

Časový aspekt firnovatenia snehovej pokrývky s predispozíciou vzniku lavín z mokrého snehu na podklade meteorologických údajov stanice Pod Chlebom

Miroslav ŽIAK

Abstract: *The aim of the paper is to define the variations of snowmelt and refreeze timing and predisposition for wet snow avalanches, based on direct measurements of air temperature gradient and temperature of snow on automatic weather station in Mala Fatra Mts. in 1450 m above sea level and the locality name "Pod Chlebom". This main aim we will get from research of daily averages and amplitude at different times scale of winter season 2010/2011.*

Keywords: *temperature gradient, snow temperature, wet snow avalanche, Malá Fatra Mts.*

Úvod

Lavínová činnosť je spoluvytváraná pôsobením geomorfologických, vegetačných a najmä meteorologických faktorov. Tie určujú rozsah a intenzitu lavín. Na druhej strane sú to podmienky limitujúce stabilitu snehovej pokrývky. Sledovaním vývoja vybraných meteorologických veličín dokážeme modelovať správanie sa snehovej pokrývky. Pri hodnotení lavínovej činnosti z hľadiska vzniku mokrých základových lavín nemôžeme zabudnúť na hodnotenie stability snehovej pokrývky prostredníctvom sledovania teplotného gradientu snehovej pokrývky a jej okolia.

Cieľom prezentovaného príspevku je určenie časovej osi denného striedania rozmŕzania a zamŕzania snehovej pokrývky so zvýšenou predispozíciou na vznik lavín z mokrého snehu, na základe priameho merania gradientu teploty vzduchu a teploty snehovej pokrývky. Vyjadríme takto denný chod a amplitúdu v rôznych časových obdobiach zimy.

Materiál a metódy

Pri lavínovej činnosti je okrem priestorového rozšírenia veľmi významný časový ukazovateľ, ktorým dokážeme predpovedať a monitorovať stabilitu snehovej pokrývky. Nevyhnutná je charakteristika vybraných meteorologických veličín, ktorá sa vykonáva stacionárnym typom výskumu. Ten predstavuje umiestnenie automatickej meteorologickej stanice vo vysokohorskom prostredí. Pre analýzy v predložennom príspevku bola využitá vlastná stanica v blízkosti Chaty pod Chlebom v Krivánskej časti Malej Fatry.

Stanica sa nachádza v blízkosti elektrickej prípojky, čo nám umožňovalo umiestniť vyhrievané snímače rýchlosti a smeru vetra. Boli pripojené na stožiaru vo výške 5 metrov. Vyhrievanie je potrebné najmä kvôli zvýšenej vlhkosti vzduchu, ktorá vytvára na podchladených predmetoch hrubú vrstvu námrazy. Tá môže prístroje zastaviť, prípadne aj poškodiť.

Výška snehovej pokrývky sa meria pomocou prístroja SWS 3. Tento prístroj na základe radarovej odrazivosti sníma povrch snehovej pokrývky a následne odosiela namerané hodnoty každú minútu. Pracuje v celom rozsahu vlhkosťných podmienok a podľa údajov od výrobcu dokáže merať výšku snehu pri teplotách od -35 °C.

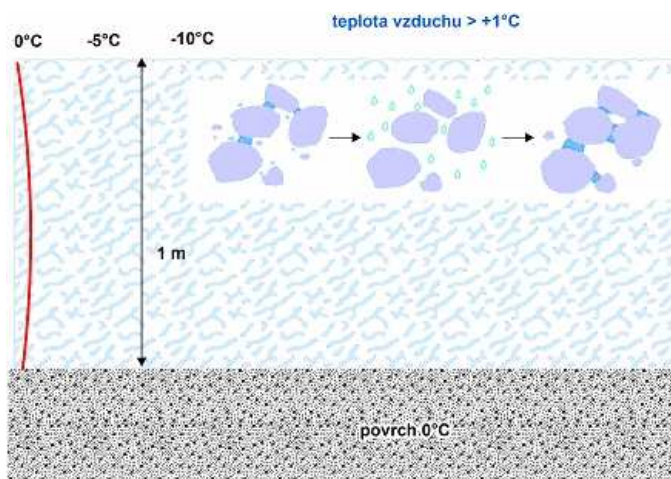
Teplota a vlhkosť vzduchu sa sníma v štandardnom radiačnom kryte, ktorý je umiestnený vo výške 2 metre. Okrem toho sa sleduje teplota snehu v profile prostredníctvom siedmych teplomerov umiestnených každých 20 cm od pevného povrchu.

Všetky namerané hodnoty sa ukladajú do DATA LOGGERU, ktorý je umiestnený v rozvodnej skrinke. Počas uplynulej zimy bol nastavený na merania každú minútu a následne spriemerované pre 15 minút. Ukladanie je realizované na dvoch nezávislých miestach – SD karta a pomocou GPRS modulu odosielané na vzdialený MySQL databázový server. Ten dáta ukladá a pomocou php skriptov upraví pre následný grafický prehľad online vo webovom rozhraní.

Meteorologické dáta ako podklad vyhodnotenia stability snehovej pokrývky sú súčasťou komplexného fyzikálneho modelu SNOWPACK. Vývoju modelu sa venujú najmä autori zo Švajčiarska Lehning a Bartelt (Bartelt, Lehning 2002, Lehning et al. 2002a, Lehning et al. 2002b). Okrem spomínaných autorov bol model využitý vo viacerých aplikáciách (Hirashima et al. 2008, Lundy et al. 2001, Nishimura 2005 a iné).

Výsledky a diskusia

Analýza vybraných meteorologických údajov slúži ako prostriedok pre charakteristiku stability snehovej pokrývky. Jednotlivé vstupujúce zložky pôsobia ako stabilizačný (resp. destabilizačný) faktor v rôznom čase. Vytvárajú následne predpoklad pre vznik určitých typov lavín, najmä pôsobením na metamorfózu snehu. Poznáme štyri základné premeny snehu: deštruktívna metamorfóza (premena rozpadom), konštruktívna metamorfóza (premena narastaním), firnovatenie (premena topením, obr. 1) a premenu snehu na ľadovcový ľad.

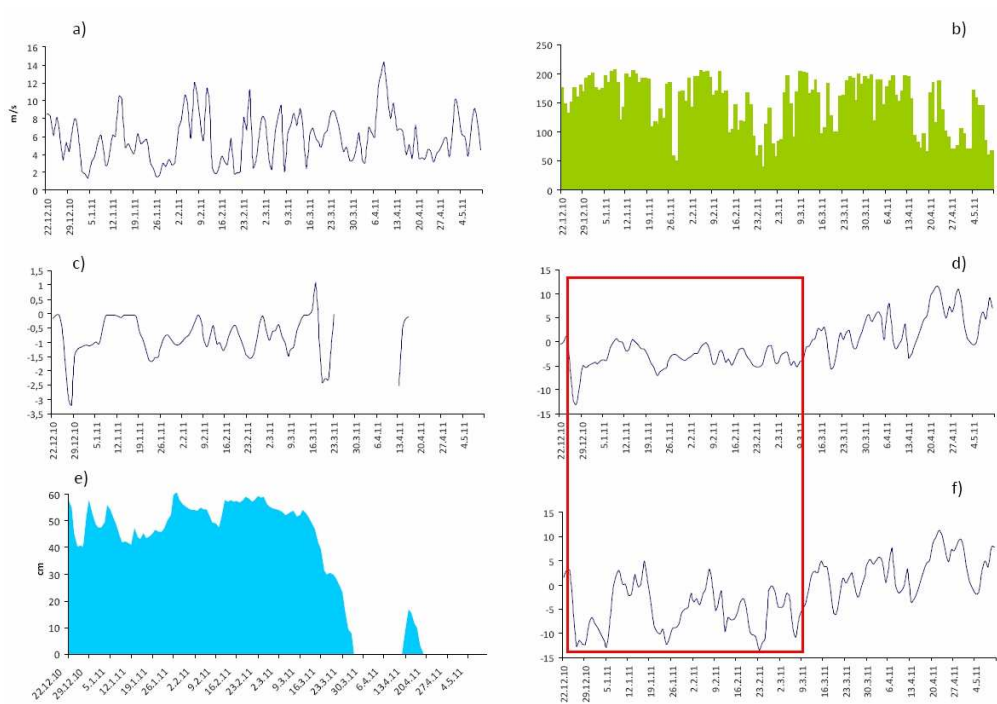


Obr. 1. Ukážka princípu premeny snehu pri procese firnovatenia, spracoval: Miroslav Žiak

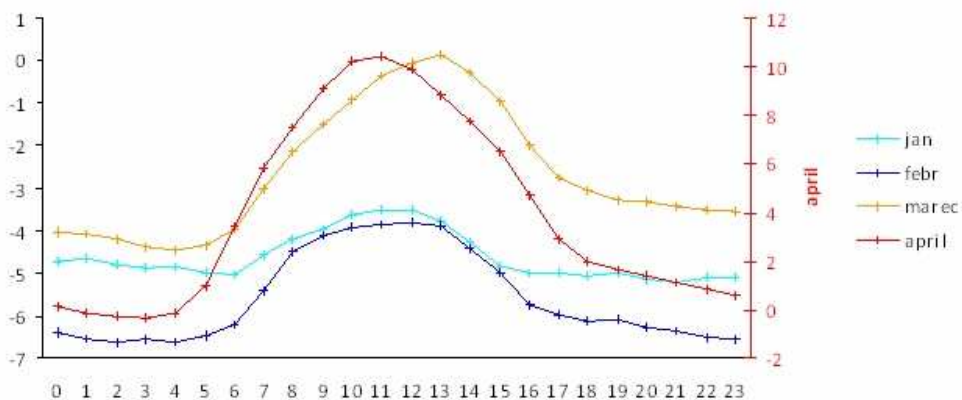
V prípade vzniku lavín z mokrého snehu nás bude zaujímať najmä proces firnovatenia. Na vyhodnotenie jeho časového prejavu sú potrebné namerané vybrané meteorologické ukazovatele (obr. 2). Prezentované parametre lepšie pomáhajú dokresliť vývoj počasia na automatickej meteorologickej stanici Pod Chlebom a jej blízkom okolí.

Snehová pokrývka v spodnej časti je izolovaná od vonkajšieho prostredia a jej teplota je čím hlbšie, tým viac blízka 0 °C (obr. 2, c), d). Horná časť snehovej pokrývky je počas zimy vystavovaná rozdielnemu vplyvu teploty vzduchu, ktorý sa mení pri zmene dennej fluktuácie teploty (striedanie teplého a studeného cyklu počas dňa a noci) a aktuálnej synoptickej situácie (McClung, Schaerer 1993). Z tohto dôvodu má vo všeobecnosti väčšiu stabilitu snehová pokrývka pri oceánickom type podnebia ako pri kontinentálnom, ktorý má vyššiu amplitúdu teploty. Tento efekt rozdielného príjmu tepla spôsobuje zmeny v snehovej pokrývke a spolu s tlakom nadložných vrstiev vplyva na jej stabilitu.

Štádiom firnovatenia predstavuje poslednú etapu vývoja snehovej pokrývky (ak nepočítame premenu na ľadovcový ľad nad snežnou čiarou). Pozorovať ho môžeme koncom jesene, ale najmä začiatkom jari, kedy už teplota vzduchu cez deň je kladná (počas zimy môžu byť kladné teploty na južne orientovaných svahoch). Snež prechádza dvoma fázami vývoja. Dôležitý v tomto prípade je aj časový aspekt denného chodu vývoja teploty vzduchu (Obr. 3), pričom reakcia snehovej pokrývky na teplotu je rozdielna.

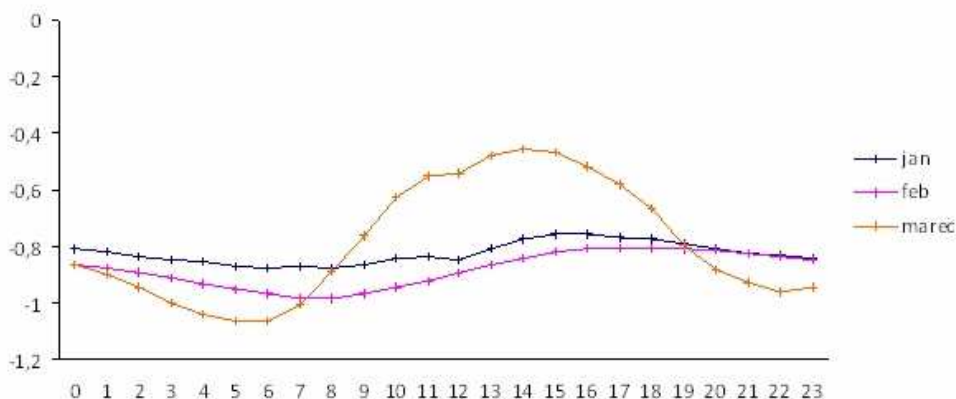


Obr. 2. Denné priemery: a) rýchlosti vetra, b) smeru vetra, c) teploty snehu v 20 cm, d) teploty snehu v 40 cm, e) výšky snehu, f) teploty vzduchu. V červenom rámečku je obdobie, kedy bol teplomer v snehovej pokrývke. Zvyšný čas bola snehová pokrývka nižšia.



Obr. 3. Priemerné hodinové teploty vzduchu podľa zimných mesiacov nameraných na automatickej meteorologickej stanici Pod Chlebom. Pričom obdobie od 22.12. – 21.1. = jan, 22.1. – 21.2. = febr, 22.2. – 21.3. = marec, 22.3. – 21.4. = apríl. Posledné obdobie označené ako apríl kvôli zvýšenej amplitúde prislúcha osy y vpravo.

1. Fáza topenia snehu – Pri ohriatí snehu nad 0 °C sa začína uvoľňovať voda, ktorá vniká medzi jednotlivé snehové zrná a znižuje súdržnosť väzieb a tým aj celej vrstvy. Ako prvé sa roztápajú menšie zrná a väčšie sa od seba oddeľujú. Vzniká pravdepodobnosť padnutia základových lavín. Tento proces je najintenzívnejší v popoludňajších hodinách. Podľa McClung, Schaerer (1993) pri slnečnom žiarení s najväčšou intenzitou o 12:00 je najväčší podiel voľnej vody v snehovej pokrývke okolo 15:00 hodine.



Obr. 4. Priemerné hodinové teploty snehu podľa zimných mesiacov nameraných na automatickej meteorologickej stanici Pod Chlebom vo výške 20 cm nad podlažím.

Teplotná kapacita snehovej pokrývky však spôsobuje rozdielny vývoj teploty a vytvára teplotný gradient (obr. 2 c) d). Zväčšuje sa tu aj rozdiel medzi rozptylom a smerodajnou odchýlkou.

2. Fáza zamrznutia snehu – Postupne sa zoslabovaním vplyvu slnka prestáva vytvárať voľná voda a v noci vznikajú nové, silnejšie väzby. Zrná narastajú a zvyšujú vzájomnú súdržnosť. Výsledkom je *firnový sneh*. Na ďalší deň sa celý proces opakuje až do úplného roztopenia, prípadne narušenia stability natoľko, že sa prekoná odpor trenia a nastane pád lavíny.

Na vyjadrenie časovej náchylnosti destabilizácie snehovej pokrývky boli využité hodinové priemery údajov za jednotlivé mesiace. Tie nevykazujú v nočných hodinách takmer žiadne zmeny. Minimum je počas všetkých mesačných priemerov približne na úrovni 4.00 – 5.00 UTC (čo je 5.00 – 6.00 CET). Zaujímavé sú maximá, pretože sa diferencujú mesiace marec, apríl od typicky chladných mesiacov januára a februára. V chladnejších mesiacoch predstavuje amplitúda 2 – 3 °C. V tomto čase nie je prítomné výrazné maximum, pričom v teplejších ho už pozorujeme zreteľnejšie.

V marci predstavuje amplitúda 4 °C s maximom o 14.00 CET. Ale čo nám ďalej vyčlení apríl od marca je práve jeho výrazná amplitúda 10 °C a okrem skorých ranných hodín je nad bodom mrazu. Z uvedených zistení môžeme považovať marec za mesiac s najväčším potenciálom pre proces firnovatenia, nakoľko v apríli už sneh len veľmi ťažko opätovne zamrzne.

Záver

Výsledky dosiahnuté predloženým príspevkom boli realizované počas zimy 2010/2011. V tejto sezóne neboli pozorované žiadne lavíny takmer v celom pohorí Malej Fatry. Výnimku tvorili len menšie snehové splazy a lavíny vznikajúce tesne po zrážkovej udalosti (lavíny z nového snehu). Táto skutočnosť neovplyvnila výsledky práce, nakoľko prvotným cieľom bolo stanovenie času zvýšenej, respektíve zníženej stability snehovej pokrývky vplyvom vnútornej zmeny a amplitúdy teploty snehu. Tá potom následne vytvára náchylnosť pre vznik lavín z mokrého snehu. Vychádza to zo základných princípov procesu firnovatenia. Aj v prípade priaznivejších snehových podmienok je prakticky nerealizovateľné odsledovať časový výskyt lavín, pretože by to vyžadovalo každodenný pobyt v rozsiahlom vysokohorskom teréne.

Napriek týmto objektívnym aspektom, ktoré sťažovali výskum sa ciele podarilo naplniť a na získaných výsledkoch bude možné realizovať výskum v budúcnosti. Jednalo by sa napríklad o sledovanie zmeny tvaru kryštálov a snehových zŕn najmä z pohľadu vnútorného teplotného gradientu snehovej pokrývky.

Literatúra

- BARTELT, P., LEHNING, M., 2002: A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning. Part I. Numerical model. *Cold Reg. Sci. Technol.* 35 (3), 123–145.
- HIRASHIMA, H., NISHIMURA, K., YAMAGUCHI, S., SATO, A., LEHNING, M., 2008: Avalanche forecasting in a heavy snowfall area using the snowpack model. Japan. *Cold Regions Science and Technology*. 51, 191-203.
- LEHNING, M., BARTELT, P., BROWN, B., FIERZ, C., SATYAWALI, P., 2002a: A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning: Part II. Snow Microstructure. *Cold Reg. Sci. Technol.* 35, 147– 167.
- LEHNING, M., BARTELT, P., BROWN, B., FIERZ, C., 2002b: A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning: Part III. Meteorological forcing, thin layer formation and evaluation. *Cold Reg. Sci. Technol.* 35, 169– 184.
- LUNDY, C., BROWN, R.L., ADAMS, E.E., BIRKELAND, K.W., LEHNING, M., 2001: A statistical validation of the SNOWPACK model in a Montana climate. *Cold Reg. Sci. Technol.*, 237– 247.
- MCCLUNG, D., SCHAERER, P. 1993: *The Avalanche Handbook*. Seattle : The Mountaineers, 1993.
- NISHIMURA, K., BABA, E., HIRASHIMA, H., LEHNING, M., 2005: Application of the snow cover model SNOWPACK to snow avalanche warning in Niseko, Japan. *Cold Reg. Sci. Technol.* 43, 62–70.

Tento príspevok bol podporený Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe grantu ESF-EC-0006-07.

Timing of Snow Melt and Refreeze Process with Predisposition of Wet Snow Avalanches on the Basis of Automatic Meteorological Station Data in Locality Pod Chlebom

Miroslav ŽIAK

Summary: *Time is very important indicator that can predict and monitor the stability of the snow. We have measured some characteristics of the selected meteorological variables using a stationary type of research by automatic weather station in the high alpine environment. It is localized on the site of "Pod Chlebom" in the Krivánska Malá Fatra Mts.*

Temperature and humidity are recorded in standard radiation enclosure, which is located in height 2 m above snow. Monitor of the temperature profile through the snow in seven thermometers placed every 20 cm from the solid surface.

The time snow hourly average data for individual months in the night time show almost no change. The minimum is over all the monthly averages at around 4:00 to 5:00 UTC (which is 5:00 to 6:00 CET). Interesting peaks are diverse in the months of March, April typically cold months of January and February. In the colder months the amplitude is of 2 - 3 °C. In the colder months significant peak is not present. The amplitude of temperature is 4 °C in March with a peak at 14.00 CET. But what allocates April from March is just the strong amplitude of 10 °C and in addition to the early hours is the temperature above freezing. Results of this research are the month of March with the greatest potential for melt-freeze process because snow is very difficult to re-freezes in April.

Adresa autora:

Mgr. Miroslav Žiak
Katedra fyzickej geografie a geoekológie
Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského
Mlynská dolina, 842 15 Bratislava
miroziak@gmail.com