

## PODMÍNKY PRO PŘEZIMOVÁNÍ POLNÍCH PLODIN V KONTEXTU VÝVOJE KLIMATU

### Field crops overwintering in the context of climate development

Středa T.<sup>1,2</sup>, Středová H.<sup>1,2</sup>, Rožnovský J.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Mendelova univerzita v Brně

<sup>2</sup>Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno

#### **Abstrakt**

Cílem práce bylo zhodnocení podmínek pro přezimování plodin během období 1961–1990; 1981–2010 a 1991–2010. Dnů s holomrazy (sněhová pokrývka menší než 5 cm a minimální denní teplota nižší než -5 °C; -10 °C a -15 °C) bylo v období 1961–1990 zaznamenáno v průměru 19,4; 5,0 a 0,9; v období 1981–2010 18,5; 4,7, 0,8 a v období 1991–2010 18,5; 4,8; 0,9 dnů ročně. Pro území jižní Moravy byly podmínky pro přezimování vymezeny metodami GIS plošně. Je zřejmý pokles počtu dnů s holomrazy v období blíže současnosti. Součástí analýzy bylo vyhodnocení vertikální stratifikace teploty vzduchu v porostu pšenice ozimé. Nejvyšší teplotní rozdíl (15,5 °C) od teploty ve 2 m byl zaznamenán ve výšce 5 cm (vliv sněhu). Pro zmapování podrobného průběhu vertikálního zvrstvení teplot vzduchu během typických dnů byly průběhy interpolovány a vykresleny do 2D plošných grafů.

**Klíčová slova:** teplota vzduchu; holomraz; sněhová pokrývka; porostní měření

#### **Abstract**

Aim of the study was to evaluate overwintering conditions during the period 1961–1990, 1981–2010 and 1991–2010. Average annual number of days with frost and snow cover absence (snow cover less than 5 cm and minimum daily temperature is below -5°C -10°C and -15°C) in the period 1961–1990 was 19.4, 5.0 and 0, 9; in the period 1981–2010 18.5, 4.7, 0.8 and from 1991 to 2010 period it was 18.5, 4.8, 0.9. Overwintering conditions for southern Moravia were spatially identified by GIS. A decrease in the number of days with frost and snow cover absence is recently obvious. A vertical stratification of air temperature (AT) in winter wheat canopy was also evaluated. The highest temperature difference (15.5°C) from AT at 2 m was recorded at a height of 5 cm (snow effects). Course of the vertical stratification of ATs during a typical day were interpolated and plotted in 2D charts for a detailed mapping.

**Key words:** air temperature; frost period without a snow cover, snow, canopy measurements

#### **Úvod**

Výzkumu vlivu změny klimatu na rostlinnou produkci se v České republice (ČR) během posledních let věnovalo několik vědeckých projektů. Tématicky byly zaměřeny především na hodnocení a eliminaci dopadů stresů – zejména sucha a teplotních extrémů. Mimo jiné bylo prokázáno, že v během posledních dvaceti let se prodloužilo o 15–25 dní vegetační období, což s sebou přináší i rostoucí riziko výskytu vegetačních mrazů i holomrazů. Příkladem jsou letošní květnové mrazy, kdy bylo úplně nebo částečně poničeno asi 60 % všech výsadeb ovocných dřevin.

Při hodnocení vlivu změny klimatu na rostlinnou produkci je poněkud nedocenenou a opomíjenou veličinou sněhová pokrývka a její parametry. Tuhost zimy, případně předjaří, jsou tak hodnoceny především na základě teplotních charakteristik (teplota vzduchu ve 2 m nad zemí, přízemní teplotní minimum, teplota půdy). Sněhová pokrývka působí jako přírodní izolátor a podle jejích parametrů může být teplota pod sněhem i o desítky stupňů Celsia vyšší než teplota okolní. Pozitivní termoizolační efekt sněhové pokrývky se projevil například

během tuhé zimy 2005–2006, kdy bylo přes velice nízké teploty docíleno v ČR rekordních výnosů zejména řepky ozimé. Vyšší pravděpodobnost výskytu sněhové pokrývky tak může paradoxně umožňovat použití méně mrazuvzdorných odrůd ozimých plodin v chladnějších oblastech, než v oblastech s vyšší průměrnou roční teplotou, avšak s nedostatkem sněhu. Při výběru odrůd vhodných pro danou oblast by tak měly být zohledňovány i ukazatele sněhové pokrývky (Pokladníková et al., 2008). Veisz et al. (1996) uvádějí v souvislosti se změnou klimatu jako možné riziko pro ozimé plodiny případné snížení srážkových úhrnů v zimním období a tím úbytek sněhové pokrývky. Také Špunar et. al. (1993) udávají, že absolutně nejnižší teplota není měřítkem možnosti poškození porostu. Rozhodující je, v jaké růstové fázi se nízké teploty vyskytují, zda jsou doprovázeny silným větrem a malou nebo žádnou sněhovou pokrývkou.

Mimo abiotických faktorů se na úspěšném přezimování podílí genetický potenciál druhu nebo odrůdy – mrazuvzdornost jako schopnost přežít tvorbu ledu v buňkách. Mrazuvzdornost se na podzim otužováním zvyšuje, během ledna a února se potom postupně snižuje, a to více u méně odolných odrůd. Koncem zimy je odolnost k nízkým teplotám o 50–70 % nižší než na počátku zimy (Horčička et al., 2007). U otužilých rostlin pšenice ozimé uvádí Gusta, Burke a Tyler (1982) bezproblémové přežití při teplotě -15 °C přetrvávající po dobu max. šest dnů, při -18 °C max. 24 hodin a při -23 °C max. 12 hodin. Důraz na dostatečnou mrazuvzdornost odrůd je ovšem pro kontinentální průběh zimy kladen spíše ve východoevropských zemích, v Rusku nebo v Kanadě (Hanišová a Horčička, 1999). V ČR i celé oblasti střední Evropy postačují odrůdy se střední úrovní mrazuvzdornosti. Jsou to odrůdy, které přežívají bez většího poškození teploty v hloubce odnožovacího uzlu mezi -12 až -14 °C (Horčička et al., 2007).

V podmínkách klimaticky blízkých podmínkám ČR hodnotili v polních podmínkách mrazuvzdornost a její vývoj během zimy u odrůd pšenice ozimé Veisz a Rajki (1987; Maďarsko). S ohledem na dostatečný výskyt sněhové pokrývky v pokusných letech nezjistili významné poškození rostlin ani u odrůd citlivých na mraz. Obdobně byly v podmínkách Maďarska testovány v průběhu osmi let odrůdy pšenice tvrdé (*Triticum durum*). Z pohledu přezimování byly problémem zejména jarní mrazy, které způsobily škody i na odrůdách, které jevíly relativně dobrou odolnost vůči mrazu během zimy (Szucs et al., 2003). Přezimování žita, pšenice, ječmene a řepky v Polsku za období 1976–1990 hodnotila Czarnecka (1998). Stav porostu po zimě ovlivňoval z 18–38 % výnosy řepky a cca ze 42 % výnosy ozimého žita v severovýchodním Polsku. Pro přezimování žita uvádí jako negativní faktor větší vrstvu sněhu než 20 cm, ležící na pozemku nepřetržitě déle než 30 dnů. Jako nejprůkaznější z monitorovaných meteorologických prvků se pro přezimování tritikale v Polsku jeví teplota půdy v 5 cm ve třetí dekádě prosince (Czarnecka a Kalbarczyk, 2002).

Pro definování limitující úrovně agrometeorologického prvku mají velký význam porostní měření. Důvodem jsou zejména odlišné podmínky při měření na standardních klimatologických stanicích a v polních podmínkách, v porostu. Například minimální přízemní teplota vzduchu je na standardní klimatologické stanici Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) měřena nad travním porostem anebo nad sněhovou pokrývkou, kdy je čidlo pokládáno na napadený sníh (ČHMÚ, 2003). Přízemní minimum tak nevystihuje podmínky zásadní pro rostlinu – podmínky pod sněhem.

### **Materiál a metody**

Vertikální stratifikace teplot vzduchu byla monitorována v porostu pšenice ozimé v katastru obce Žabčice (20 km jižně od Brna) v letech 2005–2011. Rovinatý pozemek je situován v nivě řeky Svratky v průměrné nadmořské výšce okolo 184 m n. m. Podle agroklimatického členění (Kurpelová, Coufal, Čulík, 1975) je lokalita řazena do makrooblasti teplé, oblasti

převážně teplé, podoblasti převážně suché, okrsku s převážně mírnými zimami. Z hlediska zemědělské kategorizace se jedná o kukuřičnou výrobní oblast. Roční teplotní normál v období 1961–1990 činí 9,2 °C, roční srážkový normál 483 mm. K měření teploty vzduchu v porostu pšenice ozimé byly použity elektronické registrátory HOBO (výrobce Onset Computer, USA) s intervalem měření 15 minut. Čidla v radiačních stínítkách byla umístěna do výšky 5 cm nad povrch půdy (přízemní výška), 50 cm, 100 cm a 200 cm nad povrch půdy. Při sněžení a výskytu sněhové pokrývky bylo přízemní čidlo ponecháno ve výšce 5 cm nad zemí a měřilo tak teplotu pod sněhem (narozdíl od systému na klimatologických stanicích, kdy je čidlo umísťováno nad sněhovou pokrývkou; ČHMÚ, 2003). Vyhodnoceny jsou hodinové teploty (průměr ze čtyř patnáctiminutovek) z chladného období roku – od 1.11. do 31.3., které je z pohledu možného vyzimování a vymrznutí ozimých plodin zásadní. Grafické vyjádření stratifikace teplot nad povrchem půdy ve vybraných reprezentativních dnech bylo provedeno pomocí programu Surfer ver. 8.03 (Golden Software, Inc. 2003) interpolační metodou triangulace s lineární interpolací. Základní statistické hodnocení dat z polního monitoringu bylo provedeno aplikací MS Excel.

K hodnocení výskytu holomrazů v obdobích 1961–1990, 1981–2010 a 1991–2010 byla použita denní data ze 73 klimatologických stanic ČHMÚ z celého území ČR. Jako období s výskytem holomrazu byly definovány epizody:

- a) se sněhovou pokrývkou menší než 5 cm a současně minimální denní teplotou ( $T_{min}$ ) nižší než -5 °C,
- b) se sněhovou pokrývkou menší než 5 cm a současně minimální denní teplotou nižší než -10 °C,
- c) se sněhovou pokrývkou menší než 5 cm a současně minimální denní teplotou nižší než -15 °C.

Plošné vymezení oblastí výskytu holomrazů bylo zpracováno pro území jižní Moravy pomocí metod GIS v prostředí software ArcView interpolací na základě nadmořské výšky.

### **Výsledky a diskuze**

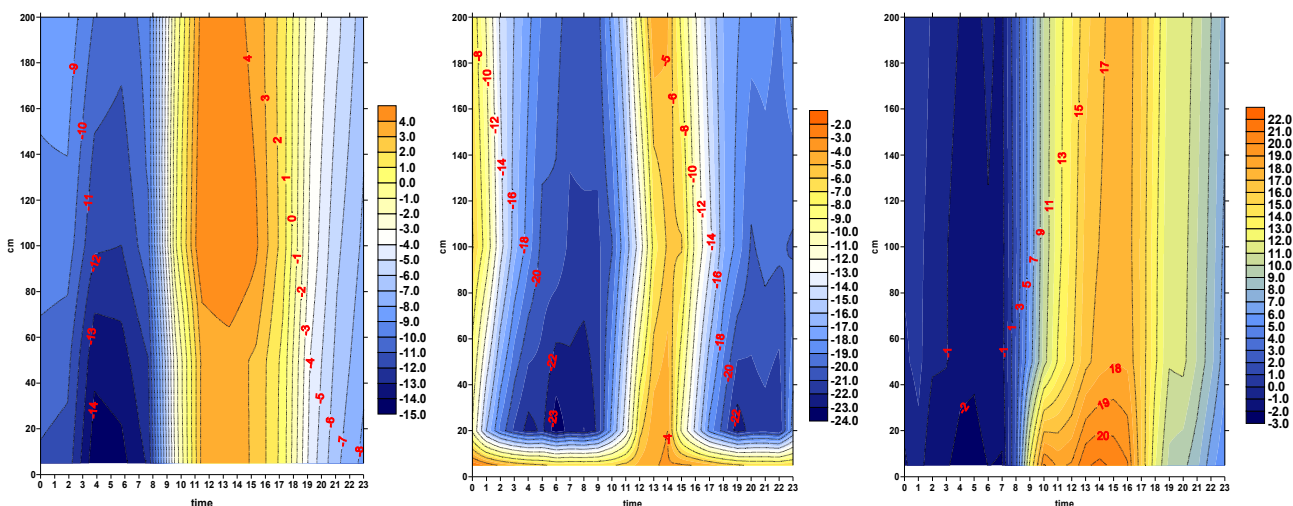
Základní statistické hodnocení vertikální stratifikace teploty vzduchu nad porostem pšenice v zimním období je uvedeno v Tab. 1. Hodnoceny jsou teplotní poměry v chladné části roku od 1.11. do 31.3. během let 2005–2011. Průměrná teplota vzduchu v hodnocených výškách se liší pouze nepatrně (max. o 0,3 °C). Absolutní teplotní maximum (25,2 °C), způsobené sekundárním nahříváním jen částečně krytého povrchu půdy solární radiací, bylo zaznamenáno ve výšce 5 cm dne 30.3.2010 v 15 hod. Absolutní teplotní minimum (-25,9 °C) bylo zaznamenáno ve výšce 50 cm dne 27.1.2010 v 7:00 (v přízemní výšce se v té době vyskytovala sněhová pokrývka, izolující tak čidlo v 5 cm). Diference teplot byly stanoveny jako rozdíl teploty ve výšce 2 m nad povrchem (standardní výška měření na klimatologických stanicích sítě ČHMÚ) minus teplota vzduchu ve výšce hodnocené (5 cm, 50 cm a 100 cm). Nejvyšší teplotní rozdíl od teploty ve 2 m byl zaznamenán ve výšce 5 cm při hodnocení maximální záporné diference. Rozdíl 15,5 °C (dne 27.1.2010 v 8:00) byl způsoben výskytem souvislé sněhové pokrývky na pozemku, izolující povrch půdy. Teplota pod sněhovou pokrývkou tak byla -7,3 °C, teplota v 50 cm -25,2 °C, teplota ve 100 cm -23,9 °C a ve 200 cm -22,8 °C. Podrobná vertikální zvrstvení teplot během typických, výrazně odlišných dnů s dominantním vlivem:

- a) mrazu a částečně krytého povrchu půdy,
- b) mrazu a izolačního efektu sněhové pokrývky,
- c) intenzivního slunečního záření a částečně krytého povrchu půdy, jsou uvedena na Obr. 1–3. Analýzou sněhové pokrývky v souvislosti s vlivem na přízemní teplotu a přezimováním polních plodin se v podmínkách ČR zabývali např. Středa, Mužíková, Rožnovský (2007). I

když byla měření realizována v teplé, kukuřičné oblasti, byly ve čtyřletém sledování zaznamenány holomrazy s přízemními minimy s absolutní hodnotou  $-23,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  a mezidenní teplotní amplitudy v extrémech až  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Izolační schopnost sněhové pokrývky vysoké 15 cm způsobovala korekci nízkých teplot až o  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Tab. 1. Základní vyhodnocení měření teplot vzduchu ve vertikálním profilu

	Výška měření nad povrchem			
	5 cm	50 cm	100 cm	200 cm
Průměr ( $^{\circ}\text{C}$ )	1,7	1,4	1,4	1,7
Maximum ( $^{\circ}\text{C}$ )	25,2	21,9	21,2	20,8
Minimum ( $^{\circ}\text{C}$ )	-22,6	-25,9	-24,1	-22,8
Maximální kladná diference ( $^{\circ}\text{C}$ )	5,9	5,9	3,3	X
Maximální záporná diference ( $^{\circ}\text{C}$ )	15,5	2,3	2,7	X
Tepleji než ve 200 cm (% případů)	33	18	20	X
Chladněji než ve 200 cm (% případů)	60	64	64	X
Shodná teplota jako ve 200 cm (% případů)	7	18	16	X
Průměrná diference při tepleji než ve 200 cm ( $^{\circ}\text{C}$ )	1,5	0,4	0,4	X
Průměrná diference při chladněji než ve 200 cm ( $^{\circ}\text{C}$ )	0,9	0,5	0,4	X



Obr. 1 (vlevo): Teplotní zvrstvení vzduchu během chladného dne s holomrazem (6.3.2006)

Obr. 2 (uprostřed): Teplotní zvrstvení vzduchu během chladného dne se sněhem (4.12.2010)

Obr. 3 (vpravo): Teplotní zvrstvení vzduchu během teplého dne bez sněhu (12.3.2007)

Rizika případných negativních dopadů holomrazů jsou dána jednak jejich intenzitou (úroveň mrazu) a počtem dnů, během kterých holomrazy hrozí. Samostatným hodnocením počtu dnů se sněhovou pokrývkou nižší než 5 cm na 73 stanicích ČHMÚ v období 1961–2010 byl zjištěn mírný nárůst počtu těchto dnů (statisticky neprůkazný). To svědčí o mírném úbytku dnů se sněhem během zimního období.

V posledních deseti letech (od roku 2000) nastává všeobecně pokles všech hodnot charakteristik sněhové pokrývky, což může mít výrazný vliv na přezimování ozimých plodin. Snižují se počty dní se sněhovou pokrývkou i počty dní, kdy výška sněhové pokrývky přesahuje určité hodnoty, snižují se sumy výšky nového sněhu i měsíční a sezónní maxima výšky (Tolasz et al., 2007). K obdobnému závěru dospěli i Kliment et al. (2011). Analýzou padesátileté řady dat zjistili v ČR úbytek počtu dní se sněhovou pokrývkou, zejména v níže

položených stanicích, který je patrný od poloviny 80. let 20. století. Současně se snížila výška sněhové pokrývky, když nejintenzivnější pokles je možné pozorovat v nejvyšších polohách, v průměru téměř o 1 cm za rok. Němec a Zusková (2005) analyzovali změny parametrů sněhové pokrývky v ČR v období 1926–2005. Na sníh nejbohatší bylo období 1951–1975, potom 1926–1950. Obdobím s nejnižšími hodnotami sněhových charakteristik je 1989–2003. Tyto závěry platí jak pro celé území ČR, tak i pro polohy nad 600 m. Na vybraných jihomoravských stanicích ČHMÚ během chladného období roku (1.10.–30.4.) v období 1961/62 až 2000/01 hodnotili parametry sněhové pokrývky Pokladníková et al. (2008). V Bystřici nad Pernštejnem (573 m n. m.) se průměrně ročně vyskytlo 78 dní se sněhovou pokrývkou. Sněhová pokrývka v Pohořelicích (180 m n. m.) trvala během hodnoceného období průměrně 35 dní. Nebyl zjištěn statisticky průkazný pokles počtu dnů se sněhovou pokrývkou, průměrně nejvíce takových dnů však bylo v 70. letech (1971–1980), a to průměrně 50 za chladné období roku.

V rámci analýzy bylo dále provedeno kombinované hodnocení výskytu nízkých teplot ve spojení s absencí sněhové pokrývky nebo s její nízkou výškou (do 5 cm) s možným negativním vlivem na přezimující rostliny. Během období 1961–1990 byl zjištěn celkový průměrný počet 581 dnů s minimální teplotou vzduchu  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a sněhové pokrývky 5 cm a nižší (zprůměrováno všech 73 hodnocených stanic v ČR). Průměrný roční počet na jednu stanic tak činil 19,4 dnů. V období 1981–2010 to bylo na jedné stanici v průměru 555 dnů, tzn. průměrně 18,5 dnů na stanici a rok (v období 1991–2010 potom ročně také 18,5 dnů). Například během zimy 2002–2003, kdy díky holomrazům lokálně činily zaorávky ozimů až 80 % ploch, byl průměrný počet uvedených dnů 32,8 (druhý nejvyšší počet v období 1961–2010).

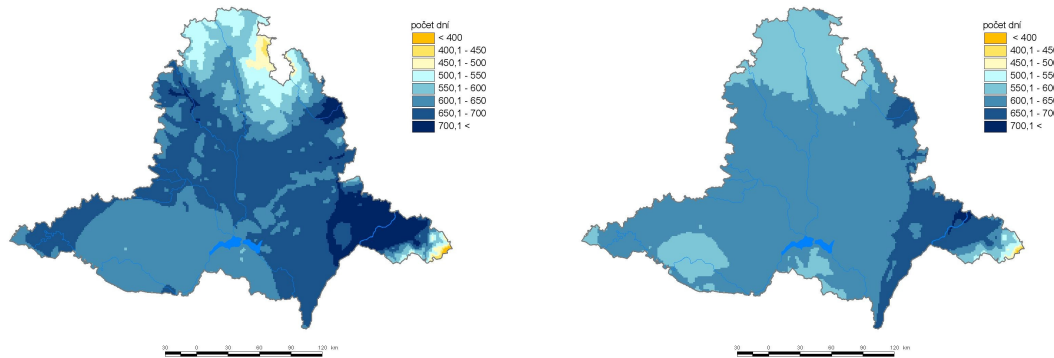
Dnů s minimální denní teplotou  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a nižší při sněhové pokrývky 5 cm nebo nižší bylo v období 1961–1990 zaznamenáno 150, tj. v průměru 5 dnů na stanici ročně. Během období 1981–2010 potom celkem 141 dnů, tj. 4,7 dnů na stanici ročně (v období 1991–2010 4,8 dnů). V zimě 2002–2003 byl průměrný počet uvedených dnů 9,7 (třetí nejvyšší počet v období 1961–2010, když nejvyšší počet 15 dnů byl zaznamenán v roce 1964).

Minimální denní teplota  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  a nižší a současně sněhová pokrývka 5 cm nebo nižší se v období 1961–1990 vyskytovala v průměru na jednu stanic celkem 28,3 dnů, tj. v průměru 0,9 dnů na stanici ročně. V období 1981–2010 potom celkem 24,9 dnů, tj. 0,8 dnů na stanici ročně (v období 1991–2010 potom 0,9 dnů). Nejvyšší průměrný počet dnů (v průměru 4,7 na stanici) byl zaznamenán v roce 1961.

Na Obr. 4–9 jsou vymezeny oblasti s ohledem na riziko výskytu holomrazů pro území jižní Moravy, jako kombinované mapy teplotních a sněhových charakteristik. Mapové znázornění prostřednictvím počtu dnů splňujících kritické kriterium je provedeno pro dvě období, 1961–1990 (normálové období) a období 1981–2010 (třicetiletí nejbližší současnosti). Z porovnání analyzovaných období je zřejmý pokles počtu dnů s holomrazem ve druhém období. To je způsobeno úbytkem počtu dnů s nízkými teplotami v období blíže současnosti – viz. komentář výše. Pozitivně na redukci výskytu holomrazů působí i přes snížené parametry sněhové pokrývky teplejší klima na jihozápadu území (Znojensko), zejména u teplot  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Snížené riziko výskytu holomrazů ve srovnání s ostatními polohami je patrné ve vyšší nadmořské výšce na severu území (Drahanská vrchovina) s vyššími zimními srážkovými úhrny a delší perzistencí sněhové pokrývky. V protikladu k tomu však v těchto polohách množství holomrazů v čase roste, jak ukazuje situace při srovnání období 1961–1990 a 1981–2010.

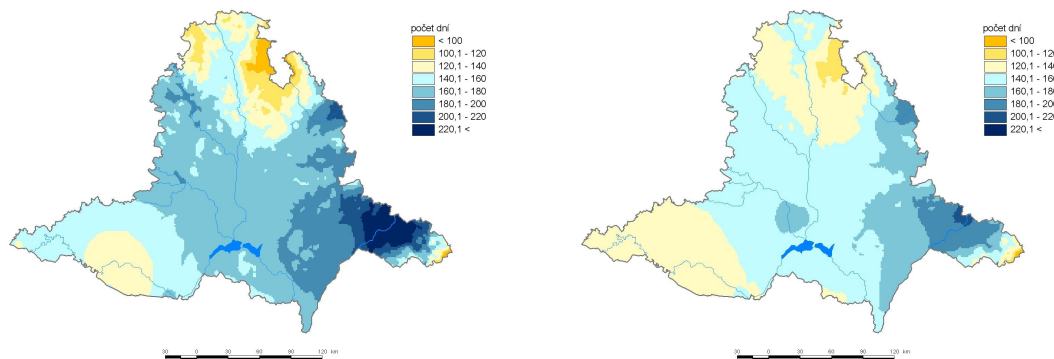
Výskyt holomrazů hodnotil na čtyřech jihomoravských stanicích ČHMÚ v období 1961–2008 prostřednictvím minimální denní teploty vzduchu ve výšce 2 m a výšky sněhové pokrývky také Hora (2008). Např. pro dny s minimální denní teplotou  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a současnou sněhovou

pokrývkou menší než 5 cm zjistil u stanice Pohořelice (180 m n. m.) průměrný počet 23,2 dnů v roce, na stanici Brno-Tuřany (241 m n. m.) 23,3 dnů, Bystřice nad Pernštejnem (573 m n. m.) 20,1 dnů a Nedvězí (722 m n. m.) 18,4 dnů. Zatímco výskyt počtu dnů s mrazem měl ve sledovaném období 1961/62–2007/08 klesající trend, výskyt holomrazů na nížinných stanicích zůstával zhruba stejný, na výše položených stanicích se zvyšoval.



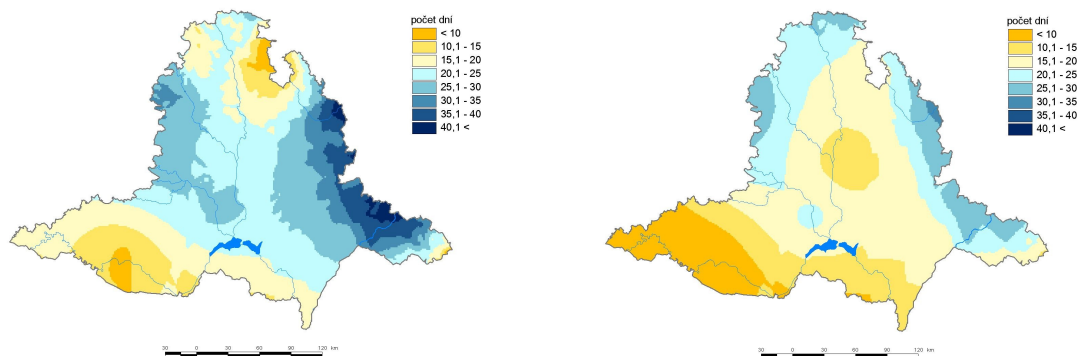
Obr. 4. (vlevo): Počet dnů s T<sub>min</sub> pod -5 °C a výškou sněhu pod 5 cm, 1961–1990

Obr. 5. (vpravo): Počet dnů s T<sub>min</sub> pod -5 °C a výškou sněhu pod 5 cm, 1981–2010



Obr. 6. (vlevo): Počet dnů s T<sub>min</sub> pod -10 °C a výškou sněhu pod 5 cm, 1961–1990

Obr. 7. (vpravo): Počet dnů s T<sub>min</sub> pod -10 °C a výškou sněhu pod 5 cm, 1981–2010



Obr. 8. (vlevo): Počet dnů s T<sub>min</sub> pod -15 °C a výškou sněhu pod 5 cm, 1961–1990

Obr. 9. (vpravo): Počet dnů s T<sub>min</sub> pod -15 °C a výškou sněhu pod 5 cm, 1981–2010

## **Závěr**

Na základě polního monitoringu v letech 2005–2011 byly získány podklady k hodnocení vertikální stratifikace teploty vzduchu v porostu pšenice ozimé v chladné části roku. Pro podrobné zmapování zvrstvení teplot vzduchu během typických dnů byly průběhy teplot interpolovány a vykresleny do 2D plošných grafů. Charakterizovány jsou tak teplotní poměry za různých agrometeorologických situací, včetně období holomrazů nebo v průběhu období s výrazným vlivem sněhové pokrývky. Interpolované výstupy umožňují například korektní odvození teplot v kritické zóně pro rostliny (přízemní výška) z teploty ve standardní výšce 2 m za definovaných podmínek.

Pomocí mapové aplikace a interpolace metodami GIS byly pro území jižní Moravy vymezeny oblasti podle míry rizika výskytu holomrazů, jako kombinované mapy teplotních a sněhových charakteristik. Z porovnání analyzovaných období je zřejmý pokles počtu dnů s holomrazem v obdobích blíže současnosti. Snížené riziko výskytu holomrazů je patrné ve vyšší nadmořské výšce na severu území (Drahanská vrchovina) s vyššími srážkovými úhrny a delší perzistencí sněhové pokrývky a v teplých regionech na jihozápadu území (Znojemsko). Zvýšené riziko výskytu holomrazů je zřejmé zejména v Dolnomoravském úvalu, v Pomoraví. Je tak zřejmé, že ve vazbě na výskyt holomrazů by při rajonizaci odrůd ozimů měly být zohledňovány nejen teplotní, ale i sněhové podmínky území s ohledem na vývoj klimatu. Mapové podklady mohou napomoci při výběru odrůd pro konkrétní oblast z pohledu pravděpodobnosti výskytu rizik pro přezimování.

## **Dedikace**

Práce vznikla s podporou výzkumného projektu MŽP ČR SP/1A6/108/07 „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“.

## **Použitá literatura**

- Czarnecka, M. Overwintering of winter crops in Poland in relation to unfavourable climatic conditions. CAB Abstracts Rozprawy – Akademia Rolnicza w Szczecinie, 1998, 182, 108 pp., 143 ref.
- Czarnecka M., Kalbarczyk E. Impact of weather conditions on triticale overwintering in Poland over 1988-1998. EJPAU, Ser. Agronomy, 2002, 5, 2, Dostupné z: [www.ejpau.media.pl](http://www.ejpau.media.pl).
- Gusta, L.V., Burke, M.J., Tyler, N.J. Factors influencing hardening and survival in winter wheat. In Li, P.H. and Sakai, A. (editors): Plant cold hardiness and freezing stress, 1982, vol. II. Academic Press, New York. pp. 23-40.
- Hanišová, A., Horčíčka, P. Potřebujeme mrazuvzdorné odrůdy pšenice? [On-line] dostupné z: <http://www.selgen.cz/pmraz.php> . Selgen a.s., 1999. Citováno 15.10.2007.
- Hora, P. Výskyt holomrazů na jižní Moravě v období 1961–2008. In Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině, Mikulov, 9.–11.9.2008. Praha, ČHMÚ, 2008. 14 s.
- Horčíčka, P., Skala, R., Hromádka, M., Prášilová, P., Prášil, I.T., Laml, P., Martinek, P. Porovnání metod stanovení stupně mrazuvzdornosti a stanovení stupně rizika poškození odrůd ozimé pšenice mrazem v ČR. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin, Praha, VÚRV a ČZU, 2007. s. 254-260.
- Kliment, Z., Matoušková, M., Ledvinka, O., Královec, V. Hodnocení trendů v hydroklimatických řadách na příkladu vybraných horských povodí. Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí. Skalní mlýn, 2011. ČHMÚ, 2011. 11 s.

- Tolasz, R. Atlas podnebí Česka. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (ČHMÚ), 978-80-244-1626-7 (UP).
- Kurpelová, M., Coufal, L., Čulík, J. Agroklimatické podmínky ČSSR. Hydrometeorologický ústav, Bratislava, 1975, 270 s.
- Návod pro pozorovatele meteorologických stanic. Metodický předpis č. 13. Ostrava, ČHMÚ, 2003.
- Němec, L., Zusková, I. Změny sněhové pokrývky v České republice od roku 1926. Meteorologické zprávy, 2005, 58, 5, s. 135-138.
- Pokladníková, H., Rožnovský, J. The soil temperature at Pohořelice station during the years 1961–2000. Contributions to Geophysics Geophysics and Geodesy, 2006, roč. 36, č. 3, s. 329-341.
- Pokladníková, H., Středa, T., Rožnovský, J. Sněhová pokrývka v agrometeorologii. XIII. stretnutie snehárov. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav, 2008, s. 77-85.
- Prášil, I. Mrazuvzdornost a přezimování řepky. Úroda, 2002, vol. 50, no. 1, s. 34-35.
- Středa, T., Mužíková, B., Rožnovský, J. Podmínky pro přezimování pšenice ozimé v kukuřičné výrobní oblasti. In 15. Posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na ÚH SAV "Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra". Bratislava: Ústav hydrológie SAV, Bratislava, 2007, s. 626-634.
- Szucs, P., Veisz, O., Vida, G., Bedo, Z. Winter hardiness of durum wheat in Hungary. Abstracts Acta Agronomica Hungarica, 2003, 51, 4, s. 389-396.
- Špunar, J., et al. Přezimování obilovin a jeho hodnocení. Obilnářské listy, 1993, vol. 11, no. 6. VUKROM Kroměříž, 1993. [On-line].  
Dostupné z: [http://www.vukrom.cz/www/obilist/obil\\_listy\\_seznam.pdf](http://www.vukrom.cz/www/obilist/obil_listy_seznam.pdf)
- Veisz, O. et al. Overwintering of winter cereals in Hungary in the case of global warming. Euphytica, 1996, vol. 96, no. 1/2 s. 249-253.
- Veisz, O., Rajki, E. Frost resistance in various winter wheat varieties during winter. Biological Abstracts Acta Agronomica Hungarica, 1987, 36, 3-4, s. 285-294.

**Kontaktní adresa 1. autora:**

Ing. Tomáš Středa, Ph.D.  
Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno  
Kroftova 43  
616 67 Brno  
E-mail: [tomas.streda@chmi.cz](mailto:tomas.streda@chmi.cz)