

BIOMETEOROLOGICKÁ PŘEDPOVĚĎ ČHMÚ – SOUČASNOST A BUDOUCNOST

Martin Novák, Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí n.L.

novakm@chmi.cz

ABSTRACT

CHMI'S BIOMETEOROLOGICAL FORECAST – PRESENT AND FUTURE

Currently operating BMF model shows only slight difference from the original one of 1993. Still, the changes in the model reduced its stability. Another impulse for construction of a brand-new model arises from some important drawbacks of the old BMF model. First of all there is an evident absence of a complex TWH index combining temperature, wind speed and humidity. An important part of subjective decision making is another disadvantage, allowing the meteorologist to influence the final form of BMF. The old model also emphasized too much the role of synoptic interpretation of weather.

We plan to construct an algorithm of new BMF model involving data transfer from the databases of the CHMI and a combined TWF index as well. The forecaster would be able to enter the synoptic interpretation of a given meteorological situation and to edit inputs from the local model ALADIN.

Keywords: biometeorology, biometeorological forecast, thermal comfort, heat index, wind chill

Klíčová slova: biometeorologie, biometeorologická předpověď, tepelný komfort, heat index, wind chill

ÚVOD

Humánní biometeorologie má v České republice poměrně bohatou minulost. V padesátých a šedesátých letech minulého století se poměrně velké množství meteorologů i lékařů s různými specializacemi aktivně zabývalo vazbami mezi okamžitými stavy a aperiodickými změnami v troposféře – tedy počasím – a lidským organismem. Počasí bylo v těchto pracích vyjádřeno jednak konkrétními měřeními vybraných meteorologických prvků, ale hlavně užitím velkoměřítkových synoptických modelů – tlakových útvarů a atmosférických front.

V sedmdesátých letech se podařilo práce v oboru zaštitit i institucionálně. Výzkumy probíhaly v rezortu zdravotnictví hlavně v tehdejší Výzkumném ústavu balneologickém v Mariánských Lázních a ve Fakultní nemocnici v Plzni, meteorologické práce se soustředily na půdu Českého hydrometeorologického ústavu, na pobočku v Ústí nad Labem. Právě spolupráce výše uvedených pracovišť vedla k základům biometeorologické předpovědi (BMP), ke stanovení jejích teoretických základů a definici jejích cílů. Heliogeofyzikální faktory pro BMP byly zajišťovány díky spolupráci s Hvězdárnou Úpice.

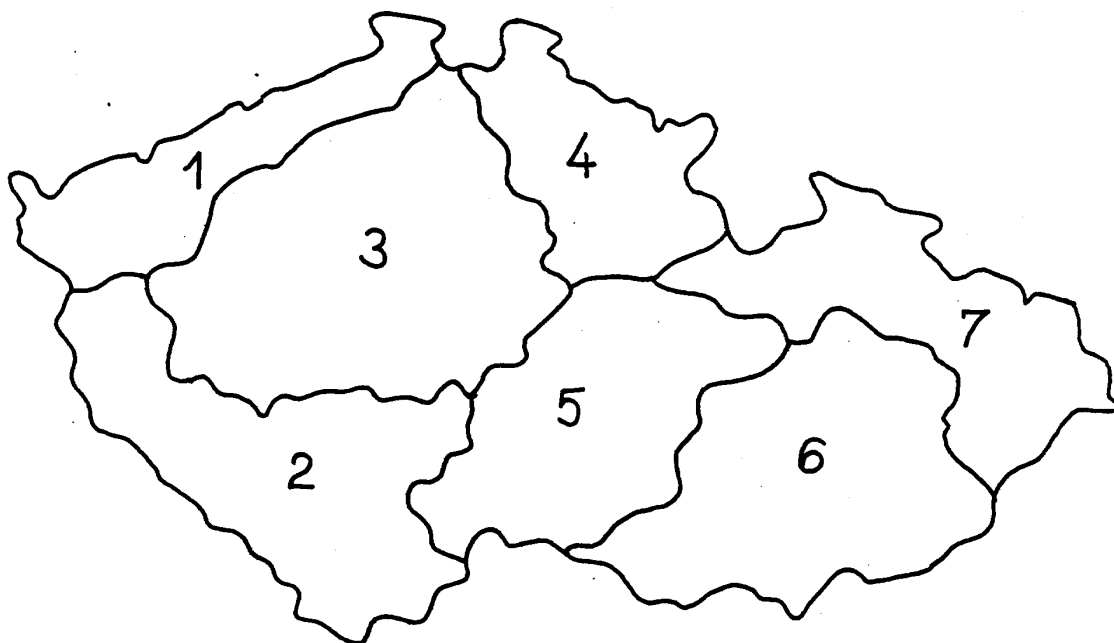
V osmdesátých letech probíhaly ve spolupráci FN Plzeň a ČHMÚ intenzivní statistické práce vedoucí nejprve k experimentálním modelům bodové BMP, začátkem let devadesátých byl model rozšířen na plošný, informace byly vydávány pro území tehdejšího Severočeského kraje. V roce 1993 zahájil ČHMÚ pravidelné vydávání BMP pro celé území České republiky, a od tohoto data došlo jen ke dvěma dílčím revizím modelu BMP. První změnou bylo v roce 1997 vyřazení informací o sluneční aktivitě a stavu geomagnetického pole z konstrukce indexu biotropie, který je směrodatný pro stanovení stupně očekávané zátěže. Tyto informace jsou ale nadále připojovány k BMP jako její nedílná součást. Důvodem pro tuto změnu bylo prosazení se samostatných informací do sdělovacích prostředků a tedy „tichá“ duplicita zátěže heliogeofyzikálními faktory. Druhou změnou byly úpravy kritérií pro maximální teploty vzduchu v letní sezóně, nové limity platily od roku 1999. Stav současně provozovaného modelu BMP (označovaný BMP IIIc) je znázorněn v tab. 1 (kritéria) a na obr. 1 (regionalizace).

Stávající model BMP však nevyhovuje současným potřebám. Pravděpodobně největším nedostatkem je absence popisu komplexního působení teploty, vlhkosti a proudění vzduchu. Proto je vyvíjen model nový, který bude (kromě zavedení THW indexů) využívat i novějších možností meteorologie i technologií.

Skup.	Body	Charakteristika
A	2	a) výrazná výměna vzduchové hmoty; b) pokles tlaku vzduchu ≥ 10 hPa/12 h;
B1	1	a) denní amplituda teploty ≥ 24 °C alespoň na 50% stanic oblasti; b) minimální relativní vlhkost $\leq 20\%$ alespoň na 50% stanic oblasti; c) maximální relativní vlhkost $\leq 50\%$ alespoň na 50% stanic oblasti; d) minimální teplota ≤ 11 °C alespoň na 50% stanic oblasti; e) vzestup teploty v hladině 850 hPa ≥ 5 °C/12 h;
B2	3	a) průměrná denní teplota ≤ 13 °C a současně minimální teplota ≤ 0 °C alespoň na 50% stanic oblasti;
B3	2	a) průměrná denní teplota ≤ 13 °C a současně minimální teplota ≥ 0 °C alespoň na 50% stanic oblasti (v chladném půlroce jen 1 den po ochlazení);
B4	4	a) maximum předpovídaného intervalu maximálních teplot ≥ 29 °C;
B5	6	a) maximum předpovídaného intervalu maximálních teplot ≥ 33 °C;
C	1	a) bouřka na alespoň 50% stanic oblasti; b) rychlost větru v nárazech ≥ 25 m/s na alespoň 50% stanic oblasti;
E	4	a) vysoká pravděpodobnost překročení limitní 24-hod. koncentrace SO ₂ 350 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ alespoň na 3 monitorech oblasti a neklesající trend nebo trvání situace s již překročeným
	3	b) přízemní inverze nebo výšková inverze s dolní hranicí max. 1000 až 1200 m n.m. s trváním ≥ 18 hodin na alespoň 50% plochy oblasti;
info	info	stav a předpověď geomagnetického pole a sluneční aktivity (zdroj: Hvězdárna Úpice)

Stupeň zátěže: č. 1 – mírná zátěž: 0 – 2 body
 č. 2 – střední zátěž: 3 – 5 bodů
 č. 3 – vysoká zátěž: 6 a více bodů

Tab. 1: Současný model BMP ČHMÚ (BMP IIIc)



Obr. 1: Regionalizace území ČR pro potřeby BMP ČHMÚ

DATA A METODY

Největším problémem stávajícího modelu BMP je izolovaný popis vlivu teploty, vlhkosti a proudění vzduchu. Ve skutečnosti ale působí zmíněné charakteristiky společně a míra jejich vlivu se mění se změnou stavu celé trojice zmíněných veličin. Ve světě už bylo provedeno množství prací, které vedly ke stanovení jejich

společného vlivu. Jejich výsledkem byl prakticky vždy nějaký tzv. THW index, tedy Temperature-Humidity-Wind index. V současnosti jich existují dokonce stovky. Při jejich konstrukci se ale uplatňují v podstatě jen dva základní přístupy – empirický a fyziologický.

Empirický přístup

Pro empirický přístup k výzkumu společného vlivu teploty, vlhkosti a proudění vzduchu (nebo alespoň dvou z této trojice) je typické statistické zpracování dlouhých časových řad meteorologických a zdravotnických dat se zaměřením na celkovou populaci (většinou s použitím celkové úmrtnosti nebo celkové hospitalizace, případně dat o závažných akutních příhodách z různých období naší Rychlé záchranné služby). Tyto indexy byly většinou vyvíjeny pro jednorázová zpracování a nebo pro lokální použití. Některé však jsou dlouhodobě zdokonalovány a aktualizovány a jsou už osvědčenou součástí meteorologického zpravodajství. Mezi takové indexy patří Heat Index používaný NWS USA (Robinson, 2001) vyvinutý na základě Apparent Temperature (Steadman, 1979), pro chladnou sezónu pak Wind Chill (Steadman, 1971) a na něm založený updatovaný Wind Chill Temperature Index (OFCM, 2003) používaný a vyvíjený společně národními meteorologickými službami USA a Kanady-

Fyziologický přístup

Další skupina používaných THW indexů jsou ukazatele založené na radiační a tepelné bilanci lidského těla, přesněji řečeno ve většině případů radiační a tepelné bilanci povrchu lidského těla. Většina z nich navazuje na model bilance popsany P. O. Fangerem (Fanger, 1970). Zavedl tzv. Predicted Mean Vote (PMV), výpočet hodnoty PMV však vyžadoval nejen zadání meteorologických podmínek, ale také veličin ryze individuálních, jakými je výdej energie (například prostřednictvím pohybu), tepelná izolace (koeficient vyjadřující tepelné účinky oblečení) nebo vliv vnitřního metabolismu těla. Proto jsou indexy založené na fyziologickém přístupu užívány převážně pro výzkumné účely a pokusy se skupinami sledovaných jednotlivců. Určitou cestou, jak zobecnit informaci a zpřístupnit ji pro širší využití, je nahrazení zmíněných nemeteorologických a vybraných radiačních členů bilance „průměrnými“ hodnotami, tedy stanovení jejich normálních hodnot platných pro většinu lidí nebo většinu prostředí. Tato metoda byla použita například při vývoji Physiological Equivalent Temperature PET (Höppe, 1999) nebo Perceived Temperature PT (Jendritzky et al., 2000).

Na fyziologické bázi by měl být založen i Universal Thermal Climate Index UTCI, jehož vývoj probíhá v rámci International Society of Biometeorology (Commission 6 ISB) a od roku 2005 je řešen v rámci akce COST730. Mezinárodní tým vede Prof. Gerd Jendritzky. Mezi základní požadavky na UTCI patří nezávislost na klimatické oblasti i jeho použitelnost v každodenní prognostické praxi

Srovnání nepoužívanějších indexů z obou zmíněných skupin provedl kolektiv vedený Robertem E. Davisem (Davis et al., 2006). Z jejich testů vyšel vítězně Höppeho PET, ale rozdíly mezi indexy byly velmi malé. Nečekaně vysoko se umístil čistě empirický ukazatel Spatial Synoptic Classification SSC (Kalkstein, Greene, 1997) stanovený na základě podrobné synoptické analýzy vzduchových hmot. Jeho použití je ale vázáno na konkrétní oblast a v podmínkách střední Evropy je nevhodné.

ŘEŠENÍ A VÝSLEDKY

Konkrétní řešení zařazení THW indexu do BMP ČHMÚ spočívá ve splnění základních požadavků, které musí index splňovat:

- index musí být počítaný z běžně měřených meteorologických charakteristik (podmínka možné verifikace, zpětného hodnocení, případových studií);
- index musí být počítaný z běžně předpověditelných meteorologických charakteristik (podmínka nasazení v operativním provozu);
- index nesmí kombinovat větší počet předpovídaných charakteristik (snížení rizika násobení nejistot v předpovědi obsažených);
- index musí být ověřen operativním provozem.

Dodatečným kritériem je i snadná sdělitelnost. Ze strany veřejnosti roste zájem o samostatné zveřejňování podobné informace, jakou THW index je. Ideálním řešením pak je, když index vyjadřuje „pocitovou teplotu“, což je forma jednoduše pochopitelná.

Většina fyziologicky orientovaných indexů nespĺňuje, bohužel, první dva požadavky. Kamenem úrazu se stávají členy reprezentující radiační bilanci. V praxi německé povětrnostní služby DWD se používají PET a PT, ale jejich užití je omezeno na případové studie epizod s vysokými nebo naopak nízkými teplotami, nejsou tedy nasazeny v předpovědní praxi. Indexy empirické jsou nasazeny dlouhodobě v praxi americké povětrnostní služby NWS, konkrétně jimi jsou Heat Index pro teplotu část roku a Wind Chill Temperature Index (WCTI) pro chladné období. Jejich nedostatkem je, že vždy používají jen dvojici působících vlivů, v případě Heat Indexu teplotu a vlhkost vzduchu, v případě WCTI pak teplotu vzduchu a vítr v 10 m nad povrchem. Přes tyto výhrady

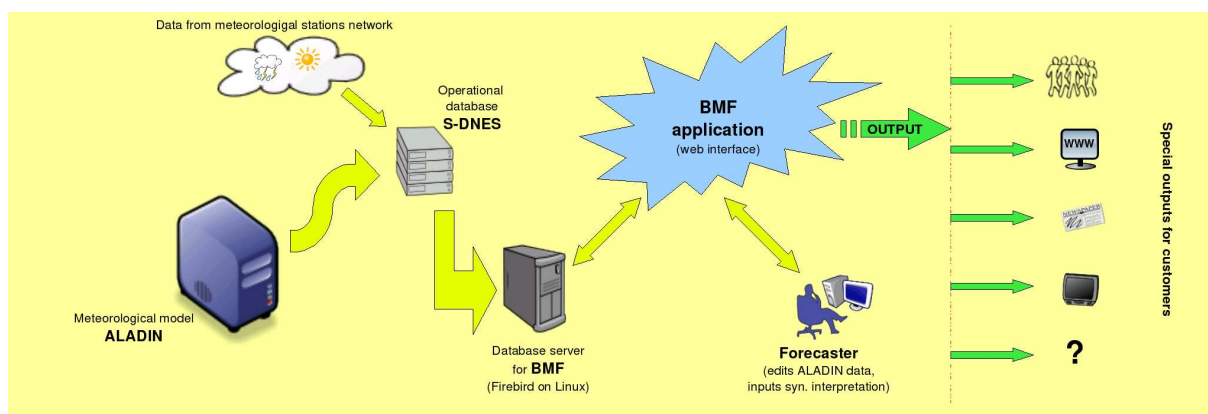
jsou ale právě tyto dva empirické indexy těmi, které splňují výše uvedená kritéria a budou tedy do nového modelu BMP ČHMÚ zařazeny.

Podle materiálů akce COST730 se zdá, že vyvíjený UTCI by měl být pro užití v BMP vhodnější (měl by splňovat všechna kritéria, měl by být schopen popisovat společné působení všech tří faktorů a přitom by měl být použitelný celoročně. Jeho vývoj ale nebude dokončen před rokem 2009. Do BMP ČHMÚ by tak mohl být nasazen až v budoucnu, po provedení důkladných testů na historických datech.

ZÁVĚR

Kromě řešení problematiky THW indexů je při konstrukci nového modelu BMP ČHMÚ nutné řešit ještě další zadání. Pro výpočet je nutné použít nejen předpovídané hodnoty, ale i data z minulých dnů (D_0 , D_{-1}) tak, aby informace respektovala míru a trvání už probíhající změny. Současnou velkou míru subjektivity (role názoru meteorologa) při vydávání BMP je nutné výrazně snížit. Tomu by měla sloužit forma „black boxu“, kdy meteorolog nezná konkrétní algoritmus výpočtu a zadává informace prostřednictvím vhodně zvoleného rozhraní. Na toto rozhraní mu budou připravena data naměřená na stanicích i předpovídaná matematickým modelem ALADIN. Technické řešení je zachyceno na obr. 2. Přehled hlavních změn mezi stávajícím a novým modelem BMP ČHMÚ je v tab. 2.

Nasazení nového modelu BMP ČHMÚ do operativního provozu je limitováno technickými podmínkami. Vývoj operativní databáze S-DNES, která bude hlavním zdrojem přímých vstupů i podkladů pro vstupy kombinované, není dosud dokončen a její zprovoznění je plánováno na rok 2008. Teprve poté bude možné vývoj dokončit a po informační kampani provoz spustit. Reálným termínem se tak jeví rok 2009.



Obr. 2: Schéma technického řešení nového modelu BMP ČHMÚ

Model	Tmin	Tmax	T _{850hPa}	T _{925hPa}	Heat Index	WCTI	D0,D-1	Atm.fronty	Syn.sit.
Stávající	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne
Nový	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne ^{*)}	Ano

*) Přejechy atmosférických front jsou součástí synoptické interpretace („Syn.sit.“)

Tab. 2: Srovnání stávajícího a nového modelu BMP ČHMÚ

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory MŽP ČR v rámci řešení projektu VaV-1C/5/18/04.

LITERATURA

- [1] Davis R.E. et al. (2006): A comparison of biometeorological comfort indices and human mortality during heat waves in the United States, 17th Conference on Biometeorology and Aerobiology, 2006, San Diego, <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/110867.pdf> (ver. 25.6.2007);
- [2] Fanger P.O. (1970): Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering, Danish Technical Press, Copenhagen;
- [3] Höppe P. (1999): The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment, Int J Biometeorol, 43:71-75;
- [4] Huang J. (2007): Prediction of air temperature for thermal comfort of people in outdoor environments, Int J Biometeorol, 51:375-382;
- [5] Jendritzky G. et al. (2000): The perceived temperature: The method of the Deutscher Wetterdienst for the assessment of cold stress and heat load for the human body, Internet Workshop on Windchill, April 3-7, 2000, Meteorological Service of Canada;

- [6] Kalkstein L. S., Greene J. S. (1997): An evaluation of climate/mortality relationships in large US cities and the possible impacts of climate change, *Environ Health Perspect* , 105:84-93;
- [7] Matzarakis A. et al. (1999): Applications of a universal thermal index: Physiological equivalent temperature, *Int. J Biometeorol*, 43:76-84;
- [8] Matzarakis A. et al. (2007): Modelling radiation fluxes in simple and complex environments – application of the RayMan model, *Int J Biometeorol*, 51:323-334;
- [9] OFCM (2003): Report on wind chill temperature and extreme heat indices: evaluation and improvement projects, Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, Washington, <http://www.ofcm.gov/jagti/r19-ti-plan/r19-ti-plan.htm> (ver. 25.6.2007);
- [10] Robinson P.J. (2001): On the definition of a heat wave, *J Appl Meteor*, 40:762-775;
- [11] Steadman R.G. (1971): Indices of windchill of clothed persons, *J Appl Meteor*, 10:674-683;
- [12] Steadman R.G. (1979): The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science, *J Appl Meteor*, 23:1674-1687;
- [13] UTCI (2001-2006): UTCI, www.utci.org (průběžně doplňováno – ver. 25.6.2007);
- [14] Watts J.D., Kalkstein L.S. (2004): *J Appl Meteor*, 43:503-513;