

# Gregor Johann Mendel – meteorolog

Sborník příspěvků

Brno

18.–19. 7. 2022

Český  
hydrometeorologický  
ústav



Sborník příspěvků

# **GREGOR JOHANN MENDEL – METEOROLOG**

mezinárodní konference

18.–19. 7. 2022 Brno

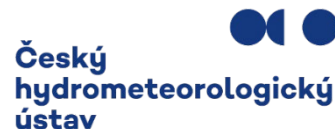
Brno 2022

## Pořádající organizace

Mendelova univerzita v Brně



Český hydrometeorologický ústav



Hvězdárna a planetárium Brno, p. o.



Augustiniánské opatství na Starém Brně



Mendelovo muzeum Masarykovy univerzity



Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i.



Česká bioklimatologická společnost, z. s.



Slovenská bioklimatologická spoločnosť



Česká technologická platforma pro zemědělství



Sun Drive Communications s.r.o.



# OBSAH

<b>Úvodní slovo.....</b>	<b>4</b>
<b>Monitoring průběhu rašení smrku ztepilého pomocí modifikovaných loveckých fotopastí.....</b>	<b>5</b>
Daniel Baťa	
<b>Klimatická zmena a modelovanie stomatólnej vodivosti a ozónových dávok v horskom prostredí Vysokých Tatier .....</b>	<b>12</b>
Anna Buchholcerová, Veronika Lukasová, Svetlana Bičárová	
<b>Vliv stanovištních podmínek na průběh vlhkosti v kořenové zóně stromů v městském prostředí .....</b>	<b>17</b>
Jana Burgová, Petr Salaš, Jaroslav Rožnovský, Irena Drobiličová, Josef Kasala, Tomáš Trnka	
<b>Přirozené vysvětlení pozorovaných klimatických změn .....</b>	<b>24</b>
Pavel Kalenda, Miloslav Šír	
<b>Dopady extrémů počasí na sanitární degradaci a mortalitu lesních porostů ML Dačice.....</b>	<b>33</b>
Alice Kozumplíková, Kamil Kupec, Ilja Vyskot	
<b>Doplňková meteorologická staniční síť na Ostravsku a její přínos pro poznání klimatu města.....</b>	<b>38</b>
Pavel Lipina, Miroslav Řepka, Veronika Šustková, Pavel Zahradníček	
<b>Porovnání teplot vzduchu měřených v okenní budce a v meteorologické budce na volném prostranství v areálu starobrněnského opatství.....</b>	<b>52</b>
Tomáš Litschmann	
<b>Odozva borovice horskej (<i>Pinus mugo</i> Turra) na meniace sa klimatické podmienky subalpínskeho pásma vo Vysokých Tatrách.....</b>	<b>65</b>
Veronika Lukasová, Svetlana Bičárová, Anna Buchholcerová	
<b>G. Mendel renesanční člověk, filantrop a vinař .....</b>	<b>72</b>
František Muška, Antonín Muška, Anna Mušková	
<b>Nikolaj Ivanovič Vavilov, pokračovateľ vedecké práce Gregora Johanna Mendela.....</b>	<b>76</b>
Petr Salaš, Jana Burgová, Radoslav Vlk, Jaroslav Rožnovský	
<b>Porovnání hodnot teplot vzduchu v Brně a v Praze na konci 19. a na začátku 21. století .....</b>	<b>79</b>
Jaroslav Střeštík, Jaroslav Rožnovský	

# Úvodní slovo

Vážené dámy, vážení pánové,

otevřeli jste sborník z konference, která není věnována odkazu Gregora Johanna Mendela v genetice, ale pro mnohé překvapivě, meteorologii. Významné výročí, tedy dvě stě let od narození tohoto geniálního vědce, jsme využili k připomenutí, že G. J. Mendel se nejen věnoval meteorologickým měřením a zpracováním naměřených dat, ale také jejich fyzikální analýze, jak dokládá jeho studie výskytu smršti nad Brnem 13. 10. 1870. Určitě pádným důvodem pro zdůraznění meteorologické činnosti je i přehled publikací, kdy z uváděných 13 má 9 meteorologický obsah. Jak dokládá několik článků v tomto sborníku, G. J. Mendel se věnoval i využití meteorologických dat, zvláště potom pro zemědělce. V tomto pohledu můžeme jeho aktivity řadit do oboru bioklimatologie.

Při této příležitosti připomínám, že v roce 2014, kdy uplynulo 130 let od úmrtí G. J. Mendela, naše, tedy Česká bioklimatologická společnost, připomněla právě bioklimatologické aspekty konferencí „Mendel a bioklimatologie“. Dovolím si uvést, že právě komunita bioklimatologů vychází z předpokladu, že vědecké zásluhy, a to nejen G. J. Mendela, je třeba mít na paměti neustále, nejen v době výročí. Uvědomujeme si podíl G. J. Mendela na brněnských meteorologických pozorováních, jeho snahu o rozšíření meteorologických pozorování do dalších míst, zavedení meteorologických předpovědí a jejich praktické využití. Jsme si vědomi i jeho dalších aktivit, jako je sledování Slunce, také např. stavu podzemní vody, rozvoji včelařství, ale významu financí.

Šíře aktivit G. J. Mendela dokládá jeho vnímání života, přírody a lidských aktivit jako jednoho celku. Znalosti fyziky využil jak k analýze smršti, tak studiu sluneční aktivity. Podporoval nejen zavedení předpovědí počasí, ale řešil jejich využití pro zemědělce. Snažil se o rozšíření poznatků formou přednášek. Byl aktivní v několika odborných společnostech, a to nejen jako řadový člen, ale působil v různých pozicích v jejich vedení. Dnes o tomto přístupu hovoříme jako o přenosu poznatků do praxe. Určitě je zde propojení s jeho pedagogickou činností. Můžeme říci, že do dnešních dnů platí jeho aktivita v oblasti financí.

Když se zamýšlíme nad životem a aktivitami G. J. Mendela, musíme si uvědomit, že zde nacházíme i odpověď na vztah víry a vědy. Jak dokázal čas, nejsou v rozporu. Opat G. J. Mendel, tedy člověk hluboce věřící, objevil zákonitosti genetiky, doložil znalosti fyziky, věnoval pozornost financím.

Věřím, že Vám sborník bude přínosem jak ve vašem oboru, tak i ve vnímání G. J. Mendela.

V Brně 19. července 2022

Jaroslav Rožnovský  
předseda České bioklimatologické společnosti

# Monitoring průběhu rašení smrku ztepilého pomocí modifikovaných loveckých fotopastí

Daniel Baťa

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra ochrany lesa a myslivosti, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol, [bata@fld.czu.cz](mailto:bata@fld.czu.cz)

## Abstrakt

V roce 1999 byl v oblasti Krušných hor poprvé po padesáti letech reportován výskyt kloubnatky smrkové. V průběhu prvních let po tomto objevu způsobil patogen rozpad porostů smrků pichlavých. Od roku 2015 bylo reportováno vzrůstající napadení smrku ztepilého, což vedlo ke zvýšenému zájmu o výzkum kloubnatky smrkové, včetně ekologických nároků a fenologie, její a jejích hostitelů. S ohledem na tento výzkum byl v Krušných horách u vodní nádrže Fláje (50.6922° s. š., 13.5775° v. d., 680 m n. m.) zahájen detailní monitoring rašení smrků ztepilých. K tomuto monitoringu bylo využito deset modifikovaných fotopastí, doplněných předsazenou čočkou zkracující zaostření na cca 15 cm. Fotopasti byly umístěny na hliníkovém rámu v korunách pěti stromů na okraji a uvnitř porostu ve výšce cca 14–17 m. Celý monitoring byl doplněný o měření teploty vzduchu v korunách vybraných stromů.

Na základě fotografií pořízených na jaře 2019, 2020 a 2021 bylo stanoveno datum rašení na 26. 5. 2019, 28. 5. 2020 resp. 4. 6. 2021. Odchytky jednotlivých stromů od data nástupu rašení v daném roce činily až  $\pm 7$  dní. Průměrná délka fáze prodloužení činila 20 dní. Doprovodné měření meteorologických charakteristik vyvrátilo teorii o potenciálním jarním poškození mrazem jakožto hlavním prediktorem napadení kloubnatkou smrkovou. Modifikované fotopasti ukázaly velký potenciál pro detailní monitoring fenologických fází a jejich dynamiky.

## 1. Úvod

V roce 1999 byl v oblasti Krušných hor poprvé po padesáti letech reportován výskyt kloubnatky smrkové (*Gemmamyces piceae* Borth. Casagrande 1967). V průběhu prvních let po tomto objevu způsobil patogen rozpad porostů smrků pichlavých (*Picea pungens* Engelm.). Od roku 2015 bylo reportováno vzrůstající napadení smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) H. Karst.), což vedlo ke zvýšenému zájmu o výzkum kloubnatky smrkové, včetně ekologických nároků a fenologie její a jejích hostitelů.

Vzhledem k tomu, že nejvýznamnějším projevem kloubnatky smrkové je zastavení růstu rašících pupenů, případně deformace rašících letorostů, vyvstala potřeba rozšířit znalosti o problematice rašení smrku ve studované oblasti. Při pozorování rašení tohoto typu je důležité opakovaný monitoring s velkou frekvencí (perioda hodnocení maximálně jeden den nebo kratší). Vzhledem k požadavku na monitoring přímo v oblasti výskytu patogenu, ideálně přímo v korunách stromů bylo rozhodnuto provést monitoring s využitím automatického snímacího zařízení.

Pro monitoring fenologie se začínají běžně využívat kamery, provádějící periodické snímání (Petach et al., 2014; Alberton et al., 2017; Nezval, 2019) často i v rozšířené části spektra umožňující výpočty vegetačních indexů. Zařízení tohoto typu se zaměřují na širší pohled na stromy a porosty, aby dokázala postihnout variabilitu rašení jednotlivých stromů a mohla určit datum rašení jako průměr daného prostu. Někdy se pro takový monitoring využívá i hemisférických fotografií (Alberton, et al., 2017). Bohužel výhoda tohoto přístupu je nevýhodou pro potřeby našeho výzkumu, kdy bylo potřeba zjistit detailní údaje o dynamice rašení.

Zařízení s automatickým pořizováním fotografií jsou v biologických vědách využívány již od 19. století. První takové zařízení provedlo snímání pohybu koně v roce 1878 (Kucera and Barrett, 2011). Vývoj dále vedl k vytvoření snímacích zařízení, které mohly být delší dobu umístěny ve venkovním prostředí, využívaly jako spouštěče hodinový strojek nebo přerušení paprsku světla (Kucera and Barret, 2011). Masivní rozvoj přinesla v devadesátých letech kombinace využití detektoru pohybu a digitální fotografie, která dala vzniknout loveckým fotopastem (Rovero et al., 2013). Díky ceně

a kompaktnosti se tato technologie rozšířila. Nejmodernější typy fotopastí jsou schopny si přisvítit infračerveným světlem, natáčet videosekvence nebo fotografie ve vysokém rozlišení a posílat data online díky zabudované SIM kartě. Vzhledem k výhodám této technologie bylo rozhodnuto realizovat měření pomocí fotopastí.

Fotopastí určené pro monitoring zvěře lze charakterizovat několika dílčími atributy. Z hlediska našeho výzkumu byly nejzásadnější režimy snímání (spouštěný pohybem / spouštěný na základě času) a vzdálenost ostření (obvykle 15–20 m). Spouštění na základě časové spouště nachází v rámci biologie zatím několik specifických oblastí využití, např. pravidelné monitorování ptačích kolonií, aktivit na hnízdě, nebo při sčítání zvěře (Rovero et al., 2013). Obecněji oblasti, kde záběr bez výskytu sledovaného jevu nebo zvířete je také validní informací, nebo případy, kde se sledovaný objekt v záběru nachází pořád. Druhý zmiňovaný atribut, vzdálenost ostření, představuje výzvu, neboť na trhu se standardně nejmenší vzdálenost ostření dá nastavit na jednotky metrů.

V rámci provedené rešerše, bylo nalezeno několik způsobů úprav fotopastí po potřeby jiných výzkumů. Přehledem použitých metod pro různé typy výzkumu se zabývali Cuttler and Swann (1999), Kucera and Barrett (2011), nebo třeba Rovero et al. (2013). Modifikaci fotopastí pro výzkum hnízdění se zabývali Uhe et al. (2020), kteří ve své práci uvádí dva příklady modifikace (změny v poloze snímače a čočky a pootočení čočky). Koncept využitý v této studii však neuvádějí ani výše uvedené přehledové studie ani Uhe et al. (2020). Další možnosti, kromě modifikace komerčně prodávané fotopastí, jsou pak na zakázku vyráběná zařízení. Tato možnost nebyla z důvodu dostupnosti a ceny pro realizaci uvažována.

## 2. Metodika

### 2.1 Modifikace snímacího zařízení a umístění v porostu

Fotopasti (UO Vision 595) byly doplněny čočkou. Do těla fotopastí byly přidány dvě závitové vložky, do kterých byl našroubován šroub. Tento šroub sloužil jednak pro fixaci polohy čočky z jedné strany, ale také jako kotvící prvek pro uchycení drátu. Pomocí drátu byla čočka fixována z druhé strany. Fotopasti byly umístěny na stromy ve výšce cca 14–17 m, vždy na osluněné a zastíněné straně stromu. Fotopast byla umístěna na hliníkovém rámu (obr. 1). Vzdálenost ostření jednotlivých fotopastí byla ověřena zkušebními provozem před umístěním do terénu. Ve zjištěné vzdálenosti, v rozmezí 15–17 cm, byla na hliníkový rám přivrtána mřížka, do které byly pomocí drátku připevněny větve. Celý rám byl připevněn ze spodní strany větve pomocí vázacích pásek a lan. Celá větev byla účelem stabilizace během větrného počasí a výskytu sněhu ještě zajištěna pomocí provazů. Způsob umístění dokumentuje obrázek 2. Data z fotopastí byla stahována dvakrát ročně, byla provedena výměna baterií, kontrola funkčnosti a vyčištění optické části přístroje. Fotopasti byly umístěny po celou dobu na stejné větvi.

Snímání bylo doprovázeno měřením teploty vzduchu ve 2 m nad zemí uvnitř a vně porostu pomocí zařízení Minikin Thi (Enviromental Monitoring Systém, s.r.o., Brno). Ve třetím roce bylo snímání doplněno dalšími zařízeními přímo v korunách stromů na úrovni fotopastí, opět bylo využito přístroje Minikin Thi



Obr. 1 Detail upravené fotopastí (vpravo) a detail uchycení na rámu (vlevo).



Obr. 2 Detail připevnění rámu s fotopastí k větvi.

## 2.2 Lokalita, metodika sběru a vyhodnocení

Lokalita s umístěnými fotopastmi se nacházela v oblasti intenzivně zasažené kloubnatkou smrkovou, konkrétně u vodní nádrže Fláje v Krušných horách (50.6922° s. š., 13.5775° v. d., průměrná nadmořská výška 680 m n. m.). Snímaný porost byl tvořen čistě smrkovým porostem (*Picea abies* Karst.) o stáří 70 let a průměrné výšce 24 m. Stanoviště je téměř bez podrostu, sporadicky se vyskytují pouze byliny. Plocha je mírně ukloněná na jih, ve své jižní čtvrtině se projevuje terénní zlom a povrch prudčeji spadá do údolí protékajícího Flájským potokem.

Zájemový porost se nachází v přírodní lesní oblasti 1 – Krušné hory, z hlediska fytoecologie je klasifikován jako 5S1 (svěží jedlová bučina modální), z hlediska pedologického kryptopodzol modální (ÚHÚL, 1998), podloží tvoří granity (Česká geologická služba). Potenciál ke vzniku kyselých půd byl ve druhé polovině 20. století v dané oblasti ještě podpořen významnou kyselou depozicí. Na větší části Krušných hor přetrvává kyselá půdní reakce zhoršující příjem některých minerálů.

Nejbližší meteorologickou stanicí měřící srážky je stanice Český Jiřetín, Fláje (U1CEJ01 dle značení ČHMÚ – N50,68706, E13,58558, 740 m n. m.) vzdálenou od studovaného porostu cca 880 m vzdušnou čarou, a nejbližší horskou meteorologickou stanicí měřící teplotu je stanice Nová Ves v Horách (U1NOVE01, N50,59244 E13,48561, 725 m n. m.) vzdálená 12,8 km od studované plochy. Údaje v tab. 1 demonstrují, že ve studovaném období byla teplota vzduchu vůči období 1961–1990 nadnormální. Proti období 1991–2020 byly teploty rovněž nadnormální s výjimkou roku 2021, na kterém se podepsaly chladnější měsíce duben a květen. Z hlediska srážek byly sledované ročníky podnormální s výjimkou roku 2021, kdy deštivější období květen–srpen posunulo celkově tento rok nad normál (viz tab. 2).

Tab. 1 Průměrné teploty vzduchu [°C] na stanici U1NOVE01 – Nová ves v horách za normálové období 1961–1990, 1991–2020 a samostatně pro roky 2018–2021 (ČHMÚ, 2022).

Období	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
1961–1990	-4,2	-3,0	0,5	4,7	9,6	12,9	14,4	14,2	10,9	6,5	0,8	-2,5	5,4
1991–2020	-2,5	-1,7	1,5	6,6	10,7	13,8	16,0	15,8	11,4	6,6	1,7	-1,6	6,5
2018	0,3	-5,5	-1,2	10,9	14,2	14,8	17,7	18,4	13,3	8,6	2,4	0,2	7,8
2019	-3,1	1,2	3,7	7,6	8,4	18,7	16,4	17,1	11,4	8,2	2,9	0,7	7,8
2020	-0,2	1,4	1,9	8,2	8,7	14,4	15,4	17,6	12,9	7,3	2,6	-0,5	7,5
2021	-2,9	-1,7	2	2,8	7,7	16,6	16,1	13,7	12,7	6,6	1,7	-0,9	6,2

Za počátek rašení je v tomto případě považován stav, kde jsou poprvé viditelné jehlice. V případě smrku ztepilého většinou dochází k odtržení spodní části šupin krycích pupen. K odhalení špiček jehlic dochází až s odstupem. V rámci vyhodnocení snímků bylo pro každou fotopast vyhodnocováno datum nástupu rašení a datum ukončení rašení, resp.



prodlužování letorostů. Průměrná hodnota nástupu rašení a data ukončení prodlužování letorostů byla vypočtena jako průměr jednotlivých fotopastí.

Měření doprovodných meteorologických parametrů probíhalo uvnitř a vně porostu s využitím přístrojů Minikin Thi. Ty byly v případě pozemních měření umístěny na dřevěné šibenici 2 m nad zemí. Měření v korunách stromů probíhalo v úrovni umístěné fotopasti (14–17 m nad zemí), přístroj byl pověšený na větvi cca 40 cm od kmene. Měření v korunách stromů bylo provedeno pouze za rok 2021.

Pro výpočet denních hodnot teploty vzduchu byl použit vzorec:  $T_{prům.} = [T_{7\ hod.} + T_{14\ hod.} + (T_{21\ hod.} \times 2)]/4$ . Výpočet hodnoty tzv. stupňodní (angl. „growing degree-day“, GDD) byl stanoven na základě výše uvedeného průměru teploty vzduchu a bazické hodnoty 0 °C. V případě, že průměrná teplota byla pod hodnotou 0 °C, byla do výpočtu zahrnuta jako hodnota 0 °C.

Tab. 2 Průměrné úhrny srážek [mm] na stanici U1CEJ01 – Český Jiřetín, Fláje za období 1970–1990, normálové období 1991–2020 a samostatně pro roky 2018–2021 (ČHMÚ, 2022).

Období	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
1970–1990	70,9	56,1	60,8	67,4	85,6	97,7	112,6	109,1	78,7	68,4	80,6	86,2	982,1
1991–2020	89,7	74,6	89,4	57,4	84,8	101,5	106,9	111,2	87,6	81,4	83,9	92,0	1060,4
2018	73,3	8,6	57,6	48,3	37,9	58,2	21	41	53	56,8	17,6	177,4	650,7
2019	194,8	56,1	106,7	28,3	66,7	91,7	43,1	58,1	135,2	69,6	53,2	49,8	953,3
2020	42,1	163,2	66,8	8,3	82,2	117,8	32,8	133,4	71	169,2	29	41,3	957,1
2021	135,8	66,7	68,3	67,9	134,3	156,1	177,6	208,1	43,8	29,2	117,1	75,5	1280,4

### 3. Výsledky

Výsledky vyhodnocení fotografií shrnuje tabulka 3. Z výsledků vyplývá, že se v rámci studovaného porostu vyskytla variabilita v nástupu rašení 19 dní. Nejranější rašící pupeny byly zaznamenány 19. 5. a nejpozdější datum nástupu rašení 7. 6., variabilita v průměrném datu nástupu rašení byla 9 dní. V roce 2019 bylo průměrné datum nástupu rašení 26. 5. 2019, v roce 2020 bylo datum nástupu rašení vypočteno na 28. 5. 2020 a v posledním roce bylo 4. 6. 2021.

Tab. 3 Výsledky monitoringu počátku rašení a ukončení fáze prodlužování v letech 2019, 2020 a 2021, zjištěné jednotlivými fotopastmi na vnitřní (severní, vnitřní) a vnější (jižní straně koruny, vypočtený průměr nástupu těchto fází a stupňodni (GDD) přepočtené k tomuto datu.

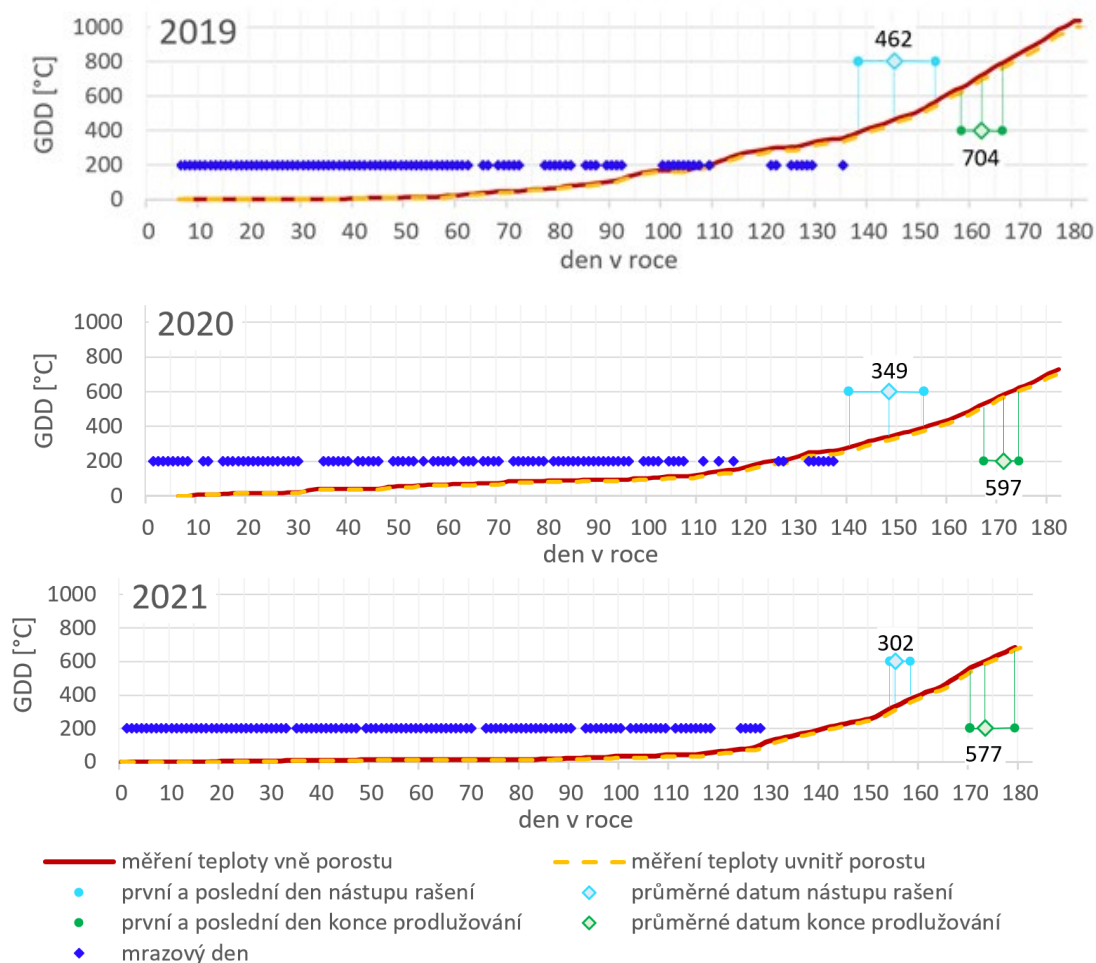
Strom	FP 1 (jižní okraj)	FP 2 (jižní okraj)	FP 3 (střed porostu)	FP4 (jižní okraj)	FP5 (střed porostu)	Průměr	GDD
Pozice fotopasti	vnitřní / vnější	vnitřní/vnější	vnitřní / vnější	vnitřní / vnější	vnitřní / vnější		
<b>2019</b>							
Počátek rašení	27. 5. / 19. 5.	30. 5. / 3. 6.	30. 5. / *	** / 26. 5.	22. 5. / 5. 6.	26. 5.	462
Konec prodlužování	*** / 7. 6.	13. 6. / 15. 6.	16. 6. / *	** / 12. 6.	5. 6. / 10. 6.	11. 6.	704
Doba prodlužování	*** / 19	14 / 12	17 / *	** / 17	14 / 18	16	
<b>2020</b>							
Počátek rašení	2. 6. / 4. 6.	3. 6. / 30. 5.	29. 5. / 22. 5.	24. 5. / 20. 5.	26. 5. / *	28. 5.	349
Konec prodlužování	22. 6. / 20. 6.	20. 6. / 19. 6.	23. 6. / 22. 6.	21. 6. / 18. 6.	16. 6. / *	20. 6.	597
Doba prodlužování	20 / 16	17 / 20	25 / 31	28 / 29	21 / *	23	

2021								
Počátek rašení	3. 6. / *	6. 6. / 7. 6.	3. 6. / *	3. 6. / 4. 6.	* / **	4. 6.	302	
Konec prodlužování	19. 6. / *	26. 6. / 28. 6.	21. 6. / *	21. 6. / 22. 6.	* / **	22. 6.	577	
Doba prodlužování	16 / *	20 / 21	18 / *	18 / 18	* / **	18		

\*) pupeny neraší \*\*) chyba fotopasti \*\*\*) letorosty mimo zorné pole

Monitoring rašení ukázal proměnlivé pořadí v nástupu rašení. Například v roce 2019 na stromě označeném FP1 prokázal monitoring rašení již 19. 5., což byla vůbec nejranější hodnota nástupu rašení a v roce 2020 vyrašily na stromě pupeny poslední. Zajímavým zjištěním proti původnímu očekávání je, že na úrovni jednotlivých větví neplatí, že se rašení nejdříve objevuje na osluněné straně stromu, a ani předpoklad, že osluněné stromy na jižním okraji porostu budou rašit dříve než stromy uvnitř porostu. Druhým hodnoceným parametrem byla doba prodlužování rašících letorostů. V průběhu monitoringu se délka rašení pohybovala od 16 do 23 dní. Nejkratší doba prodlužování byla zaznamenána na stromě FP2 na vnější, tedy jižní straně, kdy rašení probíhalo pouze 12 dní. Nejdelší období prodlužování bylo zaznamenáno na stromě FP3, opět na jižní, osluněné, straně koruny. Fáze prodlužování zde trvala 31 dní.

Na základě údajů získaných prostřednictvím zařízení Minikin Thi, umístěných vně porostu, uvnitř porostu a v korunách stromů byl stanoven výskyt mrazových dní ve sledovaném období. Z výsledků vyplynulo, že za období měření (2019 a 2020 na základě údajů pozemního měření, 2021 na základě měření v korunách stromů i pozemního měření), nebyl zaznamenán výskyt mrazových dní v období rašení. Výskyt mrazových dní dokumentuje obrázek č. 3.



Obr. 3 Narůst hodnoty stupňodní (GDD) [°C] v průběhu první poloviny roku pro roky 2019, 2020 a 2021 s vyznačeným výskytem mrazových dní a vyznačenými hodnotami prvního, průměrného a posledního dne počátku rašení a prvního, průměrného a posledního dne ukončení fáze prodlužování.

## 4. Diskuze

Výsledky ukazují nejednoznačný vzorec nástupu rašení ve smyslu jednotlivých stromů a pozice pupenu na stromě. Předpoklad byl, že na teplejších a slunnějších stanovištích a pozicích stromu nastupuje rašení dříve. V některých případech se však ukázalo, že pupeny ve vnitřní části koruny a uvnitř porostu vyrašily dříve. Tento jev mohl být způsoben několika faktory, jejichž ověření by si vyžádalo dodatečný výzkum. Zaprvé, vybrané pupeny mohly mít specifické chování z hlediska rašení v rámci dané větve. Pro vyloučení tohoto faktoru by bylo nutné provést hodnocení na více pupenech v rámci jedné větve. Další roli mohl hrát zdravotní stav větve. Tento faktor se těžko hodnotí, neboť před umístěním fotopastí by muselo dojít k detailnímu posouzení, které by bylo vhodné doplnit i doprovodnými fyziologickými měřeními. Navíc při víceletém měření na jedné větvi mohlo dojít ke změně zdravotního stavu. Na počátku měření byly vybrané větve v dobré stavu, neobjevovaly se chlorózy ani nadměrný opad jehličí. Některé větve na konci monitorovacího období vykazovaly mírně vyšší úroveň defoliace než větve okolní. Opatřením pro zmírnění vlivu tohoto faktoru je maximální šetrnost při manipulaci se zařízením a případná změna polohy fotopasti při významném zhoršení zdravotního stavu.

Jedním z faktorů, jehož vliv byl na počátku anticipován, byl vliv postavení stromu v rámci prostu, tedy pozice na okraji nebo uvnitř porostu. Výsledky však ukazují, že v některých případech strom umístěný na okraji vyrašil později než uvnitř porostu. Roli v tomto případě mohl hrát fakt, že v úrovni 14–17 m nad zemí jsou už koruny stromů méně, nebo vůbec ovlivněny zastíněním okolními stromy. Vliv pozice stromu na počátek rašení tak mohl být natolik potlačen, že se zásadněji neprojevil.

Ukázalo se, že důležitým faktorem pro stanovení počátku rašení by mohlo být samotné vymezení pojmu „rašení“. V rámci této studie jsme se pokusili o co nejednoznačnější vymezení: „pokud se protrhnou krycí šupiny a dojde k odhalení nových jehlic“. Detailní pohled na rašící pupeny však ukázal značnou variabilitu i při použití tohoto parametru. V některých případech došlo k situaci, kdy rašící pupeny výrazně, několikanásobně zvětšily svůj objem a teprve poté došlo k protržení krycích šupin. U některých pupenů došlo k protržení záhy po zahájení zvětšování. Pro další studie tohoto typu by z hlediska porovnatelnosti bylo vhodné použít jinou metriku zahájení rašení. S využitím takto detailního monitoringu, jaký představila tato práce, se nabízí možnost využít parametru zvětšení velikosti pupenu nad předem danou mez.

Přestože variabilita jarních fenofází většiny druhů rostlin v Evropě je nejvíce ovlivněna teplotou vzduchu (Bertin, 2008), pro zpřesnění odhadu a zlepšení vysvětlující schopnosti parametru stupňodní na jednotlivé fenofáze by bylo vhodné měření doplnit dalšími doplňujícími měřeními – fotoperioda, teplota půdy. Na příkladu růže diskutuje dopady těchto faktorů Pasion and Lieth (1994).

## 5. Závěr

V letech 2019–2021 byl proveden tříletý monitoring rašení smrku ztepilého s využitím modifikovaných fotopastí se zkráceným bodem ostření. Tento detailní monitoring demonstroval variabilitu nástupu fenofází v rámci jednoho porostu i v rámci jednoho stromu. Z výsledků vyplynulo, že doba rašení ve studovaném porostu nastupuje mezi posledním týdnem v květnu a prvním týdnem v červnu. Průměrná doba prodlužování letorostu ve studovaném období byla 20 dní. Z dat vyplynulo, že letorosty na severní straně stromu mohou rašit dříve než letorosty uvnitř porostu. U jednotlivých stromů nebylo rovněž zaznamenáno stabilní pořadí rašení a nebyl potvrzen předpoklad, že stromy uvnitř porostu raší vždy později než na jižním okraji porostu. Výsledky potvrzují, že je nutné pro hodnocení nástupu jednotlivých fenofází využívat údaje z více částí porostu.

V průběhu jarního rašení let 2019, 2020 a 2021 nebyl prokázán výskyt mrazových dní v době rašení smrku ztepilého.

Testovaný koncept detailního monitoringu s využitím modifikovaných fotopastí se ukázal jako v praxi využitelný. Zlepšení by přineslo využití fotopastí odesílajících data ihned po nasnímání. Tím by byla zajištěna kontinuální kontrola stavu fotopasti a kvality snímání.

**Literatura:**

ALBERTON, B., TORRES, R., CANCIAN, L. F., BORGES, B. D., ALMEIDA, J., MARIANO, G. C., DOS SANTOS, J., MORELLATO, L. P. C., 2017. Introducing digital cameras to monitor plant phenology in the tropics: applications for conservation, *Perspectives in Ecology and Conservation*, Volume 15, Issue 2, Pages 82–90. ISSN 2530-0644, <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.06.004>.

BERTIN, R. I., 2008. Plant phenology and distribution in relation to recent climate change. *Journal of the Torrey Botanical Society* **135**(1), pp 126–146.

CUTLER, T. L., SWANN, D. E., 1999. Using remote photography in wildlife ecology: a review. *Wildlife Society Bulletin* **27** (3): 571–581.

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. Geologická mapa 1 : 25 000. [online] Česká geologická služba. [cit. dne 23. 6. 2022]. Dostupné na WWW < <https://mapy.geology.cz/geocr25/> >

ČHMÚ, 2022. Historická data – Meteorologie a klimatologie. Denní data [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav. Publikováno dne 22.3.2022 [cit. dne 1.6.2022]. Dostupné na www <<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb>>

KUCERA, T. E., BARRETT R. H., 2011. A history of camera trapping. In: O'CONNELL A. F., NICHOLS, J. D., KARANTH, K.U. (eds) Camera traps in animal ecology. Springer, Tokyo, pp 9–26.

NEZVAL, O., 2019. PhenoCam: Nová metoda pro detekování fenologických fází ve smrkové monokultuře na stanici Rájec, Dražanská vrchovina In: ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T. (Eds.). Fenologie, její význam a užití. Modrá 11.–12. 4. 2019, VÚMOP v.v.i., Praha. ISBN 978-80-87361-98-6

PASIAN, C. C., LIETH, J. H., 1994. Prediction of flowering rose shoot development based on air temperature and thermal units. *Scientia Horticulturae* **59**, 131–145

PETACH A. R., TOOMEY, M., AUBRECHT, D. M., RICHARDSON, A. D., 2014. Monitoring vegetation phenology using an infrared-enabled security camera, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volumes **195–196**, 2014, Pages 143–151 ISSN 0168-1923, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.05.008>.

ROVERO, F., ZIMMERMANN, F., BERZI D., MEEK, P. D., 2013. “Which camera trap type and how many do I need?” A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* **24**(2) DOI: 10.4404/hystrix-24.2-8789

UHE, L., ALBRECHT, K., SCHLEICHER, A., ENGLER, J. O., 2020. Adjusting trail cameras to improve monitoring of small open cup nesting birds. *Journal of Ornithology* **161**(4). DOI: 10.1007/s10336-020-01758-9

ÚHÚL, 1998. Oblastní plán rozvoje lesu. Přírodní lesní oblast 01 Krušné hory. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem.

**Klíčová slova:** fotopasti, rašení, fenologie

# Klimatická zmena a modelovanie stomatálnej vodivosti a ozónových dávok v horskom prostredí Vysokých Tatier

Anna Buchholcerová<sup>1,2</sup>, Veronika Lukasová<sup>1</sup>, Svetlana Bičárová<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Slovenská Akadémia vied, Ústav vied o Zemi, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava, Slovenská republika, [geofhabu@savba.sk](mailto:geofhabu@savba.sk)

<sup>2</sup>Univerzita Komenského, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava

## Abstrakt

Negatívny vplyv zvýšených koncentrácií prízemného ozónu na vegetáciu je u odbornej verejnosti známy, aj keď presný mechanizmus jeho účinkov a dopady na vegetáciu sa stále podrobne skúmajú. Jednou z metód kvantifikácie dopadov ozónu na vegetáciu sú ozónové dávky. Určujúcim faktorom pri modelovaní ozónových dávok je stomatálna vodivosť ( $g_{sto}$ ,  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), ktorá je významne ovplyvnená meteorologickými a environmentálnymi podmienkami. Na výpočet stomatálnej vodivosti bol použitý modifikovaný Jarvisov model, ktorý je odporúčaný Európskou hospodárskou komisiou UNECE. Ako vzorovú vegetáciu horského prostredia sme vybrali borovicu horskú, *Pinus mugo*, ktorá v pohorí Vysoké Tatry tvorí husté porasty. Vstupné údaje pre modelovanie ozónových dávok pozostávajú predovšetkým z hodinových meraní meteorologických prvkov počas vegetačného obdobia. V príspevku porovnáваме namodelované hodnoty  $g_{sto}$  z rokov 2015–2020 s hodnotami namodelovanými z údajov odvodených podľa emisných scenárov RCP pre stanicu Skalnaté pleso (1778 m n. m.). Výsledky modelovania poukazujú na zvyšovanie fytotoxických ozónových dávok pre borovicu horskú, a tieto nárasty sú podmienené nárastom teploty vzduchu a koncentrácie prízemného ozónu.

## 1. Úvod

Dopady klimatickej zmeny sú pozorovateľné už v súčasnosti, primárne v náraste teploty vzduchu a zvýšenej extrémy prejavov počasia. Podľa Medzinárodného panelu pre klimatickú zmenu IPCC je predpokladaný ďalší nárast teploty vzduchu pre rôzne emisné scenáre RCP2.6 až RCP8.5 do roku 2100 v porovnaní s rokmi 1986 až 2005 o 4,8°C. Pozorované trendy teploty vzduchu na horách zodpovedajú približne +0,3°C za desaťročie (s intervalom istoty  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ), čo prevyšuje globálne hodnoty nárastu teploty vzduchu +0,2°C za desaťročie s intervalom istoty  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  (IPCC, 2018). Miera otepľovania sa líši pre jednotlivé oblasti, nadmorské výšky i ročné obdobia (Hock et al. 2019, Pepin et al. 2015). Tieto odlišnosti sú spôsobené komplexnými procesmi a spätnými väzbami charakteristickými pre horské prostredie a zatiaľ nie sú dostatočne vysvetlené (Pepin et al. 2015). S nárastom teploty vzduchu súvisí aj zmena skupenstva zrážok a vlhkosť podmienky. Pre rôzne pohoria, medzi inými aj Alpy a Karpaty, sa predpokladá nárast zrážok o 5 až 20%. Snehové zrážky vykazujú vysokú medziročnú variabilitu. Napriek tomu je najmä pre nižšie nadmorské výšky pozorovaný pokles výšky snehovej pokrývky i trvania obdobia so snehovou pokrývkou o v priemere 5 dní za 10 rokov od začiatku 20. storočia (Hock et al. 2019). Vplyv klimatickej zmeny vedie k nárastu obsahu vlhkosti vo vzduchu (Hock et al. 2019).

Podľa práce Vingarzan (2004) je tiež očakávaný nárast pozadových koncentrácií prízemného ozónu na hodnoty v rozsahu 42–84 ppbv v roku 2100. Príčinou zvýšenia koncentrácie ozónu má byť nárast emisií metánu ( $\text{CH}_4$ ), globálne otepľovanie a znížená titrácia ozónu oxidmi dusíka ( $\text{NO}_x$ ) (Sicard et al. 2017).

V tejto práci sme modelovali stomatálnu vodivosť a tok ozónu do vegetácie podľa Jarvisovho multiplikatívneho modelu a metodiky skupiny ICP Vegetation (ICP Vegetation, 2017) pre potenciálne nárasty teploty vzduchu a hladiny koncentrácie ozónu, ktoré sú dôležitými vstupmi vo výpočte. Cieľom práce je popísať možný vplyv týchto zmien na ozónové dávky do vegetácie. Práve horská vegetácia môže byť výrazne ovplyvnená klimatickými zmenami, a to hlavne z dôvodu všeobecného predĺženia vegetačného obdobia a kvôli častejšiemu výskytu podmienok s vysokou priechodovou vodivosťou, ktoré naopak v nížinných oblastiach môžu ustupovať. Výsledky modelovaných hodnôt podľa emisných scenárov sme porovnali s modelovanými hodnotami pre obdobie 2015–2020.

## 2. Metodika

### 2.1 Použité údaje

Na modelovanie boli použité údaje z rokov 2015–2020 z meraní koncentrácií prízemného ozónu z prístroja Thermo Electron Environmental 49C a automatické merania meteorologických prvkov systému Physicus (teplota a vlhkosť vzduchu, intenzita slnečného žiarenia, bilancia žiarenia), ktorý bol na stanici Skalnaté pleso nainštalovaný v roku 2014.

### 2.2 Modelovanie fyto toxických ozónových dávok

Určenie ročných kumulatívnych fyto toxických ozónových dávok *POD* prebiehalo v štyroch krokoch. V prvom kroku boli určené hodinové štartovacie hodnoty pre všetky vstupné meteorologické premenné pre veľké vegetačné obdobie a teplota vzduchu pre celý rok. Ako štartovacie hodnoty sme určili hodinové hodnoty jedného zo sledovaných rokov 2015–2020, ktorého ročné ozónové dávky *POD* sa najviac približovali priemernej hodnote za pozorované obdobie. Následne sme k štartovacím hodnotám teploty vzduchu plošne pripočítali rôzne teplotné prírastky, čím vznikli ročné súbory údajov zodpovedajúce jednotlivým teplotným prírastkom. Teplotné prírastky zodpovedali rozsahu nárastu teploty vzduchu až do hodnoty 4,8°C voči 20-ročnému obdobiu 1986–2005, pričom táto hodnota označuje hornú hranicu nárastu teploty vypočítanú pre emisný scenár RCP8.5 (IPCC 2014). Prízemný ozón bol modelovaný pre predpokladané požadovacie hodnoty zodpovedajúce roku 2100 42–84 ppbv (Vingarzan, 2004).

Druhým krokom bolo určenie začiatku a konca veľkého vegetačného obdobia pre každý teplotný prírastok osobitne. Začiatok veľkého vegetačného obdobia je definovaný ako deň nasledujúci hneď po prvom výskyte piatich po sebe idúcich dní, počas ktorých priemerná denná teplota vzduchu presahuje teplotu vzduchu 5°C. Koniec veľkého vegetačného obdobia je určený ako deň nasledujúci po piatich po sebe idúcich dňoch, kedy teplota vzduchu neprekročí hranicu teploty vzduchu 5°C. Koniec veľkého vegetačného obdobia sa hľadá až po 180.-tom dni v roku (Gao et al., 2022). Tretím krokom na stanovenie ozónových dávok bolo určenie stomatálnej vodivosti ozónu do vegetácie  $g_{sto}$ , ktorú sme vypočítali z meteorologických prvkov teplota a vlhkosť vzduchu, intenzita slnečného žiarenia a bilancia žiarenia prostredníctvom modifikovaného Jarvisovho modelu s predpisom (Mills a kol., 2017):

$$g_{sto} = g_{max} \cdot f_{phen} \cdot f_{light} \cdot \max\left\{f_{min}, (f_{temp} \cdot f_{VPD} \cdot f_{SWP})\right\}$$

kde  $g_{max}$  označuje maximálnu stomatálnu vodivosť vegetácie. Písmenom  $f$  sú označené bezrozmerné modifikačné faktory nadobúdajúce hodnoty medzi 0 a 1. Sú nimi fenologický faktor  $f_{phen}$ , faktor žiarenia  $f_{light}$ , minimálny faktor  $f_{min}$ , faktor teploty vzduchu  $f_{temp}$ , faktor vlhkosti vzduchu  $f_{VPD}$  a faktor pôdnej vlhkosti  $f_{SWP}$ . Jednotlivé modifikačné faktory boli určené z hodinových hodnôt meteorologických prvkov a prípadných parametrov. Použitá parametrizácia vychádzala z článku (Bičárová et al. 2019). Hodnoty teploty vzduchu boli upravené podľa vyššie uvedeného postupu teplotných prírastkov. Hodinové hodnoty vlhkosti vzduchu boli pre jednotlivé teplotné prírastky určené zo štartovacích hodnôt teploty a vlhkosti vzduchu, na základe zachovania konštantného tlaku vodnej pary.

Štvrtým krokom je výpočet toku ozónu do vegetácie  $F_{st}$  podľa predpisu (Mills a kol., 2017):

$$F_{st} = cO_3 \cdot \frac{g_{sto}}{41000} \cdot \frac{r_c}{r_b + r_c}$$

Koncentrácia prízemného ozónu je označená  $cO_3$ , 41000 je konverzným faktorom,  $r_b$  označuje odpor kvázilaminárnej vrstvy a  $r_c$  odpor listového povrchu. Podobne ako teplotu vzduchu sme plošne menili aj hodnoty pre koncentráciu prízemného ozónu v rozsahu do hodnoty priemernej ročnej koncentrácie 84 ppbv, ktorá zodpovedajú maximálnej predpovedanej požadovej koncentrácii ozónu pre rok 2100 podľa Vingarzan (2004).

Samotné ročné kumulatívne fyto toxické ozónové dávky sú určené nasledujúcim predpisom:

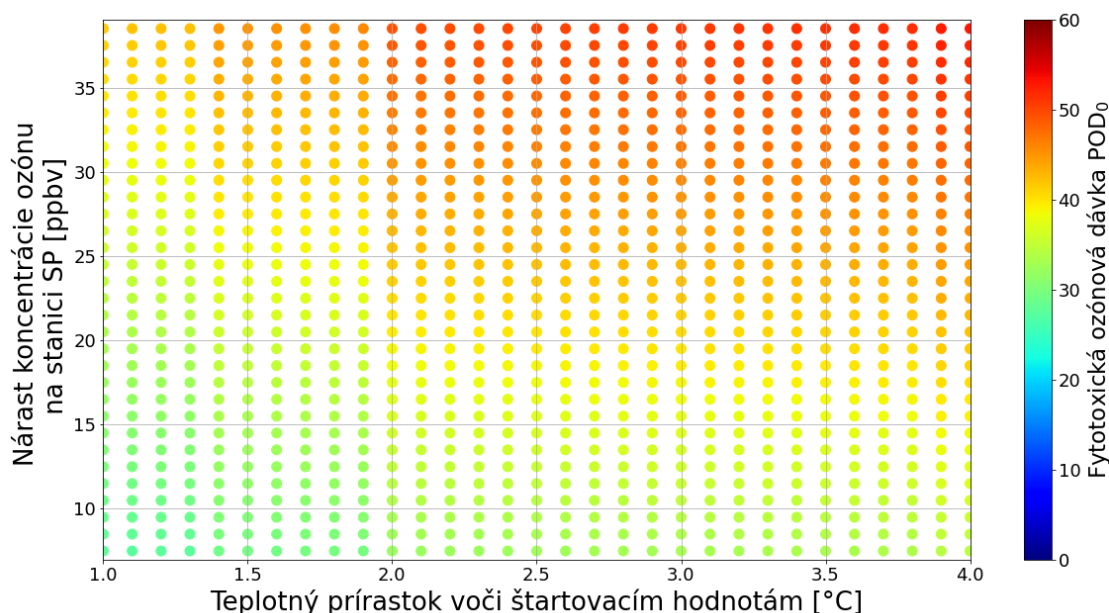
$$POD_Y = \sum (F_{st} - Y) \cdot \left(\frac{3600}{10^6}\right) mmol m^{-2} PLA$$

kde suma sčítava všetky hodinové hodnoty toku ozónu do vegetácie  $F_{st}$  počas vegetačného obdobia. Za index  $Y$  sa obyčajne používajú hodnoty 0 alebo 1. Hodnota 0 zaznamenáva všetky toky ozónu do vegetácie, hodnota 1 iba tie vyššie

ako 1 a teda predpokladá istú antioxidačnú kapacitu vegetácie. Kritická úroveň pre lesné ihličnaté druhy bola stanovená na  $POD_1 = 9,2 \text{ mmol m}^{-2} \text{ PLA}^1$  za rok a zodpovedá poklesu ročného prírastku vegetácie o 2% (Mills a kol. 2013).

### 3. Výsledky

Za štartovacie hodnoty popisujúce prostredie Skalnatého plesa boli určené hodnoty roka 2017. Jeho fytotoxické ozónové dávky  $POD_0 = 21,3 \text{ mmol m}^{-2} \text{ PLA}$  a  $POD_1 = 14,4 \text{ mmol m}^{-2} \text{ PLA}$  zodpovedali stredným hodnotám  $POD_0$  a  $POD_1$  pre obdobie 2015 až 2020. Modelovanie fytotoxických dávok  $POD_0$  a  $POD_1$  pre jednotlivé prírastky teploty vzduchu a hladiny koncentrácie ozónu sme vizualizovali na Obrázkoch 1. a 2. Každý jeden bod na obrázku predstavuje jednu modelovanú ročnú hodnotu fytotoxickéj ozónovej dávky pre borovicu horskú, prislúchajúcu určitému teplotnému prírastku a prírastku požadovej koncentrácie ozónu. Na obrázkoch sa nárast teploty vzduchu prirátaval k priemernej teplote vzduchu pre rok 2017 ( $3,2^\circ\text{C}$ ) a koncentrácie ozónu 48 ppbv k nim sme podľa hodnoty teploty v rokoch 1986–2005 ( $2,3^\circ\text{C}$ ) a ozónu v roku 2000 (41 ppbv) určili možné nárasty pre rok 2100. Na Obrázkoch 1. a 2. sú pozorovateľné farebné vertikálne skoky v hodnotách  $POD_0$  a  $POD_1$  pri niektorých hodnotách teploty vzduchu (napr. približne  $1,4$  alebo  $2,0^\circ\text{C}$ ). Tieto skoky sú spôsobené odlišnou dĺžkou použitého vegetačného obdobia, ktoré sme určili podľa veľkého vegetačného obdobia určeného práve z teplôt vzduchu. Nárast hodnôt  $POD$  bol pre zmeny teploty vzduchu aj pre koncentrácie ozónu popísaný rastúcou monotónnou funkciou.



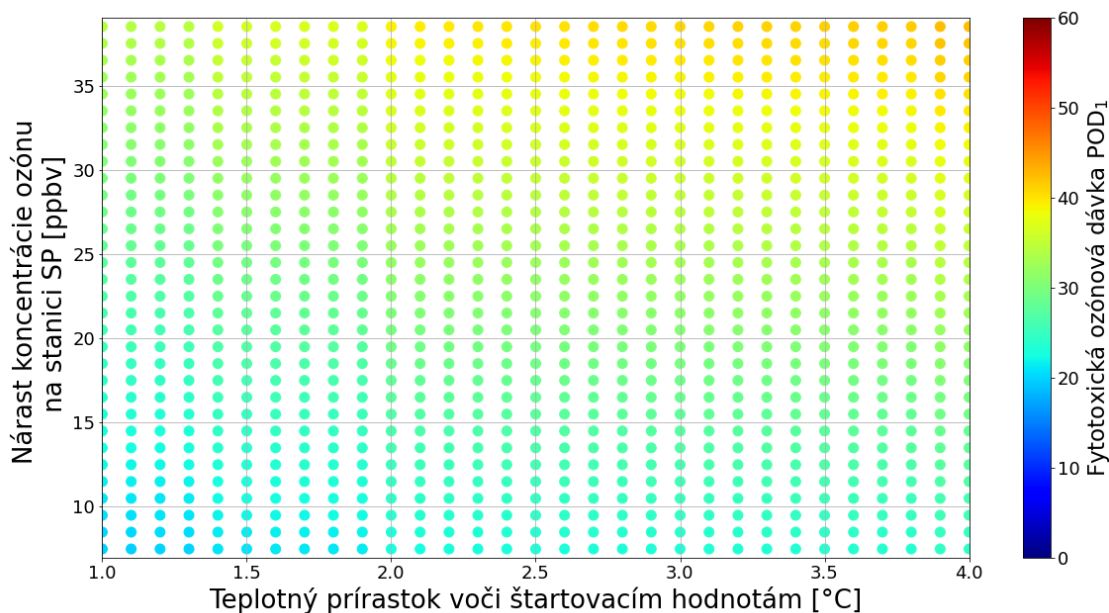
Obr. 1 Ročné fytotoxické ozónové dávky  $POD_0$  [ $\text{mmol m}^{-2} \text{ PLA}$ ] pre nárasty teploty vzduchu v rozsahu o  $4,8^\circ\text{C}$  od priemernej hodnoty  $2,3^\circ\text{C}$  pre obdobie 1986–2005 pre príslušné nárasty požadových ozónových koncentrácií až do hodnoty 84 ppbv. Priemerná ročná štartovacia hodnota pre teplotu vzduchu bola  $3,2^\circ\text{C}$  a pre koncentrácie ozónu 48 ppbv.

Maximálne dosiahnuté hodnoty pre nárast teploty vzduchu o  $4,8^\circ\text{C}$  od priemeru z obdobia 1986–2005 a hodnotu koncentrácie prízemného ozónu 84 ppbv zodpovedali pravému hornému rohu na grafe, pre  $POD_0 = 55 \text{ mmol m}^{-2} \text{ PLA}$  a pre  $POD_1 = 44 \text{ mmol m}^{-2} \text{ PLA}$ . Hodnota pre  $POD_1$  presahuje kritickú úroveň pre lesy približne 5-násobne. Pre pozorované obdobie 2015–2020 boli pozorované 1- až 2-násobné presahy kritickej úrovne. Napriek predpokladu, že zvyšovanie teploty vzduchu zvýši jej hodnoty do oblastí mimo optimálnej teploty pre stomatálnu vodivosť, tento jav sme na grafoch nepozorovali.

<sup>1</sup> PLA – projektovaná listová plocha

Tab. 1 Hodnoty fyto toxických ozónových dávok pre roky 2015–2020 [mmol m<sup>-2</sup> PLA] na stanici Skalnaté pleso.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
POD <sub>0</sub>	16,0	23,7	21,2	27,7	20,7	18,7
POD <sub>1</sub>	9,8	15,8	14,5	19,3	14,6	12,6

Obr. 2 Ročné fyto toxické ozónové dávky POD<sub>1</sub> [mmol m<sup>-2</sup> PLA] pre nárasty teploty vzduchu v rozsahu o 4,8°C od priemernej hodnoty 2,3°C pre obdobie 1986–2005 pre príslušné nárasty pozad'ových ozónových koncentrácií až do hodnoty 84 ppbv. Priemerná ročná štartovacia hodnota pre teplotu vzduchu bola 3,2°C a pre koncentrácie ozónu 48 ppbv.

## Záver

Práca vytvorila jednoduchú predpoveď fyto toxických ozónových dávok pre možné podmienky do roka 2100. Príspevok poukázal na nárast fyto toxických dávok pre zvyšujúce sa teploty vzduchu aj pozad'ové koncentrácie. Zatiaľ neboli vzaté do úvahy nerovnomerné rozloženie nárastu teploty vzduchu a koncentrácií ozónu v priebehu roka a príspevok taktiež nepredpokladá nárast obsahu vodnej pary vo vzduchu. Napriek týmto nedostatkom predpokladáme významný vplyv predĺženia vegetačného obdobia na kumulatívne ozónové dávky a teda potenciálne aj na prosperitu sledovanej vegetácie v podmienkach Skalnatého plesa.

## Pod'akovanie:

Táto práca vznikla vďaka ústretovosti usporiadateľov konferencie a finančne bola podporená grantom Vedeckej agentúry VEGA 02/0093/21.

## Literatura:

- BIČÁROVÁ, S., SITKOVÁ, Z., PAVLENDOVÁ, H., FLEISCHER, P., BYTNEROWICZ, A., FLEISCHER, P. jr, 2019. The role of environmental factors in ozone uptake of pinus mugo turra. *Atmospheric Pollution Research*, Vol: 10(1), s. 283–293.
- GAO, S., LIANG, E., LIU, R., BABST, F., CAMARERO, J.J., FU, Y.H., PIAO, S., ROSSI, S., SHEN, M., WANG, T. a PENUELAS, J., 2022. An earlier start of the thermal growing season enhances tree growth in cold humid areas but not in dry areas. *Nature Ecology & Evolution*, Vol: 6, s. 397–404.



HOCK, R., RASUL, G., ADLER, C., CÁCERES, B., GRUBER, S., HIRABAYASHI, Y., JACKSON, M., KÄÄB, A., KANG, S., KUTUZOV, S., MILNER, A., MOLAU, U., MORIN, S., ORLOVE, B., a STELTZER, H., 2019. High Mountain Areas. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [Editori: Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Alegria, A., Nicolai, M., Okem, A., Petzold, J., Rama, B., Weyer, N.M.]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, s. 131–202.

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Editori: Pachauri, R.K. and Meyer, L.A.]. Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC, 2018. Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, Maycock, M. Tignor and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

MILLS, G., HARMENS, H., HAYES, F., PLEIJEL, H., BUKER, P., GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, I., ALONSO, R., BENDER, E., BERGMANN, J., BERMEJO, V., BRAUN, S., DANIELSSON, H., GEROSA, G., GRÜNHAGE, L., KARLSSON, P.E., MARZUOLI, R., SCHAUB, M., SIMPSON, D., 2017. Mapping critical levels for vegetation revised chapter 3 of the manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. *The International Co-operative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops*, s. 1–66.

PEPIN, N. et al., 2015. Elevation-dependent warming in mountain regions of the world. *Nature Climate Change*, Vol: **5**, 424, doi:10.1038/nclimate2563.

SICARD, P., ANAV, A., DE MARCO, A., PAOLETTI, E., 2017. Projected global ground-level ozone impacts on vegetation under different emission and climate scenarios. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol: **17**, s. 12177–12196.

VINGARZAN, R., 2004. A review of surface ozone background levels and trends. *Atmospheric Environment*, Vol. **38**, s. 3431–3442.

**Klíčová slova:** přízemný ozón, ihličnaté stromy, depozícia do vegetácie, klimatická zmena

# Vliv stanovištních podmínek na průběh vlhkosti v kořenové zóně stromů v městském prostředí

Jana Burgová<sup>1</sup>, Petr Salaš<sup>1</sup>, Jaroslav Rožnovský<sup>1</sup>, Irena Drobiličová<sup>1</sup>, Josef Kasala<sup>2</sup>, Tomáš Trnka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MENDELU, Zahradnická fakulta, Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin, Valtická 337, 691 44, Lednice [jana.burgova@mendelu.cz](mailto:jana.burgova@mendelu.cz)

<sup>2</sup> VEŘEJNÁ ZELEŇ MĚSTA BRNA, příspěvková organizace, Kounicova 1013/16a, 602 00 Brno, [www.vzmb.cz](http://www.vzmb.cz)

## Abstrakt

Význam dřevin ve městském prostředí je v poslední době velice aktuálním tématem, zejména pokud se jedná o vliv dřevin na tepelný ostrov města. K tomu, aby dřeviny mohly plnit všechny svoje funkce, musí být splněny požadavky pro jejich optimální růst. Důležitým faktorem, který tuto skutečnost ovlivňuje, jsou půdní podmínky, kde mimo jiných důležitou roli hraje přístupnost vzduchu a vody pro kořeny dřevin. Zhutnění nebo nepropustné materiály, zvláště vyskytující se v městském prostředí, negativně ovlivňují vodní a vzdušný režim v půdě. V případě nevyhovujícího stavu, kdy se toto negativně projevuje na růstu dřevin, je možné provést některá nápravná opatření, mezi něž můžeme zařadit použití půdních kondicionérů, aplikovaných formou injektáže přímo ke kořenům dřevin. Příspěvek se zabývá vlivem stanovištních podmínek a úpravou vlhkostních poměrů v kořenové zóně stromů v městském prostředí. U vybraných druhů dřevin byla na dvou stanovištích provedena injektáž půdního kondicionéru Hydrogel. Následně byly zaznamenávány vlhkostní poměry na těchto stanovištích ve dvou hloubkách 0,1–0,4 m a 0,4–0,7 m. Na základě zaznamenaných hodnot lze říci, že injektáž půdního kondicionéru Hydrogel měla pozitivní vliv na průběh vlhkostí půdy na pokusném stanovišti na ul. Lipová, a to ve druhé polovině sledovaného období. Na pokusném stanovišti na ul. Štefánikova se vliv aplikace Hydrogel neprojevil.

## 1. Úvod

V současnosti je aktuálním tématem vliv tepelného ostrova města na kvalitu života lidí žijících ve městě, a také možnosti zmírnění jeho negativních dopadů (Schwaab et al., 2021, Ribeiro et al., 2021). Zeleň, zejména pak dřeviny, mohou účinně snižovat tyto negativní dopady (Lanza a Stone, 2016). Tepelný ostrov města ovlivňuje i samotné dřeviny, jak kladně, tak i negativně. K tomu, aby mohly dřeviny plnit funkci omezování vzniku a velikosti tepelného ostrova města, je nutno zajistit optimální podmínky pro jejich růst, vyhovující zdravotní stav a vitalitu. Dostatečná zásoba vody v půdě je jedním z rozhodujících faktorů, které tyto parametry ovlivňují (Schwaab et al., 2021). Ne u všech výsadeb v městském prostředí je možné v případě delšího období sucha doplňovat zásobu vody v půdě v potřebném množství, zejména pak pokud se jedná o vzrostlé stromy, které mají rozsáhlý kořenový systém. Tyto jsou pak v podstatě odkázány na dešťové srážky a vlastnosti půdy, ve které rostou, zadržet tuto srážkovou vodu. Množství srážkové vody, jež je půda schopna zadržet, závisí od různých faktorů, mezi něž patří například i pokryv povrchu půdy (Vico et al., 2013). Je to výrazné zejména v případech, pokud je tento pokryv z materiálů částečně, nebo úplně nepropustných pro vodu. Důležitý je také fyzikální stav půdy, zejména utužení. Nepříznivé půdní hydrologické podmínky můžeme do jisté míry upravit a tím zlepšit růst a vitalitu dřevin (Schütt et al., 2022). Jedním z řešení, které lze využít i u stávajících výsadeb, je injektážní aplikace látek s hydroabsorpční povahou. Příspěvek se zabývá studiem vlivu různých stanovištních podmínek na průběh vlhkostí v kořenové zóně stromů a vlivu aplikace půdního kondicionéru Hydrogel formou injektáže do kořenové zóny modelových dřevin.

## 2. Metodika

### Charakteristika modelových stanovišť

Modelové území se nachází v Jihomoravském kraji ve městě Brno, které je druhým největším městem v České republice s počtem obyvatel přibližně 379 tisíc, a o rozloze 230,18 km<sup>2</sup>. Nadmořská výška města se pohybuje mezi 190–497 m n. m. Průměrné roční srážky (1991–2020) jsou 511 mm a průměrná roční teplota dosahuje 10 °C (ČHMÚ, 2022). V rámci města Brna byla vytipována dvě pokusná stanoviště, a to na ulici Štefánikova a Lipová.

Ulice Štefánikova se nachází v městské části Brno – Ponava a je rušnou širokou ulicí s hustou dopravní sítí. Na ulici se mimo jiné nachází liniové výsadby stromů, v níž převažuje druh *Tilia cordata* Mill. Jedná se o starší výsadbu, dřeviny je možné zařadit do fáze dospělosti. Patu kmenů obklopuje čtvercová plocha půdy o velikosti zhruba 2–3 m<sup>2</sup>.

Ulice Lipová se nachází v městské části Brno-Pisárky a je rušnou svažitou ulicí s frekventovanou dopravou, ulice spojuje dva významné body, a to Vaňkovo náměstí na Žlutém kopci a ulici Hlinky. Po obou stranách komunikace se nacházejí přerušované zatravněné pásy. Z jižní strany ulice jsou vysázeny v zatravněných pásích, širokých 1,2 m, dřeviny druhu *Tilia cordata* Mill. Jedná se již o aklimatizovanou mladou výsadbu.

Na každé z uvedených dvou lokalit byly vytipovány dva stromy, u nichž byla měřena objemová vlhkost půdy. U jednoho ze stromů byla provedena injektáž půdního kondicionéru Hydrogel za účelem zvýšení vlhkosti půdy (dále varianta Injektáž Hydrogel) a druhý byl ponechán bez jakéhokoliv zásahu (dále varianta Kontrola).

### Injektáž

Na modelových stanovištích byla provedena u vybraných dřeviny injektáž půdního kondicionéru Hydrogel, dodaném firmou Falconry s.r.o., Kozmice. Injektáž byla provedena injektorem značky VOGT Geo Injector, samotná injektáž byla provedena pracovníky Veřejné zeleně města Brna. Injektážní roztok byl připraven v smícháním 0,5 kg Hydrogelu v 50 l vody s následnou aplikací pomocí injektoru. Samotná injektáž probíhala tak, že se pomocí tlaku vzduchu zasune injektor do požadované hloubky, vtlačení vzduchu se půdní prostor provzdušní a vytvoří se otvory, do kterých se posléze aplikuje roztok Hydrogelu aktivovaný vodou. Jednotlivé vpichy byly provedeny ve vzdálenosti 1 m od sebe.

### Zaznamenávání srážek

Při hodnocení byly použity srážkové údaje z automatické meteorologické stanice, umístěné na Mendlově náměstí v Brně a provozované firmou Amet – sdružení Litschmann & Suchý, Velké Bílovice. Výběr této stanice byl zvolen s ohledem na to, že tato stanice se nachází nejbližší k pokusným stanovištím.

### Monitorování půdní vlhkosti

V roce 2020 byla na modelových stanovištích zaznamenávána objemová vlhkost půdy (% obj.) pomocí snímačů VIRIB (AMET Velké Bílovice). Na každém stanovišti byly snímače umístěny u obou variant (Kontrolní varianta a varianta Injektáž Hydrogel) do dvou hloubek 0,1–0,4 m a 0,4–0,7 m. Snímače byly připojeny k dataloggeru MINILOG Fiedler České Budějovice), který zaznamenával objemovou vlhkost půdy v 15minutových intervalech. Datalogger byly stahovány pomocí softwaru Most 2.3. Záznamy o vlhkosti půdy byly vztaženy k srážkovým událostem.

### Analýza dat

Analýza zaznamenaných dat, jako i grafy byly vytvořeny v programu MS Excel 2016.

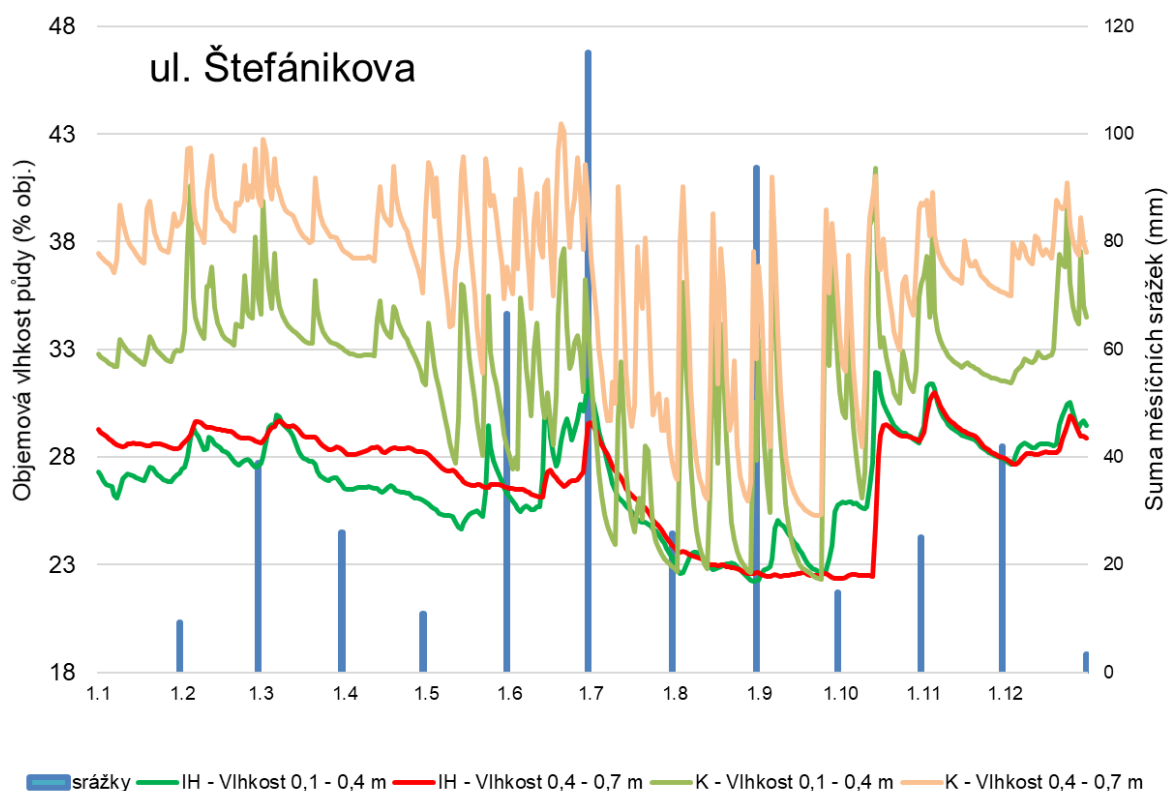
## 3. Výsledky

Ze zaznamenaných výsledků je možné říci, že na ulicích Lipová a Štefánikova byly zaznamenány rozdílné průběhy objemové vlhkosti půdy v průběhu sledovaného roku 2020. Na ulici Štefánikova byly obecně zaznamenány vyšší hodnoty objemové vlhkosti půdy ve srovnání s ulicí Lipová, zejména u kontrolní varianty bez aplikace přípravku Hydrogel formou injektáže (Obr. 1 a Obr. 2.). Toto může být způsobeno několika faktory. Jedním z nich je, že ačkoliv se nacházejí na území, kde se uvádí, že v případě ul. Lipové se jedná o půdní druh kambizem modální a v případě ul. Štefánikova hnědozem modální (Česká geologická služba, 2022), jedná se o výsadby stromů, které obklopují komunikace. Lze tudíž říci, že se nacházejí na půdách antropogenních, které mají rozdílné vlastnosti oproti původním půdním typům.

K podobným závěrům dospěli i Scheberl et al. (2019). Dále tento fakt mohl být dále ovlivněn pokryvem půdy, který je na ul. Lipová zatravněný, na ul. Štefánikova se jedná pouze o půdu, která je zhutněná parkováním aut v těsné blízkosti kmenů stromů a sešlapem. V úvahu musíme brát i další vlivy, např. mikroklimatické podmínky, expozice, nebo i rozdílné stáří dřevin.

Aplikace Hydrogelu do půdního prostředí a jeho vliv na růst rostlin a potažmo i dřevin je intenzivně zkoumán po delší dobu. Autoři studií uvádí, že aplikace Hydrogelu zvyšuje například nadzemní růst rostlin a zlepšuje jejich zdravotní stav, podporuje přežívání nově vysazených dřevin zejména v aridních oblastech (Tomášková et al., 2019) a rovněž ovlivňuje hydrologické vlastnosti půd (Kumar et al., 2020). V rámci tohoto pokusu byl aplikován Hydrogel pomocí injektaže do kořenové zóny modelových rostlin. U takto ošetřených dřevin je předpoklad, že u nich dojde ke zlepšení zdravotního stavu a vitality a budou odolnější stresu, zejména vodnímu. U aplikace Hydrogelu do půdního prostředí se rovněž předpokládá pozitivní ovlivnění půdního prostředí ve smyslu zlepšení fyzikálních a i chemických vlastností ošetřených půd (Kumar et al., 2020; Abedi-Koupai et al., 2008). Z provedeného pokusu lze konstatovat, že u aplikace Hydrogelu se tato hypotéza zcela nepotvrdila, zejména pak na stanovišti na ulici Štefánikova.

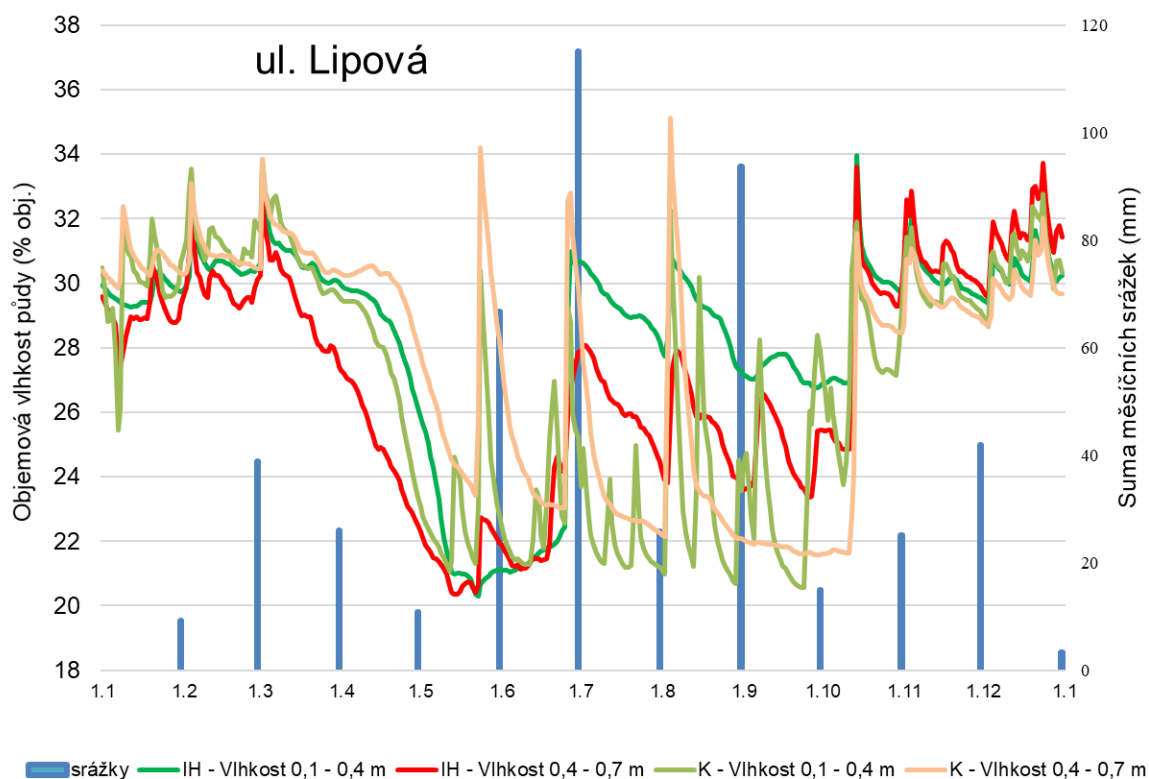
Na ulici Štefánikova je ze zaznamenaných hodnot zřejmé (Tab. 1), že varianta Kontrola ve srovnání s variantou Injektaž Hydrogel dosahovala vyšších průměrných hodnot objemové vlhkosti půdy v obou hloubkách (0,1–0,4 m a 0,4–0,7 m) v průběhu celého roku 2020. Nejvyšší měsíční průměrná hodnota objemové vlhkosti půdy v obou hloubkách byla u Kontrolní varianty zaznamenána v měsíci únor (34,9 a 41,2 % obj.) a nejnižší v měsíci září (28 a 30,7 % obj.). U varianty Injektaž Hydrogel byla nejvyšší průměrná měsíční objemová vlhkost půdy zaznamenána v měsíci listopad (29,2 % a 29,3 % obj.) a nejvyšší v měsíci srpen v hloubce 0,1–0,4 m (22,9 % obj.) a v měsíci září v horizontu 0,4 – 0,7 m (21,2 % obj.).



Obr. 1. Průběh vlhkosti půdy měřených v profilu 0,1–0,4 m a 0,4–0,7 m na ulici Štefánikova u kontrolní varianty a varianty s injektaží Hydrogelu.

Pokud srovnáme Kontrolní variantu a variantu s injektaží pomocné látky Hydrogel na ul. Lipová, lze na základě zaznamenaných hodnot říci, že v obou měřených hloubkách dosahovala Kontrolní varianta ve srovnání s variantou, kde byl formou injektaže aplikován Hydrogel, vyšších průměrných hodnot objemové vlhkosti půdy v šesti měsících roku, jak

je vidět v Tab. 1. Jednalo se zejména o první polovinu roku. Od července daného roku se objemová vlhkost půdy snižovala až do měsíce září a od měsíce října nastal opět vzestupný trend. U Kontrolní varianty na ulici Lipová byla zaznamenána nejnižší průměrná měsíční hodnota objemové vlhkosti půdy v horizontu 0,1–0,4 m v měsíci červenec (22,1 % obj.) a naopak nejvyšší v měsíci únor 31,3 % obj. V hloubce 0,4–0,7 m byla nejnižší průměrná hodnota objemové vlhkosti půdy zaznamenána v měsíci září a nejvyšší v měsíci březen. U varianty Hydrogel byly v obou horizontech půdy ve srovnání s Kontrolní variantou zaznamenány vyšší průměrné hodnoty objemové vlhkosti půdy zejména v druhé polovině roku. Nejnižší průměrná hodnota objemové vlhkosti půdy u varianty Injektáž Hydrogel v hloubce 0,1–0,4 m byla zaznamenána v květnu (22 % obj.) a nejvyšší v březnu (30,8 % obj.). V hloubce 0,4–0,7 m byla nejnižší průměrná objemová vlhkost půdy zaznamenána rovněž v květnu (21,4 % obj.), naopak nejvyšší v prosinci (31,6 % obj.).



Obr. 2. Průběh vlhkosti půdy měřených v profilu 0,1–0,4 m a 0,4–0,7 m na ulici Lipová u kontrolní varianty a varianty s injektáží Hydrogelu v roce 2020.

Tab. 1 Průměrné měsíční hodnoty objemové vlhkosti půdy na modelových stanovištích zaznamenané v roce 2020.

Objemová vlhkost půdy (% obj.)									
Měsíc	Suma srážek za měsíc (mm)	ul. Lipová				ul. Štefánikova			
		Kontrola		Injektáž Hydrogel		Kontrola		Injektáž Hydrogel	
		Horizont 0,1–0,4	Horizont 0,4–0,7	Horizont 0,1–0,4	Horizont 0,4–0,7	Horizont 0,1–0,4	Horizont 0,4–0,7	Horizont 0,1–0,4	Horizont 0,4–0,7
Leden	9,24	29,9	30,6	29,7	29,0	32,7	37,9	27,0	28,6
Únor	38,94	31,3	30,5	30,6	30,0	34,9	41,2	28,2	29,1
Březen	26,07	31,0	31,2	30,8	29,4	34,5	39,3	28,2	29,0
Duben	10,89	27,6	30,0	28,8	25,0	33,3	38,1	26,4	28,3
Květen	66,66	23,2	26,7	22,0	21,4	31,4	37,9	25,9	27,1

<b>Červen</b>	115,17	<b>23,4</b>	<b>25,3</b>	23,0	22,9	<b>32,1</b>	<b>39,2</b>	27,9	26,8
<b>Červenec</b>	52,8	22,1	23,6	<b>29,4</b>	<b>26,3</b>	<b>26,1</b>	<b>32,6</b>	26,0	26,5
<b>Srpen</b>	93,72	23,9	25,0	<b>29,1</b>	<b>25,6</b>	<b>26,8</b>	<b>31,0</b>	22,9	23,1
<b>Září</b>	14,85	23,4	21,8	<b>27,3</b>	<b>24,8</b>	<b>28,0</b>	<b>30,7</b>	23,6	21,2
<b>Říjen</b>	25,08	27,5	26,1	<b>29,1</b>	<b>28,3</b>	<b>32,1</b>	<b>35,2</b>	28,2	26,1
<b>Listopad</b>	41,91	29,9	29,6	<b>30,3</b>	<b>30,8</b>	<b>32,9</b>	<b>37,0</b>	29,2	29,3
<b>Prosinec</b>	3,3	<b>30,8</b>	30,0	30,4	<b>31,6</b>	<b>33,8</b>	<b>37,9</b>	28,9	28,4

Tučně vyznačené číselné hodnoty jsou vyššími hodnotami v rámci srovnání stejných hloubek ve variantě Kontrola a variantě Injektáž Hydrogel

Po provedení korelační analýzy sumy měsíčních srážek a průměrných hodnot vlhkosti půdy možno konstatovat jejich nízkou závislost, která se pohybovala dle jednotlivých variant v rozmezí  $R^2 = 0,3236$  až  $0,4129$ . Objemová vlhkost půdy se ve sledovaných variantách měnila v čase nejenom v závislosti na aktuálních srážkách, ale i průběhu teplot vzduchu a vývoji vegetace. Na základě vyhodnocení zaznamenaných hodnot, kdy se hodnotily změny objemové vlhkosti půdy v závislosti od množství srážek, lze konstatovat, že u varianty Hydrogel dochází k vyrovnanějším změnám v objemové vlhkosti půdy po srážkových událostech ve vegetačním období ve srovnání s Kontrolní variantou, jak je patrné na příkladu dat, uvedených v Tab. 2.

Tab. 2 Hodnoty objemové vlhkosti půdy na ul. Lipová ve vybraných dnech se srážkami a průměrné denní objemové vlhkosti půdy v hloubce 0,1–0,4 m

Varianta	*Den se srážkovou událostí	Suma srážek v daném dni (mm)	Průměrná teplota v daném dnu (°C)	Objemová vlhkost půdy (% obj.)			
				24 hod. před srážkovou událostí	*Den se srážkovou událostí	24 hod. po srážkové události	36 hod. po srážkové události
Kontrola	5. 6.	13,86	16,4	21,68	21,5	21,44	21,44
	13. 6.	5,94	23,2	21,31	22,08	23,61	23,37
	24. 6.	9,57	16,5	23,59	22,76	22,56	29,26
	11. 7.	19,14	16,1	21,32	22,54	23,92	22,56
	28. 7.	3,3	24,1	21,46	21,37	21,3	21,26
	3. 8.	25,74	18,6	20,97	27,21	32,25	30,31
	4. 8.	15,51	16,4	27,21	32,25	30,31	28,3
	18. 8.	10,56	20,3	25,81	25,21	24,63	23,39
Injektáž Hydrogel	5. 6.	13,86	16,4	21,05	21,06	21,09	21,15
	13. 6.	5,94	23,2	21,38	21,45	21,56	21,7
	24. 6.	9,57	16,5	22,18	22,32	22,43	28,93
	11. 7.	19,14	16,1	29,68	29,64	29,5	29,41
	28. 7.	3,3	24,1	28,76	28,64	28,55	28,39
	3. 8.	25,74	18,6	27,74	28,24	30,39	30,74
	4. 8.	15,51	16,4	28,24	30,39	30,74	30,56
	18. 8.	10,56	20,3	29,27	29,23	29,18	29,09

## 4. Závěr

Na základě naměřených dat lze konstatovat, že stanovištní podmínky ovlivňují průběh vlhkostí půdy v kořenové zóně dřevin, rostoucích v městském prostředí. Půdní prostředí na modelových stanovištích má rozdílné vlastnosti, a tudíž i rozdílnou schopnost zadržovat srážkovou vodu. Na ulici Štefánikova bylo dosahováno vyšších průměrných hodnot objemové vlhkosti půdy ve srovnání s ulicí Lipová.

Ošetření stávajících výsadeb injektáží s půdním kondicionérem Hydrogel ovlivňovalo objemovou vlhkost půdy, avšak ne vždy pozitivně. Na ulici Štefánikova bylo dosaženo u varianty s injektáží půdního kondicionéru Hydrogel nižších průměrných hodnot objemové vlhkosti půdy ve srovnání s Kontrolní variantou v průběhu celé vegetace. Na ulici Lipová byly ve druhé polovině roku u varianty s injektáží půdní pomocné látky Hydrogel zaznamenány vyšší průměrné i aktuální hodnoty objemové vlhkosti půdy ve srovnání s Kontrolní variantou. Ve variantě ošetřené injektáží s půdní pomocnou látkou Hydrogel docházelo k menším výkyvům, co se týče změn v objemové vlhkosti půdy v závislosti na srážkách a teplotě vzduchu, ve srovnání s Kontrolní variantou.

## Poděkování

Výzkum podpořila Veřejná zeleň města Brna, příspěvková organizace a firma AMET, Velké Bílovice. Článek byl dále podpořen projektem CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_017/0002334 Výzkumná infrastruktura pro mladé vědce.

## Literatura:

ABEDI-KOUPAI, J., SOHRAB, F., SWARBRICK, G., E. Evaluation of Hydrogel Application on Soil Water Retention Characteristics. *Journal of Plant Nutrition*, Vol **31**, s. 317–331. Dostupné z WWW: DOI:10.1080/01904160701853928.

KUMAR, R., YADAV, S., et al., 2020. Hydrogel and its effect on soil moisture status and plant growth: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, Vol. **9**, s.1746–1753.

LANZA, K., STONE, B., 2016. Climate adaptation in cities: What trees are suitable for urban heat management? *Landscape and urban planning*, Vol. **153**, s. 74–82. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.002>

RIBEIRO, A., P., BOLLMANN, H., A. et al., 2021. The role of tree landscape to reduce effects of urban heat islands: a study in two Brazilian cities. *Trees structure and functions*. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02230-8>.

SCHEBERL, L., BRYANT, C. et al., 2019. Evaluation of soil pH and soil moisture with different field sensors: Case study urban soil. *Urban Forestry and Urban Greening*, Vol. **38**, s. 267–279.

SCHÜTT, A., BECKER J., N., et al., 2022. Growth Response of Nine Tree Species to Water Supply in Planting Soils Representative for Urban Street Tree Sites. *Forests*, Vol. **13**, 936. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.3390/f13060936>.

SCHWAAB, J., MEIER, R., MUSSETTI, G. et al., 2021. The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities. *Nature Communications*, roč. **12**, číslo 6763. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26768-w>.

TOMÁŠKOVÁ, I., SVATOŠ, M. et al., 2019. Effect of Different Soil Treatments with Hydrogel on the Performance of Drought-Sensitive and Tolerant Tree Species in a Semi-Arid Region. *Forests*, Vol. **11**, 211. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.3390/f11020211>.

VICO, G., REVELLI, R., PORPORATO, A., 2013. Ecohydrology of street trees: design and irrigation requirements for sustainable water use. *Ecohydrology*, Vol. **7**, issue 2, s. 508–523

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA, 2022. Půdní mapa 1: 50 000 [online]. Česká geologická služba [cit. 18. 06. 2022]. Dostupné z WWW: <https://mapy.geology.cz/pudy/#>.

ČHMÚ, 2002. Brno Tuřany [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 18. 06. 2022]. Dostupné z WWW: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/denni\\_data/b2btur01\\_cs.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/denni_data/b2btur01_cs.html).

ODDĚLENÍ GIS, 2022. Klima se mění – Analýza meteorologických dat Brna od roku 1961 [online]. Oddělení geografického informačního systému města brna [cit. 18. 06. 2022]. Dostupné z WWW: <https://data.brno.cz/pages/clanek-klima-se-meni>.

**Klíčová slova:** vlhkost půdy, alejové stromy, Hydrogel, městské klima



# Přirozené vysvětlení pozorovaných klimatických změn

Pavel Kalenda<sup>1</sup>, Miloslav Šír<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CoalExp, Pražmo 129, 739 04 Pražmo, [pkalenda@seznam.cz](mailto:pkalenda@seznam.cz)

<sup>2</sup> Česká společnost vodohospodářská ČSSI, z. s., Staroměstská 1504/1, 37004 České Budějovice, [milo\\_sir@yahoo.com](mailto:milo_sir@yahoo.com)

## Abstrakt

Za období posledních cca 660 mil. let máme geologické záznamy jak o změnách klimatu na Zemi, tak o změnách sluneční aktivity. Nejdlejší známé klimatické cykly mají délky cca 150 mil. let a chladné periody velice dobře časově korelují s orogeny a současně erozními periodami. Za posledních cca 5 mil. let je velice dobře zdokumentováno střídání dob ledových a meziledových s periodami cca 41 tis. let a cca 96 tis. let. Kromě galaktických vlivů jsou ve sluneční aktivitě a tím i klimatu pozorovatelné rázové periody planet a to od nejdlejší periody 6256 let, 1020–1040 let, 208 let, 178,8 let, 88 let a 59,577 let. Zvláštní postavení má 62,5 letý cyklus excentricity Jupitera, který se promítá do všech klimatických parametrů na Zemi – teploty, AMO, PDO, LOD, pozic tlakových útvarů v atmosféře, směru a velikosti proudění vody v oceánech nebo srážkách. Pozorovaný nárůst teplot na Zemi je možno vysvětlit akumulací slunečního záření v horninách a největší sluneční aktivitou za posledních cca 1000 let. Zpoždění nárůstu teplot za sluneční aktivitou je dáno malou tepelnou vodivostí hornin a tím i velkým poločasem akumulace/radiace cca 270 let. Koncentraci CO<sub>2</sub> v atmosféře určuje zejména dynamická výměna plynů mezi oceánem a atmosférou na hladině a dosud rostoucí střední teplota oceánů, závislá na sluneční aktivitě. Tato koncentrace závisí na anomální teplotě jako její integrál a je proto také fázově zpožděná oproti globálním teplotám, a to až o desítky let. Dnešní pozorovaný nárůst koncentrace CO<sub>2</sub> je tedy možno fyzikálně vysvětlit jako dvojnásobně zpožděný vliv slunečního záření, které mělo počátek svého maxima po Malé době ledové přibližně po roce 1850 a vrcholu dosáhlo okolo roku 1958.

## 1. Úvod

V posledních letech se podařilo do řetězce poznatků o sluneční aktivitě a klimatu zařadit několik zásadních článků, čímž došlo k fyzikálně jasnému propojení celého řetězce příčin a následků v energetickém cyklu Sluneční soustavy. Proto lze spolehlivě určit, jakou měrou se na dnešních změnách počasí a klimatu podílejí extraterestrické a antropogenní vlivy.

Pro dnešní klimatické změny je charakteristické, že v období po roce 1960 se zvyšuje (1) globální zemská teplota (se zdánlivě nevysvětlenými pauzami v období 1940–1980, 1998–2013 a 2015–dosud), (2) koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře, (3) hladina světového oceánu, (4) extremalizace počasí a klimatu.

IPCC prosazuje názor, že primární příčinou těchto změn je antropogenní nárůst koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře způsobený lidskou činností (IPCC 1998), zejména spalováním fosilních paliv během industriálního období. Tím údajně dochází k setrvalému nárůstu skleníkového efektu atmosféry, což má vést k nárůstu tepelné energie akumulované v atmosféře, a tudíž ke vzrůstu globální zemské teploty. A navíc, zvětšení tepelné energie atmosféry má způsobovat poruchové změny cirkulace atmosféry, které se projevují extremizací všech projevů počasí (proudění vzduchu, deště a teploty). Tudíž IPCC zaujímá postoj, že dnešní extrémní počasí a klimatické změny jsou dílem člověka.

Oproti tomuto názoru vykrystalizovalo poznání, že primární příčina klimatických změn je extraterestrická, neboť je dána kolísáním sluneční aktivity (spolu s akumulací sluneční energie v zemském tělese a jejím zpětným vyzařováním do atmosféry a do kosmu) a gravitačním působením planet na pohyb zemské atmosféry a hydrosféry (Mörner 2015, 2018). V tomto fyzikálně jasně zdůvodněném řetězci příčin a následků je antropogenní vliv na klima nicotný.

První zásadní poznatek o vlivu planet Sluneční soustavy na sluneční aktivitu přinesly práce Zharkové (Zharková et al. 2015, 2019, Shepherd, Zharkova 2014), která rozložila magnetické pozadřové pole Slunce na vlastní vektory (eigenvektory) a ukázala, že první dva dominantní eigenvektory (spolu 39 % celkového pole) mají souvislost s rázy planet tak, jak je rozpoznala již Charvátová (1990) v pohybech Slunce okolo barycentra Sluneční soustavy. Z prací Zharkové vyšel Kalenda (2020), který ukázal, že první eigenvektor magnetického pozadřového pole ukazuje na gravitační vlivy

planet, umožňující přenášet rotační momenty mezi planetami a Sluncem, a druhý eigenvektor ukazuje na slapové vlivy planet, řídicí přepólování dipólového magnetického pole Slunce a velikost tohoto pole.

Druhý poznatek (Kalenda et al. 2018) říká, že v dlouhodobém měřítku dochází k významné akumulaci dopadajícího slunečního záření v horninách, a následně i hlubokém oceánu. Ukázalo se, že globální zemská teplota je přímo úměrná akumulovanému anomálnímu teplu (odchylky aktuálního příkonu slunečního záření od dlouhodobého průměru sumované za nějaké dlouhé předchozí období). Vyzařování Země zpět do kosmu je v souladu se Stefanovým-Boltzmannovým zákonem (Stefan 1879) přímo úměrné globální zemské teplotě. Mechanismus akumulace a zpětného vyzařování sluneční energie způsobuje fázové zpoždění aktuální globální teploty Země za sluneční aktivitou, tedy velikostí dopadajícího slunečního záření na povrch Země.

Třetí poznatek přináší učebnice klimatologie (Salby 2012), ve které se dovozuje, že koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře závisí především na výměně CO<sub>2</sub> mezi oceánem a atmosférou, která je řízena podle Henryho zákona (Henry 1803) teplotou tak, že změna koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře je přímo úměrná anomální teplotě (rozdíl aktuální globální teploty od střední globální teploty). Z toho vyplývá, že aktuální koncentrace CO<sub>2</sub> je úměrná integrálu anomálních globálních teplot za určité předchozí období, a tedy že se musí fázově opožďovat za aktuální globální teplotou.

### Klimatické periody způsobené extraterestrickými vlivy

Kratší klimatické periody souvisí především se změnami zářivého výkonu Slunce, který je modulován planetárními vlivy (Charvátová 1990, Kalenda 2020a). Jednou z nejdelších dosud rozpoznávaných „planetárních“ period (kromě galaktických) je Xapos/Burkeho perioda cca 6256,5 let (Xapos a Burke 2009, Kalenda et al. 2017). Vrcholu této periody odpovídá současná nebývale vysoká intenzita slunečního záření, stejně jako tomu bylo na konci poslední doby ledové (würm) před cca 12 500 lety a v době rozvoje prvních městských států před cca 6 000 lety (Němec, Beran 1997).

V nejkratších 11letých Schwabeho cyklech probíhá nejvýraznější kolísání zářivého výkonu Slunce až o 2 W/m<sup>2</sup> (Soon et al. 2015). Tento cyklus, ani dvojnásobný 22letý Haleho cyklus, se v klimatu výrazně neprojevují, protože zemský klimatický systém má velkou setrvačnost. Oba cykly se však projevují v charakteru počasí, například ovlivňují střídání pluvialů a interpluvialů (Šír a Kalenda 2020).

Delší cykly kolísání sluneční aktivity, jako 208letá Suess-deVriesova klimatická perioda (Wagner et al. 2001), 179letá perioda (Jose 1965), 88letá Gleisbergova perioda (Peristykh a Damon 2003), 60letá (Čínský astrologický kalendář (White 1987)) jsou velice výrazně pozorovatelné jak v klimatu, tak v kolísání počasí. Například výpar vody z oceánů je předurčen kolísáním povrchových teplot oceánů a směry a rychlostmi proudění atmosféry. Proto v těchto periodách také kolísá množství srážek a kumulativní odtoky vod z povodí, případně extrémy srážek (Kalenda a Šír 2021).

V důsledku složitého skládání více cyklických vlivů o různých periodách dochází ve střední Evropě ke střídání krátkých několikaletých shluků těžkých povodní v přibližně 179leté Josého periodě s dlouholetými suššími obdobími povodňového klidu s nevýznamnými povodněmi (Elleder 2016). Dochází tak k extremalizaci srážkové činnosti, jak ukazuje vodný pluvial, který způsobil katastrofální povodně v ČR v letech 1997 a 2002 (Kalenda a Šír 2020, 2021).

Z pohledu klimatu a také počasí je nejvýraznější cyklus s periodou 62,5 let, která je periodou změn excentricity orbity Jupitera (Scafetta 2018). Vliv tohoto cyklu spočívá v tom, že Jupiter předává svůj rotační moment nejenom Slunci a řídí tak jeho aktivitu a tím i zářivý výkon, ale část tohoto momentu předává přímo Zemi, její atmosféře a oceánským proudům (Mörner 2018). S periodou 62,5 let se tak střídají polohy tlakových útvarů v atmosféře (Kalenda a Šír 2021), což se také projevuje v Atlantické meridionální oscilaci AMO a Pacifické dekadní oscilaci PDO (Mantua et al. 1997). Tato perioda je pozorovatelná v řadě fyzikálních parametrů Země, například v délce dne, nebo rotačním momentu atmosféry, a také ve výškách hladin světového oceánu (Jevrejeva et al. 2008, Mörner 2015) nebo v teplotních řadách (Scafetta 2018). Protože ve stejném rytmu dochází ke změnám aktivity Slunce (Usoskin et al. 2002, Usoskin 2013), mají polární záře přibližně stejnou periodu (Křivský a Pejml 1988). V ČR byl vlivem Jupitera způsoben výrazně suchý interpluvial v letech 2014–2019 (Kalenda a Šír 2020).

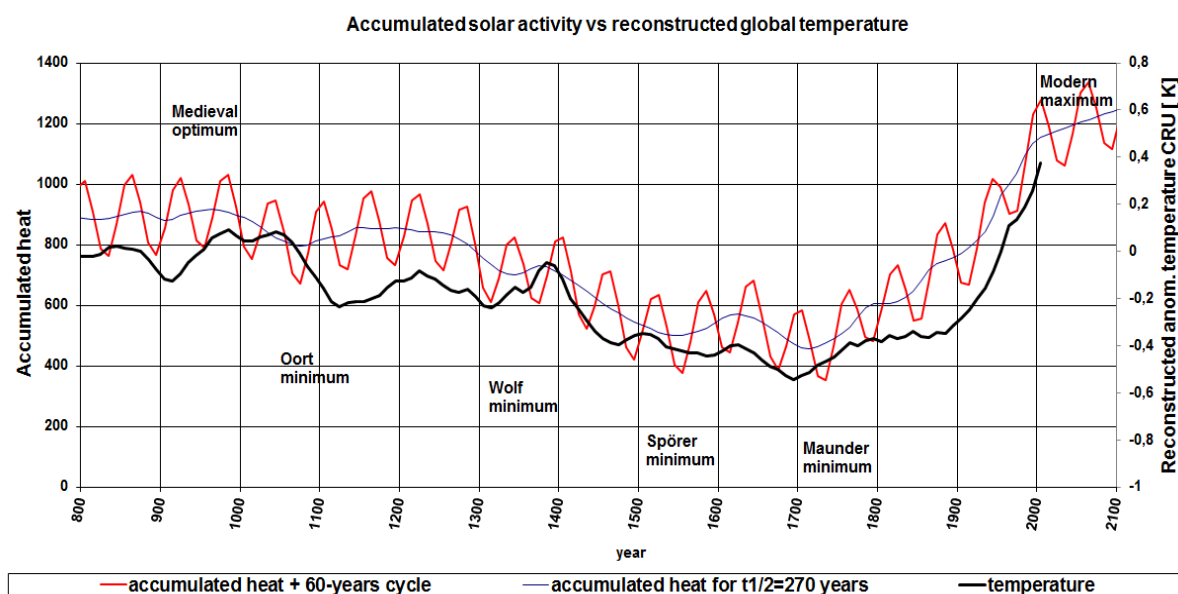
## Akumulace slunečního záření v atmosféře, oceánech a horninách

Jaký je vztah mezi dopadajícím slunečním zářením na Zemi a globální zemskou teplotou? Z krátkodobého pohledu je lokální denní maximum teploty opožděno za maximum slunečního osvětlení o 1–2 hodiny, protože během této doby se ohřívá přípoверхová vrstva atmosféry na rovnovážnou teplotu (rovnováha mezi dopadajícím slunečním zářením a vyzařováním tepla do kosmu). Z ročního pohledu je maximum teplot opožděno za slunovratem o 1–2 měsíce, což je doba, za kterou se prohřeje přípoверхová vrstva oceánu (oceán a atmosféra).

Z dlouhodobého pohledu je střední globální teplota opožděná za maximum středního příkonu slunečního záření o pár desítek až prvních set let, během nichž dochází k prohřátí hornin na pevninách do hloubek několika set metrů (Kalenda et al. 2018). Horniny mají tak velkou tepelnou kapacitu a současně malou teplotní vodivost, že ze skokového zvýšení sluneční energie dopadající na Zemi se za 270 let polovina této „extra“ energie uloží v horninách. A zase naopak, když se sníží tok energie ze Slunce, tak se za stejných 270 let uvolní polovina „extra“ akumulované energie z hlubin. Akumulace tepla v kůře integruje a tím opožďuje klimatické změny za sluneční aktivitou. Poločas uvolňování tepla je cca 270 let (Kalenda et al. 2018).

Z toho důvodu je globální zemská teplota závislá na akumulovaném anomálním teplu (odchyly aktuálního příkonu slunečního záření od dlouhodobého průměru sumované za nějaké předchozí období), a nikoliv na okamžité hodnotě příkonu slunečního záření. Průběh teploty na Zemi v období 800–2000 ukazuje obr. 1. Lze jej vysvětlit superpozicí dvou procesů:

- Sekulárního oteplování (modrá čára v obr. 1), které plyne z nárůstu akumulované energie v horninách od konce Malé doby ledové po roce 1850, kdy byla enormně velká sluneční aktivita (v součtu největší za posledních cca 1000 let) (Steinhilber et al. 2009, Kalenda et al. 2018).
- Střídavého ohřívání a ochlazování v 60–63letém cyklu (červená čára v obr. 1), způsobené cyklickými změnami sluneční aktivity a změnami oceánského a atmosférického proudění (zejména působení Jupitera).



Obr. 1 Vývoj akumulovaného anomálního tepla v zemské kůře a rekonstruované teploty na Zemi. Modrá čára – akumulované anomální teplo v zemské kůře, vyjádřené jako součet násobků hodnot Wolfova čísla a jeho trvání. Černá čára – rekonstruované teploty na Zemi (Mann et al. 2008), vyhlazené v 50letém klouzavém okně. Červená čára – součet dlouhodobého záření z povrchu Země a změn dopadajícího záření ze Slunce promítnuté do změn teplot. Zdroj: Kalenda et al. (2018), Kalenda a Šír (2020)

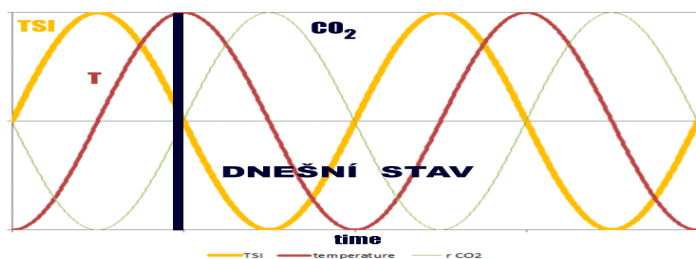
IPCC (2007) uvádí, že v oceánech a kontinentální kůře je absorbováno až 51 % z dopadajícího slunečního záření, přičemž větší část (odhadem až 49 %) je absorbována oceány v důsledku větší tepelné kapacity vody než kontinentů a pouze menší část (odhadem maximálně 4 % a minimálně 1 %) je absorbována zemskou kůrou kvůli její malé tepelné vodivosti. Protože

rychlost výměny energií mezi oceány a atmosférou je velká (v řádu několika měsíců, jak je pozorováno již v ročním cyklu), je obvykle v krátkodobých bilančních úvahách zanedbávána akumulace dopadajícího záření v kontinentální kůře. Z dlouhodobého hlediska se však při dlouhodobě větším příkonu slunečního záření musí zákonitě zvýšit množství akumulovaného tepla v horninách, což následně způsobuje v souladu se Stefanovým-Boltzmannovým zákonem (Stefan 1879) větší vyzařování tepla z povrchu Země zpět do atmosféry a do kosmu. Tudíž se zákonitě zvyšuje i globální rovnovážná teplota mezi Zemí a kosmem. Povrchová teplota Země, která je vlastně touto rovnovážnou teplotou mezi Zemí a kosmem, proto závisí nejen na příkonu slunečního záření a vyzařování do vesmíru, ale také na akumulaci tepla v atmosféře, oceánech a kontinentech. Povrchová teplota Země není proto bezprostředně časově svázána s aktuální sluneční aktivitou ale s anomálním teplem ze slunečního záření akumulovaném v zemské kůře v nějakém předchozím období (Kalenda et al. 2018).

Zemská kůra není dobrý teplotní vodič, proto doba mezi příkonem sluneční energie a akumulací této energie ve formě tepla v horninách je velice dlouhá, odhadem polovina energie se akumuluje až za cca 270 let (Kalenda et al. 2018). Obdobně dlouhá je také doba, za kterou se polovina akumulovaného tepla vyzáří zpět do kosmického prostoru. Proto není možné porovnávat přímou aktivitu Slunce a dlouhodobé variace klimatu ve stejném čase, ale je potřeba uvažovat s fázovým zpožděním desítek až stovek let. Od vrcholu přibližně v roce 1958 dochází k poklesu sluneční aktivity, přesto byl až do roku 2016 pozorován nárůst globálních teplot. Důvodem je vysoká sluneční aktivita od konce Malé doby ledové v roce 1850 až do konce 24. slunečního cyklu v roce 2014, která byla největší za posledních cca 1200 let (Solanki et al. 2004, Usoskin et al. 2006). Rychlost nárůstu sluneční aktivity byla dokonce největší za posledních cca 2000 let (Steinhilber et al. 2009, Steinhilber a Beer 2011).

### Závislost koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře na teplotě oceánů

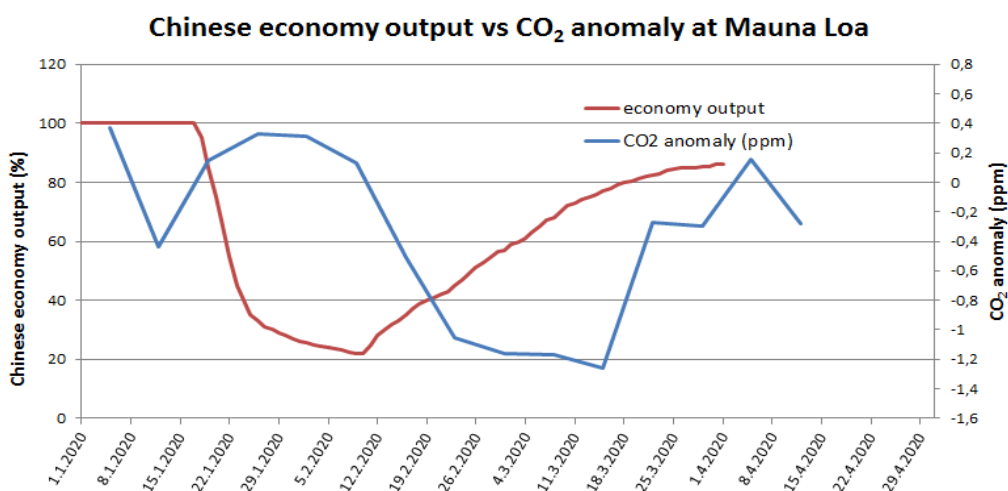
IPCC prosazuje názor, že nárůst koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře po roce 1850 je dán rozvojem průmyslu a spalováním fosilních paliv s příchodem průmyslové revoluce (IPCC 2007). Faktem je, že vypouštěním CO<sub>2</sub> do atmosféry přispívá lidstvo pouze přibližně 5 % k celkovému obratu CO<sub>2</sub> mezi atmosférou a oceánem, který je jeho hlavním zdrojem a úložištěm (Salby 2012). Navíc je tato výměna dynamická a závisí (v rámci oběhového cyklu, který je několik roků) na parciálním tlaku plynu ve vodě a atmosféře. Podle Henryho zákona (Henry 1803) je parciální tlak plynu rozpuštěného v kapalině roven parciálnímu tlaku plynu nad hladinou. Z tohoto zákona vyplývá, že zahřívání kapaliny vede k uvolňování plynu z kapaliny do atmosféry a rychlost tohoto uvolňování je přímo úměrná anomální teplotě (rozdíl od průměrné teploty, za které byla dosažena rovnováha tlaků plynů na hladině kapaliny) (Salby 2012). Z tohoto vyplývá, že koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře je úměrná integrálu anomálních teplot globálního oceánu za určité předchozí období. A protože teploty od konce Malé doby ledové 1850 až do roku 2016 rostly téměř lineárně, tak úměrně jejich integrálu téměř kvadraticky narůstala i koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře. Za posledních cca 100 let tak narostla na stanici Mauna Loa koncentrace CO<sub>2</sub> o více než 100 ppm (NOAA 2022). Protože koncentrace CO<sub>2</sub> je integrálem anomálních teplot, musí se fázově opožďovat za globální teplotou (Salby 2012). A za sluneční aktivitou se opožďuje ještě více v důsledku dvou následných integrací: intenzita slunečního záření – globální teplota – koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře. Nárůst koncentrace CO<sub>2</sub> tedy skončí, až se světový oceán ochladí na dlouhodobě průměrné hodnoty (obr. 2).



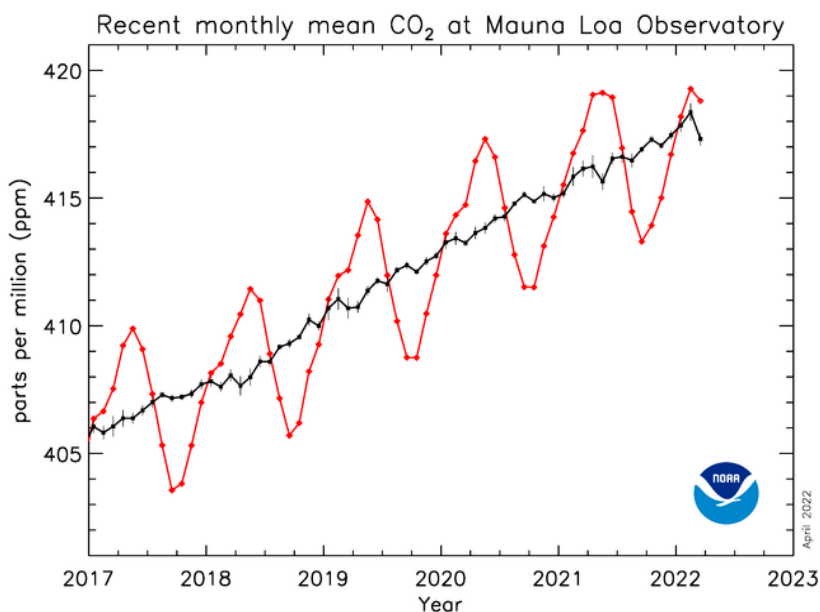
Obr. 2 Schéma fázového zpoždění mezi časovými průběhy dlouhodobého cyklu sluneční aktivity, dlouhodobých globálních teplot a koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře. Žlutá čára – celková intenzita slunečního záření TSI (Total Solar Irradiance), červená čára – globální teplota T fázově zpožděná za TSI, zelená čára – fázově zpožděná koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře za globální teplotou T

## Globální CO<sub>2</sub> experiment Covid-19

V roce 2020 v důsledku pandemie Covid-19 došlo ke globálnímu CO<sub>2</sub> experimentu, v němž se ukázalo, jaký vliv má podstatné omezení průmyslové výroby v celosvětovém měřítku na koncentraci CO<sub>2</sub> v atmosféře. Po čínském Novém roce následoval lockdown celé čínské ekonomiky, kdy se po dobu téměř dvou měsíců průmyslová výroba v Číně podle agentury Bloomberg propadla až o 80 % (Bloomberg 2020). Dnes čínská ekonomika, co se vypouštění CO<sub>2</sub> týče, představuje cca 20 % celosvětové produkce (West a Lansang 2018), takže pandemický pokles průmyslové produkce CO<sub>2</sub> v Číně byl celosvětově významný. Po přibližně 15 dnech po začátku lockdownu dorazila bublina nižší koncentrace CO<sub>2</sub> až na stanici Mauna Loa v Tichém oceánu (ESRL 2020), kde byl změřen nepatrný pokles asi 1,6 ppm oproti výchozí lockdownem neovlivněné koncentraci CO<sub>2</sub> asi 415 ppm (obr. 3). Dlouhodobý trend zvyšování koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře se v důsledku omezení průmyslové produkce v roce 2020 a ani v dalších letech nijak nezměnil. Nárůst 2,43 ppm CO<sub>2</sub> za rok 2020 zůstal na hodnotách nárůstu v předchozích letech (obr. 4).



Obr. 3 Závislost koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře měřené na stanici Mauna Loa na výkonnosti čínské ekonomiky v době lockdownu Covid-19 v roce 2020. Červená čára – výkonnost čínské ekonomiky, modrá čára – měřená koncentrace CO<sub>2</sub> (odstraněn lineární trend). Zdroj: Kalenda (2020b)



Obr. 4 Vývoj koncentrace CO<sub>2</sub> na stanici Mauna Loa mezi lety 2017 a 4/2022. Červená čára – měsíční koncentrace, černá čára – trend bez roční variace. Zdroj: NOAA (2022)

## 2. Diskuze

Roční výměna CO<sub>2</sub> mezi oceánem a atmosférou činí zhruba 150 giga tun C/rok (Salby 2013). Lidská produkce CO<sub>2</sub> činí nyní asi 7 giga tun C/rok, to je jedna dvacatina. Přesně v tomto poměru je příspěvek lidstva k nárůstu skleníkového efektu atmosféry, který se projevuje zvýšením teploty Země. Jestliže za posledních 100 let globální zemská teplota narostla asi o 1 °C, tak lidský příspěvek k oteplování je nicotných a téměř neměřitelných 0,05 °C.

Vzhledem ke vzdálenosti od Slunce by na povrchu Země měla být průměrná teplota –18 °C, skleníkový efekt atmosféry však zvyšuje průměrnou teplotu na Zemi na +14 °C. Většina skleníkového efektu připadá na molekuly vody a asi 10 % na molekuly CO<sub>2</sub>. Tedy dnešní koncentrace 400 ppm CO<sub>2</sub> ohřívá povrch Země asi o 3 °C. Při zdvojení CO<sub>2</sub> na 800 ppm by další oteplení již nebylo 3 °C, ale mnohem méně, cca 1,5 °C, neboť skleníkový efekt roste se zvyšující se koncentrací CO<sub>2</sub> logaritmicky, kdy každému zdvojnásobení koncentrace CO<sub>2</sub> odpovídá stejný nárůst teploty, ale jen do tzv. fáze nasycení. Nárůst teploty při zdvojení koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře (klimatická citlivost) je vědci odhadován na hodnotu mezi 0,25 °C a 1,5 °C, nejpravděpodobněji na 1,25 °C (Monckton 2018), IPCC se přiklání k hodnotám mezi 1,5 °C a 5,5 °C (Monckton 2018). Ani spálení všech fosilních paliv by nevedlo ke zdvojení CO<sub>2</sub> v atmosféře, neboť oceán velkou část pohltí podle Henryho zákona. Ale i kdyby se úroveň CO<sub>2</sub> zdvojnásobila, teplota by v důsledku toho vzrostla o méně než 3 °C, asi jen o 1,5 °C (Monckton 2018).

Snížení průmyslové výroby v roce 2020 v důsledku pandemie Covid-19 experimentálně dokázalo, že lidstvo by bylo schopno snížit koncentraci CO<sub>2</sub> až o 10 ppm za předpokladu, že by přestalo úplně vypouštět CO<sub>2</sub> do atmosféry, ale stávající trend nárůstu koncentrace CO<sub>2</sub> by přesto zůstal nezměněn. Prokázalo se tak, že vliv spalování fosilních paliv na globální zemskou teplotu je skutečně nicotný a má jen lokální a časově omezené důsledky (Kalenda 2020b).

Dnešní klimatické změny lze vysvětlit, aniž by bylo nutné se uchýlovat k dohadům o lidském podílu na nich. Změny po roce 1960 jsou vysvětlitelné extraterestrickými vlivy: (1) zvyšování globální zemské teploty je důsledek vyzařování anomálního tepla akumulovaného v zemském tělese v období vysoké sluneční aktivity v letech 1850–2010, (2) zvyšování koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře je způsobeno uvolňováním CO<sub>2</sub> z oceánu v důsledku vyšší než průměrné teploty, (3) zvyšování hladiny světového oceánu je projevem převážně teplotní expanze vody v důsledku vyšší teploty, (4) extremalizace klimatu je důsledek gravitačního působení Jupiteru (perioda 62,5 let) a všech planet sluneční soustavy (perioda 179 let) na atmosféru a hydrosféru Země a také na Sluneční aktivitu, tedy změny velikosti slunečního záření dopadajícího na povrch Země.

## 3. Závěr

Nárůst teplot na Zemi, pozorovaný v posledních dekádách, je možno vysvětlit zvýšeným vyzařováním tepla z kontinentů a oceánu. Teplo se v kontinentech a oceánu akumulovalo v předchozím období zvýšeného příkonu slunečního záření 1850–2010 s maximem okolo roku 1958, kdy byla největší sluneční aktivita za posledních cca 1200 let. Vysoká sluneční aktivita byla způsobena extraterestricky v důsledku planetárních vlivů na intenzitu termojaderných reakcí na Slunci. Nárůst teplot přízemní atmosféry je o několik desítek let zpožděný za nárůstem sluneční aktivity v důsledku malé tepelné vodivosti hornin, která způsobuje, že poločas akumulace tepla v horninách má délku cca 270 let. Obdobně doposud stále roste teplota oceánů, proto se v důsledku teplotní expanze vody zvyšuje hladina oceánů.

Důsledkem nárůstu teplot oceánů je vzrůstající koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře, neboť tu určuje zejména dynamická výměna plynů mezi oceánem a atmosférou na hladině, která je řízena teplotou tak, že zvýšená teplota vody vede k uvolňování CO<sub>2</sub> rozpuštěného v oceánech do ovzduší. Důsledkem je zvětšování koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře. Tato koncentrace závisí na sumě anomálních teplot (odchylek teplot od dlouhodobého průměru), nikoliv pouze na aktuální teplotě. Proto je časový vývoj koncentrace fázově zpožděný oproti časovému vývoji globálních teplot až o desítky let. Dnešní růstový trend koncentrace CO<sub>2</sub> je tedy možno fyzikálně vysvětlit jako důsledek rostoucí střední teploty atmosféry a oceánů, tedy jako dvěma následnými mechanismy (akumulace a vyzařování tepla z kontinentů a oceánu, akumulace CO<sub>2</sub> v atmosféře) zpožděný důsledek zvýšeného slunečního záření v období 1850–2010.

Názor IPCC o dominantním vlivu spalování fosilních paliv na zvyšování zemské teploty byl experimentálně popperovsky falsifikován v roce 2020 (Karl Reimund Popper 1902–1994), kdy v důsledku pandemie Covid-19 došlo k významnému omezení průmyslové produkce. Přičemž v roce 2020 a ani v dalších letech se nijak nezměnil setrvalý nárůst globální zemské teploty a tím také růstový trend koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře.

Nárůst koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře je tak určován především nárůstem teploty globálního oceánu, způsobeným extraterestrickými planetárními vlivy na termojadernou reakci ve slunečním tělese. Do doby, než se sníží teplota oceánu na dlouhodobě průměrné hodnoty, bude narůstat i koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře.

Klimatické změny po roce 1960 jsou dominantně způsobené přírodními extraterestrickými vlivy – planetárním ovlivňováním termojaderné reakce ve slunečním tělese a gravitačním působením planet na zemskou atmosféru a hydrosféru. Hypotéza o dominantních antropogenních příčinách klimatických změn byla experimentálně falsifikována, neboť se prokázalo, že vliv lidské činnosti, spalování fosilních paliv, na globální zemskou teplotu je nicotný.

## Literatura:

- Barenbaum, A. A. (2021): Galaxy cycles in solar systém. The Ninth Moscow Solar System Symposium 9M-S3. Moscow, 8.–12. 10. 2018. Институт космических исследований Российской академии наук [cit. 19. 5. 2022]. Dostupné z: [https://www.vak2021.ru/wp-content/uploads/2021/08/Barenbaum\\_poster-1.pdf](https://www.vak2021.ru/wp-content/uploads/2021/08/Barenbaum_poster-1.pdf)
- Bloomberg (2020): china-factory-rebound-hints-worst-is-over-as-stimulus-lies-ahead [cit. 19. 5. 2022]. Dostupné z: <https://assets.bwbx.io/images/users/iqjWHBFdfxIU/iGIyc8DOIQOQ/v0/-1x-1.png>
- Braun, H. et al. (2005): Possible solar origin of the 1,470-year glacial climate cycle demonstrated in a coupled model. *Nature Letters* 438(10). doi:10.1038/nature04121
- Elleder, L. (2016): Proxydata v hydrologii – řada pražských povodňových kulminací, 1118–1825. Praha: ČHMÚ
- ESRL (2020): Earth System Research Laboratory, Global Monitoring Division. [cit. 19. 5. 2022]. Dostupné z: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html>
- Henry, W. (1803): Henry's law. Encyklopedia Britannica [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/geochemistry>
- Charvátová, I. (1990): The relations between solar motion and solar variability. *Bull. Astr. Inst. Czechosl.* 41, 56–59
- IPCC (1998): Principles governing IPCC work [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://archive.ipcc.ch/pdf/ipcc-principles/ipcc-principles.pdf>
- IPCC (2007): Estimate of the Earth's annual and global mean energy balance. Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: [https://archive.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/faq-1-1.html](https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-1-1.html)
- Jevrejeva, S., Moore, J. C., Grinsted, A., Woodworth, P. L. (2008): Recent global sea level acceleration started over 200 years ago? *Geophys. Res. Lett.* 35, L08715. <https://doi.org/10.1029/2008GL033611>
- José, P. D. (1965): Sun's motion and sunspots. *Astron. J.* 70, 193–200
- Kalenda, P. (2016): Klima na Zemi a sluneční aktivita [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://www.zsch.cz/news/klima-na-zemi-a-slunecni-aktivita-rndr-pavel-kalenda-csc/>
- Kalenda, P., Wandrol, I., Kremlík, V., Ždímal, V. (2017): Klima na Zemi a sluneční aktivita [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://www.zsch.cz/news/klima-na-zemi-a-slunecni-aktivita-pavel-kalenda/>
- Kalenda, P., Wandrol, I., Frydrýšek, K., Kremlík, V. (2018): Calculation of solar energy, accumulated in the continental rocks. *NCGT Journal* 6(3), 347–380 [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <http://users.neo.registeredsite.com/6/9/1/18560196/assets/NCGTv6n3.pdf>
- Kalenda, P. (2020a): Analýza prvních dvou hlavních komponent magnetického pole Slunce. 25. Sluneční seminář. Piešťany 25. 5. 2020 [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/344853367\\_Analyza\\_prvnich\\_dvou\\_hlavnich\\_komponent\\_magnetickeho\\_pole\\_Slunce\\_The\\_analysis\\_of\\_the\\_first\\_two\\_principal\\_components\\_of\\_the\\_solar\\_magnetic\\_field](https://www.researchgate.net/publication/344853367_Analyza_prvnich_dvou_hlavnich_komponent_magnetickeho_pole_Slunce_The_analysis_of_the_first_two_principal_components_of_the_solar_magnetic_field)
- Kalenda, P. (2020b): Global Climate Experiment Associated with COVID-19 Pandemic. CLINTEL June 2, 2020 [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://clintel.org/global-climate-experiment-associated-with-covid-19-pandemic/>

- Kalenda, P., Šír, M. (2020): Klimatické cykly způsobené kolísáním sluneční aktivity. *Vodohospodářský bulletin* 2020, 34–38 [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://csvh.estranky.cz/clanky/vodohospodarsky-bulletin.html>
- Kalenda, P., Šír, M. (2021): Cykly srážek a průtoků ve střední Evropě po roce 1800. *Vodohospodářský bulletin* 2021, 35–39 [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://csvh.estranky.cz/clanky/vodohospodarsky-bulletin.html>
- Kalenda, P., Šír, M. (2021): Vliv Jupitera na chod typických synoptických situací na území ČR v období 1946–2019. *Vodohospodářský bulletin* 2021, 29–34 [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://csvh.estranky.cz/clanky/vodohospodarsky-bulletin.html>
- Křivský, L., Pejml, K. (1988): Solar activity aurorae and climate in Central Europe in the last 1000 years. *Bulletin of the Astronomical Institute of the Czechoslovak Academy of Sciences* 75 [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/aeronomy/aurorae.html>
- Mantua, N. J. et al. (1997). A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production. *Bulletin of the American Meteorological Society* 78 (6): 1069–79 [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: [https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/78/6/1520-0477\\_1997\\_078\\_1069\\_apicow\\_2\\_0\\_co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/78/6/1520-0477_1997_078_1069_apicow_2_0_co_2.xml)
- Milankovič, M. (1920): Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire. Paris: Gauthier-Villars et Cie
- Monckton, Ch. (2018): Feedback misdefined: how models forgot the Sun [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: [https://www.portoconference2018.org/uploads/1/1/7/3/117342822/9\\_monckton.pdf](https://www.portoconference2018.org/uploads/1/1/7/3/117342822/9_monckton.pdf)
- Mörner N.-A., ed. (2015): Planetary influence on the Sun and the Earth and a modern book-burning. Nova Science Publishers, New York. ISBN: 978-1-63482-489-9 (e-Book)
- Mörner, N.-A. (2018): Atlantic Ocean circulation and Gulf Stream beat. In: Mörner et al. (2018)
- Mörner, N.-A. (2018): Planetary beat and sea level changes. In: Mörner et al. (2018)
- Mörner, N.-A., Matlack-Klein, P., Assunção Araújo, M., eds. (2018): Porto Climate Conference. The Conference Volume of Extended Abstracts [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://www.portoconference2018.org/>
- Němec, V., Beran, P. (1997-2022): Dějepis.com. Učebnice dějepisu. Úvod do starověku [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://www.dejepis.com/ucebnice/uvod-do-staroveku/>
- NOAA (2022): Trends in atmospheric carbon dioxide [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>
- Peristykh, A. N., Damon, P. E. (2003): Persistence of the Gleissberg 88-year solar cycle over the last 12,000 years: Evidence from cosmogenic isotopes. *J. Geophys. Res.* 108 (A1), 1003. <https://doi.org/10.1029/2002JA009390>
- Petit, J. R. et al. (1999): Climate and Atmospheric History of the Past 420,000 years from the Vostok Ice Core, Antarctica. *Nature*, 399, 429–436. <https://doi.org/10.1038/20859>
- Royer, D. L. et al. (2004): CO<sub>2</sub> as a primary driver of Phanerozoic climate. *GSA Today* 14(3) [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://www.geosociety.org/gsatoday/archive/14/3/pdf/i1052-5173-14-3-4.pdf>
- Salby, M. (2012): Physics of the Atmosphere and Climate. Cambridge University Press [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <http://agwn.homeip.net/+-PDF/+-PhysicsoftheAtmosphere.and.Climate-MurrySalby.pdf>
- Salby, M. (2013): CO<sub>2</sub> Changes are not Anthropogenic [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=nFPP3RlycB8>
- Scafetta, N. (2018): Toward a better understanding of natural climate variability. In: Mörner et al. (2018)
- Shaviv, N. J. (2002): The spiral structure of the Milky Way, cosmic rays, and ice age epochs on Earth. *New Astronomy* 8, 39–77. <https://arxiv.org/abs/astro-ph/0209252>
- Shaviv, N. J., Veizer, J. (2003): Celestial driver of Phanerozoic climate? *GSA Today* 13(7), 4–10.
- Shepherd, S., Zharkov, S., Zharkova, V. (2014): Prediction of Solar Activity from Solar Background Magnetic Field Variations in Cycles 21–23. *Astrophys. J.* 795(1): 46. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/795/1/46>



- Solanki, S. K. et al. (2004): Unusual activity of the Sun during recent decades compared to the previous 11,000 years. *Nature* **431**, 1084–1087. <https://doi.org/10.1038/nature02995>
- Soon, W., Connolly, R., Connolly, M. (2015): Reevaluating the role of solar variability on Northern Hemisphere temperature trends since the 19th century. *Earth Science Reviews* **150**, 409–452.  
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.08.010>
- Steinhilber, F., Beer, J., Frohlich, C. (2009): Total solar irradiance during the Holocene, *Geophysical Research Letters* **36**. <https://doi.org/10.1029/2009GL040142>
- Steinhilber, F., Beer, J. (2011): A new solar forcing record for the past 9400 years and its imprint in climate. AGU Fall Meeting Abstracts, id. GC23A-0903 [cit. 19.05.2022]. Dostupné z:  
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2011AGUFMGC23A0903S/abstract>
- Stefan, J. (1879): Über die Beziehung zwischen der Wärmestrahlung und der Temperatur. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften: Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe **79**, 391–428
- Šír, M., Kalenda, P. (2020): Srážky v ČR v období 1961–2019. *Vodohospodářský bulletin* **2020**, 39–41 [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://csvh.estranky.cz/clanky/vodohospodarsky-bulletin.html>
- Usoskin, I. G., Mursula, K., Solanki, S. K., Schüssler, M., Kovaltsov, G. A. (2002): A physical reconstruction of cosmic ray intensity since 1610. *J. Geophys. Res.* **107**(A11), 1374. <https://doi.org/10.1029/2002JA009343>
- Usoskin, I. G., Solanki, S. K., Korte, M. (2006): Solar activity reconstructed over the last 7000 years: The influence of geomagnetic field changes. *Geophys Res Lett* **33**, L08103. <https://doi.org/10.1029/2006GL025921>
- Usoskin, I. G. (2013): A History of Solar Activity over Millennia. *Living Rev. Sol. Phys.* **10**(1). <https://doi.org/10.12942/lrsp-2013-1>
- Wagner, G. et al. (2001): Presence of the solar de Vries cycle (~205 years) during the last ice-age. *Geophys. Res. Lett.* **28**, 303–306. <https://doi.org/10.1029/2000GL006116>
- West, D. M., Lansang, Ch. (2018): Global manufacturing scorecard: How the US compared to 18 other nations. Brookings, July 10, 2018. <https://www.brookings.edu/research/global-manufacturing-scorecard-how-the-us-compares-to-18-other-nations/>
- White, S. (1987): *The new astrology*. London: Pan Books in association with Macmillan. ISBN 0330296639, ISBN 9780330296632
- Xapos, M., Burke, E. (2009): Evidence of 6,000-Year Periodicity in Reconstructed Sunspot Numbers. *Solar Physics* **257**, 363–369. <https://doi.org/10.1007/s11207-009-9380-3>
- Zharkova, V., Shepherd, S., Popova, E. et al. (2015): Heartbeat of the Sun from Principal Component Analysis and prediction of solar activity on a millenium timescale. *Sci Rep*, **5**, 15689. <https://doi.org/10.1038/srep15689>
- Zharkova, V. V., Shepherd, S. J., Zharkov, S. I., Popova, E. (2019): Oscillations of the baseline of solar magnetic field and solar irradiance on a millennial timescale. *Sci Rep*, **9**, 9197. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45584-3>

**Klíčová slova:** sluneční aktivita, akumulace v horninách, klima, koncentrace CO<sub>2</sub>

# Dopady extrémů počasí na sanitární degradaci a mortalitu lesních porostů ML Dačice

Alice Kozumplíková<sup>1</sup>, Kamil Kupec<sup>2</sup>, Ilja Vyskot<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mendelova univerzita v Brně, Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií, Ústav environmentalistiky a přírodních zdrojů, Zemědělská 1, 613 00 Brno, [alice.kozumplikova@mendelu.cz](mailto:alice.kozumplikova@mendelu.cz), [ilja.vyskot@mendelu.cz](mailto:ilja.vyskot@mendelu.cz)

<sup>2</sup> Městské lesy Dačice s.r.o., Hradištko 25, 380 01 Dačice, [kupec@mldacice.cz](mailto:kupec@mldacice.cz)

## Abstrakt

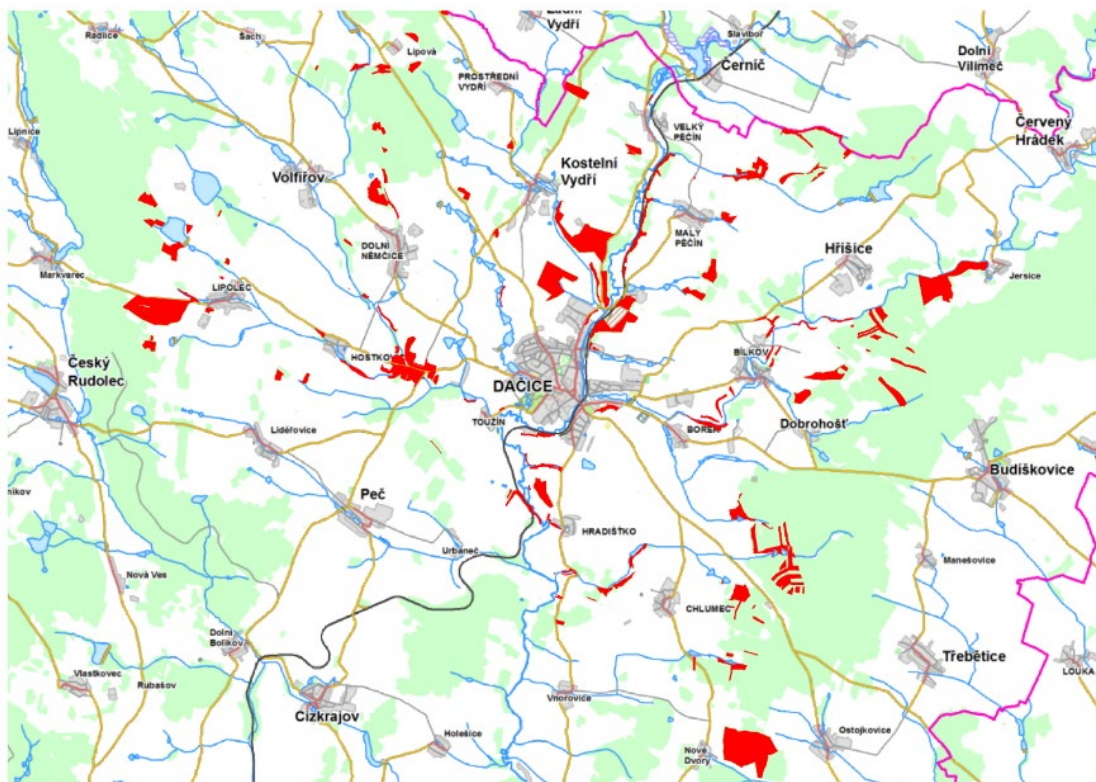
Srážkové deficit, extrémní teploty a víceleté sucho významně postihují české lesy. Degradovány jsou fyziologické procesy, s následnou destrukcí biotickými a abiotickými činiteli. Iniciací MŽP ČR byla zpracována studie stavu a sanační újmy lesů území ML Dačice, dominantně postižené části Českomoravské vrchoviny. Předložený příspěvek představuje a hodnotí stav sanitární destrukce a mortality lesa podle zastoupených hospodářských souborů a porostních typů dřevin. Destrukci jsou nejvíce zasaženy HS31, dále pak HS51b a 41. Rozhodný podíl mají HS45 a 55 (62 % LHC). Dle porostních typů lesa je nejvyšší sanitární degradace a mortalita v čistých smrčinách a majoritních smrkových směsích. Srážkový deficit (624 mm) a nárůst teplot ve vegetačním období (o 2 °C) vedou k sekundární expanzi biotických škůdců. Dochází k destrukci a k odumírání nejstarších věkových stupňů s totálním rozpadem. Napadeny jsou i porosty ve věku od cca 20ti let. Důsledkem jsou rozsáhlé holiny (až cca 30 ha). Pro obnovu zasažených porostů jsou připravena a realizována cílená koncepční a hospodářská opatření, s respektem ke změnám ekosystémovým podmínkám.

## 1. Úvod

Srážkový deficit, vlny teplotních extrémů a následné sucho, zaznamenané v české krajině výrazně od roku 2014, významně negativně ovlivnily české lesy. Lesní porosty byly a jsou destruovány primárně fyziologicky suchem, tak i sekundárně biotickými a abiotickými činiteli. Od roku 2014 bylo kalamitně vytěženo (dle ČSÚ) cca 94,1 mil. m<sup>3</sup> dřevní hmoty. Jako reakci na tento stav lesů v ČR zadalo MŽP ČR již v roce 2018 zpracování reprezentativní modelové studie hodnocení a evaluace stavu a újmy na funkcích lesů. Ve spolupráci ENKI, o.p.s. Třeboň a Mendelovy univerzity v Brně byl v průběhu období 2018–2019 řešen projekt „Posouzení stavu a funkcí lesů na vybraném lesním majetku v měnicích se ekosystémových podmínkách“ analyzující modelově část těžce postižené Českomoravské vrchoviny na pomezí kraje Vysočina a Jihočeského kraje – LHC ML Dačice. Předložený příspěvek hodnotí stav sanitární degradace a mortalitu tangovaných lesních porostů podle hospodářských souborů a porostních typů řešeného LHC, jako stěžejní ukazatel vlastnické efektivity hospodaření lesního majetku města Dačice a postižení lesního a krajinného prostředí Dačicka.

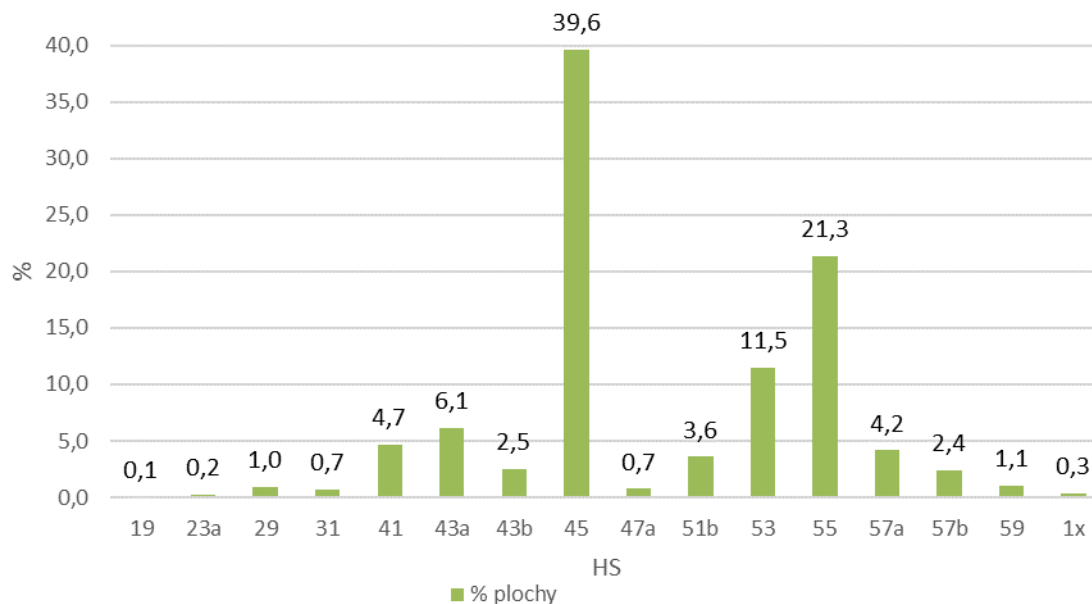
## 2. Materiál a metody

Základní charakteristiky a poměry LHC LM Dačice (porostní plocha 362 ha) jsou excerpovány z platného Lesního hospodářského plánu (2015–2024). LHC náleží do mírně teplé a teplé klimatické oblasti s průměrnou teplotou lokality 6–7 °C a průměrnými srážkami 598–750 mm. Zájmová oblast je tvořena pahorkatinou na mírně zdviženém zarovnaném povrchu převážně na rulách. Zarovnané povrchy v nadmořské výšce cca 500 m n. m. jsou mírně tektonicky rozčleněny v ploché hřbety a ploché kotliny či brázdy, typické pro okolí Dačic. Nejvíce zastoupeným půdním typem na LHC je zcela dominující kyselá kambizem. Podle trofnosti, ovlivnění vodou a na přechodu k jiným půdním typům se vyskytují subtypy, z nichž nejvíce zastoupeným je kambizem typická oligotrofní. Z hlediska lesních vegetačních stupňů se majetek nachází z 52 % ve 4. bukovém lesním vegetačním stupni, ze 46 % v 5. jedlobukovém stupni. Ze souborů lesních typů jsou nejvíce zastoupeny 4S (svěží bučina; 33 %), 5S (svěží jedlová bučina; 21 %) a 5K (kyselá jedlová bučina; 11 %). Lokalizaci porostů LHC LM Dačice zobrazuje následující mapa (Obr. 1, porosty LHC značeny červeně).



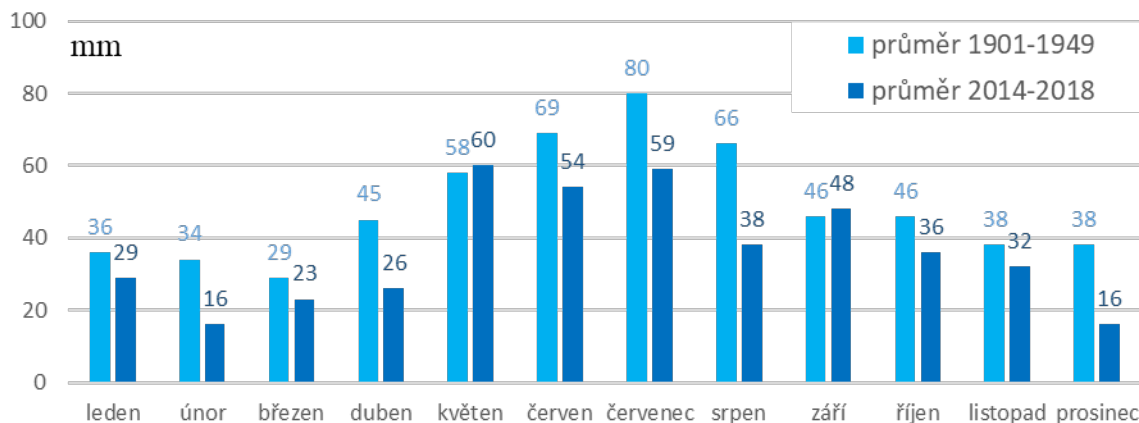
Obr. 1. Přehledová mapa LHC LM Dačice.

Nejvíce zastoupeným cílovým hospodářským souborem je HS45 (živná stanoviště středních poloh; 142,71 ha) a HS55 (živná stanoviště vyšších poloh; 76,75 ha). Procentuální zastoupení jednotlivých HS je znázorněno na Obr. 2.

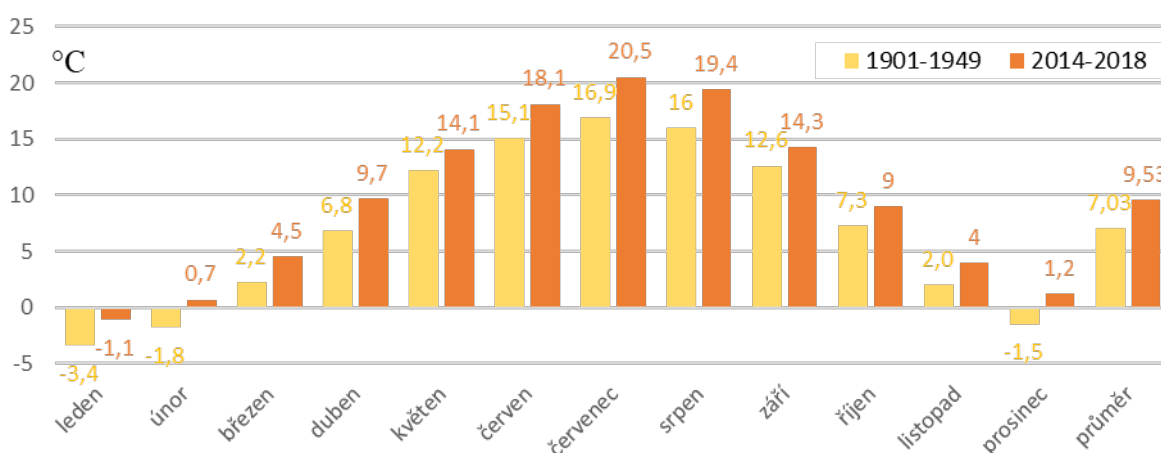


Obr. 2. Zastoupení hospodářských souborů (HS) v LHC

Změny v klimatických poměrech LHC ML Dačice jsou doloženy údaji průběhu a dynamiky srážek (Obr. 3) a porovnáním ročního průběhu teplot v časových obdobích 1901–1949 a 2014–2018 (Obr. 4).



Obr. 3. Porovnání úhrnů srážek mezi obdobími 1901 – 1949 a 2014 – 2018; (LHC LM Dačice, 2018)



Obr. 4. Srovnání ročního průběhu teplot v časových obdobích 1901–1949 a 2014–2018; (ČHMÚ, 2018)

### 3. Výsledky

Srážkové i teplotní extrémy období 2014–2018, se všemi sanitárními i mortalitními důsledky, zvláště v aktivním vegetačním období, jsou zcela průkazné. Lesní porosty LHC ML Dačice jsou od roku 2015 vystaveny mimořádnému úhrnu abiotických a biotických škodlivých činitelů. Podmínujícím vlivem je zjevně srážkový deficit, který za období 2015–2018 dosáhl již výše 624 mm. Představuje více než jeden roční normální úhrn srážek (581 mm). Neméně významným faktorem je nárůst teplot zejména ve vegetačním období (cca o 2 °C.). Dochází ke kontinuální expanzi rozvoje biotických škůdců, především lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*), lýkožrouta lesklého (*Pityogenes chalcographus*) a dalších, v úrovni jejich kalamičního přemnožení. Intenzivní kalamita v lesích započala v roce 2015, kdy došlo k nárůstu nahodilých těžeb zejména kůrovcové hmoty. Z téměř nulového stavu byla kůrovcová těžba v roce 2015 ve výši 2 000 m<sup>3</sup>. Nejdříve byly postiženy porosty ve stáří nad 100 let a stanoviště charakterizované soubory lesních typů 4S. Dále došlo k rychlému rozpadu porostů v samostatných lesích, v polních enklávách a na stránkách podél řeky Dyje. Vrchol kalamity byl v roce 2018, kdy došlo k rozpadu téměř všech smrkových porostů od stáří 20 let. Celková zásoba smrkových porostů podle LHP, který je platný od roku 2015, byla 47 398 m<sup>3</sup>, do současné doby bylo vytěženo 38 961 m<sup>3</sup>. Aktuálně zbývají k těžbě suché porosty ve stáří 20–40 let věku, kde je zásoba smrku cca 9 000 m<sup>3</sup> dříví. Na celém majetku jsou pouze ojedinělé zbytky smrkových porostů ve stáří 50 let a několik porostů ve věku 20 let. Tyto porosty jsou na bývalé zemědělské půdě, která byla zalesněna v průběhu let 1998–2005. Zde ve smrkových částech došlo k částečnému úhynu, ale převážná část porostů je zachována. Jedná se o pestré stanovištní podmínky např. SLT 4S, 4H, 5K, 5O.

Dřevina smrk byla zastoupena na 60 % plochy, a tak během kalamičních těžeb bylo evidováno 228 ha holin. Po přepočtu na 1 ha to představuje těžbu 62 m<sup>3</sup> kůrovcového dříví z každého hektaru plochy LHC. Kalamitou byly postiženy i další dřeviny. Destrukce a zdravotní degradace předeslaných impaktů jsou zjevné i v porostech borových a jasanových. Ve

srovnání s dominantními porostními typy smrku však jde o škody méně významné. Lze zaznamenat ataky houbových onemocnění, bekyně mnišky a dalších biotických škůdců. Sekundárně působí i bořivý vítr, sníh a námraza. Vážným problémem jsou škody zvěří okusem i loupáním. Jde především o mladé porosty, kultury a náletové obnovy listnatých dřevin. Stupně poškození porostů (2015–2018) dle ICP FOREST byly determinovány takto: 0 – 11 %, 0/I – 30 %, I – 19 %, II – 11 %, IIIa – 12 %, IIIb – 6 %, IV – 11 %.

Z hodnocení degradace zdravotního stavu porostů a mortality vyplývá nejvyšší negativní impakt v hospodářských souborech HS31 a 1x. Jejich plošné zastoupení je však v LHC zanedbatelné. Nejvíce atakována je tedy plocha největšího rozšíření HS45. Sanitární degradaci je postiženo 55 % plochy, aktuální zdravotní kvalita porostů je snížena o 60 % ve srovnání s rokem 2015. Obdobně jsou degradačně postiženy porosty HS 55 na téměř 60 % plochy s regresí 45 %. Z hlediska zastoupení a poškození porostních typů LHC jsou jednoznačně zdravotně degradovány „čisté smrčiny“ (C1). Porostní typ C1 je postižen na více než 35 % plochy s téměř 60% četností. Silně degradovány jsou i porostní typy smrku s jedlí a borovicí. Dubové a bukové porostní typy nevykazují významnější zdravotní poškození.

Sanitární degradace z pohledu vývojových fází porostů jsou relativně nízké v nejmladších věkových stupních (do 30ti let nejsou výrazná poškození). S rostoucím věkem se zdravotní stav prudce zhoršuje. Značně atakovány jsou věkové stupně 60 let +, gradace je v 80ti letech. Zcela destruovány jsou přestálé porosty (téměř 100 % ploch).

### **Strategie adaptace zásad hospodaření na klimatické a stanovištní změny**

Byly navrženy následující strategické zásady a opatření reagující na klimatická a stanovištní změny v LHC:

- a) explicitně indikovaný – stanovištní posun vegetačních stupňů
- b) revize typologických jednotek – aktuální reálné mapování
- c) indikované změny cílové druhové skladby
- d) modifikované rámcové směrnice hospodaření:
  - snížení obmýtí specifických dřevin
  - dřevinně a prostorově pestré porostní směsi
  - heterogenní skupinová smíšení (0,20ha)
  - dřevinná dominance DB, vyšší živná stanoviště BK
  - skladební směsi – BK, KL, BO, SM, DG, MD, JD

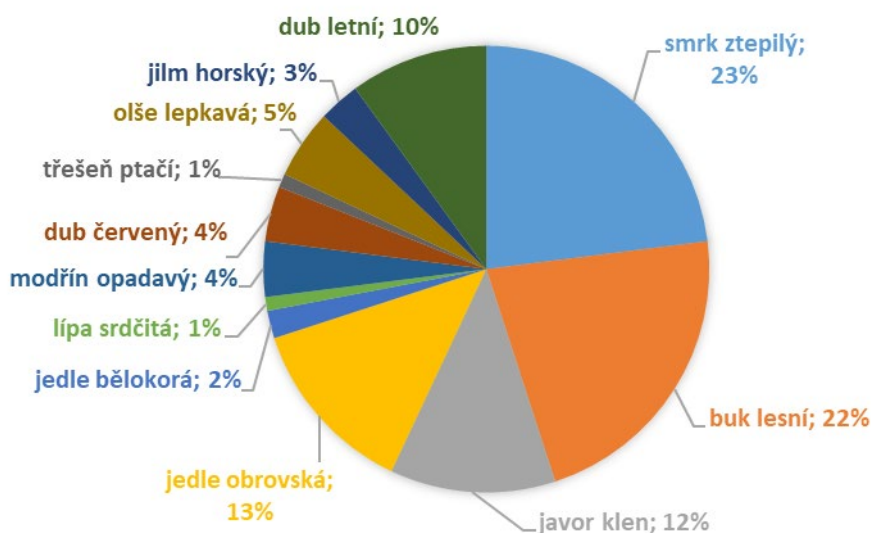
### **Návrhy hospodaření v degradovaných cílových hospodářských souborech LHC**

Základními směrnými charakteristikami hospodaření jsou nové parametry druhové, věkové a prostorové struktury zvyšující ekologickou stabilitu a odolnost porostů v členění:

- specifická druhová skladba porostních typů
- plná utilizace pionýrských (melioračních) dřevin
- plošná heterogenní diferenciace porostních směrů
- vertikálně rozrůzněná prostorová struktura směrů
- vývojová (věková) porostní heterogenita
- výchovná (pěstební) péče blízká přírodním procesům
- plná podpora přirozených obnov
- specifikace forem a délky obnovních cyklů

- maloplošné formy obnovy, obnovních prvků a segmentů
- specifikace a heterogenita doby obmýtí
- těžební postupy nenarušující půdní profil, přízemní a vnitřně strukturní vegetaci

Obr. 5. příkladově dokladuje zásadní změny při obnově porostů. Je zcela potlačena dominance typických smrkových porostů, programově je rozšiřováno spektrum druhové skladby, směrem k suchu odolným dřevinám a pestrým porostním směsím.



Obr. 5. Zalesnění podle dřevin v roce 2020 (Kupec, 2022).

#### 4. Závěr

Důsledky srážkových dlouhodobých deficitů a rostoucích teplot, dominantně ve vegetačních obdobích, způsobily sanitární destrukce, rozvrat a vysokou mortalitu lesních porostů ML Dačice. Vzhledem k jejich nejen lesnickému, ale funkčně krajinnému významu, byla důležitá analýza stavu, s pochopením příčin a specifických dopadů na jednotlivé typy a struktury lesních porostů. Na základě pokračujících změn ekosystémových podmínek s další predikcí úbytku srážek a nárůstu teplot pak bylo možné zvolit proponované strategie a obnovy lesa, s očekáváním potřebné fyziologické a ekologické stability.

#### Literatura:

HESSLEROVÁ, P., HURYNA, H., POKORNÝ, J. KOZUMPLÍKOVÁ, A., VYSKOT, I. 2022. Změny klimatizační funkce lesních porostů jako následek jejich plošného odumření po gradaci lýkožrouta smrkového. *Zprávy lesnického výzkumu*, 67, 1, 10–23. ISSN 0322-9688.

VYSKOT, I., KOZUMPLÍKOVÁ, A., POKORNÝ, J. HESSLEROVÁ, P., HURYNA, H. 2019. Posouzení stavu a funkcí lesů na vybraném lesním majetku v měnících se ekosystémových podmínkách. MŽP ČR, 179 s.

POKORNÝ, J. VYSKOT, I., HESSLEROVÁ, P., KOZUMPLÍKOVÁ, A., HURYNA, H., KUPEC, K. 2019. Audit krajiny Dačicko. Subprojekt SFŽP (502/2018), 48 s.

**Klíčová slova:** funkce lesů, změna ekosystémových podmínek, zdravotní stav lesů, koncepční a hospodářská opatření v lesích

# Doplňková meteorologická staniční síť na Ostravsku a její přínos pro poznání klimatu města

Pavel Lipina<sup>1</sup>, Miroslav Řepka<sup>1</sup>, Veronika Šustková<sup>1</sup>, Pavel Zahradníček<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, Oddělení meteorologie a klimatologie, K Myslivně 3/2182, 708 00, Ostrava-Poruba, [pavel.lipina@chmi.cz](mailto:pavel.lipina@chmi.cz), [miroslav.repka@chmi.cz](mailto:miroslav.repka@chmi.cz), [veronika.sustkova@chmi.cz](mailto:veronika.sustkova@chmi.cz)

<sup>2</sup> Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Bělídla 986/4a, 603 00 Brno [zahradnicek.p@czechglobe.cz](mailto:zahradnicek.p@czechglobe.cz)

<sup>3</sup> Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 2578/43, 616 67 Brno, [pavel.zahradnicek@chmi.cz](mailto:pavel.zahradnicek@chmi.cz)

## Abstrakt

Město Ostrava leží na severním okraji Moravské brány. Nejnižší místo (208 m n. m.) se nachází v severovýchodním výběžku Antošovic a nejvyšším bodem je kóta v západně situovaném Krásném Poli (334 m n. m.). K 1. 1. 1924 byla vytvořena tzv. Velká Ostrava, která přinesla sloučení sedmi moravských obcí v jeden celek (Moravská Ostrava, Přívoz, Mariánské Hory, Vítkovice, Hrabůvka, Nová Ves a Zábřeh nad Odrou). K dalšímu připojování původně samostatných obcí a k rozšíření území Ostravy došlo v letech 1941, 1957, 1960 a 1976. Ostrava má necelých 300 tisíc obyvatel, do města také dojíždí 50 tisíc lidí za prací i za studiem.

Historicky nejstarší meteorologický záznam z území dnešního města Ostravy je z února 1867 z tehdejší samostatné obce Přívoz. Za celé sledované období bylo v provozu 28 meteorologických stanic ve 13 správních obvodech nebo dřívějších samostatných obcích, později připojených k Ostravě.

Časově roztržitá meteorologická měření nejsou vhodná a dostatečná pro sledování a výzkum tepelného ostrova města. Proto byla zřízena doplňková staniční síť teplotních měření na území města Ostravy a v jejím nejbližším okolí.

V období červenec až listopad 2017 bylo na území města Ostravy instalováno 15 doplňkových meteorologických stanic s měřením teploty vzduchu. Data teploty vzduchu jsou zaznamenávána v pravidelných pětiminutových intervalech a dávkově jsou importována do klimatologické databáze CLIDATA.

Data z těchto stanic se objevují ve vyhodnoceních a standardních klimatologických charakteristikách za pobočku ČHMÚ Ostrava a v pravidelných zpracováních minimálních teplot na Infometu ČHMÚ. Doplňková staniční síť a výsledky jejího měření se významně podílely na řešení projektu tepelného ostrova města.

Zpracování klimatologických charakteristik Ostravy a Ostravska se v historii věnovala řada autorů. Z poslední doby můžeme uvést práci kolektivu autorů, která má vazbu na klimatologii, rozptylové podmínky a znečištění ovzduší. Ze závěru zpracování uvádíme např., že průměrná roční teplota vzduchu ukazuje rostoucí trend v průměru 0,3 °C za 10 let.

## 1. Geografická charakteristika Ostravy

Město Ostrava se rozkládá na soutoku čtyř řek: Odry, Ostravice, Opavy a Lučiny a leží na severním okraji Moravské brány. Leží v členitém terénu Ostravské pánve, pouze její západní část na levém břehu Odry přechází do Nízkého Jeseníku (Vítkovské vrchoviny) a severozápadní část do Opavské pahorkatiny (Hlučínské pahorkatiny) (BÍNA, DEMEK 2012).

Vodní toky jsou v Ostravě značně ovlivněné po stránce chemické, biologické i fyzikální (tepelné znečištění), a to zejména průmyslovými i komunálními odpadními vodami.

Centrum města Ostrava leží na 49° 50' 31" severní šířky a 018° 17' 34" východní délky. V členitém terénu ostravské pánve, pouze její západní část na levém břehu Odry přechází do Vítkovské vrchoviny a severozápadní část do Hlučínské tabule.

Nejnižší místo (208 m n. m.) se nachází v severovýchodním výběžku Antošovic, v místě, kde řeka Odra opouští Ostravu. Nejvyšším bodem je kóta v západně situovaném Krásném Poli (334 m n. m.). Od západu v Krásném Poli na východní

okraj v Bartovicích je vzdálenost 20,1 km. Od severní hranice v Antošovicích po jižní okraj v Nové Bělé je vzdálenost 20,5 km (HAVRLANT 1980, 1984).

Na území města leží část chráněné krajinné oblasti Poodří, především na katastru městských obvodů Svinov a Polanka nad Odrou. Dále se v Ostravě nachází národní přírodní rezervace Polanská niva, která má rozlohu 122,3 ha. Zahrnuje rybníky a louky různého stupně zamokření a je mezinárodně chráněnou oblastí. K chráněným územím patří rovněž přírodní rezervace Rezavka a rybník Štěpán, Martinský mokřad, přírodní památkou je lesní rezervace Turkov a v neposlední řadě také Polanský les o rozloze 59,17 ha, což je komplex původního lužního lesa s karpatskými prvky (KŘÍŽ 2004).



Obr. 1 Mapa městských obvodů města Ostravy (zdroj: Wikipedie.cz).

Ostrava má necelých 300 tisíc obyvatel, do města také dojíždí 50 tisíc lidí za prací i za studiem. Kromě toho je Ostrava centrem druhé největší české aglomerace nazvané Ostravská metropolitní oblast, která v Moravskoslezském kraji kromě přilehlých obcí zahrnuje většinu velkých měst: především Opavu, Karvinou, Havířov, Frýdek-Místek, Třinec, Kopřivnici, Nový Jičín, Krnov, Orlovou, Bohumín nebo Český Těšín. Žije v ní téměř 1 milion obyvatel, což z ní činí druhé nejvýznamnější urbanizované území v Česku. K roku 2019 konkrétně měla rozlohu 2 710 km<sup>2</sup>, kde v celkem

172 obcích žilo 982 071 obyvatel (81 % obyvatel kraje), hustota zalidnění tak činila 362 obyvatel na km<sup>2</sup>.

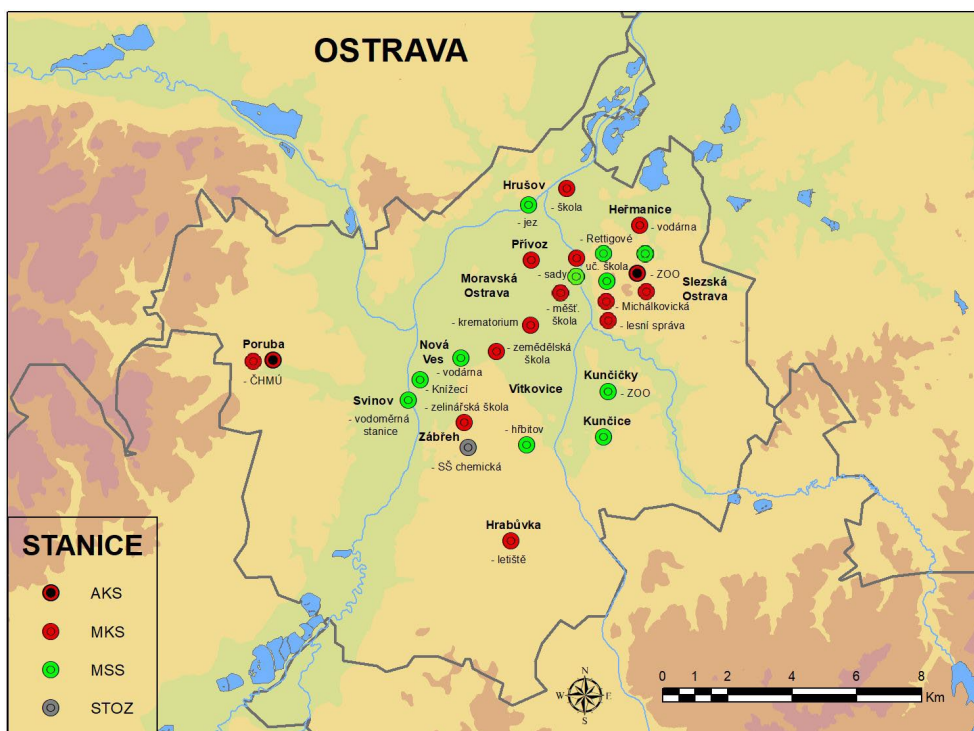
Ostrava vyrostla jako průmyslové středisko černouhelné pánve. Pro svůj hornický a hutnický průmysl v minulosti zvaná „ocelové srdce republiky“, prošla výraznými změnami po roce 1989. V důsledku restrukturalizace průmyslu byla utlumena důlní činnost a poslední uhlí se na území města vytěžilo v roce 1994. Svědkem hornické minulosti je Dolní oblast Vítkovice, bývalý průmyslový areál s unikátním souborem industriální architektury aspirující na zápis do seznamu Světového dědictví UNESCO.

Význam a postavení Ostravy v České republice vyplývala především z těžby černého uhlí (dne 30. června 1994 byla na území Ostravy ukončena těžba uhlí) a jeho dalšího zpracování, z hutních závodů a navazující druhovýroby. Všechna tato činnost po dlouhou dobu silně ovlivňovala rozvoj celé aglomerace (koksárenství, chemický průmysl, těžké strojírenství a stavebnictví). Hutnictví a těžké strojírenství jsou však nadále dominujícími odvětvími, procházejícími významnými transformačními a restrukturalizačními změnami, spojenými s výrazným snižováním pracovních míst. Rozvíjí se sektor služeb (Ostrava, 2022).



## 2. Stručná historie města Ostravy

K nejstarším ostravským vsím patří Polská (dnes Slezská) Ostrava, která je zmíněna v jednom z dokumentů papeže Řehoře IX. již v roce 1229. Dnešní Moravské Ostravě, jejíž název je poprvé uveden v závěti olomouckého biskupa Bruna ze Schauenburku v roce 1267, byl statut města udělen před rokem 1279. Nově budované město se stalo střediskem pro biskupské vesnice v okolí. Jeho jádro tvořilo čtyřúhelníkové náměstí (dnešní Masarykovo náměstí).



Obr. 2 Rozmístění meteorologických stanic na území města Ostravy za období 1867–2021 (autor mapy: Miroslav Řepka).

Oživení hospodářského života na Ostravsku přinesl objev uhlí v roce 1763 v údolí Burňa v Polské Ostravě. Prudký růst aglomerace nastartovalo v roce 1828 založení železáren ve vsi Vítkovice olomouckým arcibiskupem Rudolfem Habsburským. Napojení na Severní dráhu Ferdinandovu v roce 1847 prostřednictvím nádraží ve Svinově a Přívoze způsobily, že Ostrava se ve druhé polovině 19. století stala jedním z nejvýznamnějších průmyslových středisek rakousko-uherské monarchie. Rozkvět průmyslu vyvolal i příliv obyvatelstva. V roce 1830 žilo v Moravské Ostravě necelé dva tisíce obyvatel, za padesát let přesáhl jejich počet 13 tisíc.

K 1. 1. 1924 byla vytvořena tzv. Velká Ostrava, která přinesla sloučení sedmi moravských obcí v jeden celek (Moravská Ostrava, Přívoz, Mariánské Hory, Vítkovice, Hrabůvka, Nová Ves a Zábřeh nad Odrou). K dalšímu připojování původně samostatných obcí a k rozšíření území Ostravy došlo v letech 1941 (7 obcí), 1957 (4 obce), 1960 (3 obce) a 1976 (6 obcí) (Ostrava 2022).

## 3. Historie meteorologických pozorování v jednotlivých obcích současné Ostravy

Historicky nejstarší meteorologický záznam z území dnešního města Ostravy je z února 1867 z tehdejší samostatné obce Přívoz. V 19. století pak ještě vznikly meteorologické stanice v Moravské a Slezské (Polské) Ostravě. V letech 1870–1880 a 1915–1924 se na území dnešní Ostravy nenacházela ani jedna meteorologická stanice. Naopak nejvyššího počtu meteorologických stanic bylo dosaženo v letech 1946–1949 (10 stanic, z toho 4 klimatologické). Nejvyšší nárůst počtu stanic byl zaznamenán v roce 1925, kdy bylo založeno 6 srážkoměrných stanic (TOLASZOVÁ 2006). Za celé sledované období bylo v provozu 28 meteorologických stanic ve 13 správních obvodech nebo dřívějších samostatných

obcích, později připojených k Ostravě (LIPINA, ŘEPKA 2010). Podle typu stanice (Tab. 1) bylo v provozu celkem třináct manuálních klimatologických (MKS) a jedenáct manuálních srážkoměrných stanic (MSS). Typem MKS je označena i stanice, která kromě úhrnu srážek, popř. sněhoměrných charakteristik, měřila alespoň teplotu vzduchu v klimatologických termínech (tzv. stanice III. řádu). Jedna stanice byla vybavena speciálním meteorologickým stožárem (STOZ). V současné době jsou v provozu tři automatické klimatologické stanice ČHMÚ (AKS).

Tab. 1 Základní metadata meteorologických stanic na území města Ostravy.

Stanice	Upřesnění	Indikativ	Začátek pozorování	Konec pozorování	Typ	Zem. šířka	Zem. délka	Nadm. výška
Heřmanice	vodárna	HERM	01. 07. 1954	29. 02. 1956	MKS	495130	181910	220
Hrabůvka	letišťe	HRAB	01. 05. 1946	30. 09. 1959	MKS	494620	181530	242
Hrušov	škola	HRUS	01. 09. 1925	31. 07. 1949	MKS	495210	181720	205
	jez	HRUJ	01. 09. 1944	30. 09. 1955	MSS	495155	181620	202
Kunčice		KUNC	01. 01. 1909	31. 12. 1920	MSS	494800	181800	230
Kunčičky	ZOO	KUNK	01. 08. 1925	31. 08. 1960	MSS	494845	181810	220
Moravská Ostrava	měšťanská škola	MOST	1. 2. 1881	31. 12. 1914	MKS	495009	181725	212
	městské sady		01. 06. 1932	30. 09. 1948	MSS	495100	181730	212
			01. 10. 1948	31. 05. 1953				
	krematorium	MOSK	01. 06. 1953	30. 11. 1955	MKS			
Nová Ves	vodárna	NOVS	01. 09. 1925	31. 05. 1962	MSS	494925	181425	211
	Knížecí		01. 06. 1962	30. 06. 1970		494905	181320	214
Poruba	ČHMÚ	PORB	01. 01. 1968	31. 12. 2012	MKS	494931	180934	239
		PORU	01. 01. 1998	dosud	AKS			
Přívoz		PRIV	1. 2. 1867	31. 12. 1869	MKS	495100	181620	210
Slezská Ostrava	lesní správa	SLSK	1. 3. 1881	31. 12. 1887	MKS	495000	181800	280
	Učitel'ská škola		01. 09. 1925	31. 08. 1952	MSS	495036	181816	280
	Michálkovická		01. 10. 1953	31. 03. 1954	MKS	495035	181815	275
	ZOO	SLZO	01. 06. 1960	31. 10. 1960	MSS	495042	181903	269
			01. 11. 1960	31. 05. 1963	MKS			
	M. D. Rettigové	SLSK	01. 01. 1980	31. 01. 1987	MSS	495035	181817	280
	ZOO	SLZO	01. 02. 1987	03. 11. 2010	MSS	495042	181903	269
04. 11. 2010			dosud	AKS				
Svinov	vodoměrná stanice	SVIN	01. 08. 1981	31. 12. 1990	MSS	494845	181300	210
Vítkovice	hřbitov	VITH	01. 08. 1925	31. 10. 1978	MSS	494755	181600	236
	zemědělská škola	VITZ	01. 04. 1928	31. 12. 1931	MKS	494930	181520	228
Zábřeh	zelinářská škola	ZABR	01. 07. 1932	28. 02. 1971	MKS	494820	181425	230
	SŠ chemická	ZABS	18. 10. 1995	20. 10. 2015	STOZ	494750	181610	235
	Bělský les	OZHB	24. 02. 2022	dosud	AKS	494736	181436	238

## 4. Současné meteorologické stanice v Ostravě

V Ostravě má ČHMÚ tři automatizované klimatologické stanice. V roce 1968 byla uvedena do provozu manuální klimatologická stanice v Ostravě-Porubě (v místě nově vzniklé budovy a pozemku střediska, později pobočky HMÚ Ostrava). V listopadu 1997 byla tato stanice automatizována. Druhá stanice, původně manuální srážkoměrná stanice umístěná v Zoologické zahradě v Ostravě (Slezská Ostrava), byla v roce 2010 automatizována a doplněna o měření teploty a vlhkosti vzduchu ve 2 m nad zemí a přízemní minimální teploty vzduchu, spolu s člunkovým srážkoměrem. V lednu 2022 byla instalována třetí ostravská stanice v Ostravě-Zábřehu (stanice typu AKS4, v areálu vedení Městských lesů Ostrava v Bělském lese) Automaticky měřené prvky jsou na této stanici stejné jako u stanice Slezská Ostrava, ZOO.

V nejbližším okolí Ostravy je umístěna automatizovaná stanice v Bohumině, Záblatí, Karvině, Lučíně, Frýdku-Místku a Mošnově. Manuální srážkoměrná stanice v Klimkovicích, Děhylově, v Hatí, Havířově, Bludovicích a Paskově.

## 5. Doplnková staniční síť v Ostravě

První myšlenky na rozšíření teplotního měření v Ostravě a zpracování klimatologických poměrů Ostravy se objevily v roce 2012, kdy se autoři podíleli na zpracování klimatologie města Olomouce v rámci projektu GA ČR 205/09/1297 Víceúrovňová analýza klimatu městské a příměstské krajiny na příkladu středně velkých měst. Z této spolupráce vznikla velmi pěkná a vydařená publikace autorské ho kolektivu M. Vysoudil a kol. Podnebí Olomouce, která vyšla v roce 2012. Byli a jsme přesvědčení, že i Ostrava by si takové zpracování a publikaci zasloužila (FRAJER, GELETIČ, LEHNERT, LIPINA, CHMELOVÁ, ŘEPKA, VYSOUDIL 2012).

Impulzem k zahájení doplňkových měření v Ostravě byla meteorologická konference na Lysé hoře, která se konala v červnu 2017, kde sešlo se více než 100 meteorologických odborníků a meteorologických nadšenců z Česka, Polska a Slovenska. Amatérští meteorologové ze Šumavy, mimo jiné prezentovali informace o svém měření čidly Termio. Prezentovali jejich klady a zápory a přidali také řadu zkušeností.

V červnu 2017, jsme objednali první zásilku čidel. Připravili radiační štíty, vyrobili sloupky na uchycení čidel a vytipovali první lokality měření. Postupně byla čidla instalována a bylo zahájeno měření.

### 5.1 Popis čidel

Čidla Termio1 a Termio25, jsou jedny z nejlepších při porovnání cena a výkon. Polská teplotní čidla fungující na bázi odporového čidla Pt1000 firmy Termoprodukt Bielava stojí okolo 1.000 Kč za kus. Standardní čidlo má 1 m kabel k registrační jednotce s displejem. Je to průmyslové čidlo v rozsahu měření  $-70$  až  $+300$  °C, které umožňuje registrovat výsledky měření v intervalu od jedné sekundy. Firma dodává čidla s certifikátem/kalibračním listem a na základě více než tříletého používání na Šumavě tato čidla vykazují vysokou spolehlivost, požadovanou přesnost a výdrž.

Podle dokumentace od výrobce pro čidlo TERMIO25/1 je kapacita paměti 32703 záznamů a kapacita baterie 1.000.000 záznamů.

Pro měření jsme se rozhodli nastavit pravidelný 5minutový interval měření a registrace (v 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 40, 45, 50 a 55 minutě SEČ). Tento interval je standardně importovatelný do databáze CLIDATA a z 5minutového intervalu je možné vypočítat další odvozené prvky jen s malou chybou.

Při intervalu záznamu 5 minut vydrží paměť čidla 113 dnů (což jsou téměř 4 měsíce). Deklarovaná výdrž baterie (téměř jeden rok) je silně nadhodnocená. Originálně dodávané baterie vydrží 160 až 180 dnů. Používají se lithiové baterie 1/2AA 3,6 V. V ČR se dají zakoupit obdobné baterie za 85,- Kč/kus a mají výdrž okolo 220 dnů.

Čidlo se umístí do meteorologické budky nebo do radiačního krytu na jakýkoliv 2 m sloupek. Registrační část čidla s displejem se umístí nejlépe do vodotěsné elektrikařské krabičky.

Při začátku měření je potřeba nastavit správný čas (nejlépe v SEČ) a spustit registraci měření v každé pravidelné pětiminutě. Při odečtu dat se k registrační části čidla připojí tzv. czytnik, který se přes USB připojí do notebooku. V NB se spustí dodávaný software (LogSoft) a stáhnou se dat v textovém souboru. SW umí identifikovat a popsat datovou řadu, umí zobrazit graf naměřených dat. Po ukončení registrace je možné (a obvykle nutné, data z paměti vymazat), nastavit správný čas a spustit registraci v pravidelné pětiminutě.

Samotná čidla umístíme většinou do starších, vyřazených a upravených radiačních krytů (5 lamel). Starší nevyužívané kryty, jsou před použitím rozebrány, jednotlivé lamely byly vyčištěny, popř. natřeny bílou barvou.

Registrační část čidla s displejem je umístěna do vodotěsné rozvodné elektrikářské krabičky, kde se ve spodní části vyvrtá otvor pro protažení čidla. V rohu krabičky se vyvrtají malé otvory pro únik vody, která by se mohla vysrážet v krabičce. Krabička se přišroubuje na sloupek tak, aby se dalo čidlo umístit do radiačního krytu. Čidlo se připevní do základny radiačního krytu (do průchodky, nebo do odpovídajícího otvoru a opatří se gumovým těsněním, aby nevypadlo z otvoru). Kabel čidla se ke sloupku a ke kotvě připevní stahovacími páskami.

Při každém stažení dat je potřeba zkontrolovat všechny uchycení (sloupku, radiačního krytu a čidla) a rovněž, zda byla dobře uzavřena krabička s registrační částí čidla, aby se k čidlu nedostala voda.

## 5.2 Import dat do databáze CLIDATA

V souběhu s instalací byly v databázi CLIDATA definován indikativ každé stanice (ve skupině O7%), definovaná geografie, popis, souřadnice, nadmořská výška a vytvořen popis pozorování pro jednotlivé prvky T, TMA a TMI, Tampl, TMAnoc, TMAden, TMI noc, TMI den (nepravidelná data) a T (pravidelná data).



Byla vytvořena importní metoda pro import dat z čidel Termio. Po každé instalaci byly do databáze umístěny kontakty a uloženy fotografie.

Všechna změřená data (textový soubor) je po drobné úpravě importován do klimatologické databáze CLIDATA do skupiny doplňkových stanic O7%.

## 5.3 Provoz čidel

První instalace a začátek měření byla provedena v Šenově (Zelená 929) 31. 7. 2017. Postupně byla instalována další čidla.

V Ostravě a nejbližším okolí byly postupně instalována čidla na 19 lokalitách. Čidla v Ostravě-Porubě jsou kontrolní. Jedno čidlo je umístěno v meteorologické budce a druhé v radiačním štítu stanice AKS1 Ostrava-Poruba.

Data z čidel je potřeba stáhnout do NB prostřednictvím USB kabelu a instalovaného SW, který je volně stažitelný na stránkách dodavatele čidel.

Od roku 2019 firma působí i na českém trhu (webové stránky v češtině a možnost platit tuzemským převodem).

Stahování dat probíhá dle časových možností obvykle v 1 až 3měsíčním intervalu a data jsou následně importována do databáze CLIDATA, kde podléhají automatické kontrole dat. Data jsou uložena v čase SEČ. Data ze stanice Ostrava-Poruba, jsou stahována a importována do databáze obvykle každý týden.

Čidla jsou umístěna podle standardních pravidel pro umístění meteorologických stanic, tj. ve výšce 2 m nad zemí nad travním povrchem (radiační kryt, nebo meteorologická budka) (LIPINA, ŘEPKA, FLÁM 2019).

Obr. 3 Ukázka instalace/umístění teplotního čidla

Tab. 2 Přehled stanic Termio.

indikativ	lokalita	datum instalace	místo, adresa	nadm. výška (m n. m.)
O7OBEL01	O.-Bělský les	23.08.2017	Antonína Brože 2, Ostrava-Bělský les	245
O7OTRE01	O.-Třebovice	06.10.2017	Šaljapinova 5150/12, Ostrava-Třebovice	232
O7OVIT01	O.-Vítkovice (Temex)	06.10.2017	TEMEX, Erbenova 293/19, Ostrava-Vítkovice	230
O7ORAD01	O.-Radvanice	06.10.2017	Chodounského 1352/23, Ostrava-Radvanice	220
O7OVIP01	O.-Vítkovice (Penzion)	06.10.2017	Syllabova 2886/19, 703 00 Ostrava-Vítkovice	234
O7OMOR01	O.-Moravská Ostrava	06.10.2017	Sport centrum, Budečská 3214/4, Ostrava	208
O7OHOS01	O.-Hošťálkovice	06.10.2017	Městské lesy Ostrava, Aleje 148, O.-Hošťálkovice	308
O7OVYS01	O.-Výškovice	03.11.2017	Ostrava-Výškovice, Výškovická 177	267
O7OMAR01	O.-Martinov	12.10.2017	Ostrava-Martinov, ulice Přední padělký 3043	236
O7OMAH01	O.-Mariánské Hory	20.11.2017	Ostrava-Mariánské Hory (ZŠ Gen. Janka)	223
O7OPOL01	O.-Polanka nad Odrou	16.10.2017	Ostrava - Polanka nad Odrou, Hraničky 3	239
O7OPET01	O.-Petřkovice	06.10.2017	Ostrava-Petřkovice, Údolní 43/1	209
O7OHRA01	O.-Hrabová	06.10.2017	ZŠ Ostrava-Hrabová	240
O7ONOV01	O.-Nová Ves	12.10.2017	Ostrava-Nová Ves Vodárna OVAK	211
O7ODOV01	O.-Dolní oblast Vítkovic	20.11.2017	Dolní oblast Vítkovic, Velký svět techniky	217
O7ODOV02	O.-Dolní oblast Vítkovic	20.12.2019	Dolní oblast Vítkovic, stará koksovna, industrial	217

Data z těchto stanic se objevují ve vyhodnoceních a standardních klimatologických charakteristikách jednotlivých měsíců za pobočku ČHMÚ Ostrava a v pravidelných zpracováních minimálních teplot P. Jůzy na Infometu (<http://www.infomet.cz/>).

## 6. Klimatologické charakteristiky Ostravy

Z mapy klimatických oblastí ČR vyplývá, že území města Ostravy náleží do mírně teplé oblasti 10 (MT10). Podnebí města má však určité zvláštnosti vyplývající jednak z vysoké koncentrace průmyslu a husté zástavby, jednak ze specifických podmínek celé pánve. Ta i s přilehlým okolím je z velké části obklopena věncem hor (QUITT 1971). Moravskoslezské Beskydy na jihu a Vítkovská vrchovina s Nízkým Jeseníkem na západě vytvářejí bariéru, která brání větrům na území Ostravska převládajících.

Teplota vzduchu v Ostravské pánvi je bezprostředně ovlivněna reliéfem a koncentrací průmyslu s hustou zástavbou. Převážná většina srážek souvisí s častým přechodem frontálních poruch a s advekci vlhkého vzduchu od Atlantiku. Délka trvání sněhové pokrývky bývá ve městě nízká, trvá zpravidla necelé dva měsíce, v blízkosti průmyslových areálů a v typických městských částech je o 4 až 7 dnů kratší.

Zpracování klimatologických charakteristik Ostravy a Ostravska se v historii věnovala řada autorů. Z poslední doby můžeme uvést práci kolektivu autorů, která má vazbu na klimatologii, rozptylové podmínky a znečištění ovzduší. Ze závěru zpracování uvádíme např., že průměrná roční teplota vzduchu ukazuje rostoucí trend v průměru 0,3 °C za 10 let. Rovněž průměrné letní teploty mají na nejvyšší hladině významnosti trend rostoucí; na ostravských stanicích o 0,4 °C za 10 let. V jednotlivých měsících je významný rostoucí trend v květnu (0,4 °C za 10 let), červenci (0,5 °C za 10 let) a srpnu (0,5 °C za 10 let) v červenci (0,6 °C za 10 let). Letní počet dní s průměrnou teplotou vyšší než 15 °C má na této hladině významnosti rovněž rostoucí trend na všech stanicích v průměru o 3 dny za 10 let. Ze zpracovaných dat vyplývá, že od

roku 1961 postupně stoupá počet měsíců s průměrnou teplotou nadnormální a mimořádně nadnormální a klesá počet měsíců s teplotou podnormální a mimořádně podnormální. Zároveň je zřejmé, že se prodlužuje období s výskytem za sebou jdoucích nadnormálních měsíců (BLAŽEK, LIPINA, TOLASZ 2015).

Velké množství standardních klimatologických charakteristik lze odvodit ze stěžejní klimatologické publikace Atlas podnebí Česky z roku 2007.

Aktuální data pro Ostravu lze získat pro rok 2020 také z Klimatologické ročenky 2020, která se stala vydanou tištěnou meteorologickou ročenkou, jejíž vydávání jsme obnovili po více než čtyřiceti letech.

Od roku 2020 má k dispozici široká meteorologická veřejnost, nebo lépe řečeno každý návštěvník webových stránek ČHMÚ, denní nebo měsíční data hlavních meteorologických prvků od roku 1961 do roku 2020 (v roce 2021). Každý rok jsou veškerá publikovaná data znovu importována z klimatologické databáze a je přidán další aktuální rok. Kompletním importem jsou tak dostupné veškeré provedené opravy dat, popř. doplnění dalších dat, které se podařilo digitalizovat a opravit.

Pro informaci uvádíme některé charakteristiky teploty vzduchu ze stanice Ostrava-Poruba, která je jedinou stanicí s delší řadou meteorologických měření fungující do dnešní doby (od roku 1968) a zároveň na stále stejné lokalitě.

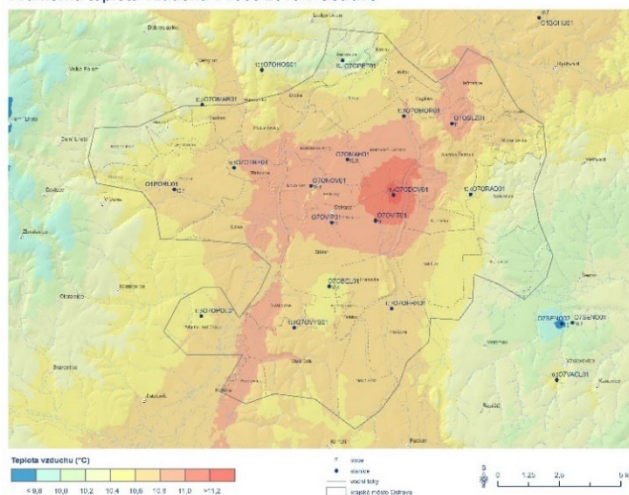
## **7. Tepelný ostrov Ostravy identifikovaný pomocí husté sítě meteorologických stanic**

Pro zpracování klimatologických charakteristik určitého místa je potřeba mít dlouhou nebo dostatečně dlouhou řadu meteorologických měření, nebo dostatečně a kvalitně zpracovat dostupná data z různě umístěných meteorologických stanic pozorující v různých obdobích. Tímto zpracováním jsme schopni získat dlouhodobé klimatologické charakteristiky jednotlivých meteorologických prvků a také přehled extrémních hodnot.

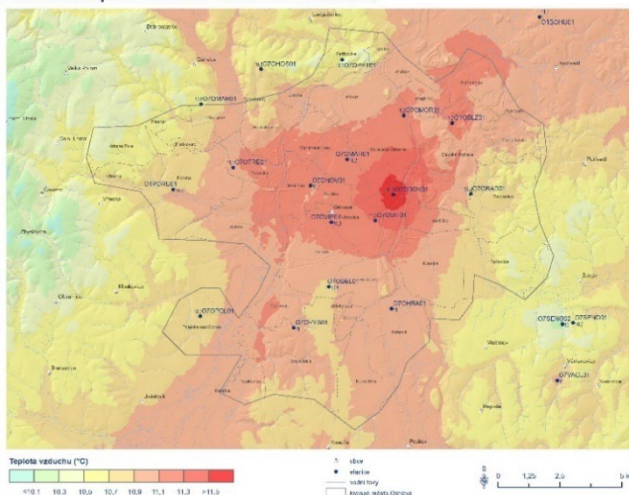
Takto časově roztržitá meteorologická měření nejsou vhodná a dostatečná pro sledování a výzkum tepelného ostrova města. Proto byla zřízena doplňková staniční síť teplotních měření na území města Ostravy a v jejím nejbližším okolí.

Město Ostrava je ideální ukázkou možnosti zkoumání tepelného ostrova města na základě husté sítě stanic. Ty jsou k dispozici od podzimu 2017 a od ledna roku 2018 kompletní roční řady, proto analýza bude zaměřena na období 2018–2020. Stanice byly rozděleny na městské (10), příměstské (6) a venkovské (3). Stanice O7ODOV02 (Dolní oblast Vítkovic, Vysoká pec) nebyla do analýz počítána, jelikož je řada kratší a stanice není umístěna nad travním povrchem.

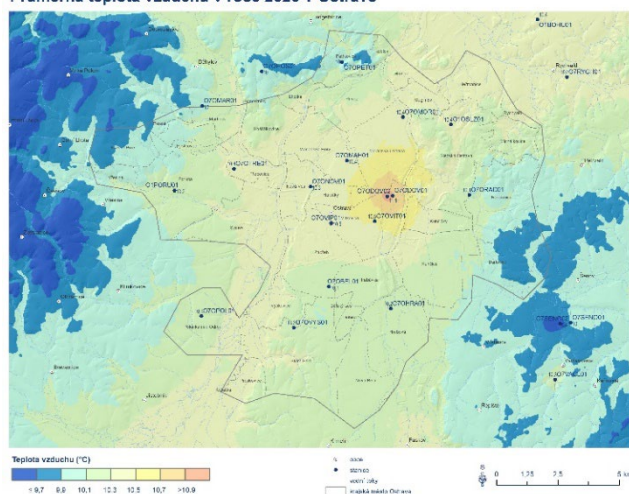
Průměrná teplota vzduchu v roce 2018 v Ostravě



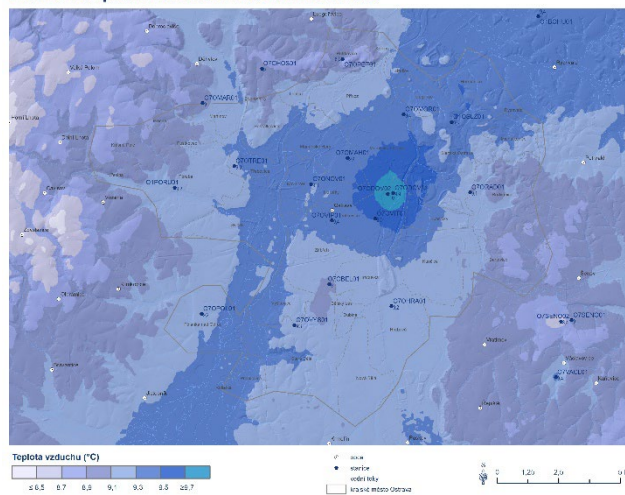
Průměrná teplota vzduchu v roce 2019 v Ostravě



Průměrná teplota vzduchu v roce 2020 v Ostravě



Průměrná teplota vzduchu v roce 2021 v Ostravě



Obr. 4a, b, c d Průměrná teplota vzduchu v Ostravě v roce 2018 až 2021 (autor map Veronika Šustková).

Pro první představu chování tepelného ostrova v rámci města sloužilo pouhé porovnání průměrné roční teploty vzduchu na městských a příměstských stanicích, tedy na velmi malém prostoru. Průměrná teplota vzduchu byla použita jako univerzální prvotní ukazatel. Všechny 10 městských stanic mělo vyšší průměrnou roční teplotu v letech 2018–2020 než příměstské. Nejteplejší stanicí je O7ODOV01 (Dolní oblast Vítkovic) s průměrnou teplotou 11,2°C. Naopak nejchladnější je příměstská stanice O7OPET01 (Petřkovice) s průměrnou teplotou 10,2 °C. Rozdíl tedy činí 1 °C. Rozdíl všech městských a příměstských stanic je v průměru 0,4 °C.

Tepelný ostrov města se jinak projevuje v maximálních a minimálních teplotách vzduchu. U ročních hodnot jsou minimální teploty o 1,0 °C vyšší u městských stanic než u venkovských a o 0,7 °C než u příměstských stanic. Nejvyšší rozdíl mezi městskými stanicemi a okolními je na jaře a v létě. V létě činí tento rozdíl minimálních teplot mezi městskými až venkovskými stanicemi až 1,2°C. U ročního průměru maximálních teplot vzduchu jsou rozdíly zanedbatelné, a to i v rámci jednotlivých sezón. Největší rozdíl průměrných teplot vzduchu je v létě mezi městskými a venkovskými stanicemi a to 0,6°C. Na jaře je naopak největší rozdíl mezi městskými a příměstskými stanicemi (0,5 °C).

Největší rozdíl mezi průměrnou teplotou vzduchu ve městě Ostrava a venkovem je v dubnu až srpnu, kdy městské stanice jsou o 0,6°C teplejší. Naopak malý rozdíl je spíše v chladném půlroce. Rozdíl oproti příměstským stanicím je během celého roku vesměs vyrovnaný a to okolo 0,4 °C ve prospěch města. Maximální teploty vzduchu jsou u příměstských stanic v období květen až srpen dokonce vyšší než u městských, tedy okraj města se nám v tomto případě rozežřeje více, což je pravděpodobně dáno strukturou města Ostrava a dá se to brát jako určité specifikum.

Všechny ostravské příměstské stanice (Hrabová, Radvanice, Polanka nad Odrou, Martinov, Hošťálková a Petřkovice) jsou umístěny v poměrně husté zástavbě rodinných domů s relativně velkým množstvím nižších budov, stromů a keřů,

kde pravděpodobně nedochází v letním období k promíchávání vzduchové hmoty vlivem vysoké drsnosti povrchu. Je zajímavé, že stanice Hošťálkovice je nejvýše položenou ostravskou stanicí a naopak Petřkovice stanicí nejnižše položenou a očekávali jsme poněkud jiné, více odlišné charakteristiky.

Oproti venkovským stanicím je ale město v období dubna až srpna teplejší (+0,4 °C). Naopak v zimě jsou maximální teploty vzduchu vyšší v okolí Ostravy než ve městě.

Mezi venkovské „ostravské“ stanice byly pro hodnocení zařazeny dvě stanice v Šenově a pravděpodobně stanice na Lučině. Domníváme se, že Ostrava a tím také ostravské stanice jsou v zimě více pod vlivem inverzního charakteru počasí, je zde zaznamenáváno delší období s kouřmem a mlhou, což má vliv na prohřívání aktivního povrchu a tím teplotních poměrů.

Pro posouzení tepelného ostrova města je hlavně analýza denního chodu teploty vzduchu. Ta se pro většinu měst shoduje v jednom faktoru. Jak už naznačovala analýza jednotlivých teplot vzduchu (maxima, minima, průměry), tak městské prostředí je teplejší v nočních hodinách než během dne. I na příkladu husté sítě měření ve městě Ostravě se to ukazuje jako celoroční fakt. Největší rozdíly jsou mezi 20 a 7 hodinou ránní. Pokud analyzujeme všechny dny během roku v letech 2018–2020, tak nejvyšší průměrný rozdíl byl 0,7°C ve 22 hodin (SEČ) mezi městským a příměstským prostředím a 0,9°C v 21 a 22 hodin (SEČ) mezi městskými a venkovskými meteorologickými stanicemi. Nejvyšší průměrné rozdíly jsou pak na jaře a v létě. V létě je město v průměru o 1,4°C teplejší než venkov a to ve 22 hodin. Na jaře je tento rozdíl o něco nižší a to 1,1°C (21 hodin). V zimě je rozdíl mezi městem a okolím vyšší pro příměstské oblasti než pro venkovské. Opět platí, že tepleji je ve městě hlavně mezi 22–06 hodinou a to až okolo 0,4°C. Na podzim se nám největší rozdíl časově posouvá a město je oproti venkovu nejteplejší v 18 a 19 hodinu (o 0,7°C). Naopak po ranním svítání mezi 8–11 hodinou je okolí města většinou teplejší než vlastní město. Průměrná roční hodnota činí zhruba 0,3°C ve prospěch venkova.

Pro analýzu chování teplotního ostrova města je dobré vybrat si určitou horkou vlnu a během ní zkoumat, jak se vyvíjely teploty vzduchu. Je totiž předpoklad, že ve změněném budoucím klimatu budou podobné vlny častěji. Jako příklad uvádíme 8denní horkou vlnu ze dne 28. července až 4. srpna 2018. Nebyly v ní sice dosahovány rekordní teploty, ale šlo o souvislou delší epizodu. Průměrná denní teplota vzduchu (počítána z hodinových dat) na městských stanicích byla 24,6°C, na příměstských pak o 0,4°C a u venkovských o 1,1°C nižší. Tyto rozdíly byly dány opět převážně nočními, tedy minimálními teplotami vzduchu. Maximální teplota během epizody činila 32,7°C jako průměr příměstských stanic a 32,4°C jako průměr na městských a venkovských stanicích. Minimální teplota dokázala na venkovských stanicích klesnout na 14,2°C a na městských bylo minimum vyšší o 2,6°C.

S rostoucí délkou horké vlny se zvyšuje i rozdíl mezi městem a venkovem a to převážně v noci. Nejviditelnější rozdíl je mezi 22 a 3 hodinou ránní. První den bylo město v noci teplejší než okolí o 2°C, ale v poslední den horké vlny už činil rozdíl v nočních hodinách až 4°C. Mezi městským a příměstským prostředím byl znatelný rozdíl jen v noci. Naopak mezi městem a venkov i během odpoledních hodin

Teplota vzduchu se odráží ve výskytu klimatických indexů, které lépe mohou popsat názorněji chování tepelného ostrova města. Mezi vybrané charakteristiky je počet letních, tropických a mrazových dnů a také tropických nocí.

Letní den nastává, když teplota vzduchu dosáhne aspoň 25°C (eMS 2022). Průměrný počet letních dnů v letech 2018–2020 na katastru obce Ostrava byl 75,4. Nejvíce v celém Moravskoslezském kraji bylo těchto dnů zaznamenáno v centru města Ostravy na stanici O7ORAD01 (Radvanice) a to 86,7 dne. Jak lze vidět na obrázku 13, tak právě nejvíce dnů spadá právě na město Ostrava.

Stanice Ostrava, Radvanice je situována v relativně husté zástavbě rodinných domků na udržované okrasné zahradě s celoročně nízko střiženým trávníkem, který v posledních letech často vysychá. Stanice je umístěna na mírném svahu s jižní expozicí. Zástavba rodinných domků je od jihovýchodu, jihu, jihozápadu, západu až severozápadu obklopena průmyslovou a obchodní zónou s velkým množstvím velkých průmyslových a obchodních objektů, velkým množstvím betonových a asfaltových ploch (parkování, manipulace, sklady, ...). Severní, severovýchodní a východní oblast od stanice je obklopena zástavbou převážně rodinných domů a menších firem.

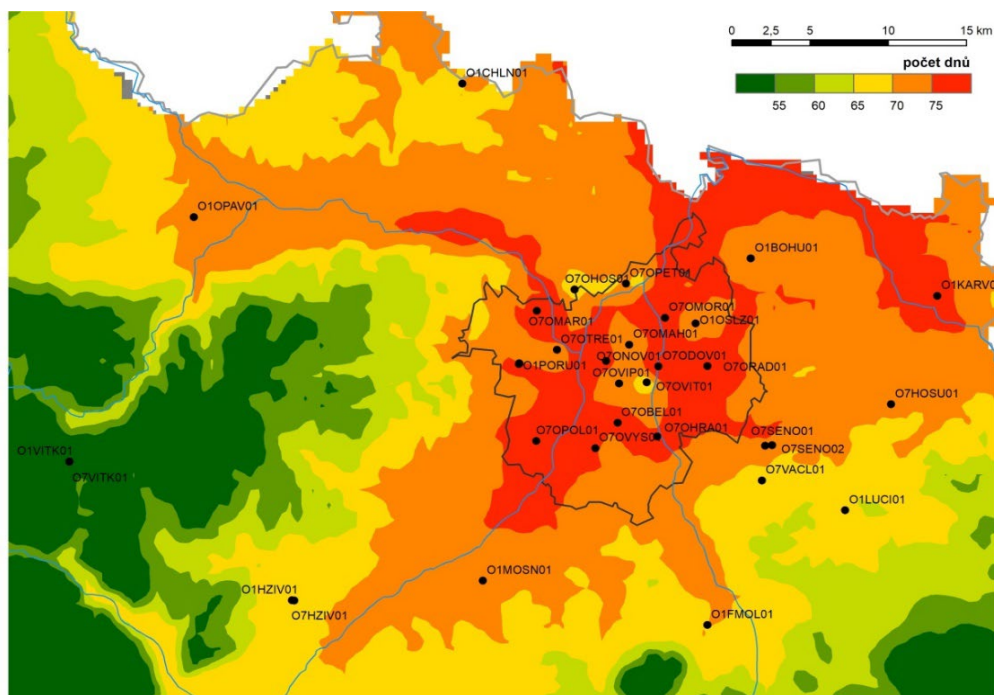
Na druhou stranu příměstské stanice O7OHOS01 (Hošťálkovice) a O7OPET01 (Petřkovice) počítají jen 69,0 a 70,3 letních dnů, což je o 19 % méně než městské stanici Radvanice. Na našich vybraných venkovských stanicích byl tento počet mezi 66,7 až 74,7 dne.

Stanice v Hošťálkovicích (308 m n. m.) je umístěna na kraji lesa v nejsevernějším a nejvýše položeném domku tohoto katastru (hájenka Městských lesů) těsně sousedící s místní částí Hlučina, Bobrovníky. Stanice Petřkovice (209 m n. m.) je nejnižše položenou ostravskou stanicí, zároveň nejseverněji umístěnou. Stanice bezprostředně sousedí směrem na



východ s Národní přírodní rezervací Landek (nejvyšší bod 280 m n. m.). V těsné blízkosti teplotního čidla protéká Ludeřovický potok.

Nižší počet letních dnů v centrální ostravské části města je patrný na stanici (Ostrava, Vítkovice, TEMEX), na Erbenově ulici. Stanice je umístěna na zahradě společnosti TEMEX, která volně navazuje na relativně rozsáhlý park Jožky Jabůrkové s velkými listnatými stromy a obvykle vyšším trávníkem. Teplotní čidlo je převážnou část dne stíněno. Velmi příjemná lokalita k práci, bydlení a odpočinku v centru města, pokud se týká „teplotního komfortu“.

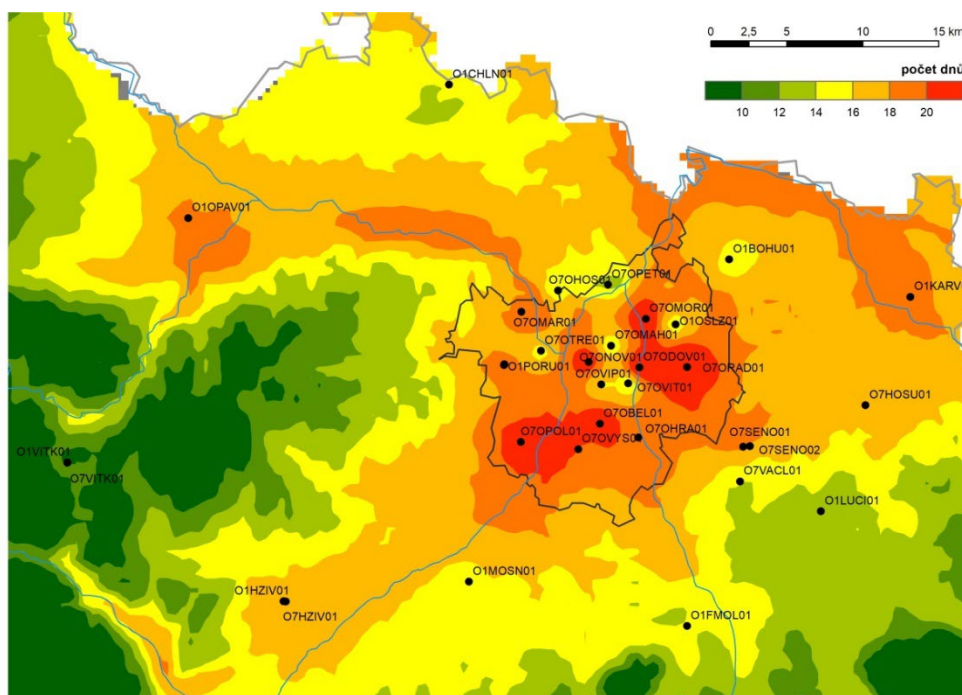


Obr. 5 Počet letních dnů v letech 2018–2020 v Ostravě a okolí (autor mapy P. Zahradníček).

Tropický den nastává, když teplota vzduchu dosáhne aspoň 30°C. Průměrný počet tropických dnů byl v oblasti katastru Ostravu 18,8 v letech 2018–2020. Nejvíce jich bylo opět zaznamenáno na stanici Radvanice a to 27. Nejvíce těchto dnů spadá na centrum města Ostravy. V kategorii nad 20 dnů není žádná stanice mimo město Ostrava. Naopak stanice Hošťálkovice měla těch dnů o 44 % méně (15,3 dne). Na venkovských stanicích byl tento počet od 12,3 do 18,0.

U charakteristik tropických dnů je oblast s maximem podobná jako u letních dnů. Oblast s menším počtem těchto dnů je také v oblasti stanice v Mariánských Horách, která je umístěna v atriu základní školy a část dne je čidlo stíněno vzrostlým stromem. Tento fakt se neprojevil na počtu letních dní, ale na počet tropických dní již tento fakt vliv má. Stanice Slezská Ostrava, ZOO je umístěna v nadmořské výšce 260 m n. m. vedle vrátnice technického vjezdu ostravské ZOO. Z jihozápadního směru, tedy v odpoledních hodinách je čidlo stíněno alejí topolů oddělujících ZOO od bytové zástavby. Opět se tato okolnost neprojevila u počtu letních dní, ale na počet tropických dní už vliv má.

Zajímavý ostrůvek počtu tropických dnů je možné vidět v okolí stanice Nová Ves. Stanice je umístěna u vjezdové vrátnice vodárny/úpravny vod společnosti OVAK u známé velké ostravské dopravní křižovatky (Plzeňská-Mariánskohorská/28. října. Stanice leží pod zalesněným Hulváckým kopcem od severovýchodu po jihovýchod. Teplotní čidlo je lehce stíněno správním budovou a kopcem od východu a jihu, ale odpoledne je již od jihozápadu a západu osluněno.



Obr. 6 Počet tropických dnů v letech 2018–2020 v Ostravě a okolí (autor mapy P. Zahradníček).

Tropická noc nastává, když teplota v noci neklesne pod 20°C. Tropické noci jsou vázány hlavně na středy města a jsou dány horší ventilací a také nočním sáláním nahromaděného tepla z betonových a asfaltových povrchů. Tropická noc je hlavně nebezpečná v kombinaci s tropickým dnem, což má za následek zvýšené zdravotní rizika. Průměrně se vyskytne na katastru města Ostrava jedna tropická noc za rok, ale jdou zde vidět značné prostorové rozdíly. Na stanici O7ODOV01 (Dolní Vítkovice) se vyskytly v průměru takto 3 noci za rok v letech 2018–2020. Naopak na příměstské stanice O7OMAR01 (Martinov) se nevyskytl ani jeden den.

Stanice v Martinově je umístěna v husté zástavbě rodinných domů a bývalých zemědělských usedlostí. Od stanice severozápadním směrem terén se zástavbou stoupá do kopce a západním směrem jsou zemědělská pole.

Klimatologické charakteristiky v příspěvku byly zpracovány za využití informací ze závěrečné zprávy výzkumného projektu Tepelného ostrova měst.

## 8. Závěr

Město Ostrava se rozkládá na soutoku čtyř řek: Odry, Ostravice, Opavy a Lučiny a leží na severním okraji Moravské brány. Leží v členitém terénu Ostravské pánve, pouze její západní část na levém břehu Odry přechází do Nízkého Jeseníku (Vítkovské vrchoviny) a severozápadní část do Opavské pahorkatiny (Hlučínské pahorkatiny). Nejnižší místo (208 m n. m.) se nachází v severovýchodním výběžku Antošovic, v místě, kde řeka Odra opouští Ostravu. Nejvyšším bodem je kóta v západně situovaném Krásném Poli (334 m n. m.). Od západu v Krásném Poli na východní okraj v Bartovicích je vzdálenost 20,1 km. Od severní hranice v Antošovicích po jižní okraj v Nové Bělé je vzdálenost 20,5 km.

K 1. 1. 1924 byla vytvořena tzv. Velká Ostrava, která přinesla sloučení sedmi moravských obcí v jeden celek (Moravská Ostrava, Přívoz, Mariánské Hory, Vítkovice, Hrabůvka, Nová Ves a Zábřeh nad Odrou). K dalšímu připojování původně samostatných obcí a k rozšíření území Ostravy došlo v letech 1941 (7 obcí), 1957 (4 obce), 1960 (3 obce) a 1976 (6 obcí).

Ostrava má necelých 300 tisíc obyvatel, do města také dojíždí 50 tisíc lidí za prací i za studiem. Kromě toho je Ostrava centrem druhé největší české aglomerace nazvané Ostravská metropolitní oblast, která v Moravskoslezském kraji kromě přilehlých obcí zahrnuje většinu velkých měst: především Opavu, Karvinou, Havířov, Frýdek-Místek, Třinec, Kopřivnici, Nový Jičín, Krnov, Orlovou, Bohumín nebo Český Těšín. Žije v ní téměř 1 milion obyvatel, což z ní činí druhé nejvýznamnější urbanizované území v Česku. K roku 2019 konkrétně měla rozlohu 2710 km<sup>2</sup>, kde v celkem 172 obcích žilo 982 071 obyvatel (81 % obyvatel kraje), hustota zalidnění tak činila 362 obyvatel na km<sup>2</sup>.

Historicky nejstarší meteorologický záznam z území dnešního města Ostravy je z února 1867 z tehdejší samostatné obce Přívoz. V 19. století pak ještě vznikly meteorologické stanice v Moravské a Slezské (Polské) Ostravě. V letech 1870–1880 a 1915–1924 se na území dnešní Ostravy nenacházela ani jedna meteorologická stanice. Naopak nejvyššího počtu meteorologických stanic bylo dosaženo v letech 1946–1949 (10 stanic, z toho 4 klimatologické). Nejvyšší nárůst počtu stanic byl zaznamenán v roce 1925, kdy bylo založeno 6 srážkoměrných stanic. Za celé sledované období bylo v provozu 28 meteorologických stanic ve 13 správních obvodech nebo dřívějších samostatných obcích, později připojených k Ostravě. Podle typu stanice bylo v provozu celkem třináct manuálních klimatologických (MKS) a jedenáct manuálních srážkoměrných stanic (MSS). Typem MKS je označena i stanice, která kromě úhrnu srážek, popř. sněhoměrných charakteristik, měřila alespoň teplotu vzduchu v klimatologických termínech (tzv. stanice III. řádu). Jedna stanice byla vybavena speciálním meteorologickým stožárem (STOZ). V současné době jsou v provozu tři automatické klimatologické stanice (AKS).

Zpracování klimatologických charakteristik Ostravy a Ostravska se v historii věnovala řada autorů. Z poslední doby můžeme uvést práci kolektivu autorů, která má vazbu klimatologii, rozptylové podmínky a znečištění ovzduší. Ze závěru zpracování uvádíme např., že průměrná roční teplota vzduchu ukazuje rostoucí trend v průměru 0,3 °C za 10 let.

Pro zpracování klimatologických charakteristik určitého místa je potřeba mít dlouhou nebo dostatečně dlouhou řadu meteorologických měření, nebo dostatečně a kvalitně zpracovat dostupná data z různě umístěných meteorologických stanic pozorujících v různých obdobích. Tímto zpracováním jsme schopni získat dlouhodobé klimatologické charakteristiky jednotlivých meteorologických prvků a také přehled extrémních hodnot.

Takto časově roztržštěná meteorologická měření nejsou vhodná a dostatečná pro sledování a výzkum tepelného ostrova města. Proto byla zřízena doplňková staniční síť teplotních měření na území města Ostravy a v jejím nejbližším okolí.

V období červenec až listopad 2017 bylo na území města Ostravy instalováno 15 doplňkových meteorologických stanic s měřením teploty vzduchu a instalace byla v prosinci 2019 doplněna o lokalitu v Dolních Vítkovicích v industriální zóně bývalé vysoké pece. Data teploty vzduchu jsou zaznamenávány v pravidelných pětiminutových intervalech a dávkově jsou importována do klimatologické databáze CLIDATA. V databázi jsou z pravidelných dat automaticky počítány denní klimatologické charakteristiky a data jsou dostupná k dalšímu využití. Samozřejmostí je kontrola těchto dat.

Data z těchto stanic se objevují ve vyhodnoceních a standardních klimatologických charakteristikách jednotlivých měsíců za pobočku ČHMÚ Ostrava a v pravidelných zpracováních minimálních teplot na Infometu ČHMÚ. Doplňková staniční síť a výsledky jejího měření se významně podílely na řešení projektu tepelného ostrova města.

## Literatura:

Atlas podnebí Česka. Praha a Olomouc 2007, 1. vydání, 256 s., ISBN 978-80-86690-26-1.

BÍNA, J., DEMEK, J., 2012. Z nížin do hor. Geomorfologické jednotky České republiky. ACADEMIA, Praha, 343 s. ISBN 987-80-200-2026-0.

BLAŽEK, Z., LIPINA, P., TOLASZ, R., 2015. Teplotní a srážkové poměry Ostravska v období 1961–2013. *Meteorologické Zprávy*, roč. 68, č. 5, s. 129–140. ISSN 0026–1173.

Česká meteorologická společnost [online]: Elektronický meteorologický slovník (eMS) [cit 21. 6. 2022]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>.

FRAJER, J. – GELETIČ, J. – LEHNERT, M. – LIPINA, P. – CHMELOVÁ, R. – ŘEPKA, M. – VYSOUDIL, M., 2012. Podnebí Olomouce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. 1. vydání, 212 s. ISBN 978-80-244-3285-4.

HAVRLANT, M., 1980. Geografie severomoravského kraje. Ostrava, Pedagogická fakulta v Ostravě. 276 s.

HAVRLANT, M., 1984. Ostrava a okolí – průvodce, informace, fakta. Praha, Olympia. 175 s.

INFOMET [online]: Informační web ČHMÚ [cit 21. 6. 2022]. Dostupné z: <http://www.infomet.cz/>.

KŘÍŽ, V., 2004. Moravskoslezský kraj – klimatické a hydrologické poměry. Ostrava, Přírodovědecká fakulta v Ostravě. 43 s.

LIPINA, P. – ŘEPKA, M., 2010. Digitalizace klimatologických dat ze stanic na severní Moravě a ve Slezsku. In: *Práce a studie, sešit 34*, Praha: ČHMÚ. 132 s. ISBN 978-80-86690-85-5. ISSN 1210-7557.

LIPINA, P., ŘEPKA, M., FLÁM, J., 2019. Měření teploty vzduchu v Beskydech. In: *Meteorologická konference Šumava 2019. Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem, Českou meteorologickou společností a neformálním spolkem SUMAVA.EU ve spolupráci s Národním parkem Šumava a obcí Kvilda konané ve dnech 14. – 16. května 2019 v Obecním sále na Kvildě*. Praha: ČHMÚ. 1. vydání, 148 s. ISBN 978-80-87577-87-5.

Ostrava, 2022. [online]. Wikipedie [cit. 21. 6. 2022]. Dostupné z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ostrava>.

QUITT, E., 1971. Klimatické oblasti Československa. Academia, *Studia Geografica* 16, GÚ ČSAV v Brně. 73 s.

TOLASZOVÁ, P., 2006. Geografie historických meteorologických stanic v Ostravě. Bakalářská práce. ÚP Olomouc, 49 s.

# Porovnání teplot vzduchu měřených v okenní budce a v meteorologické budce na volném prostranství v areálu starobrněnského opatství

Tomáš Litschmann

AMET, Žižkovská 1230, 691 02 Velké Bílovice, [amet@email.cz](mailto:amet@email.cz)

## Abstrakt

V článku jsou prezentovány výsledky zpracování jednorozměrných souběžných měření teploty vzduchu v žaluziové a okenní meteorologické budce v areálu starobrněnského opatství. Cílem je posoudit rozdíly v teplotách vzduchu naměřených na dvou rozdílných stanovištích s rozdílnými radiačními kryty teploměrů, přičemž okenní budka reprezentuje stanoviště, na němž prováděl svá měření G.J. Mendel. Výsledky ukazují, že ačkoliv v průběhu dne mohou rozdíly na těchto dvou stanovištích přesahovat jeden stupeň Celsia, vzájemnou eliminaci těchto odchylek se dosáhne v ročním průměru poměrně malého rozdílu jedné až dvou desetín stupně Celsia. Velikost těchto odchylek se v průběhu roku mění, největších hodnot dosahují v letních měsících, kdy jsou průměrné denní teploty v okenní budce vyšší, v obdobích kolem jarní a podzimní rovnodennosti jsou nejnižší.

Bylo rovněž provedeno srovnání teplotních poměrů naměřených v areálu starobrněnského opatství s údaji v pražském Klementinu, kromě výraznějšího teplotního ostrova v Praze se rovněž projevuje rozdíl v termické kontinentalitě obou těchto stanovišť, takže kladné rozdíly ve prospěch Klementina jsou především v chladném půlroce, v letním se snižují až téměř k nulovým hodnotám, v některých případech i mírně záporným. Ač neradi, musíme na základě provedených měření a oprav na hodnoty naměřené v plechové budce u okna konstatovat, že centrum Prahy je v ročním průměru o několik desetín stupně Celsia teplejší než centrum Brna.

## 1. Úvod

Ačkoliv by se mohlo zdát, že měření teploty vzduchu je poměrně jednoduchou záležitostí, na výslednou hodnotu má vliv mnoho faktorů, přičemž přesnost používaných teploměrů je nutnou, nikoliv však dostačující podmínkou k tomu, aby bylo dosaženo zamýšleného výsledku. Značnou roli hraje výběr lokality, její expozice vůči světovým stranám a rovněž i použitý systém ventilace a ochrany vlastních teploměrů proti krátkovlnnému i dlouhovlnnému záření. Teprve na konci devatenáctého a začátku dvacátého století se začalo přistupovat k umístování měřících přístrojů tak, aby alespoň přibližně začaly měřit makroklimatické podmínky širšího okolí a jejich údaje byly navzájem srovnatelné. Ve většině případů to znamenalo umístění přístrojů do ventilované žaluziové budky na volné prostranství, Návod pro pozorovatele meteorologických stanic ČSSR (Slabá, 1972) udává rozměry pozemku alespoň 20 x 20 m, které je možno v ojedinělých případech zkrátit na 10 x 10 m. Historická klimatologická měření v minulosti se většinou prováděla teploměry opatřenými nejrůznějšími stínítky, u některých starších pozorování, zejména z první poloviny XIX. století, uváděných např. Brázdilem a kol. (2005), nelze dohledat, za jakých podmínek a ve kterých místech byla prováděna. Lze předpokládat, že se většinou jednalo spíše o měření v kategoriích mikroklimatu až místního klimatu, jež se budou lišit od průběhu meteorologických podmínek na volném prostranství. Většina měření teploty vzduchu z té doby pochází od pozorovatelů, jež měli své přístroje umístěny tak, aby je mohli odečítat přes okno z vnitřku budovy, v lepším případě byly teploměry chráněny určitým krytem proti nejrůznějším radiačním tokům a umístovány na severní strany budov. Použití plechové okenní budky při měření teploty vzduchu zmiňuje ještě ve svém návodu k povětrnostním pozorováním A. Gregor (Gregor, 1927), upozorňuje na potřebu dodatečného zastínění ze směru dopadajících slunečních paprsků vhodným dřevěným stínítkem.

Nejinak tomu bylo i v případě Mendlových měření, která prováděl v posledních letech svého života v areálu augustiniánského kláštera ve Starém Brně.

Cílem tohoto příspěvku je zjistit velikost a rozložení odchylek naměřených teplot vzduchu mezi okenní budkou umístěnou přibližně v místech, kde konal svá měření G.J. Mendel, a klasickou žaluziovou meteorologickou budkou, používanou v síti ČHMÚ. Ve starší práci (Litschmann, Rožnovský (2014)) jsou vyhodnoceny rozdíly mezi údaji naměřenými v meteorologické budce v areálu starobrněnského opatství a v pražském Klementinu za desetileté období, po prodloužení časové řady byly tyto rozdíly aktualizovány a konfrontovány se zjištěnými rozdíly mezi okenními budkami na obou těchto lokalitách, umožňující přesnější srovnání.

## 2. Materiál a metody

Umístění teploměrů, kterými prováděl G.J. Mendel měření teploty vzduchu v areálu Augustiniánského opatství v Brně, bylo podle přesného popisu umístění přístrojů popsáno Josefem Liznarem 1886 na základě jeho inspekce, kterou jako úředník císařskokrálůvského Centrálního ústavu pro meteorologii a geodynamiku ve Vídni vykonal na Mendelově meteorologické stanici v roce 1881, následující: „Teploměry byly upevněny na severní straně traktu rovnoběžného s kostelem v prvním poschodí. Dva další trakty uzavírají s kostelem a dříve jmenovaným traktem pravouhlé nádvoří, jehož delší strana (východ-západ) je dlouhá 30 až 35 m a kratší (sever-jih) měří asi 25 m. Maximální a minimální teploměr byl připevněn ve „včelí zahrádce“ na pilíři besídky směrem k severu a dobře exponován, jenomže v severním směru velmi blízko a poměrně prudce stoupají stráně Žlutého kopce. Srážkoměr byl na „prelátské zahradě“ se záchytnou plochou ve výšce jeden metr nad povrchem. Směr větru byl pozorován podle kouře četných viditelných komínů (také na Špilberku)“ (Kolektiv 1965).

V areálu starobrněnského opatství jsou dvě takové prostranství, jež by odpovídala uvedenému popisu, rozměrově odpovídá spíše pravé prostranství na Obr. 1. Měření byla prováděna dvojicí teploměrů firmy Kappeller, umístěných v plechové budce ve výšce přibližně 6 m nad zemí (Obr. 2). Původní plechová budka včetně obou teploměrů se dochovala a v současné době jsou tyto předměty uloženy v depozitáři Mendelova muzea v Brně.

Novodobá měření byla zahájena 7. 3. 2005 (tedy skoro přesně na 140. výročí, kdy Mendel znovu přednášel na Přírodovědném spolku o svých pokusech s rostlinami hrachu) pomocí automatické meteorologické stanice, umístěné v klasické žaluziové meteorologické budce na volném prostranství v areálu kláštera (Obr. 1, Obr. 3). V květnu roku 2021 byla v areálu opatství nainstalována kopie plechové meteorologické budky, rozměrově odpovídající původní. Je vybavena držáky pro dva staniční teploměry a rovněž je v ní umístěn datalogger teploty a vlhkosti vzduchu HOBO Pro (Onset Computer). Tento datalogger byl několik let před tím umístěn pro porovnání měřených hodnot s automatickou stanicí v meteorologické budce na volném prostranství, přičemž průměrné odchylky obou teploměrů se pohybovaly v řádech setin °C. Pro umístění okenní plechové budky bylo vybráno z edukativních důvodů levé nádvoří, které je přístupné veřejnosti. Budka je podobně jako v Mendelově případě umístěna v prvním poschodí (Obr. 4), přičemž okno navazuje na nově rekonstruované prostory Mendelova muzea a lze tak seznámit návštěvníky i s tímto oborem Mendelovy odborné činnosti, jež bývá často opomíjena.

Měření probíhají paralelně v obou budkách v desetiminutových intervalech.

Vyhodnoceny byly rozdíly teplot vzduchu naměřené na obou stanovištích v měsíčním, denním a v některých případech i v desetiminutovém kroku.

Jelikož pravděpodobně poslední okenní plechová budka, v níž se u nás provádějí oficiální meteorologická měření, se nachází v pražském Klementinu, bylo provedeno i vzájemné porovnání naměřených hodnot na těchto stanovištích za celé zpracovávané období.



Obr. 1 Areál augustiniánského kláštera s vyznačením místa měření G. J. Mendela a v současnosti



Obr. 2 Plechová budka s teploměry fy. Kappeller, používaná G. J. Mendelem



*Obr. 3 Meteorologická budka s automatickou stanicí včetně standardního vybavení pro demonstrační účely*



*Obr. 4 Replika Mendelovy plechové budky umístěná v areálu augustiniánského opatství*



### 3. Výsledky a diskuse

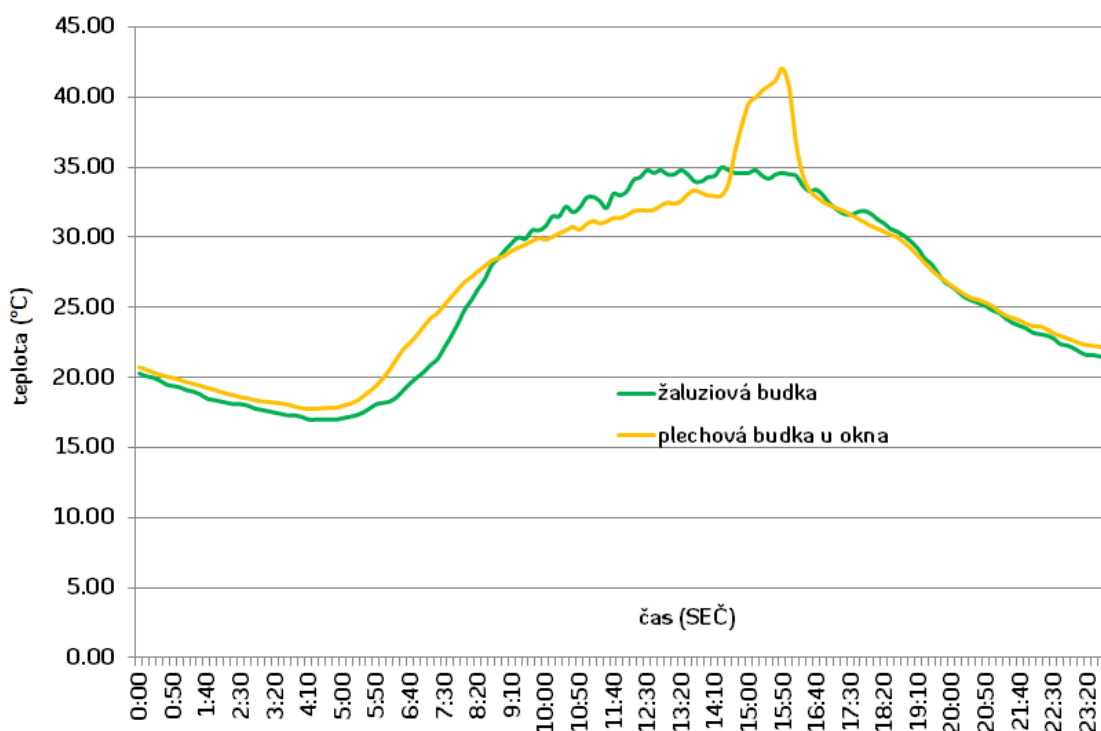
#### 3.1 Porovnání rozdílů mezi okenní a žaluziovou budkou v Brně

Při zkoumání rozdílů v teplotách mezi jednotlivými stanovišti je nutno si uvědomit, že se jedná o dva na sobě nezávislé vlivy: vliv mikroklimatu daného stanoviště a vliv radiačních a ventilačních poměrů v okolí teploměru. Jestliže mezi klimatology panuje úzus, že volně stojící žaluziová meteorologická budka na otevřeném prostranství s půdním pokryvem odpovídajícím širšímu okolí umožňuje měřit meteorologické prvky v kategorii makroklimatu, zcela jistě to již nebude platit pro plechovou budku na nádvoří ohraničeném několikapatrovou zástavbou ze všech stran. V naměřených hodnotách se kombinuje vliv obou těchto faktorů. Názorně to lze sledovat na Obr. 6, na němž jsou průběhy teplot v obou budkách za slunečného dne 19. 6. 2021, tedy v období blízkém letnímu slunovratu. V ranních hodinách ukazuje teploměr umístěný v plechové budce rychlejší vzestup teploty, než je tomu v žaluziové budce, avšak již kolem 9. hodiny SEČ tento rozdíl mizí a nádvoří se naopak stává chladnějším v důsledku zastínění budovou z jižní strany. Ke změně následně dochází až v odpoledních hodinách, kdy před 15. hodinou SEČ dochází k ozáření nádvoří a zejména pak sluneční paprsky pronikají výřezem v plechové budce a dopadají na teplotní snímač. Tato situace je znázorněna na Obr. 5. Toto ovlivnění trvá v době letního slunovratu necelé dvě hodiny a následný průběh teplot na obou stanovištích je celkem shodný až do dalšího rána. Z toho je zřejmé, že v tomto časovém úseku jsou v letních měsících údaje o teplotách značně nereprezentativní, lze však usoudit, že při stanovení průměrné denní teploty ze tří pozorovacích termínů v 7, 14 a 21 hod. SMČ by nemělo dojít k ovlivnění těchto údajů dopadem slunečních paprsků do prostoru plechové budky.



Obr. 5 Poloha stínu na nádvoří dne 23. 7. 2021 ve 14.20 SEČ (vlevo) a 14.50 SEČ

## Průběh teplot dne 19.6.2021

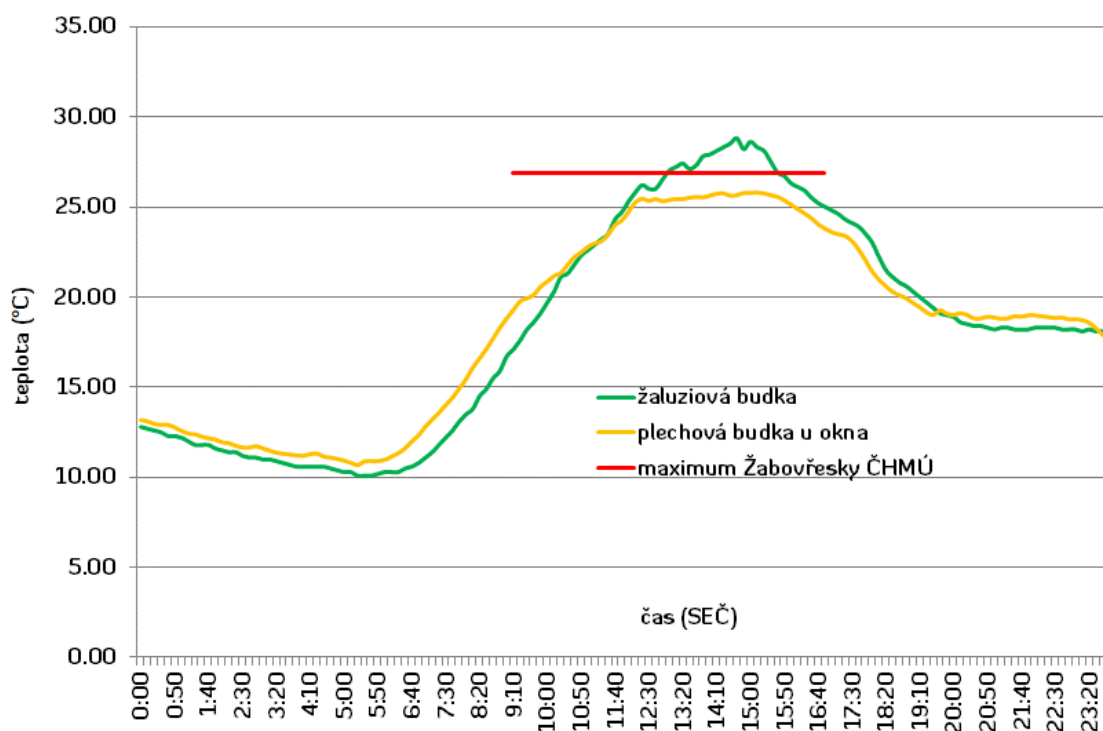


Obr. 6 Průběh teplot vzduchu na obou lokalitách dne 19. 6. 2021

V podzimním období, kdy již nejsou teplotní poměry uvnitř nádvoří a zejména pak v plechové budce tolik ovlivněny dopadajícím slunečním zářením, lze přesto pozorovat (Obr. 7) vyšší teploty v ranních hodinách, avšak v poledních a odpoledních hodinách jsou teploty v prostoru nádvoří nižší. Za předpokladu, že sluneční záření nedopadá přímo na plechovou budku, se mikroklima uzavřených nádvoří a podobných prostor s omezeným přístupem přímého slunečního záření vyznačuje nižšími maximálními teplotami, čehož příkladem je i obdobně situovaná plechová budka v pražském Klementinu, v níž např. dne 20. 8. 2012 byla naměřena maximální teplota 36,1 °C avšak v nedalekých Dobřichovicích (na stanici umístěné těsně vedle téměř kilometr širokého strniště) byla ten den naměřena doposud nejvyšší úředně potvrzená teplota v ČR, 40,4 °C (Němec, 2012). Ukazuje to na skutečnost, že tepelný ostrov města se neprojevuje v celém městě stejně a vlivem zastínění zástavbou mohou být maximální teploty i nižší než ve volné krajině. Po mnoha pracích věnovaných teplotním poměrům měst by bylo možná vhodné zaměřit pozornost i na pracovní podmínky venkovského obyvatelstva, vykonávajícího někdy i fyzicky namáhavou práci pod širým nebem za extrémně vysokých teplot vzduchu a intenzit globálního záření.

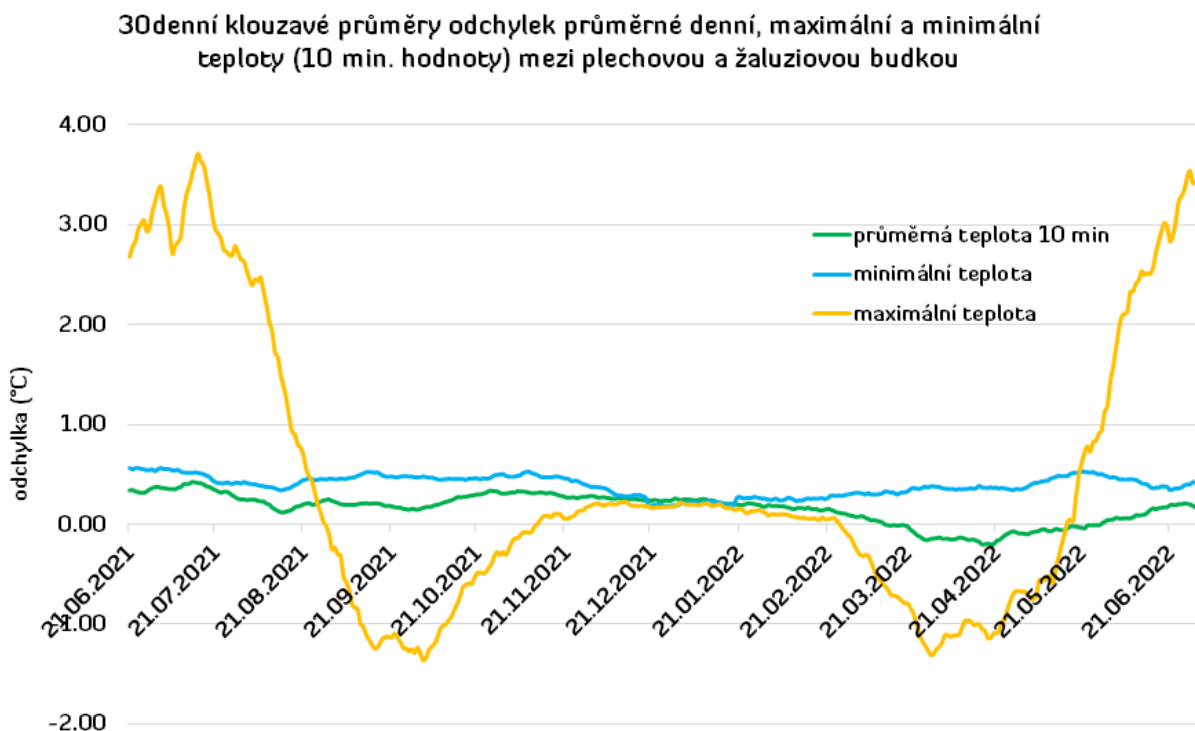
Za celou dobu měření v žaluziové budce v areálu starobrněnského opatství od roku 2005 byla naměřena nejvyšší teplota dne 3. 8. 2013, kdy dosáhla 40,0 °C, přičemž na stanici ČHMÚ v Žabovřeskách to bylo „pouze“ 38,5 °C. V rámci sítě účelových stanic rozmístěných v různých částech Brna se ten den však vyskytly i vyšší hodnoty, např. v areálu UKZÚZ na Hroznové ulici, nedaleko Mendlova náměstí, to bylo 40,8 °C, v areálu Ústavu geoniky na Drobného ulici 40,9 °C a v areálu Filozofické fakulty MÚ na ulici Arne Nováka 40,6 °C. Jedná se o lokality sice na volném prostranství, ale s blízkou okolní zástavbou, kde je snížena rychlost proudění vzduchu. O něco nižší maximální teploty ten den byly naměřeny na účelových stanicích v areálu Přírodovědecké fakulty MÚ na Kotlářské ulici (38,8 °C) a na okraji města v zahrádkářské kolonii v Jundrově (38,0 °C). Ukazuje to na značnou problematičnost stanovení místa s nejvyšší naměřenou teplotou vzduchu na určitém území.

## Průběh teplot dne 11.09.2021



Obr. 7 Průběh teplot vzduchu na obou lokalitách dne 11. 9. 2021

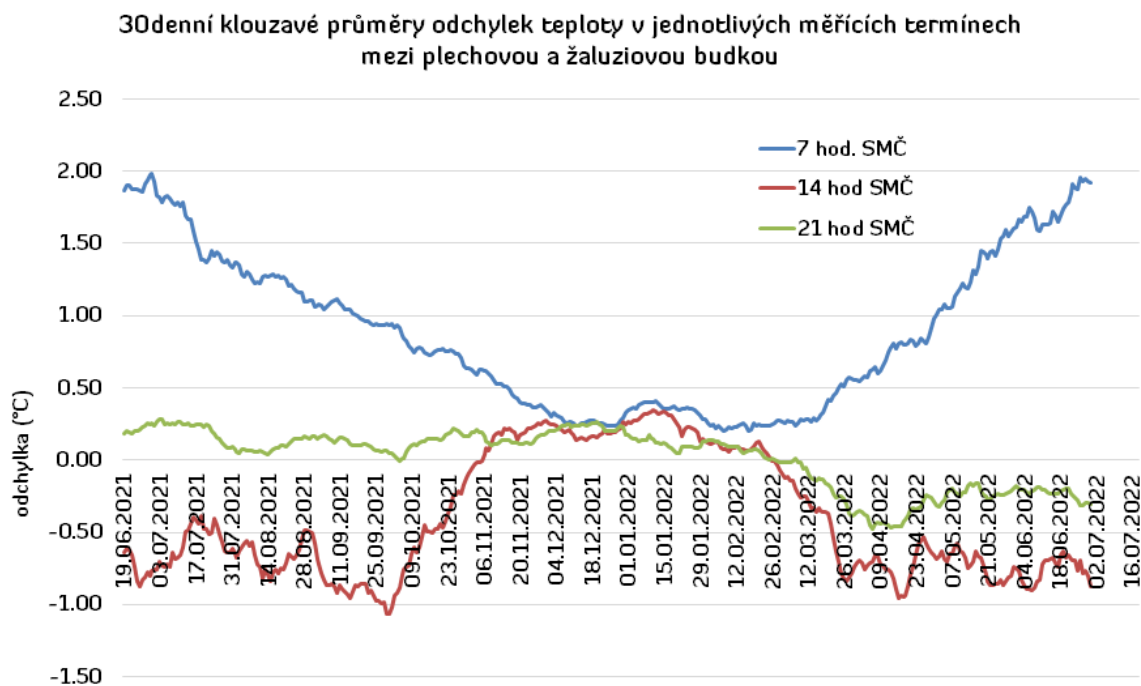
Ovlivnění maximálních teplot v plechové budce nejprve dopadem slunečních paprsků na teplotní snímač a v dalším období zastíněním nádvoří z jižní strany názorně ukazuje Obr. 8, na němž jsou vyneseny 30denní klouzavé průměry rozdílů maximální, minimální a průměrné denní teploty oproti žaluziové budce. Výrazně vyšší maxima jsou pozorována v červnu a červenci, v průběhu srpna se rozdíly poměrně rychle zmenšují a v září jsou již maxima v průměru o více než 1 °C nižší než v žaluziové budce. V následujících podzimních měsících se rozdíl maximálních teplot opět zmenšuje a dostává do kladných hodnot, v zimních měsících jsou maxima v plechové budce o několik desetin °C vyšší než v žaluziové budce. Je to způsobeno tím, že v podzimních a zimních měsících jsou poměrně malé intenzity přímého slunečního záření v důsledku nízkých výšek Slunce nad obzorem, ale zejména pak převažující zatažené oblohy, čímž se do značné míry stírají rozdíly mezi nádvořím a volnějším prostranstvím. Celoročně jsou v plechové budce měřeny vyšší minimální teploty s poměrně konstantní odchylkou kolem 0,5 °C, pouze v zimě klesající na hodnoty kolem 0,3 °C. Jako možnou příčinu je možno uvést omezení efektivního vyzařování v nočních hodinách a dlouhodobé záření okolních budov. Podobně vyšší jsou i průměrné denní teploty vypočítané z desetiminutových intervalů, v případě plechové budky včetně hodnot ovlivněných v letních měsících dopadem slunečních paprsků na čidlo v odpoledních hodinách. I v tomto případě jsou odchylky celoročně konstantní a pohybují se od 0,2 °C do 0,4 °C, avšak v jarních měsících roku 2022 klesly dokonce do záporných hodnot.



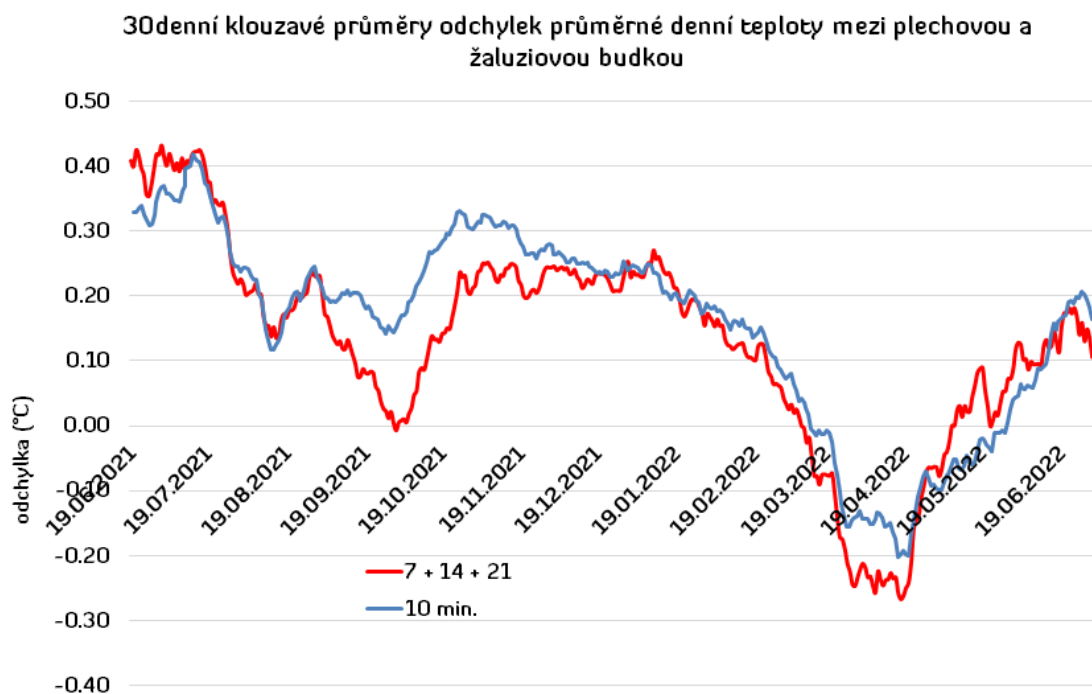
Obr. 8 30denní klouzavé průměry odchylek průměrné denní, maximální a minimální teploty (10 min. hodnoty) mezi plechovou a žaluziovou budkou

Výše popsané závislosti potvrzuje i Obr. 9 s vyneseními 30denními klouzavými průměry odchylek teploty plechové budce v 7, 14 a 21 hod SMČ oproti žaluziové budce. V těchto termínech nedochází k ovlivnění teplotního čidla dopadem přímých slunečních paprsků na plášť budky, popřípadě přímo na teplotní sensor. V letních měsících jsou téměř o 2 °C vyšší teploty v ranním termínu, kdy nádvoří ohraničené budovami přes noc tolik neprochladne, naopak nižší jsou teploty v termínu 14 hod. SMČ z důvodů uvedených výše, avšak od začátku října se rozdíl postupně zmenšuje a v zimním období jsou i v tomto termínu teploty o několik desetin °C vyšší. Večerní teploty vykazují nejmenší variabilitu v průběhu roku a odchylky se pohybují do 0,2 až 0,3 °C, na jaře roku 2022 byly opět záporné, přičemž odchylka dosáhla hodnoty -0,5 °C.

Sloučením těchto tří křivek lze získat odchylky průměrné denní teploty stanovené z údajů v plechové budce oproti žaluziové budce. Jsou zachyceny na Obr. 10 a je zřejmé, že ačkoliv odchylky v termínech 7 a 14 hod. SMČ dosahují poměrně vysokých hodnot, v důsledku jejich opačného znaménka jsou výsledné rozdíly poměrně menší a od letních hodnot kolem 0,4 °C se postupně snižují až k nule na konci zří, následně však začnou vzrůstat vlivem zvyšování odpoledních teplot. V listopadu a následujících měsících až do jara jsou tyto odchylky již konstantní v rozmezí 0,2 až 0,25 °C, následně se opět zmenšují až do záporných hodnot. Celoroční průměrná odchylka za měřené období je 0,14 °C v případě průměrných teplot vypočítaných v termínu 7 + 14 + 21 hod. SMČ a 0,17 °C ze všech měření. Z porovnání křivek na Obr. 10 je zřejmé, že ani ovlivnění teplot při přímém dopadu slunečních paprsků na snímač teploty nevede k výraznějším změnám hodnoty průměrné denní teploty vzduchu.



Obr. 9 30denní klouzavé průměry odchylek teploty v jednotlivých měřicích termínech mezi plechovou a žaluziovou budkou



Obr. 10 30denní klouzavé průměry odchylek průměrné denní teploty mezi plechovou a žaluziovou budkou

Podobnou problematikou se v minulosti zabývali i jiní autoři, rovněž především s cílem přepočítat mnohaleté historické časové řady, pořízené teploměry umístěnými na nejrůznějších budovách, na hodnoty přibližující se hodnotám pořízeným v žaluziových meteorologických budkách na volném prostranství.

Böhm et al. (2010) prováděl podobná srovnávací měření v benediktinském klášteře v Kremsmünsteru, kde se na SSV straně Matematické věže provádějí meteorologická měření již od roku 1767. Porovnáním s volně stojící meteorologickou budkou v průběhu osm let trvajících měření bylo zjištěno, že největší odchylky v průběhu roku nastávají v letních měsících a dosahují velikosti až 0,8 °C, kdy jsou údaje z okenní budky vyšší, zatímco v měsících únoru a březnu jsou tyto údaje o cca 0,2 °C nižší. Na zvýšení průměrné denní teploty v okenní budce má vliv s ohledem na orientaci přilehlé stěny zejména její ozáření slunečními paprsky po východu Slunce, kdy jsou naměřené teploty v červnu až o 2,5 °C vyšší než na volném prostranství. Naopak v odpoledních hodinách v důsledku zastínění snímačů budovou jsou teploty o několik desetin °C nižší. Při výpočtu průměrných denních teplot hraje roli i výběr bodů a metody, která se použije pro výpočet (všechny naměřené hodnoty,  $(T_{\max} + T_{\min})/2$ ,  $(T_7 + T_{14} + 2 \times T_{21})/4$ ,  $(T_6 + T_{13} + T_{20})/3$ ).

Rovněž Nordli, P.Ø. et al (1997) srovnávali měření v okenních budkách s měřeními na volném prostranství v několika skandinávských lokalitách, a i přes značnou variabilitu výsledků, závisících na konkrétní lokalitě, dospěli k zevšeobecnujícím výsledkům, že v letních měsících jsou průměrné hodnoty naměřené v okenní budce vyšší o 0,1 – 0,3 °C, zatímco v zimních měsících velikost odchylky nepřesahuje 0,1 °C.

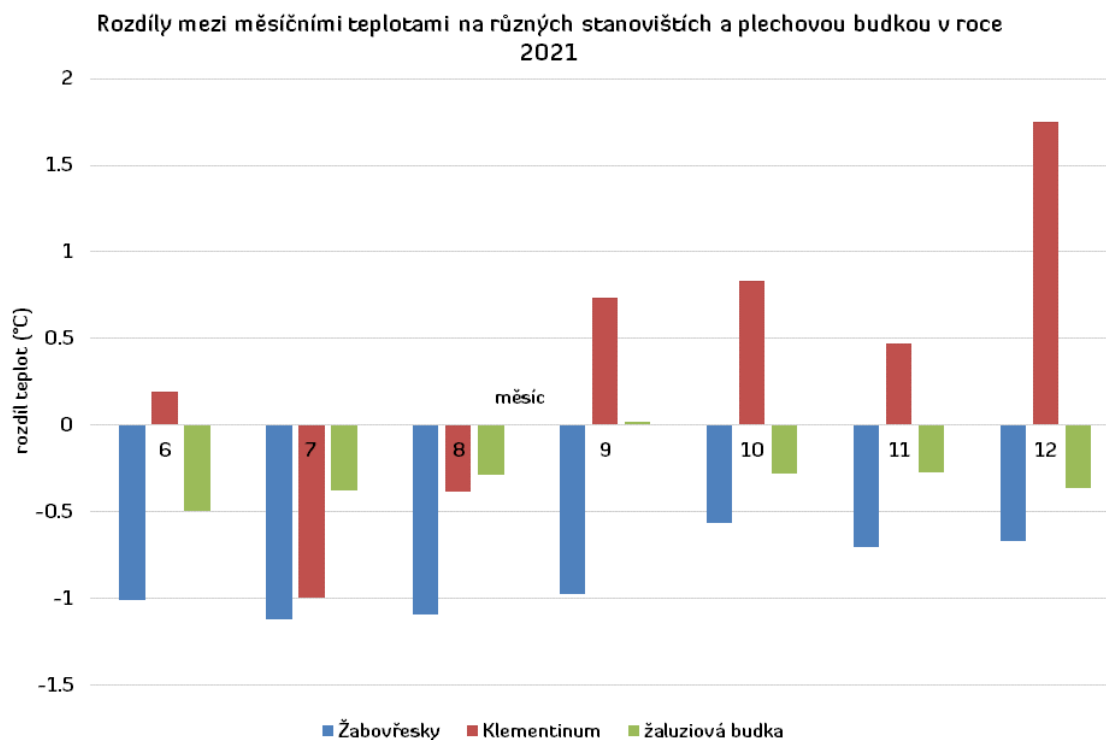
Ukazuje se tedy, že námi prováděná srovnávací měření svými výsledky jsou v souladu i s výsledky jiných autorů, k největšímu ovlivnění dochází v letních měsících, kdy jsou v okenních budkách naměřeny vyšší teploty, zejména v ranních hodinách, v odpoledních pak vlivem zastínění budovou nižší.

### 3.2 Porovnání teplotních odchylek s pražským Klementinem

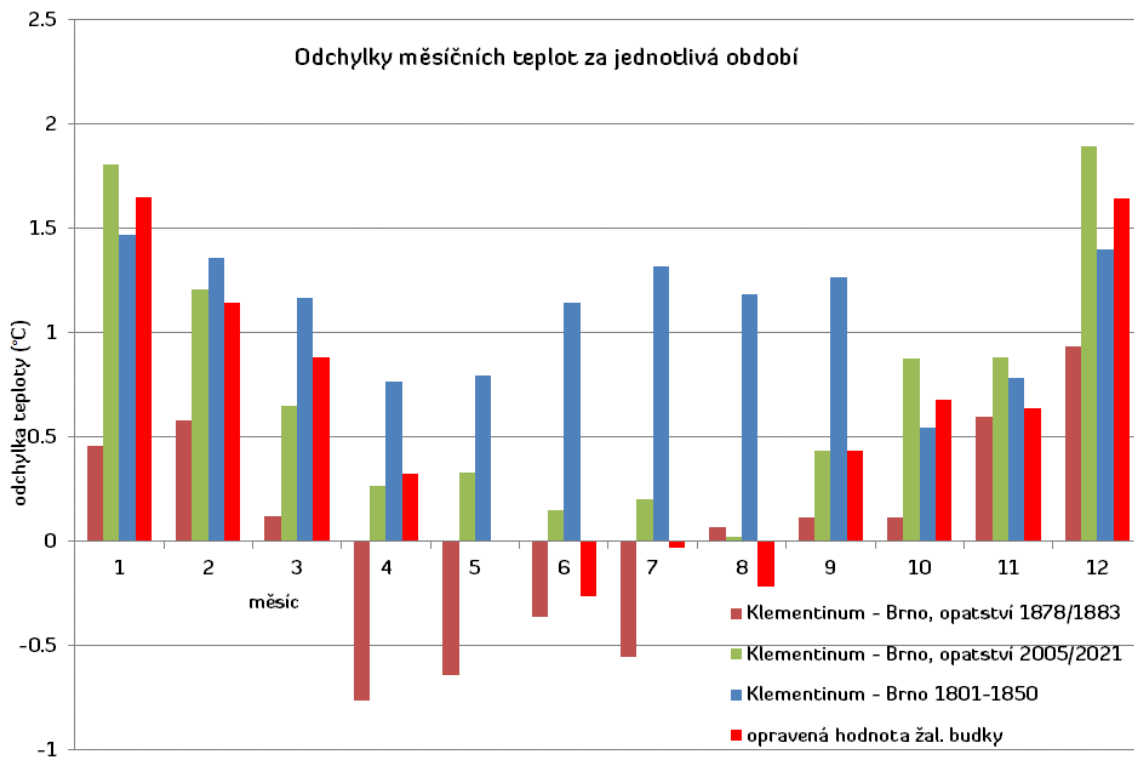
Pravděpodobně jediným podobným místem v ČR, kde se dlouhodobě měří teplota vzduchu tímto nestandardním způsobem v rozporu s pravidly pro umístění meteorologických stanic, je pražské Klementinum. Nabízí se proto vzájemné srovnání odchylek těchto dvou lokalit. Prvotní porovnání bylo provedeno již v práci Litschmann, Rožnovský (2014), avšak ještě ne s plechovou budkou umístěnou v okně, pouze s hodnotami naměřenými v žaluziové budce. Rozšíření měření v areálu starobrněnského opatství o okenní budku na nádvoří umožňuje aktualizovat a doplnit tato dřívější měření.

Srovnání odchylek na jednotlivých stanovištích ve druhé polovině roku 2021 je provedeno na Obr. 11. V letních měsících červenci a srpnu byly v plechové budce na Mendlově náměstí naměřeny o 0,4 až 1,0 °C vyšší teploty než v Klementinu, v podzimních a zimních měsících naopak o 0,4 až 1,8 °C nižší. Přestože se jedná zatím o výsledky zjištěné v průběhu jednoho roku, jsou v poměrně dobré shodě s výsledky získanými za delší časová období, znázorněnými na Obr. 12.

Odchylky mezi brněnskými lokalitami a Klementinem mají výrazný roční chod s nejnižšími hodnotami v letním období, nejvyšší jsou v prosinci a lednu. Je to dáno rozdílnou mírou termické kontinuity, v Praze se projevují ve větší míře oceánské vlivy s mírnějším průběhem zim a chladnějším letním obdobím, naproti tomu se v Brně v důsledku o něco vyšší kontinuity zvětšují rozdíly mezi létem a zimou. Tento roční chod odchylek se projevuje jak v časové řadě, naměřené v okenní budce samotným G. J. Mendelem v letech 1878–1883, tak i v současnosti za období 2005–2021 (žaluziová budka). Starší data ukazují, že od dubna do července byly odchylky záporné, tj. v Brně bylo tepleji, ve zbývajících měsících naopak chladněji. Srovnání novodobých odchylek mezi žaluziovou budkou a Klementinem ukazuje, že ani v letních měsících není dosaženo záporných odchylek, avšak po započítání průměrných měsíčních rozdílů mezi teplotou v žaluziové budce a plechové v areálu starobrněnského opatství se záporné odchylky vyskytují v letních měsících, podobně jako u Mendela. Korekce jsou však provedeny zatím pouze z jednorozměrných měření, v průběhu dalších let se budou postupně zpřesňovat.

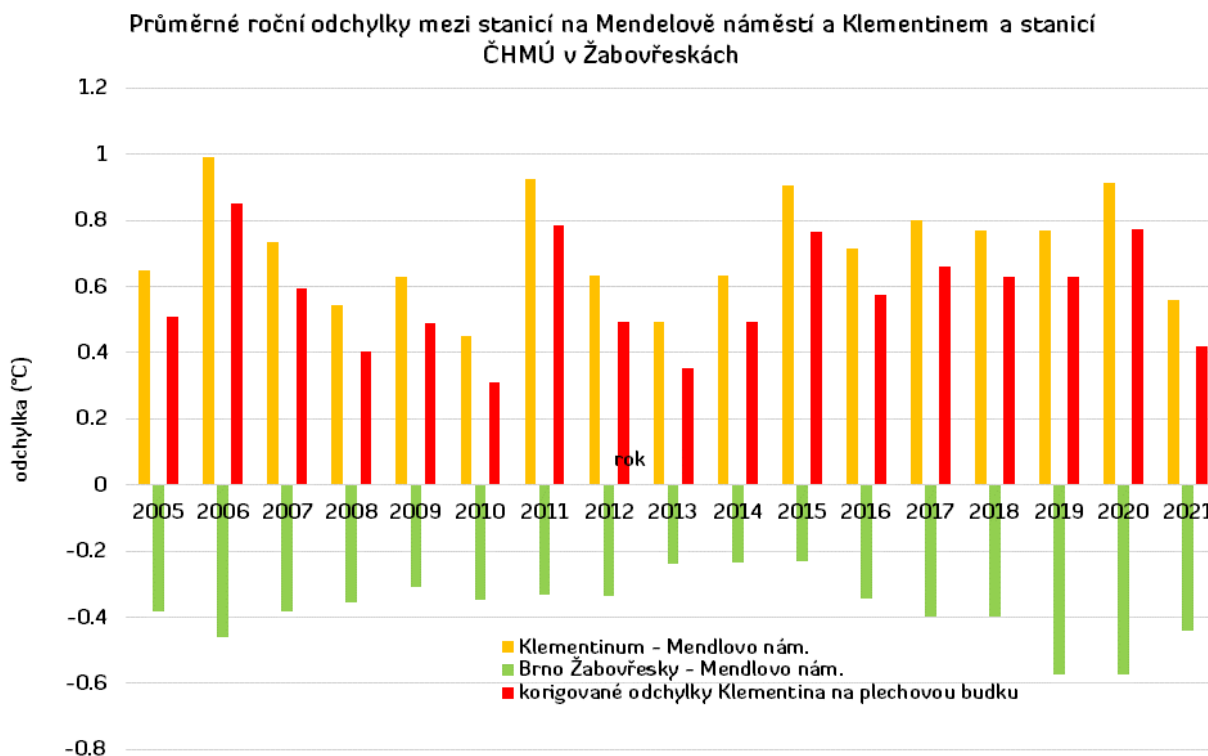


Obr. 11 Rozdíly mezi měsíčními teplotami na různých stanovištích a plechovou budkou v roce 2021



Obr. 12 Odchytky měsíčních teplot za jednotlivá období

Dlouhodobé srovnání ročních odchylek teplot vzduchu mezi Klementinem a Mendlovým náměstím (Obr. 13) ukazuje, že se v případě žaluziové budky pohybují od 0,4 °C v roce 2010 do 1,0 °C v roce 2006 bez nějakých výraznějších trendů.



Obr. 13 Průměrné roční odchylky mezi stanicí na Mendelově náměstí a pražským Klementinem a stanicí ČHMÚ v Brně-Žabovřeskách

#### 4. Závěr

Paralelním měřením v novodobé kopii Mendelovy budky umístěné u okna a v žaluziové budce na volném prostranství v areálu starobrněnského opatství bylo zjištěno, že ačkoliv denní chod teplot je na obou těchto lokalitách dosti odlišný a v jednotlivých obdobích roku se mění, vzájemnou eliminací odchylek opačného znaménka se při výpočtu průměrné denní teploty získají hodnoty, lišící se navzájem pouze o několik desetin stupně Celsia. Kladné odchylky průměrné denní teploty jsou u okenní budky nejvyšší v letním období, kdy dosahují hodnot 0,4 °C, což je zapříčiněno především vyššími ranními teplotami a o něco nižšími teplotami odpoledne v termínu 14.00 SMČ.

Sedmnáctileté měření v žaluziové budce v areálu starobrněnského opatství bylo rovněž využito k porovnání odchylek teplot mezi ním a měřením v pražském Klementinu. Oproti původním Mendelovým měřením, kdy v ročním průměru byly odchylky nulové, za období 2005–2021 dosáhla odchylka v ročním průměru 0,7 °C ve prospěch Klementina, po započtení korekce na plechovou budku u okna se snížila na necelých 0,6 °C. Tyto odchylky mají výrazný roční chod v důsledku rozdílů v termické kontinentalitě obou stanovišť, v chladném půlroce je v Klementinu tepleji, zatímco v teplém se rozdíl zmenšují a v některých měsících mohou dosahovat i záporných hodnot.

V minulosti byla měření v plechových budkách umístěných v dosahu oken poměrně častá nejen u nás, ale přinejmenším v celé Evropě. Existuje několik podobných paralelních srovnávacích měření s obdobnými výsledky, rozdíly jsou způsobovány zejména místem umístění na konkrétní budově. Z našich krajin se nám však nepodařilo dohledat žádné podobné zpracování.



### Poděkování:

Príspevek byl vypracován s pomocí projektu QK1910296 - „Efektivita nových postupů regulace škodlivých činitelů v ovocnářství“

### Literatura:

BÖHM, R., JONES, P.D., HIEBL, J., FRANK, D.C., BRUNETTI, M., & MAUGERI, M. 2010. The early instrumental warm-bias: a solution for long central European temperature series 1760–2007. *Climatic Change*, **101**, 41–67.

BRÁZDIL, R. A KOL. 2005. Meteorologická pozorování v Brně v první polovině 19. století. Historie počasí a hydrometeorologických extrémů. Archiv města Brna, 450 s., ISBN 80-86736-00-8

GREGOR, A., 1927. Stručný návod k povětrnostním pozorováním v síti Státního ústavu meteorologického. 1. vyd. Praha: Státní meteorologický ústav. 37 s.

KOLEKTIV, 1965. Gregor Mendel, zakladatel genetiky. Blok, Brno, 206 s.

LITSCHMANN, T., ROŽNOVSKÝ, J., 2014. Meteorologická měření ve starobrněnském klášteře. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., (eds): Mendel a bioklimatologie. Brno, 3.–5. 9. 2014, ISBN 978-80-210-6983-1

NĚMEC, L., 2012. Český teplotní rekord – Dobřichovice 20. 8. 2012. *Meteorologické Zprávy*, **65**, s. 145–148

NORDLI, P.Ø., ALEXANDERSSON, H., FRICH, P., FØRLAND, E.J., HEINO, R., JONSSON, T., STEFFENSEN, P., TUOMENVIRTA, H. AND TVEITO, O.E., 1997. The effect of radiation screens on Nordic time series of mean temperature, *Int. J. Climatol.*, **17**, 1667–1681.

SLABÁ, N., 1972. Návod pro pozorovatele meteorologických stanic ČSSR. 2. přepracované vyd. Sborník předpisů, svazek 7. Praha: HMÚ. 224 s.

**Klíčová slova:** historická meteorologická měření, Brno, Praha Klementinum, G.J. Mendel

# Odozva borovice horskej (*Pinus mugo* Turra) na meniace sa klimatické podmienky subalpínskeho pásma vo Vysokých Tatrách

Veronika Lukasová<sup>1</sup>, Svetlana Bičárová<sup>1</sup>, Anna Buchholcerová<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Slovenská akadémia vied, Ústav vied o Zemi, Stará Lesná, 05960 Tatranská Lomnica, Slovensko, [geofluka@savba.sk](mailto:geofluka@savba.sk), [geofsvet@savba.sk](mailto:geofsvet@savba.sk)

<sup>2</sup> Univerzita Komenského, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, 84248 Bratislava, Slovensko, [anna.buchholcerova@fmph.uniba.sk](mailto:anna.buchholcerova@fmph.uniba.sk)

## Abstrakt

V porovnaní s predindustriálnym obdobím sú dnes vysokohorské oblasti vystavené zvýšeným úrovniam koncentrácií prízemného ozónu ( $O_3$ ) a klimatickej zmeny. Vplyv týchto zmenených podmienok na vegetáciu je druhovo špecifický a závisí od miestnej klímy. Cieľom našej štúdie bolo zhodnotiť, ktoré environmentálne faktory horskej kontinentálnej klímy Vysokých Tatier (Západné Karpaty) majú významný vplyv na stav porastov typickej vysokohorskej vegetácie – kosodreviny (*Pinus mugo*). Stav kosodreviny v období 2000–2020 sme analyzovali pomocou NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) odvodeného zo satelitných záznamov, a v rokoch 2019 a 2020 sme určili viditeľné poškodenie na odobratých vzorkách ihlič. Klimatické podmienky sme charakterizovali klimatickými faktormi odvodenými z meteorologických údajov nameraných na observatóriu Skalnaté Pleso (1778 m n. m.). Dávky  $O_3$  prenikajúce do tkanív kosodreviny cez otvorené priechody sme modelovali depozičným modelom. Naše výsledky poukazujú na nízku citlivosť *P. mugo* v horskej kontinentálnej klíme na priemerné  $O_3$  dávky  $17.8 \text{ mmol m}^{-2}$  kumulované počas vegetačného obdobia (apríl–september). Navyše výsledky korelačných analýz naznačujú, že NDVI významne ( $p < 0.05$ ) pozitívne koreloval: a) s klimatickými faktormi ovplyvňujúcimi otvorenosť priechodov (teplota a fotosynteticky aktívne žiarenie) a stomatálnou vodivosťou, b) s priemernou teplotou vzduchu v decembri a v zimnej sezóne. Naopak významná negatívna korelácia bola zistená medzi NDVI a teplými epizódami v zime. Tieto epizódy vedú k značnému úbytku izolačnej vrstvy snehovej pokrývky a kosodrevina je tak vystavená extrémom zimného počasia, ktoré vedú k jej poškodeniu.

## 1. Úvod

Fytotoxicita prízemného alebo troposférického ozónu ( $O_3$ ) je aktuálnou témou výskumu v oblasti vplyvov kvality ovzdušia na živé organizmy. Tvorba tohto sekundárneho polutanta v hraničnej vrstve atmosféry je podmienená prítomnosťou jeho prekursorov rôzneho pôvodu, hlavne antropogénneho a biogónneho, ako sú oxidy dusíka, uhlíka a biogénne prchavé organické látky (Monks et al. 2015). V mnohých častiach sveta sa  $O_3$  považuje za škodlivejší pre vegetáciu ako ktorákoľvek iná látka znečisťujúca ovzdušie (Byčenkienė et al. 2018, Proietti et al. 2016, Fuhrer et al. 2016) s významnými ekonomickými dopadmi (Sacchelli et al., 2021). Vysoké koncentrácie  $O_3$  môžu u vegetácie vyvolať oxidačný stres (Bičárová et al. 2018), ktorého následkom je inhibícia fotosyntézy, rastu rastlín a akumulácie biomasy (Ainsworth et al. 2019; Braun et al. 2014). Ukazuje sa však, že rôzne druhy vegetácie reagujú na účinok ozónu rôzne citlivo (Juráň et al. 2021). V našej práci vychádzame z predchádzajúcich výsledkov (Bičárová et al. 2020), ktoré naznačujú rozdielnu reakciu borovic na ozónové znečistenie vo vysokohorských oblastiach mediteránnej a kontinentálnej klímy. Klimatické podmienky, predovšetkým množstvo zrážok, sa javia ako významný faktor, ktorý ovplyvňuje citlivosť vegetácie na ozónom znečistené prostredie (Sicard et al. 2020).

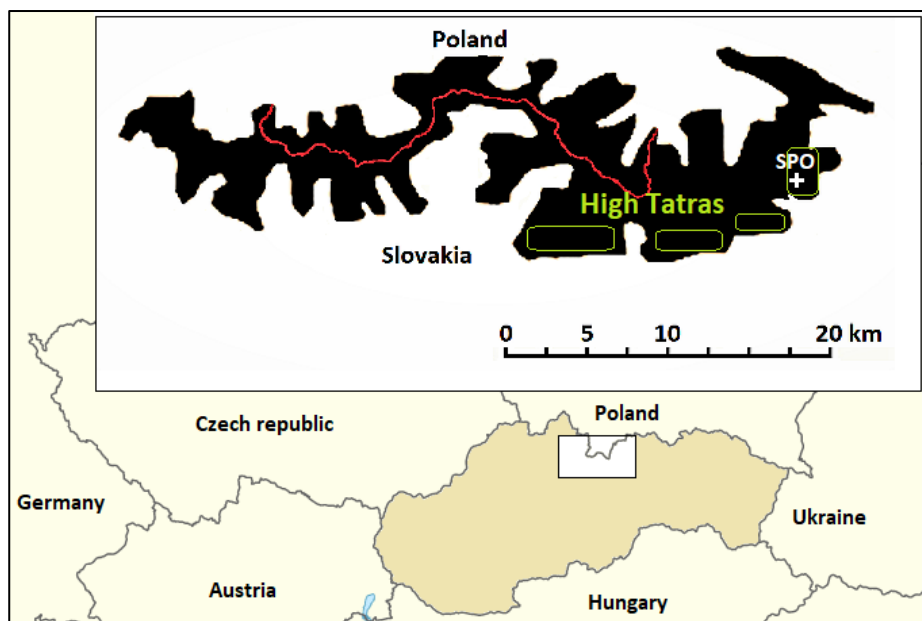
Cieľom našej práce bolo zistiť, ktoré environmentálne faktory (klíma a  $O_3$ ) významne ovplyvňujú stav porastov borovice horskej – typickej vegetácie rastúcej v prostredí s trvalo vysokými koncentraciami  $O_3$  vo Vysokých Tatrách (Západné Karpaty). Na hodnotenie stavu a zmien vegetácie sme použili vegetačný index NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ktorý je schopný svojou hodnotou reagovať na poškodenie fotosyntetického aparátu sprevádzaného poklesom obsahu chlorofylu, a to na základe zmien v odrazivosti časti červeného a infračerveného spektra. NDVI bol úspešne použitý pri monitoringu ekosystémov, napríklad na rozlíšenie medzi lykožrútom disturbovanými a nedisturbovanými

lesmi (Potterf et al. 2015); na hodnotenie post-disturbačných procesov (Leon et al. 2012); a hlavne na hodnotenie odozvy vegetácie na klimatickú zmenu a zmeny podmienok prostredia (Bobkov et al. 2015, Bucha a Koreň 2017, Lukasová et al. 2019, Lukasová et al. 2021). Di Vittorio (2009) zistil, že ihlice poškodené ozónom mali významne nižšie koncentrácie chlorofylu v porovnaní s nepoškodenými, a preto odrazivosť ozónom poškodených ihlíc v červenom spektre elektromagnetického žiarenia bola nižšia a v infračervenom mierne vyššia ako odrazivosť zdravej vegetácie (Di Vittorio a Biging 2009). V našej práci sme hodnoty NDVI kosodreviny v jednotlivých rokoch 2000–2020 korelovali s hodnotami fytotoxickéj ozónovej dávky modelovanej na základe  $O_3$  koncentrácií a stomatálnej vodivosti, a taktiež s klimatickými faktormi s potenciálnym vplyvom na stav borovice horskej v danom roku. Naviac sme v rokoch 2019 a 2020 zhodnotili viditeľné poškodenie na ihliciach odobratých z kosodreviny rastúcej na sledovanom území.

## 2. Metodika

### 2.1 Skúmaná oblasť

Skúmaná oblasť sa nachádza v subalpínskom pásme na južných a juhovýchodných svahoch Vysokých Tatier (Obr. 1) v okolí observatória pri Skalnatom plese (SPO, 49° 11' 22" N, 20° 14' 04" E). Toto územie je takmer súvislo porastené kosodrevinou. Tá sa vyskytuje od cca 1450 m n.m., kde vytvára zapojené porasty až do výšky cca 2100 m n.m., kde sa vyskytujú už iba sporadicky individuálni jedinci prízemného vzrastu. Klíma v tejto oblasti je kontinentálna a chladná. Priemerná ročná teplota je 2.8 °C a priemerný ročný úhrn zrážok je 1470 mm (normál 1991–2020).



Obr. 1 Skúmané územia s výskytom kosodreviny vo Vysokých Tatrách sú ohraničené zelenou farbou. Na ploche s vyznačenou pozíciou observatória pri Skalnatom plese (SPO) bol realizovaný odber vzoriek ihlíc.

### 2.2 Meteorologické merania a modelovanie ozónových dávok

Meteorologický monitoring na observatóriu Skalnaté pleso je zameraný na výskum vysokohorskej klímy subalpínskeho pásma. Pre potreby našej práce sme využili hodinové údaje o teplote vzduchu vo výške 2.0 m nad zemským povrchom (T), relatívnej vlhkosti (RH), globálnom žiarení (RAD), rýchlosti vetra (WS), tlaku vzduchu (AP) a zrážkach (P) meraných systémom PROlog ultra-low power datalogger (Physicus, SK) prepojeným na jednotlivé senzory. Tieto údaje boli použité:

(1) ako vstupy do multiplikatívneho depozičného modelu DO3SE (<https://www.sei.org/projects-and-tools/tools/do3se-deposition-ozone-stomatal-exchange/>, Emberson et al. 2000; Büker et al. 2012), ktorý modeluje stomatálnu vodivosť a ozónové dávky pre vegetáciu a definuje hodnotu environmentálnych faktorov ktoré ich počas vegetačného obdobia ovplyvňujú;

(2) pri výpočte klimatických faktorov zimného obdobia: priemerné teploty v zimnom období ( $T_Z$ ) a jednotlivých mesiacov ( $T_{12}$  pre december,  $T_1$  pre január,  $T_2$  pre február,  $T_3$  pre marec), teplé epizódy prerušujúce mrazivé obdobie v zime (TEZ).

Koncentrácie prízemného  $O_3$  sú merané kalibrovaným ozónovým meračom Model 49C  $O_3$  Analyzer (Thermo Electron Corporation). Meranie je založené na absorpcii UV žiarenia ozónom vo vlnovej dĺžke 254 nm. V prípade výpadkov v meraniach hodinových koncentrácií boli údaje SPO doplnené údajmi z meraní  $O_3$  koncentrácií na najbližšej vysokohorskej stanici – EMEP (European Monitoring and Evaluation Program) umiestnenej na Chopku (Nízke Tatry, 2003 m n.m.). Postup výpočtov a parametrizácia modelu pre určenie modelovanej ozónovej dávky ( $MO_3D$ ) pre *P. mugo* boli opísané v predchádzajúcich prácach (Bičárová et al. 2018, Bičárová et al. 2020).

### 2.3 NDVI

Na výpočet NDVI sme v práci použili produkty MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) – MOD09 (MODIS Terra) and MYD09 (MODIS Aqua) s rádiometrickou a atmosférickou korekciou, ktoré zaznamenávajú spektrálnu odrazivosť zemskeho povrchu v priestorom rozlíšení 250 m. Celý proces od získania údajov, cez ich spracovanie až po samotné odvodenie NDVI sme detailne opísali v prácach Bucha and Koreň (2017) a Lukasová et al. (2019). Pre potreby tejto práce sme analyzovali pixely v okolí SPO, v rozsahu nadmorských výšok od 1700 do 1900 m n.m. Časové obdobie z ktorého snímky boli relevantné sme vymedzili od začiatku augusta po polovicu septembra. V tomto období sú vo Vysokých Tatrách atmosférické podmienky pre diaľkový prieskum Zeme priaznivé, nevyskytuje sa snehová pokrývka ani sneženie, ktoré sú tu bežné počas neskorej jari a skoršej jesene, a tohtoročné výhonky sú už plne oihličené. Celkovo bolo analyzovaných 75 pixelov pokrývajúcich plochu 468,75 ha subalpínskeho pásma.

Závislosti medzi hodnotami vegetačného indexu kosodrevinových porastov a: 1.) modelovanými ozónovými dávkami, 2.) klimatickými faktormi, ktoré sú čiastkovými výstupmi modelu DO3SE (teplotný faktor, fotosynteticky aktívne žiarenie a stomatálna vodivosť), 3.) klimatickými faktormi zimného obdobia (teploty a teplé epizódy prerušujúce mrazivé obdobie) boli hodnotené na základe štatistickej významnosti ( $p < 0.05$ ) Pearsonovho korelačného koeficienta. Na hodnotenie trendov počas sledovaného 21-ročného obdobia sme použili neparametrický Mann-Kendalov test.

### 2.4 Viditeľné poškodenie ihlíc

Na vzorkách ihlíc odobratých v rokoch 2019 a 2020 zo skúmaného územia sme podľa tabuľky 1 hodnotili rozsah a stupeň viditeľného poškodenia (VIN, Obr.2) diferencovaného podľa druhu škodlivého činiteľa – biotickí škodcovia ( $VIN_{BIO}$ ), abiotické škodlivé činitele ( $VIN_{ABIO}$ ) a poškodenie ozónom ( $VIN_{O_3}$ ).  $VIN_{BIO}$  zahŕňa predovšetkým poškodenia spôsobené hubovými patogénmi, cicavým a bodavým hmyzom, zverou a pod. Do  $VIN_{ABIO}$  spadá mechanické poškodenie, ktoré vzniklo vplyvom antropogénnych faktorov a extrémov počasia.  $VIN_{O_3}$  je charakteristické prítomnosťou chlorotických škvŕn svetložltej až oranžovej farby bez ostrého ohraničenia (ICP, 2014). Vzorky, 10 párov dvojročných ihlíc (C + 2), boli odoberané na konci vegetačného obdobia (v prvej polovici októbra) z 22 jedincov. Na stanovenie stupňa celkového poškodenia ihlíc sme vypočítali index viditeľného poškodenia (VINX, hodnoty od 0 do 1) ako pomer medzi skutočným celkovým poškodením (suma jednotlivých VIN) k sumárnemu skóre – 15 (suma maximálneho možného poškodenie v 3 kategóriách). Výsledné viditeľné poškodenie sledovanej oblasti sme vypočítali ako priemer zo všetkých vzoriek v danom roku.



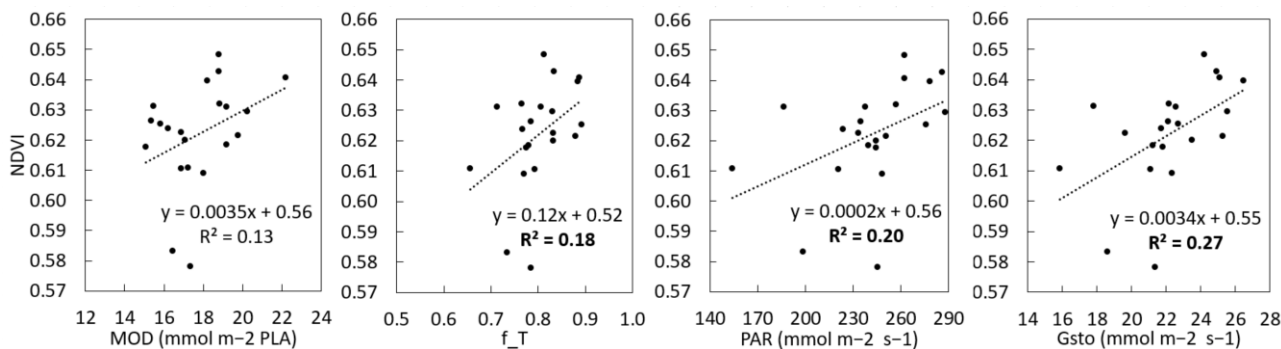
Obr. 2 Poškodenie ihlíc (a) hubami, (hmyzom, (c) pavúkovcami, (d) ozónom, (e) mechanické.

Tab. 1 Stupnica na hodnotenie viditeľného poškodenia.

Poškodená plocha (%)	VIN skóre	VINX	Stupeň poškodenia
0	0	0	Bez poškodenia
1–10	1	0.01–0.10	Slabé poškodenie
11–20	2	0.11–0.20	Mierne poškodenie
21–30	3	0.21–0.30	Stredné poškodenie
31–50	4	0.31–0.50	Výrazné poškodenie
51 a viac	5	0.51 a viac	Veľmi veľké poškodenie

### 3. Výsledky

Trend NDVI kosodrevinového pásma medzi 1700 a 1900 m n.m. bol vyrovnaný ( $p > 0.05$ ) s minimálnym poklesom 0.0003 za desaťročie. Korelácia medzi modelovanými ozónovými dávkami ( $MO_3D$ ) a NDVI bola štatisticky nevýznamná ( $p > 0.05$ , Obr. 3a) avšak pozitívna, čo naznačuje že environmentálne podmienky, ktoré ovplyvňujú stomatálny tok  $O_3$ , môžu ovplyvňovať aj rastové procesy kosodreviny, ktorá následne dokáže prosperovať aj napriek vysokým koncentráciám  $O_3$  v prostredí. Na základe tejto domnienky sme testovali korelácie medzi NDVI a environmentálnymi podmienkami, u ktorých sme predpokladali pozitívny vplyv na rast kosodreviny – teplotným faktorom ( $f_T$ ), ktorý definuje optimálne teplotné podmienky pre otvorenosť prieduchov (Buchholcerová et al. 2021) a asimiláciu oxidu uhličitého (Guerrieri et al. 2019), fotosynteticky-aktívnym žiarením (PAR), a stomatálnou vodivosťou ( $G_{STO}$ ). Analýzy ukázali, že nárast NDVI kosodreviny pozitívne koreloval s hodnotenými premennými počas letného obdobia (Obr. 3b, c, d) - teplotným faktorom v auguste ( $R = 0.43$ ,  $p < 0.05$ ), s PAR v júly ( $R = 0.45$ ,  $p < 0.05$ ), a s  $G_{STO}$  v auguste ( $R = 0.52$ ,  $p < 0.05$ ). Tieto výsledky naznačujú, že environmentálne podmienky priaznivo vplyvajúce na rast kosodreviny počas leta, keď v strednej Európe bývajú koncentrácie ozónu najvyššie (Juráň et al. 2021), kompenzujú nepriaznivý účinok ozónu.



Obr. 3 Závislosť medzi hodnotami NDVI a environmentálnymi faktormi vegetačného obdobia: (a) MOD (modelované ozónové dávky), (b)  $f_T$  (teplotný faktor), (c) PAR (fotosynteticky-aktívne žiarenie), (d) stomatálna vodivosť ( $G_{STO}$ ). Štatisticky významné korelácie ( $p < 0.05$ ) sú vyznačené hrubým.

Následne sme analyzovali vplyv klimatických podmienok v zime na hodnoty NDVI. Ukázalo sa, že teploty počas zimného obdobia ( $T_z$ ) a v decembri ( $T_{12}$ ) taktiež pozitívne korelovali s NDVI ( $p < 0.05$ , Tab. 2), čo indikuje že kosodrevina profituje z vyšších teplôt v zimnom období. Vyššie teploty v decembri predlžujú obdobie lignifikácie nových výhonkov, čím sa zvyšuje ich odolnosť voči extrémom zimného počasia. Naopak, výskyt teplých epizód v zimnom období pôsobil na kosodrevinu negatívne. Tieto teplé epizódy prerušujúce mrazivé obdobie spôsobujú náhlu stratu snehu vplyvom vysokých teplôt, následkom čoho vetvy vyčnievajúce zo snehu alebo kompletne odhalené kríky čelia zimnému vysušaniu, fotoinhibícii a vymŕzaniu, a mechanickému poškodeniu ľadovými kryštálmi.

Tab. 2 Korelačná analýza medzi NDVI a klimatickými faktormi zimného obdobia.

Klimatické faktory	T <sub>Z</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	TE <sub>Z</sub>
Korelačný koeficient	<b>0.49</b>	<b>0.63</b>	0.12	0.27	0.23	<b>-0.54</b>

\* Štatisticky významné korelácie ( $p < 0.05$ ) sú vyznačené hrubým.

Hodnotenie viditeľného poškodenia preukázalo stredné poškodenie ihlíc v oboch sledovaných rokoch. V roku 2019 bolo poškodenie vyššie – VINX 0.27 ako v roku 2020 – VINX 0.22. Spomedzi hodnotených škodlivých činiteľov sme v oboch rokoch zaznamenali najväčší rozsah biotických škodlivých činiteľov (skóre 2 – mierne poškodenie). Oproti tomu priemerné poškodenie ozónom (VIN<sub>O3</sub>) bolo na úrovni 1 – slabé v oboch rokoch, pričom pri hodnotení individuálnych vzoriek sme zistili, že v roku 2020 bolo VIN<sub>O3</sub> mierne vyššie v porovnaní s rokom 2019. Toto korešponduje s modelovanými ozónovými dávkami (MO<sub>3</sub>D), ktoré boli v roku 2020 vyššie ako v roku 2019 napriek tomu, že koncentrácie O<sub>3</sub> boli v roku 2020 nižšie ako v 2019. V závislosti od väčšej miery poškodenia v roku 2019 bola aj hodnota NDVI v porovnaní s rokom 2020 nižšia. Nárast NDVI medzi rokmi 2019 a 2020 napriek prítomnosti symptómov viditeľného poškodenia na C + 2 ihliciach (VINX 0.22) naznačuje, že mladšie výhonky a ihlice (C, C + 1) sú za vhodných podmienok schopné kompenzovať poškodenie C + 2 ihlíc, ak toto poškodenie nie je príliš rozsiahle.

Vegetácia sa môže brániť pred oxidačným stresom pomocou fyziologických mechanizmov ako napríklad obmedzením príjmu O<sub>3</sub> uzavretím prieduchov alebo metabolickou detoxikáciou v asimilačných orgánoch (Hogsett a Andersen 1998, Wieser a Matyssek 2007). Pri aklimatizácii na zvýšené hladiny prízemného ozónu dochádza k nárastu koncentrácie enzýmov superoxidodismutázy (SOD) (Van Camp et al. 1994). SOD pôsobia ako antioxidanty a chránia bunkové zložky pred oxidáciou tým, že katalyzujú produkciu O<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> zo superoxidu (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) (Alscher et al. 2002). Pri výskume koncentrácií antioxidantných enzýmov vo Vysokých Tatrách bol v ihliciach *P. mugo* zistený zvyšujúci sa obsah SOD od apríla s vrcholom na začiatku augusta, po ktorom nasledoval pomalý pokles až do novembra (Kormuťák et al. 2019). Najvyššie koncentrácie SOD sa teda vyskytujú v období, kedy boli v našej práci zistené najvyššie dávky O<sub>3</sub> počas vegetačného obdobia čo naznačuje, že vysoká produkcia SOD u *P. mugo* v prostredí bohatom na ozón chráni bunkové štruktúry pred oxidáciou.

#### 4. Záver

Vo vysokohorskom prostredí Vysokých Tatier sa v porovnaní s ozónom ukázali klimatické podmienky ako primárny faktor ovplyvňujúci stav vegetácie. Je to na jednej strane pozitívny vplyv teplotných podmienok počas vegetačného obdobia v prostredí, kde zrážky nie sú limitujúcim faktorom pre fyziologické procesy a taktiež teplejších zím. Na druhej strane je to negatívny účinok teplých epizód prerušujúcich mrazivé obdobia v zime, počas ktorých dochádza k úbytku snehovej pokrývky a porasty borovice horskej sú vystavené nepriaznivému účinku extrémneho horského počasia. Analýza rozsahu poškodenia viditeľného na povrchu ihlíc ukázala, že biotický škodcovia prevládali nad poškodením spôsobeným účinkom ozónu v oboch analyzovaných rokoch. Na základe prezentovaných výsledkov usudzujeme, že citlivosť borovice horskej na vysoké koncentrácie ozónu je v horskej kontinentálnej klíme Vysokých Tatier nízka, čomu napomáhajú aj jej prirodzené antioxidačné mechanizmy, ktoré chránia bunky pred oxidáciou.

#### PodĎakovanie:

Táto práca bola podporená projektom VEGA 02/0093/21 a Podporným fondom Štefana Schwarza pre postdoktorandských pracovníkov udeleným Veronike Lukasovej Slovenskou akadémiou vied.

#### Literatura:

Ainsworth, E.A., Lemonnier, P., Wedow, J.M., 2019. The influence of rising tropospheric carbon dioxide and ozone on plant productivity. *Plant Biology*, Vol. 22, s. 5–11.

Alscher RG, Erturk N, Heath LS (2002) Role of superoxide dismutase (SODs) in controlling oxidative stress in plants. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 53, s. 1331–1341.

- Bičárová, S., Shashikumar, A., Dalstein- Richier, L., et al., 2020. The response of Pinus species to ozone uptake in different climate regions of Europe. *Central European Forestry Journal*, Vol. **66**, s. 255–268.
- Bičárová, S., Sitková, Z., Pavlendová, H., Fleischer, P., Bytnerowicz, A., 2018. The role of environmental factors in ozone uptake of Pinus mugo Turra. *Atmospheric Pollution Research*, Vol. **10**, s. 283–293.
- Bobkov, A., Panidi, E., Torlopova, N., Tsepelev, V., 2015. NDVI dynamics of the Tajga Zone in connection with modern climate changes. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, Vol. **40**, s. 157–163.
- Braun, S., Schindler, C., Rihm, B., 2014. Growth losses in Swiss forests caused by ozone: epidemiological data analysis of stem increment of Fagus sylvatica L. and Picea abies Karst. *Environmental Pollution*, Vol. **192**, s. 129–138.
- Bucha, T. & Koreň, M., 2017. Phenology of the beech forests in the Western Carpathians from MODIS for 2000–2015. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, Vol. **10**, s. 537–546.
- Buchholcerová, A., Fleischer, P. (Jr), Štefánik, D., Bičárová, S., Lukasová, V., 2021. Specification of Modified Jarvis Model Parameterization for Pinus cembra. *Atmosphere*, Vol. **12**, s. 1388.
- Büker, P., Morrissey, T., Briolat, A., et al., 2012. DO3SE modelling of soil moisture to determine ozone flux to forest trees. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. **12**, s. 5537–5562.
- Byčenkienė, S., Plauškaitė, K., Augustaitienė, I., et al., 2018. Integrated impact of sulphur and nitrogen deposition and ozone on forest ecosystems in Lithuania, 1995–2015. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, Vol. **67**, s. 313–322.
- Di Vittorio, A.V. & Biging, G.S., 2009. Spectral identification of ozone-damaged pine needles. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. **30**, s. 3041–3073.
- Di Vittorio, A.V., 2009. Pigment-based Identification of Ozone-Damaged Pine Needles as a Basis for Spectral Segregation of Needle Conditions. *Journal of Environmental Quality*, Vol. **38**, s. 855–867.
- Emberson, L.D., Wieser, G., Ashmore, M.R., 2000. Modelling of stomatal conductance and ozone flux of Norway spruce: Comparison with field data. *Environmental Pollution*, Vol. **109**, s. 393–402.
- Fuhrer, J., Val Martin, M., Mills, G., et al., 2016. Current and future ozone risks to global terrestrial biodiversity and ecosystem processes. *Ecology and Evolution*, Vol. **6**, s. 8785–8799.
- Guerrieri, R., Belmecheri, S.V., Ollinger, H., et al., 2019. Disentangling the role of photosynthesis and stomatal conductance on rising forest water-use efficiency. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. **116**(34), s. 16909–16914.
- Hogsett, W.E. & Andersen, C.P., 1998. Ecological effects of tropospheric ozone: a US perspective – past, present and future. Schneider T (ed.) Air pollution in the 21st century, priority issues and policy. *Studies in Environmental Science*, Vol. **72**, s. 419–437.
- ICP Vegetation, 2014. Air pollution and vegetation. [online] ICP Vegetation Annual Report 2013/2014. [cit. 20. 5. 2022]. Dostupné z WWW: [https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/ICPVegetationannualreport2013-14\\_0.pdf](https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/ICPVegetationannualreport2013-14_0.pdf)
- Juráň, S., Grace, J., Urban, O., 2021. Temporal Changes in Ozone Concentrations and Their Impact on Vegetation. *Atmosphere*, Vol. **12**, s. 82.
- Kormuťák, A., Galgóci, M., Gömöry, D., 2019. Antioxidant enzyme activity in Pinus mugo Turra, P. sylvestris L. and their putative hybrids. *Biologia*, Vol. **74**, s. 631–638.
- Leon, J.R.R., Van Leeuwen, W.J., Casady, G.M., 2012. Using MODIS-NDVI for the Modelling of Post-Wildfire Vegetation Response as a Function of Environmental Conditions and Pre-Fire Restoration Treatments. *Remote Sensing*, Vol. **4**, s. 598–621.
- Lukasová, V., Bucha, T., Mareková, E., Buchholcerová, A., Bičárová, S., 2021. Changes in the Greenness of Mountain Pine (Pinus mugo Turra) in the Subalpine Zone Related to the Winter Climate. *Remote Sensing*, Vol. **13**, s. 1788.

- Lukasová, V., Bucha, T., Škvareninová, J., Škvarenina, J., 2019. Validation and Application of European Beech Phenological Metrics Derived from MODIS Data along an Altitudinal Gradient. *Forests*, Vol. **10**, s. 60.
- Monks, P.S., Archibald, A.T., Colette, A., et al., 2015. Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. **15**, s. 8889–8973.
- Potterf, M., Bucha, T., Ferenčík, J., Jakuš, R., 2015. Applicability of a vegetation indices-based method to map bark beetle outbreaks in the High Tatra Mountains. *Annals of Forest Research*, Vol. **58**, s. 295–310.
- Proietti, C., Anav, A., De Marco, A., Sicard, P., Vitale, M., 2016. A multisites analysis on the ozone effects on Gross Primary Production of European forests. *Science of the Total Environment*, Vol. **556**, s. 1–11.
- Sacchelli, S., Carrari, E., Paoletti, E., et al., 2021. Economic impacts of ambient ozone pollution on wood production in Italy. *Scientific Reports*, Vol. **11**, s. 154.
- Sicard, P., De Marco, A., Carrari, E., et al., 2020. Epidemiological derivation of flux-based critical levels for visible ozone injury in European forests. *Journal of Forest Research*, Vol. **31**, s. 1509–1519.
- Wieser, G. & Matyssek, R., 2007. Linking ozone uptake and defense towards a mechanistic risk assessment for forest trees. *New Phytologist*, Vol. **174**, s. 7–9.
- Van Camp, W., Willekens, H., Bowler, C., et al., 1994. Elevated levels of superoxide dismutase protect transgenic plants against ozone damage. *Nature Biotechnology*, Vol. **12**, s. 165–168.

**Klíčová slova:** kosodrevina, klimatická zmena, poškodenie, ozón, vegetačný index



## G. Mendel renesanční člověk, filantrop a vinař

František Muška<sup>1</sup>, Antonín Muška<sup>2</sup>, Anna Mušková<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Komora zemědělských poradců ČR [muska34@email.cz](mailto:muska34@email.cz)

<sup>2</sup> Brno

### Abstrakt

Johan Gregor Mendel pocházel z rolnické rodiny z Hynčic. Četní Mendelovi předkové měli zálibu v květinách a v ovocných stromech. Mendel zdědil po otci skromnost, pracovitost a vytrvalost a po matce vysokou inteligenci s pedagogickým talentem. Zabýval se nejen genetikou, ale i meteorologií a chovem včel. Byl renesančním člověkem. Mendel aktivně působil při výstavách květin, ovoce a zeleniny jako předseda hodnotící komise díky tomu, že byl zkušeným poradcem a jako vystavující šlechtitel. Například v roce 1859 předváděl v lužáneckém sále vyšlechtěnou zeleninu. V rámci těchto výstav se snažil podporovat šlechtitelské úsilí a vypisoval i prémie pro vystavovatele. Od roku 1868 byl Mendel zástupcem Moravskoslezské hospodářské společnosti při odborných zkouškách z ovocnářství a vinařství. V roce 1881 byl jmenován vrchním ředitelem Hypoteční banky pro Markrabství moravské. Po tom, co v jeho rodné obci způsobil požár velké škody, inicioval založení obecního hasičského sboru. Tento podpořil na tehdejší dobu velkorysým darem 3 000 zlatých. Měl velkou radost z toho, že ho jeho rodná obec jmenovala čestným občanem a hasičský sbor svým čestným členem.

### 1. Úvod

J. G. Mendel (1822-1884) je znám jako genetik, šlechtitel, meteorolog, avšak jeho oblast zájmu byla mnohem širší. Věnoval se pěstování zeleniny a květin. Vzhledem k zaměření starobrněnského augustiniánského kláštera se zabýval zemědělstvím a také vinařstvím. Tyto méně známé skutečnosti uvádíme v jednotlivých etapách jeho života.

#### Rodné Hynčice

Začátkem 19. století Hynčice (německy Heinzendorf) na Kravařsku byly známy tím, že se tu pájilo vápno vynikající jakosti. Místní sedláci, vedle obdělávání půdy, rozváželi vápno koňskými a kravskými potahy i do vzdáleného okolí, a tím si přivydělávali. V obci hospodařili pouze malí rolníci. Jeho rodina byla známá tradicí pěstování květin a ovocných dřevin. Jeho tatínek byl skromný, pracovitý a vytrvalý, maminka měla vysokou inteligenci s pedagogickým talentem. Všechny tyto vlastnosti zdědil po rodičích, využíval je a rozvíjel. Velmi brzy pomáhal tatínkovi s roubováním a ošetřováním ovocných stromů. Ze svého rodiště si odnesl velkou lásku k přírodě a respekt k práci na venkově. (Kolektiv autorů, 1965) Ukončení studií, která vyžadovala velké finanční náklady, mu umožnila velkorysost jeho mladší sestry Terezie, která se ve prospěch svého bratra vzdala části svého věna. (Laudátová a Dostál, 2012)

Během svého pobytu v Brně Mendel nezapomněl na rodné Hynčice. Udržoval písemný styk s rodiči a zejména s rodinou své mladší sestry Terezie, díky které mohl studovat, protože se velkoryse vzdala části svého věna v jeho prospěch, jak je uvedeno výše. V rámci svých možností finančně podporoval rodiče a rodinu své sestry Terezie. O sobě psával málo. Své dopisy psával v duchu zájmů Hynčických sedláků. Projevoval vždy zájem o zdraví a osud příbuzných a podle svých znalostí upozorňoval na ceny zemědělských produktů v Brně. Když se dozvěděl, že v obci způsobil velké škody požár, inicioval založení obecního hasičského sboru. Pro jeho vybavení věnoval na tehdejší dobu velkorysou částku 3 000 zlatých. Měl velkou radost, že ho rodná obec jmenovala čestným občanem a hasičský sbor svým čestným členem. (Kolektiv autorů, 1965)

#### Život nejen v klášteře

V roce 1843 doporučil profesor F. Franz z Filozofického ústavu v Olomouci augustiniánskému opatovi Cyrilu Františku Nappovi Mendela jako nejvhodnějšího studenta pro přijetí do augustiniánského kláštera. Franz napsal, že mezi studenty

jsou dva zájemci, z nichž může doporučit pouze Mendela, který má pevný charakter a v jeho předmětu patří k nejlepším žákům. Upozornil sice na nedostatečnou znalost češtiny, zároveň však opata ubezpečil, že Mendel je připraven se v tomto jazyce zdokonalit. (Laudátová a Dostál, 2012) Mendel se začal česky více učit ve starším věku, podporoval češtinu a prosazoval výuku v tomto jazyce. Podobnou cestu k češtině měl například poslední biskup Litoměřické diecéze německé národnosti Anton Alois Weber (1877–1948), který se začal česky učit až během studií v Římě. Tento biskup byl také znám svým protinacistickým postojem. (Macek, 2005) Mendel během studia teologie absolvoval přednášky ze zemědělství, ovocnářství a vinařství u českého odborníka F. Diebla. Na svých přednáškách profesor poukazyval na význam studia fyziologie rostlin pro objasnění neznámých faktorů dědičnosti. V této době věnoval Mendel volné chvíle soukromému studiu přírodních věd, ve kterých nacházel stále větší zálibu. (Skoupá, 2010)

V tomto roce byl přijat do starobrněnského augustiniánského kláštera a přijal řeholní jméno Gregor. Jeho nadřízený, opat František Cyril Napp, byl velkorysou osobností. Do noviciátu zejména přijímal nadané novice, kteří vedle teologie byli schopni studovat i jiné obory. Všemožně je pak podporoval v dalším vzdělávání. (Kolektiv autorů, 1965; Orel, 2001) Bylo to dáno také finanční situací tohoto kláštera. Augustiniánům od svatého Tomáše bylo 15. března 1783 nařizováno, aby se přestěhovali do zchátralého uprázdněného kláštera cisterciáků na Starém Brně a jejich dosavadní klášter byl předán moravským stavům náhradou za Zemský dům, který zabrala vojenská správa pro skladiště. (Kolektiv autorů, 1969) Toto stěhování bylo nařizováno v rámci reformy Josefa II. (vládl 1780–1790). Z této doby měl klášter velké dluhy a nebyl schopen přispívat podle tehdejších zákonných předpisů do náboženského fondu. Mezi nejvýznamnější finanční zdroje patřilo klášterní hospodářství v Šardicích (okres Hodonín). Významný zde byl chov ovcí, kdy z celkového zisku 7 057 zlatých za ovce bylo získáno 5 153 zlatých. Důležitým odvětvím šardického hospodářství bylo pěstování révy vinné, proto Napp usiloval o zavádění nových výnosnějších odrůd a nových způsobů pěstování. V rozsáhlých klášterních sklepích nechal skolit vína a výhodně je zpeněžoval. (Orel, 2001)

V současnosti nejen na augustiniánský odkaz pěstování révy vinné v Šardicích navazuje Mendelův vinařský spolek v Šardicích. Hlavním posláním tohoto spolku: *„Je propagace vinařství a vinařských tradic v obci a regionu, osvětová činnost v oblasti vinohradnictví a vinařství, podpora kultury v obci, propagace vinařských stezek a agroturistiky, pořádání výstav vín a propagace J.G. Mendela“*. *Obec po staletí patřila augustiniánskému klášteru na Starém Brně. Tento se také významnou měrou zasloužil o rozvoj vinařství v obci. Rezidence – bývalé reprezentační sídlo brněnských augustiniánů, vznikla v letech 1740–1742 přestavbou staré sýpky. Uvnitř je kamenné schodiště, všechny místnosti jsou klenuté, stropy v místnostech I. patra jsou zdobeny štukovým dekorem. Jako reprezentační sídlo brněnských augustiniánů byla vybavena potřebnými úředními a společenskými prostorami – prokuraturou, prelaturou a dalšími hospodářskými a obytnými místnostmi. Sloužila nejen pro ubytování hospodářského inspektora, ale byla i letoviskem preláta a mnichů. Tuto rezidenci také navštívil J. G. Mendel. (1)*

Pro jeho znalosti přírodních věd byl v Brně již na jaře 1851 povolán suplovat přednášky na brněnském technickém institutu za nemocného profesora Jana Helceleta. Po skončení přednášek mu ředitel institutu děkuje „za vynaloženou horlivost, za užitečný způsob vyučování, za obezřetné zacházení s posluchači a příjemné chování k příslušníkům ústavu“. (Kolektiv autorů, 1965) V roce 1851 byla v Brně zřízena I. německá reálka, na které učil v letech 1859–1861. (Kolektiv autorů, 1973) Jeho začátky učitelské kariéry musely být mimořádně úspěšné, poněvadž již po jednom roce mu ředitelství gymnázia doporučuje, aby složil na univerzitě ve Vídni odborné učitelské zkoušky. Zkoušky se mu nepodařilo složit. Vrátil se do Brna, aniž by ztratil zájem o vzdělání. (Kolektiv autorů, 1965) Lze konstatovat, že ho to naopak iniciovalo ještě k pilnější práci.

Dne 2. dubna 1863 byl přijat za člena ovocnicko-vinařské a zahradnické sekce Moravskoslezské hospodářské společnosti a zůstal zde až do své smrti. Byl nejen platícím členem, ale i velmi činným funkcionářem. Předepsaný členský příspěvek byl 2 zlaté a 10 krejcarů. Mendel od roku 1868 platil 5 zlatých. Výše uvedená sekce pořádala teoretické a praktické kurzy, které měly vysokou odbornou úroveň. Účastnili se jich významní zahrádkáři a venkovští praktici. Kurzy zemědělství, zahradnictví a vinařství absolvoval také Mendel. Od roku 1868 byl Mendel zástupcem Moravskoslezské hospodářské společnosti při odborných zkouškách z ovocnářství a vinařství. (Kolektiv autorů, 1965) V tomto spolku byl velmi aktivní a dne 29. května 1877 navrhl, aby se školení konalo také v českém jazyce. Následně se výbor MHS na své schůzi 12. července 1877 usnesl, že je potřeba podniknout kroky k získání „slovanských učitelských sil“. Toto úsilí bylo zpočátku marné, protože se nenašel nikdo, kdo by tuto činnost vykonával zdarma. (Zemek a kol., 1973)

Mendel aktivně působil při výstavách květin, ovoce a zeleniny jako předseda hodnotící komise díky tomu, že byl zkušeným poradcem a jako vystavující šlechtitel. Například v roce 1859 v lužáneckém sále předváděl vyšlechtěnou

zeleninu. V rámci těchto výstav se snažil podporovat šlechtitelské úsilí a vypisoval prémie pro vystavovatele. Ty byly udělovány dle uvážení hodnotitelské komise. Nevyužitá prémie přecházely do dalšího roku. (Kolektiv autorů, 1965)

V roce 1868 byl zvolen opatem kláštera. Ve funkci opata se živě zajímal o hospodaření na klášterních statcích ve Hvězdlicích a Šardicích. Dojížděl sem nejen jako nejvyšší správce hospodářství, ale též jako vynikající odborník, který dovedl také poradit. V této době bylo hospodaření na těchto statcích na vysoké úrovni. (Kolektiv autorů, 1965)

Mendel vystavoval své výpěstky také na každé jarní, případně podzimní výstavě květin, ovoce a zeleniny. Nikdy nepřijal ocenění, protože býval členem nebo častěji také předsedou hodnotitelské komise, a také proto, že sám vypisoval prémie za výpěstky, vyšlechtěné křížením. Například pro 23. výstavu květin, rostlin, ovoce a zeleniny ve dnech 1. až 3. května 1868 vypsál prémie dvou dukátů za ušlechtilé květiny, získané umělým opylením a jeden dukát za čerstvé jahody pěti nově vyšlechtěných odrůd. (Kolektiv autorů, 1965)

V roce 1876 byl Mendel zvolen zemským sněmem místopředsedou správy Hypoteční banky pro Markrabství moravské. Následně v roce 1881 byl zvolen jejím ředitelem. Tato práce byla spojena s větším příjmem a mohl si tak dovolit podporovat na studiích své tři synovce. (Laudátová a Dostál; 2012, Kolektiv autorů, 1965)

## 2. Závěr

J. G. Mendel byl nejen světově významným vědcem, ale především čestným a poctivým člověkem. K poznání přistupoval s respektem a pokorou. Je velkou inspirací pro nás. Svoji vědeckou práci vždy spojoval s praxí. Vycházel především ze zkušeností, které získal ve své rodné obci Hynčice, kde navazoval na zkušenosti svých předků. Cílem jeho práce bylo získání a uplatnění poznatků, které bylo možné využít v praxi. Vážil si rolníků, venkovanů. Potvrdil, že „Obyčejné zkušenosti drobných lidí tvoří vědu“ (H. Gingle). (Jirásek, 1950) Pracoval pilně, neúspěchy byly pro něj výzvou ještě k intenzivnější práci. Za jeho celoživotní práci mluví výsledky, ne počet publikací. Bohužel, dnes se vědecká práce měří počtem publikací, bohužel často ne ani jejich obsahem. Pokud bychom hodnotili J. G. Mendela dle dnešních hodnocení vědecké práce, byl za svého života totálně neúspěšný. Jeho práce nebyla uznána. Do roku 1900 měl pouze dvě citace. Jak uvádí pan profesor Komárek „Mendel by dnes neuspěl, neměl citace“. (2) Přestože neměl skoro žádné citace, svým nástupcům zanechal velký odkaz.

Zveřejnění poznatku ve vědeckém časopisu neznamená, že je to pravda. Je to pouze předložený názor autora. Úkolem kolegů vědců je tento názor potvrdit nebo vyvrátit. Důležitá je pravdivá diskuze o daném problému. To, že někdo má jiný názor, neznamená, že je špatný. Kritická diskuze je nutná pro zdravý rozvoj nejen vědy, ale také celé společnosti. Jak uvádí Aristoteles „Kdo se snaží poučit, musí především pochybovat, neboť pochybnosti ducha vedou ke zjevení pravdy“. (3)

Nikdo z nás není vlastníkem pravdy! Měli bychom se vrátit k pokoře vůči stvořené přírodě. Zde je inspirující, jak uvádí Zdeněk Kalista, že barokní člověk hledal pouze to, jak svět funguje a jak se mu přizpůsobit. Člověk novověku se již ptal, proč to funguje a jak to můžu ovlivnit. (Kalista, 2005) To, že něco nelze potvrdit vědeckou statistickou metodou neznamená, že to nemůže existovat. Nejen cesta poznání zákonů genetiky J. G. Mendela odpovídá tomu, co uváděl Plinius starší ve své knize Kapitoly o přírodě: „Už dávno se nese snaha nadaných lidí k tomu, že nechává upadnout v zapomenutí poznatky starých“. (Plinius starší, 1974) Nelze něco zamítnout jenom proto, že je to staré a tzv. „nevědecké“.

V letošním roce 2022 je významné výročí J. G. Mendela a to 200 let od jeho narození. Jeho významnou činností byly také aktivity pedagogické. Měli bychom se zaměřit na to, kam školství v České republice směřuje. Nejen vysoké školy, ale také střední a základní by měly vychovávat žáky a studenty schopné samostatného kritického myšlení. Cílem vzdělání není získat jedince pouze s jedním „správným“ názorem. Vraťme se ke klasické disputaci nejen ve vědě. Disputace je vědecká rozprava více účastníků o odborných otázkách; někdy se uvádí také jako učená hádka. (Klimeš, 1981) Proč neučit i žáky na základní škole samostatně přemýšlet o dějinách, přírodě a řadě dalších problémů?

### Literatura:

- JIRÁSEK F., 1950: Mandloně a jejich pěstování v ČSR. Brno: Nakladatelství KNV Brno
- KALISTA Z., 2005: Tvář baroka. Praha: Vyšehrad, 978-802-7429-341-2
- KLIMEŠ L., 1981: Slovník cizích slov. Praha: Státní pedagogické nakladatelství
- Kolektiv autorů, 1965. Gregor Mendel zakladatel genetiky populárně vědecký sborník. Brno: Nakladatelství Blok
- Kolektiv autorů, 1969. Dějiny města Brna 1. Brno: Nakladatelství Blok
- Kolektiv autorů, 1973. Dějiny města Brna 2. Brno: Nakladatelství Blok
- LAUDÁTOVÁ H., DOSTÁL O., 2012: Gregor Johann Mendel-životní osudy a jeho působení na Moravě. Živa 60 (6), 266–268
- MACEK J., 2005: Biskupství Litoměřické. Praha: Karmelitánské nakladatelství, ISBN 80-7192-978-6
- OREL V., 2001: Gregor Mendel a počátky genetiky. Praha: Nakladatelství Academia. ISBN 80-200-1082-3.
- PLINIUS starší, 1974: Kapitoly o přírodě. Praha: Svoboda
- SKOUPÁ T., 2010: Opat Cyril František Napp a jeho působení v klášteře na Starém Brně. Bakalářská práce Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta
- ZEMEK M. a kol., 1973: Vinohradnictví. Brno: Nakladatelství Blok

### Použité internetové zdroje:

- (1) [O nás | Mendelův vinařský spolek Šardice \(vinozesardic.cz\)](http://vinozesardic.cz)
- (2) [Mendel by dnes neuspěl: neměl citace | Noviny | Lidovky.cz](http://lidovky.cz)
- (3) [Výroky a citáty fyziků a o fyzice \(converter.cz\)](http://converter.cz)

**Klíčová slova:** J. G. Mendel, šlechtitel, réva vinná, filantrop, banka, hasičský sbor

# Nikolaj Ivanovič Vavilov, pokračovatel vědecké práce Gregora Johanna Mendela

**Petr Salaš, Jana Burgová, Radoslav Vlk, Jaroslav Rožnovský**

Mendelova univerzita v Brně, Zahradnická fakulta, Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin, Valtická 337, 691 44, Lednice, [petr.salas@mendelu.cz](mailto:petr.salas@mendelu.cz), [jana.burgova@mendelu.cz](mailto:jana.burgova@mendelu.cz), [radoslav.vlk@mendelu.cz](mailto:radoslav.vlk@mendelu.cz), [jaroslav.roznovsky@mendelu.cz](mailto:jaroslav.roznovsky@mendelu.cz)

## Abstrakt

Tento příspěvek byl zpracován s využitím již dříve publikovaných materiálů jako doprovodná informace projekce videodokumentu Mendel, Vavilov a Brno v rámci večerního programu konference Gregor Johann Mendel – meteorolog.

Cílem příspěvku je seznámit účastníky konference se zajímavou historickou skutečností, která je málo známá. G. J. Mendel inspiroval svým celoživotním dílem velké množství badatelů a vědců, na jeho závěry věda navazuje i v současnosti. Z výsledků práce G. J. Mendela vycházel i N. I. Vavilov, světově známá osobnost v oblasti genetiky a šlechtění. N. I. Vavilov obdržel v roce 1936 čestný doktorát na Vysoké škole zemědělské v Brně, čehož si velmi považoval. Vzhledem k faktu, že Brno bylo působištěm G. J. Mendela, mělo toto ocenění pro N. I. Vavilova zvláštní význam. Odkaz obou těchto osobností je vědci z celého světa využíván i v současnosti.

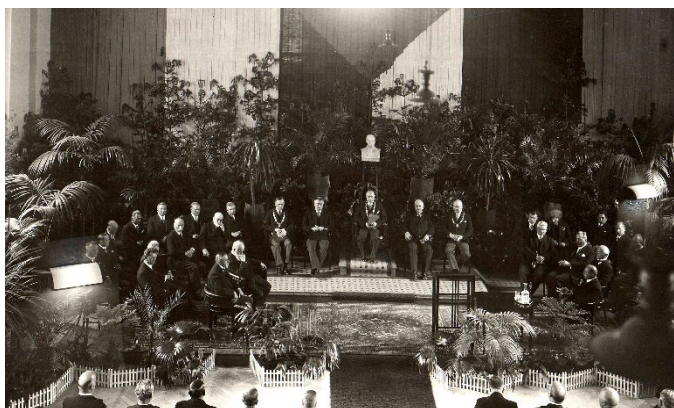
Kterýkoli obor teorie i praxe lze rozvíjet pouze se znalostí historických souvislostí a návazností. Principy dědičnosti vědecky poprvé popsal G. J. Mendel (1822–1884), opat augustiniánského kláštera na Starém Brně a světoznámý přírodovědec, zakladatel novodobé genetiky. Jeho osobu není nutné blíže představovat. Méně známý je fakt, že na jeho práci a převratné objevy zákonů genetiky přímo navazoval N. I. Vavilov (1887–1943), světově známý vynikající ruský badatel, vědec, genetik, šlechtitel a botanik, který se nesmazatelně zapsal do historie šlechtění a genetiky zemědělských plodin. Byl mnohaletým představitelem ruské (později sovětské) botanické, genetické a zemědělské vědy. Jeho největším přínosem bylo definování tzv. genových center kulturních rostlin, tj. delimitace původu rostlinných druhů. Definoval rovněž primární a sekundární genová centra.

N. I. Vavilov dal svou prací impuls k zakládání sbírek rostlinných druhů a odrůd, které mohou být podle situace a potřeb využívány ke šlechtění kulturních rostlin. Na tomto principu jsou dnes zakládány tzv. genové banky, které slouží nejen k zachování rostlinných druhů, ale též jako zdroj výchozího materiálu k různým záměrům šlechtění.

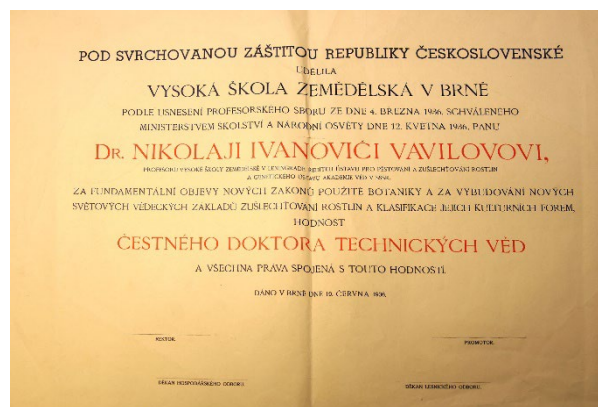
Vavilov formuloval i zákon homologických řad dědičné proměnlivosti, takže lze odvozovat výskyt určitých vlastností v rámci příbuzenstva. O výsledcích své experimentální práce informoval veřejnost již v roce 1926. Publikace o genových centrech spolu se zákonem homologických řad byly ve své době významnou a původní informací, což mu přineslo nejen světové uznání, ale později i mnohá ocenění. Zákon homologických řad dědičné variability lze do jisté míry srovnat s Mendělejevovým periodickým zákonem.

Jaký vztah měl vlastně N. I. Vavilov k G. J. Mendelovi? Nepřímý, ale úzký a osobní. Nikolaj Ivanovič Vavilov uznával Gregora Johanna Mendela (1822–1884) jako zakladatele moderní genetiky. K Mendelově práci a jeho pracovním výsledkům se vyjádřil již v roce 1935 ve své publikaci Pokusy s rostlinnými hybridy takto: „Mendelova teorie a její další rozvoj představuje jednu z nejskvělejších kapitol současné biologie.“ Velmi zajímavou skutečností je fakt, že již v roce 1929 byl profesor N. I. Vavilov navržen a posléze schválen členem korespondentem ČSAZ (Československé akademie zemědělské) v Praze. V roce 1931 se stal řádným zahraničním členem této akademie, což bylo výrazem respektu k jeho vědecké práci.

Jméno profesora Vavilova je historicky spojeno s Brnem, ačkoli toto město osobně nenavštívil. Chystal se tam však. Rektor Vysoké školy zemědělské prof. Dr. Ing. Alois Tichý a děkani prof. Dr. Ing. František Chmelař a prof. Ing. Antonín Dyk slavnostně promovali Nikolaje Ivanoviče Vavilova spolu s Erichem Tschermakem von Seysenegg z Vysoké školy ve Vídni a Ernstem Laurem, profesorem Vysoké školy v Curychu, čestnými doktory (Dr.h.c.) v aule VŠZ v Brně 19. června 1936. Žel, Vavilov nebyl osobně přítomen, ale zaslal slavnostní referát a dopis tohoto znění: „Nemoc mi v poslední chvíli zabránila, aby se mi splnilo vroucné přání navštívit Brno, domov moderní genetiky“.



Obr. 1. Slavnostní promoce, Brno, 19. 6. 1936



Obr. 2. Diplom N. I. Vavilova, 1936

(archív MENDELU)

Z textu jeho přednášky, která byla v zastoupení přednesena děkanem prof. Dr. Ing. Františkem Chmelařem, zdůrazněme: „Ve vědeckých otázkách neexistuje krize. Naopak, vědecké problémy se vynořují každého dne a je třeba je řešit jak z teoretického, tak i z praktického hlediska. Tyto problémy jsou nevyčerpatelné a mohou být řešeny pouze mezinárodní vědeckou spoluprací.“



Obr. 3. prof. Erich Tschermak von Seysenegg



Obr. 4. prof. Nikolaj Ivanovič Vavilov

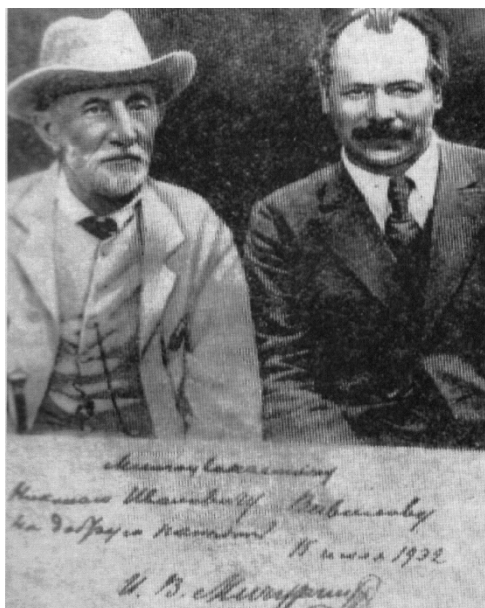


Obr. 5. prof. Ernest Laur

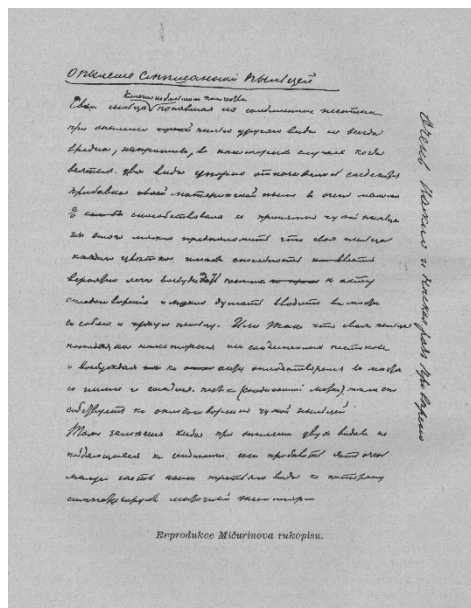
(archív MENDELU)

Brněnský čestný doktorát byl prvním oceněním svého druhu uděleným Vavilovovi v zahraničí. Právě v Brně, kde v roce 1865 opat augustiniánského kláštera, botanický badatel a experimentátor, středoškolský profesor Gregor Johann Mendel formuloval výsledky svých pokusů, ve kterých osvětlil zákony dědičnosti, jež později dalšími pokusy a výzkumy vyústily ke vzniku významné vědecké disciplíny – genetiky, která je dnes nepostradatelnou součástí studia rostlinné i živočišné říše. Vavilov si tohoto faktu byl velmi dobře vědom.

Přesto, že Vavilovovy výzkumy byly věnovány širokému okruhu kulturních rostlin, v popředí byly vždy obiloviny. Ty se mu staly svým způsobem osudnými. V letech silného tlaku stalinismu se začaly prosazovat myšlenky ambiciózního vědeckého pracovníka T. D. Lysenka, který prosazoval vlastní vytvořené teorie (agrobiologie). Vznikl tzv. lysenkismus, který mj. odmítal mendelovskou genetiku a zneužil i výsledky práce šlechtitele-ovocnáře Ivana Vladimiroviče Mičurina. Tento zkušený a zaslužilý praktik však s pseudovědeckými názory Lysenka neměl nic společného. Vztah N. I. Vavilova a I. V. Mičurina byl naopak více než přátelský. Vavilov si cenil odborné práce Mičurina, zejména při realizaci distančního křížení (vzdálené hybridizace). Když Mičurin slavil své padesáté narozeniny (v roce 1924) a šedesátiny (v roce 1934), Vavilov se jeho oslav narozenin osobně zúčastnil.



Obr. 6. I. V. Mičurin a N. I. Vavilov



Obr. 7. Rukopis I. V. Mičurina

(archív autorů)

Stalin se ovšem přiklonil k názorům Lysenka a tvrdě odsoudil Vavilova, který měl k Lysenkově činnosti odůvodněné výhrady. Stalin se choval k Vavilovovi velmi odmítavě, v důsledku čehož byl Vavilov označen za brzdu vědeckého rozvoje a socialistického sovětského zemědělství. V roce 1939 se životní dráha N. I. Vavilova počala měnit v tragédii. V létě toho roku se měl zúčastnit VII. Mezinárodního genetického kongresu ve Skotsku (Edinburgh), odjezd mu však nebyl povolen. V září 1940 byl uvězněn a označen za antisovětského škůdce. Veškerá falešná obvinění, která byla proti němu vznesena, Vavilov ostře odmítal. Vojenským soudem byl 9. července 1941 odsouzen k smrti zastřelením. Trest mu byl zmírněn, ale byl přemístěn do vězení v Saratově. Saratovské podmínky byly velmi kruté, následkem čehož N. I. Vavilov 24. ledna 1943 zemřel. Byl pohřben ve společném hrobě v Saratově. N. I. Vavilov byl po Stalinově smrti rehabilitován, ale až počátkem 70. let minulého století se mohli vědci v zemích tehdejšího sovětského bloku opět naplno přihlásit k jeho odkazu a plnohodnotně ho rozvíjet.

Kterýkoli obor teorie i praxe lze rozvíjet pouze se znalostí historických souvislostí a návazností. Principy dědičnosti, které poprvé popsal G. J. Mendel, definování genových center vývoje rostlin na Zemi N. I. Vavilovem a jeho formulace zákona homologických řad dědičné stability patří i dnes k základním pilířům současného moderního šlechtění.

## Dodatek

Na památku obou významných osobností, G. J. Mendela a N. I. Vavilova, stejně jako k připomenutí významné události, která se udála na akademické půdě tehdejší Vysoké školy zemědělské v Brně – udělení prvního zahraničního čestného doktorátu N. I. Vavilovovi, byl vytvořen v roce 2014 dokumentární film s názvem Mendel, Vavilov a Brno. Film získal cenu slovenského veřejnoprávního rozhlasu a televize (Cena RTVS) na mezinárodním festivalu Agrofilm 2014 v Nitře. V roce 2016, s finanční podporou Jihomoravského kraje, byla vytvořena anglická mutace filmu. Autoři věnovali dílo památce pana profesora Jana Lužného (1926–2013), emeritního profesora MENDELU, významného pedagoga a šlechtitele, který se již bohužel premiéry filmu nedočkal.

## Literatura:

SALAŠ, P. a kol. *Mendel, Vavilov a Brno*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. 24 s. ISBN 978-80-7375-951-3.

**Klíčová slova:** G. J. Mendel, N. I. Vavilov, čestný doktorát, genová centra, historie

# Porovnání hodnot teplot vzduchu v Brně a v Praze na konci 19. a na začátku 21. století

Jaroslav Střeščík<sup>1</sup>, Jaroslav Rožnovský<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Mendelova univerzita v Brně, Zahradnická fakulta, Valtická 337, 691 44 Lednice, [jstrpraha@gmail.com](mailto:jstrpraha@gmail.com), [jaroslav.roznovsky@mendelu.cz](mailto:jaroslav.roznovsky@mendelu.cz)

<sup>2</sup> Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno

## Abstrakt

Průměrné denní teploty vzduchu a denní maximální a minimální teploty vzduchu, které naměřil Georg Johann Mendel v letech 1878-1883 v klášteře v Brně, byly porovnány s obdobnými veličinami měřenými v pražském Klementinu ve stejnou dobu. Toto porovnání bylo zopakováno pro stejné veličiny měřené v Brně-Žabovřeskách a v Klementinu v letech 2016-2021. Na konci 19. století byly průměrné denní teploty vzduchu prakticky stejné v Brně jako v Praze. Maximální denní teploty však byly v Brně vyšší než v Praze, naopak minimální denní teploty byly v Brně nižší. To znamená, že v Brně byla větší denní teplotní amplituda. Začátkem 21. století všechny teploty vzrostly v důsledku globálního oteplení. Ne však všechny a všude stejně. Průměrné denní teploty vzduchu jsou nyní v Praze vyšší než v Brně, maximální denní teploty jsou v Praze vyšší než v Brně, na rozdíl od 19. století, minimální denní teploty jsou v Praze stále vyšší než v Brně. Denní teplotní amplituda vzrostla v obou městech, více v Brně než v Praze. Všechny rozdíly mezi Brnem a Prahou byly na konci 19. století větší v létě než v zimě, naopak na začátku 21. století jsou větší v zimě.

## 1. Úvod

Gregor Johann Mendel je znám především jako zakladatel české a světové genetiky. Méně je známo, že se proslavil i v jiných vědních oborech, např. a zejména v meteorologii. Dokonce svého času byl uznáván více jako meteorolog než jako genetik, jeho práce o genetice došly ocenění až později. V rámci své meteorologické činnosti prováděl sám meteorologická pozorování v areálu augustiniánského kláštera v Brně, v němž tehdy působil jako opat. Data z Mendelových meteorologických pozorování jsou součástí brněnské řady, které začíná rokem 1848, měřeními dr. Olexíka (Rožnovský, 2014).

Od roku 1775 probíhají meteorologická měření v pražském Klementinu, které bylo součástí jedné z prvních sítí meteorologických stanic, a to Meinhamské, kam patřila též stanice ve Vídni (Hlaváč, 1968; Seydl, 1963; Pfister, 1992 a mnoho dalších.). Proto jsou data za jakékoli období z té doby velmi cenná pro posouzení počasí v té době v příslušných místech dnešní České republiky.

Význam výše uvedených dat narůstá s ohledem na studie městského klimatu, které se významně mění oproti původní přírodní krajině. Je předmětem mnoha projektů.

Předpokládá se, že globální teplota se v budoucnosti může zvyšovat stejně rychle jako dosud, ne-li rychleji (Hansen and Sato, 2004). Růst průměrné teploty vzduchu roční i pro jednotlivá roční období je na našem území statisticky významný (Střeščík et al., 2014).

Ovšem radiační bilance je také ovlivňována změnami zemského povrchu, kdy je původní krajina nahrazována krajinou urbanizovanou, což nejvíce představují města a velké průmyslové celky. Právě studiu městského klimatu je věnováno mnoho publikací, zvláště velkým městům (Oke, 2006). Klasickou je publikace věnovaná Bratislavě (Petrovič, 1979). Souborná práce je věnována Brnu (Dobrovolný et al., 2012). Je mnoho prací posuzujících městské klima z různých pohledů, včetně vlivu synoptických situací (Beranová a Huth, 2003), dopadů na obyvatele (Litschmann a Rožnovský, 2009 a další).

Současně se nabízí provést stejné porovnání pro současná data za stejných stanic a posoudit tak, jak se případné rozdíly změnilly. Jistě např. teploty v dnešní době budou vyšší vzhledem ke globálnímu oteplení, vzrůst ovšem nemusí být všude



naprosto stejný. Uvážit je však také třeba okolí stanic, tedy jakési mikroklima, které je samozřejmě jiné než v Mendelově době.

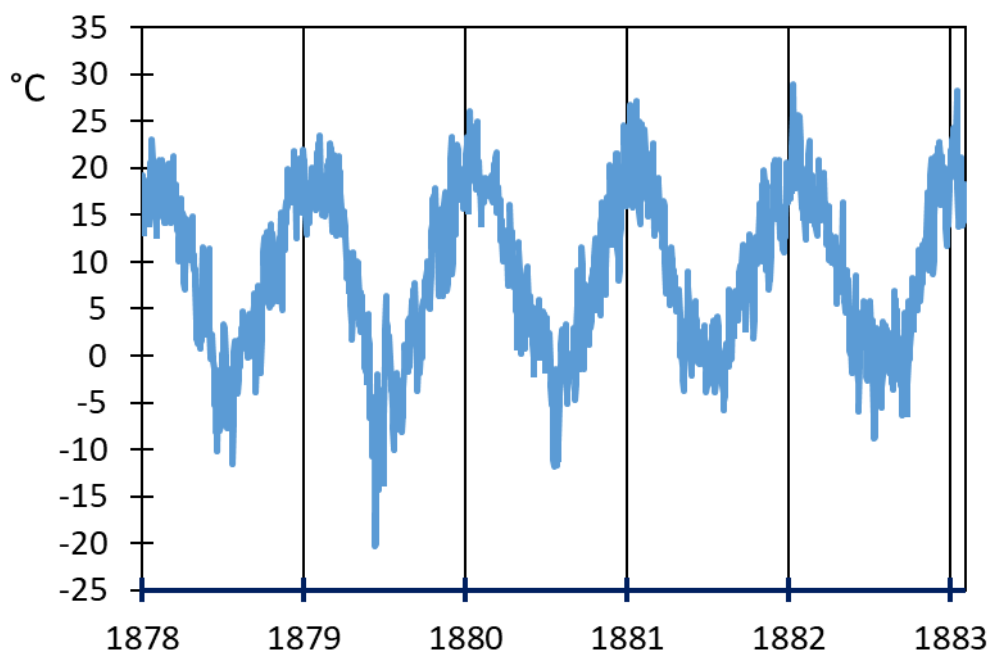
## 2. Materiál a zpracování

Mendel prováděl meteorologická měření denně od 1. 7. 1878 do 31. 7. 1883, tedy celkem pět roků a jeden měsíc. K dispozici jsou pro každý den průměrná denní teplota vzduchu, maximální a minimální teplota vzduchu v každém dni, průměrná denní relativní vlhkost vzduchu a celkový úhrn srážek za den. Pro porovnání byly použity hodnoty stejných veličin z pražského Klementina, kde měření teplot probíhá nepřetržitě od r. 1775 dodnes, srážky od r. 1805 a relativní vlhkost vzduchu od r. 1844.

V současné době se pravidelná meteorologická měření na stejném místě v Brně neprovádějí. Proto byla vybrána nejbližší stanice ČHMÚ v Žabovřeskách, asi 3,5 km vzdušnou čarou od kláštera, přičemž rozdíl v nadmořské výšce je minimální. Vybrali jsme datovou řadu stejně dlouhou jako řada Mendelova a začínající ve stejný měsíc, konkrétně od 1. 7. 2016 do 31. 7. 2021. Co se týče okolí Klementina, tam se za téměř 140 let praktiky nic nezměnilo, žádná nová výstavba, jen vzrostl dopravní ruch. Okolí augustiniánského kláštera je však zcela jiné, dnes je zde hustá zástavba a velký ruch, téměř jako městské centrum, zatímco na konci 19. století byl klášter na okraji města, téměř za městem. V Žabovřeskách je také zástavba, ale nižší a dopravní ruch je také menší, takže paradoxně se blíží klášteru v 19. století více než jeho dnešní okolí. Zde se omezíme pouze na teploty vzduchu, přičemž budeme vycházet především z jejich měsíčních průměrů spočtených z denních hodnot.

## 3. Výsledky

Průběh průměrných denních teplot vzduchu v areálu kláštera za celé období je uveden na obr. 1. Jde vlastně graf spojnicový, avšak velmi stlačený ve vodorovném směru (obsahuje celkem 1857 bodů), takže čára na grafu je silná a velmi roztřesená. Přestože je rozsah vertikální osy velký, aby bylo možno zahrnout letní i zimní teploty do jednoho grafu, je dobře vidět kolísání hodnot ze dne na den, které může často být i více než 10 stupňů. Obdobný graf pro Klementinum vypadá velmi podobně, takže rozdílů zpozoruje jen ten, kdo má před sebou oba grafy. Tento typ grafu neumožňuje uvést data současně ze dvou stanic, protože by se ty tlusté čáry překrývaly.

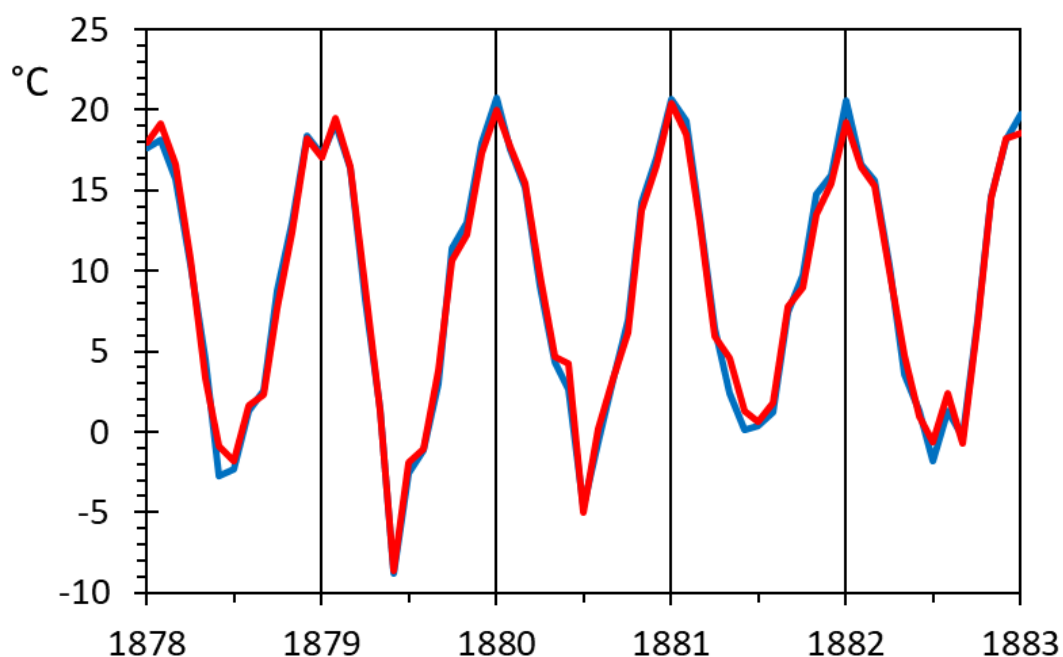


Obr. 1. Průběh denních hodnot průměrné denní teploty vzduchu v Brně podle Mendela. Ryska s letopočtem označuje 1. červenec příslušného roku (stejně u všech dalších obrázků).

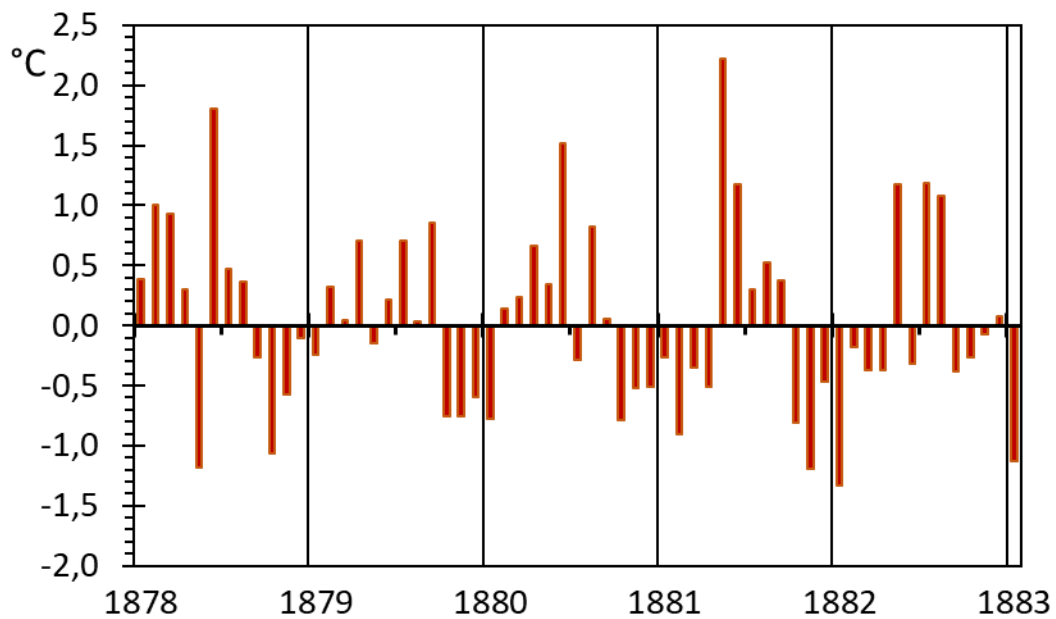
Názornější je graf pro měsíční průměry. Prakticky všechny informace, které lze získat z denních hodnot, lze získat i měsíčních průměrů, přičemž grafy jsou jednodušší a srozumitelnější. Vlivem vyhlazení vznikne poměrně hladká křivka, takže snadno se dají do grafu přidat další data. Takto je průběh měsíčních průměrů uveden na obr. 2. Rozdíly mezi Brnem a Prahou jsou minimální. Grafy pro maximální nebo minimální teploty vzduchu vypadají velmi podobně jako graf na obr. 2. Nemá tedy smysl prezentovat je zde všechny samostatně. Maximální teploty jsou však v Brně znatelně vyšší než v Praze, na rozdíl od teplot průměrných. Naproti tomu minimální teploty jsou v Brně nižší. To znamená, že v Brně je větší denní teplotní amplituda.

Více vypovídají grafy rozdílů mezi hodnotami naměřenými v Praze a v Brně. Takto je na obr. 3 předveden rozdíl mezi průměrnými denními teplotami v Praze a v Brně (tedy Praha minus Brno – kladné hodnoty znamenají vyšší teplotu v Praze). Uvedené rozdíly nepravidelně kolísají kolem nuly, průměrný rozdíl mezi oběma stanicemi za celé období je prakticky nulový. Obrázek je sloupcový graf, kde každý měsíc je vyjádřen sloupkem, přičemž záporné hodnoty jsou směřovány dolů. Z toho důvodu je popis vodorovné osy přesunut dolů, aby čísla nebyla překryta barevnými sloupky.

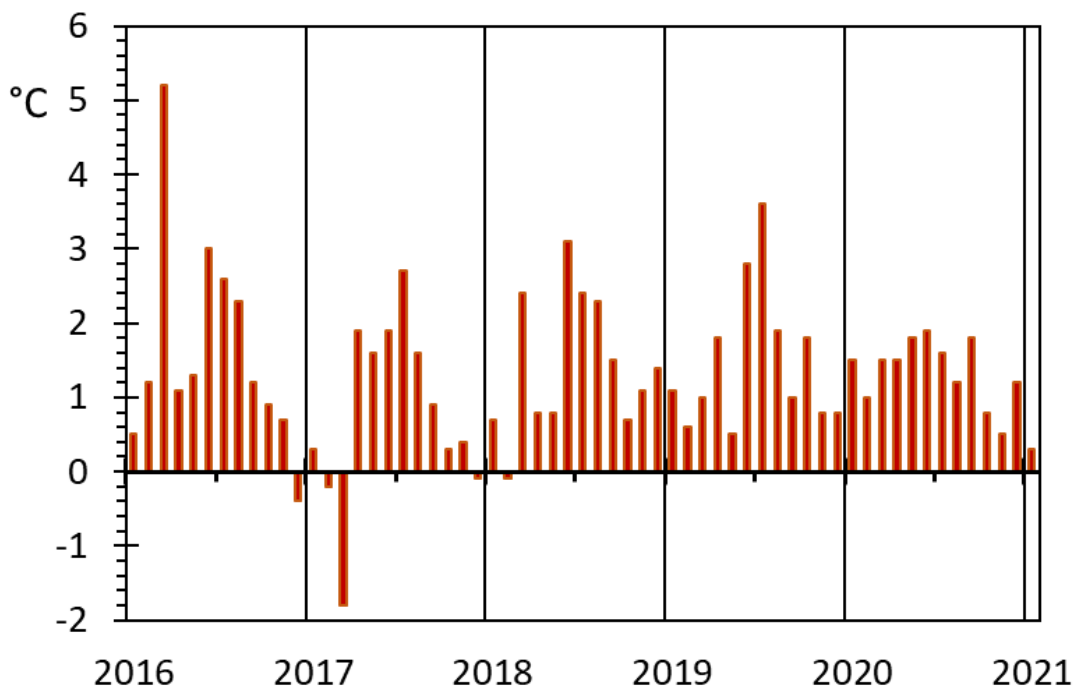
Na počátku 21. století je to jiné – průměrná denní teplota vzduchu, která byla na konci 19. století přibližně stejná v Praze i v Brně, je na začátku 21. století o poznání vyšší v Praze než v Brně. Tomu odpovídá průběh rozdílů mezi teplotami v Praze a v Brně (obr. 4). Teplota je skoro vždy vyšší v Praze, někdy až o několik stupňů. A tento rozdíl je větší v zimě než v létě.



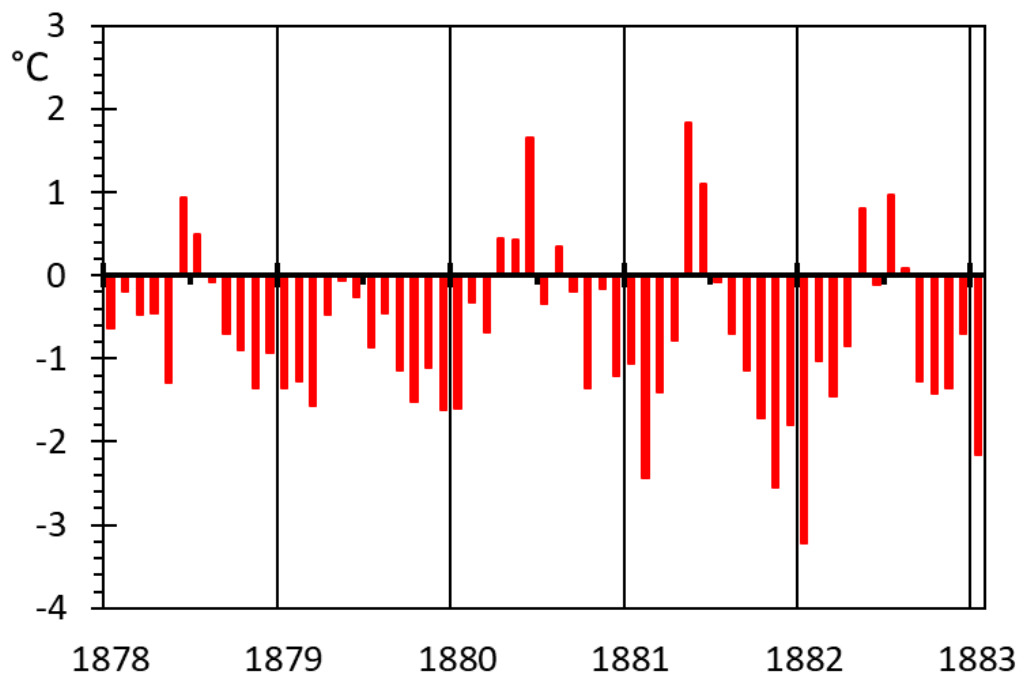
Obr. 2. Průběh měsíčních hodnot průměrných denních teplot v Brně (Mendel, modrá čára) a v Praze (Klementinum, červená čára).



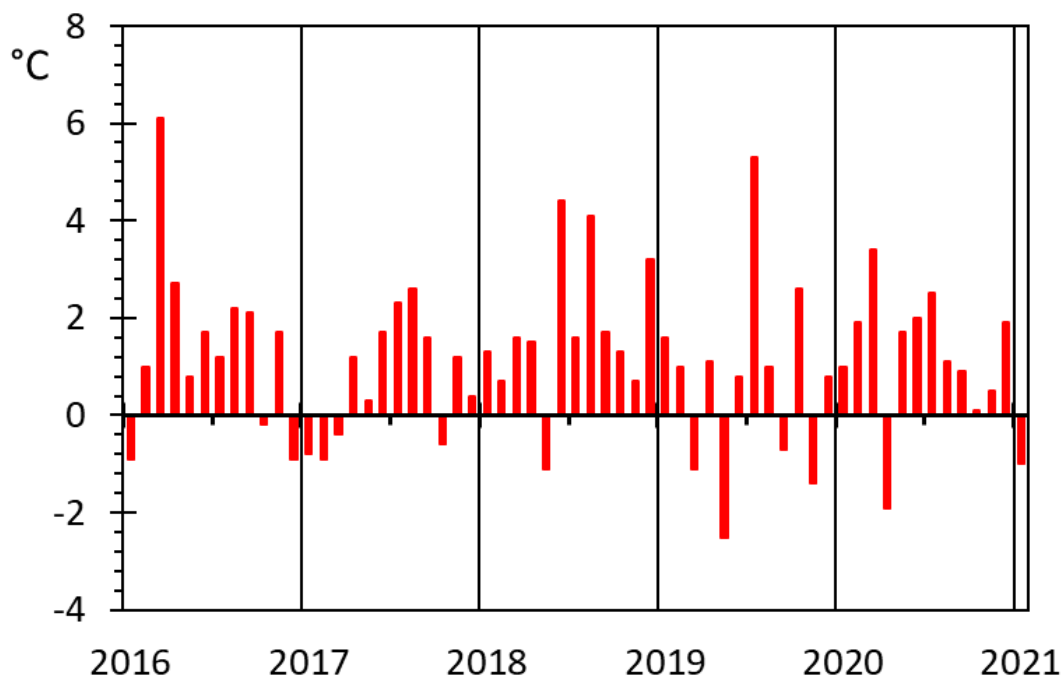
Obr. 3. Průběh rozdílů mezi průměrnými teplotami v Praze a v Brně (Praha minus Brno) 1878–1883.



Obr. 4 Průběh rozdílů mezi průměrnými denními teplotami v Praze a v Brně 2016–2021.



Obr. 5. Průběh rozdílů mezi maximálními denními teplotami v Praze a v Brně 1878–1883.



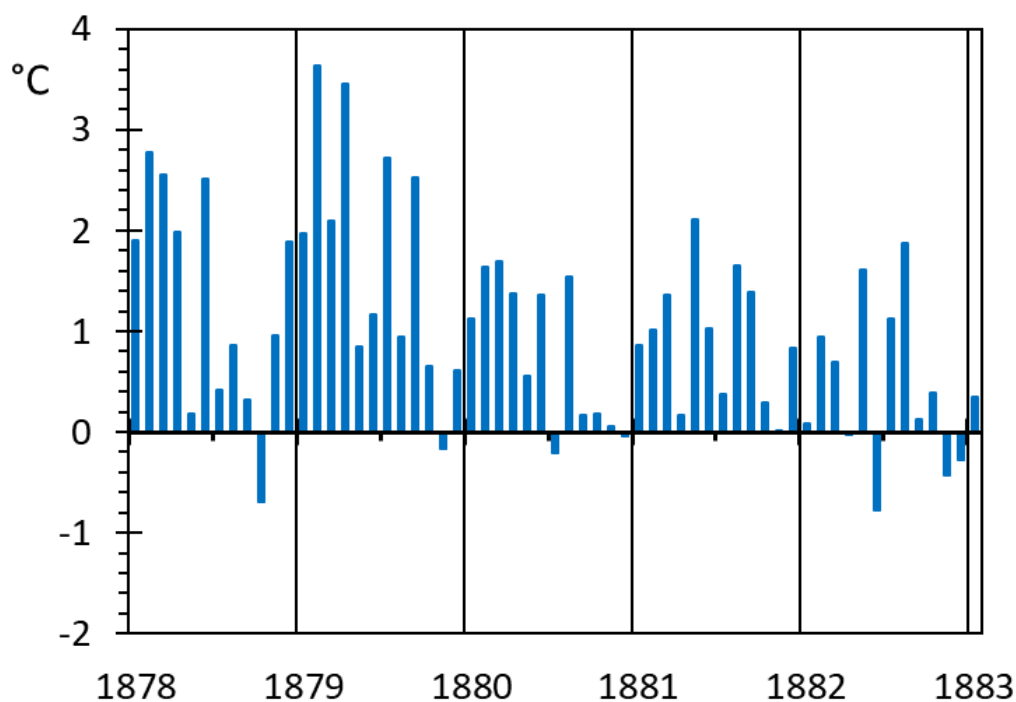
Obr. 6. Průběh rozdílů mezi průměrnými maximálními teplotami v Praze a v Brně 2016–2021.

Jiné je to pro maximální teploty (obr. 5). Zde jsou záporné hodnoty mnohem častější než kladné. Denní maxima byla tedy v Brně mnohem častěji vyšší než v Praze. A to především v létě, zatímco v zimě se zřídka vyskytl výkyv na druhou stranu.

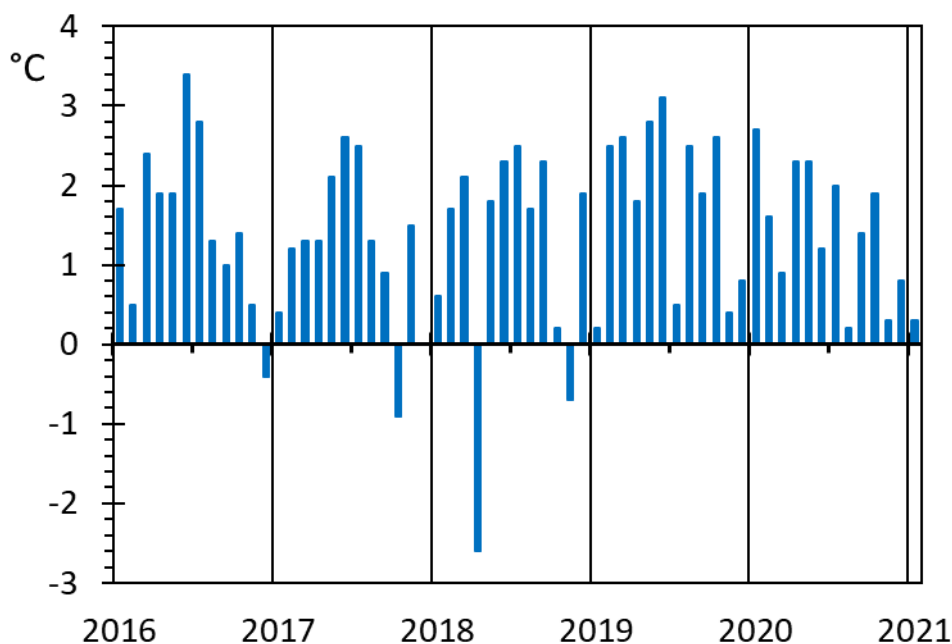
Maximální denní teplota, která byla v 19. století v Brně vyšší, je ve 21. století naopak vyšší v Praze. Stále je rozdíl větší v zimě než v létě (obr. 6). Celkově je vzrůst maximálních teplot mnohem větší než teplot průměrných, více v Praze než v Brně.

Pro minimální teploty (obr. 7) je tomu naopak: více hodnot kladných, tedy noční teploty v Brně většinou nižší. I zde platí, že větší rozdíly jsou v létě, sloupec v opačném směru se vyskytl jen ojedinelé v zimě.

Minimální denní teplota, která byla v 19. století vyšší v Praze než v Brně, zůstává taková i na začátku 21. století (obr. 8). Tím se také snížil rozdíl mezi denními teplotními amplitudami v Praze a v Brně, navíc se poněkud vytratila závislost na roční době. Vzrůst minimálních teplot je celkově mnohem menší než teplot průměrných.

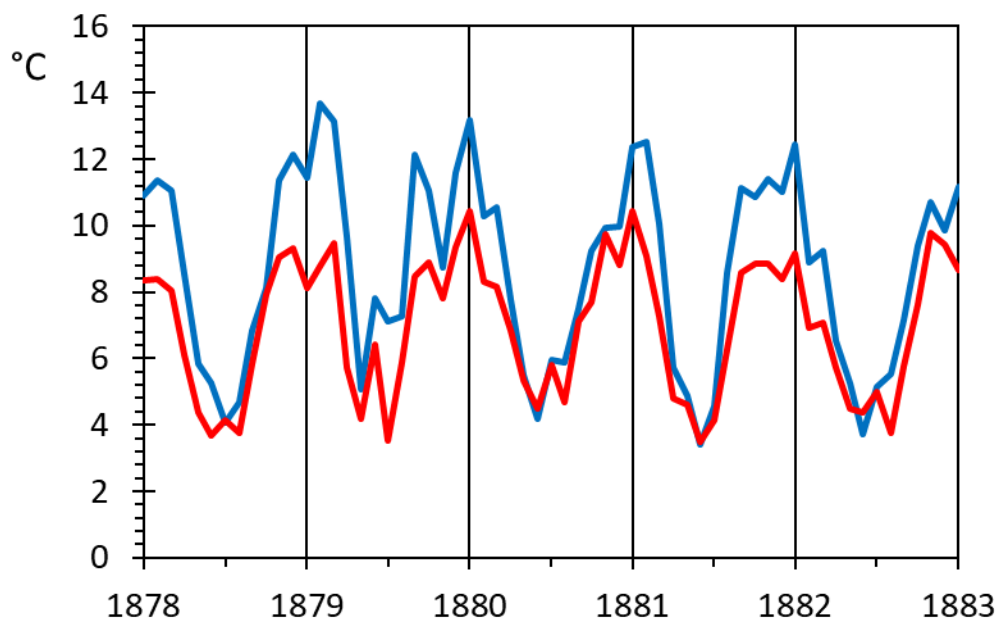


Obr. 7. Průběh rozdílů mezi minimálními denními teplotami v Praze a v Brně 1878–1883.



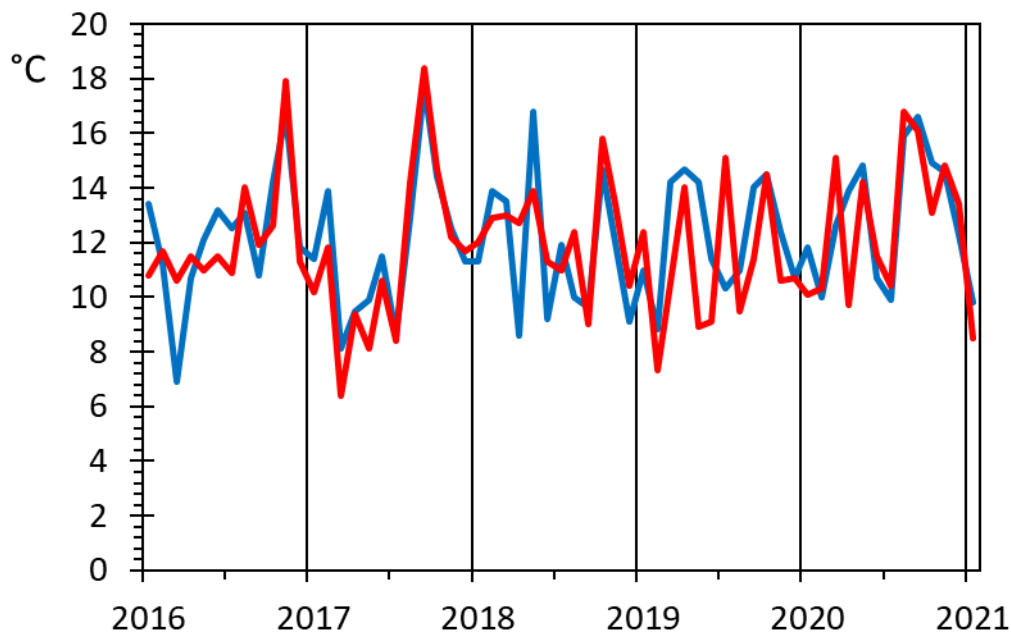
Obr. 8. Průběh rozdílů mezi minimálními denními teplotami v Praze a v Brně 2016–2021.

Tím je dána i denní teplotní amplituda (obr. 9). Ta je na obou stanicích větší v létě než v zimě, navíc je větší v Brně než v Praze. Příčinou může být poloha stanic, tj. o malinko více oceánské podnebí v Praze a také blízkost Vltavy nedaleko Klementina, která v létě ochlazuje své okolí a v zimě otepluje.



Obr. 9. Průběh rozdílů mezi maximální a minimální teplotou v Praze (červeně) a v Brně (modře) 1878–1883.

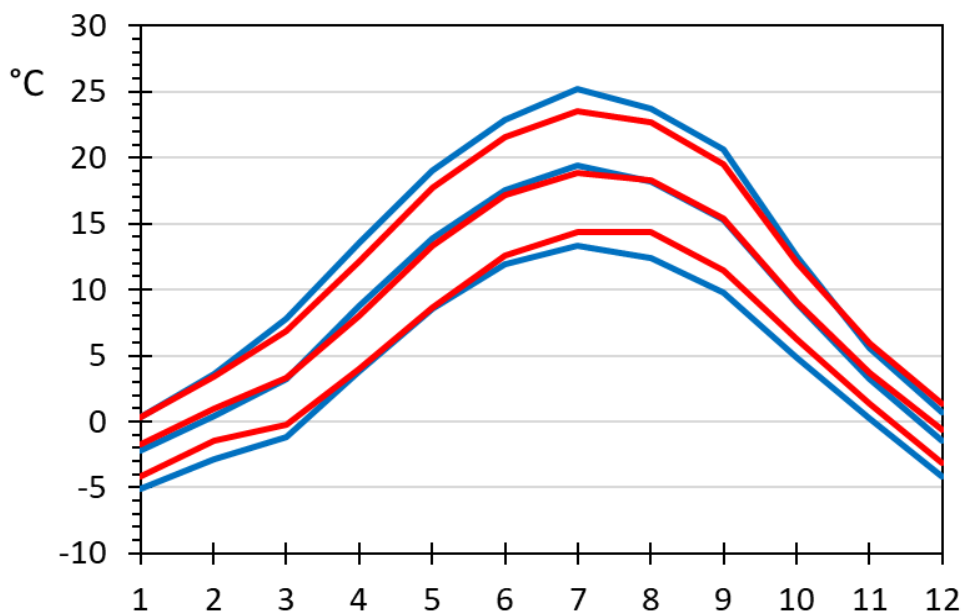
Na počátku 21. století je to však zcela jiné. Rozdíl ve velikosti denní teplotní amplitudy je skoro nulový, navíc se vytratil rozdíl mezi létem a zimou (obr. 10).



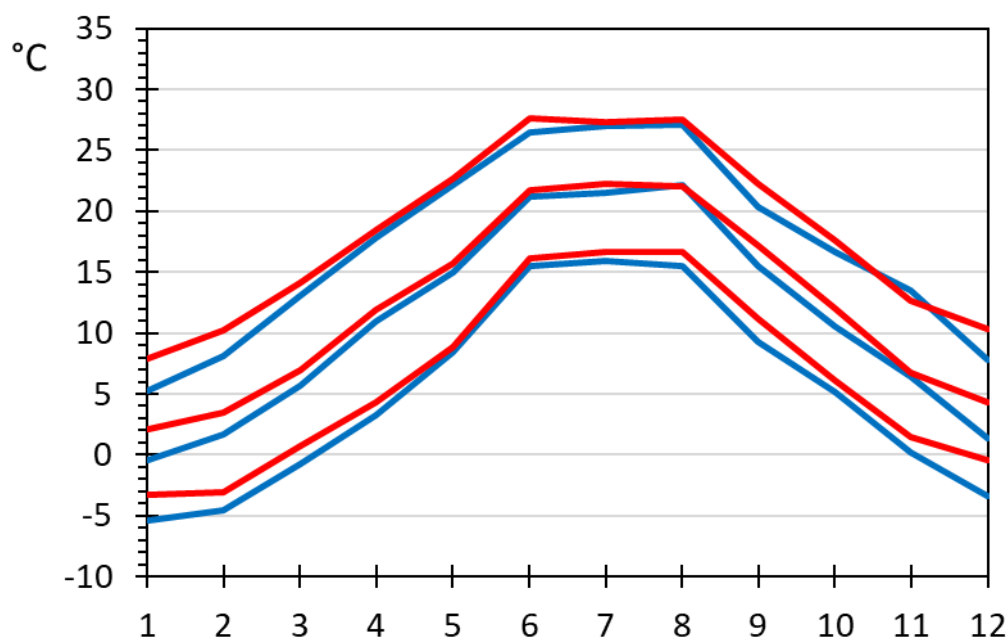
Obr. 10. Průběh rozdílů mezi maximální a minimální teplotou v Praze (červeně) a v Brně (modře) 2016–2021.

Spočítáme ještě roční průběh všech teplot na všech stanicích. K tomu účelu stačí spočítat průměrné hodnoty v každém kalendářním měsíci, tedy průměr za všechny ledny, za všechny únory atd. Vše je souhrnně uvedeno na obr. 11 pro konec 19. století. Obrázek ukazuje v podstatě všechny zákonitosti, které byly popsány výše: nepatrný rozdíl mezi průměrnými denními teplotami, vyšší maximální denní teploty v Brně a nižší minimální teploty v Brně. K tomu jasně ukazuje, že maximální teploty byly v Brně vyšší především v létě, minimální nižší po celý rok s výjimkou jara. Proto i rozdíl v průměrných teplotách, byť jen malý, se projevuje pouze na jaře.

Poněkud jiné je to v současné době, na začátku 21. století (obr. 12). Prakticky všechny teploty jsou vyšší v Praze, a to především v zimě. Naopak v létě, a zvláště na jaře jsou rozdíly mnohem menší, než jaké byly na konci 19. století. Příčinou je jistě rostoucí vliv efektu tepelného ostrova města, kdy spolu s růstem města roste počet tepelných zdrojů a tím i teplota vzduchu ve městě, především v centru, a více v zimě než v létě.



Obr. 11. Roční změna maximálních (nahore), průměrných (uprostřed) a minimálních (dole) denních teplot vzduchu v Praze (červeně) a v Brně (modře) 1878–1883.



Obr. 12. Roční změna maximálních (nahore), průměrných (uprostřed) a minimálních (dole) denních teplot vzduchu v Praze (červeně) a v Brně (modře) 2016–2021.

Zcela nakonec uvedeme číselné hodnoty všech teplot, které byly předvedeny na obrázcích. Jejich hodnoty souhlasí se vším, co bylo ukázáno na obrázcích a v textu. V tab. 1 jsou navíc uvedeny nejvyšší hodnoty denních maximálních teplot a nejnižší hodnoty minimálních teplot (tzv. rekordy) za příslušné období. Jejich výše odpovídá průměrům maximálních a minimálních teplot vzduchu. Supertropické dny se občas vyskytly i v 19. století. Dále v tab. 2 jsou uvedeny hodnoty maximálních a minimálních teplot a denní teplotní amplitudy zvláště pro léto a zimu. Také tyto potvrzují vše, co bylo ukázáno na obrázcích a v textu.



Tabulka 1. Průměrné hodnoty teplot vzduchu za období 1878–1883 a 2016–2021 celoroční.

	Teplota Průměrná	Teplota maximální	Teplota Minimální	Rozdíl Tmax-Tmin	Maximum T-max	Minimum T-min
1878–1883						
Mendel	8,97	13,19	4,48	8,71	35,40	-26,70
Klementinum	9,01	12,49	5,50	6,99	33,40	-20,10
Rozdíl Klem-Mend	0,04	-0,70	1,02	-1,72		
2016–2021						
Žabovřesky	11,05	17,22	5,03	12,19	36,50	-15,80
Klementinum	12,37	18,37	6,44	11,93	37,70	-12,30
Rozdíl Klem-Žab	1,32	1,15	1,41	-0,26		
Změna 2016–21 oproti 1878–83						
Brno	2,08	4,03	0,55	3,48		
Klementinum	3,36	5,88	0,94	4,94		
Rozdíl Praha-Brno	1,28	1,85	0,39	1,46		

Tabulka 2. Průměrné hodnoty teplot vzduchu za období 1878–1883 a 2016–2021 v létě a v zimě.

	Teplota maximální léto	Teplota maximální zima	Teplota minimální léto	Teplota minimální zima	Rozdíl Tmax-Tmin léto	Rozdíl Tmax-Tmin zima
1878–1883						
Mendel	23,92	1,53	12,53	-4,02	11,39	5,55
Klementinum	22,60	1,71	13,75	-2,91	8,85	4,62
Rozdíl Klem-Mend	-1,32	0,18	1,22	1,11	-2,54	-0,93
2016–2021						
Žabovřesky	26,87	7,04	15,62	-4,41	11,25	11,44
Klementinum	27,46	9,50	16,48	-2,28	10,99	11,78
Rozdíl Klem-Žab	0,59	2,46	0,86	2,13	-0,26	0,34
Změna 2016–21 oproti 1878–83						
Brno	2,95	5,51	3,09	-0,39	-0,14	5,89
Klementinum	4,86	7,79	2,73	0,63	2,14	7,16
Rozdíl Praha-Brno	1,91	2,28	-0,36	1,02	2,28	1,27

#### 4. Závěr

Porovnáním Mendelova měření teploty vzduchu s měřením v pražském Klementinu ve stejnou dobu jsme stanovili rozdíly v teplotách mezi Brnem a Prahou na konci 19. století. Zatímco průměrné denní teploty v Brně a v Praze se (možná překvapivě) navzájem téměř neliší, denní maximální teploty jsou v Brně vyšší než v Praze, naopak denní minimální teploty jsou v Brně nižší. Tyto rozdíly jsou větší v létě než v zimě. V Brně je tedy větší denní teplotní amplituda, opět větší v létě. Příčinou může být vliv okolí stanice: zatímco v Praze probíhalo (a stále probíhá) měření uvnitř městské zástavby, v Brně probíhalo na zahradě kláštera, prakticky mimo město. V zastavěném prostoru se vzduch během dne tolik neprohřeje jako někde mimo město, zvláště v létě, a v noci zase tolik neprochladne. Toto porovnání jsme zopakovali pro data ze současnosti. U všech teplot se samozřejmě projevuje vliv globálního oteplení, tedy teploty jsou obecně vyšší. Ne

však všechny a všude stejně. Průměrné denní teploty jsou v Praze vyšší než v Brně, na rozdíl od 19. století. Maximální denní teploty jsou v Praze též vyšší než v Brně, na rozdíl od 19. století, především v zimě. Minimální denní teploty jsou v Praze stále vyšší než v Brně, rozdíl je však v létě menší a v zimě větší, než jaký byl na konci 19. století. Tím se změnila denní teplotní amplituda, která je celkově mnohem větší v zimě, právě díky zvýšení maximální teploty. Rozdíl mezi Prahou a Brnem podstatně klesl, v zimě je dokonce amplituda o něco větší v Praze, rozdíl je však malý. Tím se dostáváme k problematice městského tepelného ostrova. Působením různých zdrojů tepla ve městě a menšími možnostmi chlazení je teplota ve městě vyšší než v jeho okolí. S růstem měst roste vliv tepelného ostrova. Tento efekt je větší ve větších městech a je patrný nejvíce v centru, v Praze tedy v Klementinu, směrem k okraji města klesá, což je případ brněnských stanic. Kromě toho se v průběhu času mění podmínky v bezprostředním okolí stanice, a to se pak odráží ve změně za cca 140 let. Celá problematika městského tepelného ostrova si však žádá samostatnou studii.

### Literatura:

BERANOVÁ, R., HUTH, R. (2003): Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek. *Meteorologické zprávy*, č. 5, s. 137–142

DOBROVOLNÝ, P. et al., 2012: Klima Brna: Víceúrovňová analýza městského klimatu. 1. vyd. Masarykova univerzita, Brno 200 s.

HANSEN J., SATO M., Greenhouse gas growth rates. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2004, 101, 16109-16114.

HLAVÁČ, V.: Několik úvah o posuzování stupně abnormality v sekulárním průběhu měsíčních a ročních průměrů teploty různými kritérii a jak se tyto abnormality projeví ve 191leté řadě teplotních pozorování v Praze-Klementinu. HMÚ Praha, 1968, 1. vydání, 144 stran, Sborník prací, svazek 9

LITSCHMANN, T., ROŽNOVSKÝ, J., 2009. The incidence of heat index levels in urban areas of Brno. In: Sustainable development and bioclimate: Reviewed Conference Proceedings, Eds. Pribullová and Bičarová. Geophysical Institute of the Slovak Academy of Science and Slovak Bioclimatological Society of the Slovak Academy of Science, Stará Lesná, pp. 205–206. ISBN 978-80900450-1-9.

OKE, T. R. (2006): Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and Applied Climatology*, **84**, č. 1–3, s. 179–190.

PETROVIČ, Š., 1979: Klíma a bioklíma Bratislavy. VEDA, Bratislava, 272 s.

PFISTER C., Monthly temperature and precipitation patterns in Central Europe from 1525 to the present. A methodology for quantifying man made evidence on weather and climate. In: Bradley R.S., Jones P.D. (eds.): *Climate since 1500 A.D.*, 1992, 118–143.

ROŽNOVSKÝ Jaroslav. G. J. Mendel's meteorological observations. In: ROŽNOVSKÝ Jaroslav and Tomáš LITSCHMANN, eds. *Mendel and Bioclimatology. Conference proceeding Brno Sep 3<sup>rd</sup>–5<sup>th</sup>, 2014*. [CD]. Brno: Masaryk University, 2014, s. 373–381. ISBN 978-80-210-6983-1.

SEYDL, O.: Meteorologie na pražské hvězdárně v Praze-Klementinu (1752–1940). Hydrometeorologický ústav Praha, 1963, 1. vydání, 62 stran, Sborník prací, svazek 1.

STŘEŠTÍK J., ROŽNOVSKÝ J., ŠTĚPÁNEK P., ZAHRADNÍČEK P., Increase of annual and seasonal air temperatures in the Czech Republic during 1961–2010. In: Rožnovský J., Litschmann T. (eds.): *Mendel and Bioclimatology. Conference proceedings, Brno, 3rd-5rd Sep. 2014*[CD-ROM]. Brno: 2014. ISBN 978-80-210-6983-1.

**Klíčová slova:** městské klima, tepelný ostrov města, změna klimatu, extrémní teploty vzduchu

# **Gregor Johann Mendel – meteorolog**

Sborník příspěvků z mezinárodní konference

Foto na obálce: Jiří Salík Sláma

Vydalo nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, Praha 2022

1. Vydání, 90. stran

Publikace neprošla jazykovou úpravou, za obsah příspěvků odpovídají autoři

ISBN 978-80-7653-043-0