

MÍSTNÍ KLIMATICKÉ ZÓNY A JEJICH VÝZNAM VE MĚSTECH ČESKÉ REPUBLIKY

Michal Lehnert, Jan Geletič

Jedním z projevů klimatické změny ve střední Evropě je častější výskyt horkých vln. Města tak hledají opatření ke snížení dopadů teplotních extrémů na obyvatelstvo. Při studiu teplotních poměrů města a plánování adaptačních opatření je prvním krokem identifikace lokalit, které mají vzhledem ke své fyzické struktuře předpoklad k výskytu vyšších teplot vzduchu. Světovým standardem pro typologii klimatu na místní úrovni (např. blok budov) je koncept místních klimatických zón (LCZ). Příspěvek představuje koncept LCZ širší odborné veřejnosti a současně na příkladu Brna, Hradce Králové, Olomouce a Prahy popisuje základní zákonitosti prostorového rozložení LCZ ve městech České republiky a jejich vliv na teplotní poměry města. Prostorové rozložení LCZ ve zkoumaných městech současně ukázalo, že je zapotřebí přijímat opatření vedoucí k: 1) zvýšení podílu ploch s vysokou vegetací (LCZ A – hustě osázené stromy a LCZ B – rozptýlené stromy) na úkor ploch s nízkou vegetací (LCZ D), 2) snížení vysokého podílu nepropustných a zastavěných povrchů a 3) omezení vzniku rozlehlých areálů LCZ 8 (nízká zástavba s rozlehlými objekty) v rámci kompaktního města.

1. Úvod

Fenomén tepelného ostrova města je znám a detailně studován několik posledních desetiletí. Tepelný ostrov města je definován jako oblast zvýšené teploty vzduchu v přízemní a mezní vrstvě atmosféry (vrstva dosahující výšky ~1,5 km, kde je proudění ovlivňováno zemským povrchem) nad městem anebo průmyslovou aglomerací ve srovnání s okolní krajinou [Meteorologický slovník výkladový a terminologický, 2015]. Problematika podrobnější časoprostorové diferenciace teplotního pole města získává při současných klimatických a socioekonomických trendech na významu. Na jedné straně čelíme v důsledku klimatické změny nárůstu počtu horkých dnů a růstu pravděpodobnosti opakování (z hlediska délky a teploty) významných horkých vln [Kyselý, 2010; Lhotka a Kyselý, 2016]. Na straně druhé se městská zástavba stále rozšiřuje do okolní krajiny [Ouředníček et al., 2013] a roste podíl městského obyvatelstva [Český statistický úřad, 2015]. Je patrné, že tato kombinace faktorů není příznivá. V návaznosti na Strategii přízpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR [Ministerstvo životního prostředí, 2015] jednotlivá města (např. Praha, Brno, Plzeň, Dobruška) připravují adaptační plány a opatření, která mají za cíl zmírnit dopad změny klimatu na obyvatele měst [Pondělíček, Bizek et al., 2015; Velebná Brejchová et al., 2015]. Adaptační opatření jsou zpravidla spojena s fi-

nančními náklady. Z tohoto důvodu je v první řadě nezbytné typizovat klima v rámci města – např. identifikovat lokality, které mají vzhledem ke své fyzické struktuře předpoklad k výskytu vyšších teplot vzduchu.

Standardem pro popis fyzické struktury města s ohledem na tvorbu místního klimatu (např. blok budov, průmyslová zóna, park) je v současnosti typologie LCZ (zkratka z anglického Local Climate Zone) [Bechtel et al., 2016]. Koncept byl navržen kanadskými městskými klimatology Stewartem a Okem [2012]. Hlavní výhody konceptu LCZ spočívají v jasně definovaných fyzikálních parametrech prostředí, univerzálnosti použití a názornosti jednotlivých tříd pro širší odbornou veřejnost. Nedávno Geletič a Lehnert [2016] představili první klasifikační metodu LCZ určenou pro města České republiky.

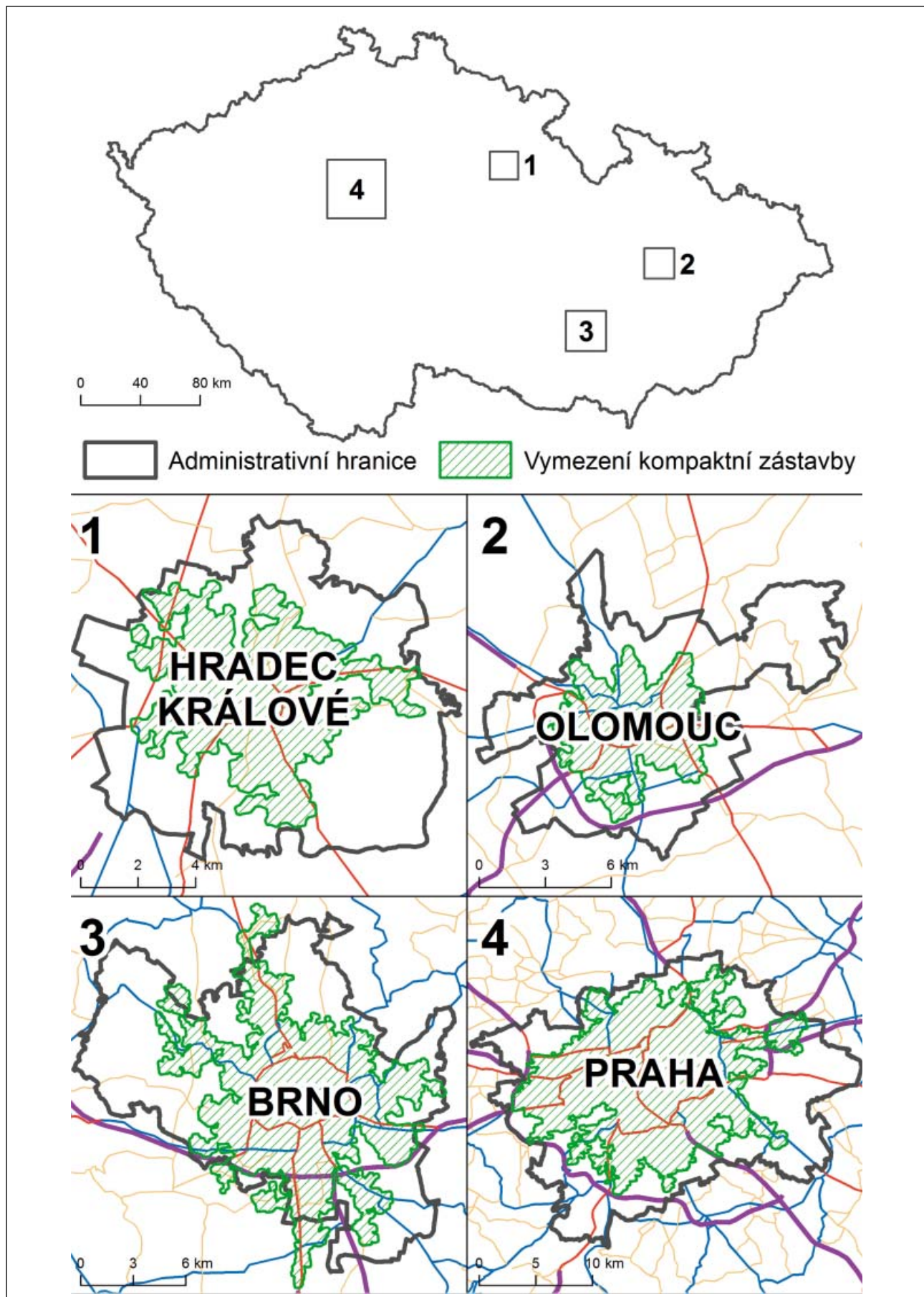
V návaznosti na studii Geletič a Lehnert [2016] je cílem tohoto příspěvku: 1) představit koncept LCZ širší odborné veřejnosti s důrazem na jeho využití při plánování adaptačních opatření, 2) na příkladu Brna, Hradce Králové, Olomouce a Prahy popsat základní zákonitosti prostorové diferenciace LCZ ve městech České republiky, 3) diskutovat vliv prostorového rozložení LCZ na teplotní poměry zkoumaných měst.

2. Metodika

2.1 Zájmové území

Pro případovou studii byla vybrána čtyři města: Brno, Hradec Králové, Olomouc a Praha, na která byla aplikována klasifikační metoda LCZ Geletič a Lehnert [2016]. Zařazená města byla zvolena jako typická středně velká středoevropská města s charakteristickými formami zástavby (historické jádro, parky, vnitrobloková zástavba, průmyslové zóny, panelová sídliště, vilové čtvrti, nákupní parky, sklady a suburbánní rezidenční zástavba). Důležitým kritériem pro výběr měst byla rovněž dostupnost kvalitní datové základny pro klasifikační proces (viz níže). Ve všech zvolených městech zároveň probíhá nebo probíhal výzkum městského klimatu (v Brně Dobrovolný et al. [2012], v Hradci Králové Středová et al. [2015], v Olomouci Vysoudil et al. [2012] a v Praze Beranová a Huth [2003] a nověji Skalák et al. [2015]).

Příspěvek se podrobněji zaměřuje na analýzu LCZ v rámci kompaktní zástavby vybraných měst. Jelikož administrativní vymezení města není v souladu se skutečným rozsahem města [Sýkora a Posová, 2011; Halás et al., 2012], byla kompaktní zástavba pro všechna města vymezena na základě jednotného morfologického kritéria. Kompaktní zástavba města byla definována jako oblast s více než 5 % zastavěné plochy v buňce (100 × 100 m), kde vzdálenost mezi sousedními



Obr. 1: Zájmové území – administrativní hranice (šedá linie) a vymezení kompaktní zástavby (zelená šrafa) v 1) Hradci Králové, 2) Olomouci, 3) Brně a v 4) Praze



Obr. 2: Příklady místních klimatických zón v České republice

bučkami, které splňují kritérium, nepřesáhla 150 m. Hodnoty kritérií byly zvoleny na základě testování ve všech zkoumaných městech. Kompaktní zástavbu sídla tvoří území, kde buňky vybrané podle výše popsaných kritérií vytvořily jeden spojitý areál (obr. 1).

2.2 Vymezení LCZ

Stewart a Oke [2012] definovali 17 základních tříd LCZ, které rozdělili do dvou nadřazených kategorií: „built types“ a „land cover types“. Všechny třídy LCZ byly definovány charakteristickými fyzikálními vlastnostmi prostředí, jako např. podíl povrchu tvořeného budovami – BSF, podíl nepropustných povrchů mimo budov – ISF, podíl propustných povrchů – PSF, výškou budov, resp. vegetace – HRE a dalšími. Na základě takto definovaných tříd LCZ vznikají jednotlivé klasifikační metody LCZ (samotný proces vymezení LCZ). Klasifikační metoda Geletič a Lehnert [2016] pracuje jako jedna z mála přímo s definovanými vlastnostmi prostředí, konkrétně s jejich hodnotami v buňkách o rozměru 100 × 100 m, které jsou základními

vstupními parametry klasifikačního algoritmu. Každá buňka je – zjednodušeně řečeno – přiřazena do takové třídy LCZ, jejímž typickým fyzikálním vlastnostem prostředí nejlépe odpovídá. Podrobné představení klasifikačního algoritmu přesahuje zaměření a účel této publikace a je uvedeno v práci Geletič a Lehnert [2016]. Pro názornost je níže uvedena charakteristika jednotlivých LCZ včetně typických hodnot vybraných fyzikálních vlastností prostředí (Tab. 1) a příklady vybraných zón ve zkoumaných městech (obr. 2).

3. Výsledky a diskuse

3.1 Prostorová diference LCZ

Rozloha kompaktní zástavby Brna podle výše uvedené metody je 124,77 km², Hradce Králové 40,62 km², Olomouce 33,75 km² a Prahy 261,41 km². Jednotlivé třídy LCZ zaujímají ve zkoumaných městech různě velký podíl (obr. 3 a 4).

Výsledky klasifikace LCZ ve zkoumaných městech naznačují, že zástavba formující zóny LCZ 1 (vysoká

kompaktní zástavba) a LCZ 7 (nízká hustá provizorní zástavba) se ve zkoumaných městech na místní prostorové úrovni nenachází. LCZ 7, která je ve světě reprezentována především chudinskými čtvrtěmi, z hlediska fyzikálních vlastností prostředí v našich podmínkách nejvíce připomínají plochy s nízkými (plechovými) garážemi.

LCZ 2 (středně vysoká kompaktní zástavba) je v České republice reprezentována historickou zástavbou, která se nachází zejména v centrech měst (obr. 3 a 5). Mimo historická jádra měst prakticky nebyla LCZ 2 identifikována (obr. 5). Rozloha LCZ 2 proto koresponduje s historickým významem (velikostí) města. Ve zkoumaných městech jsou areály LCZ 2 v rámci kompaktního města zastoupeny v Olomouci 2,3 % (83 ha), v Praze 2,5 % (673 ha), v Brně 1,5 % (192 ha), v Hradci Králové 0,3 % (12 ha). Z klimatického hlediska je LCZ 2 především ve večerních a nočních hodinách charakteristická vyššími teplotami vzduchu oproti svému okolí (Tab. 2).

LCZ	BSF (%) ISF (%) PSF (%) HRE (m)	Charakteristika	Příklady v ČR
2. středně vysoká kompaktní zástavba	40–70 30–50 < 20 10–25	hustá zástavba středně vysokých budov (většinou 3 až 9 pater), konstrukční materiály – především kámen, cihla, dlaždice a beton, málo nebo žádné stromy, prostranství převážně z nepropustných povrchů	historická centra měst
3. nízká kompaktní zástavba	40–70 20–50 < 30 3–10	hustá zástavba nízkých budov (většinou 1 až 3 patra), konstrukční materiály – především kámen, cihla, dlaždice a beton, málo nebo žádné stromy, prostranství převážně z nepropustných povrchů	řadové rodinné domy
4. vysoká rozvolněná zástavba	20–40 30–40 30–50 > 25	otevřené uspořádání vysokých budov (většinou více jak deset pater), konstrukční materiály – beton, ocel, sklo, kámen, prostranství z propustných (nízká vegetace a roztroušené stromy) i nepropustných povrchů	vyšší panelová sídliště, oblasti výškových budov
5. středně vysoká rozvolněná zástavba	20–40 30–50 30–60 10–25	méně hustá zástavba nebo otevřené uspořádání středně vysokých budov (většinou 3 až 9 pater), konstrukční materiály – beton, ocel, sklo, kámen, prostranství z propustných (nízká vegetace a roztroušené stromy) i nepropustných povrchů	panelová sídliště, vnitrobloková zástavba, historické objekty s rozsáhlými dvory
6. nízká rozvolněná zástavba	20–40 20–50 30–60 3–10	otevřené uspořádání nízkých budov (většinou 1 až 3 patra), konstrukční materiály – především kámen, cihla, dlaždice a beton, prostranství více z propustných povrchů (nízká vegetace a roztroušené stromy) a méně nepropustných povrchů	rodinné domy
8. nízká zástavba s rozlehlými objekty	30–50 40–50 < 20 3–10	otevřené uspořádání rozlehlých nízkopodlažních budov (většinou 1 až 3 patra), konstrukční materiály – ocel, další kovy, beton, méně kámen, málo nebo žádné stromy, prostranství převážně z nepropustných povrchů	sklady, obchodní centra, výrobní haly
9. řídká zástavba	10–20 < 20 60–80 3–10	řídká zástavba malých nebo středně velkých budov, prostranství převážně z propustných povrchů (nízká vegetace a roztroušené stromy)	rodinné domy s rozlehlými zahradami, chatové kolonie
10. těžký průmysl	40–70 30–60 < 10 10–20	komplexy nízkých (haly) a středně vysokých průmyslových objektů (věže, nádrže, komíny), konstrukční materiály – ocel, další kovy, beton, málo nebo žádné stromy, prostranství z propustných i nepropustných povrchů	velké průmyslové závody
A. hustě osázené stromy	< 10 < 10 > 90 3–30	hustě zalesněná krajina, dominují propustné povrchy (stromy a nízká vegetace), bez nebo s minimem nepropustných povrchů	les
B. rozptýlené stromy	< 10 < 10 > 90 3–15	řídce zalesněná krajina, dominují propustné povrchy (stromy a nízká vegetace), bez nebo s minimem nepropustných povrchů	park, sad
C. křoviny	< 10 < 10 > 90 < 2	rozptýlené křoviny, keře a nízké stromy, žádné nebo minimum nepropustných povrchů	křoviny, mýtiny, vinice
D. nízká vegetace	< 10 < 10 > 90 < 1	jednotvárné plochy s nízkou vegetací (travní porosty a polní kultury), málo nebo žádné stromy, málo nebo žádné budovy, málo nebo žádné nepropustné povrchy	pole (polní kultury), travnaté plochy
E. ztvrdené plochy	< 10 > 90 < 10 < 0,25	jednotvárné betonové, asfaltové, kamenité, skalnaté nebo vydlážděné plochy, málo nebo žádné budovy, málo nebo žádné propustné povrchy, málo nebo žádná vegetace	odstavné plochy, rozlehlá parkoviště, kolejiště
F. holá půda a písčité plochy	< 10 < 10 > 90 < 0,25	jednotvárné plochy holé zeminy a písku, málo nebo žádné budovy, málo nebo žádné nepropustné povrchy, málo nebo žádná vegetace	pole před vegetační sezónou a po sklizni, staveniště, místa povrchové těžby
G. voda	< 10 < 10 > 90 –	povrchové vodní útvary, minimum nebo žádná povrchová vegetace	vodní plochy, velké řeky

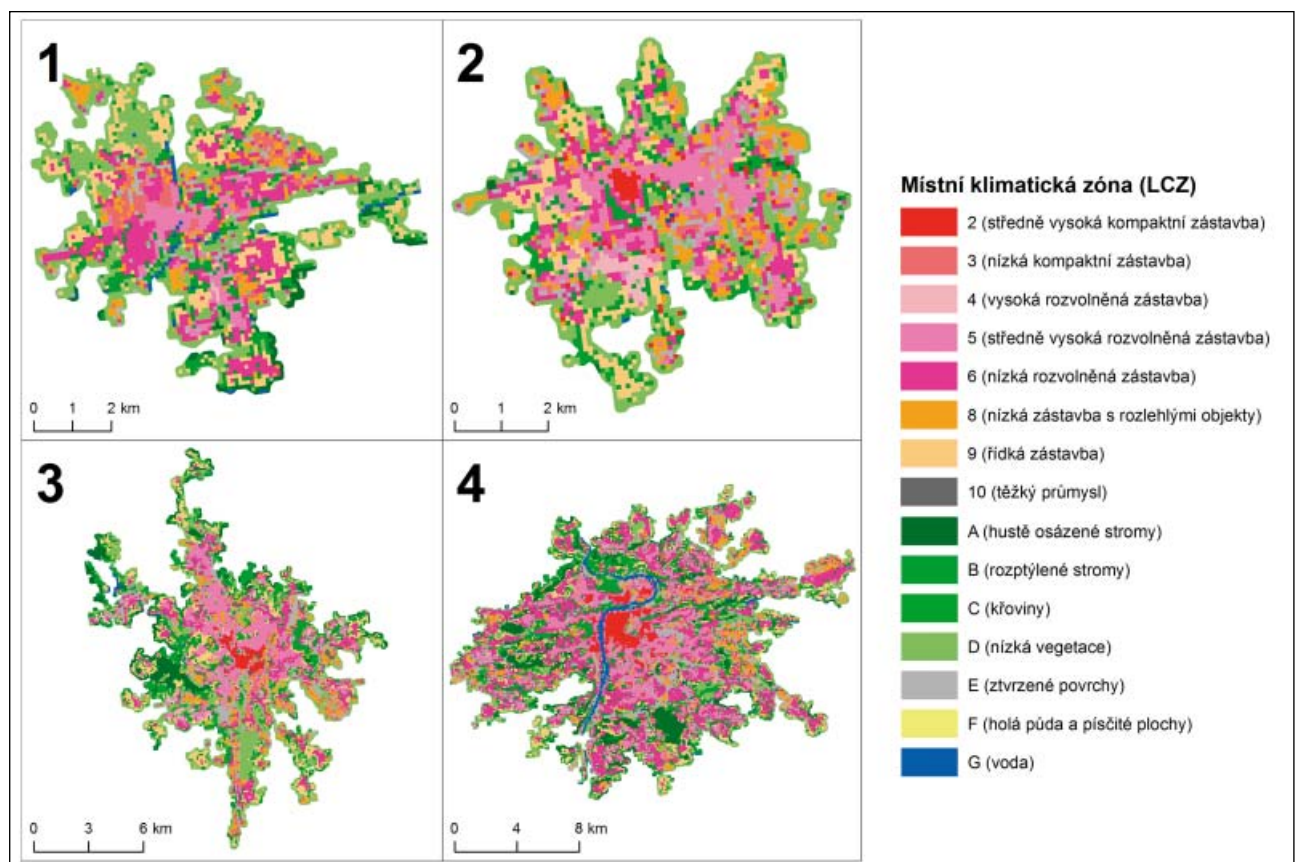
Tab. 1: Charakteristika místních klimatických zón v České republice (LCZ – místní klimatická zóna, BSF – podíl povrchu tvořeného budovami, ISF – podíl nepropustných povrchů mimo budov, PSF – podíl propustných povrchů, HRE – výška budov, resp. vegetace); upraveno podle Stewart a Oke [2012]

LCZ	Náchylnost
2. středně vysoká kompaktní zástavba	vysoká
3. nízká kompaktní zástavba	zvýšená
4. vysoká rozvolněná zástavba	zvýšená
5. středně vysoká rozvolněná zástavba	zvýšená
6. nízká rozvolněná zástavba	střední
8. nízká zástavba s rozlehlými objekty	střední
9. řídká zástavba	střední
10. těžký průmysl	-
A. hustě osázené stromy	střední
B. rozptýlené stromy	nízká
C. křoviny	-
D. nízká vegetace	nízká
E. ztvrzené plochy	-
F. holá půda a písčité plochy	-
G. voda	-

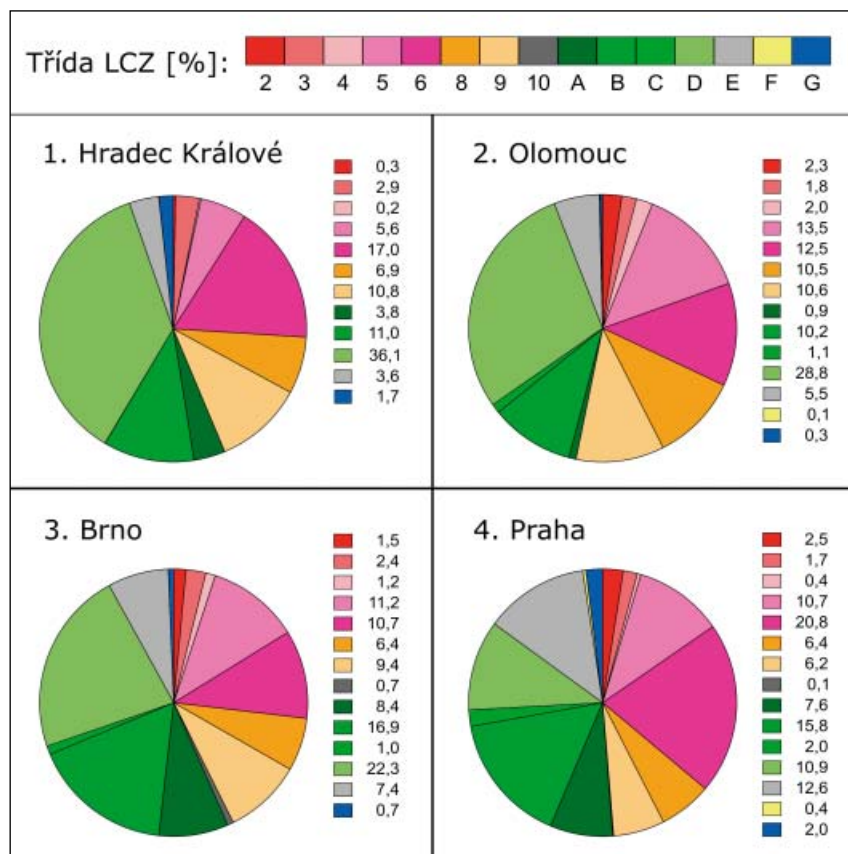
Tab. 2. Náchylnost LCZ k relativně vyšším teplotám vzduchu v nočních hodinách (vysoká – vyšší teploty dokumentovány ve většině případů; střední – vyšší teploty dokumentovány v části případů; nízká – vyšší teploty nezaznamenány nebo jen výjimečně; náchylnost není uvedena v případě absence informací; zpracováno na základě deseti studií pracujících s LCZ v podmínkách měst mírného klimatu)

Areály LCZ 2 přecházejí směrem od centra města v areály LCZ 5 (středně vysoká rozvolněná zástavba). Do LCZ 5 spadají v podmínkách České republiky dva morfologicky odlišné typy zástavby – funkcionalistická vnitrobloková zástavba s rozsáhlými zelenými dvory a nižší panelová sídliště. To je při podrobnějším studiu místního klimatu důležité zohlednit. Mnohá panelová sídliště se navíc vzhledem k výšce budov pohybují na rozmezí LCZ 5 (středně vysoká rozvolněná zástavba) a LCZ 4 (vysoká rozvolněná zástavba). V Brně, Olomouci a v Praze lemují areály LCZ 5 areály LCZ 2 nacházející se v centru města. V Hradci Králové je rozloha LCZ 2 malá, a LCZ 5 proto převládá i v centru města. Menší relativní i absolutní zastoupení LCZ 2 v Hradci Králové odpovídá skutečnosti, že do pol. 20. stol. byl městem menší velikostní kategorie.

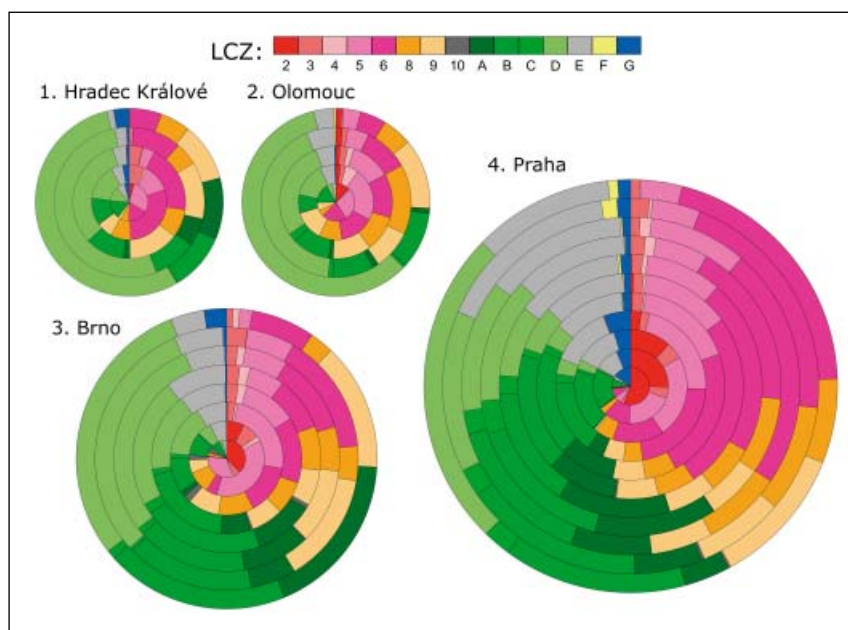
Podíl LCZ 5 (středně vysoká rozvolněná zástavba) klesá směrem od centra k okrajům kompaktního města na úkor nízké zástavby. Nízká rezidenční zástavba má v podmínkách zkoumaných



Obr. 3: Místní klimatické zóny v 1) Hradci Králové, 2) Olomouci, 3) Brně a 4) Praze



Obr. 4: Procentuální zastoupení místních klimatických zón v kompaktní zástavbě 1) Hradce Králové, 2) Olomouce, 3) Brna a 4) Prahy



Obr. 5: Procentuální zastoupení místních klimatických zón v kompaktní zástavbě 1) Hradce Králové, 2) Olomouce, 3) Brna a 4) Prahy podle vzdálenosti od středu města (každý pás v kruhu znázorňuje 1 km)

měst nejčastěji charakter LCZ 6 (nízká rozvolněná zástavba), případně LCZ 9 (řídká zástavba). Nízká kompaktní zástavba (LCZ 3) je naopak méně častá (obr. 4). Například areály LCZ 9 (řídká

zástavba) tvoří v Hradci Králové a Olomouci přibližně 11 % rozlohy kompaktního města, v Brně o 2 % méně a v Praze o další 3 procentní body méně (obr. 4). Dochází tak k poklesu podílu

řídce zastavěných ploch s rostoucí velikostí města (tlak na využití ploch). Areály LCZ 9 jsou zejména díky přítomnosti vyšší vegetace výrazně méně náchylné k výskytu relativně vyšších teplot vzduchu než většina ostatních tříd LCZ z kategorie „built types“.

Areály LCZ 8 (nízká zástavba s rozlehlými objekty) jsou soustředěny na okraji vnitřních částí měst nebo formují charakteristické výběžky kompaktní zástavby do okolní krajiny. Nejvyšší podíl LCZ 8 (10,5 %) byl zjištěn v Olomouci, což odpovídá 381 ha. V Praze zabírá LCZ 8 celkem 6,4 % rozlohy kompaktního města, v absolutních hodnotách však 1734 ha. Areály LCZ 8 jsou v denních hodinách náchylné k výskytu vysokých teplot vzduchu [Středová et al. 2015]. Je nutné doplnit, že rozlišení areálů LCZ 8 (nízká zástavba s rozlehlými objekty) a LCZ 10 (těžký průmysl) je na základě dostupných dat v současnosti asi největším problémem klasifikace LCZ. Rozdílovým faktorem mezi LCZ 8 a LCZ 10 jsou v podmínkách České republiky v mnohých případech pouze hodnoty emisí antropogenního tepla.

Areály LCZ A (hustě osázené stromy) jsou v rámci kompaktního města zastoupeny v Brně 8,4 %, v Praze 7,6 %, v Hradci Králové 3,8 % a v Olomouci pouze 0,8 % (obr. 4). LCZ B (rozptýlené stromy) potom v Brně 16,9 %, v Praze 15,8 %, v Hradci Králové 11,0 % a v Olomouci 10,2 %. Olomouc navzdory několika parkům disponuje nejmenší rozlohou ploch s vyšší vegetací. Vzhledem k utváření teplotního pole města je však nutné zmínit, že v Olomouci je velká část zelených ploch s vysokou vegetací lokalizována v centru města (obr. 5). Zelené plochy s vyšší vegetací jsou především v denních hodinách málo náchylné k výskytu vysokých teplot vzduchu a mají potenciál ochlazovat i přilehlé zóny [Bowler et al., 2010].

V rámci zkoumaných měst byla největší část zelených ploch klasifikována jako LCZ D (nízká vegetace). Nejvíce v Hradci Králové (36,1 %), nejméně v Praze (11,0 %). V denních hodinách nelze LCZ D na rozdíl od LCZ A a LCZ B považovat za zóny s předpokladem nižších teplot vzduchu. S ohledem na své okolí mohou být dokon-

ce náchylné k výskytu vyšších teplot vzduchu [Lehnert et al., 2015]. Ve večerních hodinách dochází v LCZ D k rychlému poklesu teplot [Leconte et al., 2016], a v nočních hodinách proto areály LCZ D zpravidla patří k chladnějším (Tab. 2). Zejména v blízkosti lokalit s vysokou koncentrací obyvatel je proto vhodným opatřením areály nízké vegetace (LCZ D) doplňovat vyšší vegetací (stromy).

Otevřená prostranství ve městech jsou mimo LCZ D tvořena i LCZ E (ztvrzené plochy). Nejvyšší zastoupení zón klasifikovaných jako LCZ E má Praha (12,6 %), následuje Brno (7,4 %), Olomouc (5,5 %) a nejméně Hradec Králové (4,0 %). Přesto, že v kontextu LCZ nebyl v této zóně dosud proveden dostatek relevantních studií (Tab. 2), je patrné, že areály LCZ E tvořené nepropustnými povrchy (např. parkoviště, odstavné plochy, železniční tělesa, apod.) vykazují především v denních hodinách značnou náchylnost k výskytu vysokých teplot vzduchu. Je proto vhodné tyto plochy nerozšiřovat, stávající fragmentovat a osazovat zelení.

Areály LCZ G (voda) jsou na místní úrovni vytvářeny vodními plochami, které svou rozlohou obvykle výrazněji přesahují 1 ha (v závislosti na okolním prostředí), největšími vodními toky (pokud není vodní tok dostatečně široký, nevytváří klima místní prostorové úrovně) a rozlehlými mokřady a bažinami. V rámci kompaktní zástavby bylo největší zastoupení LCZ G zjištěno v Praze (2,0 %) následované Hradcem Králové (1,7 %), tedy městy, kterými protékají velké řeky (Vltava, resp. Labe). Rozsáhlejší vodní plochy a vodní toky zpravidla v blízkém okolí snižují amplitudu teploty vzduchu (denní teplotní extrém). Příkladem vodní plochy v blízkosti města je Brněnská přehrada.

3.2 Význam LCZ při studiu klimatu města a plánování adaptačních opatření

Rozloha kompaktní zástavby, podíl jednotlivých LCZ, jejich struktura a poloha vzhledem ke středu města má významný vliv na formování teplotního pole města [Leconte et al., 2015; Geletič et

al., 2016]. Doposud publikované klimatologické studie dokládají relevanci LCZ z hlediska teploty vzduchu [např. Alexander a Mills, 2014; Stewart et al., 2013; Müller et al., 2014]. Na základě syntézy výsledků těchto studií můžeme z tříd LCZ vyskytujících se ve středoevropských městech za náchylné k vysokým teplotám považovat především LCZ 2 (středně vysoká kompaktní zástavba), a to ve večerních a nočních hodinách (Tab. 2). V denních hodinách, kdy kompaktní zástavba vytváří stinné prostředí, je situace odlišná. Rozdíly mezi třídami LCZ jsou celkově méně výrazné. V závislosti na místních a regionálních specifických podmínkách mohou k LCZ s nejvyššími teplotami patřit LCZ E (ztvrzené plochy), LCZ 8 (nízká zástavba s rozsáhlými objekty), LCZ 5 (rozvolněná středně vysoká zástavba) nebo dokonce LCZ D (nízká vegetace).

Klasifikace LCZ přímo neposkytuje informace o konkrétních teplotních poměrech dané lokality, ty se mohou lišit v důsledku rozdílné velikosti měst, reliéfu, vzorce zástavby, mezoklimatu atd. [Bokwa et al., 2015; Leconte et al., 2015; Lehnert et al., 2015]. Poskytuje však prvotní informaci o tom, jakou místní modifikaci teplotních poměrů je možné v dané lokalitě očekávat (např. náchylnost k výskytu vysokých teplot vzduchu v nočních hodinách). Pokud bude klasifikace LCZ považována za první krok při studiu klimatu (teplotního pole) města za účelem přípravy adaptačních opatření, ve druhém kroku může následovat účelová studie teplotních poměrů ve vytipovaných lokalitách. Ve třetím kroku bude možné modelovat klima (teplotní poměry) lokality nebo města s využitím tzv. „what-if scénářů“ (jak se klima změní, když provedeme dané opatření).

4. Závěr

Prostorové rozložení místních klimatických zón (LCZ) ve čtyřech modelových městech poukazuje na obecné zákonitosti lokalizace LCZ v největších městech České republiky a zároveň na specifika jednotlivých měst. Vzhledem k zjištěnému prostorovému rozložení LCZ ve zkoumaných městech

a popsanému vlivu LCZ na teplotní poměry města je současně možné konstatovat, že je obecně zapotřebí: 1) přijímat opatření vedoucí ke zvýšení podílu ploch s vysokou vegetací na úkor ploch s nízkou vegetací, 2) přijímat opatření vedoucí ke snížení vysokého podílu nepropustných a zastavěných povrchů v největších městech a 3) přijímat opatření omezující vznik rozlehlých areálů LCZ 8 (nízká zástavba s rozlehlými objekty) v rámci kompaktní zástavby města. Přesto, že klasifikace LCZ neposkytuje informace o konkrétních teplotních poměrech dané lokality, je v kontextu současného poznání na úrovni jednotlivých měst a městských částí vhodným prvním krokem pro další studium klimatu města, jeho modelování a plánování adaptačních opatření „na míru“.

Použité zdroje:

- ALEXANDER, Paul J. – MILLS, Gerald. Local Climate Classification and Dublin's Urban Heat Island. In: *Atmosphere*, 2014. roč. V, č. 4, s. 755–774. ISSN 2073-4433.
- BERANOVÁ, Romana – HUTH, Radan. Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek. In: *Meteorologické zprávy*. 2003, roč. LVI, č. 5, s. 137–142. ISSN 0026-1173.
- BECHTEL, Benjamin – PESARESI, Martino – SEE, Linda et al. Towards consistent mapping of urban structures-global human settlement layer and local climate zones. In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2016, roč. XLI-B8, s. 1371–1378. ISSN 1682-1750.
- BOKWA, Anita – HAJTO, Monika J. – WALAWENDER, Jakub P. et al. Influence of diversified relief on the urban heat island in the city of Kraków, Poland. In: *Theoretical and Applied Climatology*. 2015, roč. CXXII, č. 1–2, s. 365–382. ISSN 0177-798X.
- BOWLER, Diane E. – BUYUNG-ALI, Lisette – KNIGHT, Teri M. et al. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. In: *Landscape and urban planning*. 2010, roč. XCVII, č. 3, s. 147–155. ISSN 0169-2046.8.
- Český statistický úřad. *Malý lexikon obcí České republiky – 2015* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2015 [cit. 15. 10. 2016]. Dostupné z: <<https://www.czso.cz/csu/czso/maly-lexikon-obci-ceske-republiky-2015>>.
- DOBROVOLNÝ, Petr – ŘEZNIČKOVÁ, Ladislava – BRÁZDIL, Rudolf et al. *Klima Brna: Víceúrovňová analýza městského klimatu*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2012. 200 s. ISBN 978-80-210-6029-6.
- GELETIČ, Jan – LEHNERT, Michal. GIS-based delineation of local climate zones: The case of medium-sized Central European cities. In: *Moravian Geographical Reports*. 2016, roč. XXIV, č. 3, s. 2–12. ISSN 1210-8812.

- GELETIČ, Jan – LEHNERT, Michal – DOBROVOLNÝ, Petr. Modelled spatio-temporal variability of air temperature in an urban climate and its validation: a case study of Brno (Czech Republic). *Hungarian Geographical Bulletin*. 2016, roč. 65, č. 2, s. 169–180. ISSN 2064-5031.
- HALÁS, Marián – ROUBÍNEK, Pavel – KLADIVO, Petr. Urbánní a suburbánní prostor Olomouce: teoretické přístupy, vymezení, typologie. In: *Geografický časopis*. 2012, roč. LXIV, č. 4, s. 289–310. ISSN 0016-7193.
- KYSELÝ, Jan. Recent severe heat waves in central Europe: how to view them in a long-term prospect? In: *International Journal of Climatology*. 2010, roč. XXX, č. 1, s. 89–109. ISSN 1097-0088.
- LECONTE, Francois – BOUYER, Julien – CLAVERIE, Rémy, et al. Using Local Climate Zone scheme for UHI assessment: Evaluation of the method using mobile measurements. In: *Building and Environment*. 2015, roč. LXXXIII, s. 39–49. ISSN 0360-1323.
- LECONTE, Francois – BOUYER, Julien – CLAVERIE, Rémy, et al. Analysis of nocturnal air temperature in districts using mobile measurements and a cooling indicator. *Theoretical and Applied Climatology* [online]. Vídeň: Springer, 2016. [cit. 22. 8. 2016]. Dostupné na www: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00704-016-1886-7>>.
- LEHNERT, Michal – GELETIČ, Jan – VYSOUDIL, Miroslav et al. Urban field classification by "local climate zones" in a medium-sized Central European city: the case of Olomouc (Czech Republic). In: *Theoretical and Applied Climatology*. 2015, roč. CXXII, č. 3–4, s. 531–541. ISSN 0177-798X.
- LHOTKA, Ondřej – KYSELÝ, Jan. Characterizing joint effects of spatial extent, temperature magnitude and duration of heat waves and cold spells over Central Europe. In: *International Journal of Climatology*. 2015, roč. XXXV, č. 7, s. 1232–1244. ISSN: 1097-0088.
- Meteorologický slovník výkladový a terminologický* [online]. Praha: Česká meteorologická společnost, 2015 [cit. 24. 10. 2016]. Dostupné z: <<http://slovník.cmes.cz/>>.
- Ministerstvo životního prostředí. Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2015 [cit. 24. 10. 2016]. Dostupné z: <[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/\\$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf)>.
- MÜLLER, Nicole – KUTTLER, Wilhelm – BARLAG, Andreas-Bent. Counteracting urban climate change: adaptation measures and their effect on thermal comfort. In: *Theoretical and Applied Climatology*, 2014, roč. CXV, č. 1–2, s. 243–257. ISSN 0177-798X.
- OUŘEDNÍČEK, Martin – ŠPAČKOVÁ, Petra – NOVÁK, Jakub et al. *Sub Urbs: krajina, sídla a lidé*. 1. vyd. Praha: Academia, 2013. 200 s. ISBN 978-80-200-2226-4.
- PONDĚLÍČEK, Michael – BÍZEK, Vladislav et al. *Adaptace na změnu klimatu*. 1. vyd. Hradec Králové: Civitas per Populi, o.p.s., 2016, 173 s. ISBN 978-80-87756-09-6.
- SKALÁK, Petr – ŽÁK, Michal – ZAHRADNÍČEK, Pavel et al. Příspěvek projektu UHI k poznání klimatu Prahy. In: *Meteorologické Zprávy*. 2015, roč. LXVIII, č. 1, s. 18–23. ISSN 0026-1173.
- STEWART, Iain D. – OKE, Tim R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. In: *Landscape and urban planning*. 2012, roč. XCIII, č. 12, s. 1879–1900. ISSN 0169-2046.
- STEWART, Iain D. – OKE, Tim R. – SCOTT KRAYENHOFF, E. Evaluation of the 'local climate zone' scheme using temperature observations and model simulations. In: *International Journal of Climatology*. 2013, roč. 34, č. 4, s. 1062–1080. ISSN 1097-0088.
- STŘEDOVÁ, Hana – STŘEDA, Tomáš – LITSCHMANN, Tomáš. Smart tools of urban climate evaluation for smart spatial planning. In: *Moravian Geographical Reports*. 2015, roč. XXIII, č. 3, s. 47–57. ISSN 1210-8812.
- SÝKORA, Luděk – POSOVÁ, Darina. Formy urbanizace: kritické zhodnocení modelu stadií vývoje měst a návrh alternativní metody klasifikace forem urbanizace. In: *Geografie*, 2011, roč. 116, č. 1, s. 1–22. ISSN 1212-0014.
- VELEBNÁ BREJCHOVÁ, Eva – KARLOVÁ, Jitka – PIKLOVÁ, Libuše et al. *Adaptace na změnu klimatu ve městech*. 1. vyd. Praha: Nadace partnerství, 2015, 79 s.
- VYSOUDIL, Miroslav – FRAJER, Jindřich – PAVELKOVÁ-CHMELOVÁ Renata et al. *Podnebí Olomouce*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. 211 s. ISBN 978-80-244-3285-4.

Mgr. Michal Lehnert, Ph.D.
Katedra geografie
Univerzita Palackého v Olomouci

Mgr. Jan Geletič
Geografický ústav
Masarykova univerzita

ENGLISH ABSTRACT

Local climate zones and their importance for Czech cities, by Michal Lehnert & Jan Geletič

One of the manifestations of climate change in Central Europe is a more frequent occurrence of heat waves. Cities are looking for measures to eliminate the impact of temperature extremes on the population. When studying urban temperature conditions and planning the measures for adaptation, the first step is to identify the locations where higher air temperatures can be expected, due to their physical structure. The world standard for climate typology at the local level (e.g. for a block of buildings) is the concept of local climate zones (LCZs). This article introduces the concept of local climate zones to professionals and describes the basic rules of the spatial distribution of LCZs, using examples from the cities of Brno, Hradec Králové, Olomouc and Prague. The spatial distribution of LCZs in these cities show that measures should be taken in order to (1) increase the share of high plant areas (LCZ A, dense trees; LCZ B, scattered trees) to the exclusion of low plant areas (LCZ D); (2) decrease the share of impervious and built-up surfaces (3) restrict the development of new, large areas of low-rise buildings (LCZ 8) in compact urban areas.