

Pravděpodobnost předpovědí teploty vzduchu

Jaroslav Rožnovský, Jana Smolíková

Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, 616 76 Brno, Czech Republic,

e-mail: roznovsky@chmi.cz

Abstract

The probability prognosis of air temperature

The goal of this paper was to research probability prognosis of air temperature with using statistical methods. The paper includes the results of evaluation probability prognosis of air temperature on the next day (tomorrow). In the paper is analysed daily maximum and daily minimum of air temperature. The amplitude is difference between predictable maximum and predictable minimum of air temperature. The differences were counted as daily maximum less maximum of predictable air temperature (difference1), daily maximum less minimum of predictable air temperature (difference 2). The days were chosen according to difference 1 and difference 2, whose value was bigger then double of maximum amplitude (5 °C).

To analyse weather prognosis were applied the term of 5 years, from 1.1. 2002 to 31.12.2006. Success of prognosis is in average 98,96 %. From results follow, that amplitude prognosis of air temperature is in interval 2-5 °C, so it doesn't truthful physiography of region. Amplitude is in the same interval for different synoptical situations.

Key words: probability, prognosis, air temperature

Úvod

Znalost vývoje počasí se stává stále důležitější informací pro veškeré činnosti člověka. Přesto, že předpovědi počasí jsou poskytovány více jak sto let, neodpovídají v mnoha pohledech požadavkům odborné i laické veřejnosti. Proto je nutné zabývat se úspěšností předpovědí z různých pohledů. Proto je také zdokonalování metod předpovědi počasí stále předmětem intenzivního výzkumu. Subjektivní přístup je nahrazován počítačovými modely tvořenými soustavami časově závislých parciálních diferenciálních rovnic nelineárního typu, popisujících základní termodynamické a hydrodynamické procesy v atmosféře. K dosažení úspěšnosti krátkodobé předpovědi je však nutné dořešit řadu problémů, které se týkají lepší znalosti fyzikálního mechanismu atmosféry.

Hodnocení předpovědi počasí bylo již prováděno mnohokrát, často se vychází vychází z Brádkovy metody navržené v roce 1947 a metody ruské (Brádka 1947). V prognózách na tři dny se hodnotí jednotlivé prvky předpovědi zvlášť. Předpověděné počasí, které platilo pro celé území Čech a Moravy se porovnávalo se skutečným počasím podle přehledové mapy.

Hodnocení úspěšnosti předpovědi počasí Českého hydrometeorologického ústavu pokračovalo v 80. letech, které zpracovala Červená (1988). Výhodou bylo, oproti dřívějším metodám, zpracování a výpočet na počítači.

V 90. letech byla metoda pro hodnocení předpovědi extrémních teplot Červené převzata Šálkem (1996), který z této metodiky vytvořil počítačový program. V programu platil stejný algoritmus pro minimální a maximální teploty.

Proměnné:

- T_{pred} – předpověděná teplota (maximální, minimální)
- T – skutečná teplota (maximální, minimální) na dané stanici
- U_{ti} – úspěšnost předpovědi dané extrémní teploty na 1 stanici
- U_t – úspěšnost předpovědi extrémní teploty na celém území

Výpočet U_{ti} : $U_{ti} = 100$

$$pro: |T - T_{pred}| \leq 3$$

$$U_{ti} = 100 - P.30$$

$$pro: 2 + P < |T - T_{pred}| \leq 3 + P, P \text{ je přirozené číslo (1,2,3,4,...)}$$

Úspěšnost předpovědi pro celé území je dána průměrnou úspěšností ze všech stanic:

$U_t = 1/n \sum U_{ti}$, kde n je počet hodnocených stanic s platným údajem o extrémní teplotě.

Výše popsaným způsobem předpověď počasí na 1. a 2. den zhodnotil Šálek (1996) v období od 4. března 1996 do 31. srpna 1996, tedy v období, kdy převažuje letní typ počasí. Výsledky ukázaly, že z předpovědi teplot byla nejlepší předpověď teploty minimální, a to i v případě inerční předpovědi. Úspěšnost předpovědi teplot minimálních byla 93 % a teplot maximálních 90 %.

Hodnocení předpovědi teplot vzduchu dnes vychází především od Brádky z důvodu jednotného a dle možností jednoduchého hodnocení v rámci všech předpovědních pracovišť ČHMÚ. Jeden z požadavků je zachování kontinuity dosavadního hodnocení na CPP, které se dělá podle pozměněné metodiky Brádky a popisuje ho následující výpočet (Šopko 2006).

Výpočet úspěšnosti předpovědi

Teplota vzduchu (min. a max.)

1. při $0\text{ }^{\circ}\text{C} \leq |TP - TN| \leq 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ $U [\%] = 100\%$
2. při $1,5\text{ }^{\circ}\text{C} < |TP - TN| < 5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ $U [\%] = 100 - (|TP - TN| - 1,5) \times 25\%$
3. při $5,5\text{ }^{\circ}\text{C} \leq |TP - TN|$ $U [\%] = 0\%$

kde: U je úspěšnost předpovědi teplot v %,

TP je předpověď průměrné (min. resp. max.) teploty v oblasti ve $^{\circ}\text{C}$

NT je spočtená průměrná (min. resp. max.) teplota v oblasti ve $^{\circ}\text{C}$

V rozmezí od 0 do $\pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ je úspěšnost 100 %, postupně lineárně klesá k 0 % do $\pm 5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dále je nulová.

Úspěšnost je v dobré shodě s hodnocením dle Brádky (do $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 100 %, při $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 0 % - viz Tabulka č. 1.)

chyba předp. teploty $ TP - TN $ [$^{\circ}\text{C}$]	stávající hodnocení [%]	Brádka [%]
0,0	100	100
1,5	100	100
2,5	75	80
3,5	50	60
4,5	25	40
5,5	0	0

Tab.1. Srovnání Brádkova hodnocení se stávajícím hodnocením (Šopko 2006).

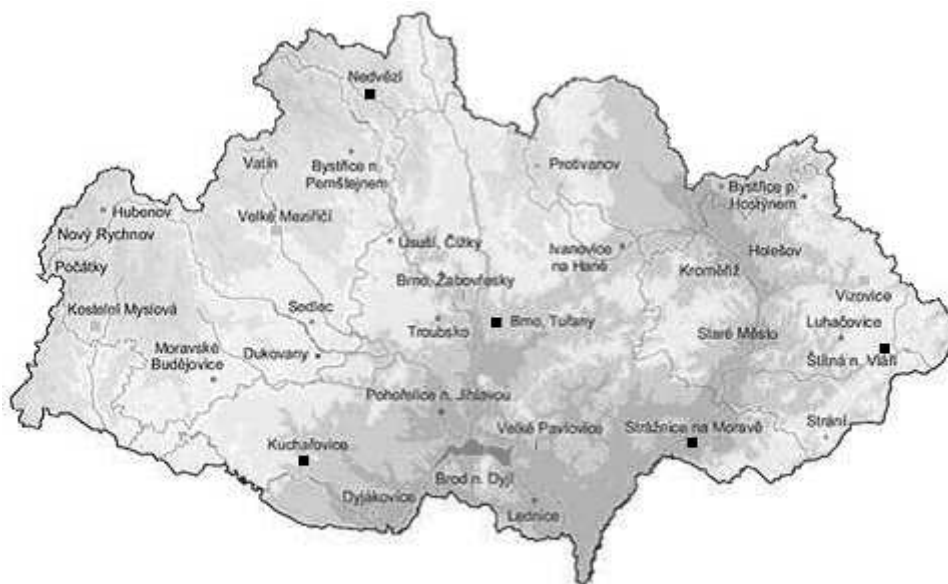
Materiály a metody

Cílem práce bylo objektivně a s použitím statistických metod zpracovat a následně určit pravděpodobnost předpovědi teplot vzduchu v období 2002–2006 na následující den pro předpověď vydávanou pro kraj Vysočina, Jihomoravský a Zlínský. K určení pravděpodobnosti předpovědi bylo nutné vytvořit databázi předpovědí a teplot vzduchu naměřených na vybraných klimatologických stanicích.

Stanice byly vybrány na základě dostupnosti požadovaných dat, jejich dostatečné reprezentativnosti, homogenity a polohy. Seznam meteorologických stanic a jejich základní geografické údaje jsou uvedeny v tabulce č. 2. Geografické rozmístění těchto stanic je znázorněno na obrázku č. 1. Rozložení stanic je víceméně rovnoměrné. Nejnižše položená stanice je Strážnice na Moravě (176 m n. m.), nejvýše položená je stanice Nedvězí (722 m n. m.). Průměrná nadmořská výška analyzovaných stanic je 357,6 m n. m.

Kraj	Meteorologické stanice	Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka	Nadmořská výška [m]
Vysočina	Nedvězí	16°18′	49°38′	722
Jihomoravský	Kuchařovice	16°05′	48°52′	334
	Brno-Tuřany	16°41′	49°09′	241
	Strážnice na Moravě	17°20′	48°53′	176
Zlínský	Štítná nad Vláří	17°58′	49°04′	315

Tab. 2. Seznam meteorologických stanic použitých k hodnocení výsledků za období 2002-2006.



Obr. 1. Geografické rozmístění vybraných stanic na území jižní Moravy.

V práci je hodnocena obecná předpověď počasí na první (zítřek) den po dnu vydání předpovědi. Z meteorologických prvků se hodnotí maximální (07 – 21 hodin) a minimální (21 hodin předcházejícího dne – 07 hodin) teplota vzduchu.

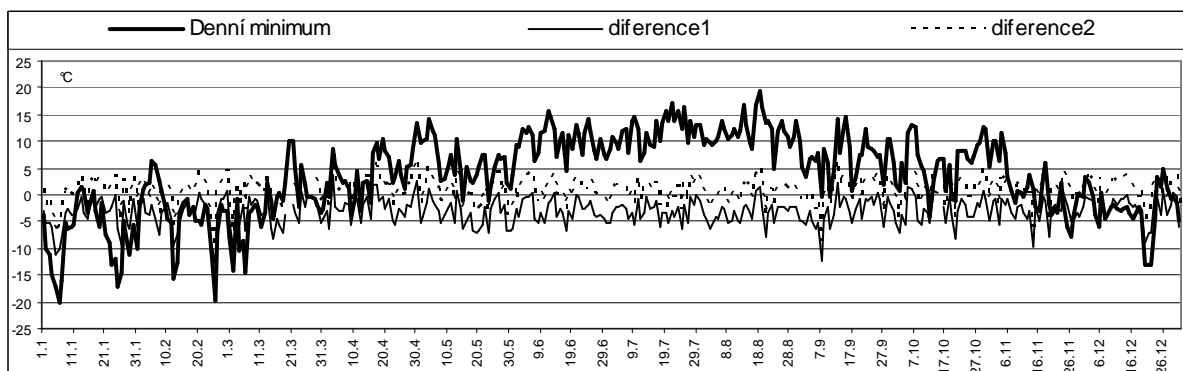
Vyhodnotily se předpovědi počasí vydané na pobočce ČHMÚ v Brně od začátku roku 2002 do konce roku 2006. V tomto období chybí předpovědi z následujících dnů: Za rok 2002 (1.1.-3.1., 5.1.-8.1, 11.1.-13.1., 15.1. a 4.11.), v roce 2003 (10.4., 19.4.-20.4.) v roce 2005 (4.12.) a v roce 2006 (3.11., 27.11.). K vyhodnocení se použily maximální a minimální denní teploty vzduchu, které poskytla taktéž pobočka ČHMÚ-Brno. V souboru maximálních

a minimálních denních teplot došlo u stanice Štítná nad Vlčí v období od 7.8. do 6.9. 2005 k výpadku měření. Při hodnocení se bude vycházet z textových dokumentů předpovědi počasí. V programu se vypočítala amplituda A, která vymezuje rozpětí předpověděných nejvyšších a nejnižších teplot. Ta nabývá hodnot od 2 °C do maxima 5 °C viz tabulka č. 3. Zároveň se stanoví diference. Od denního maxima teploty se odečte nejvyšší hodnota předpověděné teploty a dostaneme diferenci 1, po odečtení nejnižší hodnoty předpověděné teploty získáme diferenci 2. Tento samý postup zopakujeme při hodnocení denního minima. Pro lepší přehlednost postupu je uvedena tabulka č. 3.

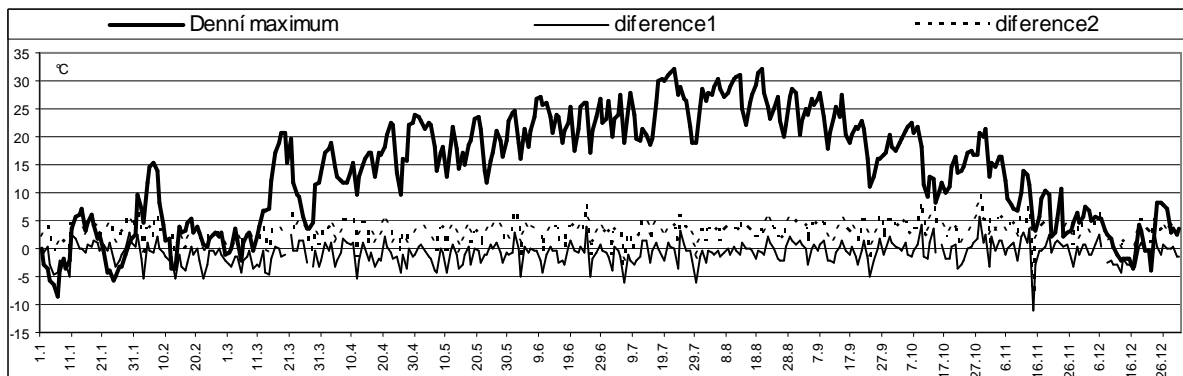
	Denní maximum	nejvyšší	nejnižší	A	diference1	diference2
25.1.2003	2,3	4	1	3	-1,7	1,3
26.1.2003	2,2	3	1	2	-0,8	1,2
27.1.2003	4,5	4	0	4	0,5	4,5
1.11.2003	16,8	15	10	5	1,8	6,8

Tab. 3. Stanovení amplitudy a diferencí u denního maxima.

Z výše popsaného postupu byly sestaveny grafy (Obr. č. 2 a 3) diferencí minimální teploty a maximální. Z uvedených grafů se vybraly dny, u nichž jsou nejvyšší hodnoty diferencí, které poukazují na mimořádně neúspěšnou předpověď. Dny se vybraly podle hodnoty diference 1 a diference 2, u nichž byla tato hodnota větší než dvojnásobek maximální amplitudy. Dny, u kterých byl překročen tento dvojnásobek, můžeme označit jako dny s mimořádně neúspěšnou předpovědí. Pro tyto dny se vypočítá procentické zastoupení. Procento úspěšné předpovědi pak bude uvedeno, bez ohledu na další podrobnější členění.



Obr. 2. Graf denního minima a diferencí v roce 2004 na stanici Strážnice na Moravě.



Obr. 3. Graf denního maxima a diferencí v roce 2004 na stanici Strážnice na Moravě.

Výsledky a diskuse

Pro stanice byla vytvořena databáze základních statistických charakteristik. Příklad databáze je uveden v tabulce č. 4. Tabulky byly vytvořeny pro amplitudu, diferenci 1 a diferenci 2 maximální a minimální teploty. Pro každý rok byla stanovena maxima, minima, směrodatná odchylka a průměr za jednotlivé měsíce a daný rok. Nejčastěji se vyskytující hodnotou maxima amplitudy jsou pro všechny stanice shodně 4 °C. Pro minimum amplitudy to jsou nejčastěji 3 °C. Rozpětí se však pohybuje od minima 2 °C po maximum 5 °C. Tyto hodnoty se vyskytují spíše ojediněle. Vyhodnocení se provedlo pouze u roků, u kterých nastala mimořádně neúspěšná předpověď.

Max	A				dif 1	dif 2								
	max	min	s	prům.		max	min	s	prům.					
I	4	2	0,55	3,61	I	2,90	-5,00	1,98	-0,69	I	5,90	-1,00	1,69	2,92
II	4	3	0,49	3,59	II	2,50	-5,40	1,91	-1,41	II	6,50	-2,40	1,90	2,17
III	4	3	0,43	3,76	III	2,60	-4,70	1,80	-1,62	III	6,60	-0,70	1,83	2,14
IV	4	3	0,40	3,80	IV	2,10	-5,40	1,81	-0,93	IV	6,10	-1,40	1,78	2,87
V	4	3	0,40	3,81	V	1,20	-4,20	1,50	-1,13	V	5,20	-0,60	1,59	2,67
VI	4	3	0,40	3,80	VI	4,00	-5,10	1,91	-0,72	VI	8,00	-1,10	1,94	3,08
VII	4	3	0,44	3,74	VII	3,10	-6,10	2,02	-1,11	VII	6,10	-3,10	2,06	2,63
VIII	4	3	0,40	3,81	VIII	2,30	-2,40	1,18	-0,27	VIII	6,30	1,60	1,21	3,54
IX	4	3	0,42	3,77	IX	2,30	-5,10	1,66	-0,48	IX	5,90	-2,10	1,69	3,29
X	4	3	0,34	3,87	X	5,70	-3,50	2,09	0,06	X	9,70	0,50	2,07	3,93
XI	4	2	0,56	3,53	XI	3,60	-10,90	2,56	0,01	XI	7,60	-7,90	2,62	3,55
XII	4	3	0,37	3,83	XII	2,50	-4,20	1,71	-0,95	XII	6,50	-0,30	1,72	2,88
Rok	4	2	0,45	3,74	Rok	5,70	-10,90	1,94	-0,77	Rok	9,70	-7,90	1,94	2,98

Tab. 4. Základní statistické charakteristiky maximální teploty vzduchu a diferencí na stanici Strážnice na Moravě v roce 2004.

Procentické zastoupení neúspěšné předpovědi udává následující tabulka. V tabulce č. 5 je uveden počet hodnocených dnů, dnů s neúspěšnou předpovědí a vypočítané procento těchto dnů na vybraných stanicích. Úspěšná předpověď, podle stanovených kritérií v metodice se pohybuje od 96,8 do 99,73 %, což se blíží stanovení úspěšné předpovědi určené Šálkem (1996).

Stanice	Počet hodnocených dnů (2002-2006)	Počet dnů s nejvyššími odchylkami	%
Kuchařovice	1802	7	0,39
Strážnice na Moravě	1802	17	0,94
Štítná nad Vláří	1771	57	3,20
Brno-Tuřany	1802	5	0,27
Nedvězí	1802	7	0,39

Tab. 5. Procento neúspěšné předpovědi na hodnocených stanicích.

Závěr

V této práci byly podány výsledky pravděpodobnosti předpovědi počasí. Větší část výsledků je prezentována ve formě grafů a tabulek. Jak již bylo uvedeno, k rozboru předpovědi počasí a jejich synoptických příčin bylo použito období 5ti let, od 1.1. 2002 do 31.12. 2006. Tato řada je dostatečně dlouhá a dá se říci i dostatečně jednoduše z hlediska analýzy předpovědi počasí. Na stanicích se hodnotilo 1802 dnů s výjimkou stanice Štítná nad Vláří (1771 dnů), kdy došlo v období 7.8.-6.9. 2005 k výpadku měření.

Případy, kdy byla předpověď pro maximální denní teplotu neúspěšná a hodnoty diference 1, diference 2 nebo obou dosahovaly hodnoty přes stanovený dvojnásobek maximální amplitudy, se nejčastěji vyskytovaly v zimě a na podzim.

Nejvyšší počet dnů s odchylkami měla stanice Štítná nad Vláří. Úspěšnost na této stanici je 96,8 %. Nejvíce úspěšnou předpověď má stanice Brno-Tuřany s 99,7 %. Vyrovnaná předpověď, co do počtu dnů s nejvyššími odchylkami, je na stanicích Kuchařovice a Nedvězí, jejichž úspěšnost je 99,62 %. Pro stanici Strážnice na Moravě platí úspěšnost 99,06 % ze 17 dnů s nejvyššími odchylkami.

Z výsledků je zřejmé, že forma předpovědi pro příslušné kraje není reprezentativní a geografické rozložení krajů samostatné předpovědi velmi ztěžuje. Ovšem předpovědi pro kraje jsou vydávány, protože jsou vyžadovány.

Poděkování

Práce vznikla jako výstup projektu MŠMT č. 2B06101 s názvem „Optimalizace zemědělské a říční krajiny v ČR s důrazem na rozvoj biodiverzity“.

Literatura:

BRÁDKA, J.: Hodnocení kvality krátkodobých prognos. Meteorologické zprávy I, 1947, č. 6.

ČERVENÁ, E.: Hodnocení všeobecných a speciálních předpovědí pomocí samočinného počítače. Operační hydrometeorologické předpovědní centrum – podnikový výzkumný a vývojový úkol č. 152, Praha: Český hydrometeorologický ústav, 1988.

ŠÁLEK, M.: Hodnocení úspěšnosti předpovědí na P-BRNO. In: *Tradice a pokrok v meteorologii*. Praha, Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav 1996, s. 54-59.

ŠOPKO, F.: Nové hodnocení předpovědí počasí pro kraje a pro ČR. Interní materiál ČHMÚ, Poslední aktualizace 23.11.2006.

Posouzení úspěšnosti předpovědi teploty vzduchu

ROŽNOVSKÝ, J., SMOLÍKOVÁ J.:

Vertikální rozložení teploty vzduchu ve smrkovém porostu

ROŽNOVSKÝ, J., HURTALOVÁ, T., MATEJKA, F., JANOUŠ, D.,

Srovnání roční dynamiky průměrných denních teplot vzduchu s normálovými

ROŽNOVSKÝ, J., ZÁRUBA, J.