

Vliv synoptických situací na mimořádně silné mrazy

The synoptic situations impact on extremely severe frosts occurrence

Petr Münster¹, Jaroslav Rožnovský^{1,2}

¹Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, Brno 616 00,

²Mendelova univerzita v Brně, Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin

Valtická 337, 691 44 Lednice

Abstrakt

Výskyt silných mrazů na území jižní Moravy je v základním pohledu vyvolán synoptickou situací, kdy dochází k přílivu arktického vzduchu. Významný počet transportů arktické vzduchové hmoty do střední Evropy je dán vytvořením tlakové níže (C) v severní Evropě nebo brázdou nízkého tlaku vzduchu (B) zasahující ze severní Evropy na jih. Významný vliv na výskyt silných mrazů mají stavy teplotní inverze, a to jak přízemní tak výškové. Právě advekce teplého vzduchu ve výškách má důležitou roli pro uzavření studeného vzduchu při povrchu. Největší dopady má oblast tlakové výše (A) v prostoru prochlazené střední Evropy, kdy dochází za jasného a bezvětřného počasí v nočních hodinách k významnému vychládání povrchu. Znalost synoptických situací dává možnost přípravy na možný výskyt silných mrazů, i když složitost vývoje tlakových útvarů nad celou Evropou významně ovlivňuje přesnost předpovědi na větší dobu dopředu.

Klíčová slova: arktická vzduchová hmota, typizace synoptických situací, teplotní inverze, minimální teplota vzduchu

Abstract

Occurrence of severe frosts in the region of South Moravia is in general determined by the synoptic situation, in particular the arrival of cold Arctic air. Significant number of Arctic air mass transports to Central Europe is associated with the formation of pressure low (C) in Northern Europe or low pressure trough (B) extending from Northern Europe southwards. The occurrence of severe frosts is to a large extent affected by temperature inversions, both near the ground and higher in the atmosphere. Warm air advection higher in the atmosphere plays an important role in trapping cold air close to the ground. Most significant impact of the region of pressure high (A) is seen in cold central Europe, where during clear and calm nights the ground cools down significantly. Understanding and knowing the synoptic situation open

possibilities for better preparation for possible severe frosts, although the complexity of air masses in the entire Europe significantly affects the accuracy of long-term weather forecasts.

Keywords: Arctic air mass, typification of synoptic situations, temperature inversion, minimum air temperature

Úvod

Podklady o našem podnebí najdeme za období 1901 až 1950 v tabelární podobě v Podnebí ČSSR – Tabulky (1961). Plošný výskyt teplot pod nulou je v Atlasu Podnebí ČSSR (1958) vyjádřen mapou průměrného počtu mrazových dnů (denní minimum je nižší než 0 °C) a mapami s průměrným datem prvního a posledního dne s mrazem. V Atlasu podnebí Česka (2007) najdeme mapy mrazových a ledových dnů (denní maximum je nižší než 0 °C), dnů s přízemním mrazem a mapy s průměrným výskytem prvního a posledního dne s mrazem. V kapitole 10 tohoto atlasu jsou zpracovány typické povětrnostní situace a relativní četnost jejich výskytu. Jinak je těchto vyhodnocení z oboru dynamické klimatologie v literatuře celku málo. Hodnocení jednotlivých povětrnostních situací na území České republiky z hlediska hodnot meteorologických prvků provedli Křivancová a Vavruška (1997). Vyhodnoceno bylo třetí normálové období, tedy roky 1961 až 1990.

Průběh počasí na naše území je dán hlavně atmosférickou cirkulací a následně reliéfem. Některé procesy v cirkulaci vzduchu způsobují náhlé změny počasí, které vnímáme jako letní vedra a naopak mimořádně silné mrazy. Právě výskyt silných mrazů v oblasti střední Evropy, konkrétněji v oblasti jižní Moravy, je vázán na setrvání arktického vzduchu v zimním období v této oblasti. Zaměříme-li se případy hlubokých poklesů teploty vzduchu pod bod mrazu, zjistíme, že objevují v situacích, které mají ze synoptického hlediska několik společných rysů. Zkoumáním povětrnostních podmínek nad územím Evropy a přilehlých oblastí ve vybraných obdobích byly tyto rysy popsány.

Výskyt přízemních mrazíků, které se mohou objevovat za jasných a bezvětrných nocí i při relativně vysokých minimálních teplotách vzduchu ve 2 metrech nad povrchem (kladné teploty vzduchu) i mimo zimní měsíce, může způsobovat škody v počáteční fenologické fázi rostlin velmi často. Proti tomu mnohem méně četný je výskyt velmi nízké, případně extrémně nízké teploty vzduchu ve 2 metrech. Přesto se tyto mrazy objevují většinou v déletrvajícím intervalu a na větším území, čímž může docházet ke škodám i na vzrostlé vegetaci, popřípadě se projevovat na okolním prostředí.

Vychládání zemského povrchu dlouhovlnným zářením je základem pro postupný pokles teploty vzduchu přiléhající k zemskému povrchu. Ztrátou energie aktivního povrchu je

poznámena nejprve přízemní teplota vzduchu, tj. v 5 cm nad povrchem, teprve se zpožděním v příhodných podmínkách bezvětří se ochlazení projevuje na teplotě vzduchu ve 2 metrech. Proto se mohou tak snadno vyskytovat přízemní mrazíky. Proti radiačnímu ochlazení v nočních a ranních hodinách působí zpětné záření atmosféry, zejména v případě oblohy pokryté oblačností, při mlze nebo i při zvýšeném množství vodní páry. Teplota vzduchu pak rychle reaguje na přijímání energie aktivním povrchem a pokles teploty vzduchu je zpomalován, zastaven, případně se otepluje. Stejný vliv na teplotu vzduchu má i turbulentní výměna vzduchu, tedy prouděním vyvolané promíchávání s okolními vrstvami vzduchu, jsou-li teplejší. Zmíněné faktory, zejména nízká oblačnost nebo mlhy se mohou v nočních hodinách vyskytovat prostorově i časově s velkou proměnlivostí. Výsledkem jsou hodnoty minimálních teplot vzduchu v širokém intervalu. Běžným rozpětím teplot vzduchu během jedné zimní noci s různým charakterem počasí nad oblastí jižní Moravy je 10 i 20 °C (např. +2 °C na stanicích pod zataženou oblohou a zároveň -12 °C na stanici v údolí při celonočním vyjasnění). Tyto rozdíly jsou popsány kvůli přiblížení metody, kterou byly vybrány sledované dny mrazivých období.

Materiál a metody

Zkoumaná období byla časově upřesněna z předem vytipovaných dnů s velmi nízkou teplotou vzduchu na konkrétní interval dnů, ve kterém se objevila teplota -10 °C a nižší v každém z dnů intervalu alespoň na dvou stanicích. A to pomocí přehledu měřících meteorologických stanic v oblasti působnosti pobočky Brno a v blízkém okolí (Jihomoravský kraj, Zlínský kraj, kraj Vysočina, přilehlé části Olomouckého a Pardubického kraje) a výpisu jejich minimálních teplot vzduchu pro jednotlivé dny. Jednalo se o záznamy automatických meteorologických nebo automatických klimatologických stanic s dostupným měřením v intervalu 15 minut, resp. 10 minut od roku 2000 do konce ledna 2017.

Ke zhodnocení vertikálních profilů atmosféry, zejména průběhu teploty vzduchu a směru větru, sloužily výpisy dat sondážních měření. Ve formě zápisu ze standardních a význačných tlakových hladin ze sondáže Praha – Libuš mezi lety 2000 a 2004. Od února 2004 byla sledována nová sondážní měření z Prostějova, díky kontinuálnímu záznamu prvků v celém průběhu zájmové části troposféry. Z důvodů sledování pohybu studeného vzduchu v přízemní vrstvě atmosféry byla zájmovou částí tlaková hladina 850 hPa ve výšce přibližně 1,5 km nad povrchem a nižší hladiny. Informace z různých hladin a z průběhu vykreslených grafů teploty vzduchu v závislosti na výšce měření lze odhalit inverzní vrstvy, tedy vrstvy s opačným průběhem teploty vzduchu s rostoucí výškou.

Hodnocení bodových měření skrze vrstvu atmosféry není pro vyjádření komplexnějších pohybů vzduchových hmot dostačující, proto byly studovány i přízemní synoptické a výškové mapy nad Evropou a přilehlou částí Atlantiku. Konkrétně reanalyzované mapy pole přízemního tlaku vzduchu, mapy absolutní topografie pro tlakové hladiny 850 a 500 hPa a mapy rozložení teplot vzduchu pro tlakové hladiny 850 a 500 hPa (cca 1,5 km resp. 5,5 km nad povrchem). Archívy těchto map jsou dostupné například z internetových stránek www1.wetter3.de nebo www.wetterzentrale.de. Znalost rozložení a velikosti tlakových útvarů nad velkým územím umožnila stopovat původ arktického vzduchu, resp. směr odkud byl do střední Evropy transportován. Tlakové útvary se v průběhu své životnosti v atmosféře dynamicky mění, dokonce různě v různých výškách, proto je proudění vzduchu v nich a mezi nimi z pohledu malého území České republiky složité a charakter počasí se může rychle měnit. Přesto se určité zjednodušení pohledu na tlakový útvar s dominantním vlivem na výsledný charakter povětrnostních podmínek na našem území objevuje v tzv. Typizaci povětrnostních situací (Kolektiv ČHMU, 2006).

Způsob, jakým jsou určovány jednotlivé typy synoptických (povětrnostních) situací, je prováděn na základě metodického předpisu: Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR. Kalendář synoptických typů kompromisem mezi pojetím přirozených synoptických období Multanovského a pojetím typu makrosynoptických situací P. Baura. Je pravidelně sestavován od roku 1946. Od roku 1991 je typizace zaměřena zvláště na Českou a Slovenskou republiku (www.chmi.cz; slovník.cmes.cz). Označení jednotlivých synoptických typů zpravidla vypovídá o převládajícím směru proudění (angl. zkratky směrů větrné růžice) a typu cyklonálního nebo anticyklonálního tlakového pole (c, a), z čehož vyplývá i typ a pozice dominujícího tlakového útvaru (například NEa = severovýchodní anticyklonální proudění). Každé zkoumané období je popsáno řadou po sobě jdoucích typů povětrnostních situací. Nicméně ty se soustřeďují na území České republiky. Ovšem prvotní příčina transportu arktického vzduchu z oblastí za polárním kruhem ještě před obdobími se silnými mrazy se nachází v tlakových útvarech často jiných. Dalo by se říci, že nebýt jich, nevedla by daná posloupnost synoptických jevů k tak extrémním projevům počasí.

Výsledky

Pro identifikaci viníků přítomnosti velmi studeného vzduchu posouvaného z arktického podnebného pásu do prostoru střední Evropy a okolí je rozhodující rozložení tlakového pole v severní Evropě, konkrétně nad severním Ruskem, severní Skandinávií nebo severním Atlantikem. Ostatní pozice cyklon a anticyklon, ač mohou mít později zásadní význam pro

vývoj počasí v Evropě, mají pouze úlohu dalšího směrování proudu arktického vzduchu do jižnějších částí Evropy, popřípadě mohou tento transport zablokovat. Pro každé ze zkoumaných období, popsaných v tabulce 1, je kromě výčtu jednotlivých typů synoptických situací určena i pozice tlakových útvarů v severní části Evropy, kolem kterých se sledovaná vzduchová hmota pohybuje do střední Evropy ještě před daným obdobím. Sledována byla vzduchová hmota o teplotě nižší než $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve výšce tlakové hladiny 850 hPa. V některých případech se velmi studený vzduch takto dostává do střední Evropy ve více vlnách, tedy znova po určité době (období č. 3, 8, 9, 13 a 15).

Z analýzy sondážních měření a jejich posloupnosti vyplývá, že v první fázi silného ochlazení se velmi studený vzduch dostává nad naše území ve výškách většinou nad 1,5 km (sledovaná tlaková hladina 850 hPa). Ochlazení vyšších vrstev atmosféry, a tedy relativně teplejší vrstvy při povrchu, jsou v souladu s labilním zvrstvením spodní části atmosféry. Tato situace ve skutečnosti odpovídá cyklonálnímu proudění, nebo i větrnému počasí, které se vyskytuje na okrajích tlakových útvarů či při přechodu front. Při teplotě vzduchu $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ na tlakové hladině 850 hPa a labilním zvrstvením vzduchu v celém profilu pod touto hladinou odpovídá teplota vzduchu na zemském povrchu zhruba $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (= oteplení vzduchu při sestupu o 1,5 km je dle suchoadiabatického gradientu $15\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Abychom se dostali při povrchu na zjištěné hodnoty minimálních teplot vzduchu např. kolem $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, musí být zvrstvení spodní části atmosféry nutně indiferentní nebo inverzní. To znamená, že teplota s rostoucí výškou se nemění nebo roste. Vznik inverzních vrstev při zemském povrchu je vázán na noční radiační vychládání povrchu a na bezvětří. Vychládání je o to snazší, když se na povrchu vyskytuje sněhová pokrývka, která zabraňuje toku tepla z půdy.

Výškové inverze se tvoří při změně proudění ve vyšších hladinách tím, že se nad studenou vzduchovou hmotou nasune relativně teplý vzduch. Popřípadě při anticyklonálním proudění, ve kterém je vzduch nucen sesedat dolů a přitom dochází k jeho oteplení a tedy k tvorbě inverzní vrstvy. Výškovou teplotní inverzí se ale studený vzduch pod ní zakonzervuje a setrvává v dané lokalitě, dokud celý profil spodní části atmosféry není zcela vyměněn novou vzduchovou hmotou. Do té doby je nadále podporována tvorba teplotních inverzí v přízemních vrstvách.

Směr větru měřený na stanicích v 10 metrech je určen polem přízemního tlaku vzduchu, navíc je často ovlivněn terénem a překážkami v okolí. Data ze sondážního měření obsahují i směr a rychlost větru, takže lze sledovat změnu směru větru v různých výškách. Kromě stáčení směru větru vpravo s rostoucí výškou, jak klesá vliv tření o zemský povrch, se ukazují

působení jiných dominantních tlakových útvarů v různých výškách. Cyklony a anticyklony totiž ve skutečnosti v prostoru atmosféry vytvářejí nepravidelné a nesouměrné útvary s mnoha výběžky, a tak se nad sebou částečně překrývají. Nejčastěji jsou náhlou změnou směru větru (nebo i rychlosti) ohraničeny inverzní hladiny.

Tabulka 1. Přehled zkoumaných období se silnými mrazy a popis ze synoptického pohledu.

č.	vymezení období	počet dnů	příčina ochlazení – tlakové útvary podle transportu arktického vzduchu	typizace povětrnostních situací (definitivní verze – ČHMÚ)
1	1. 1. - 6. 1. 2002	6	A (Grónsko) > C (Rusko) >> C (Bělorusko)	2x Nc, 3x NEa, Cv
2	8. 12. - 12. 12. 2002	5	A (Skandinávie)	2x Ea, 2x NEa, SEa
3	5. 1. - 12. 1. 2003	8	C (Rusko) > A (Severní m.) >> C (Rusko) + A (VB)	2x Nc, 3x Ec, 2x NEc, Ap ₂
4	21. 1. - 31. 1. 2004	11	C (S Rusko, Bělorusko)	2x Nc, 2x NEa, 4x B, 2x Bp, Wc
5	23. 1. - 31. 1. 2005	9	C (Finsko > Ukrajina) > C (Bělorusko)	2x Nc, 5x NEc, 2x NWc
6	27. 2. - 6. 3. 2005	8	A (S Atlantik)	2x NEc, 2x Ap ₂ , 3x B, NEc
7	8. - 18. 1. 2006	11	A (Pobaltí) > A (střední Evropa)	2x Ea, 2x SWa, 4x A, 2x Vfz
8	22. 1. - 7. 2. 2006	17	B (V-Z Rusko) >> C (Rusko)	Vfz, 2x NEa, 6x SEa, 3x Nwa, 2x NEc, 2x Vfz, NWc
9	29. 12. 2008 - 17. 1. 2009	20	A (Skandinávie) >> C (S Rusko) >> C (S Rusko)	Ea, 3x A, 2x Nc, Ap ₃ , 4x Nc, 4x A, 2x SWa, 2x Bp, Ap ₄ , Wcs
10	12. 2. - 19. 2. 2009	8	B (S-J Evropa) > C (Bělorusko)	4x NEc, 2x Vfz, 2x NEc
11	20. 1. - 28. 1. 2010	9	C (JV Evropa) + A (S Rusko)	5x Ea, 2x SEc, 2x NWc
12	30. 11. - 5. 12. 2010	6	C (S Rusko) + A (S Atlantik) > A (Skandinávie)	4x B, Ap ₁ , SWc ₂
13	13. 12. - 19. 12. 2010	7	C (S Rusko) + A (S Atlantik) >> C (Skandinávie)	3x NEc, Ap ₂ , 2x B, SWc ₂
14	20. 2. - 26. 2. 2011	7	C (Rusko) > A (Skandinávie)	7x Ea
15	25. 1. - 15. 2. 2012	22	C (Pobaltí) >> A (S Rusko > Skandinávie)	12x Ea, Ec, 2x Ea, Cv, 3x Ea, 2x NWc, Nc
16	30. 12. 2016 - 2. 1. 2017	4	B (S Rusko - Ukrajina)	zatím nevydáno
17	5. 1. - 12. 1. 2017	8	B (S Rusko - Bělorusko) + A (Biskajský z.)	zatím nevydáno
18	15. 1. - 24. 1. 2017	10	B (S-střední Evropa) > A (VB)	zatím nevydáno
19	26. 1. - 31. 1. 2017	6	A (Dánsko)	zatím nevydáno

Při nízkých rychlostech větru, kdy jsou směry u zemského povrchu neurčité (proměnlivý vítr), je třeba sledovat směry větru ve vyšších hladinách. Ty lze považovat za reprezentativní i na regionální úrovni. Z analýzy směru větru ze sondážních měření vyplývá, že velmi studený vzduch pochází v první vlně dominantně ze směrů SZ, S, SV a V. Proudění z jiných směrů může na území České republiky transportovat prochlazený vzduch také, ale spíše v případech, kdy již delší dobu v okolí setrvává. Naopak tvorba inverzních vrstev v různých výškách je natolik složitá, že nejsou preferovány konkrétní směry. I když obecně platí u výrazných advekcí teplejšího vzduchu, že se nad naše území dostávají ze směrů Z, JZ a J nebo JV.

Z uvedených 19 období (viz tabulka 1) se v 5 případech objevily minimální teploty vzduchu nižší než $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (období 1, 4, 8, 11 a 17), ve 13 případech nižší než $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pouze v případech č. 10 a č. 16 se nevyskytla alespoň na dvou stanicích studovaného území minimální teplota vzduchu nižší než $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Příčinou u situace č. 10 bylo převážně labilní zvrstvení spodní části atmosféry při cyklonálních situacích a mírný až čerstvý vítr i v nočních hodinách. V situaci č. 16 bylo naše území zasaženo velmi studeným vzduchem jen okrajově a krátce na to se vytvořily silné výškové inverzní vrstvy o teplotě vzduchu až $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Toto 4 denní období bylo spíše úvodem pro mnohem mrazivější části ledna 2017, které následovaly.

Z tabulky 1 je u příčin ochlazení patrné, že u většiny případů je zodpovědná za transport arktické vzduchové hmoty do Evropy nejprve tlaková níže (C) nebo brázda nízkého tlaku vzduchu (B), a to nejčastěji nad evropskou částí Ruska. To souvisí s převládajícím vlivem Islandské tlakové níže a na ni navazující cyklonalitou proudění v podnebném pásu mírných šířek. Vzduchová hmota arktického podnebného pásu se v zimních měsících rozpíná až do oblastí kontinentu severní Evropy. Prohýbání rozhraní mezi arktickou a polární vzduchovou hmotou, tedy arktické fronty, k jihu vede v řídicím proudění k tvorbě tlakových útvarů, které blokují západovýchodní přenos vzduchu a podporují výměnu vzduchu v severojižním směru. Přitom blokuující tlaková výše nad Atlantikem málokdy zasahuje tak daleko na sever, že by byla příčinou posunu arktického vzduchu sama o sobě. Proto jsou četnější vpády arktického vzduchu po zadním okraji cyklon v brázdě nízkého tlaku vzduchu, která se meandrováním arktické fronty propadáva jižněji do Evropy. Nad prochlazeným kontinentem mají tlakové výše větší rozsah a stabilitu často i mnoho dní. Ve zkoumaných obdobích se opakují tlakové výše (A) nad Skandinávií. Podle jejich plošného rozsahu, nebo vystupujících hřebenů vysokého tlaku vzduchu proudí nad naše území prochlazený vzduch od SV, V nebo i JV.

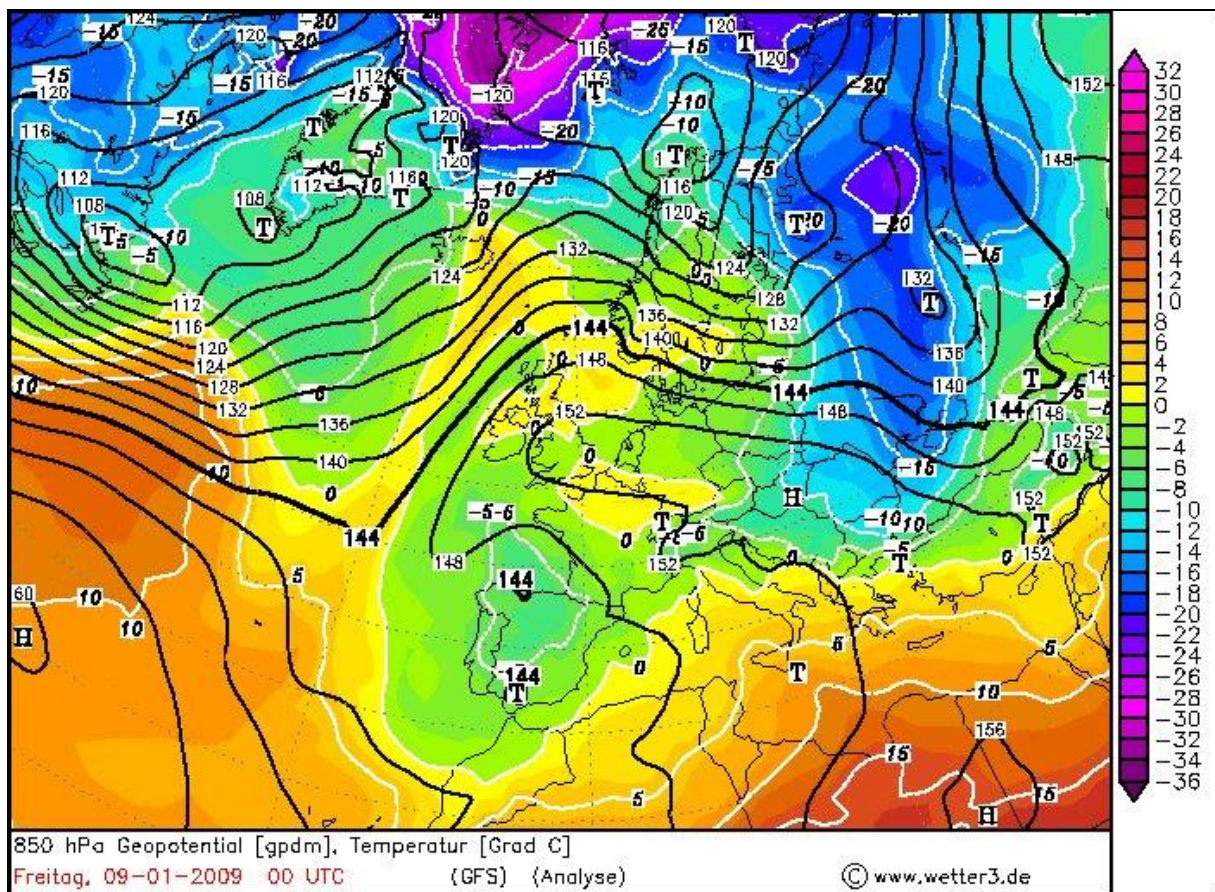
Tabulka 2. Nejčtenější zastoupení typů povětrnostních situací ve zkoumaných obdobích.

název povětrnostní situace	označení	počet dnů	četnost zastoupení
východní anticyklonální	Ea	34	22,1 %
severovýchodní cyklonální	NEc	21	13,6 %
anticyklona nad střední Evropou, anticyklona putující	A, Ap ₁ , Ap ₂ , Ap ₃ , Ap ₄	18	11,7 %
brázda nízkého tlaku nad střední Evropou, brázda postupující přes střední Evropu	B, Bp	17	11,0 %
severní cyklonální	Nc	15	9,7 %

Tyto vpády nemusí být vždy patrné na tlakové hladině 850 hPa, protože se těžký studený vzduch nasouvá více při povrchu (období 7). Nicméně posloupnost synoptických typů potvrzuje směr transportu vzduchové hmoty ze severních partií Evropy, případně z prochlazené východní Evropy. Ze 154 typizovaných dnů ve vybraných obdobích se opakují především synoptické situace Ea, NEc, Nc a anticyklony a brázdy. Podrobněji jsou statistiky ukázány v tabulce 2.

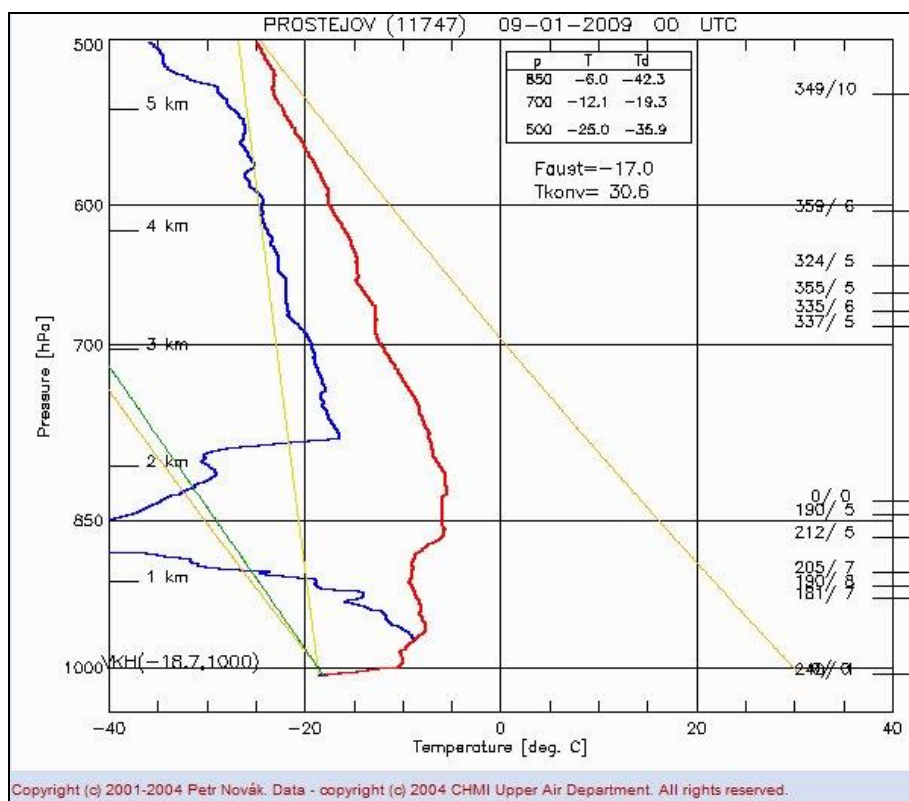
Diskuze

Provázanost tlakových útvarů v cirkulaci vzduchu v atmosféře je v této práci velmi zjednodušována. K představě složitosti průběhu izobar, resp. izohyps (čáry spojujících místa se stejným tlakem, resp. výškou v případě dané tlakové hladiny) mohou sloužit příklady přiložených obrázků, které vznikaly zpětnou analýzou tlakových polí a i tak jsou v malém měřítku velmi generalizované. Ovšem skutečným „ořechem“ jsou vrstvy teplotních inverzí. Jejich vliv na silné mrazy je nepopíratelný, na jejich odhalení ale příliš málo podkladů. Rozsáhlé viditelné advekce teplého vzduchu mají vliv na prodlužování mrazů v nížinných oblastech, jako je právě jižní Morava. V tomto ohledu nejhorší kombinací je posun tlakové výše ze západní nebo severní Evropy nad střední Evropu a dále k východu. Většinou to znamená, že nad studený vzduch poháněný po předním okraji anticyklony od severu nebo severovýchodu se postupně dostává ve vyšších výškách teplý sektor ze zadní strany anticyklony. K výškové teplotní inverzi se přidává radiační ochlazování místy za jasné a bezvětřné noci. Příkladem by mohla být noc z 8. na 9. ledna 2009, pro kterou jsou přiloženy obrázky reanalýzy tlakového a teplotního pole na tlakové hladině 850 hPa (obr. 1) a sondážní měření z Prostějova do výšky tlakové hladiny 500 hPa (obr. 2), obojí pro 00 h UTC 9. 1. 2009. Nejnižší naměřená hodnota zkoumané oblasti byla na stanici Štítná nad Vláří $-21,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a do rána poklesla na $-23,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obr. 1. Reanalýza absolutní topografie a teploty vzduchu na tlakové hladině 850 hPa nad Evropou a okolím v 00 h UTC 9. 1. 2009.

Sledování vývoje a rozmístění synoptických útvarů bylo navázáno na výskyt předem vytipovaných epizod silných mrazů zaznamenaných na vybraných stanicích ČHMÚ. To znamená, že mimo tato období sice mohla být naměřena minimální teplota vzduchu $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nižší, ale velmi pravděpodobně nesouvisela s tak intenzivním transportem arktického vzduchu nad jižní Moravu. Silné mrazy by se totiž projevíly po delší dobu a na více místech a tím by byly spolehlivě odhaleny. Naopak platí také to, že se mimo zkoumaná období vyskytovala hledaná hodnota $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ velmi studeného vzduchu na tlakové hladině 850 hPa, ale správná kombinace všech zmiňovaných faktorů zabránila výrazným poklesům teplot vzduchu ve 2 metrech.



Obr. 2. Výstup sondážního měření z Prostějova v 00 h UTC 9. 1. 2009 (červeně teplota vzduchu, modře teplota rosného bodu).

Prostorová proměnlivost teploty vzduchu je v zimním období velká hlavně v nočních a ranních hodinách. Výše rozebírané příčiny poukazují na to, že silný mráz nezasahuje všechny lokality stejně. Rozdíly v minimálních teplotách vzduchu mezi měřícími stanicemi bývají běžně 5 až 10 °C, a to i v rámci kraje. V zimním období tento fakt nehraje až takovou roli, ale v případě přechodných ochlazení v jarním období může mít mráz na rostliny devastující účinek právě jen v nahodilých lokalitách, nehledě na dlouhodobé statistiky pozorování a měření. Zde se nabízí otázka možnosti ochrany před předem očekávanými mrazy.

V dnešní době velmi pokročilé výpočetní techniky jsou k dispozici předpovědi počasí například i na 2 týdny dopředu. Spolehlivost těchto informací není předmětem našeho zkoumání, ale ze zkušeností předpovědních meteorologů v provozu se výhled teplotního trendu zprůměrovaného na určitou oblast (bez lokálních vlivů na konečnou teplotu vzduchu) považuje za použitelný většinou na 5-7 dní dopředu. Identifikace pohybu sledovaných vzduchových hmot v této analýze byla možná zhruba 1 až 4 dny dopředu. To znamená, že například 3 dny modelovaným poklesem teplot lze ověřit, zda se v okrajových částech Evropy skutečně nachází očekávaný arktický vzduch. Ten nad naše území opravdu dorazí i po drobných opravách v aktualizacích numerických modelů, ale velkou neznámou v konečném

důsledku jsou vrstvy teplotních inverzí, se kterými je často spojena tvorba nízké oblačnosti. A zde se dostáváme do velké nejistoty předpovědi pro konkrétní lokalitu, viz výše zmíněné možné rozpětí minimálních teplot vzduchu. Pokud bychom hledali pouze přibližnou informaci, například pokles teplot na $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ s odchylkou $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, pak je pravděpodobnost úspěšné předpovědi velká již na cca týden dopředu. Právě díky tomu, že tak silné mrazy se vyskytují při časově stabilnějších synoptických situacích nebo odolávají pod výškovými inverzemi.

Závěr

V této studii byly zkoumány silné mrazy na území jižní Moravy, které byly podle hodnocení synoptické situace nad Evropou spojeny s vpádem arktického vzduchu do prostoru střední Evropy. Od roku 2000 bylo identifikováno 19 období o délce od 4 do 22 dnů. Při těchto situacích minimální teplota vzduchu poklesla na některých stanicích v 17 případech pod hodnotu $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve 13 případech pod $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v 5 případech pod $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sledovaný limit pro zařazení dne do vybraných období byl při tom $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ alespoň na 2 stanicích ČHMÚ v působnosti pobočky Brno a na přilehlých stanicích. Kromě závislosti na nízké teplotě vzduchu transportovaného vzduchu hrají veliký vliv teplotní inverze. Bez teplotní inverze v profilu spodní části troposféry by teplota vzduchu při povrchu odpovídala dle fyzikálních zákonů mnohem vyšším hodnotám než má běžně arktická vzduchová ve výšce 1,5 km vyskytující se v našich zeměpisných šířkách, tj. -10 až $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výškové teplotní inverze způsobují horší vertikální výměnu vzduchu, a tím prodlužují setrvání prochlazeného vzduchu pod vrstvou teplé advekce. Zároveň zabraňují teplotě vzduchu při povrchu, aby dosáhla maximální hodnoty, která je fyzikálně možná při labilním zvrstvení atmosféry. Ovšem na silné noční poklesy teplot vzduchu mají zásadní vliv inverze přízemní, které se vytvářejí dlouhodobým vyzařováním povrchu, nejlépe při dlouhotrvající jasné obloze a bezvětrí, popřípadě s pomocí sněhové pokrývky izolující tepelný tok z půdy. Dobrým pomocníkem jsou v neposlední řadě advekce těžkého studeného kontinentálního vzduchu při povrchu ze sousedních prochlazených nížin, v našem případě z Polska, tedy při SV větru.

Pokud bychom mohli v zimních měsících bránit vzrostlou vegetaci proti tak silným mrazům, mohla by pomoci několik dnů předem předpověď počasí širšího okolí, která je potvrzená tamějšími reálnými podmínkami. Ovšem variabilita výsledných podmínek v rámci malé oblasti je spjata s mnoha faktory a předpověď musí počítat s velkým rozpětím minimálních teplot vzduchu. Nebezpečí silných mrazů pochopitelně rychle klesá směrem do jarních měsíců. V této době sice nejsou vpády studeného vzduchu výjimkou, ale intenzita ochlazení

se již řídí vyšší teplotou pronikající vzduchové hmoty. Arktická fronta svou průměrnou polohu postupně odsouvá do Arktidy a výsledné slabé mrazy na našem území jsou častěji pod vlivem přízemních inverzí.

Literatura

KOLEKTIV ČHMU: Typizace povětrnostních situací pro území České republiky, [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2006 [cit. 2007-04-21]. Dostupné z:

KŘIVANCOVÁ, S., VAVRUŠKA, F.: Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961-1990. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 1997. 114 s.

KOLEKTIV AUTORŮ (1958): Atlas podnebí Československé republiky. Ústřední správa geodézie a kartografie, Praha.

KOLEKTIV: Podnebí ČSSR - Tabulky. HMÚ Praha 1961, 379 s.

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

<http://www.chmi.cz/meteo/om/mk/syntypiz/kalendar.html>

Poděkování:

Tento článek vznikl při řešení projektu Národní agentury zemědělského výzkumu „Vývoj automatizovaného nástroje pro optimalizaci monitoringu eroze zemědělské půdy pomocí distančních metod“, registrační číslo QK1720289.

Kontakt:

Mgr. Petr Münster

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, Brno 616 00

E-mail: munster@chmi.cz

tel.: 541421072