

Vzt'ah medzi topením snehovej pokrývky a kvitnutím skorých druhov bylín na lyžiarskom svahu strediska Donovaly – Starohorské vrchy

Relationship between snowmelt timing and flowering of early herbs on ski piste
of Donovaly ski center – The Staré Hory Mts.

Michal Mikloš, Jana Škvareninová, Jaroslav Škvarenina

Technická univerzita vo Zvolene, Ul. T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovakia

Abstrakt

Snehová pokrývka zasnežovaných lyžiarskych svahov má vyššiu výšku a hustotu preto sa topí o niekoľko dní až týždňov dlhšie. Cieľom práce bolo zistiť vplyv a vzťah medzi oneskoreným roztopením snehovej pokrývky zasnežovaného lyžiarskeho svahu strediska Donovaly v sezóne 2014 až 2016 a kvitnutím prvých druhov bylín. Pozorovaný bol začiatok kvitnutia prvého druhu až po druh ktorý začínal kvitnúť na zasnežovanej a kontrolnej ploche v rovnaký dátum. Ako prvý začal kvitnúť druh *Crocus discolor* s oneskorením 9 dní na zasnežovanej ploche. Oneskorenie začiatku kvitnutia sa znižovalo v trende 0.24 dňa za deň od roztopenia snehovej pokrývky na zasnežovanej ploche. Podľa tohto trendu by oneskorenie kvitnutia nemalo byť pozorované pri druhoch ktoré začínajú kvitnúť o 42 dní od roztopenia snehovej pokrývky na zasnežovanej časti lyžiarskeho svahu.

Kľúčové slová: fenológia, SET, teplota pôdy, technický sneh, *Crocus discolor*

Abstract

Snowpack of snowed ski pistes persist on the slopes few days to few weeks longer due to the higher snow depth and snow density. Aim of this work was to identify influence and relationship between the delayed snowmelt timing of snowed snowpack and beginning of flowering of first herbs in the Donovaly ski center in the season 2014 to 2016. Observed was beginning of flowering of first species till the species which started to flower on the snowed and control plot at the same date. As first species started to flower *Crocus discolor* with delay of 9 days on the snowed plot. Delay of flowering had decreasing trend of 0.24 day per one day from snowmelt of snowed snowpack. According to this trend, the delay of flowering should not be observed in species which start to flower 42 days after snowmelt of snowpack on the snowed part of ski piste.

Keywords: phenology, SET, soil temperature, artificial snow, *Crocus discolor*

Úvod

Zimný cestovný ruch je jedným z hlavných ekonomických sektorov mnohých horských regiónov sveta (Elsasser et Messerli, 2001), no je závislý od dobrých snehových podmienok pre zimné športy (Töglhofer et al., 2011). Nanešťastie, väčšina scenárov zmien klímy predpovedá skracovanie trvania sezónnej snehovej pokrývky (Wipf et al., 2009) a premenlivosť jej výskytu najmä v nižších polohách (Labudová et al., 2015). Zimy s nedostatkom snehu spôsobujú významné a často krát existenčné problémy pre čoraz viac lyžiarskych stredísk (Steiger et Mayer, 2008). V súčasnosti je prevádzka lyžiarskych stredísk na Strednom Slovensku pod 1000 m n.m. možná len vďaka technickému zasnežovaniu (Mikloš et al., 2018). Intenzívnym zasnežovaním sa navyšuje a zlepšuje kvalita snehovej pokrývky lyžiarskych svahov, no predlžuje sa tým i doba jej topenia o niekoľko týždňov (Melanie et al., 2014). Výskyt snehovej pokrývky je jedným z najdôležitejších faktorov limitujúcich vývin a kvitnutie prvých jarných druhov bylín horských a alpínskych ekosystémov (Ram et al., 1988; Kudo, 1991). Vývin rastlín a nástup ich fenologických fáz je závislý od sumy teplôt vzduchu nad hraničnou hodnotou, najčastejšie 5 °C (Ratcke et. Lacey, 1985). Teplota pod snehovou pokrývkou sa pohybuje okolo 0 °C (Rixen et al., 2001) preto dĺžka topenia snehovej pokrývky ovplyvňuje nástup kvitnutia a dĺžku rastovej fázy, ktorá vplýva na reprodukčnú schopnosť a dĺžku periódy pre dozrievanie semien a plodov rastlín (Galen et Stanton, 1991; Kudo, 1991). Dĺžka periódy pre dozrievanie semien je pri horských lúkach limitovaná kosením. Skrátenie periódy dozrievania predĺžením topením snehovej pokrývky môže mať za následok zníženú konkurencieschopnosť a ústup druhov ktorých semená nestihnú dozrieť (Kudo et. Suzuku, 1999).

Lyžiarske svahy Stredného Slovenska ktoré vznikli na zapojených kosienkoch a pasienkoch sa sezónne zasnežujú pretože výška prírodnej snehovej pokrývky nepostačuje na ich prevádzku (Mikloš et al., 2018). Na lyžiarskom svahu Záhradište, známeho Stredoslovenského lyžiarskeho strediska Donovaly bola pre potreby tejto práce vymedzená plocha pod vplyvom zasnežovania a kontrolná plocha na okraji svahu. Cieľom práce bolo:

- zistiť o koľko dní sa predĺži doba topenia snehovej pokrývky na zasnežovanej časti svahu,
- zistiť o koľko dní sa oneskorí začiatok kvitnutia chronologicky, za sebou kvitnúcich druhov bylín v závislosti od počtu dní od roztopenia snehovej pokrývky na zasnežovanej časti svahu,
- zistiť vzťah medzi sumou efektívnych teplôt (SET) a oneskoreným kvitnutím druhov na zasnežovanej časti svahu.

-

Materiál a metódy

Výskum prebiehal v lyžiarskom stredisku Donovaly (Slovensko, Vnútorne Východné Karpaty; Starohorské vrchy; 48,881 N, 19,226 E; Obr. 1). Na lyžiarskom svahu Záhradište (945 m n.m.) boli definované dve výskumné plochy. Jedna plocha na intenzívne zasnežovanej a upravovanej časti svahu snežným pásovým vozidlom a jedna kontrolná plocha na okraji svahu bez vplyvu zasnežovania a úprav snehovej pokrývky. Obe plochy mali porovnateľné prírodné podmienky (geomorfológia, pôdy, hydrologické pomery) a manažment trávnych porastov (kosenie raz ročne). Podľa Atlasu krajiny Slovenskej republiky (2002) sa výskumná lokalita nachádza v klimatickom okrsku mierne chladnom a veľmi vlhkom (chladná klimatická oblasť), s priemernou ročnou teplotou vzduchu 2 až 4 °C a s priemerným ročným úhrnom zrážok 1200 až 1600 mm (Lapin et al., 2002). Geologický podklad tvoria kremence, pieskovce a ílové bridlice na rozhraní s tmavými vápencami a dolomitmi na ktorých sa nachádzajú rendziny kambizmené a podzoly modálne.

Na oboch výskumných plochách bola v sezóne 2015 a 2016 zaznamenávaná teplota pôdy (3 cm pod pôdnym povrchom) a teplota vzduchu (vo výške 2 m) v hodinových intervaloch. V sezóne 2014 až 2016 bol pozorovaný začiatok kvitnutia prvých druhov bylín ktoré sa vyskytovali na oboch výskumných plochách po roztopení snehovej pokrývky. Za začiatok kvitnutia sa považoval deň, keď sa najmenej na troch jedincoch toho istého druhu otvorili prvé, normálne vyvinuté kvety. Vybrané boli druhy ktoré začínali kvitnúť chronologicky za sebou až po druh ktorý začínal kvitnúť na oboch plochách v rovnaký deň. Pozorovania prebiehali podľa „Návodu pred dobrovoľných pozorovateľov fenologických staníc“ (SHMÚ Bratislava, 2003).



Obr. 1. Lokalizácia strediska Donovaly v regionálnom a štátnom meradle a umiestnenie dvoch výskumných plôch na lyžiarskom svahu Záhradište (stredisko Donovaly).

Výsledky

Snehová pokrývka zasnežovanej časti lyžiarskeho svahu (sp) sa roztopila v priemere o 25 ± 1 dní neskôr (priemer \pm smerodajná odchýlka) ako prírodná snehová pokrývka na kontrolnej ploche (Tab. 1). Predĺženie doby topenia sp bolo v jednotlivých sezónach rozdielne o jeden až dva dni. Počas doby topenia sp bola vrchná vrstva pôdy pod snehovou pokrývkou permanentne zamrznutá v oboch meraných sezónach (dvojsezónny hodinový priemer: $-0,1 \pm 0,1$ °C). Naopak pôda na kontrolnej ploche bola počas doby topenia sp v priemere rozmrznutá. Jej priemerná hodinová teplota bola $2,2 \pm 2,9$ °C (dvojsezónny priemer; Tab. 1). V sezóne 2016 bola priemerná hodinová teplota pôdy na kontrolnej ploche $0,2 \pm 0,5$ °C, no priemerná hodinová teplota vzduchu bola $3,4 \pm 4,8$ °C. Priemerná hodinová teplota vzduchu počas doby topenia sp bola v trojsezónnom priemere $4,1 \pm 4,5$ °C, pričom najnižšia bola v sezóne 2016 ($3,4$ °C).

Suma efektívnych teplôt (SET; nad 5 °C) ktorá ovplyvňuje vývin vegetácie bola na zasnežovanom lyžiarskom svahu znížená o sumu efektívnych teplôt zaznamenaných počas doby topenia sp (SET_{sp}). SET_{sp} bola v trojsezónnom priemere $39,7 \pm 4,6$ °C. Najvyšší rozdiel v SET_{sp} bol medzi sezónou 2016/17 a 2015/16 (9 °C; Tab. 1). V sezóne 2016/17 kedy bola identifikovaná najvyššia SET_{sp} (44 °C) bola za obdobie topenia sp zistená najvyššia priemerná hodinová teplota vzduchu ($5,3$ °C).

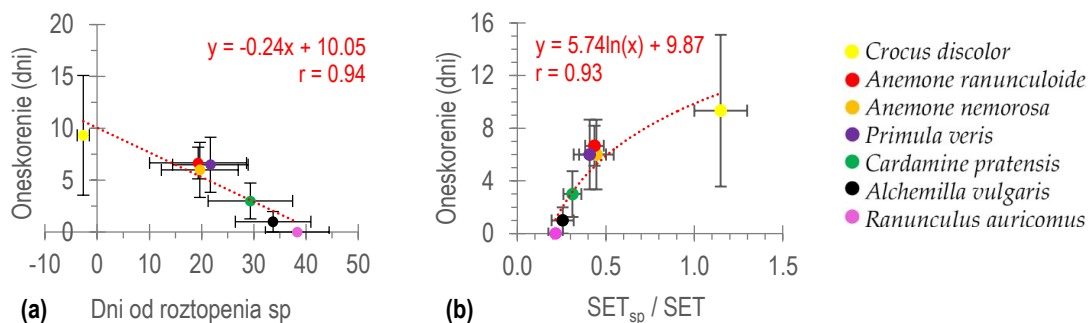
Tab. 1. Predĺženie doby topenia snehovej pokrývky lyžiarskeho svahu (sp) v porovnaní s kontrolnou plochou bez snehu (kontrol.), suma efektívnych teplôt (SET_{sp}) počas doby topenia sp a priemerná hodinová teplota vzduchu a pôdy počas doby topenia sp (T v °C, priemer \pm smerodajná odchýlka).

	2015	2016	2017	Priemer \pm sd
Doba topenia sp (dni)	26	25	24	25 ± 1
SET_{sp} (°C)	38,3	35,8	44,8	$39,7 \pm 4,6$
Priemerná T vzduchu	$3,7 \pm 4,8$	$3,4 \pm 4,8$	$5,3 \pm 3,8$	$4,1 \pm 4,5$
Priemerná T pôdy pod sp	-	$0,0 \pm 0,0$	$-0,2 \pm 0,0$	$-0,1 \pm 0,1$
Priemerná T pôdy kontrol.	-	$0,2 \pm 0,5$	$4,3 \pm 2,6$	$2,2 \pm 2,9$

V každej z troch sezón bolo kvitnutie prvých druhov bylín na zasnežovanej časti lyžiarskeho svahu oneskorené (Obr. 2a). V trojsezónnom priemere kvitol na lyžiarskom svahu ako prvý druh *Crocus discolor* a následne ďalšie druhy v poradí znázornenom na Obrázku 2a. Oneskorenie kvitnutia druhu *Crocus discolor*, ktorý začal kvitnúť v priemere $2,7 \pm 1,2$ dňa pred roztopením sp, bolo v priemere $9,3 \pm 5,8$ dňa. Ako ďalší začal kvitnúť druh *Anemone*

ranunculoides s oneskorením $6,7 \pm 1,5$ dňa, v priemere o $19,3 \pm 9,3$ dňa od roztopenia sp. Ďalšie druhy začali kvitnúť s odstupom max. 8 dní pričom pri druhu *Ranunculus auricomus* už oneskorenie kvitnutia nebolo pozorované v priemere o $38,3 \pm 6,1$ dní od roztopenia sp. Oneskorenie začiatku kvitnutia za sebou nastupujúcich druhov sa znižovalo v trende v priemere o 0,24 dňa za deň od roztopenia sp (smernica regresnej priamky; Obr. 2a). Podľa trendu vypočítaného z trojsezónnych dát sa kvitnutie druhu nastupujúceho hneď po roztopení sp oneskorí o 10 dní pričom oneskorenie kvitnutia už nebude pozorovateľné pri druhoch ktoré začínajú kvitnúť o 42 dní od roztopenia sp..

Oneskorenia začiatku kvitnutia druhov bolo závislé od počtu dní od roztopenia sp. Priemerné trojsezónne dáta ukázali, že s rastúcim počtom dní od roztopenia sp sa znižoval pomer SET_{sp}/SET v trende 0,02 za deň ($y = -0,02x + 0,98$; $r = 0,96$). Oneskorenie začiatku kvitnutia druhov sa znižovalo s klesajúcim pomerom SET_{sp}/SET v logaritmickom trende (Obr. 2b). Čím bola SET_{sp} nižšia v pomere k SET zaznamenaných na kontrolnej ploche, tým sa oneskorenie kvitnutia znižovalo. Nulové oneskorenie bolo podľa logaritmického trendu zaznamenané ak SET na kontrolnej ploche dosiahla $221,8\text{ °C}$ ($SET_{sp} = 39,7\text{ °C}$ a $SET_{sp}/SET = 0,18$).



Obr. 2. Oneskorenie začiatku kvitnutia druhov, (a) v závislosti od počtu dní od roztopenia snehovej pokrývky lyžiarskeho svahu (sp) a (b) v závislosti od pomeru SET_{sp} / SET kde SET_{sp} je suma efektívnych teplôt počas predĺženej doby topenia sp (sezónna konštanta) a SET je suma efektívnych teplôt na kontrolnej ploche.

Diskusia

V dôsledku navýšenia zasnežovaním sa snehová pokrývka na lyžiarskom svahu Záhradište (945 m n.m.) roztopila o 25 dní neskôr ako prírodná snehová pokrývka na okraji svahu. Keller et al.(2004) a Rixen et al.(2004) pozorovali porovnateľné predĺženie topenia snehovej pokrývky o 28 a 17 dní, no v nadmorskej výške nad 1000 m n.m. na zasnežovaných svahoch Európskych Álp. Počas predĺženej doby topenia bola pôda pod snehovou pokrývkou

permanentne zamrznutá i keď teplota vzduchu bola niekoľko dní nad bodom mrazu. Rixen et al. (2004) dospel k rovnakým zisteniam, pričom poukázal na výskyt nepriepustných ľadových vrstiev ktoré vznikli v dôsledku zasnežovania a zhutňovania snehu snežným pásovým vozidlom. Počas predĺženej doby topenia bola na lyžiarskom svahu Záhradište zistená i teplota vzduchu nad 5 °C (efektívna teplota pre vývin väčšiny bylín). Prvý druh *Crocus discolor* preto začal kvitnúť mimo zasnežovanej časti svahu o 9 dní skôr. V stredisku Davos v nadmorskej výške o 600 m vyššej ako v stredisku Donovaly zistil Rixen et al. (2001) oneskorenie kvitnutia druhu *Crocus albiflorus* len o 2 dni. Predĺženie doby topenia snehovej pokrývky preto nemusí mať zásadný vplyv na vývin rastlín ak sa počas tejto doby často nevyskytovali teploty efektívne pre vývin rastlín. V našom prípade sme zistili, že suma efektívnych teplôt (SET) bola v dôsledku dlhšie topenia snehovej pokrývky redukovaná o 40 °C. Oneskorenie kvitnutia bolo pozorované i na ďalších druhoch pričom pri druhu *Ranunculus auricomus* už oneskorenie kvitnutia nebolo pozorované o v priemere viac ako mesiac po roztopení snehovej pokrývky zasnežovaného svahu. Závislosť začiatku kvitnutia bylín v závislosti od dátumu roztopenia snehovej pokrývky zaznamenal i Kudo et Suzuki (1999) no na príklade druhov alpínskeho pásma. .

Záver

Topenie snehovej pokrývky na zasnežovanej časti lyžiarskeho svahu Záhradište trvá v priemere o 25 dní dlhšie ako na kontrolnej, nezasnežovanej časti. Pôda pod snehovou pokrývkou je počas periódy 25 dní permanentne zamrznutá i keď je teplota vzduchu plusová. *Crocus discolor* kvitne na lyžiarskom svahu ako prvý ešte pred úplným roztopením snehovej pokrývky, no s oneskorením 9 dní na zasnežovanej časti. Oneskorenie začiatku kvitnutia druhov na zasnežovanej časti sa postupne znižuje v lineárnom trende od roztopenia snehovej pokrývky. Podľa lineárneho trendu už oneskorenie kvitnutia na zasnežovanej časti nie je pozorované pri druhoch ktoré začínajú kvitnúť v priemere o 42 dní od roztopenia snehovej pokrývky. Suma efektívnych teplôt (SET) nad 5 °C je na zasnežovanej časti znížená v priemere o 40 °C v dôsledku dlhšieho topenia snehovej pokrývky. Zníženie SET sa prejavuje oneskoreným začiatkom kvitnutia druhov. Oneskorenie začiatku kvitnutia druhov sa znižuje v logaritmickej tendencii s rastúcou SET na kontrolnej časti svahu. Oneskorenie kvitnutia druhov by už nemalo byť pozorované keď SET na kontrolnej časti dosiahne 221,8 °C.

Literatúra

- Elsasser, H., Messerli, P. 2001. The vulnerability of the snow industry in the Swiss Alps. *Mt. Res. Dev.*, 21, 335–339.
- Galen, C., Stanton, N.L. 1991. Consequences of emergence phenology for reproductive success in *Ranunculus adoneus* (Ranunculaceae). *Am. J. Bot.*, 78, 978–988.
- Keller, T., Pielmeier, C., Rixen, C., Gadiant, F., Gustafsson, D., Stähli, M. 2004. Impact of artificial snow and ski-slope grooming on snowpack properties and soil thermal regime in a sub-alpine ski area. *Ann. Glaciol.*, 38, 314–318.
- Kudo, G. 1991. Effects of snow-free period on the phenology of alpine plants inhabiting snow patches. *Arc. Alp. Res.*, 23, 436–443.
- Kudo, G., Suzuki, S. 1999. Flowering phenology of alpine plant communities along a gradient of snowmelt timing. *Polar Biosci.*, 12, 100–113.
- Labudová, L., Faško, P., Ivaňáková, G. 2015. Changes in climate and changing climate regions in Slovakia. *Morav. Geogr. Rep.*, 23, 70–81.
- Lapin, M., Faško, P., Melo, M., Šťastný, P., Tomlain, J. 2002. Climatic regions. In: Miklós, L., & Hrnčiarová, T. (eds.): *Landscape atlas of the Slovak Republic. Primary landscape structure*. 1st ed. Ministry of Environment of the Slovak Republic Bratislava, Slovak Environmental Agency Banská Bystrica, 95.
- Melanie, P., Rixen, C., Wipf, S., Cornelissen, J.H.C. 2014. Management, winter climate and plant-soil feedbacks on ski slopes: a synthesis. *Ecol. Res.*, 29, 583–592.
- Mikloš, M., Jančo, M., Korísteková, K., Škvareninová, J., Škvarenina, J. 2018. The Suitability of Snow and Meteorological Conditions of SouthCentral Slovakia for Ski Slope Operation at Low Elevation—A Case Study of the Košútka Ski Centre. *Water*, 10, 907.
- Ram, J., Singh, S.P.; Singh, J.S. 1988. Community level phenology of grassland above tree line in central Himalaya, India. *Arc. Alp. Res.*, 20, 325–332.
- Rathcke, B., Lacey, E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 16, 179–214
- Rixen, C., Stoeckli, V., Huovinen, C., Huovinen, K. 2001. The phenology of four subalpine herbs in relation to snow cover characteristics. *IAHS PUBLICATION*, 270, 359–362.
- Rixen, C., Haeberli, W., Stoeckli, V. 2004. Ground temperatures under ski pistes with artificial and natural snow. *Arct. Antarct. Alp. Res.*, 36, 419–427.
- Steiger, R., Mayer, M. 2008. Snowmaking and climate change future options for snow production in Tyrolean ski resorts. *Mt Res Dev.*, 28, 292–298.
- Töglhofer, C., Eigner, F., Prettenthaler, F. 2011. Impacts of snow conditions on tourism demand in Austrian ski areas. *Clim. Res.*, 46, 1–14.

Wipf, S., Stoeckli, V., Bebi, P. 2009. Winter climate change in alpine tundra: Plant responses to changes in snow depth and snowmelt timing. *Climatic Change*, 94, 105–121.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporená z projektov VEGA 1/0500/19 a VEGA 1/0111/18; ako aj projektami APVV-15-0425, APVV-15-0497, za čo autori menovaným agentúram ďakujú.

Kontakt:

Ing. Michal Mikloš, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene

Ul. T.G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen

+421 949 263 801; miklosmiso@gmail.com