

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO
MODELOVÁNÍ



Zhodnocení tepelné zátěže v městském prostředí – studie pro Neratovice

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval: Vojtěch Görög

Vedoucí práce: doc. RNDr. Jan Kyselý, Ph.D.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vojtěch Görög

Environmentální vědy
Aplikovaná ekologie

Název práce

Zhodnocení tepelné zátěže v městském prostředí – studie pro Neratovice

Název anglicky

Evaluation of thermal stress in urban environment – study for Neratovice

Cíle práce

Hlavním cílem práce je na příkladu středně velkého města (10-20 tis. obyvatel), ležícího v klimaticky teplé oblasti Polabí, kvantifikovat vliv vybraných typů městského prostředí (zastavěné plochy, zeleň, vodní plochy) na tepelnou zátěž pomocí měření tzv. pocitové teploty s využitím přenosného přístroje. Zpracování a interpretace těchto dat (srovnání různých stanovišť mezi sebou, analýza rozdílů na vybraných stanovištích při různých typech počasí) může být podkladem pro rozhodování samospráv a dalších orgánů o návrzích na úpravy městského prostředí, které by míru tepelné zátěže na exponovaných místech snižovalo, i podkladem pro návazné studie.

Metodika

Městský tepelný ostrov, vznikající v letních měsících především v důsledku zahřívání umělých povrchů a výraznějšího ohřívání přízemní atmosféry, se projevuje i u středně velkých měst. Jeho působení, mj. zvýšená tepelná zátěž, ovlivňuje kvalitu života i zdraví obyvatel. Zejména ve městech položených v nejteplejších oblastech ČR (Polabí, jižní Morava) to může znamenat významný přídavný efekt zvyšující míru diskomfortu i zdravotní rizika. Vliv různých typů městského prostředí i rozdíly mezi meteorologickými situacemi budou studovány pomocí měření ve vybraných dnech v teplé části roku.

Doporučený rozsah práce

40 s.

Klíčová slova

thermal stress, urban heat island, biometeorology, atmospheric parameters

Doporučené zdroje informací

Dobrovolný, P. a kol. (2012): Klima Brna. Víceúrovňová analýza městského klimatu. Masarykova univerzita, Brno, 200 s. ISBN 978-80-210-6029-6.

Středová, H. a kol. (2011): Mikroklima a mezoklima měst, mikroklima porostů. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 102 s. ISBN 978-80-86690-90-2.

Tan, K.W. (2006): A greenway network for Singapore. Singapore: Singapore Botanic Gardens, s. 45-66.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. RNDr. Jan Kyselý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Konzultant

Mgr. Aleš Urban, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2020

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 14. 06. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Zhodnocení tepelné zátěže v městském prostředí – studie pro Neratovice vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze 25. 6. 2020

.....

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu práce za užitečné rady k mé práci a zapůjčení různých knih a prací pro inspiraci. Dále bych chtěl poděkovat konzultantovi mé práce a své rodině za podporu.

V Praze 25. 6. 2020

.....

Abstrakt

Hlavní cíl této práce je zhodnocení vlivů vybraných městských prostředí na teplotu, indexy tepelné zátěže a vlhkost vzduchu v přibližně dvaceti tisícovém městě Neratovice, které leží v klimaticky teplé oblasti Polabí. Vybrané meteorologické prvky jsou zkoumány na několika odlišných stanovištích. S přenosným přístrojem na měření meteorologických prvků (Kestrel 5400) jsem nasbíral data na každém stanovišti v určených letních dnech. Po analýze a zhodnocení naměřených údajů teploty, indexů tepelné zátěže, vlhkosti a dalších prvků jsem porovnal data mezi stanovišti. Dále jsem porovnal data i v různých fázích dne mezi sebou a stanovil výsledky. Výsledky práce ukázaly, že na tepelný komfort ve městech má významný vliv vlhkost vzduchu a přítomnost zeleně a vodních prvků. Zejména v teplejších dnech byl pozorován vliv umělých povrchů (asfalt, umělá tráva, betonové povrchy), které akumulují teplo a zvyšují tepelnou zátěž. Naopak u chladnějších dnů se rozdíly mezi povrchy jednotlivých stanovišť příliš neprojevují. Tato práce by mohla sloužit jako návod pro samosprávu města k realizaci opatření snižujících tepelnou zátěž v Neratovicích.

Klíčová slova: tepelná zátěž, teplota vzduchu, městský tepelný ostrov, biometeorologie

Abstract

The main objective of this thesis is to evaluate the effects of selected urban environments on temperature, thermal stress indices and humidity in Neratovice, a town with approximately 20 000 residents, located in the Elbe river basin region with warm climate.

Selected meteorological elements are assessed at several different locations. Using a portable meteorological instrument (Kestrel 5400), data was collected at each location during designated summer days. After analysing and evaluating the collected data such as temperature, thermal stress indices, and humidity for each site, differences between the locations were compared. Furthermore, data were compared also in different phases of the day and the results were identified. Results of the study show important effect of air humidity on thermal comfort. Vegetation and water features have positive effect on thermal comfort. Artificial surfaces accumulating heat (such as asphalt and artificial grass) increase the thermal stress on warmer days, while no significant effect of different surfaces is observed on colder days.

This project could serve as a guide for the town-government (city administration) to implement measures reducing thermal stress in Neratovice.

Key words: thermal stress, urban heat island, biometeorology, atmospheric parameters

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	1
3. Rešeršní část.....	2
3.1. Meteorologické prvky.....	2
3.1.1 Teplota vzduchu.....	2
3.1.2 Teplota rosného bodu.....	2
3.1.3 Relativní vlhkost	2
3.1.4 Teplota vlhkého teploměru	2
3.1.5 Rychlost větru	2
3.1.6 Tlak vzduchu.....	3
3.1.7 Albedo	3
3.2. Městský tepelný ostrov.....	3
3.2.1 Atmosférický tepelný ostrov	4
3.2.2 Povrchový tepelný ostrov.....	5
3.3. Tepelný komfort člověka.....	5
3.4. Pocitová teplota	6
3.4.1 Heat index	6
3.4.2 WBGT	8
3.4.3 Wind Chill.....	9
3.5. Městská zeleň	9
3.5.1 Koncept městské zeleně v Singapuru.....	10
3.5.2 Greenways.....	10
3.5.3 Greenways v ČR	10
3.5.4 Výhody městské zeleně.....	11
3.5.5 Městská zeleň v Neratovicích a okolí měřených stanovišť.....	12
3.5.6 Výběr ideálního stromu pro výsadbu v urbanizovaném prostoru	15

4.	Metodika	17
4.1.	Popis přístroje.....	18
4.2.	Stanoviště.....	20
5.	Výsledky	29
5.1.	Porovnání teplejších a chladnějších dnů.....	29
5.2.	Porovnání jednotlivých stanovišť	35
6.	Diskuse.....	39
7.	Závěr	43
8.	Seznam použitých grafů, obrázků a tabulek.....	44
9.	Přehled literatury a použitých zdrojů	45

1. Úvod

Městský tepelný ostrov je v posledních letech stále aktuálnější téma vzhledem ke zvyšujícím se teplotám po celý rok. Jedním z důvodů rozvoje tématu tepelného ostrova je celosvětově se rozšiřující boj s klimatickými změnami a nepohodlí života ve městech při vysokých teplotách. V této souvislosti stoupá zájem lidí o řešení městského tepelného ostrova a hledání vhodných způsobů na snížení teploty ve městech.

Rozdílu mezi klimatem měst a vesnic či jiným prostředím (lesy, louky) si lze snadno všimnout. Především v letních dnech bývá ve městech výrazně tepleji než na venkově. V posledních letech přibývá horkých dnů a nocí, a proto se městský tepelný ostrov začíná více řešit, i když je tato problematika známá delší dobu.

Důvodem výběru této bakalářské práce byl fakt, že městský tepelný ostrov ovlivňuje i mě samotného a chtěl jsem se do této problematiky dostat hlouběji a zároveň zkusit navrhnout nějaká opatření k lepšímu životu nejen v Neratovicích, ale i jiných městech.

K dosažení cílů práce jsem použil speciální přístroj na měření meteorologických prvků, kterým jsem na zvolených lokalitách zaznamenal potřebná data. V rešeršní části jsou zpracovány a vysvětleny důležité pojmy této problematiky. V praktické části jsem provedl sběr dat, která jsem získal v devíti letních dnech. Následně jsem provedl analýzu nasbíraných dat a porovnal jednotlivá stanoviště mezi sebou za pomoci několika meteorologických prvků.

2. Cíle práce

Ve vybraných letních dnech budou naměřeny a následně zhodnoceny vlivy různých typů městského prostředí na tepelnou zátěž ve městě Neratovice, které se nachází v teplé polabské oblasti. Mezi městská prostředí, která budou srovnávána, patří např.: zastavěné plochy bez zeleně, otevřená prostranství a dětská hřiště s různými povrchy. Budou porovnány a vyhodnoceny rozdíly meteorologických prvků mezi prostředími. Následně může práce posloužit jako podklad pro samosprávu města Neratovice při opatřeních snižujících tepelnou zátěž.

3. Rešeršní část

3.1. Meteorologické prvky

V této kapitole jsou uvedeny základní meteorologické prvky, které je potřeba znát v souvislosti s problematikou tepelného ostrova.

3.1.1 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu byla jednou z prvních sledovaných meteorologických proměnných. Je to jedna ze základních fyzikálních veličin, která je mírou kinetické energie termického pohybu molekul. V běžné praxi se vyjadřuje Fahrenheitovou nebo Celsiovou stupnicí (Karas a kol. 2007, ČMeS 2019).

3.1.2 Teplota rosného bodu

Hodnota teploty, při níž se vlhký vzduch o dané hodnotě směšovacího poměru vodní páry stane nasyceným vzhledem k vodě následkem izobarického ochlazování. Při poklesu teploty pod hodnotu rosného bodu dochází ke kondenzaci vodní páry obsažené ve vzduchu a vzniká rosa nebo mlha. Při relativní vlhkosti vzduchu menší než 100 % je teplota rosného bodu vždy nižší než teplota vzduchu (ČMeS 2019).

3.1.3 Relativní vlhkost

Relativní vlhkost vzduchu je poměr mezi množstvím vodních par ve vzduchu a maximálním možným množstvím par, které je vzduch schopen pojmout. Uvádí se v procentech (Minářová 2020).

3.1.4 Teplota vlhkého teploměru

Teplota udávaná vlhkým teploměrem psychrometru, který je v dobrém tepelném kontaktu se vzduchem, správně ventilovaný a dokonale chráněný před přímým slunečním zářením (ČMeS 2019).

3.1.5 Rychlost větru

Vítr je jeden ze základních meteorologických prvků, který popisuje pohyb zvolené částice vzduchu v určitém místě atmosféry v daném časovém okamžiku. Vítr vzniká v důsledku nerovnoměrného rozložení tlaku vzduchu. V meteorologii se sleduje odděleně směr a rychlost větru (Karas a kol. 2007, ČMeS 2019).

3.1.6 Tlak vzduchu

Tlak vzduchu (atmosférický tlak) je síla, která působí v daném místě atmosféry kolmo na libovolně orientovanou plochu. Je vyvolán tíhou vzduchového sloupce sahajícího od hladiny moře (nebo od libovolné jiné sledované výškové hladiny), až k horní hranici atmosféry. Vyjadřuje se v pascálech. V meteorologii se používají hektopascaly (1 hPa = 100 Pa). Na velikost tlaku vzduchu má vliv celková povětrnostní situace a další faktory (Meteocentrum 2020).

3.1.7 Albedo

Poměr množství odraženého záření k množství záření dopadajícího na určitý povrch. Albedo se vyjadřuje buď jako číslo mezi 0 a 1, nebo v procentech. Používá se k charakteristice krátkovlnného záření. Nejlepší přírodní odraz záření má sněhová pokrývka, která odráží až 70 % dopadajícího záření (ČMeS 2019). Naopak jiné přírodní a umělé povrchy odráží výrazně méně slunečního záření.

Například: asphalt 5–20 %, beton 30 %, listnatý les 15–25 % (Dobrovolný a kol. 2012).

3.2. Městský tepelný ostrov

Městský tepelný ostrov je definován jako oblast zvýšené teploty vzduchu v mezní a přízemní vrstvě atmosféry nad městem nebo průmyslovou aglomerací ve srovnání s venkovským okolím. Nejzřetelněji se tepelný ostrov vytváří za jasného počasí a bezvětří (ČMeS 2019). Zastavěná oblast měst může mít výrazně jinou teplotu než jiný typ krajiny. Tento teplotní rozdíl má na svědomí několik faktorů (Dobrovolný a kol. 2012).

Jedním z faktorů je aktivní povrch. Aktivní povrch je přechodná plocha mezi litosférou a atmosférou, na níž dochází k odrazu záření i jeho transformaci v jiné druhy energie a to především v teplo. Aktivním povrchem se rozumí například: volná půda, hladina vodních ploch nebo umělé povrchy (vozovka, budovy). Umělé povrchy akumulují více tepla než přirozené povrchy (ČMeS 2019). Vlastnosti aktivních povrchů rozhodují o intenzitě pohlcování a odrazu krátkovlnného elektromagnetického záření (Dobrovolný a kol. 2012).

Dalším z faktorů je nepropustný charakter aktivních povrchů, které zpříčiňují rychlý odtok srážek a zároveň snížení evapotranspirace a vlhkosti vzduchu (Dobrovolný a kol. 2012).

Geometrické uspořádání aktivních povrchů je další důvod vzniku tepelného ostrova. Uspořádání povrchů, které zvyšuje jejich celkovou plochu, přispívá k vytváření uličních kaňonů. Na aktivním povrchu dochází k procesům transformace záření na tepelnou energii. V důsledku rozestavení budov ve městě se do některých částí přímé sluneční záření nedostane. Naopak v noci může být v důsledku zastínění oblohy výrazně omezený proces uvolňování tepla z těchto lokalit. Výsledkem proto může být méně intenzivní ochlazení vzduchu v nočních hodinách a výskyt vyšších minimálních teplot v hustě zastavěných centrech měst nebo ulic bez přírodních prvků oproti nezastavěným oblastem. Rozestavení budov má vliv i na pohyb vzduchu ve městech. Rychlost větru se ve městech podstatně snižuje a v některých oblastech fouká velmi málo. To způsobuje velmi pomalý transport tepla od zemského povrchu do atmosféry, jehož účinnost závisí na rychlosti proudění (Dobrovolný a kol. 2012).

Znečištění ovzduší může pomoci k formování městského tepelného ostrova. Se znečištěným ovzduším souvisí značné množství polutantů a kondenzačních jader ve vzduchu. Zvýšené množství polutantů ve vzduchu snižuje propustnost atmosféry, dohlednost a zvyšuje pravděpodobnost vytvoření mlhy. Vliv znečištění ovzduší má svůj denní chod s maximem v době dopravní špičky a lidské aktivity, ale také zřetelný roční chod s maximem v zimě, kdy se topí. Výsledkem znečištění ovzduší je častější inverze (Dobrovolný a kol. 2012).

Posledním faktorem je odpadní teplo. Odpadní teplo je teplo, které jeho výrobce nevyužívá. Jedná se o teplo pocházející z klimatizací, technologických procesů, brzdových soustav vozidel a strojů a teplo obsažené ve spalinách. Mezi odpadní teplo patří i teplo uniklé z prostředí budov (nejvíce v zimě) (Dashöfer 2009).

Intenzitu tepelného ostrova vyjadřují průměry nebo maximální rozdíly teploty vzduchu v dané výšce nad středem města a okolím s přirozeným povrchem. Intenzita je většinou úměrná velikosti města a jeho průmyslové činnosti (Dobrovolný a kol. 2012).

Podle informace, jak se tepelný ostrov města formuje, a prostředí, ve kterém ho lze rozpoznat a změřit, se podle Okeho (2006) rozlišuje na následující dva druhy.

3.2.1 Atmosférický tepelný ostrov

Atmosférický tepelný ostrov neboli AUHI je možné poznat na základě měření teploty vzduchu ve standardních meteorologických stanicích, pomocí účelových měření nebo

měřících jízd (Dobrovolný a kol. 2012). Ve vertikálním směru se AUHI dále rozděluje na dva typy: tepelný ostrov mezní vrstvy atmosféry (boundary layer UHI) a tzv. Canopy Layer UHI. Mezní vrstva atmosféry je vrstva, kde se projevuje vliv zemského povrchu na meteorologické prvky a která se nachází v rozmezí od zemského povrchu do výšky několika set metrů, maximálně do dvou kilometrů. V prostředí městské zástavby dosahuje mezní vrstva atmosféry nejvyšší mocnosti, protože je výrazně ovlivněna drsností povrchu. Druhým ovlivňujícím faktorem mocnosti je instabilita teplotního zvrstvení, pro kterou vytváří městská zástavba ideální podmínky – tzv. povrchový ostrov (Středová a kol. 2011). Canopy Layer je vrstva atmosféry od zemského povrchu po výšku budov. Jinými slovy je to přízemní vrstva atmosféry v městské zástavbě, která je ovlivněna umělými povrchy a geometrií města (Srivani a Hokao 2012).

3.2.2 Povrchový tepelný ostrov

Povrchový tepelný ostrov je definován jako kladná teplotní anomálie aktivních povrchů v prostoru městské zástavby vůči přirozeným povrchům venkovské krajiny (Dobrovolný a kol. 2012).

K charakterizování povrchového tepelného ostrova (SUHI) se využívá poznatku, že množství emitovaného záření tzv. termální části elektromagnetického spektra (nejčastěji vymezené rozsahem vlnových délek 8–12 mikrometrů) je nositelem informace o teplotních poměrech studovaného území (Středová a kol. 2011).

Aktivní povrchy ovlivňují teplotní poměry přízemní i mezní vrstvy atmosféry. Oba druhy tepelného ostrova AUHI a SUHI mají své specifické vlastnosti, např. denní a noční režim, výskyt teplotních minim a maxim. AUHI je obvykle slabě vyjádřen v ranních hodinách a během dne. Intenzita atmosférického tepelného ostrova narůstá po západu slunce, kdy začínají umělé povrchy vyzařovat dlouhovlnné záření, které otepluje přízemní vrstvu atmosféry. Konkrétní časový výskyt u AUHI ovlivňuje roční období, charakter počasí a vlastnosti všech povrchů (umělých i přírodních). SUHI se obvykle projevuje nejvíce v denních hodinách během letních měsíců a objevuje se i během noci (Středová a kol. 2011).

3.3. Tepelný komfort člověka

Tepelná pohoda člověka závisí na osobních a okolních faktorech. Do okolních faktorů patří teplota vzduchu, sluneční záření a záření z horkých povrchů, vítr a vlhkost

vzduchu. Osobní faktory dokáže ovlivnit každý sám. Řadí se k nim oblečení a fyzická aktivita a také adaptace na místní klima. Lidé, kteří žijí v teplém podnebí, jsou lépe připraveni na vyšší teploty a snášejí velké horko lépe než lidé žijící v teplotně chladném podnebí (Bureau of Meteorology 2010).

V teplém prostředí uvolňuje organismus teplo, aby se udržela tepelná rovnováha našeho těla. Při tomto procesu vzniká pot, který při vypařování z pokožky ochlazuje tělo. Tento proces funguje daleko hůře v tropických oblastech, kde je vysoká vlhkost vzduchu a odpařování je složitější. Na ochlazování těla tímto způsobem má vliv i oblečení. Pokud máme látku, která špatně větrá, tak je v okolí pokožky vysoká vlhkost a účinnost ochlazení opět klesá (Bureau of Meteorology 2010).

V chladném prostředí je ochlazování potem zanedbatelné. Organismus musí naopak snížit tepelné ztráty a zvýšenou fyzickou aktivitou (např. třesem) dorovnat ztrátu tělesného tepla.

3.4. Pocitová teplota

Údaje o teplotě vzduchu, které naměříme z obyčejného teploměru, nám sice ukazují aktuální teplotu, ale nedokážou nám říci, jak naše tělo tuto teplotu vnímá. K tomu slouží pocitová teplota, která je kombinací různých faktorů. Dle dostupných zdrojů neexistuje obecně stanovený způsob výpočtu pocitové teploty (In-počasí 2013). Blazejczyk a kol. (2012) uvádí celou řadu indexů pocitové teploty používaných v různých regionech či odvětvích. Mezi nimi jsou i nejpoužívanější indexy: heat index, wet bulb globe temperature a wind chill.

3.4.1 Heat index

Heat index (HI) neboli index horka je kombinace aktuální teploty vzduchu a vlhkosti. Tento index se používá pouze v letních měsících, většinou při teplotách nad 27 °C (National Weather Service 2020a). Při nižších teplotách má vlhkost vzduchu zanedbatelný význam pro lidský organismus z důvodu malého vlivu pocení. Naopak při vyšších teplotách hraje vlhkost významnou roli. Při kombinaci vysoké teploty s vysokou vlhkostí vzduchu, kdy se pocení stává výrazně méně efektivním, dosahuje heat index vyšších hodnot než v případě vysoké teploty a nízké vlhkosti vzduchu. V takovém případě se pot z pokožky rychle vypařuje a cítíme se daleko komfortněji (obr. 1).

Pro výpočet heat indexu ve stupních Fahrenheita (°F) existuje následující vzorec (National Weather Service 2020a.):

$$HI = -42,379 + (2,04901523 * T) + (10,14333127 * rh) - (0,22475541 * T * rh) - (6,83783 * 10^{-3} * T^2) - (5,481717 * 10^{-2} * rh^2) + (1,22874 * 10^{-3} * T^2 * rh) + (8,5282 * 10^{-4} * T * rh^2) - (1,99 * 10^{-6} * T^2 * rh^2)$$

HI = Heat index [°F]

T = aktuální teplota vzduchu [°F]

rh = relativní vlhkost [%]

Pro výpočet heat indexu ve stupních Celsia (°C) je třeba převést stupně Fahrenheita pomocí následujícího vztahu:

$$T[°C] = \frac{5}{9} * (T[°F] - 32)$$

Pro rychlé určení heat indexu se dá využít tabulky uvedené na obr. 1.

		Teplota (°C)															
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	37	38	39	40	41	42	43
Vlhkost (%)	40	27	27	28	29	31	33	34	36	38	41	43	46	48	51	54	56
	45	27	28	29	31	32	34	36	38	40	43	46	48	51	54	56	
	50	27	28	29	31	33	35	37	39	42	45	48	51	55	58		
	55	27	29	30	32	34	36	38	41	44	47	51	54	58			
	60	28	29	31	33	35	38	41	43	47	51	54	58				
	65	28	29	32	34	37	39	42	46	49	53	56					
	70	28	30	32	35	38	41	44	48	52	57						
	75	29	31	33	36	39	43	47	51	56							
	80	29	32	34	38	41	45	49	54								
	85	29	32	36	39	43	47	52	57								
	90	30	33	37	41	45	50	55									
	95	30	34	38	42	47	53										
	100	31	35	39	44	49	55										

Obrázek 1: Stupnice heat indexu. V levém sloupci tabulky je relativní vlhkost v %. Teplota ve °C je uvedena v prvním řádku. Kombinace těchto dvou proměnných ukazuje heat index (tepelnou zátěž), která je uvedena v podbarvené části tabulky. Žlutá a světle oranžová je mírná zátěž, naopak u teplot v červené části hrozí extrémní riziko zdravotních potíží. Zdroj: In-počasí (2013)

Podle National Weather Service (2020a) je vliv heat indexu na člověka následující. Při hodnotách v intervalu 80–90 °F (tj. 26,5 až 32 °C), který spadá do kategorie „opatrnost“ (na obr. 1 žlutou barvou), dochází k únavě při dlouhodobém vystavení těla na slunci nebo při fyzické aktivitě. Při intervalu 90–103 °F (tj. 32 až 39,5 °C), který

spadá do kategorie „extrémní opatrnost“ (na obr.1 světle oranžovou barvou), může dojít k úpalu, křečím nebo vyčerpání z tepla. Toto opět platí při dlouhodobém vystavení těla na slunci nebo fyzické aktivitě. Při fyzické aktivitě nebo delším pobytu na slunci v rozmezí teploty od 103 po 124 °F (tj. 39,5 až 51 °C), který spadá do kategorie „nebezpečí“ (na obr.1 světle červenou barvou), může dojít ke křečím, úpalu, vyčerpání z tepla a je ohrožen i život člověka. Kategorie extrémního nebezpečí (na obr.1 červenou barvou) je od 125 °F (tj. od 51,5 °C) (National Weather Service 2020a). U takto vysokého heat indexu se nedoporučuje být delší dobu na slunci a vykonávat fyzickou aktivitu na přímém slunci. U všech kategorií nebezpečí se doporučuje konzumovat dostatečné množství nealkoholických nápojů, zdržovat se ve stínu a přizpůsobit své oblečení aktuální situaci.

3.4.2 Wet bulb globe temperature

Teplota vlhkého kulového teploměru (WBGT) je meteorologický údaj pro odhad vlivu teploty, vlhkosti vzduchu, větru (wind chill) a slunečního záření na člověka (Parsons 2006). WBGT byla poprvé použita v polovině 20. století v americké armádě. Spojila tak oddělené měření teploty a vlhkosti do jednoho prvku, který navíc reaguje na sluneční záření a vítr. Díky zavedení WBGT začala americká armáda zkoumat dopady tepelného stresu na vojáky ve svých výcvikových táborech (Budd 2008). V současné době se WBGT používá nejen v armádě, ale i při sportovních akcích, kde jsou sportovci vystaveni pobytu na slunci. WBGT slouží i na sledování tepelné zátěže na pracovištích.

Rozdíl mezi heat indexem a WBGT: Oba indexy do svých výpočtů započítávají teplotu vzduchu a relativní vlhkost. Heat index není vhodný pro měření na slunci, protože nepočítá s přímým vlivem dopadajícího slunečního záření. Naopak WBGT je vhodnější pro měření na přímém slunci, jelikož uvažuje množství a úhel dopadu slunečního záření na místo měření a uvažuje do svých výpočtů i vítr (National Weather Service 2020b). Z těchto rozdílných výpočtů vznikají i rozdílné výsledky měření, které jsou uvedeny v tab. 1.

Tabulka 1: Porovnání hodnot WBGT a heat indexu za vybraných podmínek. Zdroj: National Weather Service (2020b)

Teplota vzduchu (°C)	Relativní vlhkost (%)	Oblačnost (%)	Rychlost větru (m/s)	Heat Index (°C)	WBGT (°C)
32,2	42	5	1,3	33,3	31,6
32,2	42	5	5,8	33,3	28,3
32,2	42	65	5,8	33,3	27,2
32,2	52	60	2,7	35,5	30
37,7	39	10	5,8	42,2	32,2
37,7	39	10	2,2	42,2	34,4
37,7	39	65	2,2	42,2	32,7

3.4.3 Wind Chill

Tento index se používá především v chladné části roku. Wind chill neboli index „ochlazujícího účinku větru“ je používán na určení pocitové teploty za pomoci dvou meteorologických prvků (rychlosti větru a teploty vzduchu). Nad naší pokožkou se nachází tenká vrstva tepla (tzv. tepelná slupka), kterou vítr odstraňuje. Pokud se nacházíme v oblasti s nízkou teplotou vzduchu a rychlým větrem, pocítujeme dopady wind chillu velmi rychle a je nám chladno. Platí zde rovnice: čím je větší síla větru a nižší teplota, tím je nám větší zima a hrozí riziko podchlazení (Donegan 2016).

Vzorec pro výpočet wind chill (WC) indexu (Osczevski a Bluestein 2005):

$$WC = 13,12 + 0,6215 * T - 11,37 * v^{0,16} + 0,3965 * T * v^{0,16}$$

WC= wind chill [°C]

T= aktuální naměřená teplota [°C]

v= rychlost větru měřená ve standardní výšce 10 m nad zemí [km/h]

3.5. Městská zeleň

V městském prostředí se zhoršuje mnoho ekologických problémů, jako je odtok dešťové vody, riziko povodní, chemické znečištění, znečištění městského vzduchu, půdy a vody, městský tepelný ostrov a letní vlny veder. Stromy ve městech a městské lesy mohou mít dopad na lokální koloběh vody, tepla, uhlíku a znečištění (Livesley a kol. 2016). Aby se zamezilo negativním dopadům na životní prostředí ve

městech, je potřeba udržovat a budovat nové městské parky a zvyšovat podíl zeleně na dostupných pozemcích (Arifin a Nakagoshi 2011).

3.5.1 Koncept městské zeleně v Singapuru

Dobrým příkladem pro budování systému městské zeleně je ostrovní stát Singapur. Singapur se řadí mezi nejhustěji obydlené oblasti světa. Na jeden km² připadá v Singapuru 8 723 obyvatel. Pro porovnání v ČR je hustota obyvatel 133 lidí na km² (City 2020). Přes čtyřicet let se snažil tento stát zlepšit situaci ve městě a dosáhnout propojení velkých regionálních parků s menšími parky ve městě nebo malými ekosystémy přímo v obytných čtvrtích. Tento úspěch byl dosažen jen díky nařízením a pokynům vlády. Proces plánování a rozvoje infrastruktury, bydlení a průmyslových zařízení byl důkladně kontrolován a občané Singapuru se do budování současné struktury města výrazně zapojili (Tan 2006).

Podle koncepčního plánu pro Singapur má připadat 0,8 ha parkového porostu na 1000 obyvatel. Při zkoumání této koncepce byl vytvořen následující návrh: Parky a otevřené prostory by měly být plánovány jako součást síťového systému zeleně a měly by být propojeny tzv. zelenými koridory o minimální šířce dvaceti metrů. Koridory se dají využít jako běžecké cesty, které poskytují stinné prostředí. Koridory dále slouží jako kryt pro ptáky a další faunu, která se může přesouvat z jednoho parku do druhého (Tan 2006). Podle Endicotte (1993) se koridorům říká odborně „greenways“ neboli zelené cesty.

3.5.2 Greenways

Greenways definoval Little (1995) jako prostory vytvořené podél přirozeného koridoru jako je nábřeží, říční údolí, pevninské vodní kanály, zeleň podél silnic nebo nepoužívané zarostlé železniční tratě. Greenways by měly sloužit k propojení parků, přírodních rezervací, kulturních památek a historických památek a také chráněných území. Greenways musí být využívány v souladu se svou ekologickou funkcí.

3.5.3 Greenways v ČR

V České republice není koncept greenways příliš používán. Místo něho je v ČR aplikován ÚSES (územní systém ekologické stability). Ten nicméně neřeší propojení městské zeleně s okolní krajinou, ale je definován jako vzájemně propojený soubor přirozených i pozměněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů, které udržují přírodní rovnováhu. Smyslem vytváření a ochrany ÚSES je zajištění základních prostorových

podmínek pro dlouhodobé udržení a posílení jedné ze základních přirozených funkcí krajiny – ekologické stability (schopnost ekosystému vyrovnávat změny způsobené vnějšími činiteli a zachovávat své přirozené vlastnosti a funkce). Děje se tak postupným vytvářením spojitě sítě ploch s relativně vysokou ekologickou stabilitou, na kterých je umožněn rozvoj přirozených, především rostlinných společenstev, jejichž druhová skladba odpovídá konkrétním stanovištním podmínkám. Takto stabilizovaná území jsou předpokladem zachování či obnovení rozmanitosti původních biologických druhů a jejich společenstev a mohou příznivě působit na okolní méně ekologicky stabilní části krajiny (ÚSES 2020).

3.5.4 Výhody městské zeleně

- 1) **Zadržování vody** – Městský les dokáže snížit odtok vody z ploch při velkých bouřích o 2–7 % (Fazio 2010). Redukce rychlého odtoku je způsobena listy, po kterých déšť stéká po kapkách a pomalu dopadá na zem. Voda se následně stíhá vsakovat. Tento jednoduchý efekt způsobí v podání velkého množství stromů výrazné snížení odtoku. V závislosti na velikosti a druhu může jeden strom uložit 50 až 100 l vody za jednu bouři (Fazio 2010), které by jinak mířily do kanalizace. Například ve Washingtonu je udáváno, že městský les a zeleň dokáže zadržet až 4,5 miliardy litrů vody ročně, které by jinak skončily v kanalizační síti (Deutsch a kol. 2007).
- 2) **Zlepšování kvality ovzduší** – Znečištěné ovzduší působí na zdraví lidí. Nejznámější nemoci související se znečištěním ovzduší jsou astma, bronchitida nebo vyšší riziko vzniku rakoviny plic. Redukovat znečištění vzduchu ve městech pomáhá městská zeleň. Nejen stromy, které čistí vzduch tím, že absorbují oxid uhličitý, oxid siřičitý, oxidy dusíku, jiné látky a emise z automobilové dopravy, ale i rostliny uvnitř budov. V uzavřeném prostoru fungují velmi dobře jako filtry břečťany, fíkusy nebo gerbery, které zachycují částice formaldehydu, benzenu, xylenu, toluenu a dalších látek. Španělští vědci vypočítali, že v Barceloně stromy a křoviny za jeden rok pohltnou více než 306 t plynů a částic, čímž se ušetří více než 1,1 milionu eur (asi 28 milionů korun) (ČT24 2019).
- 3) **Zlepšení kvality vody a půdy** – Stromy svádí po svých kmenech vodu do země, kde dochází k dekontaminaci znečišťujících látek za pomoci různých bakterií a jiných mikroorganismů. Toho se může využít při tzv. přírodní filtraci

vody. Tento systém hojně využívá Švýcarsko, které ze svých zalesněných ploch dokáže čerpat vodu, aniž by muselo dojít k její úpravě (Tree by tree 2011).

- 4) **Zlepšení zdravotního stavu obyvatelstva** – Na kvalitu ovzduší navazuje zdravotní stav lidí (více v bodu 2). Stromy a jiné přírodní prvky vnímá většina lidí jako kladný faktor ve svém okolí, a proto dokáže přítomnost zeleně zlepšit fyzický i duševní stav osob. (Tree by tree 2011).
- 5) **Redukce hluku** – Stromový pás o šířce dvou metrů může snížit hluk ze silničního provozu až o 10 dB (NJ Forest Service 2020). Pro některé obyvatele může být ze stromového pásu nepříjemné šustění listů a zpěv ptáků. Pokud se ale vysadí vhodné druhy stromů, tak se může hluk z okolí zredukovat až o 50 % (Tree by tree 2011).
- 6) **Zmírnění tepelného ostrova** – Stromy a keře dokážou snížit teplotu v nejteplejších částech dne o 2 až 4 °C (Tree by tree 2011). Stromy vytvářejí stín, který brání v rozpalování umělých povrchů a také způsobují vyšší evapotranspiraci, která ochlazuje vzduch. Evapotranspirace je sice nepřímý efekt (není viditelný), ale je důležitější než samotný stín. Se zvyšujícím se počtem stromů ve městě roste i evapotranspirace a dochází ke zmírnění tepelného efektu města. I díky městské zeleni (vliv na snížení teploty má celá řada faktorů) dokáže teplota ve městech přes noc klesnout až o 15 °C (Tree by tree 2011).

3.5.5 Městská zeleň v Neratovicích a okolí měřených stanovišť

Celková rozloha katastrálního území Neratovic činí 3 290 231 m². Z toho je 303 436 m² uvedeno jako zeleň (9,2 %) (ČÚZK 2020). Z této plochy zeleně je 13 343 m² uvedeno jako vegetační linie (živé ploty, stromořadí), 3 803 m² jako vegetační bod (volně rostoucí stromy a keře, které nejsou součástí skupiny stromů nebo keřů). Zbytek území zeleně patří do vegetačních ploch (zapojené a rozvolněné skupiny keřů a stromů, travnaté porosty aj. (Šimek 2015).

V porovnání s městy v okolí jsou Neratovice celkem výrazně pokryty městskou zelení. Např. Brandýs nad Labem má pouze 2,9 % zeleně, Mělník 1,6 %, Kralupy nad Vltavou 0,6 % a Čelákovice 3,4 %. Pro porovnání krajské město Zlín má 12,9 % plochy KN pokryto zelení (Katastr 2020).

Nejčastěji se vyskytující dřevinou v okolí stanovišť je borovice černá (*Pinus nigra*). Ostatní dřeviny jsou u stanovišť zastoupeny v menším množství a jsou jimi: javor klen (*Acer pseudoplatanus*), javor mléč (*Acer platanoides*), smrk omorika (*Picea omorika*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), ořešák královský (*Juglans regia*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), javor jasanolistý (*Negundo aceroides*) a ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*) (uvedeno na základě vlastního průzkumu)

Borovice černá (*Pinus nigra*): Významný druh dřeviny v zahradnictví. Strom dorůstající výšky okolo 20–30 m. Korunu má v mládí poměrně hustou, takže zastíňuje velkou část plochy. Ve stáří koruna řídne. Pro borovici je ideální půda s vyšším obsahem vápníku, ale na úrodnost, hloubku a vlhkost má jen malé nároky. Je odolná vůči znečištění ovzduší, snáší dobře kouř a prach, a proto se vysazuje do měst (Veľbil 2008).

Javor klen (*Acer pseudoplatanus*): Strom dorůstající výšky i přes 30 m s mohutným kmenem. Primárně roste na humózních půdách v suťových lesích, na svazích a druhotně byl vysazován v obcích jako alejový strom. Odolává silnému větru a mrazu (Krása 2007).

Javor mléč (*Acer platanoides*): Javor mléč snáší polostín, ale vyžaduje bohaté a čerstvě vlhké půdy. Je to velice často používaný druh ve veřejné zeleni, parcích či zahradách. Existují četné kultivary, které se liší vzrůstem, barvou a stavbou listů. Dospělý strom může mít výšku přes 30 m. Jeho koruna je velmi hustá, a tak poskytuje výrazné zastínění (Rak 2007a).

Smrk omorika (*Picea omorika*): Omorika je mohutný jehličnan, který dorůstá výšky od 35 až po 50 m na vhodných stanovištích. Dokáže se přizpůsobit mnoha stanovištím, ale jeho kořeny jsou jako u smrku ztepilého kruhovitě. To znamená, že se může snadno vyvrátit. Je odolný vůči časným i pozdním mrazům a je také tolerantní ke znečištěnému ovzduší měst. Velmi často se proto vysazuje jako dekorativní parková dřevina. V zahradnické praxi evropských a severoamerických firem je po smrku pichlavém druhým nejpoužívanějším jehličnanem v městských výsadbách (Úradníček 2012).

Bříza bělokorá (*Betula pendula*): Bříza dorůstá až do výšky 25 m. Má mělký kořenový systém, ale daleko sahající. Je to náletová dřevina, která osidluje jako první extrémní

stanoviště. Vyžaduje hodně světla a dokáže růst na většině stanovišť (Musil a Möllerová 2005).

Ořešák královský (*Juglans regia*): Ořešák dorůstá průměrné výšky okolo 20 m. V ČR je významnou ovocnou dřevinou pěstovanou především pro vlašské ořechy a velmi kvalitní a cenné dřevo. V parcích se spíše pěstuje ořešák japonský, a tak ořešák královský nemá příliš velký význam pro městské klima (Musil a Möllerová 2005).

Lípa srdčitá (*Tilia cordata*): U lípy se velikost stromů výrazně liší podle věku. Lípa má velmi mohutnou korunu, která zastiňuje velkou plochu. Lípy jsou vysazovány na návsi, ke křížkům, kapličkám, kostelům, s oblibou i do alejí. Lípa byla vysazována u vesnických studní, v tomto případě byla stromem ochraňujícím vodu jako životadárnou tekutinu. V městské zeleni se lípa dobře uplatňuje pro velkou odolnost. Citlivá je však na zasolení (Lípa 2020).

Ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*): Snadno upravovatelný keř, který velmi dobře snáší seřezávání. Je nenáročný na druhy půdy, roste poměrně rychle (30 až 50 cm za rok), stálezelený keř (v případě tuhé zimy může opadat). Živé ploty z ptačího zobu jsou téměř v každém městě a v parcích. Je velmi hustý, a tak chrání výborně před hlukem a snižuje prašnost. Je odolný vůči znečištěnému ovzduší. Pokud se nechá růst, může poskytovat příjemné zastínění pozemku (Ptačí zob 2020).

Jalovec chvojka (*Juniperus sabina*): Jalovec je keř, který roste především do šířky. Jeho maximální výška je obvykle okolo 2 m. Potřebuje dost světla, ale na stanoviště je nenáročný. V ČR se často vysazuje v parcích a městech jako okrasný půdopokryvný jehličnan (Musil a Möllerová 2005).

Javor jasanolistý (*Negundo aceroides*): Strom dorůstající výšky okolo 15 m. Jeho původ je v Severní Americe (USA i Kanada). U nás je považován za invazivní druh. I přesto se v ČR pěstuje v několika kultivarech v parcích, stromořadích či ve velkých zahradách. Dále se využívá jako větrolam nebo jako silniční zeleň. Velice často zplahuje do svého okolí ve městě, i volné přírodě (především u břehů řek). Je nenáročný jak na půdu, tak i na stanoviště. Tento druh javoru je krátkověká, ale rychle rostoucí dřevina (Rak 2007b).

3.5.6 Výběr ideálního stromu pro výsadbu v urbanizovaném prostoru

Na volně přístupných místech vysazujeme druhy vhodné do města. Tedy takové, které nejsou alergenní, ani jedovaté, ale zároveň takové, které jsou odolné vůči znečištění a suchu. Vzhledem ke zvyšujícímu se suchu v posledních letech jsou to zpravidla odolné suchomilné stromy. Pokud je na výsadbu dostatek prostoru, doporučují se spíše dřeviny s větší korunou. Při výsadbách v intravilánech měst je nutné zohledňovat především schopnost druhu na daném stanovišti přežít a optimálně plnit svoje funkce. Přestože by mělo být vždy snahou vycházet ze znalosti stanovištně původních druhů pro dané místo, použití geograficky nepůvodních druhů a kultivarů je častou praxí a někdy i nezbytností. Vždy je nutné se vyvarovat stromů potenciálně invazivních (SB 2020).

Pejchal (2001) uvádí jako nejvhodnější stromy do měst lísku tureckou (*Corylus colurna*) a jinan dvoulaločný (*Ginkgo biloba*). Jako vhodné stromy, které mají jen malé omezení, uvádí například některé druhy javorů, břestovec západní (*Celtis occidentalis*), některé druhy hlohů, jasany, dřežovec trojtrnný (*Gleditzia triacanthos*) a platan javorolistý (*Platanus x hispanica*). Silně nevhodné druhy do městského prostředí jsou: javor stříbrný (*Acer saccharinum*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), olše šedá (*Alnus incana*) a buk lesní (*Fagus sylvatica*).

Nejvhodnější stromy

Líska turecká (*Corylus colurna*): Opadavý listnatý strom dorůstající výšky okolo 20 m s kuželovitou korunou. Na naše území byla dovezena v 60. letech 19. století jako okrasná dřevina. Je často vysazována v parcích a stromořadích. Jedná se o pomalu rostoucí strom, který je tolerantní k městskému prostředí (Květena ČR 2011).

Jinan dvoulaločný (*Ginkgo biloba*): Jinany patří mezi nejstarší rostliny na světě. Vyznačuje se velkou odolností vůči klimatickým změnám, přírodním živlům a jsou prokázány i jinany, které přežily výbuchy atomových bomb. Strom je veliký okolo třiceti metrů a roste pomalu (méně než 30 cm ročně). Dobře zakořeněné rostliny jsou odolné proti suchu a zvládají i městský znečištěný vzduch. Snášejí také půdu upěchovanou a chudou na živiny, další důvod k výsadbě v ulicích. Tyto stromy jsou buď samčí nebo samičí, ale jen samčí rostliny jsou vhodné do ulic a blízkosti domů, protože plody samičích stromů mohou nepříjemně zapáchat (Svoboda 2020).

Vhodné stromy s menším omezením

Javor (*Acer L.*): Javory dorůstají výšky až okolo 40 m. Většina z nich má velké listy, které poskytují dobré zastínění. Jsou odolné vůči mrazu a suchu a většina z nich je celkově nenáročná na stanoviště. Existuje asi 150 druhů javorů, které se vyskytují převážně na severní polokouli (LDO 2020).

Břestovec západní (*Celtis occidentalis*): Břestovec západní je strom vysoký v Evropě až 20 m, v USA až 40 m. Břestovce jsou dřeviny s opadavými (v mírném pásmu) nebo stálezelenými listy (v tropech). Je to vhodný alejový strom, který vyžaduje propustnou půdu a slunce. Jinak je ekologicky nenáročný (Atlas roslin 2020).

Hloh (*Crataegus*): Hlohy jsou keře nebo stromy, které dorůstají výšky dvou metrů. Vyskytují se většinou na horských stanovištích, kde mají dostatečné množství srážek. Mohou se vyskytovat i v sušších oblastech, ale jen u vodních toků. Hlohy jsou závislé na půdní vlhkosti. Jsou často součástí důležitých složek některých ekosystémů, kde fungují jako přístřeší pro zvířata, hnízdiště, zdroj potravy a zdroj nektaru a pylu (Phipps 2020).

Jasan (*Fraxinus L.*): Jasany se vyskytují běžně po celé Evropě a jsou cennými stromy kvůli ekologickým vlastnostem a kvalitnímu dřevu. Rostou na různých stanovištích s výjimkou kyselých půd. Jasany rostou spíše na půdách s vyšší vlhkostí. Dokáží přežít i záplavy, ale nepřežijí dlouhodobé zatopení. Jasany jsou citlivé na silné zimní mrazy klesající pod -15°C . Vysazují se v různých kultivarech jako okrasné a parkové dřeviny (Dobrowolska 2011).

Dřezovec trojtrnný (*Gleditzia triacanthos*): Strom s řídkou korunou, který dorůstá výšky okolo 20 až 30 m. Má velké trojdílné trny velké okolo 5 až 10 cm. Pochází ze Severní Ameriky a do Evropy se dostal okolo roku 1700. V ČR je jeho první výskyt potvrzen v roce 1776 z botanické zahrady na Smíchově. Je nenáročný na stanoviště, je pouze mírně světlomilný. Velmi dobře snáší zasolení a suchu, proto se dost často vysazuje ve městech nebo parcích a ojedinele i do alejí. Často se objevuje i jeho forma *inermis*, která má větve bez trnů (Dorušková 2008).

Platan javorolistý (*Platanus x hispanica*): Platan dorůstá až do výšky 45 m a dožívá se až několik set let. Listy jsou podobné javorovým listům, ale jsou výrazně silnější. Přes zimu listy opadají. V Londýně byl platan vysazen již v 17. století. Je odolný

k znečištěnému městskému ovzduší a stal se oblíbeným parkovým a alejovým stromem (Kováříková 2019, Beatty 2011).

Silně nevhodné stromy

Javor stříbrný (*Acer saccharinum*): Tento druh javoru dorůstá výšky okolo 15 až 25 m. Má velmi malebnou korunu. V kultuře se pěstuje od roku 1725, zvláště v parcích a velkých zahradách, méně často je využíván jako lesní dřevina. Někde byl vysazován jako alejový strom, do uličních stromořadí je však příliš široký. Na jaře má vysoký obsah cukru. Do urbanizovaného prostředí se nehodí z několika důvodů. Má velký nárok na prostor, není odolný proti větru, v půdách s vysokým obsahem vápníku může trpět chlorózou. Dále je citlivý na zasolení a jeho kořeny mohou poškodit podpovrchové konstrukce (Anonymous 2006).

Olše lepkavá (*Alnus glutinosa*): Keř nebo strom dorůstající maximální výšky 35 m. Vyskytuje se u břehů řek a potoků, na mokřadech, vlhkých půdách se stálou hladinou podzemní vody a na prameništích. Z těchto ekologických nároků se nemůže olše lepkavá běžně vysazovat do měst (Pýcha 2010).

Olše šedá (*Alnus incana*): Keř nebo strom vysoký okolo 20 m s hustou korunou a přímým kmenem. Roste po celé Evropě a v ČR se vyskytuje především v horských a podhorských oblastech. Pro svůj růst vyžaduje dobře provzdušenou půdu a nesnáší stojaté vody (Pýcha 2010).

Buk lesní (*Fagus sylvatica*): Buk je mohutný, listnatý, opadavý strom, který dorůstá výšky okolo 40 m. Má rovný kmen s košatou korunou a listy, které jsou jednoduché a lesklé. Roste především na severní polokouli. Buk je dřevina snášející i silný zástin a má střední nároky na obsah vody v půdě. Nemá zvláštní nároky na typ podloží, ale je citlivý na pozdní mrazy. Využívá se jako hospodářská dřevina (Zemanová 2008, NP Podyjí 2020)

4. Metodika

Před samotným sběrem dat v Neratovicích jsem po konzultaci s vedoucím bakalářské práce a konzultantem nejprve vybral celkem osm odlišných a zajímavých míst ve městě pro měření meteorologických prvků. Stanoviště jsem nevybíral daleko od sebe, abych na každém mohl v intervalu dvou hodin provést sběr dat a začínal nový okruh měření vždy na stejném stanovišti.

Výběr dnů na získávání dat probíhal operativně po konzultacích s vedoucím práce a konzultantem. Snaha byla především o výběr teplých dnů bez hrožících letních bouřek, které by mohly měření ovlivnit. Celkově jsem v období od 27. 6. 2019 do konce srpna 2019 posbíral data z devíti dnů.

Samotný sběr dat probíhal s meteorologickým přístrojem Kestrel 5400. Na každém stanovišti jsem nechal přístroj na stativu ve výšce 1,5 metru jednu minutu aklimatizovat a následných šest minut zaznamenával přístroj data meteorologických prvků. Kestrel zaznamenával a ukládal data každých pět vteřin, takže z jednoho stanoviště v šestiminutovém intervalu bylo k dispozici okolo sedmdesáti záznamů. Při přesunu na jiné stanoviště byl Kestrel vypnutý, aby nezaznamenával nepotřebná data a proces se opakoval na každém stanovišti. Celkem jsem za jeden den byl na každém stanovišti pětkrát. Okruhy jsem začínal v každou celou sudou hodinu LSEČ, tj. 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 a 16:00.

Dále jsem na každém stanovišti ručně na papír zapisoval čas zahájení měření, pokrytí oblohy oblačností, druh oblačnosti a počet osob v okolí přístroje během měření.

Na konci každého měřeného dne jsem data přes speciální aplikaci exportoval do počítače, kde se vytvořil přehledný soubor se všemi záznamy z daného dne.

Při analýze dat jsem jako první u každého dne a každého stanoviště zprůměroval interval měření tak, abych měl celkem 40 záznamů každé veličiny v jeden den a pět záznamů u každého stanoviště. Z důvodu rozsahu mé práce jsem k analýze vybral pouze tři proměnné (teplota vzduchu, heat index a relativní vlhkost). Přístroj jich ovšem zaznamenával více.

Následně jsem rozdělil dny podle celkové průměrné teploty a heat indexu na teplejší a chladnější. Rozdělení jsem provedl na základě hranice pro letní den, tj. 25 °C např. Pešková (2019). Teplé dny měly průměrnou teplotu vzduchu v intervalu měření nad 26 °C a chladné pod 25 °C (více v kapitole 5). Z takto rozdělených dat jsem poté vytvořil spojnicové grafy, kde jsem porovnával rozdíly meteorologických veličin na jednotlivých stanovištích.

4.1. Popis přístroje

K získání potřebných dat jsem použil přístroj Kestrel z řady 5000 a to konkrétně Kestrel 5400. Tento přístroj je navržen tak, aby poskytoval přesná měření aktuálních

podmínek. Podmínky se mohou pochopitelně výrazně lišit v závislosti na poloze a prostředí. Proto se u přístroje doporučuje vyčkat na ustálení podmínek. V praxi je toto ošetřeno čekáním na kalibraci přístroje (více v kapitole 4 – Metodika).

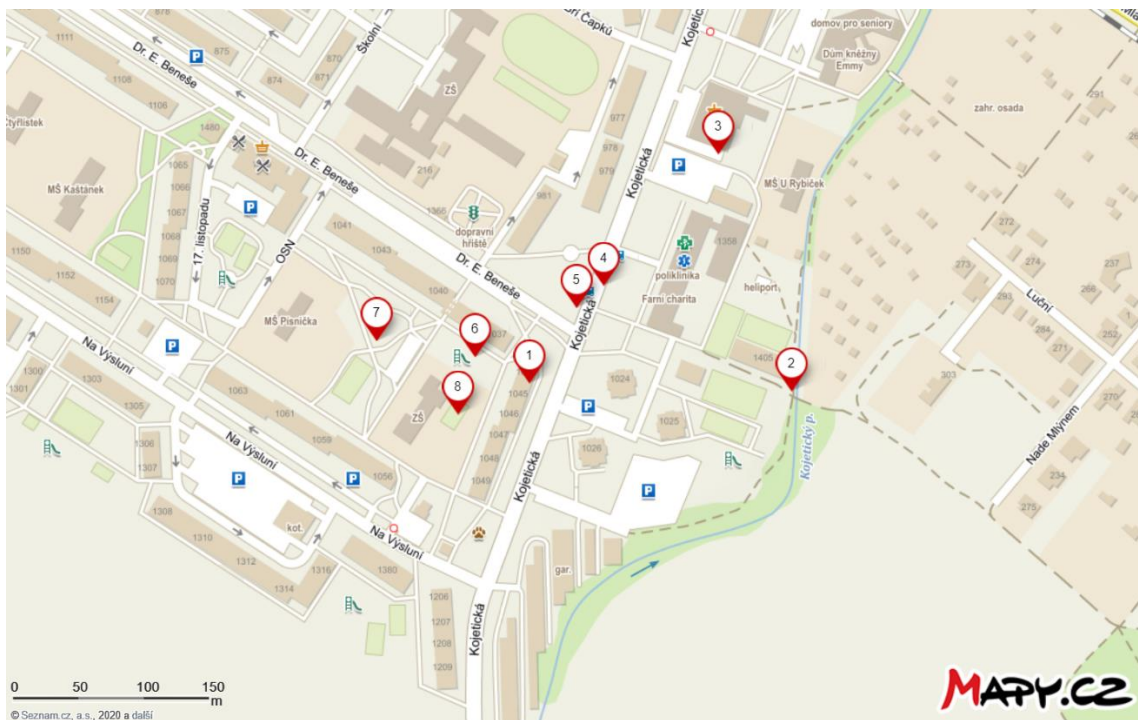
Kestrel 5400 lze využít k měření široké škály meteorologických prvků. Přístroj zaznamenává údaje o: teplotě vzduchu, teplotě rosného bodu, teplotě kulového teploměru, tlaku vzduchu a rychlosti větru, z kterých automaticky vypočítává hodnoty relativní vlhkosti, teploty vlhkého teploměru a výše popsaných indexů – WC, HI a WBGT. Kestrel lze připojit k jinému elektronickému zařízení a za pomoci speciální aplikace lze jednoduše přenést naměřená data do excelovského souboru.

Samotný hardware je velmi jednoduchý. Z přední strany je vyměnitelná vrtulka, senzor teploty, displej, tlačítka na zachycení hodnot a podsvícení, výběrové tlačítko a tlačítka pro zapnutí/vypnutí a pohyb v menu přístroje. Na zadní straně je kryt vrtulky, výrobní číslo, senzor tlaku a vlhkosti, baterie s krytem, port pro přenos dat a prostor pro připojení řemínku.

Použitý přístroj byl dále vybaven přídatnou větrnou korouhvičkou pro přesnější určování směru a rychlosti větru. Přístroj je vyroben v USA (Návod 2020).

4.2. Stanoviště

Stanovišť bylo celkem osm a každé mělo své specifické vlastnosti a povrchy. Grafické zobrazení rozmístění stanovišť je na obr. 2.



Obrázek 2: Mapa stanovišť, kde probíhalo měření.

Zdroj: mapy.cz (2020)

1) Prostor před vchodem do panelového domu

Běžný městský prostor, který se nachází na každém sídlišti. Přístroj na stativu jsem položil na dlažební kostky nedaleko od trávníku a lavičky. Od schodů do panelového domu byl přístroj vzdálený asi pět metrů. Vliv zeleně by měl být minimální. Nejbližší pás ptačího zobu (*Ligustrum vulgare*) byl cca 10 m od přístroje.



Obrázek 3: Stanoviště číslo 1: Vchod u panelového domu.

2) Stanoviště u Kojetického potoka

Kojetický potok se nachází nejdál od zbývajících stanovišť. Přístroj jsem umisťoval kousek od využívané kovové lávky přes potok, kde se nachází několik javorů, jedna třešeň a menší nespécifikované keře. V okolí dvaceti metrů není žádná budova, ale jen městská zeleň s úzkým betonovým chodníkem.



Obrázek 4: Stanoviště číslo 2: Kojetický potok.

3) Parkoviště a prostor okolo supermarketu BILLA

Tento prostor jsem zvolil především kvůli minimálnímu zastoupení zeleně a kompletně zastavěné ploše. Příklad jsem pokládal na betonovou plochu u stěny supermarketu. V okolí přístroje se nacházela jak betonová stěna obchodu, tak parkovací místa z dlažebních kostek a asfaltová silnice. Nejbližší zeleň (*Ligustrum vulgare*) byla od přístroje vzdálená minimálně 20 m.



Obrázek 5: Stanoviště číslo 3: Parkoviště u supermarketu BILLA.

4) Nezasťínená výstupní zastávka Kojetická

Stanoviště číslo čtyři souvisí se stanovištěm číslo pět. Tuto zastávku jsem si vybral především z důvodu velkého množství lidí, kteří zde vystupují při příjezdu z Prahy. Zastávka je pouze zastřešená plastovým materiálem. Přístroj jsem pokládal na trávnik u zastávky a kromě trávy se v okolí nenacházelo nic neobvyklého.



Obrázek 6: Stanoviště číslo 4: Nezasťínená zastávka na Kojetické.

5) Zastíněná nástupní zastávka Kojetická

Zastávka je na opačné straně silnice, kde je několik stromů, které zakrývají celou stranu ulice. Na lidi a okolí svítí slunce pouze v dopoledních hodinách. Krátce po poledni je zastávka i okolí ve stínu. Přístroj jsem umisťoval vedle zastávky (označeno červenou hvězdou), kde čeká velké množství lidí. Přístroj byl po většinu času ve stínu i v dopoledních hodinách. V okolí se nacházel jalovec chvojka (*Juniperus sabina*), trávník a několik stromů, mezi nimi i javor jasanolistý (*Negundo aceroides*).



Obrázek 7: Zastíněná zastávka na Kojetické

6) Dětské hřiště s kačírkiem

Stanoviště jsem si vybral především kvůli specifickému povrchu a také intenzivnímu využívání tohoto hřiště. Dětské hřiště se nachází mezi panelovými domy a jeho základním povrchem je kačírka a jemný štěrk. Přes léto je toto hřiště často využívané, ale kromě jedné lípy srdčité (*Tilia cordata*) zde absentuje jakákoliv zeleň. Přístroj jsem umístoval k plotu hřiště kousek od zmíněného stromu.



Obrázek 8: Stanoviště číslo 6: Dětské hřiště s kačírkiem.

7) Otevřený prostor mezi panelovými domy

Jeden z mála volných prostorů v Neratovicích, kde není překážka v podobě stromu nebo budovy. Přístroj jsem umístoval na trávník kousek od betonového hřiště. V okolí nebyla žádná překážka, a tak se na tomto stanovišti mohla velmi dobře zaznamenávat rychlost větru.



Obrázek 9: Stanoviště číslo 7: Otevřený prostor mezi panelovými domy.

8) Hřiště na základní škole s umělým povrchem

Závěrečné stanoviště, které jsem si vybral především z důvodu umělého povrchu. Oproti stanovišti číslo šest se zde jako hlavní povrch používá zelená umělá tráva se zbytky křemičitého písku po zásypu. V okolí je dost keřů, borovic, bříz a dalších stromů, které část hřiště zastíňují. Při měření byly děti na hřišti pouze jednou. Zbytek měření proběhl v uzavřeném areálu. Vliv lidí tedy nebyl žádný.



Obrázek 10: Stanoviště číslo 8: Hřiště na základní škole s umělým povrchem.

5. Výsledky

Tabulka 2 zobrazuje průměrné hodnoty proměnných v jednotlivých dnech měření. Z hodnot průměrné teploty a o průměrného heat indexu jsem rozdělil dny na chladnější a teplejší. Den 14. 8. 2019 jsem ze zpracování výsledků vynechal, protože bylo měření několikrát přerušeno z důvodu deště. I proto jsou průměrné hodnoty prvních dvou proměnných dne 14. 8. (teplota, heat index) velmi nízké. Nejteplejší den byl podle průměrné teploty 27. červen 2019. I když byla 27. června nejvyšší průměrná teplota, tak nejvyšší tepelnou zátěž měl 28. srpen 2019. Nejchladnějším dnem mimo nepoužité měření (14. 8.) byl 15. srpen.

Tabulka 2: Průměrné hodnoty proměnných v jednotlivých dnech měření. Teplejší dny jsou označeny oranžovou barvou, chladnější dny modrou. Červená barva ukazuje den, kdy bylo měření několikrát přerušeno z důvodu deště.

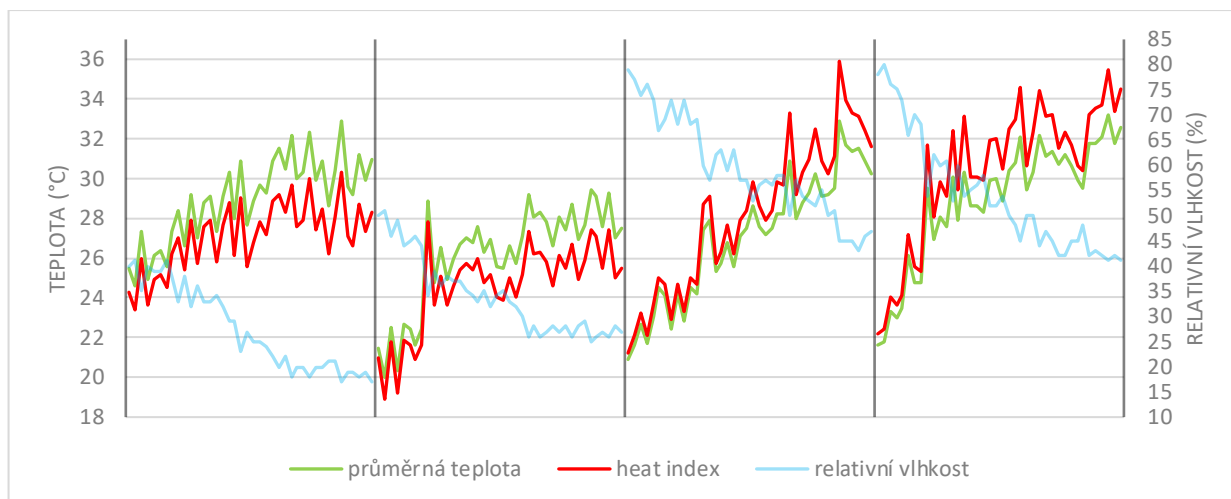
Datумы měřených dnů	Průměrná teplota (°C)	Heat Index (°C)	Relativní vlhkost (%)	Rychlost větru (m/s)	Oblačnost (v osminách)
27. 6. 2019	29.0	27.1	28	1.2	0
28. 6. 2019	24.6	23.4	41	0.8	2
2. 7. 2019	26.1	24.6	34	1.0	1
4. 7. 2019	23.8	21.9	32	0.7	1
5. 7. 2019	23.8	22.1	34	0.9	6
14. 8. 2019	20.9	19.7	48	0.6	4
15. 8. 2019	22.0	21.4	54	0.6	4
27. 8. 2019	27.0	28.1	59	0.8	4
28. 8. 2019	28.9	30.4	54	0.5	5

5.1. Porovnání teplejších a chladnějších dnů

Následující dva obrázky (obr. 11 a 12) ukazují všechny tři vybrané proměnné z měření. Jsou rozděleny po čtyřech dnech dle tabulky 2 na teplejší a chladnější.

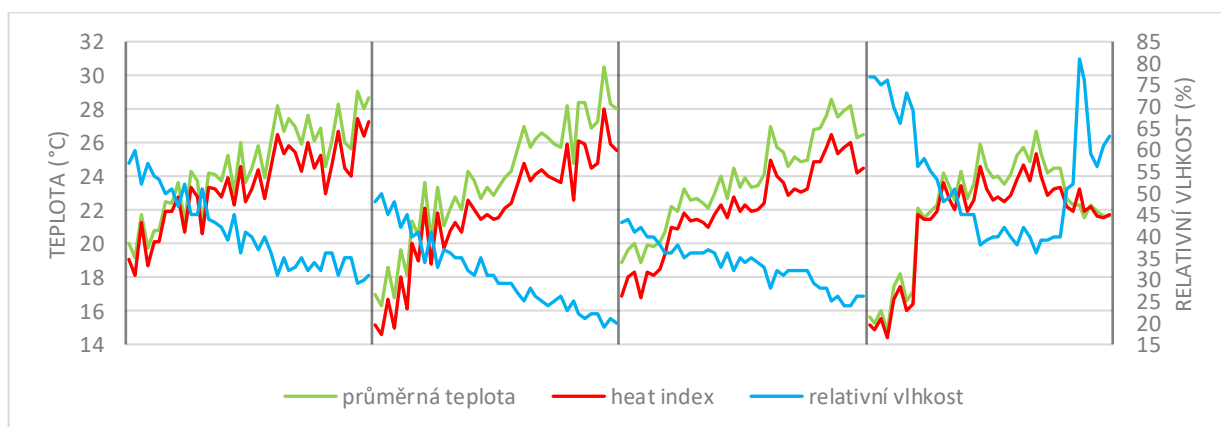
Na obr. 11 jsou postupně zobrazeny následující dny: 27. 6., 2. 7., 27. a 28. 8. Všechny dny mají do určité míry podobný průběh všech tří proměnných. V ranních a dopoledních hodinách je relativní vlhkost vzduchu vysoká a teplota vzduchu s tepelnou zátěží se postupně zvyšují. Významný rozdíl je mezi prvními dvěma dny (dále jako A) a třetím a čtvrtým (dále jako B). Dny B mají tepelnou zátěž výrazně větší než dny A, jak naznačují hodnoty heat indexu. Ty jsou ve dnech B zejména v odpoledních hodinách vyšší než teplota vzduchu. Tato změna je způsobena

charakterem počasí a souvisí s mnohem větší vlhkostí vzduchu a oblačností. Zatímco u dnů A bylo jasno až skoro jasno, tak u dnů B bylo převážně polojasno až oblačno. Průměrná oblačnost ve dnech A byla 1/8, naopak u dnů B byla průměrně okolo 4/8. Tento charakter počasí, kdy teplota dosahuje vysokých hodnot a obloha je z větší části pokryta oblačností, se dá pocítit jako typické letní dusno.



Obrázek 11: Průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti ve 4 teplejších dnech na všech stanovištích od 8:00 do 17:10. Svislé černé čáry oddělují jednotlivé dny v následujícím pořadí: 27. 6., 2. 7., 27. 8. a 28. 8.

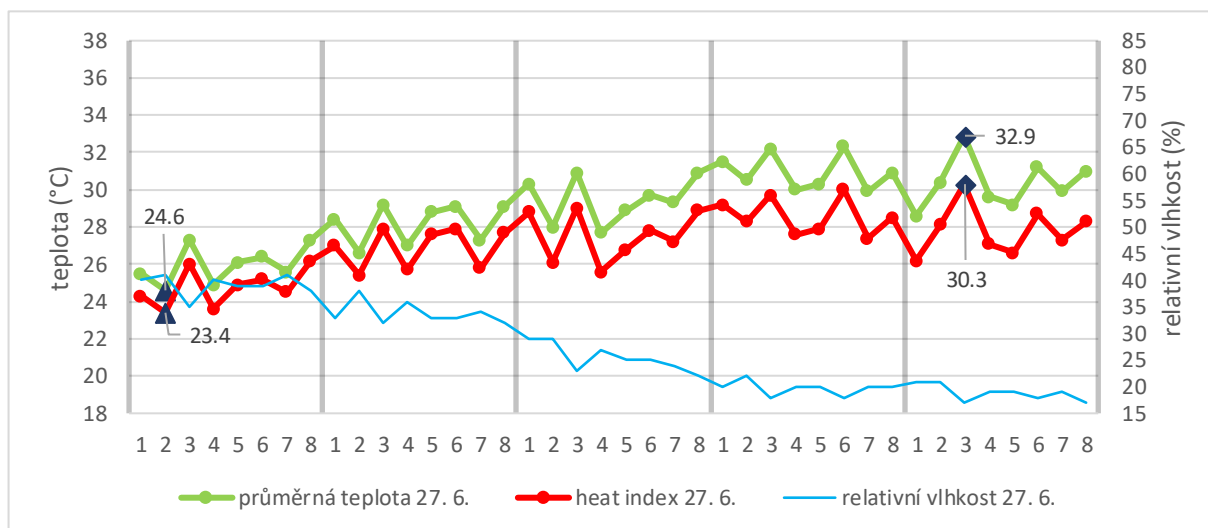
Na obr. 12 jsou postupně zobrazeny následující dny: 28. 6., 4. a 5. 7. a 15. 8. Všechny tři proměnné mají do určité míry podobný vývoj kromě relativní vlhkosti dne 15. 8. Důležitý je vývoj teploty a tepelné zátěže. I když se v jednotlivých dnech liší charakter počasí, tak při nízkých teplotách nepřesahuje heat index teplotu vzduchu. Anomálie vlhkosti vzduchu dne 15. 8. je způsobena nárůstem oblačnosti a následným mrholením v průběhu posledního okruhu měření.



Obrázek 12: Průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti ve čtyřech chladnějších dnech na všech stanovištích od 8:00 do 17:10. Svislé černé čáry rozdělují jednotlivé dny v následujícím pořadí 28. 6., 4. 7., 5. 7. a 15. 8.

Na následujících čtyřech obrázcích (obr. 13 až obr. 16) jsou porovnány tři vybrané proměnné ve dvou teplejších dnech a ve dvou chladnějším. Vždy jsou srovnávány dny s odlišnou oblačností. U každého obrázku je měření na stanovišti číslo 1 (vchod u panelového domu) v 16:00 výrazně ovlivněno zastíněním. Po celý den bylo stanoviště na slunci, avšak poslední záznam pochází ze zastíněného měření.

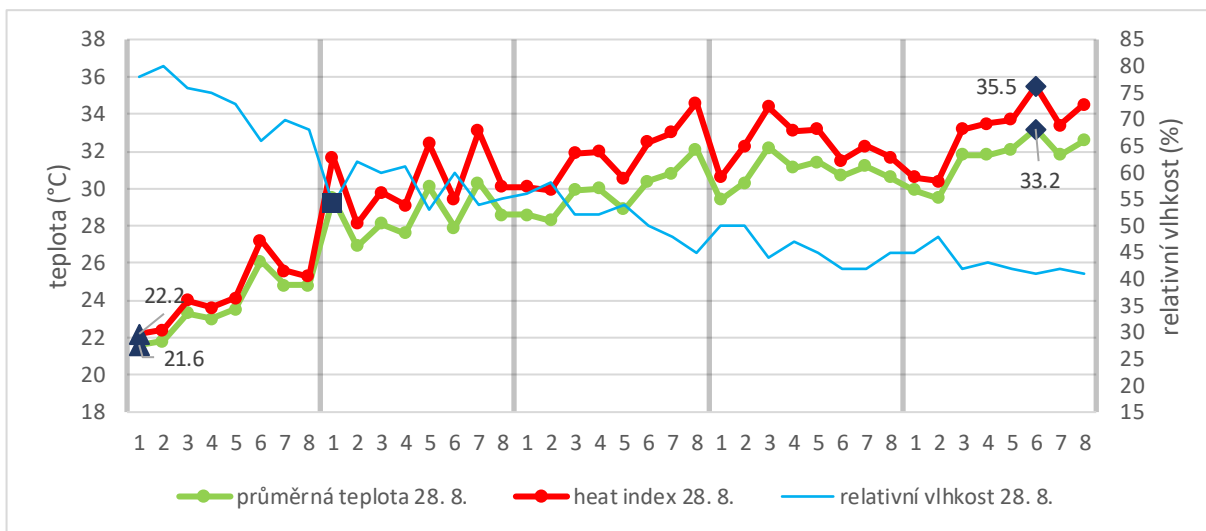
Na obr. 13 je zobrazen 27. červen, který byl nejteplejším dnem celého měření a po celý den bylo jasno nebo skoro jasno. Nejnižší naměřená teplota (24,6 °C) a nejnižší heat index (23,4 °C) byl okolo 8:10 LSEČ na stanovišti číslo 2 (Kojetický potok). Naopak nejvyšší denní teplota (32,9 °C) a nejvyšší heat index (30,3 °C) byly naměřeny v odpoledních hodinách na stanovišti číslo 3 (parkoviště a prostor okolo supermarketu BILLA). Relativní vlhkost vzduchu byla nízká (viz zelená čára). Téměř žádná oblačnost a nízká relativní vlhkost vysvětlují relativně nízkou míru tepelné zátěže, i když teplota byla vysoká. Právý opak je zobrazen na obr. 14.



Obrázek 13: Průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti v nejteplejším dnu (27. 6.) dle průměrné teploty. Hodnoty 1–8 na ose x označují čísla stanovišť. Svislé šedé čáry oddělují jednotlivé okruhy měření. První okruh je od 8:00 do 9:10, druhý od 10:00 do 11:10, třetí od 12:00 do 13:10, čtvrtý od 14:00 do 15:10 a pátý od 16:00 do 17:10. Tmavě modré trojúhelníky zobrazují nejnižší naměřené hodnoty proměnných a tmavě modré kosočtverce nejvyšší.

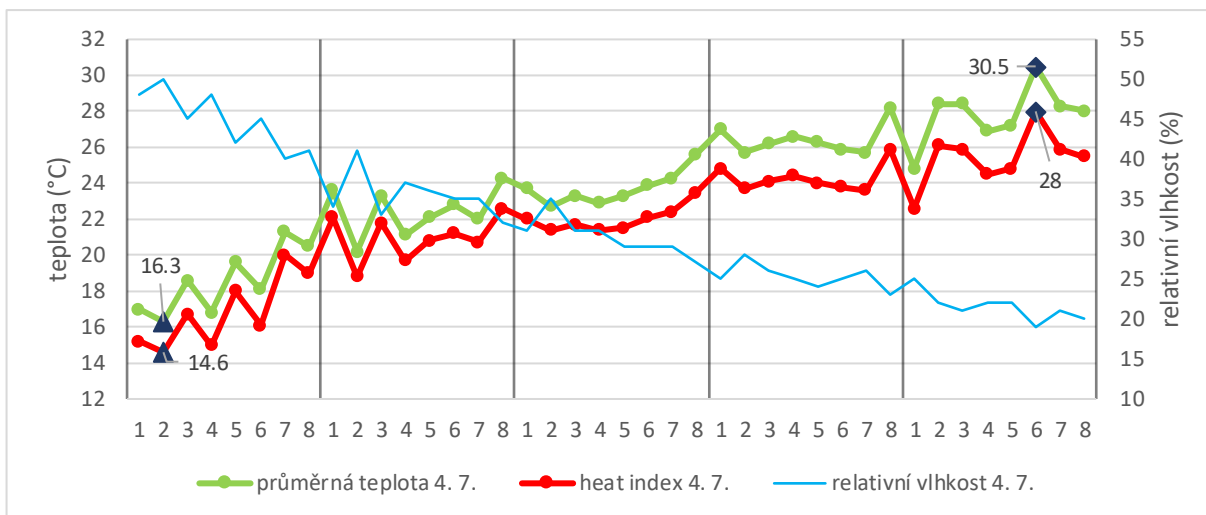
Na obr. 14 je zobrazen 28. srpen, kdy byl naměřen nejvyšší heat index ze všech dnů. Nejnižší naměřené hodnoty teploty (21,6 °C) a heat indexu (22,2 °C) byly naměřeny na stanovišti číslo 1 (vchod u panelového domu) v 8:00. Nejvyšší naměřená teplota (33,2 °C) a nejvyšší heat index (35,5 °C) byly naměřeny na stanovišti číslo 6 (dětské hřiště s kačírkem) okolo páté hodiny odpolední. Charakter počasí 28. 8. byl výrazně odlišný oproti počasí dne 27. 6. Hodnoty relativní vlhkosti v průběhu dne z velmi

vysokých hodnot postupně klesaly, ale zůstaly poměrně vysoké po celý den. V ranních hodinách bylo jasno a vlhkost dosahovala hodnot okolo 75 %. Od desáté hodiny se začalo zatahovat (označeno tmavě modrým čtvercem) a to zřejmě mělo vliv na všechny tři zobrazované proměnné. Relativní vlhkost s postupem oblačnosti oproti ranním hodnotám výrazněji klesla. Naopak tepelná zátěž se dostala výrazně nad hodnoty průměrné teploty. Nejvyšší rozdíly mezi teplotou a heat indexem, které byly okolo 3 °C, nastaly v 10:30.



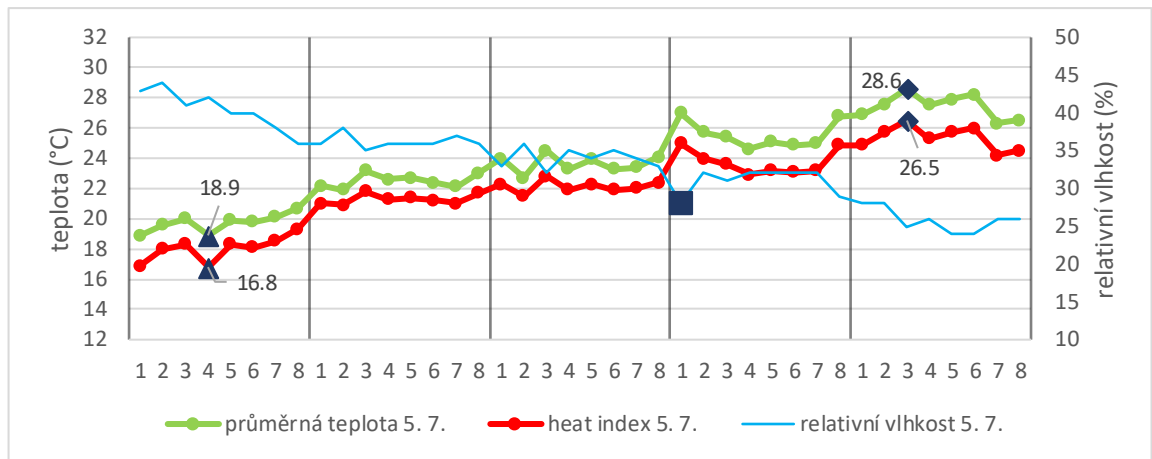
Obrázek 14: Průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti ve dni (28. 8.) s nejvyšší tepelnou zátěží. Rozdělení obrázku je stejné jako na obr. 13. Tmavě modré trojúhelníky zobrazují nejnižší naměřené hodnoty proměnných, tmavě modré kosočtverce nejvyšší.

Obr. 15 zobrazuje průměrné hodnoty tří proměnných ze dne 4. 7. 2019. Nejnižší teplota vzduchu (16,3 °C) i heat index (14,6 °C) byly naměřeny na stanovišti číslo 2 (Kojetický potok, označeno tmavě modrými trojúhelníky) v 8:10, nejvyšší teplota (30,5 °C) a heat index (28 °C) byly naměřeny okolo páté hodiny odpolední na stanovišti číslo 6 (dětské hřiště s kačírkem, označeno tmavě modrými kosočtverci). 4. červenec byl jeden z chladnějších měřených dnů přes léto 2019. Po celý den bylo jasno nebo skoro jasno. V ranních hodinách byla vyšší vlhkost, která po zvolna v průběhu dne klesala. Průměrná teplota byla celý den vyšší než heat index, a to s rozdíly okolo 2 °C.



Obrázek 15: Průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti v chladnějším dnu 4. 7. Rozdělení obrázku je stejné jako na obr. 13. Tmavě modré trojúhelníky zobrazují nejnižší naměřené hodnoty proměnných a tmavě modré kosočtverce nejvyšší.

Na obr. 16 je zobrazen průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti ze dne 5. 7. 2019, který patří do skupiny chladnějších dní. Nejnižší hodnoty teploty (18,9 °C) a heat indexu (16,8 °C) byly okolo 9:40 na stanovišti číslo 4 (zastávka na slunci, označeno tmavě modrými trojúhelníky). Nejvyšší naměřené hodnoty teploty (28,6 °C) a heat indexu (26,5 °C) byly okolo 16:30 na stanovišti číslo 3 (parkoviště a prostor supermarketu BILLA, označeno tmavě modrými kosočtverci). Oproti 4. 7. byla průměrná oblačnost dne 5. 7. 6/8. Od ranních hodin bylo zataženo a postupem času se začalo vyjasňovat. Relativní vlhkost od rána průběžně klesala a největší pokles relativní vlhkosti nastal okolo 14:00. Oblačnost se v tu dobu začala výrazně protrhávat (označeno tmavě modrým čtvercem). Rozdíly hodnot mezi teplotou a heat indexem se jako u dne 4. 7. pohybovaly okolo 2 °C.



Obrázek 16: Průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti v chladnějším dnu 5. 7. Rozdělení obrázku je stejné jako na obr. 13. Tmavě modré trojúhelníky zobrazují nejnižší naměřené hodnoty proměnných a tmavě modré kosočtverce nejvyšší.

Ve dnech 4. 7. a 5. 7. (obr. 15 a 16) byl podobný průběh vlhkosti, ale oba dny měly odlišné pokrytí oblohy oblačností. I přes to nepřesáhly hodnoty heat indexu hodnoty průměrné teploty. Dalo by se říci, že v chladnějším dnech nemá relativní vlhkost podstatný vliv na tepelnou zátěž. Naopak při srovnání dvou nejteplejších dnů 27. 6. a 28. 8. (obr. 13 a 14) je vliv relativní vlhkosti a částečně i oblačnosti zřetelný. Dne 27. 6. byla po celý den jasná obloha a nízká relativní vlhkost, a tak byl heat index menší než průměrná teplota. Dne 28. 8. byla naopak část dne větší oblačnost a po celý den vysoké hodnoty relativní vlhkosti, a tak byl heat index výrazně vyšší než průměrná teplota.

5.2. Porovnání jednotlivých stanovišť

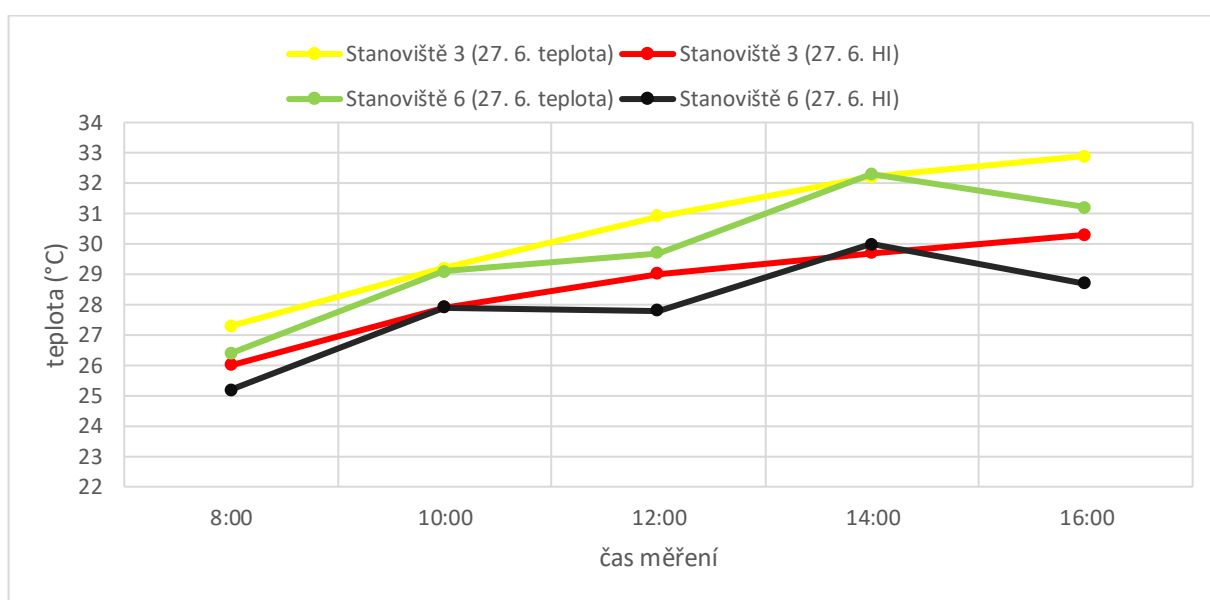
V tabulce 3 jsou uvedeny průměrné hodnoty tří vybraných a zobrazovaných proměnných na jednotlivých stanovištích.

Tabulka 3: Průměrné hodnoty vybraných proměnných na jednotlivých stanovištích ze všech měřených dnů vyjma 14. 8. 2019.

Stanoviště	Teplota (°C)	Heat index (°C)	Relativní vlhkost (%)	Poznámky
č.1 prostor před vchodem do panelového domu	25,3	24,5	43	1/5 měření proběhla ve stínu
č.2 Kojetický potok	24,7	23,9	45	výrazný vliv zeleně
č.3 parkoviště a prostor okolo supermarketem Billa	26,2	25,5	42	-
č.4 zastávka na slunci	25,1	24,3	43	-
č.5 zastávka ve stínu	25,7	24,9	41	2/5 měření na slunci
č.6 dětské hřiště s kačírkem	26,2	25,5	40	-
č.7 otevřený prostor mezi panelovými domy	25,7	25,0	41	-
č.8 hřiště na základní škole s umělým povrchem	26,3	25,5	40	-

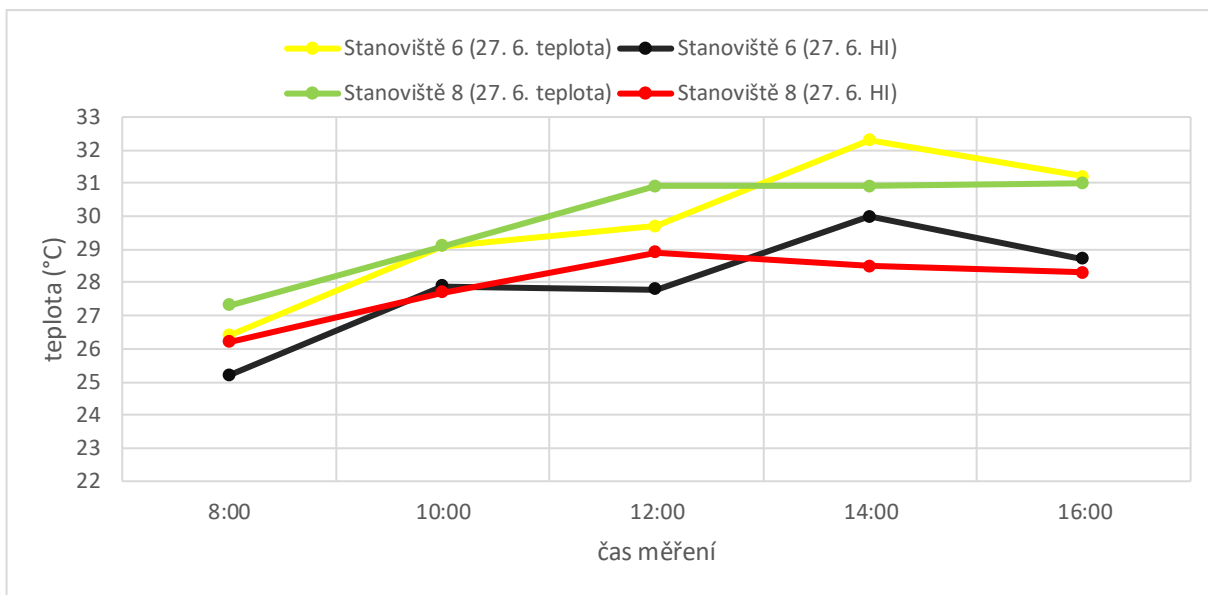
Na obrázcích 17 až 21 jsou zobrazena a porovnána jednotlivá stanoviště v teplejších dnech.

Obr. 17 zobrazuje porovnání stanoviště č. 3, tj. parkoviště a prostor před supermarketem BILLA, a stanoviště č. 6, tj. dětské hřiště s kačírkiem, dne 27. 6. Obě stanoviště jsou nejteplejší ze všech a rozdíly mezi nimi nejsou příliš velké. Okolí stanovišť se však výrazně liší. U BILLY je pouze betonový a asfaltový povrch parkoviště. Naopak u dětského hřiště je kamenitý povrch, travnatý povrch v okolí hřiště a jeden strom: lípa srdčitá. I přes to je tepelná zátěž obou stanovišť velmi podobná. Podobné výsledky mají tato stanoviště i v ostatních teplých dnech.



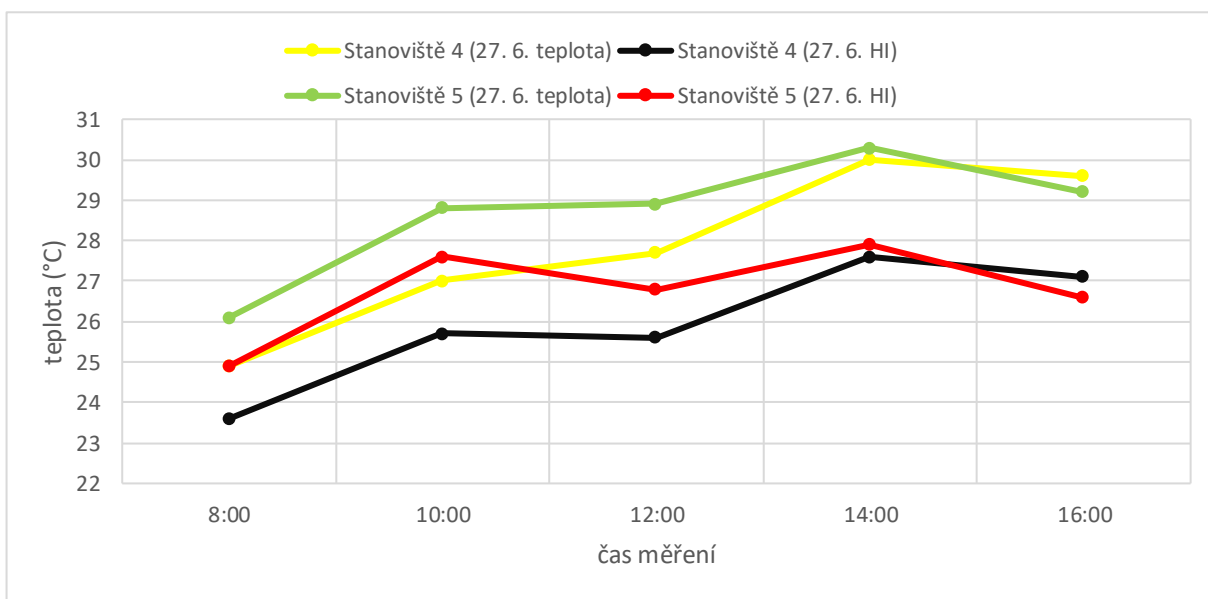
Obrázek 17: Porovnání průměrných teplot a heat indexu na stanovištích č. 3 a č. 6

Na obr. 18 je zobrazeno srovnání stanoviště č. 6 (dětské hřiště s kačírkiem) a č. 8 (hřiště s umělým povrchem) dne 27. 6. Obě stanoviště mají podobné okolí a dělí je od sebe pouhých 100 m vzdušnou čarou. Rozdíly mezi nimi jsou nevýznamné, i když má každé stanoviště jiný povrch.



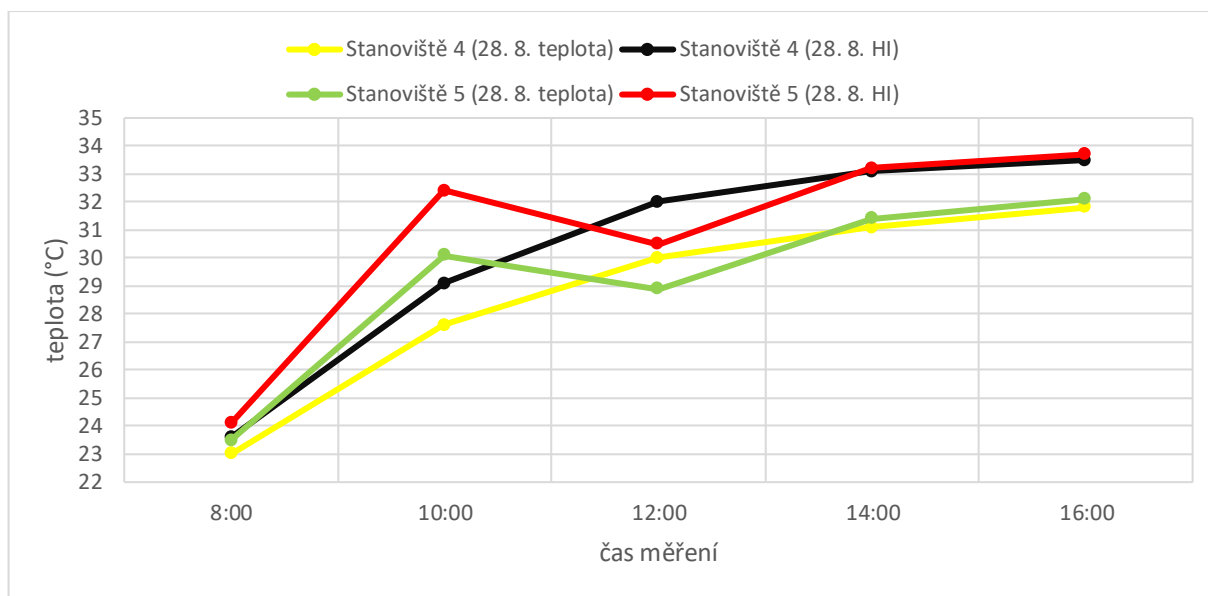
Obrázek 18: Porovnání průměrných teplot a heat indexu na stanovištích č. 6 a č. 8

Na obr. 19 je uvedeno porovnání stanoviště č. 4 (dále jako A, zastávka na slunci) a č. 5 (dále jako B, zastávka ve stínu) ve dni bez oblačnosti. Zastávka B je od brzkého rána do poledních hodin na slunci, a proto má vyšší hodnoty proměnných než zastávka A, na kterou slunce svítí až okolo osmé hodiny ranní. Měření ve 14 hodin už proběhlo podle předpokladů. Zastávka A byla na slunci a zastávka B ve stínu. To se výrazně projevilo na teplotách, které se ve 14 hodin srovnaly a ve večerních hodinách klesala teplota na zastávce B rychleji než na zastávce A.



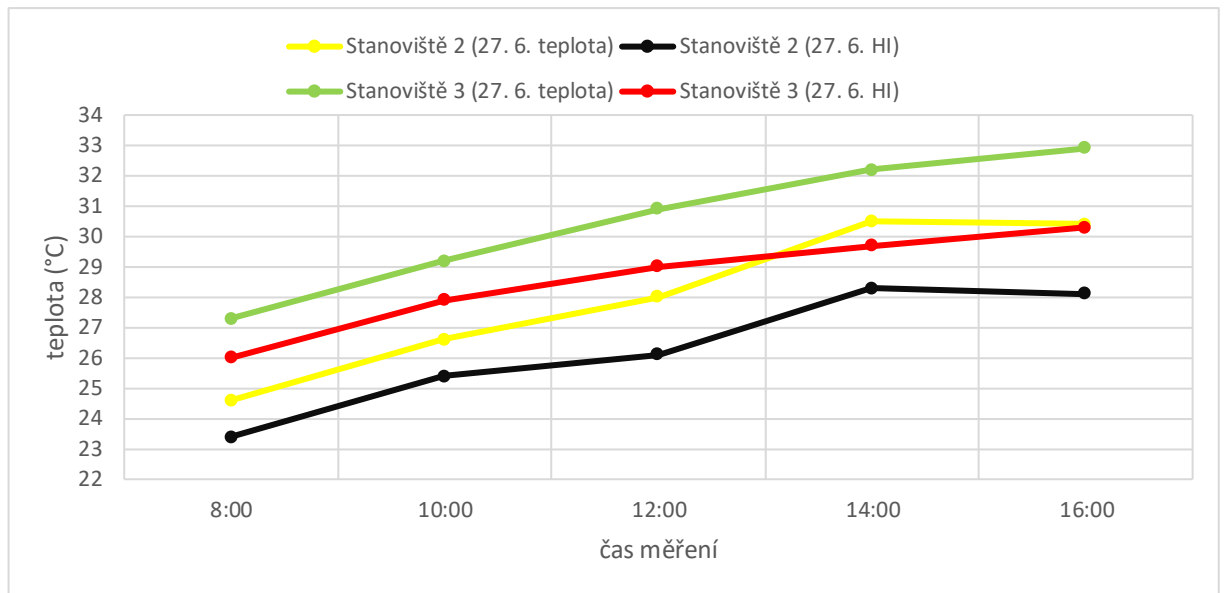
Obrázek 19: Porovnání průměrných teplot a heat indexu na stanovištích č. 4 a č. 5 bez oblačnosti s nízkou vlhkostí

Na obrázku 20 je zobrazeno porovnání zastávek A a B z obr. 18 jen ve dne 28. 8. se zataženou oblohou a vyšší vlhkostí. I přes rozdílnou oblačnost a vlhkost vychází obě zastávky v dopoledních hodinách naopak, než bylo předpokládáno.



Obrázek 20: Porovnání průměrných teplot a heat indexu na stanovištích č. 4 a č. 5 s oblačností a vyšší vlhkostí

Obr. 21 zobrazuje porovnání stanoviště č. 2 (Kojetický potok) a č. 3 (parkoviště a prostor okolo supermarketu BILLA) ve dne 27. 6. Kojetický potok byl v tento den měření nejchladnějším stanovištěm, zatímco stanoviště č. 3 bylo v maximálních hodnotách teploty nejteplejší. Rozdíly jsou proto velmi významné. Rozdíly mezi proměnnými na stanovištích jsou okolo 2,5 °C. Tyto rozdíly jsou způsobeny především zastoupením městské zeleně. Na stanovišti č. 3 je několik javorů, keře, travnaté plochy a pouze jedna betonová cesta. Vliv na měření měl i Kojetický potok, který teče kousek od místa, kde přístroj zaznamenával data.



Obrázek 21: Porovnání nejchladnějšího a nejteplejšího stanoviště (č. 2 a č. 3) podle průměrných teplot a heat indexu

6. Diskuse

Většina výsledků práce vyšla podle mých očekávání. Dle předpokladu se mezi nejteplejší stanoviště dostalo parkoviště u BILLY, které je obklopeno pouze umělými povrchy, které se velmi snadno zahřejí a následně uvolňují akumulované teplo. Naopak nejchladnější vyšlo podle očekávání stanoviště u Kojetického potoka. Stanoviště je po většinu dne stíněno zelení a ochlazováno tekoucí vodou a nachází se zde minimum umělých povrchů.

Nicméně velké překvapení je pro mě dětské hřiště s kačírkiem. Očekával jsem průměrné hodnoty i s ohledem na to, že je v blízkém okolí lípa a opodál několik borovic, smrků a travnaté plochy (vyjma podkladu dětského hřiště). Na celé hřiště nikdy nesvítilo slunce, vždy pouze jen na část hřiště. Povrch se ve stínu mohl průběžně ochlazovat, což ale mělo minimální vliv na celkovou tepelnou zátěž v místě měření. Tepelná zátěž stanoviště na dětském hřišti byla podobná jako u parkoviště BILLA, kde je povrch pouze betonový a asfaltový.

Velmi podobnou tepelnou zátěž mělo i hřiště s umělým povrchem, kde jsem očekával daleko menší průměrnou teplotu, jelikož v okolí hřiště se nachází spousta zeleně a samotný povrch hřiště je zelený. Pocitově při měření bylo na umělé trávě mnohem menší horko než na povrchu s kačírkiem. Obě hřiště se nacházejí kousek od sebe a jsou zřejmě ovlivněna širším prostranstvím. Leží uzavřena v betonovém „boxu“, který

vytvářejí panelové domy na sídlišti. V tom samém prostoru leží i další stanoviště č. 7, které jsem měřil právě v tomto „boxu“, ale na otevřené ploše s travnatým povrchem. Mohl by mít travnatý povrch tak velký vliv na obě proměnné, aby byly v průměru menší o 0,5 °C oproti umělým povrchům?

Těžko říci, ale ovlivňující faktor bude zřejmě vítr. Na otevřeném prostoru vždy foukal aspoň slabý vánek, který byl citelný. Na hřištích už tomu tak nebylo a i podle měření měl menší hodnoty (o několik desetin m/s). To by mohlo způsobit, že se nad hřišti nevyměňoval vzduch a byl menší transport tepla do vyšších částí atmosféry. Naopak na otevřeném prostoru se vzduch mohl lépe promíchávat pomocí větru, a proto se průměrná hodnota na stanovišti lišila o 0,5 °C.

V rozporu s mým očekáváním dopadly obě zastávky, které svými průměry vyšly naprosto opačně, než jsem předpokládal. Zastávka na slunci měla nižší průměrné teploty než zastávka ve stínu. Na zastávku „ve stínu“ sice dvakrát z pěti měření denně svítilo slunce, ale jen v dopoledních hodinách. Na zastávku pojmenovanou „na slunci“ svítilo slunce celý den. I přes to vyšla většina měření teploty vzduchu a heat index v rozporu s mým očekáváním. Na tyto výsledky může mít vliv několik faktorů. Obě stanoviště jsou u frekventované silnice, kde je tepelně znečištěné ovzduší z motorových vozidel. Dále je zde velký pohyb osob, ale i dost zeleně. Zastávka ve stínu je ze západní strany chráněna několika druhy stromů. Javor jasanolistý a jalovec zastíňují tuto zastávku, a proto jsem očekával výrazně nižší teploty. Vysvětlení této anomálie by mohlo být ve způsobu měření i v rozmístění zastávek. Ze zastávky „na slunci“ trval přechod do stínu pouhých 30 vteřin. Následná minuta na aklimatizaci přístroje zřejmě nebyla dostatečná a zahřátý přístroj se v průběhu záznamů dat stále ochlazoval a zaznamenal tak vyšší teploty, než které byly doopravdy ve stínu. Na zastávku ve stínu svítilo slunce od samotného východu, ale na zastávku na slunci až od osmé ranní. To mohlo výrazně ovlivnit nahřátí povrchů a zvýšit průměrné hodnoty proměnných v dopoledních hodinách na zastávce ve stínu. Podrobnější rozdíly jsou uvedeny v tabulce 4. Je patrné, že hodnoty proměnných na zastávce ve stínu dopoledne přesahovaly hodnoty zastávky na slunci. Toto se změnilo v odpoledních hodinách, kdy už obě zastávky byly v souladu se svým pojmenováním ve stínu a na slunci. Hodnoty proměnných se v odpoledních hodinách srovnaly, a pokud by měření pokračovalo do večerních hodin, zastávka ve stínu by pravděpodobně mohla mít nižší hodnoty proměnných než zastávka na slunci.

Tabulka 4 rozděluje stanoviště č. 4 zastávku na slunci a stanoviště č. 5 zastávku ve stínu na dvě části. Dopolední měření pochází ze záznamů v čase 8:30–8:50, 10:30–10:50 a 12:30–12:50. Odpolední měření pochází ze záznamů v čase 14:30–14:50 a 16:30–16:50.

Tabulka 4: Stanoviště číslo 4 a 5 rozdělené na dopolední a odpolední měření. Tabulka zobrazuje průměrné hodnoty ze všech měřených dnů vyjma 14. 8.

Stanoviště	Teplota (°C)	Heat index (°C)	Relativní vlhkost (%)
Zastávka ve stínu – dopoledne	24,3	23,7	46
Zastávka na slunci – dopoledne	22,3	21,7	46
Zastávka ve stínu – odpoledne	27,7	26,7	34
Zastávka na slunci – odpoledne	26,3	25,4	34

Velice mě překvapil způsob péče a chování se k městské zeleni v Neratovicích. Dle nasbíraných dat u Kojetického potoka je patrné, že zezeň má vliv na teplotu a dokáže ji snížit o jednotky °C. Ve městě jsou ve větší míře vysazeny vhodné stromy do urbanizovaného prostředí, ale doporučené rostliny jako jinan či líska na sídlišťích chybí. Nové stromy se ve městě vysazují v letním období, ale péče o ně v podobě zalévání je nedostatečná nebo špatně zorganizovaná. Zalévání jednou za 14 dnů není příliš vhodné, zvláště když jsou v posledních letech velká sucha. Spousta stromů je tak přes léto suchá, protože ještě nemají dostatečný kořenový systém a nedosáhnou pro vodu do hlubších vrstev půdy. V posledním období se navíc začaly v Neratovicích stromy kácet a i když patrně přinášejí úlevu od tepelné zátěže, tak se i nadále kácí a nové stromy nejsou na vhodná místa vysazovány. I přes tento přístup jsou Neratovice v pokrytí zeleně na dobré úrovni oproti okolním městům (více v kapitole 3.5.5.).

Myslím si, že by se tento přístup měl i na základě této studie změnit a do města prosadit ještě více zeleně včetně stromů jako jsou katalpy (*Catalpa bignonioides*), které velmi rychle rostou, přežijí lehké mrazy, snášejí sucha a znečištěné ovzduší a poskytují zastínění (Bohumín 2013). Katalpy jsou velmi často k vidění v Praze

(např. u libeňského nádraží). Dále by chtělo zvážit způsob péče o travnaté plochy, které jsou přes léto posekány velmi nízko a při měření bylo pocitově znát, zda je tráva posekaná až na hlínu nebo je ponechána určitá vrstva travnaté plochy.

7. Závěr

Ve městě Neratovice se nachází spousta odlišných prostředí. Každé z nich má svá specifika, která hrají významnou roli v rozdílech meteorologických prvků. Pokud je chladnější počasí, nejsou mezi stanovišti výrazně velké rozdíly a neprojevují se významněji vlivy umělých povrchů na meteorologické prvky. Rozdíl mezi stanovišti v průměrné teplotě a heat indexu při teplotách do 25 °C je maximálně 1 °C. Pokud nastane teplejší počasí, začínají se projevovat rozdíly mezi stanovišti ve větší míře než v chladném období. Při teplejších dnech jsou hodnoty rozdílů mezi stanovišti v průměrné teplotě a heat indexu od 1 °C až po 3 °C.

Při vyšších teplotách hraje významnou roli na tepelnou zátěž městská zeleň a vlhkost vzduchu. Při větší vlhkosti v teplém dni je tepelná zátěž vysoká, i když může být hodně oblačnosti a menší přímé sluneční záření, naopak ve vzduchu s menším obsahem vodní páry je tepelná zátěž výrazně menší. Stanoviště se na relativní vlhkosti vzduchu příliš neprojevují. Relativní vlhkost je ovlivňována především teplotou a celkovým charakterem počasí.

Téma okolo městského tepelného ostrova ještě není v ČR příliš zmapované a do budoucna by bylo velmi potřebné se těmito problémy zabývat i na úrovni menších měst, jako jsou Neratovice. Tepelná zátěž ovlivňuje většinu obyvatel měst a způsobuje řadu zdravotních komplikací.

Na tuto studii o vlivu různých městských prostředí by mohl navázat další výzkum, který by mohl proběhnout v jiném městě, kde je méně zeleně. Dále by tato práce mohla být porovnána s měřením ve větších městech, např. v Praze.

8. Seznam použitých grafů, obrázků a tabulek

Obrázek 1: Stupnice heat indexu.....	7
Obrázek 2: Mapa stanovišť	20
Obrázek 3: Stanoviště číslo 1: Vchod u panelového domu.....	21
Obrázek 4: Stanoviště číslo 2: Kojetický potok.....	22
Obrázek 5: Stanoviště číslo 3: Parkoviště u supermarketu BILLA.	23
Obrázek 6: Stanoviště číslo 4: Nezastíněná zastávka na Kojetické.	24
Obrázek 7: Zastíněná zastávka na Kojetické.....	25
Obrázek 8: Stanoviště číslo 6: Dětské hřiště s kačírkem.	26
Obrázek 9: Stanoviště číslo 7: Otevřený prostor mezi panelovými domy.....	27
Obrázek 10: Stanoviště číslo 8: Dětské hřiště s umělým povrchem na základní škole.	28
Obrázek 11: Průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti ve 4 teplejších dnech na všech stanovištích.....	30
Obrázek 12: Průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti ve čtyřech chladnějších dnech na všech stanovištích.	30
Obrázek 13: Průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti v nejteplejším dnu (27. 6.) dle průměrné teploty.....	31
Obrázek 14: Průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti ve dni (28. 8.) s nejvyšší tepelnou zátěží.	32
Obrázek 15: Průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti v chladnějším dnu (4. 7.).....	33
Obrázek 16: Průběh průměrné teploty, heat indexu a relativní vlhkosti v chladnějším dnu (5. 7.).....	34
Obrázek 17: Porovnání průměrných teplot a heat indexu na stanovištích č. 3 a č. 6.	36
Obrázek 18: Porovnání průměrných teplot a heat indexu na stanovištích č. 6 a č. 8.	37
Obrázek 19: Porovnání průměrných teplot a heat indexu na stanovištích č. 4 a č. 5 bez oblačnosti s nízkou vlhkostí	37
Obrázek 20: Porovnání průměrných teplot a heat indexu na stanovištích č. 4 a č. 5 s oblačností a vyšší vlhkostí.....	38
Obrázek 21: Porovnání nejchladnějšího a nejteplejšího stanoviště (č. 2 a č. 3) podle průměrných teplot a heat indexu.....	39

Tabulka 1: Porovnání hodnot WBGT a heat indexu za vybraných podmínek.....	9
Tabulka 2: Průměrné hodnoty proměnných v jednotlivých dnech měření.	29
Tabulka 3: Průměrné hodnoty vybraných proměnných na jednotlivých stanovištích ze všech měřených dnů vyjma 14. 8. 2019.	35
Tabulka 4: Stanoviště číslo 4 a 5 rozdělené na dopolední a odpolední měření	41

9. Přehled literatury a použitých zdrojů

Anonymous (2006): *Acer Saccharinum* / javor stříbrný [online]. Dendrologie online [cit. 2020-03-14]. Dostupné z:

<http://databaze.dendrologie.cz/index.php?menu=5&id=47>.

Atlas rostlin (2020): Břestovec západní: *Celtis occidentalis* [online]. TISCALI MEDIA [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.atlasrostlin.cz/listnate-stromy/brestovec-zapadni>.

Arifin, H.S. a Nakagoshi, N. (2011): Landscape ecology and urban biodiversity in tropical Indonesian cities. International Consortium of Landscape and Ecological Engineering and Springer. 7, s. 33–43. DOI: 10.1007/s11355-010-0145-9

Beatty, R. (2011): *Příroda: velký obrazový průvodce*. Praha: Knižní klub. 648 s. ISBN 978-80-242-3114-3.

Blazejczyk, K. a kol. (2012): Comparison of UTCI to selected thermal indices. International Journal of Biometeorology. 56(3), s. 515-535. DOI: 10.1007/s00484-011-0453-2.

Bohumín (2013): *Katalpa trubačovitá: Catalpa bignonioides* [online]. Bohumín [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.mesto-bohumin.cz/cz/naucne-stezky/park-petra-bezruce/14434-13-katalpa-trubacovita-catalpa-bignonioides.html>.

Budd, G. M. (2008): Wet-bulb globe temperature (WBGT)—its history and its limitations. Journal of Science and Medicine in Sport. 11(1), s. 20-32.

Bureau of Meteorology (2010): Thermal Comfort observations. Australian Government-Bureau of Meteorology [online] [cit. 2020-01-10]. Dostupné z: http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress.

City (2020): City populations worldwide. Population city [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <http://population.city/>.

ČMeS (2019): Česká meteorologická společnost [online]: Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS) [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>.

ČT24 (2019): Městská zeleň pohltí stovky tun znečištění. Vědci ukazují, jak levné a účinné to je [online]. Praha: ČT24 [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2743709-mestska-zelen-pohliti-stovky-tun-znecisteneni-vedci-ukazuji-jak-levne-a-ucinne-je>.

ČÚZK (2020): Český úřad zeměměřický a katastrální [online]. Praha [cit. 2020-02-28]. Dostupné z: https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META:SESTAVA:MDR002_XSLT:WEBCUZZK_ID:703567.

Dashöfer, V. (2009) Odpadní teplo. Enviprofi.cz [online]. [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: https://www.enviprofi.cz/33/odpadni-teplo-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eju20Cq8haXek1tmWsJAKfNZwRYsMFH_3w/.

Deutsch, B. a kol. (2007): The Green Build-out Model: Quantifying the Stormwater Management Benefits of Trees and Green Roofs in Washington, DC [online]. Rep. Casey Trees, Limno Tech. [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://capitolgreenroofs.com/pdfs/green-infrastructure-report>.

Dobrovolný, P. a kol. (2012): Klima Brna. Víceúrovňová analýza městského klimatu. Masarykova univerzita, Brno. 200 s. ISBN 978-80-210-6029-6.

Dobrowolska, D. a kol. (2011): Article Navigation A review of European ash (*Fraxinus excelsior* L.): implications for silviculture. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 84(2), s. 133-148.

Donegan, B. (2016): What does wind chill really mean? [online]. [cit. 2020-01-07]. Dostupné z: <https://weather.com/science/weather-explainers/news/wind-chill-feels-like-temperature-winter-explainer>.

Dorušková, V. (2008): *GLEDITSIA TRIACANTHOS* L. – *dřezovec trojtrnný* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/gleditsia-triacanthos/>.

Endicott, E. (1993) Land conservation through public/private partnerships. Washington, D.C.: Island Press. ISBN 978-1559631761.

Fazio, Dr. J. R. (2010): How Trees Can Retain Stormwater Runoff [online]. Nebraska City: Tree City USA. Arbor Day Foundation. 55, s. 1-8. [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: https://www.fs.fed.us/psw/topics/urban_forestry/products/11/800TreeCityUSABulletin_55.pdf.

In-počasi (2013): Pocitová teplota, nespolehejte jen na teploměr [online]. InMeteo s.r.o. [cit. 2019-12-25]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/pocitova-teplota>.

Karas, P. a kol. (2007): Skoro jasno: průvodce televizní předpovědi počasí. Praha: Česká televize. 206 s. Edice České televize. ISBN 978-80-85005-78-3.

Katastr (2020): Regiony kurzy [online]. Praha [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://regiony.kurzy.cz/>.

Kováříková, H. (2019): Platan je výjimečný strom [online]. iReceptář.cz [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/zahrada/platan-je-vyjimecny-strom-20190424.html>.

Kráska, P. (2007): *ACER PSEUDOPLATANUS L.* – javor klen / javor horský [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/acer-pseudoplatanus/>.

Květena ČR (2011): líska turecká [online]. [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=847>.

LDO (2020): Dřeviny: Javory [online]. Osvětmany [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: http://www.ldosvetimany.cz/les_dreviny.html.

Lípa (2020): Lípa – zajímavosti o našem národním stromu [online]. [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://lipyrepubliky.cz/lipa-zajimavosti-o-nasem-narodnim-stromu/>.

Little, Charles E. (1995): Greenways for America: Creating the North American Landscape, Johns Hopkins University Press. 288 s.

Livesley, S.J. a kol. (2016): The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. *Journal of Environmental Quality*. 45(1), DOI: 10.2134/jeq2015.11.0567.

Mapy.cz (2020): Mapa ČR [online]. Seznam.cz [cit. 2020-02-29]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>.

Meteocentrum (2020): Atmosférický tlak. Meteocentrum.cz [online]. [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.meteocentrum.cz/zajimavosti/encyklopedie/atmosfericky-tlak>.

Minářová, I. (2020): Relativní vlhkost vzduchu. Geniální dům [online]. [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.genialnidum.cz/co-je/relativni-vlhkost-vzduchu/>.

Musil, I. a Möllerová J. (2005): Listnaté dřeviny: Přehled dřevin v rámci systému rostlin krytosemenných. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální.

National Weather Service (2020a): What is the heat index? [online]. National Weather Service [cit. 2020-01-22]. Dostupné z: <https://www.weather.gov/ama/heatindex>.

National Weather Service (2020b): WetBulb Globe Temperature [online]. National Weather Service [cit. 2020-01-22]. Dostupné z: <https://www.weather.gov/tsa/wbgt>.

Návod (2020): Návod k použití: Kestrel z řady 5000.

NJ Forest Service (2020): Benefits of Trees: Trees Enrich the Health and Quality of Our Environment [online]. NJ Department of Environmental Protection [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://www.state.nj.us/dep/seeds/docs/bot.pdf>.

NP Podyjí (2020): Buk lesní-*Fagus sylvatica* [online]. Znojmo: Správa Národního parku Podyjí [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.nppodyji.cz/buk-lesni-fagus-sylvatica>.

Oke, T. R. (2006): Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. Instruments and observing methods. Report No. 1. WMO, Kanada. 47 s.

Osczevski, R. a Bluestein, M. (2005): The New Wind Chill Equivalent Temperature Chart. Bulletin of The American Meteorological Society. 86 (10), s. 1453-1458. DOI: 10.1175/BAMS-86-10-1453.

Parsons, K. (2006): Heat Stress Standard ISO 7243 and its Global Application. Loughborough University, Leicestershire, 12 s.

Pejchal, M. (2001): Výběr stromů pro ulice a zpevněné plochy městských sídel. In: Strom pro život, život pro strom III.: sborník přednášek 3. ročníku arboristické konference s mezinárodní účastí na téma: Omezený prostor pro růst, Mělník, 22.-25. srpna 2001. Praha: Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu. s. 38-44.

Peštová, Z. (2019): Letní, tropický, mrazový den... Co to znamená? [online]. Praha: meteopress.cz. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.meteopress.cz/vysvetleni/letni-tropicky-mrazovy-den-co-to-znamenava/>.

Phipps, J.B. (2020): Crataegus [online]. Flora of North America [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=108272.

Ptačí zob (2020): Ptačí zob-stále zelený živý plot. Ptaci-zob.cz [online]. [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://www.ptaci-zob.cz/>.

Pýcha, Z. (2010): Dendrologicko-ekologický průzkum Rajchěřovka. Mendelova univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Brno. 119 s. (diplomová práce).

Rak, L. (2007a): ACER PLATANOIDES L. – javor mléč / javor mliečny [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/acer-platanoides/>.

Rak, L. (2007b): ACER NEGUNDO L.: javor jasanolistý / javorovec jaseňolistý [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/acer-negundo/>.

SB (2020): Sázíme budoucnost [online]. [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://www.sazimebudoucnost.cz/>.

Srivanit, M. a Hokao, K. (2012): Thermal Infrared Remote Sensing for Urban Climate and Environmental Studies: An Application for the City of Bangkok, Thailand. Journal of Architectural/Planning Research and Studies (JARS). 9, s. 83-100.

Středová, H. a kol. (2011): Mikroklima a mezoklima měst, mikroklima porostů. Praha: Český hydrometeorologický ústav. 102 s. ISBN 978-80-86690-90-2.

Svoboda, J. (2020): Jinan dvoulaločný (Ginkgo biloba) [online]. [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: http://www.ekozahrady.com/ginkgo_biloba.htm.

Šimek, P. (2015): Pasport zeleně: Městský obvod Neratovice [online]. Uherský Brod: Projekční a poradenská kancelář pro zahradní a krajinářskou tvorbu, 2 s. [cit. 2020-02-29].

Tan, K.W. (2006): A greenway network for singapore. Singapore: Singapore Botanic Gardens, s. 45-66.

Tree by tree (2011): Benefits of Trees and Urban Forest: A research list: Benefits of Trees and Urban Forests [online]. Alliance for Community Trees. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: http://www.actrees.org/files/Research/benefits_of_trees.pdf.

Úradníček, L. (2012): Lesnická práce: Smrk omorika [online]. Brno: Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně, 2012. 91(10/12) [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-91-2012/lesnicka-prace-c-10-12/smrk-omorika>.

ÚSES (2020): Územní systém ekologické stability [online]. In: Ministerstvo životního prostředí ČR [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/uzemni_system_ekologicke_stability.

Velebil, J (2008): Zhodnocení rodu Pinus L. z pohledu zahradní a krajinářské tvorby. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zahradnická fakulta, Lednice. 136 s. (diplomová práce)

Zemanová, K. (2008): *Fagus sylvatica*-buk lesní [online]. Natura Bohemica [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <http://www.naturabohemica.cz/fagus-sylvatica/>.