

БИОКЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БАНАТА

Славица Малиновић-Милићевић^{*1}

*АЦИМСИ, Центар за метеорологију и моделирање животне средине, Универзитет у Новом Саду

примљен 26 децембра 2012; рецензиран 27 јануара 2013; прихваћен 05 априла 2013

Апстракт: У раду је проучавано стање топлотног окружења у Банату на основу седамнаестогодишњег низа података у периоду 1992 - 2008. година. Употребљена су два топлотна индекса (*TI*) препоручена од стране Светске здравствене организације, индекс топлоте и индекс хладноће. Анализа показује да су просечни годишњи *TI* нижи од просечних годишњих температура ваздуха што указује на чињеницу да у Банату велики утицај на осећај топлоте има ветар. Анализа такође показује да *TI* имају тенденцију пораста (просечно 0,5°C по декади) што је првенствено последица пораста температура ваздуха услед глобалног загревања и урбанизације. Поред пораста вредности *TI* у порасту је и број дана са високим вредностима *TI* у категоријама које изазивају стрес (1,63 дана годишње). Број дана са ниским вредностима *TI* у категоријама које изазивају стрес је у опадању (0,26 дана годишње). Насеље са најнеповољнијим биометеоролошким условима у току лета је Зрењанин, а у току зиме Кикинда.

Кључне речи: промена климе, индекс топлоте, индекс хладноће, Банат

Увод

Човек је чврсто везан за целокупну природу, односно за све оно што га окружује и на њега, непосредно или посредно, делује. Атмосфера је онај део животне средине са којим је људски организам у сталном додиру па се стање организма може тумачити и као одговор на физичко и хемијско стање атмосфере. Својом делатношћу, човек је изменио првобитни састав атмосфере што се неповољно одражава на сав живи свет, па самим тим и на човека. Утицај човекових активности на атмосферу укључује повећање концентрација гасовитих загађујућих материја и честица у атмосфери са посебним нагласком на повећање гасова стаклене баште који доводе до глобалног загревања, уништавања озонског омотача и повећавања УВ зрачења.

Добро је познато да временске прилике имају велики утицај на здравље људи као и да временски елементи на људско тело могу да делују појединачно или у комбинацији. Због тога истраживања климатских

¹slavicans@neobee.net

утицаја на организам човека имају значајно место у оцењивању стања квалитета живота становништва и квалитета животне средине одређеног подручја. Чињеница је да се последњих деценија приликом просторног планирања, у медицини и туризму све више наглашава важност биоклиматских карактеристика подручја. Највећи део истраживања у овој области урађен је од стране научника из области медицине, а мањи део од стране климатолога – биометеоролога (Eurowinter Group, 1997; Verein Deutscher Ingenieure [VDI], 1998; Hoppe, 1999; Kalkstein, 2000; Михаиловић, Арсенић, Лалић, Радловић, & Кочи, 2001). Радова из области биометеорологије на подручју Војводине је мало. Обзиром на чињеницу да дугорочне прогнозе најављују пораст температуре у наредним деценијама и чешћу појаву екстремних температура ваздуха, ово је свакако област којој убудуће треба посветити много више пажње.

Топлотни индекси

У медицинској и биометеоролошкој науци и пракси постоји читав низ емпиријских израза, индекса, којима се елементи који одређују човеков осећај топлоте стављају у однос. Они представљају меру релативног нивоа комфора који осећа моделовано људско тело у датој околини. Данас постоји више од сто различитих индекса који процењују утицај топлоте и хладноће на човеков организам у различитим условима околине и сви се могу поделити у две основне категорије: (а) индексе који комбинују метеоролошке и физиолошке параметре и (б) индексе базиране само на метеоролошким параметрима. Прва група индекса базирана је на формули топлотне равнотеже. Ова група индекса је тешка за спровођење јер укључује превише параметара који захтевају компликована мерења и у њима се врло често ти параметри узимају као константни. Индекси из друге групе се још називају и једноставни метеоролошки индекси или директни индекси. Они су због своје практичности много примењивији, а због лаке интерпретације од стране корисника често су коришћени од стране националних временских служби широм света. Једноставни индекси представљају показатељ осећаја тела спрема топлоте која долази од околине када се осим температуре ваздуха у обзир узму и други метеоролошки параметри, најчешће релативна влажност ваздуха и брзина ветра. У топлим временским условима најчешће се употребљавају они који се састоје од комбинације температуре ваздуха и влажности ваздуха, док се у хладним обично употребљава комбинација температуре ваздуха и брзине ветра, мада постоје и индекси који истовремено комбинују температуру са више других метеоролошких елемената. Најчешће су коришћени следећи једноставни топлотни индекси: индекс топлоте (Stedman, 1979a, 1979b,

1984; Rothfus, 1990), индекс хладноће (Osczevski & Bluestein, 2005), чиста ефективна температура (Li & Chan, 2000) и индекс влаге (Masterton & Richardson, 1979).

Коришћени подаци и методологија истраживања

Због једноставности и мање захтевности у погледу података у овом раду су за процену утицаја временских услова на човека коришћени једноставни топлотни индекси. Упоредјујући расположиве метеоролошке податке са најчешће употребљаваним једноставним индексима за анализу су одабрани индекс топлоте и индекс хладноће. Ова два индекса је, заједно са чистом ефективном температуром, за анализу препоручила Светска метеоролошка организација (World Meteorological Organization [WMO], 2004). Пошто су интервали индекса топлоте и индекса хладноће повезани са могућим степеном дејства на човеков организам дата им је предност у односу на, такође препоручену, чисту ефективну температуру.

Индекс топлоте (HI) представља показатељ осећаја нашег тела спрам топлоте која долази од околине и то када се осим температуре ваздуха (T) у обзир узме и релативна влажност ваздуха (RH) (Михаиловић et al., 2001). Индекс не узима у обзир директно сунчево зрачење, ветар и одевеност. Овај индекс дефинисао је Роберт Стеадман (Stedman, 1979a, 1979b, 1984). На основу табеле коју је Стеадман генерисао, Национални центар за климатске податке САД (NCDC), развио је формулу за рачун HI у следећем облику (Rothfus, 1990):

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

где је T температура ваздуха и RH релативна влажност ваздуха. У формули (1) температура и индекс топлоте су изражени у Фаренхајтовим степенима ($^{\circ}F$), а релативна влажност у процентима (за конверзију:

$T(^{\circ}C) = \frac{5}{9}(T(^{\circ}F) - 32)$). У поређењу са оригиналном табелом, формула има грешку израчунавања од $\pm 1,3^{\circ}F$ и употребљива је када је температура изнад $26,7^{\circ}C$ и релативна влажност већа од 40%.

Индекс хладноће (WCI) представља показатељ осећаја нашег тела спрам топлоте која долази од околине и то када се осим температуре ваздуха (T)

у обзир узме и брзина ветра (v). Влажност ваздуха, директно сунчево зрачење, одевеност и физичка активност нису узете у обзир. Формулу су дефинисали Сипл и Пасел (Siple & Passel, 1945), а прерадили су је Озевски и Блустејн (Osczevski & Bluestein, 2005). Прерађена формула има следећи облик:

$$WCI = 35,74 + 0,6215T - 35,75v^{0,16} + 0,4275Tv^{0,16}, \quad (2)$$

где је T температура ваздуха Целзијусовим степенима ($^{\circ}\text{C}$) и v је брзина ветра у ms^{-1} .

За анализу топлотних прилика употребљени су подаци са Главних метеоролошких станица (ГМС) са територије Баната у Банатском Карловцу, Кикинди и Зрењанину. Коришћени су подаци о температури ваздуха ($^{\circ}\text{C}$), релативној влажности (%) и брзини ветра (ms^{-1}) мерени у три термина по локалном времену: 7, 14 и 21 час за период 1992-2008. година. Употребом формула (1) и (2) израчунати су топлотни индекси (TI) поштујући следећа правила (Browning & Walawender, 2009): (а) за израчунавање TI употребљена је формула (1) када је температура ваздуха била већа од $26,7^{\circ}\text{C}$; (б) када је температура ваздуха била између 10°C и $26,7^{\circ}\text{C}$ сматрало се да је TI једнак температури ваздуха и (в) када је температура ваздуха била испод 10°C за израчунавање TI употребљена је формула индекса хладноће (2). Индекс топлоте и индекс хладноће подељени су на четири категорије које су повезане са степеном дејства на човеков организам што је приказано у табели 1.

Табела 1. Категорије топлотног стреса

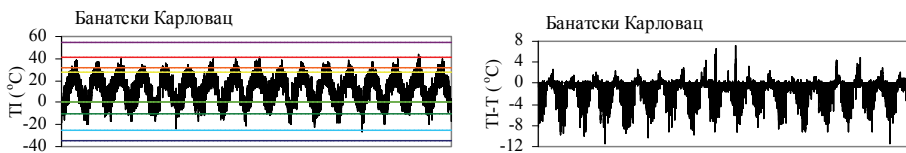
HI	Топлотни стрес	WCI	Топлотни стрес
27 $^{\circ}\text{C}$ to 31 $^{\circ}\text{C}$	(I) пажња	0 $^{\circ}\text{C}$ to -10 $^{\circ}\text{C}$	(I) низак стрес
32 $^{\circ}\text{C}$ to 34 $^{\circ}\text{C}$	(II) нарочита пажња	-10 $^{\circ}\text{C}$ to -25 $^{\circ}\text{C}$	(II) умерен стрес
41 $^{\circ}\text{C}$ to 53 $^{\circ}\text{C}$	(III) опасност	-25 $^{\circ}\text{C}$ to -35 $^{\circ}\text{C}$	(III) јак стрес
$\geq 54^{\circ}\text{C}$	(IV) нарочита опасност	$\leq -35^{\circ}\text{C}$	(IV) веома јак стрес

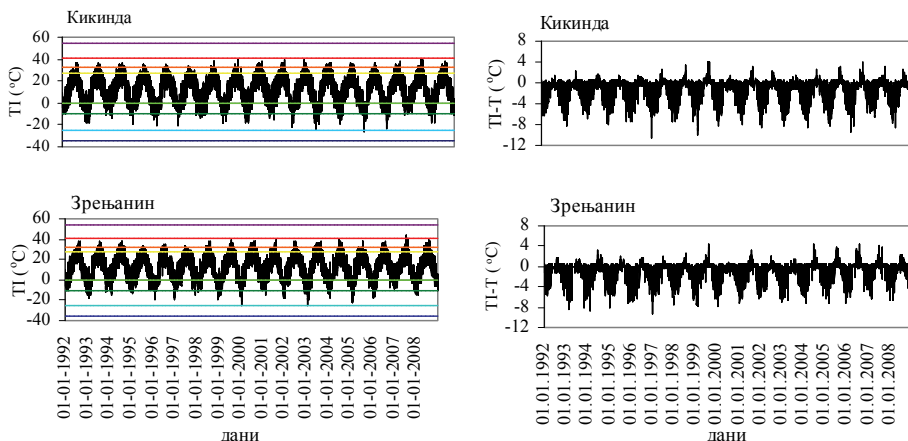
Извршена је анализа вредности у 7, 14 и 21 час, просечних годишњих и сезонских (лето и зима) вредности, апсолутних максимума и минимума и учесталост појаве дана са одређеним категоријама TI . Просечне летње (TI_l) и зимске (TI_z) вредности TI израчунате су као аритметичка средина свих просечних дневних вредности у току три летња (јун, јул, август), односно зимска месеца (децембар, јануар, фебруар). Просечна зимска вредност TI за годину која је наведена израчуната је као просек топлотних

индекса јануара и фебруара наведене године и месеца децембра претходне године. Просечна зимска вредност TI почетне, 1992. године, посматраног периода израчуната је на основу података за јануар и фебруар те године. Просечне годишње (TI_g) вредности израчунате су као аритметичка средина свих просечних дневних вредности у току једне године. За потребе израчунавања учесталости појаве дана са одређеним категоријама TI за сваки дан је одређен максимални и минимални TI . Учесталост појаве дана са TI у категоријама стреса услед хладноће одређен је употребом минималног дневног TI , а у категоријама стреса услед топлоте употребом максималног дневног TI . Трендови свих метеоролошких елемената су израчунати коришћењем линеарне регресије.

Резултати

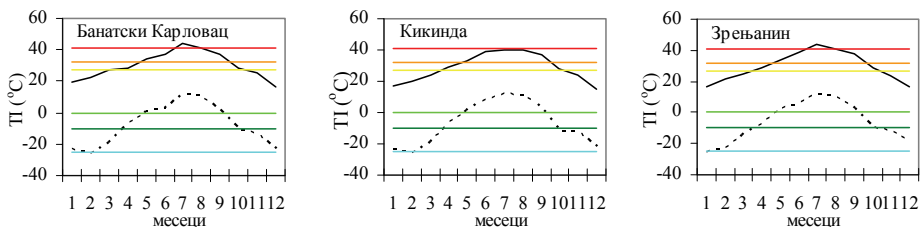
На скици 1 приказане су вредности TI у 7, 14 и 21 час и разлика између TI и T у Банату у периоду 1992-2008. година. Линије различитих боја одговарају граничним вредностима категорија топлотног стреса приказаних у табели 1. Скица 1 показује да су највеће и најмање вредности TI биле у оквиру прве две категорије топлотног стреса и да су веома ретко прелазиле у трећу категорију. Разлике између TI и T су чешће и у већој мери негативне, него позитивне. Највеће позитивне и негативне разлике између TI и T биле су у Банатском Карловцу редом, $+5,3^\circ\text{C}$ и $-11,6^\circ\text{C}$.





Скица 1. Промена топлотних индекса и разлика између топлотних индекса и температура ваздуха у Банату у периоду 1992-2008. годин

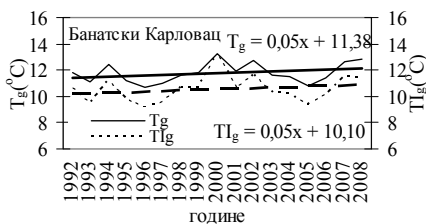
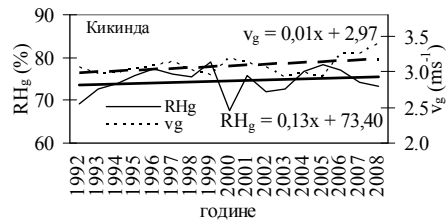
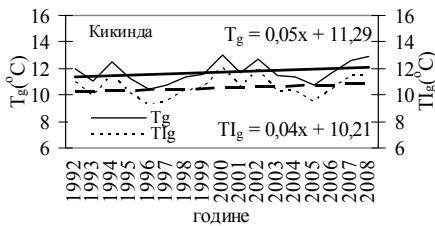
Месечна дистрибуција апсолутних дневних максимума и минимума TI током седамнаестогодишњег периода у Банату приказана је на скици 2. Негативни минимуми јављали су се између октобра и априла, док су се максимуми изнад 27°C појављивали између априла и октобра. Екстремно ниски апсолутни минимуми TI у категорији јаког стреса услед хладноће (-25 до -35°C) јављали су се у јануару и фебруару. Екстремно високи апсолутни максимуми TI категорије опасност (41 до 53°C) у Банатском Карловцу и Зрењанину јављали у јулу и августу, док у Кикинди TI нису улазили у ову категорију. Апсолутни минимум од $-26,5^{\circ}\text{C}$ је забележен је у Кикинди 09.02.2005. године при температури од $-24,0^{\circ}\text{C}$ и брзини ветра од $0,8\text{ ms}^{-1}$. Апсолутни максимум од $43,8^{\circ}\text{C}$ је забележен у Зрењанину 24.07.2007. године при температури од $42,1^{\circ}\text{C}$ и релативној влажности од 23%.

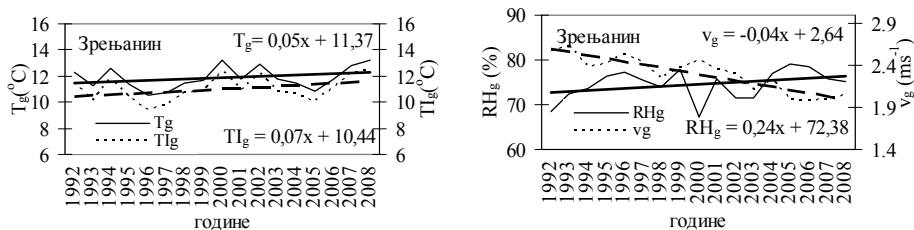


Скица 2. Месечна дистрибуција апсолутних дневних максимума и минимума топлотних индекса у Банату у периоду 1992-2008. година

Биоклиматске карактеристике Баната

Анализом скице 3 може да се уочи да су у сва три насеља средње годишње вредности топлотних индекса (TI_g) мање од средње годишње вредности температура ваздуха (T_g). Вредности TI_g и T_g се највише разликују у Банатском Карловцу ($-1,3^\circ\text{C}$) где је просечна брзина ветра највећа, док се најмање разликују у Зрењанину ($-0,8^\circ\text{C}$), где је ветар најслабији. То указује да у току године у Банату велики утицај на осећај топлоте има ветар. Приметан је и лагани раст оба параметра. У Зрењанину, где је брзина ветра била у опадању, TI_g су брже расли ($0,7^\circ\text{C}$ по декади) од T_g ($0,5^\circ\text{C}$ по декади).





Скица 3. Средње годишње вредности топлотних индекса (TI_g), температура ваздуха (T_g), брзине ветра (v_g) и релативне влажности ваздуха (RH_g) у Банату у периоду 1992-2008. година

Пошто се TI у категоријама које изазивају стрес најчешће јављају лети и зими, просечне вредности TI у овим периодима су најбољи показатељ топлотних услова подручја. Нихове вредности приказане су у табели 2. Из ове табеле се може видети да најнеповољније вредности сезонских TI има Кикинда са најмањим TI_z и највећим TI_l . Година са најнеповољнијим вредностима у Банату у посматраном периоду била је 2003. када су TI_z били најмањи, а TI_l највећи.

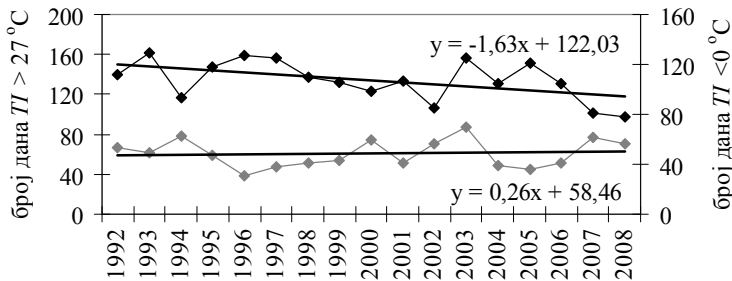
Табела 2. Просечни зимски (TI_l) и летњи (TI_z) топлотни индекси у Банату у периоду 1992-2008. година.

	TI_z			TI_l		
	Кикинда	Банатски Карловац	Зрењанин	Кикинда	Банатски Карловац	Зрењанин
1992	-0,8	-1,6	-0,2	23,2	22,6	23,1
1993	-3,7	-4,3	-3,0	21,5	21,3	21,6
1994	0,3	-0,1	0,8	22,5	21,9	22,5
1995	-0,2	-0,6	0,6	21,6	21,2	21,2
1996	-3,8	-4,3	-3,1	20,8	20,8	20,5
1997	-2,3	-1,4	-1,1	20,5	20,7	20,4
1998	1,4	1,6	2,2	22,0	22,1	22,0
1999	-3,8	-3,2	-3,0	21,5	21,4	21,2
2000	-1,7	-1,0	-1,2	22,9	22,9	22,8
2001	0,7	1,3	1,4	21,5	21,3	21,4
2002	-1,4	-1,3	-0,2	22,9	22,5	22,9
2003	-5,7	-4,6	-4,3	23,8	23,1	24,0
2004	-2,4	-2,6	-1,6	21,3	21,1	21,3

Биоклиматске карактеристике Баната

2005	-3,4	-3,0	-2,2	20,8	20,4	20,6
2006	-2,8	-2,8	-1,3	21,4	20,8	21,4
2007	1,9	1,8	3,4	23,2	23,0	23,5
2008	-1,0	-1,1	0,6	22,2	21,8	22,7
<i>TI</i>	-1,7	-1,6	-0,7	22,0	21,7	21,9

Скица 4 приказује просечан годишњи број дана са вредностима *TI* који могу да изазову стрес. Сива линија се односи на вредности *TI* изнад 27 °С, док се црна линија односи на негативне вредности *TI*. Просечан годишњи број дана у категоријама које могу да изазову стрес био је већи када су у питању ниске *TI* вредности (107) од високих (61). Примећује се опадање броја дана у категоријама које могу да изазову стрес са ниским вредностима *TI* (1,63 дана годишње) и пораст броја дана са високим вредностима (0,26 дана годишње).



Скица 4. Просечан годишњи број дана са вредностима *TI* које могу да изазову стрес у Банату у периоду 1992-2008. година

Укупан просечни годишњи број дана са ниским *TI* вредностима које могу да изазову стрес био је највећи у Кикинди (112,2). Кикинда има и највећу учесталост појаве *TI* испод -25°C , као и најмању вредност TI_z у Банату што је чини насељем са најнеповољнијим топлотним условима зими. Зрењанин је насеље са највећим вредностима TI_z и насеље са најмањим бројем дана са вредностима *TI* испод 0°C што га чини насељем са најповољнијим топлотним условима зими. Зрењанин је насеље са најнеповољнијим биоклиматским условима у Банату у току лета јер поред високих TI_l има и највећу учесталост појављивања *TI* изнад 32°C .

Закључак

Откако је започела анализа ефеката климатских промена на здравље људи, проучавање топлотног окружења све више добија на важности.

Проучавању топлотног окружења у Србији није посвећено довољно пажње с обзиром на чињеницу да статистички подаци у свету указују на повећану смртност и оболевање при топлотном стресу као и на најаву чешћих појава екстремних температура ваздуха.

У овом раду испитано је колико су топлотни услови у Банату погодни за живот, као и да ли постоје веће разлике између топлотних услова проучаваних насеља. Анализа топлотних индекса у Банату у периоду 1992 - 2008. година показала је да на осећај топлоте велики утицај има ветар. Просечни годишњи топлотни индекси су нижи од просечних годишњих температура ваздуха у свим насељима. Топлотни индекси имају тенденцију пораста која је првенствено последица пораста температура ваздуха услед глобалног загревања и урбанизације. Број дана са појавом високих TI је у порасту, док је учесталост појаве ниских TI у опадању. Зрењанин је насеље са најнеповољнијим биоклиматским условима у Банату у току лета јер поред високих TI има и највећу учесталост појављивања TI изнад 32°C . Кикинда има и највећу учесталост појаве TI испод 0°C , као и најмању вредност TI_2 што је чини насељем са најнеповољнијим топлотним условима зими.

Литература

- Browning, P.A., & Walawender, B.P. (2009). A climatology of apparent temperature. *Proceeding of the 21st Conference on Climate Variability and Change*. Phoenix.
- Eurowinter Group. (1997). Cold exposure and winter ischaemic heart diseases, cerebrovascular diseases, and all causes in warm and cold regions of Europe. *Lancet*, 349, 1341–1346.
- Hoppe, P. (1999). The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology* 43, 71–75.
- Kalkstein, L.S. (2000). Biometeorology-looking at the links between weather, climate and health. *World Meteorological Organization (WMO) Bulletin* 50, 1–6.
- Li, P.W., & Chan, S.T. (2000). Application of a weather stress index for alerting the public to stressful weather in Hong Kong. *Meteorological Applications* 7, 369-375.
- Masterton, J.M., & Richardson, F.A. (1979). Humidex: a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Downsview, Ontario, Canada, Environment Canada, Atmospheric Environment Service.
- Михаиловић, Д.Т., Арсенић, И., Лалић, Б., Радловић, Д., & Кочи, И. (2001). Топлотни индекс током израито високих температура у месецу јулу 2000. године у Новом Саду. *Научни скуп Матице Српске, Тематски зборник, Нови Сад*, 85-91.
- Osczevski, R.J., & Bluestein, M. (2005). The new wind chill equivalent temperature Chart. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 86, 1453-1458.

Биоклиматске карактеристике Баната

- Rothfus, L.P. (1990). The Heat Index Equation (or, More Than You Ever Wanted to Know About Heat Index). (1990, July 1). Scientific Services Division (NWS Southern Region Headquarters). Retrieved from http://www.srh.noaa.gov/images/ffc/pdf/ta_htindx.pdf
- Siple, P.A., & Passel, C.F. (1945). Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 89, 177–199.
- Steadman, R.G. (1979a). The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *Journal of Applied Meteorology*, 18, 861-873.
- Steadman, R.G. (1979b). The assessment of sultriness. Part II: Effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. *Journal of Applied Meteorology*, 18, 874-885.
- Steadman, R.G. (1984). A Universal Scale of Apparent Temperature. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, 1674-1687.
- Verein Deutscher Ingenieure [VDI]. (1998). Methods for the human-biometeorological assessment of climate and air hygiene for urban and regional planning. Part I: Climate. *VDI guideline 3787*. Beuth, Berlin.
- World Meteorological Organization [WMO]. (2004). Guidelines on biometeorology and air quality forecasts. *WMO/TD No. 1184*. Geneva, Switzerland.