSN: 1352-2310. Dostupné z:

<https://1315516fd2.clvwcdnwnd.com/a3651b7fada40d42bb0919787e9c4a73/200000646-9fabca0a5d/Brazdil99%20Klementinum.pdf> [cit. 10. 3. 2023].

Copernicus: CLC 2018. Dostupné z: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018> [cit. 6. 3. 2023].

Copernicus: Urban Atlas 2018. Dostupné z: <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018> [cit. 6. 3. 2023].

CzechGlobe: Infiltrační plochy, 2017. Dostupné z: <http://www.opatreni-adaptace.cz/projects/infiltracni-plochy/> [cit. 25. 3. 2023].

Česká geologická služba: dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr25/> [cit. 6. 2. 2023].

Česká meteorologická společnost (2017): *Elektronický meteorologický slovník. Aktivní povrch*. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/2819> [cit. 6. 3. 2023].

Česká meteorologická společnost (2017): *Elektronický meteorologický slovník. Tepelný ostrov*. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/fulltext/tepln%C3%BD%20ostrov%20m%C4%9Bsta> [cit. 6. 3. 2023].

Česká meteorologická společnost (2017): *Elektronický meteorologický slovník. Dálkový průzkum Země*. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/fulltext/dpz> [cit. 8. 3. 2023].

Česká meteorologická společnost (2017): *Elektronický meteorologický slovník. Albedo*. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/fulltext/albedo> [cit. 10. 3. 2023].

ČHMÚ (2023): *Hlásná a předpovědní povodňová služba. Olomouc-Nové Sady*. Dostupné z: [https://hydro.chmi.cz/hpps/popup\\_hpps\\_prfdyn.php?seq=2505266](https://hydro.chmi.cz/hpps/popup_hpps_prfdyn.php?seq=2505266) [cit. 6. 2. 2023].

DAI, A. - TRENBERTH, K.E. - KARL, T.R. (1999): *Effects of Clouds, Soil Moisture, Precipitation, and Water Vapor on Diurnal Temperature Range*. *Journal of climate*, 12 (8), 2451–2473. ISSN: 1520-0442. Dostupné z: [Effects of Clouds, Soil Moisture, Precipitation, and Water Vapor on Diurnal Temperature Range in: Journal of Climate Volume 12 Issue 8 \(1999\) \(ametsoc.org\)](https://www.ametsoc.org/journals/abstract/jtitle/10.1175/1520-0442(1999)12<2451:EOCSPW>2.0.CO;2) [cit. 31. 3. 2023].

DEMEK, J. - MACKOVČIN, P. ed.: *Zeměpisný lexikon ČR*. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR, 2006, 580 s. ISBN 80-86064-99-9.

DOBROVOLNÝ, P. (2012): *Klima Brna: víceúrovňová analýza městského klimatu*. Brno: Masarykova univerzita, 200 s. ISBN 978-80-210-6029-6.

DOBROVOLNÝ, P. (2013): *The surface urban heat island in the city of Brno (Czech Republic) derived from land surface temperatures and selected reasons for its spatial variability*. *Theoretical and Applied Climatology*, 112, 89-98. ISSN: 0177-798X.

DUNCAN, J.M.A. - BORUFF, B. - SAUNDERS, A. - SUN, Q. - HURLEY, J. - AMATI, M. (2019): *Turning down the heat: An enhanced understanding of the relationship between urban vegetation and surface temperature at the city scale*. *Science of The Total Environment*, 656, 118-128. ISSN: 0048-9697. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.223>. [cit. 3. 5. 2023].

DUNJIĆ, J. (2019): *Outdoor Thermal Comfort Research in Urban Areas of Central and Southeast Europe: A Review*. *Geographica Panonica*. Volume 23, Issue 4, 359–373. ISSN 1820-7138. Dostupné z: <https://1url.cz/freOJ> [cit. 27. 3. 2023].

ESTOQUE, R.C. - MURAYAMA, Y. - MYINT, S.W. (2017): *Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia*. Science of The Total Environment, 577, 349-359. ISSN: 0048-9697. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716323853> [cit. 17. 4. 2023].

FORTUNIAK, K. - KŁYSIK, K. - WIBIG, J. (2006): *Urban-rural contrasts of meteorological parameters in Łódź*. Theoretical Applied Climatology, 84, s. 91–101. ISSN: 1434-4483. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-005-0147-y> [cit. 16. 2. 2023].

GALLAY, I. - OLAH, B. - MURTIHOVÁ, V. - GALLAYOVÁ, Z. (2023): *Quantification of the Cooling Effect and Cooling Distance of Urban Green Spaces Based on Their Vegetation Structure and Size as a Basis for Management Tools for Mitigating Urban Climate*. Sustainability, 15, 3705. ISSN: 2071-1050. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/4/3705> [cit. 27. 3. 2023].

GELETIČ, J. - LEHNERT, M. - DOBROVOLNÝ, P. (2016): *Land Surface Temperature Differences within Local Climate Zones, Based on Two Central European Cities*. Remote sensing , 8 (10), 788. ISSN: 0034-4257. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/308417585\\_Land\\_Surface\\_Temperature\\_Differences\\_within\\_Local\\_Climate\\_Zones\\_Based\\_on\\_Two\\_Central\\_European\\_Cities](https://www.researchgate.net/publication/308417585_Land_Surface_Temperature_Differences_within_Local_Climate_Zones_Based_on_Two_Central_European_Cities) [cit. 29. 3. 2023].

GELETIČ, J. - LEHNERT, M. - DOBROVOLNÝ, P. (2016): *Modelled spatio-temporal variability of air temperature in an urban climate and its validation: A case study of Brno (Czech Republic)*. Hungarian Geographical Bulletin, 65 (2), 169–180. ISSN: 2064-5147. Dostupné z: <https://doi.org/10.15201/hungeobull.65.2.7> [cit. 10. 3. 2023].

GELETIČ, J. - LEHNERT, M. - KRČ, P. - RESLER, J. - KRAYENHOFF, E. S. (2021): *High-resolution modelling of thermal exposure during a hot spell: a case study using PALM-4U in Prague, Czech Republic*. 12 (2), 175. ISSN: 2073-4433. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/2/175> [cit. 28. 2. 2023].

GELETIČ, J. - LEHNERT, M. - RESLER, J. - KRČ, P. (2020): *Teplota ve městě. Přehled používaných termínů a jejich rozdíly*. Urbanismus a územní rozvoj, XXIII 4/2020. s. 17-21. ISSN: 1212-0855.

GELETIČ, J. - LEHNERT, M. (2016): *GIS-based delineation of local climate zones: The case of medium-sized Central European cities*. Moravian Geographical Reports, 3, 2-12. ISSN: 12108812. Dostupné z: [https://www.geonika.cz/EN/research/ENMGRCIanky/2016\\_3\\_GELETIC.pdf](https://www.geonika.cz/EN/research/ENMGRCIanky/2016_3_GELETIC.pdf) [cit 10. 3. 2023].

Geoportál: dostupné z:

<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map?openNode=Geology&keywordList=inspire>  
[cit. 1. 2. 2023].

HOWARD, L. (1833): *The climate of London, Deduced from Meteorological Observations*. Harwey & Darton, London, 383 s.

HRUBAN, R.: *Moravské-Karpaty.cz*. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/hydrografie/morava/> [cit. 6. 2. 2023].

International Journal of Climatology, 25 (3), s. 405–418. ISSN: 0899-8418. Dostupné z: <http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/ungercikk/2005-IJC-bottyán-szegedi-kircsi-unger.pdf> [cit. 16. 2. 2023].

KARL, T. - KNIGHT, R. (1997): *The 1995 Chicago heat wave: How likely is a recurrence?* Bulletin of the American Meteorological Society, 78 (6), s. 1107-1119. ISSN: 1520-0477. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/26207499> [cit. 16. 2. 2023].

Klimasemeni: Nesekejte tolik trávník – pomůžete zadržet vodu v půdě a ušetříte čas i peníze.

Dostupné z: <https://klimasemeni.cz/nesekejte-tolik-travnik-pomuzete-zadrzet-vodu-v-pude-a-usetrite-cas-i-penize/> [cit. 25. 3. 2023].

KUMAR, R. - MISHRA, V. (2019): *Decline in surface urban heat island intensity in India during heatwaves*. Environmental research communication, 1 (3), 031001. ISSN: 139351. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ab121d/pdf> [cit. 29. 3. 2023].

LAKSHMI, V. - JACKSON, T. J. - ZEHRFUHS, D. (2003): *Soil moisture – temperature relationships: results from two field experiments*. Hydrological Processes, 17 (15), 3041-3057. ISSN: 1099-1085. Dostupné z: [Soil moisture–temperature relationships: results from two field experiments \(wiley.com\)](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2002WH001701) [cit. 31. 3. 2023].

LEHNERT, M. - GELETIČ, J. - JUREK, M. (2023): *Tepelný ostrov města očima současného výzkumu*. Geografické rozhledy, 32 (3), 12-15. ISSN: 1210-3004.

LEHNERT, M. - GELETIČ, J.: *Místní klimatické zóny a jejich význam ve městech České republiky*. Urbanismus a územní rozvoj, XX (2), s. 9-16. ISSN: 1212-0855. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/317267211\\_Mistni\\_klimaticke\\_zony\\_a\\_jejich\\_vyznam\\_ve\\_mestech\\_Ceske\\_republiky](https://www.researchgate.net/publication/317267211_Mistni_klimaticke_zony_a_jejich_vyznam_ve_mestech_Ceske_republiky) [cit. 8. 2. 2023].

LELOVICS, E. - UNGER, J. - GÁL, T. - GÁL, V. (2014): *Design of an urban monitoring network based on Local Climate Zone mapping and temperature pattern modelling*. Climate Research, 60, 51–62. ISSN: 0936-577X. Dostupné z: <http://real.mtak.hu/16411/> [cit. 23. 4. 2023].

LIU, J. - PU, Z. (2019): *Does soilmoisture have an influence on near-surface temperature?* Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 124 (12), 6444–6466. ISSN: 2169-8996. Dostupné z: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2018JD029750> [cit. 31. 3. 2023].

MARIANI, L. - PARISI, S.G. - COLA, G. - LAFORTEZZA, R. - COLANGELO, G. - SANESI, G. (2016): *Climatological analysis of the mitigating effect of vegetation on the urban heat island of Milan, Italy*. Science of The Total Environment, 569–570, 762-773. ISSN: 0048-9697. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716312864> [cit. 30. 3. 2023].

MASSELOT, P. - MISTRY, M. - VANOLI, J. - SCHNEIDER, R. - IUNGMAN, T. - GARCIA-LEON, D. - CISCAR, J.C. - FEYEN, L. - ORRU, H. - URBAN, A. - BREITNER, S. - HUBER, V. - SCHNEIDER, A. - SAMOLI, E. - STAFOGGIA, M. - DE'DONATO, F. - RAO, S. - ARMSTRONG, B. - NIEUWENHUIJSEN, M. - VICEDO-CABRERA, A.M. - GASPARRINI, A. (2023): *Excess mortality attributed to heat and cold: a health impact assessment study in 854 cities in Europe*. The Lancet Planetary Health, 7 (4), E271–E281. ISSN: 2542-5196. Dostupné z: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2542-5196%2823%2900023-2> [cit. 15. 4. 2023].

MENDENHALL, T. C. (1884): *A question of exposure*. Science, 58, 3, s. 306-308. ISSN: 1095-9203.

MOHAJERANI, A. - BAKARIC, J. - JEFFREY-BAILEY, T. (2017): *The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete*. Journal of Environmental Management, 197, 522-538. ISSN: 0301-4797 Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717303201?via%3Dihub> [cit. 10. 3. 2023].

NOVÁKOVÁ, T (2021): *Kvantifikace evapotranspirační a ochlazovací funkce vegetace prostředí DPZ v Olomouci a okolí*. Diplomové práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky. Vedoucí práce Vilém Pechanec.

RAHMAN, M.A. - DERVISHI, V. - MOSER-REISCHL A. - LUDWIG, F. - PRETZSCH, h. - RÖTZER, T. - PAULEIT, S. (2021): *Comparative analysis of shade and underlying surfaces on cooling effect*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 63, 127223. ISSN: 1618-8667. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S161886672100248X> [cit. 2. 4. 2023].

RESLER, J. - EBEN, K. - GELETIČ, J., - KRČ, P. - ROSECKÝ, M. - SÜHRING, M. - BELDA, M. - FUKA, V. - HALENKA, T. - HUSZÁR, P. - KARLICKÝ, J. - BENEŠOVÁ, N. - ĎOUBALOVÁ, J. - HONZÁKOVÁ, K. - KEDER, J. - NÁPRAVNÍKOVÁ, Š. - VLČEK, O. (2021): *Validation of the PALM model system 6.0 in a real urban environment: a case study in Dejvice, Prague, the Czech Republic*. *Geoscientific Model Development*, 14, 4797–4842. ISSN: 1991-9603. Dostupné z: <https://gmd.copernicus.org/articles/14/4797/2021/gmd-14-4797-2021-discussion.html> [cit. 25. 3. 2023].

SENEVIRATNE, S. I. - CORTI, T. - DAVIN, E. L. - HIRSCHI, M. - JAEGER, E. B. - LEHNER, I. - ORLOWSKY, B. - TEULING, A. J. (2010): *Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: A review*. *Earth-Science Reviews*, 99 (3–4), 125 - 161. ISSN: 0012-8252. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825210000139> [cit. 29. 3. 2023].

SHASHUA-BAR, L. - PEARLMUTTER, D. - ERELL, E. (2009): *The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate*. *Landscape and urban planning*, 92, s 179-186. ISSN: 0169-2046. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204609000723> [cit. 25. 3. 2023].

SHASHUA-BAR, L. - PEARLMUTTER, D. - ERELL, E. (2011): *The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment*. *International journal of climatology*, 31(10), 1498-1506. ISSN: 0899-8418. Dostupné z: [https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.2177?saml\\_referrer](https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.2177?saml_referrer) [cit. 25. 3. 2023].

SCHAR, C. - VIDALE, P. L. - LUTHI, D. - FREI, CH. - HÄBERLI, CH. - LINIGER, M.A. - APPENZELLER, CH. (2004): *The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves*. *Letters to Nature*, 427 (6972), s. 332-336. ISSN: 1476-4687. Dostupné z: <http://www.met.reading.ac.uk/~vidale/papers/SchaerEtAl2004.pdf> [16. 2. 2023].



SCHWAAB, J. - MEIER, R. - MUSSETTI, G. - SENEVIRATNE, S. - BÜRGI, CH. - DAVIN, E.L. (2021): *The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities*. Nature Communication, 12, 6763. ISSN: 2041-1723. Dostupné z: [The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities | Nature Communications](#) [cit. 19. 4. 2023].

STEWART, I. D. - OKE, T. R. (2012): *Local climate zones for urban temperature studies*. Bulletin of the American Meteorological society, 93 (12), 1879-1900. ISSN: 1520-0477. Dostupné z: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/12/bams-d-11-00019.1.xml> [14. 2. 2023].

STEWART, I.D. (2011): A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. International Journal of Climatology, 31 (2), s. 200-217. ISSN: 0899-8418 Dostupné z: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.2141> [14. 2. 2023].

STŘEDOVÁ, H. - BOKWA, A. - DOBROVOLNÝ, P. - KRÉDL, Z. - KRAHULA, L. - LITSCHMANN, T. - POKORNÝ, R. - ROŽNOVSKÝ, J. - STŘEDA, T. - VYSOUDIL, M. (2011): *Mikroklima a mezoklima měst, mikroklima porostů*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 102 s. ISBN 978-80-86690-90-2.

ŠANTRŮČKOVÁ, H. (2014): *Základy ekologie půdy*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, skriptum. Dostupné z: [http://kbe.prf.jcu.cz/sites/default/files/prednasky/skripta/skripta\\_puda\\_metody\\_final.pdf](http://kbe.prf.jcu.cz/sites/default/files/prednasky/skripta/skripta_puda_metody_final.pdf) [cit. 28. 2. 2023].

TELEDYNE FLIR: Infrared camera with extended temperature range – FLIR E6-XT. Dostupné z: <https://www.flir.eu/products/e6xt/?vertical=condition%20monitoring&segment=solutions> [cit. 17. 3. 2023].

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division: World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, New York, 126 pp., ISBN 978-92-1-148319-2, 2019. Dostupné z: <https://population.un.org/wup/publications/Files/WUP2018-Report.pdf> [cit. 25. 3. 2023].

URBAN, A. - FONSECA-RODRÍGUEZ, O. - DI NAPOLI, C. - PLAVCOVÁ, E. (2022): *Temporal changes of heat-attributable mortality in Prague, Czech Republic, over 1982–2019*. Urban Climate, 44, 101197. ISSN: 2212-0955. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095522001158> [cit. 15. 4. 2023].

VARAMESH, S. - MOHTARAM ANBARAN, S. - SHIRMOHAMMADI, B. - AL-ANSARI, N. - SHABANI, S. - JAAFARI, A. (2022): *How Do Different Land Uses/Covers Contribute to Land Surface Temperature and Albedo?* Sustainability, 14, 16963. ISSN: 2071-1050. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/24/16963> [10. 3. 2023].

VOOGT, J.A. - OKE, T.R. (2003): *Thermal remote sensing of urban climates*. Remote Sensing of Environment, 86 (3), 370–384. ISSN: 0034-4257. Dostupné z: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0034425703000798?token=DA7E6D0D1512356E580FAD2531EF340D6460B9DC41455CFB418A2AF352024C348BE3FBE7899A2EE0CE25DB56E2170971&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230310223204> [cit. 25. 3. 2023].

VYSOUDIL, M. (2015): *Urban space and climate: Introduction to the Special Issue*. Moravian Geographical Reports, 3 (23), s. ISSN: 1210-8812. Dostupné z: [https://www.geonika.cz/EN/research/ENMGRCIanky/2015\\_3\\_VYSOUDIL.pdf](https://www.geonika.cz/EN/research/ENMGRCIanky/2015_3_VYSOUDIL.pdf) [cit. 11. 2. 2023].

VYSOUDIL, M. et. al (2012): *Podnebí Olomouce*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 211 s. ISBN: 978-80-244-3285-4.