# ROLE ZASTAVĚNÝCH OBLASTÍ NA PROUDĚNÍ VĚTRU, SRÁŽKY A SRÁŽKOVÝ STÍN V PŘÍPADĚ AGLOMERACE BRNO - MĚSTO A JEHO OKOLÍ

*Jindřich Kynický [1], Radka Bartošová [2], Jaroslav Rožnovský [3], Jitka Novotná [4], Hana Cihlářová [5], Martin Brtnický [6]*

**Abstrakt**

Dlouhodobé problémy srážkového stínu v přímém i vzdálenějším okolí jižně od Brna jsou vážným tématem, které jsme se rozhodli podrobit studiu se zaměřením na možné příčiny snížení srážek v dané oblasti a celkový vývoj v průběhu minulého století. Naše výsledky a statistická šetření srážkového stínu v přímém i vzdálenějším okolí jižně od Brna dokazují výrazně zvýšené tření vzduchu v rámci zástavby intravilánu Brna a to až o 50 % ve srovnání s otevřenými přiléhajícími oblastmi. Stresové podmínky proudění vzduchu a povrchové napětí na návětrné straně Brna má jednoznačně vliv na rychlý pokles proudění větru. Navíc studium směru proudění větru ukazuje, že v městských částech Brna je proudění vzduchu výrazně provázáno se stoupajícími proudy vzduchu ve vztahu s teplými zastavěnými plochami obytných čtvrtí a průmyslových zón. Zvýšené množství srážek (až o 30 %) na návětrné straně Brna (hranice Moravského krasu a Líšně) je statisticky zdokumentováno a naproti tomu pokles množství srážek (běžně až o 25 %) do 50 km na závětrné straně Brna je doložitelný se zvyšujícím trendem v druhé polovině 20. a na počátku 21. století.

**Klíčová slova**: srážkový stín, množství srážek, ohřívání městských sídelních oblastí, Brno - město

## 1. Úvod

Výzkum dlouhodobých změn klimatu v globálním měřítku je v posledních desetiletích stále důležitějším tématem. Nicméně velmi důležitým a novým atraktivním směrem je i studium lokálních problémů interakce člověk-krajina-klima-voda, který se dostává do popředí zájmů nejen krajinně - ekologického výzkumu. Zatímco v České republice představuje hodnocení vlivu zástavby velkých měst nový směr a významné téma, v zahraniční literatuře je vliv tepelných ostrovů na srážky v okolní krajině diskutován již několik let. V odborné literatuře již najdeme pojmy „městské klima“ nebo „klimatologie měst“. Jde o obor klimatologie, který se významně rozvíjí asi od poloviny minulého století [1; 2]. Studium městského klimatu je zaměřeno hlavně na procesy v mezní vrstvě atmosféry měst, v mikroklimatu – zvláště radiační a energetickou bilanci. Z hlediska energetické bilance, ale i dynamiky mezní vrstvy atmosféry hraje významnou roli skladba materiálů a jejich rozsah, např. vozovky, střechy domů, parkoviště a zelené plochy. Právě zelené plochy postupně při rozvoji měst ustupují. Významnou roli však hrají i budovy, pokud tvoří bloky budov, potom se v ulicích projevuje tzv. městský kaňon, ovlivňující i proudění vzduchu. Klima měst je však měněno i znečištěním ovzduší, kde v posledních desetiletích hraje významnou roli automobilová doprava. Velký význam má i odvádění srážkových vod z intravilánů měst. Je nutné zdůraznit, že růst měst neznamená jen změnu jejich klimatu, ale také ovlivnění okolní krajiny. Dochází k dílčím změnám i v proudění vzduchu, výskytu srážek apod. S ohledem na rozlohu města Brna jsou vyjádřeny rozdíly v hodnotách klimatických prvků, např. průměrných ročních úhrnů srážek apod. i na mapách v Atlasu podnebí Česka [3].

Abychom zjistili a pochopili chování obdobných systémů v České republice a měli možnost statistického srovnání s vývojem v zahraničí, rozhodli jsme se pro tento nový směr výzkumu. Důvodem je také lokální potřeba poznání reakcí krajiny na probíhající mezoklimatické a mikroklimatické tlaky v průběhu 20. století a zejména pak jeho druhé poloviny, jež bylo na události a plochu výstavby velkých měst nejdůležitější. Tento příspěvek si klade za cíl

alespoň malé doplnění daného tématu v české odborné literatuře, kde jsou do dnešních dnů dostupné pouze zmínky o trendech teplot v rámci tepelného ostrovu Prahy [4; 5]. Dalším faktorem umožňujícím tuto studii je dostupnost unikátních datových podkladů.

Pohled do minulosti na vývoj krajiny konkrétního regionu může obohatit naše vidění současného stavu krajiny v dané oblasti a poskytnout určité podklady i pro predikci reakcí krajiny na určitý dlouhodobý vývoj.

## 2. Fyzickogeografické poměry studovaného území

Zájmové území je situováno na pomezí Českého masívu a Vnějších Západních Karpat mezi 48°51' s. š., 16°03' v. d. a 49°17' s. š., 17°00'. Reprezentují ho celky Bobravské vrchoviny, Dyjsko-svrateckého úvalu, jižních částí Drahanské vrchoviny (Hádecké planinky, Adamovské a Konické vrchoviny) a Boskovické brázdy. Pozice jednotlivých měřících stanic ČHMÚ se nachází v nadmořských výškách 230 – 350 m n.m. (Obr. 1), pozice stanic v městě Brně měřených Brněnskými vodárnami a kanalizacemi se nachází v nadmořských výškách 195 – 353 m n.m. Klimaticky vymezené území nejvíce vystihuje oblast mírně teplá (MT) 11. Ostatní oblasti (MT 10, MT 9, T 2) jsou zaujaty jen okrajově [6]. Nejteplejší a nejsušší jsou jihovýchodní části Dyjsko-svrateckého úvalu. Ve vyšších polohách se projevuje mírný srážkový stín Českomoravské vysočiny (Náměšť n. O. 7,7 °C; 594 mm; Tišnov 8,0 °C; 579 mm; Sloup 7,7 °C; 641 mm; Drahany 6,2 °C; 649 mm). V kolinních polohách se teploty pohybují mezi 8,7 – 7,5 °C, zatímco srážky dosahují 490 – 620 mm. V submontánních polohách teploty dosahují 7,8 – 6,5 °C, srážky dosahují 540 – 660 mm. Údaje z vybraných měřících stanic jsou shrnuty v Tab. 1 a 2 (BVK, 2009).

Většina území patří do mírně teplé oblasti MT 11, úvaly patří do teplé oblasti T 2 [7]. Srážky se pohybují mezi 500 až 600 mm [3]. Ve sníženinách převládají černozemě a hnědozemě. Na hřbetech převládají kambizemě, na strmých skalnatých svazích se vyskytují rankery, litozemě. Na vápencích se vyskytují rendziny. V tomto území převládá dubobukový vegetační stupeň. Nejvyšší polohy spadají do bukového stupně [7]. Reliktní postglaciální biota v prostoru Drahanské vrchoviny, předhoří Českomoravské vysočiny nebo Bobravské vrchoviny zůstala ojediněle zachována ve formě reliktních skalních borů [8]. Jejich výskyt je spjat zejména s exponovanými lokalitami bez možnosti kontinuálního vývoje půd ve zlomových říčních údolích.




Obr. 1: Pozice klimatologických stanic ČHMÚ ve výřezu mapy ČR na území města Brna [9]

Zájmovým územím prochází hranice dvou význačných středoevropských biogeografických podprovincií. Kolinní až submontánní polohy Českého masívu zastupují společenstva Hercynské podprovincie, úvalové oblasti v jihovýchodní části území jsou součástí Severopanonské podprovincie. Na tomto území je rozlišováno pět bioregionů s pestrou mozaikou potenciálních přírodních biocenóz. Dochází zde k přesahu karpatských geoelementů na území Českého masívu.

Tab. 1: Seznam srážkoměrných stanic umístěných na území města Brna a měřených Brněnskými vodárnami a kanalizacemi.

| ID | Jméno stanice | Přístroj | GAUSS1 | GAUSS2 | Zem. šířka | Zem. délka | Nadm. výška |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01RE | VDJ Řečkovice | MR2 | 3615020 | 5459340 | 49.2557 | 16.5796 | 319.00 |
| 02PA | VDJ Palackého vrch | MR3H-F | 3614558 | 5455920 | 49.2251 | 16.5723 | 291.00 |
| 03LE | VDJ Lesná | MR2 | 3618647 | 5457453 | 49.2381 | 16.6289 | 328.00 |
| 04PI | BVK Pisárky | MR2 | 3614491 | 5452397 | 49.1934 | 16.5704 | 214.00 |
| 05VS | TZ Brno | MR2 | 3616621 | 5450788 | 49.1785 | 16.5991 | 216.00 |
| 06BO | ZŠ Bohunice | MR2 | 3613516 | 5449387 | 49.1665 | 16.5562 | 230.00 |
| 07KH | VDJ Kraví Hora | MR2 | 3615644 | 5453413 | 49.2023 | 16.5865 | 276.00 |
| 08MZ | MZLU | MR2 | 3617761 | 5454457 | 49.2113 | 16.6158 | 230.00 |
| 09EL | MŠ Elišky Krásnohorské | MR2 | 3619112 | 5451856 | 49.1877 | 16.6336 | 200.00 |
| 10LI | VDJ Líšeň | MR2 | 3622827 | 5455019 | 49.2154 | 16.6855 | 353.00 |
| 11JU | VDJ Bílá Hora | MR2 | 3620957 | 5452793 | 49.1957 | 16.6592 | 256.00 |
| 12SL | Slatina | MR2 | 3622873 | 5450010 | 49.1703 | 16.6846 | 250.00 |
| 13MO | VDJ Moravany | MR2 | 3615969 | 5448116 | 49.1546 | 16.5894 | 256.00 |
| 14KR | BVK-OK Královka | MR2 | 3619297 | 5449047 | 49.1624 | 16.6353 | 195.00 |

Pozn. Základní data pro zpracování poskytly Brněnské vodárny a kanalizace.

## 3. Metodika

V průběhu přípravy článku jsme se pokusili shromáždit co nejdetailnější informace o daném území. Za tímto účelem byly shromážděny dostupné podklady zejména z druhé poloviny 20. a počátku 21. století a řešené území bylo studováno z mnoha aspektů a ve dvou úrovních lokální a regionální. Pro účely studie byla v zájmové oblasti vymezena modelová území měřících stanic, která mají ucelenou a nepřerušenou řadu měření minimálně za posledních 50 let - podklady pro zpracování studie tvořily zejména číselná data z období 1960-2010. Doplňujícím materiálem pak byla data popisná (textová, obrazová a tabelární) poskytnutá brněnskou pobočkou ČHMU, Brněnskými vodárnami a kanalizacemi (BVK) a společností GeotestBrno, a.s. Menší část dat u posledních 7 let měřili autoři osobně. Data byla zpracována na UGP LDF Mendelu v Brně a ČHMU v Brně.

## 4. Výsledky a diskuse

Důkladnou zprávu o stavu a vývoji klimatu ČR podává v širším regionálním měřítku již Třetí národní sdělení České republiky [10]. Teplota a atmosférické srážky jsou hlavní činitelé, ostatní prvky pak dokreslují celkové klima. V obdobném pojetí jsou předloženy níže diskutované výsledky v detailnějším měřítku pro Brno a jeho okolí.

### 4.1 Teplotní podmínky na území České republiky se zaměřením na okres Brno město

Průměrná roční teplota se pohybuje na území ČR v závislosti na geografických faktorech od 1,0 po 9,4 °C , průměrné teploty jarní sezóny leží v mezích -0,1 až 9,6 °C, letní sezóny v rozmezí 8,8 až 18,5 °C. Průměrné teploty podzimní sezóny se pohybují od 2,0 do 9,6 °C a zimní od -6,8 do 0,2 °C. Nejnižší teplotní průměry se vyskytují v horských oblastech na

severní, východní a jihozápadní hranici území. Naopak nejteplejší oblasti jsou v nadmořských výškách blízko 200 m m.n. (nížiny jižně od Brna a Polabí). Zde u průměrných ročních teplot a průměrných teplot jarní a podzimní sezóny plošně převládají teploty kolem 9 – 10 °C, u letní sezóny hodnoty 19 – 22 °C a u zimní sezóny průměrná teplota –1 °C. Specifickou oblastí je území aglomerace Brno město, jejíž tepelný ostrov zvyšuje průměrnou roční teplotu o 1–2 °C nad hodnoty odpovídající její geografické poloze. Lokální teplotní poměry závisí výrazně na konkrétní nadmořské výšce a na místních geomorfologických poměrech, zejména na expozici terénu.

Prostorovou proměnlivost teploty lze nejlépe vyjádřit jako lineární regresní závislost na nadmořské výšce a jedné nebo obou geografických souřadnicích. Všechny regresní závislosti jsou statisticky významné. Roční chod teploty vzduch na území ČR má tvar jednoduché vlny s minimem v lednu a maximem v červenci.

Zpracování teplotních trendů v období 1961 – 2010 ukázalo, že vyjádříme-li chování teplotních řad v období 1961 – 1990 lineárním regresním modelem, pak většina sledovaných českých stanic zaznamenala v tomto období růst ročních průměrů teploty, který v průměru představuje 0,23 °C/10 let. Na cca 18 % stanic lze tento růst teploty považovat za statisticky významný na hladině významnosti d = 0,05. Koeficienty determinace K2 jsou naopak velmi nízké u 15 % stanic – kde je K2 větší než 0,1 a pouze na třech přesahuje hodnotu 0,2.

Od roku 1990 je podle územních průměrů nejteplejším obdobím v historii ČR a citelně se projevuje právě na jižní Moravě s meziroční eskalací v rámci tepelného ostrova města Brna. Výrazné prohřátí aglomerace je patrné jak v teplé tak v chladné polovině roku, průměrné teploty zimního období překonávají všechna předcházející desetiletí s odstupem cca 1-2 °C a v letním období dokonce ještě dvakrát více.

### 4.2 Srážkové poměry na území České republiky se zaměřením na okres Brno město

Atmosférické srážky patří k nejproměnlivějším klimatickým prvkům. Rozhodujícími činiteli pro srážkové poměry ČR jsou především geografická poloha místa vůči proudění přinášejícímu vláhu a četnost výskytu povětrnostních situací, při nichž vypadne větší množství srážek. Vydatné srážky se u nás vyskytují především při výskytu tlakových níží nad střední Evropou a při brázdách nad střední Evropou, naopak v letním období se poslední desetiletí často projevuje vliv výběžku azorské tlakové výše, který zpravidla znamená delší suché období.

Obecně srážkami nejchudší oblastí je závětří Krušných hor (okolí měst Most, Chomutov, Kadaň a Žatec) a dále pás táhnoucí se podél řeky Ohře na severovýchod a úzký pás na jižní Moravě podél řeky Dyje. Průměrný roční úhrn srážek v těchto regionech dosahuje hodnot pod 450 mm.

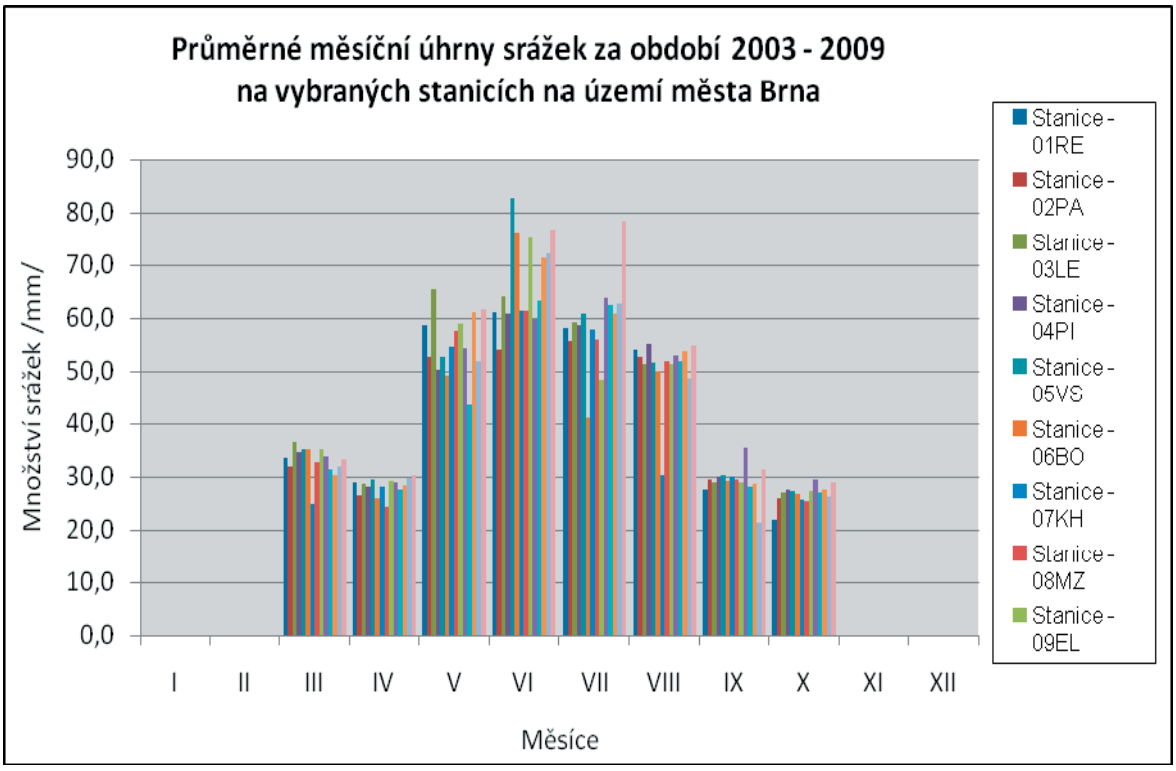
Hodnoty naměřené za posledních 50 let pro širší okolí brněnské aglomerace jasně naznačují jak velká je proměnlivost srážek nejen obecně na území ČR, ale i v rámci dílčích regionů. Roční chod srážek typický pro klima širšího okolí Brna v dřívějších obdobích, kdy míval tvar jednoduché vlny s maximem v červenci a minimem v únoru nebo v lednu se v průměrných úhrnech za sledované období 50 let výrazně utlumuje a diferencuje. Roční chod má jedno nebo dvě maxima v letních měsících (červen nebo srpen) a v posledních letech navíc lokální maximum pro Brno na přelomu květen/červen a listopad/prosinec. Z dlouhodobého pohledu celkové srážkové úhrny vykazují v posledních desetiletích pokles, který se nejvíce projevil v nejteplejší nížinné oblasti jižní Moravy, kde však kulminují i extrémní lokální srážkové úhrny, které se projevily i opakovaným výskytem povodní zejména v posledních 20 letech.

Z obr. 2 i 3 je patrný významný rozdíl v měřených úhrnech srážek na jednotlivých stanicích v rámci intravilánu města. Rozdíly jsou zvýrazněny především v obdobích (červen, červenec), kdy se významně uplatňuje efekt města jako tepelného ostrova.

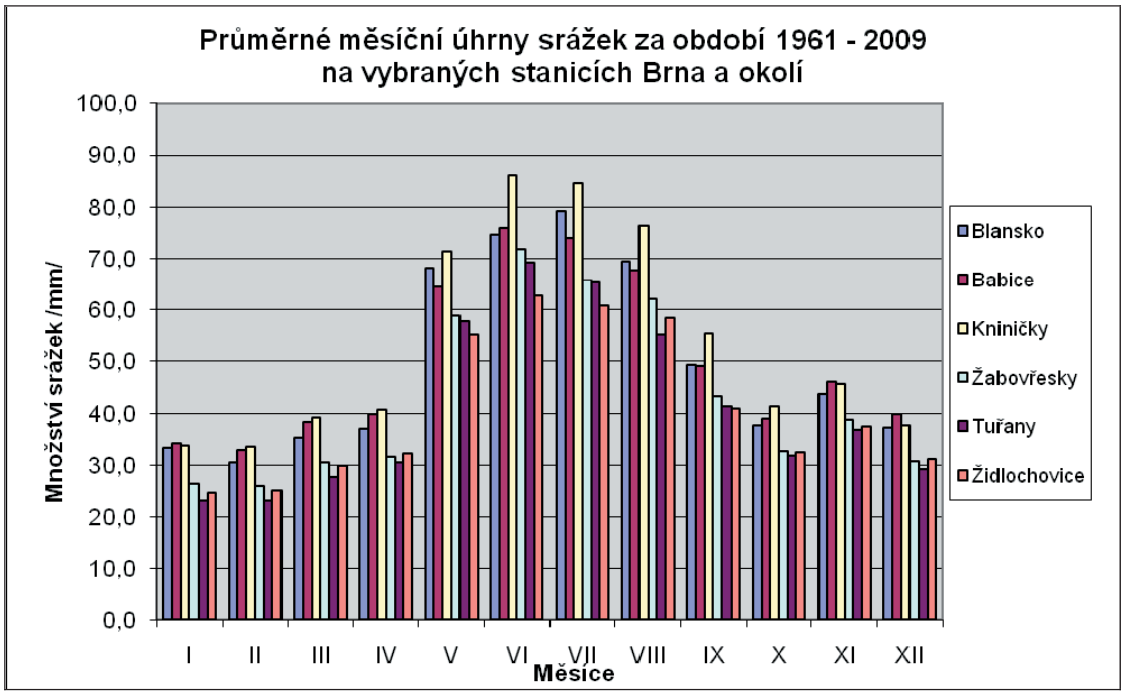
Tab. 2: Přehled srážkoměrných stanic na území města Brna s průměrnými měsíčními srážkami v měřených měsících od března do října za období let 2003 – 2009

| | Stanice | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | VDJ Řečkovice | 33,5 | 28,9 | 58,6 | 61,0 | 58,0 | 54,0 | 27,5 | 22,0 |
| 2 | VDJ Palackého vrch | 32,0 | 26,4 | 52,8 | 54,2 | 55,7 | 52,6 | 29,6 | 26,1 |
| 3 | VDJ Lesná | 36,5 | 28,7 | 65,4 | 64,0 | 59,3 | 51,4 | 29,0 | 27,0 |
| 4 | BKV Pisárky | 34,5 | 28,2 | 50,2 | 60,8 | 58,8 | 55,2 | 30,0 | 27,5 |
| 5 | TZ Brno | 35,1 | 29,4 | 52,6 | 82,8 | 60,7 | 51,6 | 30,3 | 27,3 |
| 6 | ZŠ Bohunice | 35,2 | 26,1 | 49,3 | 76,2 | 41,1 | 50,1 | 29,1 | 26,9 |
| 7 | VDJ Kraví Hora | 24,8 | 28,1 | 54,6 | 61,4 | 57,9 | 30,3 | 29,9 | 25,8 |
| 8 | MZLU | 32,7 | 24,4 | 57,7 | 61,3 | 56,1 | 51,8 | 29,4 | 25,5 |
| 9 | MŠ Elišky Krásnohorské | 35,1 | 29,1 | 58,9 | 75,3 | 48,3 | 51,4 | 28,9 | 27,4 |
| 10 | VDJ Líšeň | 33,9 | 28,9 | 54,3 | 59,8 | 63,7 | 53,0 | 35,3 | 29,5 |
| 11 | VDJ Bílá Hora | 31,3 | 27,5 | 43,6 | 63,2 | 62,4 | 51,9 | 28,0 | 27,1 |
| 12 | Slatina | 30,2 | 28,3 | 61,1 | 71,4 | 60,8 | 53,8 | 28,6 | 27,5 |
| 13 | VDJ Moravany | 31,9 | 29,7 | 51,9 | 72,3 | 62,6 | 48,8 | 21,4 | 26,3 |
| 14 | BVK-OK Královka | 33,2 | 30,2 | 61,6 | 76,7 | 78,4 | 54,8 | 31,3 | 28,9 |

Pozn. Srážkové údaje jsou uvedeny v mm za období 2003-2009. Základní data pro zpracování poskytly Brněnské vodovody a kanalizace.




Obr. 2: Průměrné měsíční úhrny srážek za období 2003 – 2009 na vybraných stanicích




Obr. 3: Průměrné měsíční úhrny srážek za období 1961 – 2009

### 4.3 Další klimatické prvky

Z dalších klimatických prvků je důležité trvání slunečního svitu a průměrná rychlost větru. Podobně jako na většině území ČR, i v případě Brna a jižní Moravy převládají četnosti směrů větru se západní složkou. Menší oblasti na východě a severu mají převládající četnost v jižním nebo severním sektoru a jen malé oblasti lze považovat za místa bez výrazně převládajícího směru větru. Rychlost větru je značně podmíněna a závisí zejména na lokálních geografických podmínkách. Obecně je v případě Brna vyšší ve vyšších nadmořských výškách severní části Brna přiléhající k Moravskému krasu a Drahanské vrchovině. Mnohaletý rozbor větroměrných dat pro stanice v okolí Brna ukázal, že trend v rychlosti větru v období 1960 – 2010 nelze jednoznačně prokázat, i když v časových řadách rychlostí větru většiny stanic v daném období lze najít statisticky významné trendy.

## 5. Závěr

Zabýváme-li se časovým vývojem konkrétního fenoménu jako například vývoj srážek v minulosti na základě dostupných pramenů různého stupně věrohodnosti, veškeré zobecňující závěry je nutno brát s rezervou. V případě řešeného území k tomu přistupuje i fakt, že se jedná o území relativně velké, a nutnost značného zobecnění sebou nese i zvýšené riziko chyby. Shrneme-li tedy informace, které jsme získali z jednotlivých podkladů, je možno konstatovat, že území katastru Brno město, které bylo v minulosti využíváno velmi cíleně k výstavbě sídlišť, průmyslových zón, obchodních center a podobně, a jeho potenciál daný přírodními predispozicemi, byl člověkem značně ovlivněn. Naše výsledky a závěry, ať již získané přepočtem přesných údajů či kvalifikovaným odhadem, poukazují na relativně jasně danou závislost zvyšování srážek v severních okrajových oblastech aglomerace a úbytek jižně od těchto hranic s působením tepelného ostrova města Brna. Právě zvýšené teploty zástavby a stoupání teplejšího vzduchu podmiňují vypadávání maximálních objemů srážek v okrajových částech města. Můžeme tedy shrnout, že antropogenní ovlivnění a vývoj městské zástavby Brna vede k postupné destrukci ve smyslu nevratného poškození řady významných přírodních fenoménů a to zejména ve spojitosti s rychlou novodobou zástavbou a výrazným růstem plochy tepelného ostrova města Brna v průběhu 20. a 21. století a zejména pak s výstavbou rozsáhlých betonových a živičných ploch od konce 60. let 20. století.

**Poděkování**.

Tento článek prezentuje výsledky spolupráce řešitelů a lektorů ESF projektu "Vzdělávání a týmová spolupráce v oblastech regenerace krajiny intenzivně narušené lidskou činností", CZ.1.07/2.3.00/09.0090. Autoři vyslovují poděkování zejména pobočce ČHMU v Brně, společnosti Geotest, a.s. a jmenovitě Ing. Habrovi z Brněnských vodáren a kanalizací za pomoc s ucelením získaných a naměřených souborů dat.

## Literatura

[1] QUITT, E., 1957. Klima města Brna. Brněnská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno. 253 s.

[2] LANDSBERG, H. E., 1981. The urban climate. New York, Academic Press, New York. 275 p. ISBN 0124359604.

[3] TOLASZ et al., 2007. Atlas podnebí Česka. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci. 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (CHMI), 978-80-244-1626-7 (UP).

[4] BRÁZDIL, R. – BUDÍKOVÁ, M., 1999. An urban bias in air temperature fluctuations at the Klementinum, Prague, the Czech Republic. Atmospheric Environment 33 (24-25): 4211 – 4217.

[5] BERANOVÁ, R., 2002. Pražský tepelný ostrov: intenzita a dlouhodobé změny za různých synoptických podmínek, [Diplomová práce], MFF UK, Praha, 86 s. <http://home.tiscali.cz/podnebi/diplomka.pdf>

[6] QUITT, E., 1971. Klimatické oblasti Československa. Academia, Studia Geographica 16, GÚ ČSAV v Brně. 73 s.

[7] PELÍŠEK, J., 1956. II. Stručná charakteristika stanovištních poměrů lesních oblastí ČSR. s. 401-415.

[8] KYNICKÝ, J., 2009. Srovnání přirozené a inkubované půdní enzymatické aktivity na stanovištích suchých borů v jihovýchodní části Českého masívu. [Diplomová práce]. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. 54 s.

[9] Mapa ČR s hranicemi poboček a krajů, 2008. <http://www.chmi.cz/meteo/ok/mapyst.html>

[10] Politika ochrany klimatu v České republice. Ministerstvo životního prostředí ČR, 2001. http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_tz091022pok/$FILE/POK_pro_mezirezort_web.pdf

[11] AMFIELD, A. J., 2003. Review – Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. International Journal of Climatology, 23, pp 1–26.

[12] MUNZAR, J., 1980. Příspěvek k hodnocení antropogenních vlivů na podnebí Brna. Zprávy Geografického ústavu ČSAV, 17, s.114–121.

[13] LITSCHMANN, T. – ROŽNOVSKÝ, J., 2005. Příspěvek ke studiu městského klimatu v Brně. In: *Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra*. Ústav hydrologie a Geofyzikální ústav SAV, Bratislava, CD ROM, s. 331.

**Kontakty na autora**

1 Ústav geologie a pedologie, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, e-mail: jindrak@email.cz

2 Ústav geologie a pedologie, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno; Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě, Chittussiho 10, 710 00 Ostrava, e-mail: Radka.Bartosova@osu.cz

3 Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, 616 67 Brno, e-mail: roznovsky@chmi.cz

4 Ústav geologie a pedologie, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno; GEOtest, a.s., Šmahova 112, 627 00 Brno, e-mail: novotna@geotest.cz

5 Ústav geologie a pedologie, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, e-mail: XCIHLARO@seznam.cz

6 Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, e-mail: Martin.Brtnicky@seznam.cz